

Prof. Dr. Klaus Schlüter Generalauswertung von Daten aus Feldversuchen auf dem
Dr. Ute Kropf Lindenhof-Versuchsfeld der FH Kiel in Ostenfeld
bei Rendsburg zur Erstellung von Beratungsunterlagen für
den Ackerbau in Schleswig-Holstein

Abschlussbericht des SSSL-Projektes 2018/70

Februar 2022



Tabellenverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	7
Übersichtsverzeichnis	10
Vorwort	15
Lindenhof-Versuchsfeld: Standortbeschreibung	16
1 Vegetative und generative Entwicklung von Wintergetreide auf dem Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2020	17
1.1 Einführung.....	17
1.2 Übersicht der beschreibenden Entwicklungsskalen	17
1.3 BBCH-Skala des Getreides.....	18
1.4 Entwicklung der Ährenanlage (generative Entwicklung).....	21
1.5 Ährenentwicklung Winterweizen	22
1.6 Ährenentwicklung Wintergerste.....	23
1.7 Ährenentwicklung Winterroggen	24
1.8 Zusammenfassung des generativen Entwicklungsrythmus von Wintergetreide	25
1.9 Eintritt der vegetativen und generativen Entwicklungsstadien im Wintergetreide auf dem Lindenhof-Versuchsfeld (2006-2020)	26
1.10 Zusammenfassung der vegetativen und generativen Entwicklung von Wintergetreide.....	29
1.11 Literatur	30
2 Ertragsleistung von Wintergetreide und Winterraps im Vergleich zur Wasserverfügbarkeit (2006-2021)	31
2.1 Einführung.....	31
2.2 Einzelbetrachtung der Kulturen	34
2.3 Zusammenfassung	37
2.4 Veröffentlichungen	37
3 Erfahrungen mit der Beimpfung von Getreidestroh und -stoppeln mit Bakterienkulturen zur Verbesserung der Strohrotte (2012)	38
3.1 Problemstellung.....	38
3.2 Hintergrund.....	38
3.3 Versuchsaufbau	38
3.4 Ergebnisse	39
3.5 Fazit.....	40

4	Wirkung der Bodenbearbeitung auf das Stickstoffangebot im Winterweizen, den Ertrag und den Rohproteingehalt (Lindenhof-Versuchsfeld 1996-2002).....	41
4.1	Problemstellung.....	41
4.2	Produktionstechnik im Forschungsprojekt.....	41
4.3	Kernergebnisse.....	42
4.3.1	Kornertrag.....	42
4.3.2	Rohproteingehalt im Korn.....	43
4.3.3	Nmin im Boden.....	44
4.3.4	Regenwurmaktivitäten.....	45
4.4	Fazit.....	47
5	<i>Rhizoctonia cerealis</i> – Scharfer Augenfleck.....	48
5.1	Entwicklung und makroskopische Symptomatik in Winterweizen.....	50
5.2	<i>Rhizoctonia</i> ssp. in Wintergerste.....	64
5.3	<i>Rhizoctonia solani</i> in Wintertriticale.....	65
6	Einfluss der Saatzeit, Sorte und Fungizidintensität auf den Befall mit Blattkrankheiten bei Winterweizen (Lindenhof-Versuchsfeld 2015-2016)	66
6.1	Blattseptoria dominiert – fast immer und überall.....	66
6.2	Seit über 30 Jahren Triazol-Fungizide.....	67
6.3	SHI-Fungizide – hoch gefährdet!.....	67
6.4	Späte Saat und gesunde Sorten – wichtige Bausteine im Anbausystem!	67
6.5	Saatzeiten und Sorten im Vergleich 2015 und 2016.....	68
6.6	Fazit.....	69
7	Anti-Resistenz-Strategie für Weizen-Fungizide.....	70
7.1	Ausgangssituation.....	70
7.2	Shifting.....	70
7.3	Totale Resistenz.....	71
8	Fungizid-Sensitivität der Weizenblattdürre (<i>Zymoseptoria tritici</i>) auf dem Lindenhof-Versuchsfeld 2013-2021.....	73
8.1	Grundlegendes.....	73
8.2	Probenentnahme.....	73
8.3	Laboruntersuchung.....	73
8.4	Ergebnisse der Fungizid-Sensitivitätsprüfungen.....	74
8.5	Starke Streuung in der Sensitivität gegen SDHI.....	77
9	Übersicht zu Halmbasiskrankheiten im Wintergetreide in Schleswig-Holstein.....	79
9.1	Problemstellung.....	79
9.2	Bedeutung der Fruchtfolge.....	79
9.3	Parasitärer Halmbruch rückläufig.....	79

9.4	Scharfer Augenfleck legt zu	80
9.5	Fusarien meist unbemerkt	81
9.6	Kernergebnisse langjähriger Erhebungen.....	82
9.7	Auftreten von <i>Rhizoctonia</i> -Arten an den Halmbasen.....	82
9.8	Auftreten von <i>Fusarium</i> -Arten und <i>Rhizoctonia</i> -Arten an den Halmbasen von Wintergetreide.....	83
9.9	Fazit.....	84
9.10	Veröffentlichungen	85
10	Halmbasisbefall mit <i>Rhizoctonia</i> und Fungizidwirkung in Hohertragsweizen (2005-2012)	86
10.1	Fragestellung.....	86
10.2	Datengrundlage	86
10.3	Kernergebnisse	87
10.4	Empfehlung.....	91
11	Leistungsvergleich von Wintergersten-Hybridsorten mit Liniensorten (Lindenhof-Versuchsfeld 2017-2020)	92
11.1	Grundlegendes.....	92
11.2	Versuchsjahr 2017 - 2018	92
11.3	Versuchsjahr 2018 - 2019	94
11.4	Versuchsjahr 2019 - 2020	95
12	Silomais: Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Saattechnik (2007-2011)	97
12.1	Einfluss der Reihenweite (2011)	101
12.2	Umstellung auf pfluglosen Monomais (2013-2021)	103
12.3	Zusammenfassung	106
12.4	Veröffentlichungen	106
13	Krankheiten im Mais in Schleswig-Holstein (2011)	107
13.1	Ausgangsbasis	107
13.2	Problemsommer 2011	107
13.3	Erfahrungen auf dem Lindenhof-Versuchsfeld.....	107
13.4	Ursache des Schadens.....	109
13.5	Ertragsverluste	111
13.6	Schlussfolgerungen	111
14	Silomais: Fungizideinsatz (2011-2018).....	112
15	Fusariumbefall und Mykotoxine im Silomais im norddeutschen Klimaraum	114
15.1	Fusariumbefall in Maisstoppeln (2012-2014).....	115
15.2	Wie viele Fusarium-Arten sind in einem Maisbestand (2008-2013)?	117
15.3	Zusammenfassung	118

15.4	Veröffentlichungen	119
16	Mais – Erkenntnisse aus den Düngungsversuchen	120
16.1	N-Bilanz von Silomais	120
16.2	Vergleich rein mineralischer N-Düngung und Ergänzung mit Gärresten.....	122
16.3	Grunddüngung und Blattdüngung	124
16.4	Zusammenfassung	129
16.5	Warum führen offensichtliche Unterschiede in der Entwicklung bei Variation der Hauptnährelemente nicht zu signifikanten Mehrerträgen?.....	130
17	Mais: Wann ist die beste Saatzeit – lohnt sich eine frühere Aussaat?	132
17.1	Einfluss der Saattiefe auf den Ertrag.....	135
17.2	Zusammenfassung	137
18	Mais - Unkrautkontrolle	138
18.1	Terminierung von Herbizidmaßnahmen (2010-2021)	138
18.2	Mechanische Unkrautkontrolle (2020, 2021)	140
19	Getreide-GPS: Aufwuchsleistung und N-Bilanz von Wintergetreide-GPS (2014-2020)	142
19.1	Wintergetreide-GPS im langjährigen Vergleich	142
19.2	Zusammenfassung	143
20	N-Bilanz Wintergetreide-GPS 2014-2020	144
21	Getreide-GPS und Mais im Vergleich der Biomasseleistung	145
22	Welchen Effekt hat die Blütenspritzung im Raps (2015-2021)?.....	146
22.1	Problemstellung.....	146
22.2	Langjährige Erfahrungen und Resultate	146
23	Erfahrungen mit Ackerbohnen auf dem Lindenhof-Versuchsfeld (2009-2021)	149
23.1	Vergleich Mulchsaat und Pflugsaat (2009-2021).....	149
23.2	Ertragsstruktur Ackerbohnen (2015-2021).....	150
23.3	Gibt es einen Effekt der TKM des Saatgutes auf den Ertrag? (Tastversuch 2021)	153
23.4	Saatstärke bei Ackerbohnen (2010-2013)	155
23.5	Pilzkrankheiten in Ackerbohnen	157
23.6	Fungizideinsatz in Ackerbohnen	159
23.7	Tierische Schädlinge in Ackerbohnen	160
23.8	Virosen in Ackerbohnen.....	162
23.9	Zusammenfassung	163

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Winterweizen-Strohrotteversuch mit Bakterienbeimpfung und nachfolgendem Sommerweizenanbau. Lindenhof-Versuchsfeld 2012.....	40
Tabelle 2	Sensitivitätstest fungizider Wirkstoffe gegen <i>Zymoseptoria tritici</i> auf Winterweizenblättern 2013 und 2021, Lindenhof-Versuchsfeld (MED mittlere effektive Dosis)	74
Tabelle 3	Ergebnis der Bodenuntersuchung vom 20.1.2020, Jörn 2	124
Tabelle 4	Ertragsstruktur Ackerbohne 2015-2021. Datengrundlage für Abbildung 33. Lindenhof-Versuchsfeld.....	151
Tabelle 5	Ackerbohne: Ertrag und Ertragsstruktur im TKG-Versuch „maternale Effekte“ Lindenhof 2021, nur eine Wiederholung!	154

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Wichtige Entwicklungsabschnitte der Ährenanlage von Winterweizen	22
Abbildung 2	Wichtige Entwicklungsabschnitte der Ährenanlage von Wintergerste.....	23
Abbildung 3	Wichtige Entwicklungsabschnitte der Ährenanlage von Winterroggens	24
Abbildung 4	Laufmyzel von <i>Rhizoctonia cerealis</i> mit offenen T- bis Y-förmigen Verzweigungen © U. Kropf.....	48
Abbildung 5	Rhizoctonia-Symptomatik im März in BBCH 29/30 nach Aussaat 20.-25. September v. l. n. r.: JB Asano 6.3.2013, Sachsmo 6.3.2014, Discus 16.3.2015, Tobak 27.3.2020 Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf.....	50
Abbildung 6	Rhizoctonia-Symptom auf dem Halm des ersten Internodiums mit Myzelschorf im Zentrum, dem scharf abgegrenzten ovalen, dunkelbraunen Rand und dem hellbraun auslaufenden Saum. BBCH 31/32, 21.4.2019 © U. Kropf	51
Abbildung 7	Typische Symptomatik von <i>Rhizoctonia</i> ssp. Auf dem Halm liegt Myzelschorf und im Inneren des Halmes das winklig verlaufende Laufmyzel. 22.7.2020, Sorte JB Asano, Lindenhof-Versuchsfeld. © U. Kropf	51
Abbildung 8	Befall von Haupt- und Nebentrieben mit <i>Rhizoctonia</i> ssp. Die Infektionen sind durch die zerstörten Blattscheiden auf die Internodien vorgedrungen. 24.4.2014, Hessen © U. Kropf.....	52
Abbildung 9	Rhizoctonia-Symptomatik im Schossen: Unterhalb der Knoten sind die Internodien weich und leicht zu infizieren. Weißes Myzel und Myzelschorf ist jung und aktiv. 14.5.2019 Sorte Riff, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf.....	53
Abbildung 10	Rhizoctonia Symptome auf dem Halm unter Fungizideinfluss. Die Blattscheiden wurden entfernt. 23.7.2013, Sorte Dekan, Gelting © U. Kropf.....	54
Abbildung 11	Rhizoctonia-Infektionen über die im Boden befindlichen Bestockungsknoten und Ansätze der Kronenwurzeln (hier teilweise entfernt). 23.7.2013, Sorte Dekan, Gelting © U. Kropf.....	55
Abbildung 12	Oberirdische Kronenwurzelansätze (rechts sind die Wurzeln entfernt) als Eindringpforten für <i>Rhizoctonia</i> . 3.7.2015, Sorte Tobak, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf.....	56
Abbildung 13	Außen- und Innenansicht eines mit <i>Rhizoctonia</i> befallenen Weizenhalmes mit atypischer Symptomatik. Sorte NN, 23.7.2013, Gelting © U. Kropf	57
Abbildung 14	Auswirkung des Fungizideinsatzes auf die Symptombildung und Schadwirkung: mit Fungizid (2 Fotos links) und ohne Fungizid (2 Fotos rechts). 2.8.2013, Sorte Dekan, Gelting © U. Kropf.....	58
Abbildung 15	Stark melanisierter Myzelschorf und Mikrosklerotien von <i>Rhizoctonia</i> ssp.. 22.7.2020, Sorte JB Asano, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf.....	59
Abbildung 16	Symptomatik von <i>Rhizoctonia</i> ssp. Auf Blattscheide, Internodium und im Halminneren. Alle Fotos vom gleichen Halm. 4.7.2013, Sorte JB Asano, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf	60

Abbildung 17	Massive Durchmorschung des Halmes mit <i>Rhizoctonia</i> ssp. (Ohne Fungizideinsatz) beeinträchtigt die Ausdifferenzierung der Ähre und die Kornfüllung. Ährensymptome sind mit Schwarzbeinigkeit und Fusariumbefall zu verwechseln. 9.7.2021, Sorte Filon, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf.....	61
Abbildung 18	Starke Vermorschung durch <i>Rhizoctonia</i> ssp. auf einem Standort in Nordhessen 2019 bei unterlassenem Fungizideinsatz (Kontrollfenster). 24.7.2019, Sorte Informer, Nordhessen © U. Kropf.....	62
Abbildung 19	Außergewöhnlich große Sklerotien auf dicken Myzelmatten bei starkem <i>Rhizoctonia</i> -Befall und ohne Fungizideinsatz. 24.7.2019, Sorte Informer, Nordhessen © U. Kropf	63
Abbildung 20	<i>Rhizoctonia</i> ssp. in Wintergerste. 4.7.2013, Sorte Lomerit, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf.....	64
Abbildung 21	<i>Rhizoctonia</i> ssp. in Wintergerste. 15.7.2013, Sorte Lomerit, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf.....	64
Abbildung 22	<i>Rhizoctonia solani</i> (PCR-Nachweis) in Wintertriticale, Außen- und Innenansicht. August 2016, Sorte Adverdo, Husby © U. Kropf	65
Abbildung 23	Blattdürre bildet im toten Gewebe asexuelle Fruchtkörper, die schwarz gefärbten Pyknidien.....	66
Abbildung 24	Aus reifen Pyknidien treten bei feuchter Witterung lange Sporenranken hervor. Eingebettet in eine gelartige Grundmasse werden massenhaft Pyknosporen freigesetzt. Wassertropfen und Regenspritzer sorgen für die Verbreitung auf gesunde Blattareale.....	66
Abbildung 25	In der unbehandelten Kontrollvariante ist das Fahnenblatt anfälliger Sorten bereits Anfang Juli weitgehend zerstört.....	68
Abbildung 26	Pfluglose Bodenbearbeitung zu Mais bis 2012 (Foto: Werner Banck).....	97
Abbildung 27	Befallsunterschiede durch <i>Kabatiella zae</i> im pfluglosen Monomais (Foto links) und im pfluglosen Mais-Weizen Wechsel (Foto rechts) am 30.9.2011, Sorte Ronaldinio, Lindenhof-Versuchsfeld (Fotos Schlüter).....	99
Abbildung 28	Nachwirkung des pfluglosen Monomais (Foto links) im Vergleich zu der bis 2011 im Wechsel mit Weizen bewirtschafteten Teilfläche (Foto rechts)	100
Abbildung 29	Stoppelbearbeitung der Monomaisfläche am 7. Oktober nach der Ernte (Foto 1 und 2) und Zustand 8 Wochen später Anfang Dezember (Foto 3 und 4). © U. Kropf	104
Abbildung 30	Witterung während der Spanne zwischen Aussaat und Feldaufgang, dargestellt durch die Pfeile (2012)	133
Abbildung 31	Lager im Mais (links) und Wurzelbildung (rechts) bei zu flacher Ablage des Saatgutes	135
Abbildung 32	Mechanische Unkrautkontrolle im Mais, Lindenhof-Versuchsfeld am 1.10.2021. Pflanzenverluste durch den zweiten Hacktermin am 8.6.2021 in BBCH 13/14	141
Abbildung 33	Ackerbohnertrag der Sorte Fuego in Mulchsaat und Pflugsaat, Lindenhof-Versuchsfeld 2009-2021 Anbaufläche Ackerbohnen in SH, Quelle: MELUND nach Statistikamt Nord.....	149

Abbildung 34	Ackerbohne – Schlechte Pflanzenverteilung bei Herbstfurche und Drillsaat mit Scheibenscharen). Lindenhof-Versuchsfeld (17. 5. 2017) © U. Kropf.....	152
Abbildung 35	Verlust apikaler Hülsen durch Wassermangel 2018 in der 5-feldrigen Fruchtfolge (links) und stark abgestorbene Pflanzen im gleichen Jahr 2018 auf einer jungfräulichen Nachbarfläche in Verbindung mit starkem Befall des Speisebohnenkäfers (rechts). Lindenhof-Versuchsfeld (links 25.6.2018, rechts 18.7.2018) © U. Kropf	152
Abbildung 36	Korngrößenverteilung einer Saatgutpartie mit durchschnittlich 430 g TKM. Lindenhof-Versuchsfeld 2021.....	153
Abbildung 37	Schlechte Pflanzenverteilung bei mechanischer 3 m breiten Drillsaat. Lindenhof-Versuchsfeld.	155
Abbildung 38	Schokoladenflecken (<i>Botrytis fabae</i>) auf der Blattober- und unterseite von Ackerbohnenblättern. Lindenhof-Versuchsfeld (2014, 2021) © U. Kropf	157
Abbildung 39	Bohnenrost (<i>Uromyces vicia-fabae</i>). Lindenhof-Versuchsfeld (16.7.2014) © U. Kropf	157
Abbildung 40	Chlorotische Pflanzen mit komplexen Wurzelschäden in Ackerbohnen (Pflugsaat) am 6.7. und 10.8.2021 Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf.....	158
Abbildung 41	Fraßschäden durch die Larve des Blattrandkäfers. Lindenhof-Versuchsfeld (31.5.2017) © Kropf li., Schlüter re)	160
Abbildung 42	Ackerbohnen: Befall durch den Speisebohnenkäfer (links) 2018, adulter Käfer (rechts). Lindenhof-Versuchsfeld © Kropf li., Schlüter re.	160
Abbildung 43	Adulter Thrips und Ei auf einer Bohnenhülse. Lindenhof-Versuchsfeld (25.6.2020). © U. Kropf.....	161
Abbildung 44	Pea enation mosaic virus (PEMV) in Ackerbohnen am 13.7.2016 (PCR-Nachweis). Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf	162
Abbildung 45	Blattrollsymptome in Ackerbohnen ohne Nachweisbarkeit eines Virusbefalls 16.7.2014 Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf	162

Übersichtsverzeichnis

Übersicht 1	BBCH-Stadien des Wintergetreides (Meier 2018, ergänzt und verändert).....	18
Übersicht 2	Skala der Vegetationskegelentwicklung (VE-Stadien) bei Winterweizen nach Banerjee und Wienhues (1965), ergänzt durch Harms (1982).....	21
Übersicht 3	Generativer Entwicklungsrhythmus von Wintergetreide auf dem Lindenhof-Versuchsfeld (2006-2020).....	25
Übersicht 4	Vegetative und generative Entwicklung (Eintrittsbeginn) von Winterweizen 2006-2020, Aussaat ca. 25. September, Lindenhof-Versuchsfeld BBCH-Stadien, DR Doppelring-Stadium, SpÄ Aufstellen des Spitzenährchens, GP Beginn Große Periode.....	26
Übersicht 5	Vegetative und generative Entwicklung (Eintrittsbeginn) von Wintergerste 2006-2020, Aussaat ca. 25. September, Lindenhof-Versuchsfeld BBCH-Stadien, DR Doppelring-Stadium, SpM Spitzenmeristem, GP Beginn Große Periode.....	27
Übersicht 6	Vegetative und generative Entwicklung (Eintrittsbeginn) von Winterroggen 2006-2020, Aussaat ca. 25. September, Lindenhof-Versuchsfeld BBCH-Stadien, DR Doppelring-Stadium, SpÄ Aufstellen des Spitzenährchens, GP Beginn Große Periode.....	28
Übersicht 7	Eintritt in den vegetativen und generativen Entwicklungsstadien von Wintergetreide 2006-2020 Lindenhof Versuchsfeld	29
Übersicht 8	Phasendauer der vegetativen Entwicklungsstadien von Wintergetreide 2006-2020 Lindenhof-Versuchsfeld	29
Übersicht 9	Timeline der vegetativen und generativen Entwicklung von Wintergetreide 2006-2020 Beginn der Entwicklungsabschnitte, Lindenhof-Versuchsfeld	29
Übersicht 10	Wassereffizienz je 10 dt/ha Ertrag bei 15/9 % Kornfeuchte (Getreide/Raps) in Winterweizen, -gerste, Hybridwinterroggen und Hybridraps zwischen Vegetationsbeginn und Mitte Teigreife, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021	32
Übersicht 11	Wassereffizienz je 10 dt/ha Ertrag bei 15 % Kornfeuchte in Wintergerste, Vergleich zwischen Linien und Hybridsorten Vegetationsbeginn und Mitte Teigreife, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021	33
Übersicht 12	Ertrag und Wassereffizienz Winterweizen, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021.....	34
Übersicht 13	Ertrag und Wassereffizienz Wintergerste, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021	34
Übersicht 14	Ertrag und Wassereffizienz Hybridroggen, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021	35
Übersicht 15	Ertrag und Wassereffizienz Winterraps, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021	36
Übersicht 16	Rapsversuch mit variierter Fungizidbeizung und Insektizideinsatz gegen Rapserrdfloh im Herbst und dem Großen Stängelrüssler Ende Februar 2021, Lindenhof-Versuchsfeld.....	36
Übersicht 17	Vergleich der Kornträge der Winterweizensorte „Zentos“ nach Pflugfurche und als Mulchsaat. Lindenhof-Versuchsfeld 1994-2001	42

Übersicht 18	Vergleich des Rohproteingehaltes der Winterweizensorte „Zentos“ nach Pflugfurche und als Mulchsaat. Lindenhof-Versuchsfeld 1994-2001.....	43
Übersicht 19	Vergleich der Bodennitratgehalte unter der Winterweizensorte „Zentos“ nach Pflugfurche und als Mulchsaat. Lindenhof-Versuchsfeld 1994-2001.....	44
Übersicht 20	Nmin-Werte unter Weizen in Mulchsaat im Jahresverlauf 1997/98. Lindenhof-Versuchsfeld	45
Übersicht 21	Nmin-Werte unter Weizen in Pflugsaat im Jahresverlauf 1997/98. Lindenhof-Versuchsfeld	45
Übersicht 22	Regenwurmaktivität unter Winterweizen in Pflug- und Mulchsaat nach 8-jähriger Versuchsdauer, Lindenhof-Versuchsfeld	46
Übersicht 23	Anteil der Proben (=Ackerschläge), auf denen mindestens eine der bekannten Rhizoctonia-Arten per PCR nachgewiesen werden konnte.....	82
Übersicht 24	Anteil der Proben (=Ackerschläge), auf denen die wichtigste Art <i>R. cerealis</i> per PCR nachgewiesen werden konnte.	83
Übersicht 25	Anteil befallener Bestände in Schleswig-Holstein mit den am häufigsten vorkommenden Rhizoctonia- und Fusarium-Arten (PCR-Analysen von Stoppelpflanzen).....	84
Übersicht 26	Witterungsverlauf 2017/18 Lindenhof-Versuchsfeld (DWD-Station Ostfeld/Rd.)	92
Übersicht 27	Ertrag und grüne Blattmasse von Hybridgerste und Liniensorten in einer normalen Saatzeit (25.9.2017) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2018	93
Übersicht 28	Ertrag und grüne Blattmasse von Hybridgerste und Liniensorten in einer Spätsaat (16.10.2017) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2018.....	93
Übersicht 29	Witterungsverlauf 2018/19 Lindenhof-Versuchsfeld (DWD-Station Ostfeld/Rd.)	94
Übersicht 30	Ertrag und Befall mit Zwergrost von Hybridgerste und Liniensorten in einer normalen Saatzeit (19.9.2018) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2019	94
Übersicht 31	Ertrag und Befall mit Zwergrost von Hybridgerste und Liniensorten in einer Spätsaat (19.10.2018) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2019	95
Übersicht 32	Witterungsverlauf 2019/20 Lindenhof-Versuchsfeld (DWD-Station Ostfeld/Rd.)	95
Übersicht 33	Ertrag und grüne Blattmasse von Hybridgerste und Liniensorten in einer normalen Saatzeit (25.9.2019) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2020	96
Übersicht 34	Ertrag und grüne Blattmasse von Hybridgerste in einer Spätsaat (15.10.2019) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2020.....	96

Übersicht 35	Trockenmasseertrag Silomais Monokultur: Vergleich der Saatverfahren und Bodenbearbeitungsvarianten bei 75 cm Reihenabstand. Lindenhof-Versuchsfeld 2008-2011.....	98
Übersicht 36	Krankheitsaufkommen von <i>Kabatiella zea</i> im Monomais 2011. Lindenhof-Versuchsfeld	98
Übersicht 37	Trockenmasseertrag Silomais Mais-Weizen im Wechsel: Vergleich der Saatverfahren und Bodenbearbeitungsvarianten bei 75 cm Reihenabstand. Lindenhof-Versuchsfeld 2008-2011	99
Übersicht 38	Trockenmasseertrag der Fruchtfolgen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung und Aussaattechnik bei 75 cm Reihenabstand. Lindenhof-Versuchsfeld 2007-2011	100
Übersicht 39	Frischmasseertrag bei unterschiedlichen Reihenweiten in Einzelkornsaat. Lindenhof-Versuchsfeld 2011.....	101
Übersicht 40	Entwicklung des Gehaltes von Stärke, Rohfaser, Rohprotein, Zucker und Lignin in Abhängigkeit des Ertrages (Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2019)	102
Übersicht 41	Frischmasseertrag der Silomaisversuche 2007-2012, Lindenhof-Versuchsfeld.....	103
Übersicht 42	Frischmasseertrag (Mittelwert aller Versuche) von pfluglosem Mais in Selbstfolge (Monomais). Lindenhof-Versuchsfeld 2012-2021. Die schwarzen Punkte kennzeichnen den vom statistischen Landesamt jährlich ermittelten Durchschnittsertrag für Schleswig-Holstein (\emptyset 412 dt FM/ha).	103
Übersicht 43	Fungizideinsatz im Silomais – Mehrerträge differenziert nach Befallssituation. Lindenhof-Versuchsfeld 2011-2018	112
Übersicht 44	Fungizideinsatz im Silomais – Auswirkung auf Blattfläche und Ertrag. Lindenhof-Versuchsfeld 2011-2018 (in den Jahren ohne Befall 2015, 2016, 2018 wurden keine Bonituren durchgeführt).....	113
Übersicht 45	Fusariumsymptomatik im Silomais auf dem Lindenhof-Versuchsfeld.	114
Übersicht 46	Fusarium-Mykotoxine (DON, ZEA) im Silomais. Lindenhof-Versuchsfeld 2011.	114
Übersicht 47	Mykotoxingehalte im Silomais. Lindenhof-Versuchsfeld 2014	115
Übersicht 48	Fusariumbefall von Maisstoppeln in Schleswig-Holstein 2012-2014, ca. 60 Proben pro Jahr.	116
Übersicht 49	Anteil der mit Fusarium befallenen Maisstoppeln aus Praxisbeständen (ca. 60 Bestände pro Jahr) in Schleswig-Holstein. Methode: real-time PCR (Schlüter & Kropf 2014).	117
Übersicht 50	Anzahl der in den Beständen gleichzeitig aufgetretenen Fusarium-Arten. Maisstoppelproben von Beständen (ca. 60 Bestände/Jahr) in Schleswig-Holstein 2008-2013.....	118
Übersicht 51	N-Düngung, N-Aufnahme im Erntegut und N-Bilanz (N-Düngung minus N-Aufnahme) der Solomaisversuche (2012-2020), differenziert nach Versuchen mit rein mineralischer Düngung und Versuchen, in denen auch Gärrest eingesetzt wurde. Dieser wurde mit 60 % angerechnet.	121

Übersicht 52	Ertrag, N-Bilanz, Qualität und Energieleistung der Silomaisversuche von 2012-2020 auf dem Lindenhof Versuchsfeld. Datengrundlage für Übersicht 59	121
Übersicht 53	Vergleich der Grund- und Blattdüngungsversuche bei rein mineralischer Düngung (ohne Gärrest) und Ausbringung von Gärrest aus der Vergärung von Rindergülle. Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2020 (ohne 2016).....	123
Übersicht 54	Frischmasseerträge der Grund- und Blattdüngungsversuche bei getrennter Betrachtung rein mineralisch gedüngter (ohne) und mit Anteilen von Gärresten (mit) gedüngter Versuche, getrennt nach Jahren. Lindenhof-Versuchsfeld, 2014-2020 (ohne 2016)	123
Übersicht 55	N-Bilanz der Grund- und Blattdüngungsversuche bei getrennter Betrachtung rein mineralisch gedüngter (ohne) und mit Anteilen von Gärresten (mit) gedüngter Versuche, getrennt nach Jahren. Lindenhof-Versuchsfeld, 2014-2020 (ohne 2016)	123
Übersicht 56	Ertragsvariation in den Düngungsversuchen mit Variation von Grunddüngermengen und Platzierung sowie Blattdüngung. Lindenhof-Versuchsfeld 2012-2020.....	127
Übersicht 57	Durchschnittsertrag der Vergleichsvarianten in den Grunddüngungs- und Blattdüngungsversuchen, die in Übersicht 56 als rel. 100 bezeichnet sind. Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2020	127
Übersicht 58	Temperatur- und Niederschlagssummen als aufsummierte Monatswerte von Mai bis August 2014-2020, DWD-Station Lindenhof-Ostenfeld/Rendsburg.....	128
Übersicht 59	Ertrag und zur Verfügung stehende Niederschläge und Wärmesummen der Grund- und Blattdüngungsversuche von Mai bis August 2014-2020, Lindenhof-Versuchsfeld.	128
Übersicht 60	Vergleich zweier Varianten mit unterschiedlicher UFD in 2020, Lindenhof-Versuchsfeld	131
Übersicht 61	Saatzeitversuch Mais 2012: Frischmasseertrag. Lindenhof-Versuchsfeld 2012	133
Übersicht 62	Saatzeitversuch Mais 2012: Ertragsparameter. Lindenhof-Versuchsfeld.	133
Übersicht 63	Saatzeitversuch Mais 2012: Witterung von Saat bis Feldaufgang. Lindenhof-Versuchsfeld	133
Übersicht 64	Saatzeitversuch Mais 2013: Frischmasseertrag. Lindenhof-Versuchsfeld.	134
Übersicht 65	Saatzeitversuch Mais 2013: Ertragsparameter. Lindenhof-Versuchsfeld	134
Übersicht 66	Saatzeitversuch Mais 2013: Witterung von Aussaat bis Feldaufgang. Lindenhof-Versuchsfeld	134
Übersicht 67	Saattiefe im Mais 2019 und 2020: Frischmasseertrag in zwei UFD-Varianten	136
Übersicht 68	Saattiefe im Mais 2019 und 2020: N-Aufnahme in zwei UFD-Varianten	136
Übersicht 69	Saattiefe im Mais 2019 und 2020: Begleitmaßnahmen	136
Übersicht 70	Saattiefe im Mais 2019 und 2020: Witterung	137
Übersicht 71	Frischmasseerträge mit und ohne Herbizid. Alle Maßnahmen im Nachauflauf und ohne die Varianten mit Gräserwirkung. Lindenhof-Versuchsfeld 2010-2021 ...	138

Übersicht 72	Durchschnittliche Relativerträge aller Maßnahmen mit einer Herbizidmaßnahme (BBCH 13/14) im Vergleich zum Splitting (BBCH 11 und BBCH 15/16). Rel. 100 ist der Mittelwert aller Einfach- und Splittinganwendungen. Lindenhof-Versuchsfeld 2010-2021	139
Übersicht 73	Ergebnisse des Versuchs zur mechanischen Unkrautbekämpfung in Mais. Lindenhof-Versuchsfeld 2021	140
Übersicht 74	GPS-Erträge Wintergetreide 2014-2020, Lindenhof-Versuchsfeld	142
Übersicht 75	Erntetermine der Wintergetreide-GPS 2014-2020, Lindenhof-Versuchsfeld	142
Übersicht 76	N-Bilanz Wintergetreide-GPS 2014-2020, Lindenhof-Versuchsfeld	144
Übersicht 77	FM-Erträge im Silomais, Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2021	145
Übersicht 78	TM-Erträge in Silomais und Getreide-GPS, Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2020	145
Übersicht 79	Ertragsstruktur Ackerbohne: Das Produkt aus Korndichte und TKM ergibt den Ertrag je Hektar. Sorten: Fuego, Taifun, Tiffany in Pflug- und Mulchsaat 2015-2021, Lindenhof-Versuchsfeld	151
Übersicht 80	Saatstärkenversuch Ackerbohne 2010-2013, Lindenhof-Versuchsfeld	155
Übersicht 81	Saatstärkenversuch Ackerbohne Mittelwerte aus 2010-2013, Lindenhof-Versuchsfeld	156
Übersicht 82	Ackerbohnenenertrag mit und ohne Fungizid (* 1 l/ha Folicur mit 250 g/l Tebuconazol) in Mulch- und Pflugsaat (Ertrag bei 14 % Kornfeuchte) 2009-2011, Lindenhof-Versuchsfeld	159
Übersicht 83	Ackerbohnenenertrag mit und ohne Fungizid in Mulch- und Pflugsaat (Ertrag bei 14 % Kornfeuchte) Mittelwerte aus Abbildung 44. 2009-2011, Lindenhof-Versuchsfeld	159

Vorwort

Der Fachbereich Agrarwirtschaft der FH Kiel/University of Applied Science betreibt seit 1990 auf dem Lindenhof der Familie Kröger in Ostenfeld bei Rendsburg ein landwirtschaftliches Feldversuchswesen, das durch die beispiellose Kooperation mit den Eigentümern kontinuierlich weiterentwickelt werden konnte.

Im Laufe der Jahre sorgte ein motiviertes Mitarbeiterteam für einen perfekten Ausbau der Versuchstechnik. Und so war es möglich, in den letzten 25 Jahren eine Vielzahl angewandter Forschungs- und Entwicklungsprojekte und unzählige Auftragsversuche erfolgreich durchzuführen.

Auf diesem Wege sind laufend aktuelle Erkenntnisse in die Lehre oder studentische Projekte eingeflossen; viele Ergebnisse wurden breit über die landwirtschaftlichen Fachmedien publiziert und der intensive Austausch mit der Fachberatung sorgte ebenfalls für den Wissenstransfer.

Mit meinem Ausscheiden zum 01.03.2022 durch Pensionierung wird die Bearbeitung der in der Vergangenheit untersuchten Fragestellungen nicht mehr fortgesetzt. Deshalb soll diese Gesamtauswertung für Praxis und Beratung wichtige Erkenntnisse bereitstellen.

Die Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft (SSHL) hat seit 1996 zahlreiche Einzelprojekte gefördert und unsere Arbeit damit äußerst nachhaltig unterstützt. Auch die hier vorliegende Generalauswertung aus dem Versuchswesen ist durch die finanzielle Unterstützung der SSHL zustande gekommen, wofür an dieser Stelle allen Verantwortlichen herzlich gedankt sein soll!

Der geneigten Leserschaft wird sehr schnell deutlich, dass manchen Kapiteln eine fast unvorstellbare Datenfülle zugrunde liegt. So gilt das zum Beispiel für die Darstellung der Entwicklungsstadien des Wintergetreides. Für die akribische Feinarbeit bei der Zusammenstellung danke ich meiner wissenschaftlichen Projektmitarbeiterin, Frau Dr. Ute Kropf, für Ihren unermüdlichen Einsatz. Mit ihrer bekannten Fachkompetenz im Bereich der Pflanzenproduktion lieferte sie maßgebliche Anteile dieses Berichtes.

Ein Versuchsfeld wäre allerdings völlig wertlos ohne die vorbildliche Arbeit des gesamten Teams von Technikern und Laborkräften. An dieser Stelle sei allen für ihren jahrelangen Einsatz und ihre herausragende Motivation herzlichst gedankt!

Osterrönhof, im Februar 2022



Prof. Dr. Klaus Schlüter

Lindenhof-Versuchsfeld: Standortbeschreibung

Der Versuchsstandort Lindenhof ist geprägt durch das maritime Klima Schleswig-Holsteins und liegt 10 km östlich von Rendsburg am Nord-Ostsee-Kanal.

Naturraum

Östliches

54.32224644084089, 9.803284963111514

Bodentyp

Parabraunerde, entstanden aus Verwitterung von weichseleiszeitlichem Geschiebelehm.

Bodenart

schluffiger Sand bis sandiger Lehm, pH 6,2-6,5

Bodenpunkte

45 bis 50

Durchschnittliche Bodenversorgung

25 mg P₂O₅, 20 mg K₂O, 9 mg Mg je 100 g Boden
45 mg Mn, 3 mg Cu, 3,5 mg Zn, 0,5 mg B je kg Boden

Humusgehalt

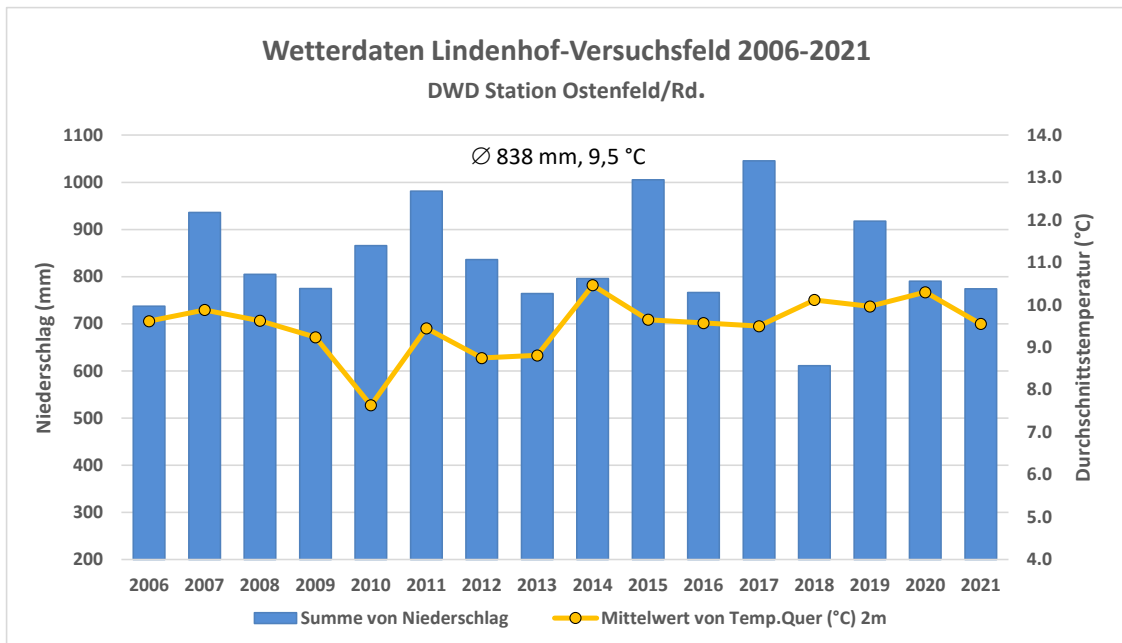
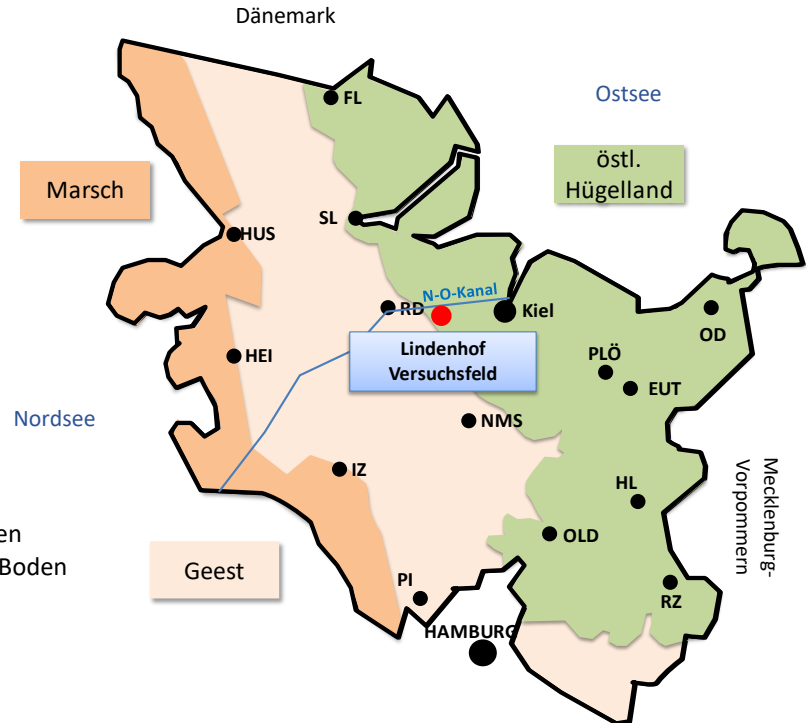
3-4 %

Niederschlag

855 mm (5-jähri)g
744 mm (2020/2021)

Temperatur

9,9°C (5-jährig)
9,4 °C (2020/2021)



1 Vegetative und generative Entwicklung von Wintergetreide auf dem Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2020

1.1 Einführung

Im Ackerbaubetrieb mit hohem Getreideanteil steht vom Vegetationsbeginn bis zur Abreife eine Frage im Vordergrund: „Wann ist welches Entwicklungsstadium erreicht?“ Dass es dabei eine große Schwankungsbreite gibt, die vor allem vom Winterverlauf gesteuert wird, ist allen in der Praxis bekannt. Aber niemand hat so ein rechtes Gefühl, wann mit welchen BBCH-Stadien zu rechnen ist.

Die Auswertung der Daten aus den Exaktversuchen auf dem Lindenhof-Versuchsfeld der FH Kiel von 2006-2020 gibt konkrete Anhaltspunkte zur Beantwortung vieler Fragen.

1.2 Übersicht der beschreibenden Entwicklungsskalen

Die phänologischen Stadien des Getreides werden auf der Basis des BBCH-Codes beschrieben (MEIER 2018). Dieser entstand in den 1980er Jahren aus der Zusammenarbeit der damaligen BBA (Biologische Bundesanstalt für Landwirtschaft, heute: JKI = Julius-Kühn-Institut), dem BSA (Bundes-Sortenamt) und der chemischen Industrie, genauer gesagt dem IVA (Industrieverband Agrar). Die Entstehung dieser BBCH-Skala die heute in ihren Grundprinzipien für alle Acker- und Futterbaukulturen sowie Obst- und Gemüsearten gilt, hat eine lange Geschichte. Einen guten Überblick über die verschiedenen Entwicklungsskalen geben LANDES und PORTER (1989).

Neben der äußeren Entwicklung der Pflanze muss insbesondere bei den Druschfrüchten **die Entwicklung der Ähre** mitberücksichtigt werden. Eine umfassende Beschreibung für die Getreidekulturen finden sich bei BONNET (1967). KIRBY und APPEYARD (1986) haben die Stadien von Weizen und Gerste nochmals mit Fotos und Grafiken beschrieben und illustriert. Bei allen Stadienansprachen werden immer nur die **Haupttriebe** berücksichtigt. Da aber auch die ährentragenden Nebentriebe – vor allem bei Fröhsaaten – zu zwei Dritteln den Bestand bilden, hat KROPF (1992) den Entwicklungsstand der Nebentriebe mit untersucht. So konnten dann auch die **Überlebensgrenzen für Nebentriebe** beschrieben werden.

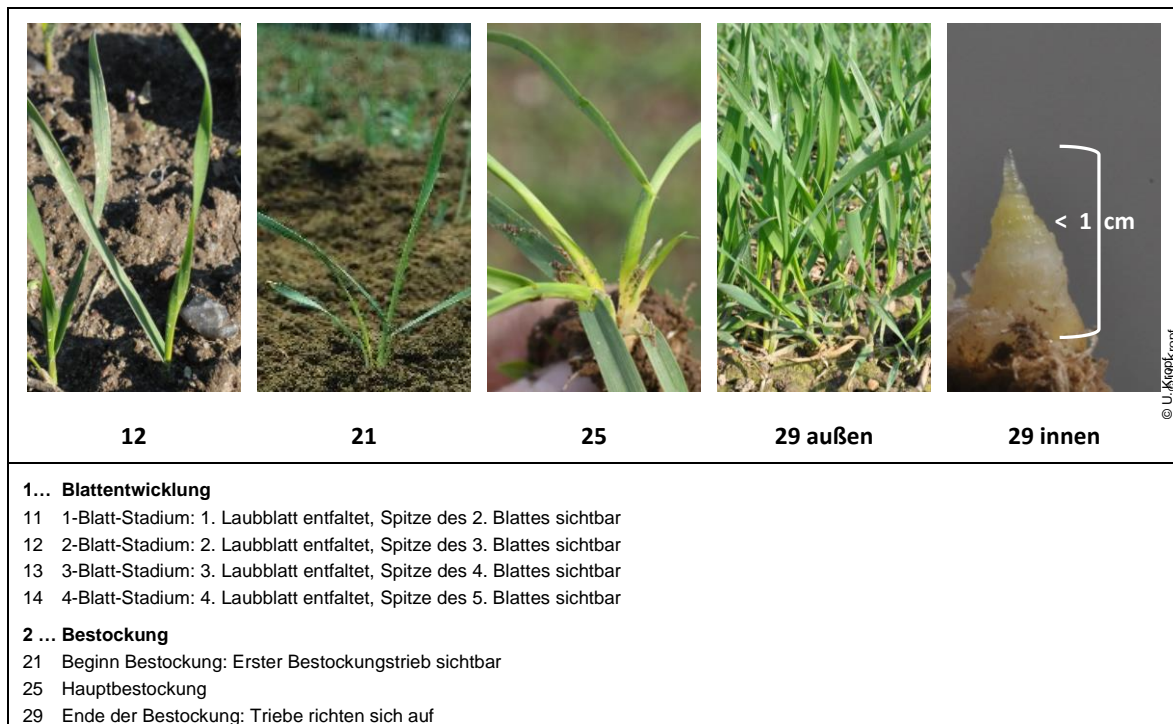
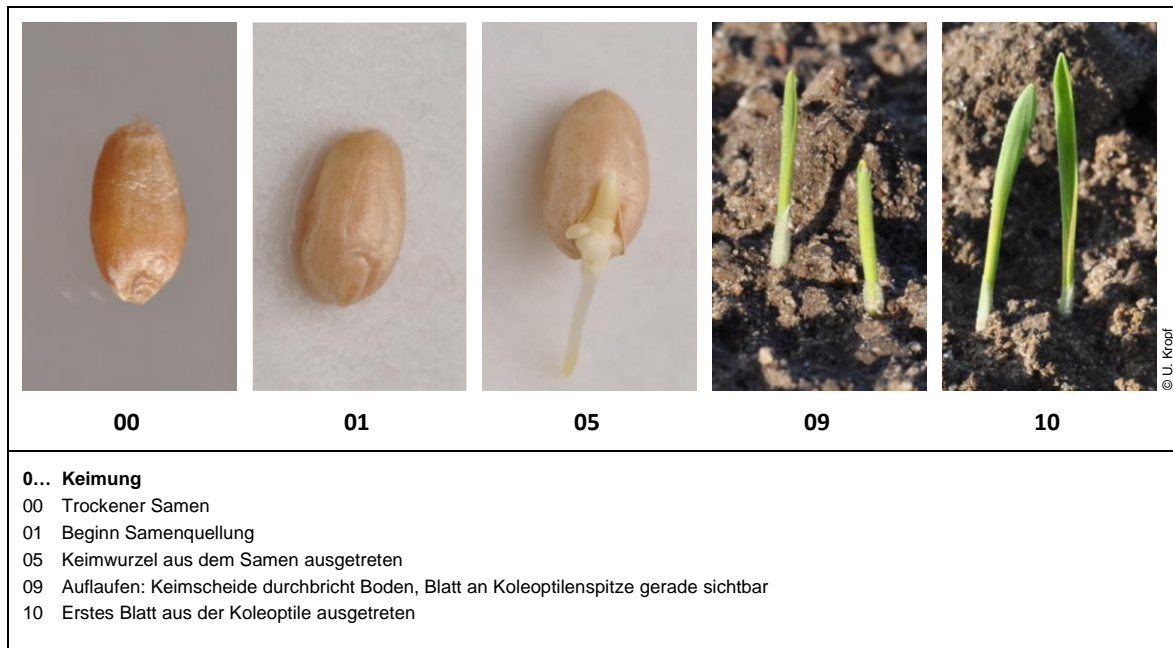
Praxisrelevante Informationen, Abbildungen und Entwicklungsskalen sind dem „Getreide-Guide“ zu entnehmen (TOP AGRAR, 2019).

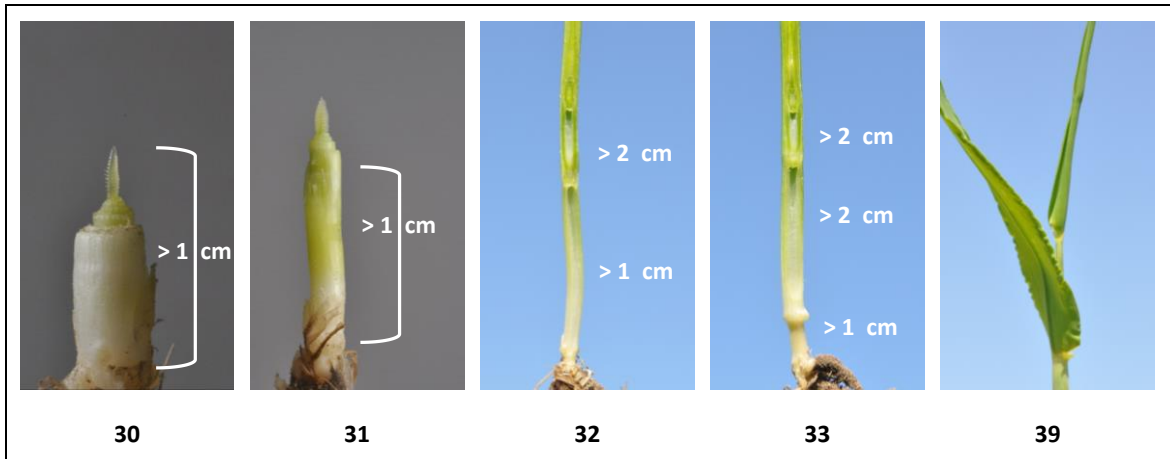
1.3 BBCH-Skala des Getreides

Für die Einstufung des Entwicklungsstadiums eines Bestandes gelten folgende Bedingungen:

- Ein Stadium gilt dann als erreicht, wenn **50 % der Haupttriebe** dieses Stadium aufweisen.
- Es gilt immer das **fortgeschrittenere Stadium**.
Beispiel: Spitzt das Fahnenblatt schon, wenn das dritte Internodium länger als 2 cm ist (BBCH 33), dann ist Stadium BBCH 37 erreicht.

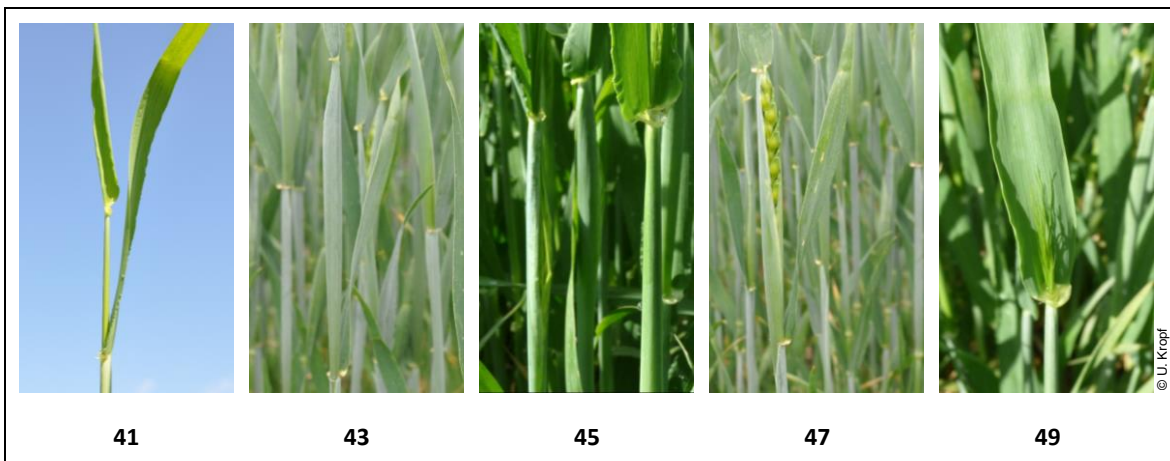
Übersicht 1 *BBCH-Stadien des Wintergetreides (Meier 2018, ergänzt und verändert)*






3... Schossen/Streckung

- 30 Schossbeginn: Haupt- und Nebentriebe sind stark aufgerichtet und beginnen, sich zu strecken. Ährenspitze mind. 1 cm vom Bestockungsknoten entfernt
- 31 1-Knoten-Stadium: 1. Knoten mind. 1 cm vom Bestockungsknoten entfernt
- 32 2-Knoten-Stadium: 2. Knoten mind. 2 cm vom 1. Knoten entfernt
- 33 3-Knoten-Stadium: 3. Knoten mind. 2 cm vom 2. Knoten entfernt
- ... Spätestens jetzt erscheint das Fahnenblatt, das nächste Stadium ist dann 37
- 37 Letztes Blatt (Fahnenblatt) erscheint, ist aber noch eingerollt
- 39 Ligula (Blatthäutchen) – Stadium: Ligula gerade sichtbar, Fahnenblatt voll entwickelt



4... Ähren-/Rispenchwellen

- 41 Blattscheide des Fahnenblatts verlängert sich
- 43 Ähre/Rispe ist im Halm aufwärtsgeschoben. Blattscheide des Fahnenblatts beginnt anzuschwellen
- 45 Blattscheide des Fahnenblatts geschwollen
- 47 Blattscheide des Fahnenblatts öffnet sich
- 49 Grannenspitzen. Grannen werden oberhalb der Ligula des Fahnenblattes sichtbar




51 61 65 71 75

5... Ähren-/Rispschieben
 51 Beginn des Ähren-/Rispschiebens: Die Spitze der Ähre/Rispe tritt heraus oder drängt sich aus der Blattscheide
 55 Mitte des Ähren-/Rispschiebens: Basis noch in der Blattscheide
 59 Ende des Ähren-/Rispschiebens: Ähre/Rispe vollständig sichtbar

6... Blüte
 61 Beginn der Blüte: Erste Narben bestäubt
 65 Mitte der Blüte: 50 % der Narben bestäubt
 69 Ende der Blüte: Alle Narben bestäubt

7 ... Fruchtentwicklung
 71 Erste Körner haben die Hälfte ihrer endgültigen Größe erreicht. Korninhalt wässrig.
 73 Frühe Milchreife
 75 Mitte Milchreife: Alle Körner haben ihre endgültige Größe erreicht
 77 Späte Milchreife



83 85 87 89 93

8... Frucht- und Samenreife
 83 Frühe Teigreife: Korninhalt beginnt teigig zu werden
 85 Teigreife: Korninhalt noch weich, aber trocken. Fingernageleindruck irreversibel
 87 Gelbreife: Fingernageleindruck reversibel
 89 Vollreife: Korn ist hart, kann nur schwer mit dem Daumnagel gebrochen werden

9 ... Absterben
 92 Totreife: Korn lässt sich mit Daumnagel nicht mehr eindrücken bzw. brechen
 93 Körner lockern sich tagsüber
 97 Pflanze abgestorben, Halme brechen zusammen
 99 Erntegut

1.4 Entwicklung der Ährenanlage (generative Entwicklung)

Die Entwicklung der Ährenanlagen von Weizen und Gerste wurde von BANERJEE und WIENHUS (1965) beschrieben und in eine Skala eingeteilt. Die Unterteilung in ‚a‘ und ‚b‘ bei den Stadien 8 und 9 hat HARMS (1982) in eine EDV-gerechte, vollständig numerische Skala umgeschrieben.

Die Skala orientiert sich an anatomischen Merkmalen und berücksichtigt nicht die für die Ertragsbildung wichtigen Entwicklungsereignisse. So wird das „Aufstellen des Spitzenährchens“, welches die Ährchenanlage beendet, nicht explizit erwähnt. Auch die „Große Periode“ mit dem schnellen Längenwachstum der Ährenspindel findet keine explizite Berücksichtigung. Der Grund ist die Tatsache, dass beide Entwicklungsmerkmale keinem anatomischen Stadium zugeordnet werden können. Das Spitzenährchen wird zwischen dem VE-Stadium 8a und 9a aufgestellt. Die Große Periode beginnt etwa mit dem Grannenwachstum zwischen VE-Stadium 11 und 12 (KROPF 1992).

Übersicht 2 *Skala der Vegetationskegelentwicklung (VE-Stadien) bei Winterweizen nach Banerjee und Wienhues (1965), ergänzt durch Harms (1982).*

Banerjee & Wienhues 1965	Harms 1982	Beschreibung
1	1	Vegetationskegel mit einem Blattprimordium
2	2	Vegetationskegel mit 2-3 Blattprimordien
3	3	Vegetationskegel mit 4 und mehr Blattprimordien
4	4	Doppelring-Stadium
5	5	Beginn der Ährchenanlage
6	6	Beginn der seitlichen Ährendifferenzierung
7	7	Hüllspelzenanlagen erscheinen
8	8	Obere und untere Hüllspelzen differenziert, Blütenprimordien und Deckspelzen sichtbar
8a	8.33	Blütenprimordien nehmen an Größe zu und eine abgeflachte Form an
9	9	Staubanlagen erscheinen in den ersten Blüten von drei oder mehr Ährchen
9a	9.33	Staubanlagen erscheinen in den dritten Blüten von drei oder mehr Ährchen
9b	9.66	Erste Granne der Deckspelze am Spitzenährchen sichtbar
10	10	Beide Grannen am Spitzenährchen sichtbar
11	11	Bei zwei oder mehr Ährchen sind die Grannen länger als das Ährchen
12	12	Blütenorgane der meisten Ährchen sind mit Hüllspelzen bedeckt
13	13	Blütenorgane aller Ährchen sind mit Hüllspelzen bedeckt
14	14	Reduktionsstadium (Antherenlänge 0,6-1,4 mm)
15	15	Ähre tritt gerade aus der Fahnenblattscheide hervor
16	16	Ähre ist zur Hälfte aus der Fahnenblattscheide hervorgetreten
17	17	Ähre ist voll aus der Fahnenblattscheide hervorgetreten

1.5 Ährenentwicklung Winterweizen

- Doppelring-Stadium** Umsteuerung von der Blattanlage (vegetative Phase) auf die Ausdifferenzierung von Ährchen am Vegetationskegel (generative Phase). Das letzte Blatt (Fahnenblatt) des Triebes ist angelegt.
- Aufstellen Spitzenährchen** Mit der Ausdifferenzierung des Spitzenmeristems in ein Ährchen, welches um 90 Grad gedreht zu den anderen Ährchen steht, ist die Anlage aller Ährchen beendet. Die Ausdifferenzierung der mehrblütigen Ährchen geht jedoch noch weiter.
- Große Periode** Mit Beginn des Grannenwachstums an den Deckspelzen des Spitzenährchens ist auch die Differenzierung der Ährchen abgeschlossen. Alle Blütenorgane sind angelegt (Antheren, Fruchtknoten). Die wachsenden Spelzen schützen die Blütenorgane, während die Ährenspindel sich streckt und im Halm weiter nach oben geschoben wird. Die Ähre ist zu Beginn des überproportionalen Streckenwachstums („Große Periode“ nach HÄNSEL 1955) etwa 1 cm lang. Basale Ährchen und die jüngsten Blüten werden bei Nährstoff- und Wasserdefizit in der Großen Periode reduziert. Bis die Ähre in BBCH 49/51 ihre endgültige Länge erreicht, vergehen etwa drei Wochen.



Abbildung 1 Wichtige Entwicklungsabschnitte der Ährenanlage von Winterweizen

1.6 Ährenentwicklung Wintergerste

Doppelring-Stadium	Umsteuerung von der Blattanlage (vegetative Phase) auf die Ausdifferenzierung von Ährchen am Vegetationskegel (generative Phase). Das letzte Blatt (Fahnenblatt) des Triebes ist angelegt.
Spitzenmeristem	Gerste stellt kein Spitzenährchen auf. An ihrem Spitzenmeristem könnte sie immer weitere Spindelstufen ausbilden (undeterminierte Ährendifferenzierung).
Große Periode	Mit Beginn des Grannenwachstums an den Deckspelzen der älteren Ährchen ist auch die Differenzierung der Ährchen abgeschlossen. Alle Blütenorgane sind angelegt (Antheren, Fruchtknoten). Die wachsenden Spelzen schützen die Blütenorgane, während die Ährenspindel sich streckt und im Halm weiter nach oben geschoben wird. Die Ähre ist zu Beginn des überproportionalen Streckenwachstums („Große Periode“ nach HÄNSEL 1955) etwa 1 cm lang. Die apikalen Ährchen werden bei Nährstoff- und Wasserdefizit in der Großen Periode reduziert. Bis die Ähre in BBCH 51 ihre endgültige Länge erreicht, vergehen etwa drei Wochen.

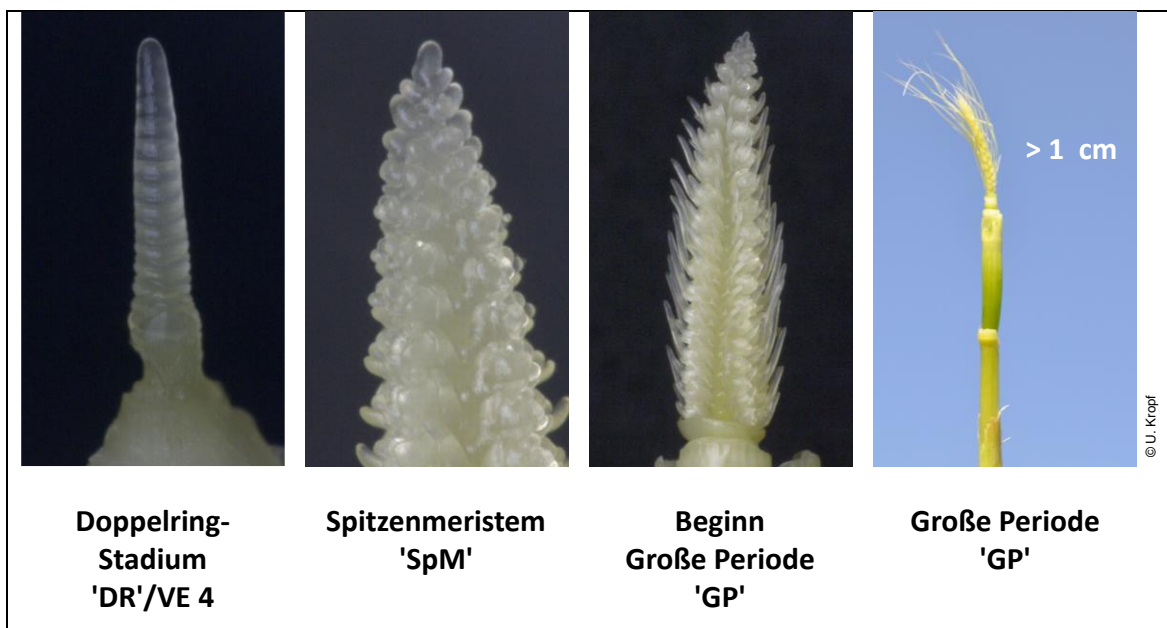


Abbildung 2 Wichtige Entwicklungsabschnitte der Ährenanlage von Wintergerste

1.7 Ährenentwicklung Winterroggen

- Doppelring-Stadium** Umsteuerung von der Blattanlage (vegetative Phase) auf die Ausdifferenzierung von Ährchen am Vegetationskegel (generative Phase). Das letzte Blatt (Fahnenblatt) des Triebes ist angelegt.
- Aufstellen Spitzenährchen** Mit der Ausdifferenzierung des Spitzenmeristems in ein Ährchen, welches um 90 Grad gedreht zu den anderen Ährchen steht, ist die Anlage von Ährchen beendet. Im Gegensatz zum Weizen bleibt das Spitzenährchen des Roggens meist steril.
- Große Periode** Mit Beginn des Grannenwachstums an den Deckspelzen der älteren Ährchen ist auch die Differenzierung der Ährchen abgeschlossen. Alle Blütenorgane sind angelegt (Antheren, Fruchtknoten). Die wachsenden Spelzen schützen die Blütenorgane, während die Ährenspindel sich streckt und im Halm weiter nach oben geschoben wird. Die Ähre ist zu Beginn des überproportionalen Streckenwachstums („Große Periode“ nach HÄNSEL 1955) etwa 1 cm lang. Die apikalen Ährchen werden bei Nährstoff- und Wasserdefizit in der Großen Periode reduziert. Bis die Ähre in BBCH 51 ihre endgültige Länge erreicht hat, vergehen etwa drei Wochen.

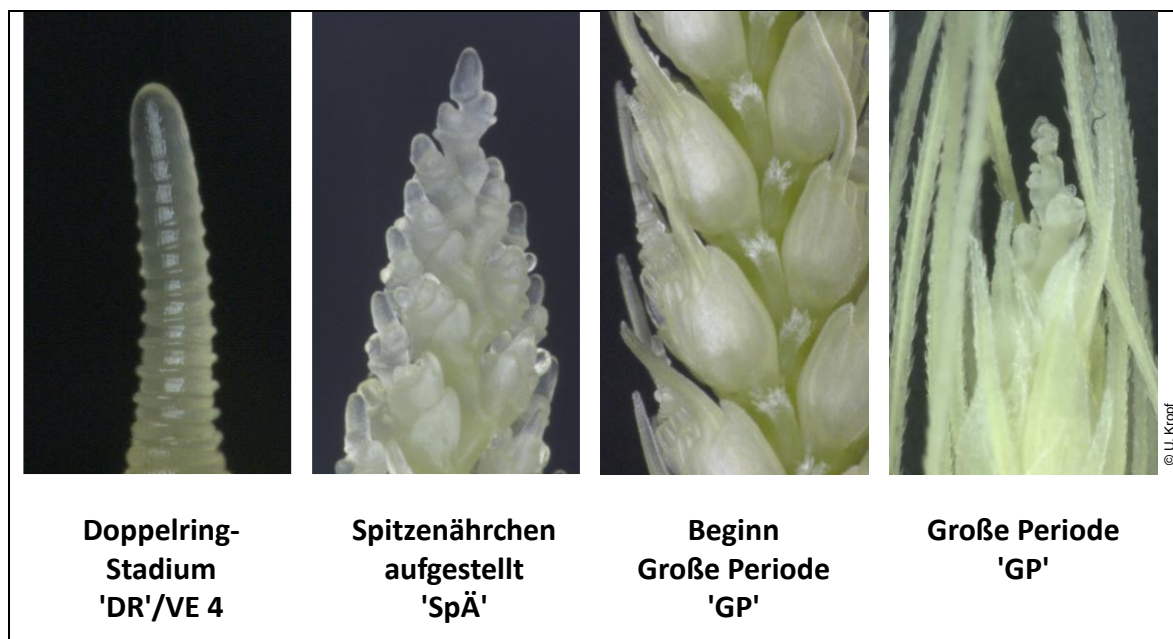
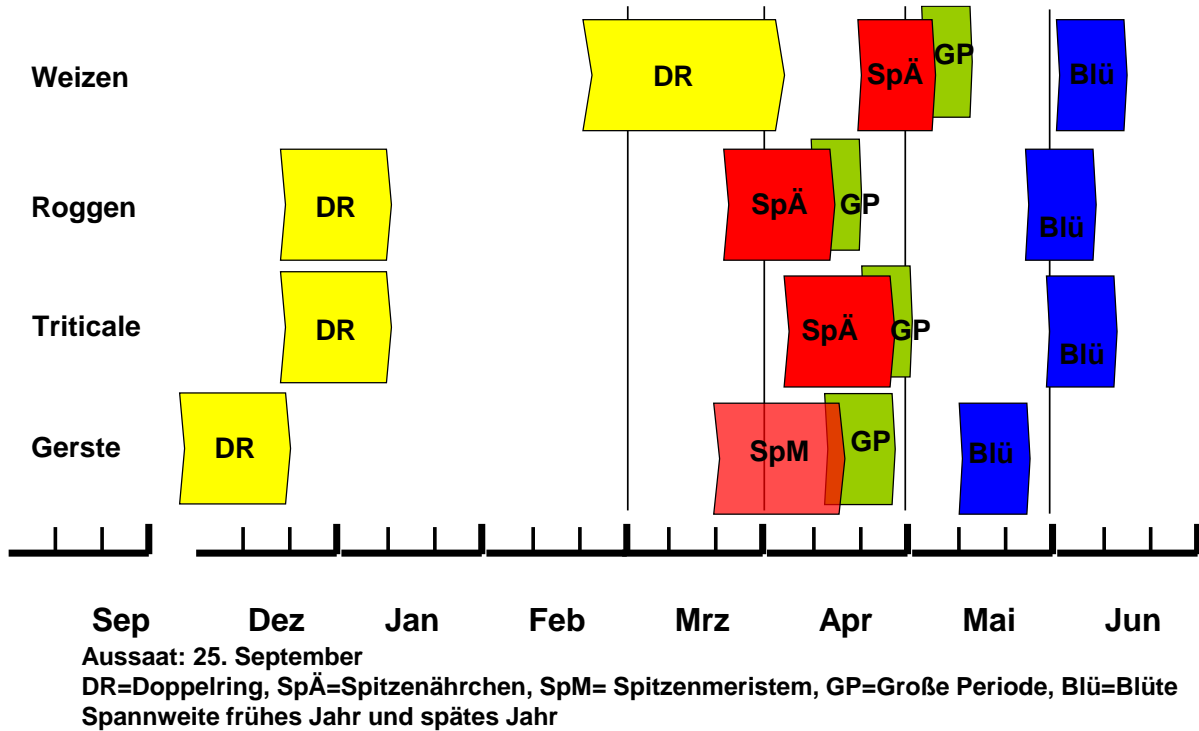


Abbildung 3 Wichtige Entwicklungsabschnitte der Ährenanlage von Winterroggens

1.8 Zusammenfassung des generativen Entwicklungsrythmus von Wintergetreide

Zum Vergleich der Wintergetreidekulturen sind in Übersicht 3 die relevanten generativen Stadien vom Eintritt in die generative Phase (Doppelring-Stadium) bis zur Blüte auf einer Zeitachse dargestellt.

Übersicht 3 Generativer Entwicklungsrythmus von Wintergetreide auf dem Lindenhof-Versuchsfeld (2006-2020)



1.10 Zusammenfassung der vegetativen und generativen Entwicklung von Wintergetreide

In **Übersicht 7** ist das **mittlere Eintrittsdatum** der in Übersicht 4 bis Übersicht 6 dargestellten Daten für die Kulturen im direkten Vergleich zusammengestellt. Die sich daraus ergebende Dauer der einzelnen Entwicklungsabschnitte ist Übersicht 8 zu entnehmen. Die timeline für die gesamte vegetative und generative Entwicklung von Winterweizen, Wintergerste und Winterroggen zeigt Übersicht 9.

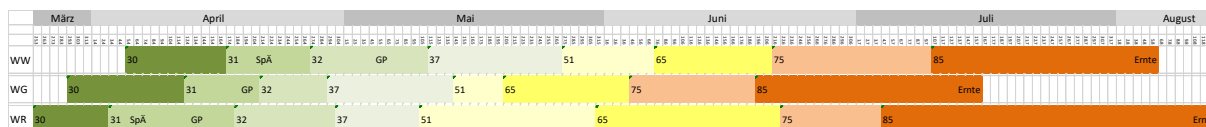
Übersicht 7 *Eintritt in den vegetativen und generativen Entwicklungsstadien von Wintergetreide 2006-2020
Lindenhof Versuchsfeld*

BBCH/VE-Stadium	DR	30	31	SpÄ	32	GP	37	51	65	75	85	99
Winterweizen	20.3	5.4	17.4	21.4	27.4	5.5	11.5	27.5	7.6	21.6	10.7	5.8
Wintergerste	Dezember	29.3	12.4		21.4	19.4	29.4	14.5	20.5	4.6	19.6	15.7
Winterroggen	Januar	25.3	3.4	6.4	18.4	13.4	30.4	10.5	31.5	22.6	4.7	12.8

Übersicht 8 *Phasendauer der vegetativen Entwicklungsstadien von Wintergetreide 2006-2020
Lindenhof-Versuchsfeld*

BBCH-Stadium	30-31	31-32	32-37	37-51	51-65	65-75	75-85	85-99
Winterweizen	12	10	14	16	11	14	19	26
Wintergerste	14	9	8	15	6	15	15	26
Winterroggen	9	15	12	10	21	22	12	39

Übersicht 9 *Timeline der vegetativen und generativen Entwicklung von Wintergetreide 2006-2020
Beginn der Entwicklungsabschnitte, Lindenhof-Versuchsfeld*



1.11 Literatur

Banerjee, S. und F. Wienhues (1965)

Comparative studies on the development of barley and rye.
Z. Pflanzenzüchtung, 54, 130-142.

Bonnet, O. T. (1967)

Inflorescences of maize, wheat, rye, barley, and oats.
Their initiation and development, Vol 721. University of Illinois,
College of Agricultural Experiment Station Bulletin.

Harms, H. (1982)

Organogenese und Ertragsbildung der Weizenähre in Haupt- und Nebentrieben in Abhängigkeit von N-Versorgung, Standraum und Saatzeit. Dissertation CAU Kiel.

Hänsel, H. (1955)

Entwicklungs-Relationen ertragsbildender Organe von Winterweizen (und Winterroggen) und ihre Bedeutung für Termine zusätzlicher Nährstoff- und Wassergaben.
Z. Acker- und Pflanzenbau, 100, 77-98.

Kirby, E. J. M. und M. Appleyard (1984)

Cereal development guide. Plant breeding institute, Arable Unit, National Agricultural Centre, Stoneleigh.

Kropf, U. (1992)

Vegetative und generative Entwicklung von Haupt- und Nebentrieben des Winterweizens (*Triticum aestivum* L., cv. Kanzler und cv. Ares): Felderhebungen auf ausgewählten Standorten der Bundesrepublik Deutschland in den Vegetationsperioden 1986/87 und 1987/88.
Dissertation CAU Kiel.

Landes, A. und J. R. Porter (1989)

Comparison of scales used for categorising the development of wheat, barley, rye and oats.
Annals of appl. Biol., 115 (2), 343-360.

Meier, U. (2018)

Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. BBCH Monografie.
Quedlinburg 2018. Open Agrar Repository.
<https://doi.org/10.5073/20180906-075119>

Top agrar (Hrsg. 2019)

Getreide-Guide.
Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.

2 Ertragsleistung von Wintergetreide und Winterraps im Vergleich zur Wasserverfügbarkeit (2006-2021)

2.1 Einführung

In der **ex post-Betrachtung** lässt die Kalkulation der Wasserverfügbarkeit im Verhältnis zur Ertragsleistung eine Beurteilung der **Wassereffizienz einer Kultur und im Kulturenvergleich** zu. Im mehrjährigen Vergleich wird sehr gut ersichtlich, ob Wasser der ertragsbegrenzende Faktor war, oder anderen Ursachen wie z. B. die Wurzelgesundheit oder produktionstechnische Fehler den Ertrag begrenzten.

Ex ante lässt sich für andere Standorte im gleichen Klimaraum - aber unterschiedlichen Bodenqualitäten (Wasserhaltevermögen) und Niederschlagsmengen - das **Ertragspotenzial** abschätzen. So besteht die Möglichkeit, produktionstechnische Maßnahmen auf die Gegebenheiten abzustimmen, insbesondere die **Stickstoffdüngung**.

Die Ertragsbildung der Winterkulturen wird in zwei wesentliche Abschnitte eingeteilt.

- Im **Herbst erfolgt die Bestandesetablierung** und Bestockung (erzielbare Ährendichte) im Getreide. Im Raps findet die Seitentriebbildung zwischen dem 6-Blatt-Stadium und Streckungsbeginn (potenzielle Korndichte) statt. Diese Prozesse sind insbesondere von der Entwicklungsdauer im Kurztag abhängig. Dabei spielen Saatzeit, Temperatursumme bis Langtagsbeginn und Strahlungsenergie die wichtigste Rolle.
- Im **Frühjahr erfolgt das Massenwachstum** im Schossen und in der Streckung, später folgen dann die Blütenbildung und Kornfüllung.

Wie viel von dem im Getreide bis zur Großen Periode und im Raps bis Streckungsbeginn angelegten Ertragspotenzial auch in Kornertrag umgesetzt werden kann, ist von der **Transpirationsleistung im Frühjahr** abhängig. Zugrunde liegt somit der Zeitraum von Vegetationsbeginn bis zur Teigreife (Ende der Assimilateinlagerung). Die Transpirationsleistung wiederum wird bestimmt von:

- dem Temperaturverlauf
- der verfügbaren Wassermenge aus den Bodenvorräten und durch Niederschläge
- der Durchwurzelungsintensität und Wurzelgesundheit
- dem epidemischen Aufkommen von Virose, Pilzkrankheiten, Schädlingen
- der Nährstoffkonzentration im Bodenwasser.

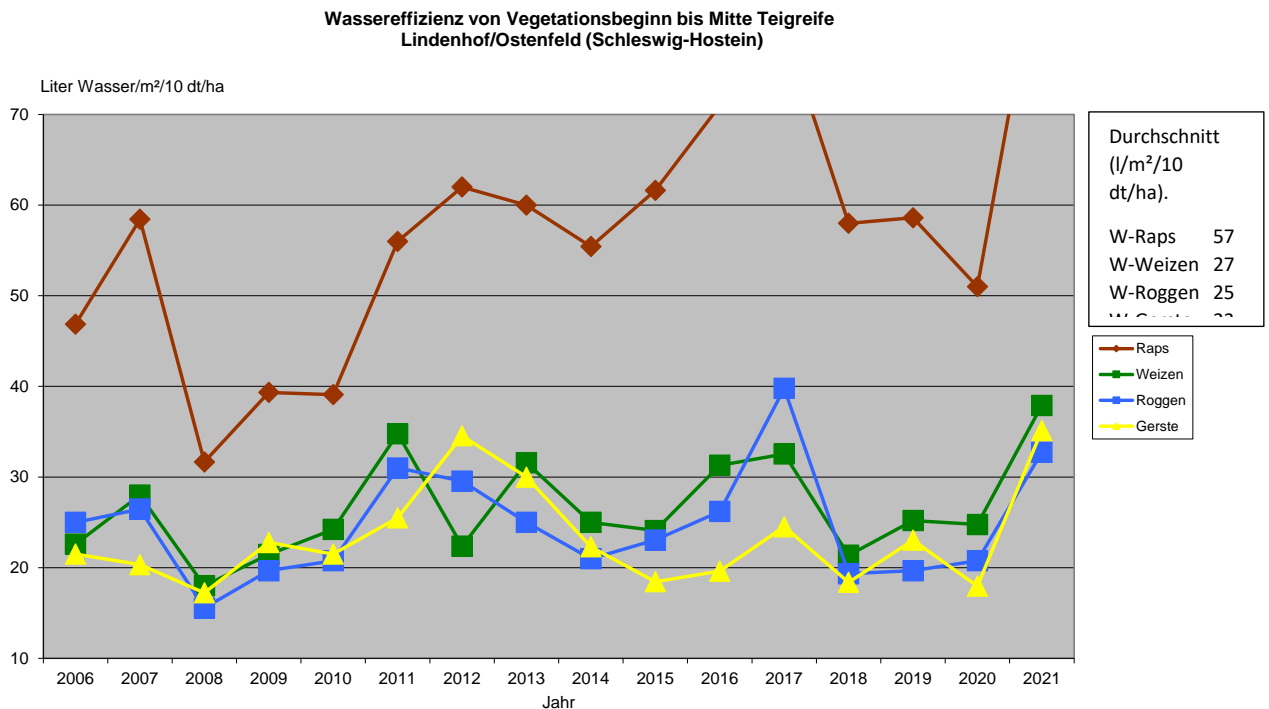
In Übersicht 10 ist die **Wassereffizienz für die Winterkulturen** gegenübergestellt. Berechnet wird diese aus dem Bodenwassergehalt zu Vegetationsbeginn (60 % der nFk) und den von Vegetationsbeginn bis zur Teigreife gefallenen Niederschlägen. Überschüssiges Bodenwasser zur Teigreife (alles, was über 40 % nFk liegt) wird wieder abgezogen.

Beispiel: Wassergesättigter Boden nach Winter hat 100 % nFk. 60 % davon stehen der Kultur zur Verfügung. Der schluffige Sand auf dem Lindenhof-Versuchsfeld speichert bei 100 % nFK etwa 120 l/m² bis in 1 m Tiefe. Dann sind aus den Wintervorräten 80 l anrechenbar. Mit 150 mm zusätzlichem Niederschlag stehen der Kultur 230 l/m² zur Verfügung. Liegt in der Teigreife der Bodenwassergehalt unter 40 % nFk, wird nichts abgezogen. Steht die Krume zur Teigreife bei 60 % nFk, würden 20 % davon (also 24 l) wieder abgezogen.

Eine Übersicht zur nutzbaren Feldkapazität, die aus Niederschlag und Temperatur für einen sandigen Lehm und lehmigen Sand modelliert werden, veröffentlicht der Deutsche Wetterdienst unter

https://www.dwd.de/DE/leistungen/bodenfeuchte_dl/bodenfeuchtedl.html?nn=380288

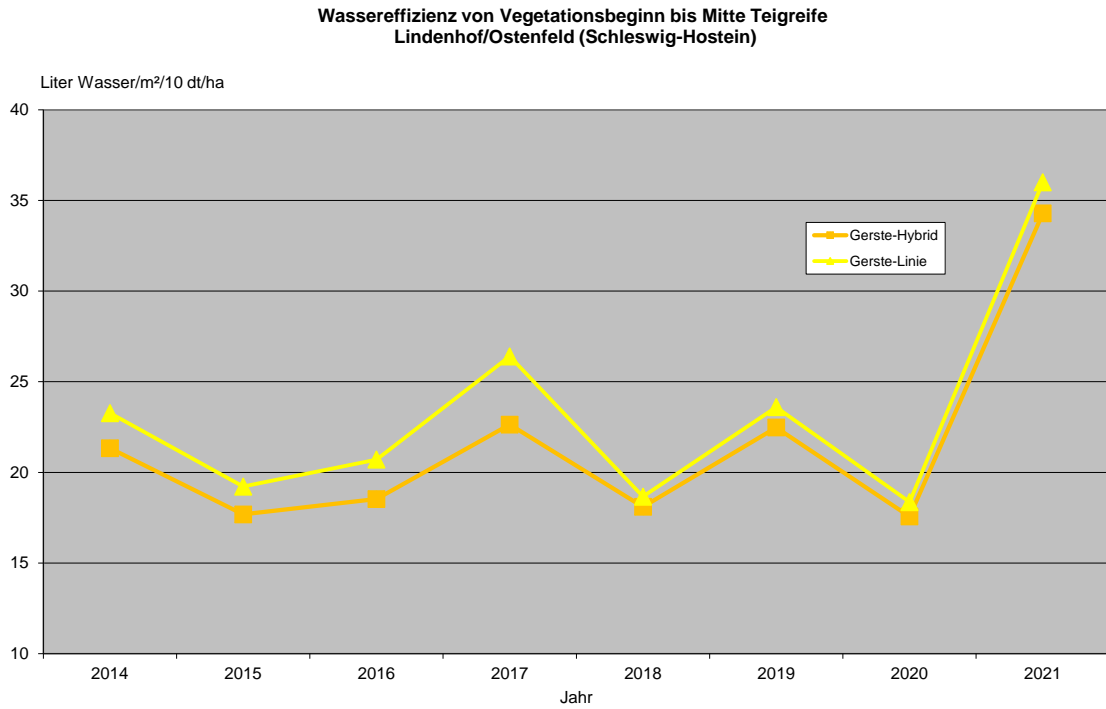
Übersicht 10 Wassereffizienz je 10 dt/ha Ertrag bei 15/9 % Kornfeuchte (Getreide/Raps) in Winterweizen, -gerste, Hybridwinterroggen und Hybridraps zwischen Vegetationsbeginn und Mitte Teigreife, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021



In dem überdurchschnittlich warmen Vegetationsjahr 2018 ist gut zu sehen, dass das Wintergetreide mit 20 l/m² je 10 dt/ha ausgekommen ist (Übersicht 10). Im Hitzejahr 2021 (17.-19. Juni) hingegen, war die Nutzungseffizienz mit 35 l/m² je 10 dt/ha extrem schlecht. 2021 konnte das verfügbare Wasser durch die kranken und vom Hitzeschlag angegriffenen Wurzeln nicht genutzt werden. 2018 hingegen hat das Wintergetreide alle Wasservorräte ausgenutzt. Die Wurzeln waren gesund und die Krume gut durchwurzelt.

Hybridgerste und Liniensorten werden auf dem Lindenhof in der letzten Septemberwoche gedreht und sind zeitgleich reif. Im Schnitt der Jahre hatte die Hybridgerste eine um 10 % höhere Wassereffizienz als Liniensorten. Die Ertragsleistung lag rund 10 % über den Liniensorten (Übersicht 11).

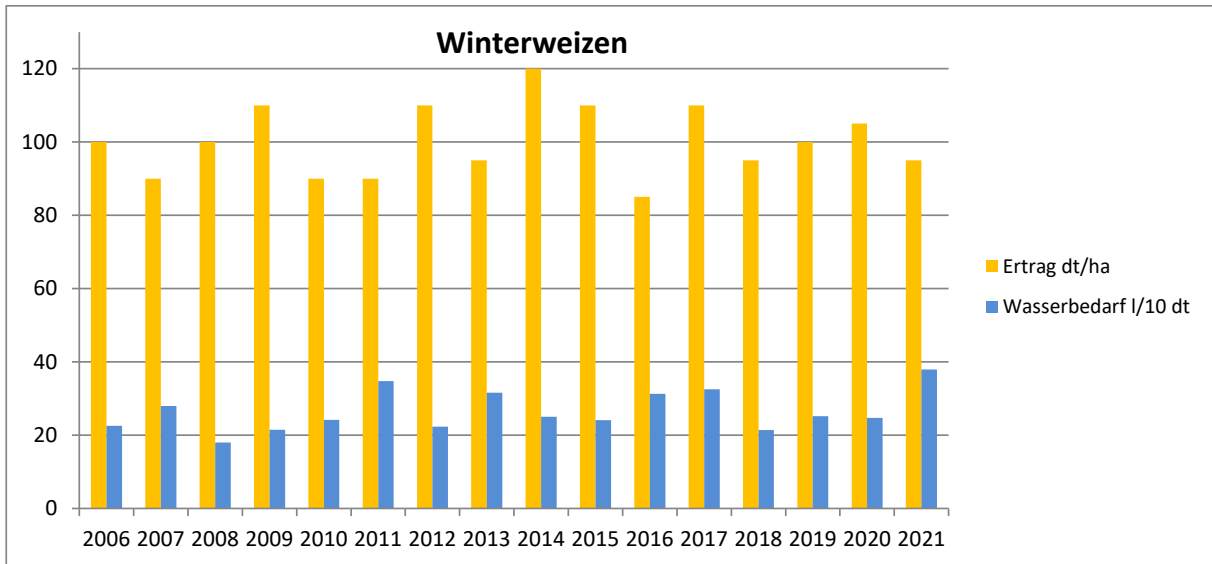
Übersicht 11 Wassereffizienz je 10 dt/ha Ertrag bei 15 % Kornfeuchte in Wintergerste, Vergleich zwischen Linien und Hybridsorten Vegetationsbeginn und Mitte Teigreife, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021



2.2 Einzelbetrachtung der Kulturen

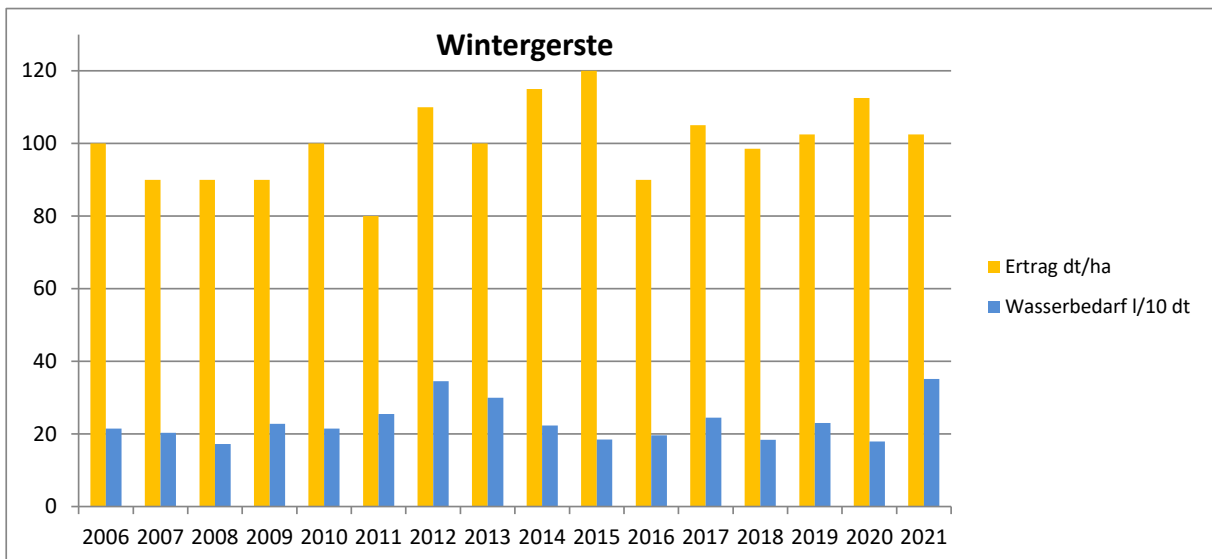
Winterweizen hat von allen Winterkulturen die **schlechteste Wassereffizienz** (Übersicht 12). In 5 der dargestellten 16 Jahre lag der Bedarf über 30 l/m² je 10 dt/ha. Der Grund: Weizen hat von allen Getreidearten das schlechteste Wurzelsystem und durch seine lange Standzeit mehr Probleme mit Wurzel- und Halmbasierkrankungen als Wintergerste.

Übersicht 12 Ertrag und Wassereffizienz Winterweizen, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021



Bei **Wintergerste** lag die Wassereffizienz nur in 2 Jahren über 30 l/m² (Übersicht 13).

Übersicht 13 Ertrag und Wassereffizienz Wintergerste, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021

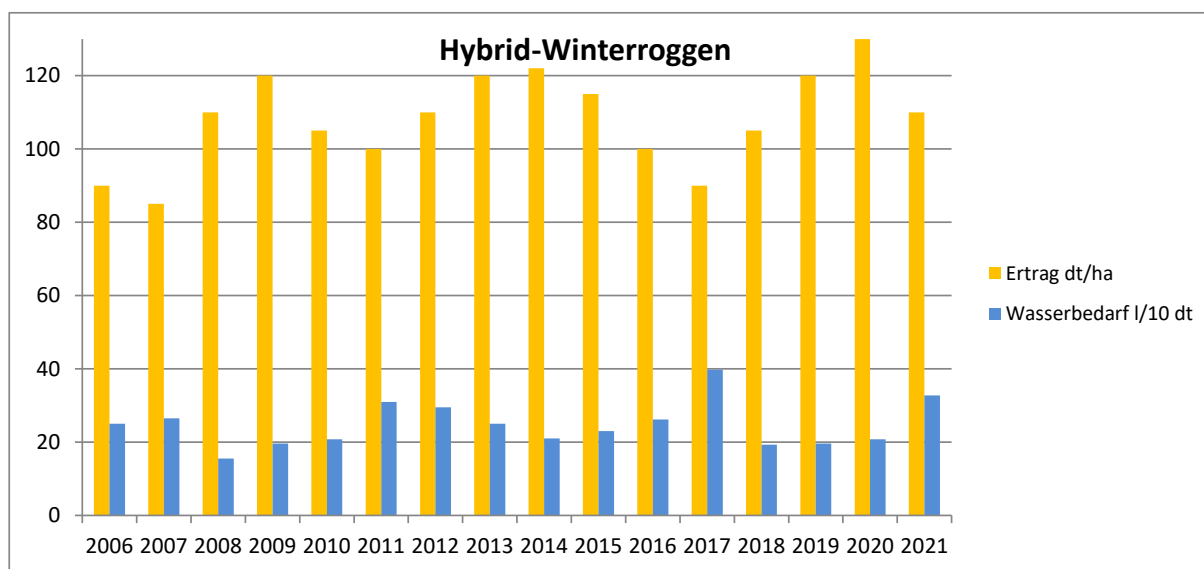


Hybridroggen hat das **höchste Ertragspotenzial** bei Wintergetreidearten und zeichnet sich mit einer hohen Wassereffizienz aus (Übersicht 14).

Der ertragliche Ausreißer beim Roggen 2017 lag an einer starken Verschlämmung über Winter. Unter der Schluffkruste überlebten nur 20 % der Pflanzen. Dennoch erreichte der Hybridroggen 90 dt/ha Ertrag (Übersicht 10, Übersicht 14).

Ansonsten nutzt Hybridroggen die Standortressourcen durch seine gute Wurzel- und Halmbasisgesundheit und die hohe Kornzahl je Ähre sehr gut aus.

Übersicht 14 Ertrag und Wassereffizienz Hybridroggen, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021

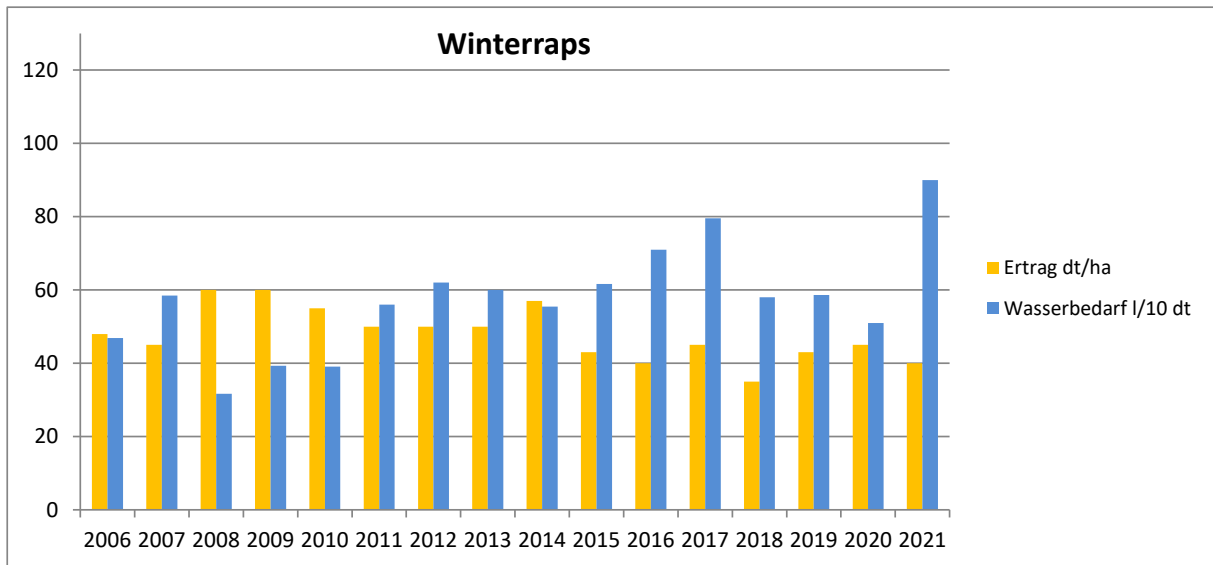


Im Raps fällt ab 2015 eine zunehmende Diskrepanz zwischen dem Wasserangebot und dem daraus generierten Ertrag auf (Übersicht 15).

Die Gründe werden immer noch kontrovers diskutiert. Auf **kontinentalen Standorten** mit **hohem Schädlingsdruck** ist sicher die fehlende neonicotinoide Beizung (Verbot seit der Aussaat 2013/14) ausschlaggebend.

Auf dem **Lindenhof** ist der **Schädlingsdruck** im Herbst meist so **gering** gewesen, dass Befall mit Rapsdflor oder Kohlflyge nicht der begrenzende Ertragsfaktor war. Erst 2021 sind ganze Parzellen ohne ein Herbstinsektizid gegen den Rapsdflor ganz ausgefallen (Übersicht 16). Hier liegt der **Ursachenkomplex in der ausbleibenden Vegetationsruhe** seit 2012. Die Rapspflanzen kommen nach der milden Herbst- und Winterwitterung zu früh mit **zu wenig differenzierten Seitentrieben und Knospen aus dem Winter**. Bei der **frühen Streckung** werden **aufgrund der geringen Transpirationsleistung weitere Knospen reduziert**. Dadurch **fehlen rund 30.000 Körner pro Quadratmeter, was ein Drittel Minderertrag** ausmacht (KROPF 2020a, 2020c, 2020d, 2019a, 2019c).

Übersicht 15 Ertrag und Wassereffizienz Winterraps, Lindenhof-Versuchsfeld 2006-2021



Übersicht 16 Rapsversuch mit variiertem Fungizidbeizung und Insektizideinsatz gegen Rapserrdfloh im Herbst und dem Großen Stängelrüssler Ende Februar 2021, Lindenhof-Versuchsfeld



Var	Fungizid-Beize	Pyrethroid 24.9.2020	Pyrethroid 23.2.2021	Ertrag dt/ha
1	Ohne	Ohne	Ohne	4,6
2	Mit	Ohne	Ohne	3,6
3	Mit	Mit	Ohne	34,3
4	Mit	Mit	Mit	36,6

2.3 Zusammenfassung

Aus den Ergebnissen lassen sich für das Lindenhof-Versuchsfeld folgende Erkenntnisse ableiten:

1. **Wintergetreide** hat für die Erzeugung von 10 dt/ha einen Wasserbedarf im Versuch zwischen **20 und 30 l/m²**.
2. **Wintergerste** und **Hybridroggen** sind wassereffizienter als Winterweizen.
3. **Winterraps** hat zu seinen „besten Zeiten“ bis 2010 mit verhältnismäßig wenig Wasser sehr hohe Erträge generiert (Übersicht 10, Übersicht 15). Danach nahm die Wassereffizienz stark ab. Das heißt: Raps generiert seit 2012 im Verhältnis zum Wasserangebot nicht mehr genug Ertrag.
4. **Hybridgerste** hat eine bessere Wassereffizienz als **Liniensorten**. Im Mittel der Jahre machte sie aus dem gleichen Wasserangebot 10 % mehr Ertrag (Übersicht 11).

2.4 Veröffentlichungen

Kropf U (2020a)

Raps wächst anders.

Top agrar Spezial Raps, Beilage in top agrar, 7, 24-26.

Kropf U (2020b)

Hybridroggen: Leistungsstark – auch wenn das Wasser knapp wird.

Praxisnah, 3, 10-11.

Kropf U (2020c)

Gute Wurzel – Fundament für hohe Erträge.

Innovation, 2, 14-15.

Kropf U (2020d)

Was können wir noch tun?

DLG-Mitteilungen, Saatgutmagazin Sommer 2020, 17-20.

Kropf U und K Schlüter (2020)

Halmbasiskrankheiten.

Getreidemagazin, 1, 12-14.

Kropf U (2019a)

Rapsanbau. Eine einzige Baustelle.

DLG-Mitteilungen, Ausgabe 07, Saatgut Magazin, 14-16.

Kropf U (2019b)

Wintergerste - 20 Prozent weniger Wasserbedarf ab Vegetationsbeginn!

Praxisnah, 2, 8-9.

Kropf U (2019c)

Warum schöpft der Raps sein Ertragspotenzial nicht mehr aus?

Raps, 2, 8-10.

3 Erfahrungen mit der Beimpfung von Getreidestroh und -stoppeln mit Bakterienkulturen zur Verbesserung der Strohrotte (2012)

3.1 Problemstellung

Die Stroh- und Stoppelrotte des Getreides ist aus phytosanitärer Sicht von elementarer Bedeutung, um saprophytisch überlebenden Krankheitserregern den Lebensraum zu entziehen. Dadurch gehen sie zugrunde und können im Herbst und Frühjahr keine Sporen mehr bilden. Das gilt für die asexuelle und insbesondere die sexuelle Vermehrung wichtiger Pathogene des Winterweizens. Wenn zudem die Produktion massenhaft gebildeter, windbürtiger Sporen verhindert wird, können sich die Pilze nicht weiträumig verbreiten. Damit verringert sich maßgeblich das Primär-Inokulum in Agrarregionen und verbessert die phytosanitäre Situation.

Wichtige Pathogene im Weizen, die saprophytisch an Stroh- und Stoppeln überleben, gehören überwiegend zu den Ascomyceten. Und hier spielen die sexuell gebildeten Ascosporen eine extrem große Rolle bei der Ausbreitung in der Agrarlandschaft.

Die wichtigsten Beispiele (fett: Teleomorph/sexuelle Vermehrungsform):

Blattdürre	<i>Zymoseptoria tritici</i> / <i>Mycosphaerella graminicola</i>
DTR	<i>Drechslera tritici-repentis</i> / <i>Pyrenophora tritici-repentis</i>
Fusariosen	<i>Fusarium graminearum</i> / <i>Gibberella zeae</i> <i>Fusarium avenaceum</i> / <i>Gibberella avenacea</i> <i>Fusarium culmorum</i> (sexuelle Form nicht bekannt)
Halmbruch	<i>Helgardia acuformis</i> / <i>Oculimacula acuformis</i> <i>Helgardia yallundae</i> / <i>Oculimacula yallundae</i>

Augenfleck *Rhizoctonia cerealis* (Basidiomycet)

3.2 Hintergrund

Bei der flachen Stoppelbearbeitung gelangt ein standort-typisches Gemisch unterschiedlichster Mikroorganismen an die Pflanzenreste und kann diese bei ausreichend feuchter Witterung besiedeln. Stroh enthält große Mengen an Cellulose und Lignin. Aufgrund der durch Cellulose stark vernetzten Zellwand ist die Zugänglichkeit des Lignins für abbauende Pilze erschwert. Aus diesem Grunde scheint es sinnvoll, die Cellulose-Zersetzung durch Beimpfung mit Bakterien zu fördern, um den Pilzen einen leichteren Zugang zu diesem Substrat zu liefern.

Um diese Idee unter den Bedingungen unseres norddeutschen Versuchsstandortes zu überprüfen, wurde im Herbst 2011 eine gezielte Applikation verschiedener Bakterien vorgenommen, die Cellulose sehr gut aufschließen können. **Um den Nutzen für die landwirtschaftliche Praxis zu prüfen, spielte vor allem das Ertragsniveau der Folgefrucht Sommerweizen eine entscheidende Rolle.**

3.3 Versuchsaufbau

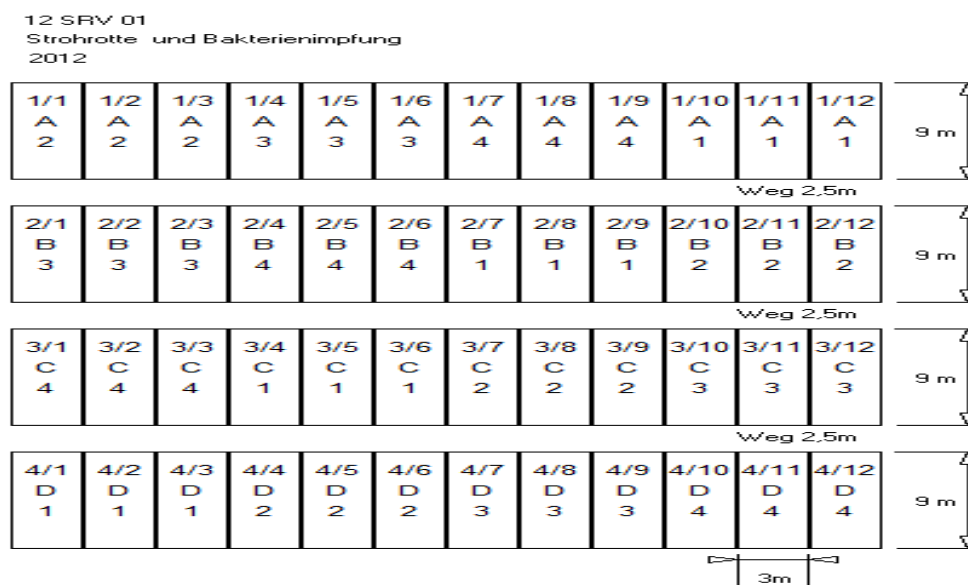
Nach der Winterweizen-Ernte wurde das Stroh gehäckselt und auf der Versuchsfläche gleichmäßig verteilt. Auf den für die Behandlung vorgesehenen Parzellen erfolgte die Applikation der Bakterien suspensionen. Die Bakterien stammten aus einer Vermehrung in Laborfermentern und wurden vor der

Ausbringung in vergleichbarer Konzentration in Wasser suspendiert und mit der Parzellenspritze nach der Ernte auf das Stroh appliziert. Der Versuch wurde vierfach wiederholt vollständig randomisiert angelegt.

Versuchsglieder

Die Isolate der eingesetzten Bakterien-Arten wurden in Laborexperimenten auf ihre besonders gute Eignung zur Zersetzung von Getreide- und Maisstroh geprüft.

- 1 Kontrolle 200 l Wasser/ha ohne Bakterienzusatz
- 2 *Bacillus megaterium* mit 200 l/ha Wasser auf das Stroh appliziert
- 3 *Streptomyces griseovirides* mit 200 /ha Wasser auf das Stroh appliziert
- 4 *Bacillus megaterium* + *Streptomyces griseovirides* mit 200 l/ha Wasser



3.4 Ergebnisse

Nach der herbstlichen Bakterien-Applikation auf die Stopplern folgte im Frühjahr die Aussaat von **Sommerweizen** auf den gleichen Versuchspartellen.

Die Witterung im Frühjahr 2012 war durch Kälte und extreme Trockenheit gekennzeichnet, was die Entwicklung des Sommerweizens nachhaltig beeinträchtigte. Später zeigte sich, dass das Saatgut aus NRW stark mit *Septoria nodorum* infiziert war. Nesterweise auftretende Befallsunterschiede hatten zu Folge, dass vergleichsweise schlechte Grenzdifferenzen bei der statistischen Verrechnung der Kornerträge auftraten.

Der Sommerweizen zeigte bereits im Hauptwachstum visuelle Effekt in den Parzellen; die unbehandelte Kontrolle wirkte über lange Phasen weniger vital als die behandelten. Bei der Ertragsermittlung (Tabelle 1) zeigt sich dann eine deutliche Überlegenheit der behandelten Parzellen. Das Ertragsniveau war 2012 aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen angesichts der bekannten Standortverhältnisse schlecht. Möglicherweise, oder auch gerade deshalb, konnten die behandelten Varianten deutlich besser abschneiden. Die Mehrerträge der behandelten Varianten lagen bei 104-105 %, statistisch aber nicht signifikant wegen der DTR-Befallsnester und der dadurch verursachten Streuung der Erträge innerhalb der Versuchsvarianten.

Tabelle 1 Winterweizen-Strohrotteversuch mit Bakterienbeimpfung und nachfolgendem Sommerweizenanbau. Lindenhof-Versuchsfeld 2012

Versuch	Teilstück	VARIANTE	Variante	Ertrag (dt/ha), gereinigt 15% Feuchte	Ertrag rel.	sign. ¹⁾	TKM (g)	TKM rel.	sign. ¹⁾	Körner Anzahl/m ²	KD rel.	sign. ¹⁾	HLG (kg/100 l)
12 SRV 01	Strohrotte und Bakterienimpfung	1	Kontrolle 200 l Wasser / ha ohne Bakterienzusatz	42,8	100	a	31,5	100	a	13.481	100	a	67,3
12 SRV 01	Strohrotte und Bakterienimpfung	2	Bacillus megaterium in Wasser gelöst und mit 200 l Wasser/ ha auf das Stroh appliziert (Feldspritze)	44,6	104	a	32,1	102	a	13.856	103	a	67,5
12 SRV 01	Strohrotte und Bakterienimpfung	3	Streptomyces griseovirides in Wasser gelöst und mit 200 l Wasser/ ha auf das Stroh appliziert (Feldspritze)	44,5	104	a	32,0	101	a	13.914	103	a	68,3
12 SRV 01	Strohrotte und Bakterienimpfung	4	Bacillus megaterium + Streptomyces griseovirides gelöst und mit 200 l Wasser/ha appliziert	44,7	105	a	32,3	103	a	13.781	102	a	67,6
GD 0,05				3,6			1,1			875			1,4

Erklärung

Der durch die Bakterien forcierte Abbau der Zellwände hat den Zutritt Lignin-spaltender Pilze und weiterer Saprophyten verbessert und den Abbau der Biomasse gesteigert. Ein Anstieg des Nmin-Gehaltes ist zu vermuten, weil die Mikroorganismen im Boden einen verbesserten Aufschluss der in den Pflanzenresten gespeicherten Reststoffe möglich machten. Aus Kapazitätsgründen konnten diese aufwändigen Untersuchungen in den Folgejahren nicht fortgesetzt werden.

3.5 Fazit

Die EU-Agrarpolitik drängt auf Extensivierung der Produktion u. a. durch Beschränkung der N-Düngung und Reduktion der Bodenbearbeitung. Damit sind Ertragsverluste vor allem bei Winterweizen vorprogrammiert. Gleichzeitig würde eine weitere Ausdehnung pflugloser Bestellverfahren bei vielfach suboptimaler Stoppelbearbeitung zu einer Ausweitung des Befalls der eingangs beschriebenen Krankheitserreger führen. Um den Befallsdruck zu mindern kommt deshalb einer Verbesserung des Strohaufschlusses enorme Bedeutung zu. Der routinemäßige Einsatz von Bakterien konnte Folgendes bewirken:

- Verbesserung der phytosanitären Situation nach Wintergetreide durch die Zerstörung der daran überdauernden Krankheitserreger.
- Bei reduzierter Bodenbearbeitung mit Pflanzenresten an der Oberfläche wird die Sporenbildung der Pathogene verhindert und die Befallswahrscheinlichkeit gesenkt.

Eine intensivere Bearbeitung dieser Fragestellung im Rahmen der angewandten Forschung scheint somit lohnenswert zu sein.

4 Wirkung der Bodenbearbeitung auf das Stickstoffangebot im Winterweizen, den Ertrag und den Rohproteingehalt (Lindenhof-Versuchsfeld 1996-2002)

4.1 Problemstellung

Über die Vor- und Nachteile der reduzierten Bodenbearbeitung („Mulchsaat“) gibt es unzählige Forschungsergebnisse und zahlreiche Abhandlungen. Angesichts der Neuausrichtung der Agrarpolitik wird der Verzicht auf den Pflug wachsende Bedeutung erlangen. Dabei steht meist der Aspekt des Erosionsschutzes im Vordergrund, die Nährstoffdynamik wird in der Regel gar nicht berücksichtigt. Deren Bedeutung wird aber angesichts der Reglementierung der N-Düngung erheblich steigen.

Umso interessanter sind dazu Daten aus einem 6-jährigen angewandter Forschungsprojekt, das die Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft (SSHL) in den Jahren 1996 – 2002 umfassend gefördert hatte.

In drei Ackerbaufruchtfolgen wurde ein Vergleich von Pflug- und Mulchsaat realisiert. Dabei zeigte sich in einer spät reifenden Weizensorte, dass in der Fruchtfolge WiRaps – Weizen – WiGerste bei Mulchsaat mehr Nmin verfügbar war als bei Pflugsaat. Der Weizen konnte aufgrund seiner langsamen Abreife dieses Potenzial zum Aufbau eines höheren Ertrages und Rohproteingehaltes im Korn nutzen.

4.2 Produktionstechnik im Forschungsprojekt

Es wurde der Vergleich von Pflug- und Mulchsaat im Ackerbau in verschiedenen Fruchtfolgen geprüft. Besonders interessant sind auch heute noch die Kerneergebnisse aus der Fruchtfolge Raps – Weizen – Gerste im Vergleich der Bodenbearbeitung.

Bereits damals wurde ein Szenario der extensiveren Landwirtschaft zugrunde gelegt. Deshalb betrug die mineralische N-Düngung nur 180 kg/ha und der Fungizideinsatz gegen Halmbasis- und Blattkrankheiten erfolgte – abweichend von der Praxis – nur an zwei Terminen.

In der Pflugbestellung wurde praxisüblich gearbeitet: Pflug mit Packer, Kreiselegge, Drillmaschine. Für die Mulchsaat wurde ein angepasstes Verfahren in den jeweils 1.000 qm großen Teilstücken realisiert: Das Getreidestroh wurde am Mähdrescher gehäckselt und gleichmäßig auf der Fläche verteilt. Es folgte eine Stoppelbearbeitung mit dem Rotortiller, die bei Bedarf wiederholt wurde und danach kam ein leichter Grubber zum Einsatz. Damit blieben große Mengen an Pflanzenresten zurück und der Eingriff in den Boden erfolgte nicht sehr tief. Der Effekt ist vergleichbar mit den heute üblichen Geräten wie z. B. „Amazone Centaur“ oder „Horsch Tiger“.

Die gewählte Weizensorte „Zentos“ war ein ausgeprägter Kompensationstyp und zeichnete sich durch ein hohes Rohprotein-Bildungsvermögen im Korn aus. Weitere Merkmale: sehr gute horizontale Mehlauresistenz, geringste Anfälligkeit gegen Fusarien und vergleichsweise gute Blattgesundheit. Damit war „Zentos“ für ein extensiviertes Anbausystem bestens geeignet.

4.3 Kerneergebnisse

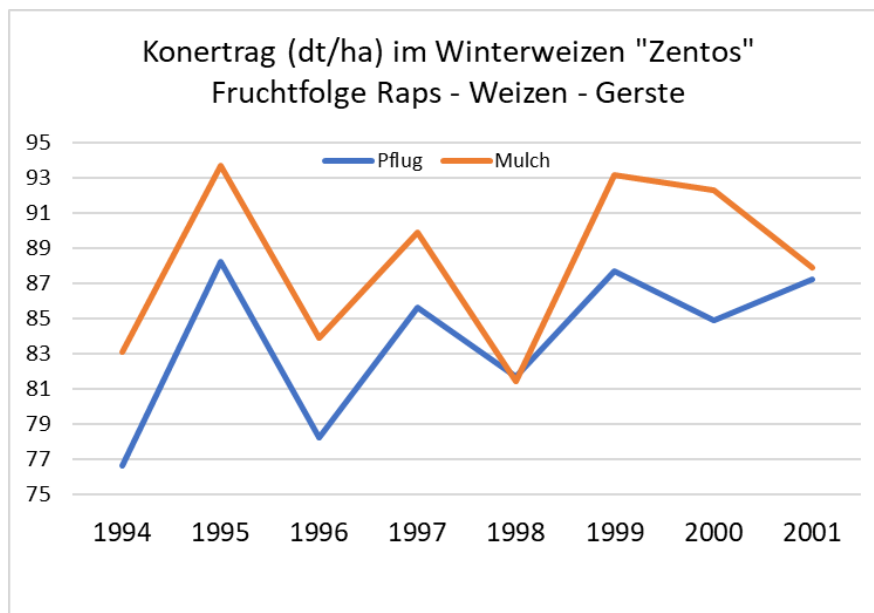
Aus der Vielzahl der vorliegenden Daten werden hier die wichtigsten dargestellt.

4.3.1 Kornertrag

Die für die Praxis entscheidende Kenngröße ist und bleibt der Kornertrag. Zentos war ein Weizen mit hohem Rohproteingehalt im Korn und guter Gesundheit, lag ertraglich aber deutlich unter den damaligen Hohertrags-Sorten.

Aus Übersicht 17 geht hervor, dass die Mulchsaat-Variante in fast allen Jahren der Pflugbestellung deutlich überlegen war. Der Einbruch 1998 lag an der feuchten, kühlen Witterung des Frühsommers, verbunden mit einer langanhaltenden Stickstoff-Mineralisation. Gleichzeitig waren die Bedingungen für den Einsatz von Wachstumsreglern extrem schlecht. Die langstrohige Sorte „Zentos“ ging deshalb vor der Abreife ins Lager und erlitt Ertragsverluste. Der potenzielle Ertrag wäre auch in diesem Jahr höher gewesen als in der Pflugsaat. Eine ähnliche Situation herrschte 2001.

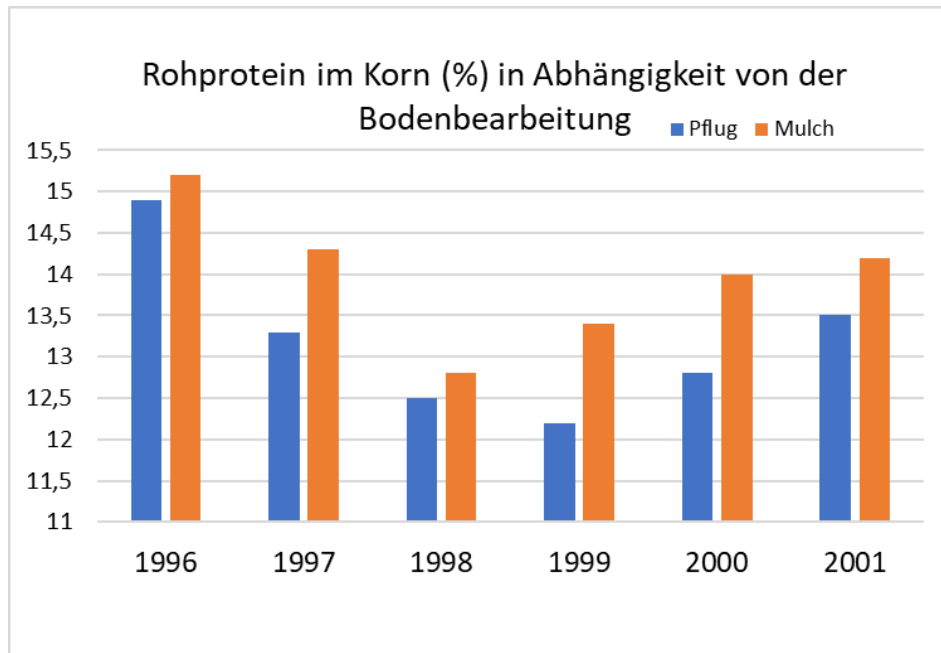
Übersicht 17 Vergleich der Kornerträge der Winterweizensorte „Zentos“ nach Pflugfurche und als Mulchsaat. Lindenhof-Versuchsfeld 1994-2001



4.3.2 Rohproteingehalt im Korn

Übersicht 18 zeigt deutlich: Über alle Versuchsjahre wurden in den Weizenkörnern aus der Mulchsaatvariante in der Fruchtfolge WiRaps – WiWeizen – WiGerste höhere Rohproteingehalte gemessen als bei der Pflugsaat. Die Ergebnisse waren nach Duncan-Test durchgehend statistisch signifikant und nicht zufallsbedingt.

Übersicht 18 Vergleich des Rohproteingehaltes der Winterweizensorte „Zentos“ nach Pflugfurche und als Mulchsaat. Lindenhof-Versuchsfeld 1994-2001



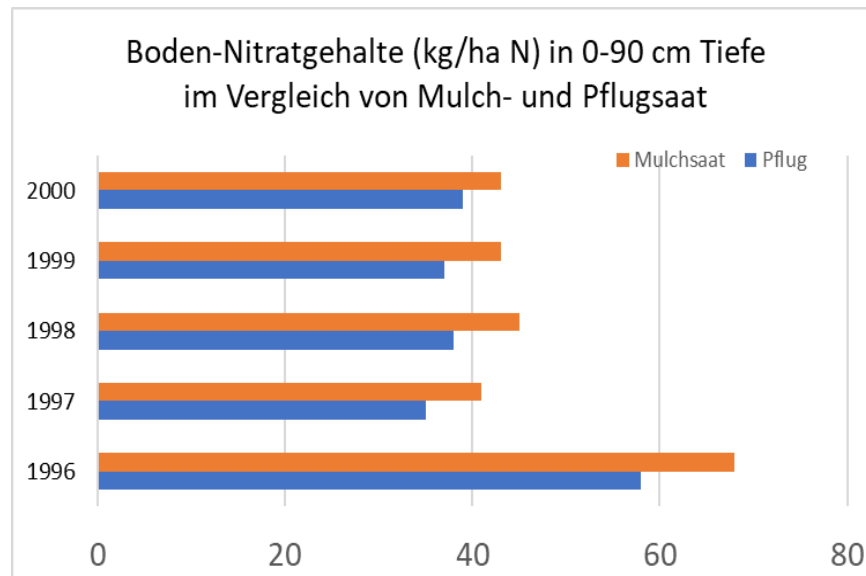
Diese Daten lassen zweifelsfrei die Schlussfolgerung zu, dass in der beschriebenen Fruchtfolge unter Mulchsaat eine höhere Stickstoffaufnahme realisiert wurde.

Zu klären war nun die Frage nach dem Stickstoffangebot des Bodens.

4.3.3 Nmin im Boden

Über die gesamte Projektlaufzeit wurden Nmin-Proben von 0-90 cm an mindestens 8 Terminen im Laufe eines Jahres gezogen (Übersicht 19). Auf der Basis dieser Daten konnte nachgewiesen werden, dass es tatsächlich Unterschiede in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung gab.

Übersicht 19 Vergleich der Bodennitratgehalte unter der Winterweizensorte „Zentos“ nach Pflugfurche und als Mulchsaat.
Lindenhof-Versuchsfeld 1994-2001

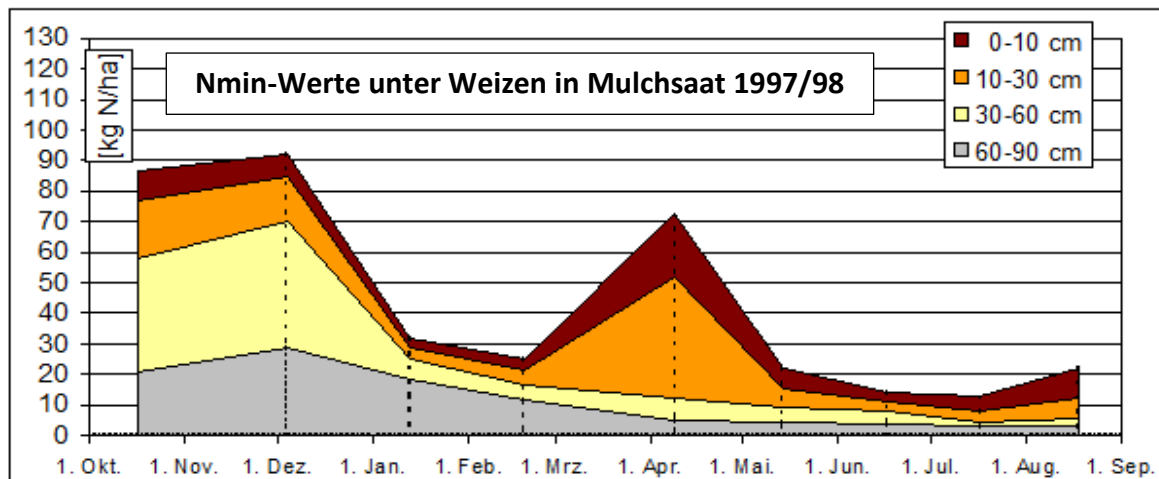


Übersicht 19 macht deutlich, dass bei Mulchsaat in 0-90 cm Bodentiefe im Mittel der Jahre 1996 – 2000 ca. 16% mehr Nitrat verfügbar war als unter Pflugsaat.

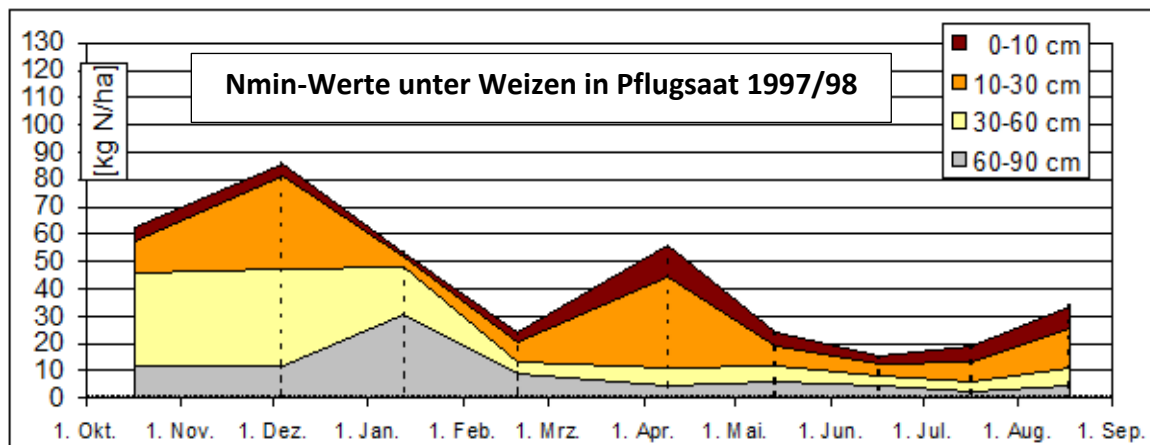
Aufgrund umfangreicher Analysen war es möglich, den genauen Verlauf des Stickstoffangebotes zu verfolgen. Erfasst wurden folgende Horizonte: 0 – 10 cm; 10 – 30 cm; 30 – 60 cm; 60 – 90 cm.

In Übersicht 20 und Übersicht 21 wird exemplarisch anhand der Vegetationsperiode 1996/97 der Verlauf der Nmin-Werte in beiden Bodenbearbeitungsvarianten gegenübergestellt.

Übersicht 20 *Nmin-Werte unter Weizen in Mulchsaat im Jahresverlauf 1997/98. Lindenhof-Versuchsfeld*



Übersicht 21 *Nmin-Werte unter Weizen in Pflugsaat im Jahresverlauf 1997/98. Lindenhof-Versuchsfeld*



4.3.4 Regenwurmaktivitäten

Bei identischer mineralischer N-Düngung der Pflug- und Mulchsaat stellte sich die Frage nach den Ursachen der verbesserten Mineralisation in der Mulchsaat.

Als Quelle für Nitrat-N im Boden kommt im Wesentlichen organische Substanz in Betracht, die in Form der Ernterückstände bereitsteht. Da bei der Mulchsaat eine hohe biologische Aktivität in der obersten Bodenschicht erreicht werden konnte und die Stoppelrotte intensiv einsetzte, wurde versucht, die Makrofauna in Form der Regenwürmer in die Untersuchung einzubeziehen.

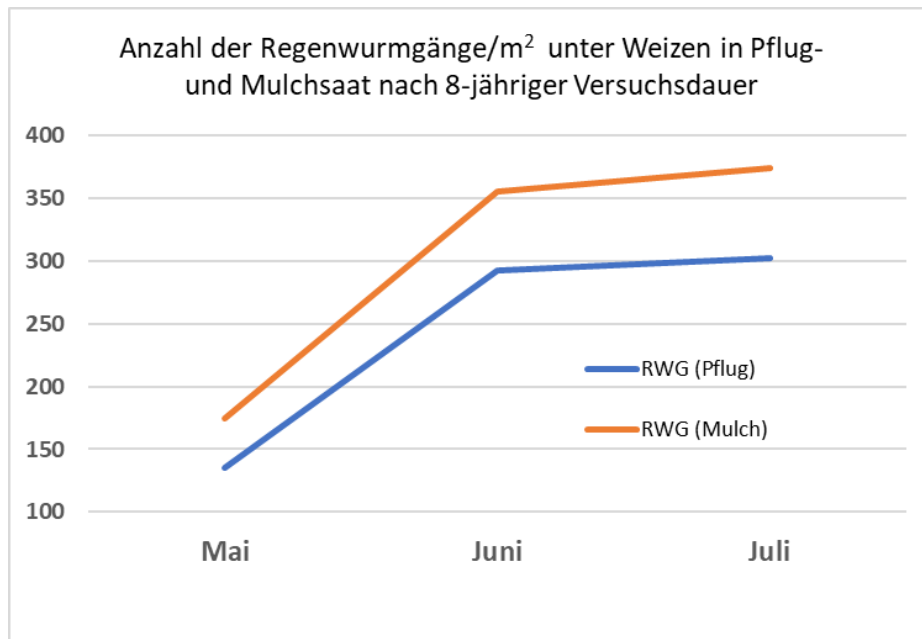
Insbesondere in der Hauptwachstumszeit und der Kornfüllungsphase des Weizens ist in den Mulchsaatflächen mehr Nmin verfügbar als in den gepflügten Böden. Damit erklärt die Stickstoffverfügbarkeit die höheren Rohproteingehalte des Weizens.

Gängige Verfahren zur Ermittlung der Regenwurm-Biomasse eigneten sich nicht für die hier vorliegende Fragestellung. Deshalb galt es, über indirekte Parameter einen Einblick in die Aktivität der Tiere

zu bekommen. Somit wurde dann im letzten Versuchsjahr die Anzahl der stabilen, dauerhaften Regenwurmrohre in 12 cm Bodentiefe zu drei Terminen (Mai, Juni, Juli) erfasst. Diese korrelieren sehr gut mit der Aktivität und Populationsdichte der Regenwürmer im Boden.

Aus Übersicht 22 wird deutlich, dass unter Mulchsaat eine deutlich höhere Regenwurmaktivität vorlag als nach einer Pflugsaat.

Übersicht 22 Regenwurmaktivität unter Winterweizen in Pflug- und Mulchsaat nach 8-jähriger Versuchsdauer, Lindenhof-Versuchsfeld



Mit der beschriebenen Methode konnten sehr aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden. **Über die gesamte Hauptwachstumsperiode war die Anzahl der Regenwurmgänge unter Mulchsaat deutlich höher als bei Pflugsaat.** Durch die starken vertikalen Wanderungsbewegungen innerhalb des Bodenprofils tragen die Regenwürmer ganz erheblich zu einer Verlagerung organischer Substanz bei, die somit auch in die tieferen Bodenschichten gelangt. Dort kann dann auch in den warmen Frühsommerwochen während der Hauptwachstumsperiode eine Mineralisierung erfolgen. Somit wird den Pflanzen leicht verfügbarer Stickstoff in einer Bodentiefe zur Verfügung gestellt, in der aktives Wurzelwachstum zur Wasseraufnahme zu verzeichnen ist. Auf diese Weise verfügen gerade Weizenpflanzen in der späten Phase der Kornfüllung über ein besseres N-Angebot, das sich in den deutlich erhöhten Rohproteingehalten widerspiegelt.

Eine späte mineralische N-Düngung erbringt solche Effekte beim heutigen Ertrags- und Düngungsniveau kaum noch, da nur die Wurzeln in den oberen Bodenschichten überhaupt Kontakt zu dem Mineräldünger haben. Deren Funktion ist aber ab Anfang Juli durch Austrocknung des Bodens meistens stark eingeschränkt.

4.4 Fazit

Die Ergebnisse aus dem langjährigen Fruchtfolgeversuch sind aktueller denn je:

- In einer typischen Ackerbaufruchtfolge Schleswig-Holsteins auf einer Parabraunerde (IS, AZ 50) erzielte ein Qualitätsweizen bei einem Düngungsniveau von 180 kg N in der Mulchsaat durchgehend höhere Proteingehalte als in der Pflugsaat.
- Ursächlich kann der Effekt auf die Regenwurm-Aktivität zurückgeführt werden, die unter Mulchsaat stark erhöht ist. Organische Substanz wird intensiver mineralisiert und kann auch in tiefere Bodenschichten über die Röhren transportiert werden. Das gut verzweigte Wurzelsystem vermag in den Röhren tiefere, kühlere und feuchtere Bodenschichten zu erreichen und kann mehr Wasser sowie gelösten Stickstoff aufnehmen. In der Pflugsaat ist dieser Prozess eingeschränkt, da die Anzahl der Regenwurmröhren deutlich niedriger liegt.
- Im Gegensatz zu den heute bevorzugten früh reifenden Weizensorten werden die beschriebenen Effekte von spät reifenden Sorten viel besser realisiert.
- In Wintergerste konnten keine vergleichbaren Effekte beobachtet werden, weil sie ihre Entwicklung deutlich früher abschließt.
- In Winterraps wurde die Ertragsleistung in den Versuchsjahren derart stark von *Verticillium* beeinträchtigt, dass keine Aussagen getroffen werden können. Hinsichtlich des N-Aufnahmeverhaltens von Raps ist grundsätzlich auch kein Effekt durch späte N-Mineralisierung zu erwarten.

5 *Rhizoctonia cerealis* – Scharfer Augenfleck

Rhizoctonia cerealis ist taxonomisch in die Klasse der Basidiomyceten einzuordnen. Seine Hauptfruchtform *Ceratobasidium cerealis* spielt im Freiland nach bisherigen Erkenntnissen keine Rolle und wird nur bei der Kultur auf künstlichen Nährböden beobachtet.

Unsere mehrjährigen molekularbiologischen Untersuchungen von Wintergetreidestoppeln aus Beständen in ganz Schleswig-Holstein und teilweise auch den angrenzenden Bundesländern zeigten, dass ***Rhizoctonia cerealis* die dominierende Art** ist. Die in den Fotoserien gezeigten Proben sind i. d. Regel nicht durch einen PCR Test verifiziert. Aber die Wahrscheinlichkeit ist hoch, dass es sich vor allem im Winterweizen um *R. cerealis* handelt. *R. solani* konnte nur in einem Wintertriticale-Bestand nachgewiesen werden. Die Symptome sind in Kapitel 5.3 abgebildet.

***R. cerealis* bildet keine Sporen zur Verbreitung.** Der Pilz wächst und infiziert **ausschließlich als Myzel** und überdauert in Form von **Sklerotien**, die meist sehr klein sind. Sklerotien können **mehrere Jahre** auch ohne Wirt im Boden überdauern. Die Infektion geht von Myzel aus, welches an Ernterückständen haftet oder aus den Sklerotien wächst. Charakteristisch sind die T-Verzweigungen des Myzels, die als diagnostisches Merkmal mikroskopiert werden können (Abbildung 4). Durch die großwinkeligen Verzweigungen kann das Laufmyzel schnell und mit geringem Energieaufwand das Gewebe nach geeigneten Eintrittspforten sondieren.



Abbildung 4 Laufmyzel von *Rhizoctonia cerealis* mit offenen T- bis Y-förmigen Verzweigungen © U. Kropf

Wirtspflanzen sind nicht nur **Gräser** und **Getreide**. Auch **Rüben**, **Kartoffeln** und **Mais** werden ertrags- und qualitätsmindernd befallen. **Raps** ist ebenfalls eine Wirtspflanze und hilft dem Pilz bei der Überdauerung; er ist in dieser Kultur aber nur selten ertragsrelevant.

Auch wenn es typische Merkmale gibt, die bei der Diagnose mit dem Auge oder einer Lupe helfen, **ist die Bandbreite der Symptomatik groß**. Die Infektion kann in einem warmen Herbst **gleich nach dem Auflaufen** erfolgen, bei milder Winterwitterung stattfinden aber auch im Frühjahr als Spätinfektion einsetzen. Je **früher die Infektion**, desto **massiver sind Symptomatik und Ertragsrelevanz**. Das **Alter** und die **Festigkeit des Gewebes bestimmen die Geschwindigkeit der Ausbreitung**. Der Pilz sucht mit **Laufhyphen** die Oberfläche der Blattscheiden nach **weichem Gewebe** oder natürlichen Eintrittspforten

wie z. B. den **Kronenwurzelansätzen** ab, um dann im Gewebe und später auch **im Halm Myzel, Myzelschorf und daraus auch die Mikrosklerotien zu bilden.**

Der Einsatz von wirksamen Fungiziden (Cyprodinil, Triazole) beeinflusst die Symptomausbildung. Nach einer Herbstinfektion können auf die Halmbasis aufgebrauchte Wirkstoffe die Myzelbildung auf dem Halm bzw. den Blattscheiden stoppen. Meist bleibt ein ovaler, brauner Fleck zurück, häufig ohne das helle Zentrum und die scharfe Abgrenzung. Gelegentlich verbleibt nur wenig oder gar kein Myzel, oft fehlen dann auch die Mikrosklerotien. In diesem Zustand ist *Rhizoctonia* leicht mit dem echten Parasitären Halmbruch (früher: *Pseudocercospora herpotrichoides*) zu verwechseln.

Wachstumsregler, insbesondere Trinexapac-haltige Produkte, die im Schossen eingesetzt werden, können das Gewebe so stark festigen, dass das Myzel nicht einzudringen vermag und erst im zweiten oder dritten Internodium ausreichend weiches Gewebe für die Infektion vorfindet.

5.1 Entwicklung und makroskopische Symptomatik in Winterweizen

Im Boden liegende **Sklerotien keimen unspezifisch** aus, also ohne die Signalwirkung eines Wirtes, und bilden Myzelhyphen, die dann zufällig auf einen wachsenden Wirt treffen. Ebenso kann auf **Ernterückständen befindliches Myzel** an die neue Kultur gelangen. **Erste Infektionen finden bei warmen und moderat-feuchten Bedingungen über 15 °C Tagesmitteltemperatur im Herbst schon kurz nach dem Auflaufen statt.**

Das **Myzel** infiziert von außen die noch **dünnen, weichen Blattscheiden**, dringt in das Gewebe ein und wächst darin zunächst über mehrere Wochen **symptomlos** innerhalb der Blattscheiden überwiegend basi- und akropetal und weniger nach rechts und links über die Aderung hinweg. **Frühe Herbstinfektionen** sind zu Vegetationsbeginn deutlich sichtbar (Abbildung 5).



Abbildung 5 *Rhizoctonia*-Symptomatik im März in BBCH 29/30 nach Aussaat 20.-25. September v. l. n. r.: JB Asano 6.3.2013, Sachsmo 6.3.2014, Discus 16.3.2015, Tobak 27.3.2020 Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf

Da das **dünne Blattscheidengewebe** um die Leitgefäße („Adern“) schnell aufgezehrt ist, **reißt der zentrale, hellere Infektionsbereich** auf. Sichtbar bleibt ein **dunkelbrauner Rand, der zum befallenen Zentrum scharf abgegrenzt** ist. Zum umgebenen gesunden Gewebe läuft die Verbräunung aus und ist am oberen und unteren Ende eher oval als spitz. In diesem Zustand ist das Symptom mit dem des parasitären Halnbruchs (früher: *Pseudocercospora herpotrichoides*) zu verwechseln, der ebenfalls als ovale Verbräunung beschrieben wird. **Das für *Rhizoctonia* typischere spitze Auslaufen des Randes tritt erst auf, wenn das Gewebe älter und fester bis seneszent ist.**

Myzel bzw. Myzelschorf ist in diesem frühen Stadium meist nicht zu sehen, weil das befallene Gewebe zersetzt ist. Dennoch befindet sich **Myzel auf und unterhalb der Blattscheide** und besiedelt die tiefer liegenden Schichten. Zieht man die Blattscheide ab, ist bei fortgeschrittenem Befall bereits ein **brauner**

Fleck auf der darunter liegenden Blattscheide bzw. dem Internodium zu sehen (Abbildung 6). Hier kann sich auch **aggregiertes Myzel**, sogenannter **Myzelschorf**, ausbilden.



Abbildung 6 *Rhizoctonia-Symptom auf dem Halm des ersten Internodiums mit Myzelschorf im Zentrum, dem scharf abgegrenzten ovalen, dunkelbraunen Rand und dem hellbraun auslaufenden Saum. BBCH 31/32, 21.4.2019 © U. Kropf*

Abbildung 7 zeigt einen **stängelumfassenden Befall durch *Rhizoctonia ssp.*** Das durch den Pilz zerstörte **helle Zentrum ist scharf zum umgebenden Gewebe abgegrenzt**. Symptom und Gewebe sind von **beigem Myzelschorf** überwachsen. Im Inneren ist das Internodium vollständig von **weißem, winklig verlaufenden Laufmyzel** durchzogen. **Älteres Myzel ist hell bis dunkelgrau**. Die **Leitgefäße** in der Halmwand sind durch den Pilz **zerstört**. **50 % stängelumfassender Befall kostet 10 % Ertrag**. Darüber steigt die Ertragsminderung rasant an. Bei 100 % stängelumfassenden Befall befindet sich in der Ähre nur noch Schmachtkorn.

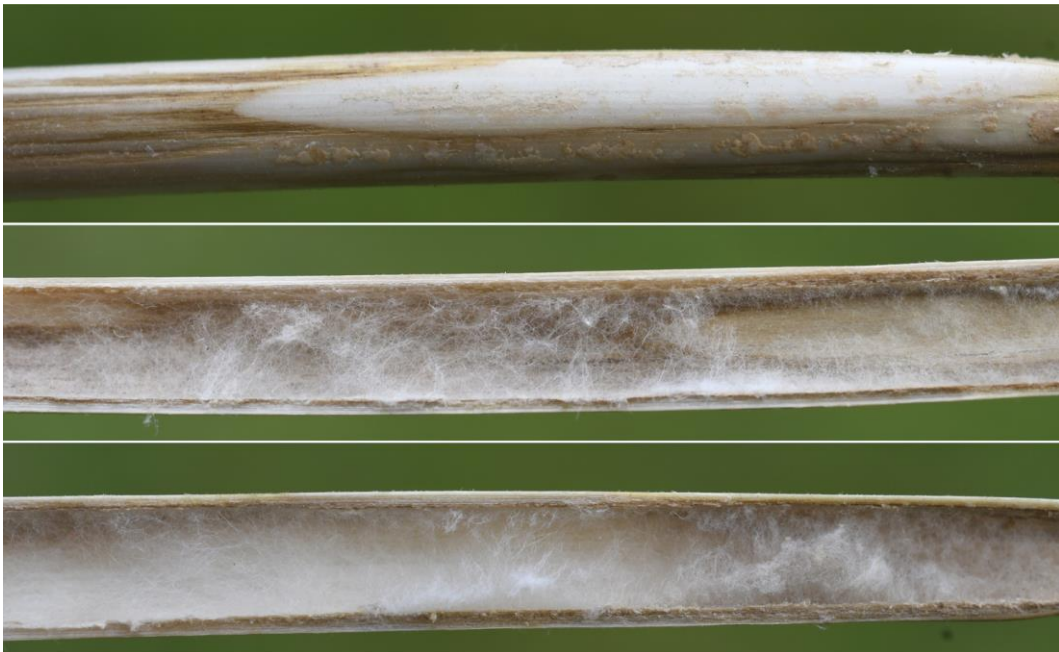


Abbildung 7 *Typische Symptomatik von *Rhizoctonia ssp.* Auf dem Halm liegt Myzelschorf und im Inneren des Halmes das winklig verlaufende Laufmyzel. 22.7.2020, Sorte JB Asano, Lindenhof-Versuchsfeld. © U. Kropf*

Da der Pilz von außen infiziert, befinden sich die **großen wasserfleckenartigen Symptome** auf den älteren **Blattscheiden**, die durch den Befall mehr oder weniger zerstört werden. Bei frühem Befallsbeginn nach der Saat sind zunächst die Haupttriebe betroffen. Finden die Infektionen erst später in der Bestockung statt, werden vor allem Nebentriebe befallen. Die Pflanzen in Abbildung 8 waren schon früh dem beginnenden und anhaltendem Infektionsdruck ausgesetzt. Haupt- und Nebentriebe sind befallen.



Abbildung 8 Befall von Haupt- und Nebentrieben mit *Rhizoctonia* ssp. Die Infektionen sind durch die zerstörten Blattscheiden auf die Internodien vorgedrungen. 24.4.2014, Hessen © U. Kropf

Weißes Myzel ist ein Zeichen für eine junge und aktive Infektion und Besiedlung (Abbildung 9). Im oberen Teil eines Internodiums sind die Zellen länger und weicher als im unteren Bereich und können bei Frühjahrsinfektionen leichter besiedelt werden. Zwischen den Blattadern (Leitbündel mit Xylem und Phloem) wächst der Pilz im Gewebe schneller als über die Adern hinweg. **Durch den zeitlichen Vorsprung der zentralen Infektionshyphen bildet sich ein längsoverales Symptom mit zunehmend spitzen Enden, je älter und fester das Gewebe wird.**



Abbildung 9 *Rhizoctonia-Symptomatik im Schossen: Unterhalb der Knoten sind die Internodien weich und leicht zu infizieren. Weißes Myzel und Myzelschorf ist jung und aktiv.*
14.5.2019 Sorte Riff, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf

Infektionen **oberhalb der unteren Knoten** stammen meist aus dem **Herbst** (Abbildung 10), denn dann ist das gesamte Gewebe noch weich und die Blattscheiden sind leicht zu besiedeln. Unter der geschützten Blattscheidenbasis kann *Rhizoctonia* über mehrere Wochen hinweg während der Bestockung bis zum Halm vordringen. Abbildung 10 zeigt die **Symptomatik** auf **gealtertem Gewebe** im Juli. Die **spitzen Enden des braunen Saums** sind gut zu sehen, ebenso der zum **hellen abgestorbenen Zentrum scharf abgegrenzte Saum**. Es fehlt der typische Myzelschorf. Stattdessen sind auf den beiden mittleren Halmen grau-schwarze **Mikrosklerotien** zu sehen. **Sklerotien entstehen aus komprimiertem Myzel und sind die vegetativen Überdauerungsorgane der *Rhizoctonia*.**

Das Fehlen des Myzelschorfes ist auf eine Fungizidanwendung zurückzuführen, die die Myzelbildung auf dem Halm **gestoppt** hat. Nicht verhindern konnte sie die **Entwicklung des Myzels im Halm** selbst, da die verfügbaren Wirkstoffe kein kuratives und eradikatives Potenzial bei Herbstinfektionen haben, wenn sie erst im Frühjahr zu Schossbeginn eingesetzt werden. Wenn die Fungizidwirkung nachlässt, wächst das Myzel wieder an die Oberfläche um dort Mikrosklerotien zu bilden (Abbildung 10, 2. und 3. Foto).



Abbildung 10 *Rhizoctonia Symptome auf dem Halm unter Fungizideinfluss. Die Blattscheiden wurden entfernt.*
23.7.2013, Sorte Dekan, Gelting © U. Kropf

Die unterirdisch sitzenden **Bestockungsknoten**, aus denen die **Kronenwurzeln** wachsen, sind **leichte Eintrittspforten** für die Besiedlung durch *Rhizoctonia* (Abbildung 11), die dort die zentralen Organe für die Wasser- und Nährstoffaufnahme zerstört. Auch wenn auf dem untersten Internodium das Symptom des Scharfen Augenflecks gut angesprochen werden kann, sind **Mischinfektionen** mit anderen bodenbürtigen Pilzen wie **Fusarien** und **Schwarzbeinigkeit** häufig und **erschweren die Ursachenforschung**.

Über das Blatt applizierte Fungizide erreichen die unterirdischen Infektionsstellen nicht.



Abbildung 11 *Rhizoctonia*-Infektionen über die im Boden befindlichen Bestockungsknoten und Ansätze der Kronenwurzeln (hier teilweise entfernt). 23.7.2013, Sorte Dekan, Gelting © U. Kropf

Oberirdische Halmknoten, die in Bodennähe Kronenwurzeln bilden, sind ebenfalls **Eintrittspforten für *Rhizoctonia*** (Abbildung 12). Meist handelt es sich um die nur 2-5 Zentimeter langen Kurztagsinternodien, die insbesondere von Fröhsaaten ausgebildet werden.



Abbildung 12 Oberirdische Kronenwurzelsätze (rechts sind die Wurzeln entfernt) als Eindringpforten für *Rhizoctonia*. 3.7.2015, Sorte Tobak, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf

Nicht immer entsteht ein helles Zentrum durch eine *Rhizoctonia*-Infektion (Abbildung 13). Wenn der Pilz an der Zerstörung des Gewebes gehindert wird, z. B. durch **Fungizide** oder **gewebefestigende Wachstumsregler**, können die **spitz-ovalen Symptome einen durchgehenden Braunton aufweisen**. Da *Rhizoctonia* lignifiziertes Gewebe nur schlecht abbauen kann, bildet das Myzel vor allem die für *Rhizoctonia* typischen **Infektionskissen**, aus denen dann **Mikrosklerotien** für die **Überdauerung** entstehen (Abbildung 13 Foto links und Mitte: die grauen Strukturen auf dem Halm). Im aufgeschnittenen Halm sieht man, wenn auch nur spärlich, das typisch **winklige Laufmyzel von *Rhizoctonia***.



Abbildung 13 Außen- und Innenansicht eines mit *Rhizoctonia* befallenen Weizenhalmes mit atypischer Symptomatik. Sorte NN, 23.7.2013, Gelting © U. Kropf

In Abbildung 14 ist der **Einfluss eines gezielten Fungizideinsatzes auf die Symptomausprägung und weitere Besiedlung durch *Rhizoctonia*** zu sehen. **Mit Fungizid** (2 Fotos links) ist die Ausbreitung und charakteristische Symptomausprägung gestoppt. **Ohne Fungizideinsatz** (2 Fotos rechts) besiedelte das Myzel das gesamte Internodium außen und innen.



Abbildung 14 Auswirkung des Fungizideinsatzes auf die Symptombildung und Schadwirkung: mit Fungizid (2 Fotos links) und ohne Fungizid (2 Fotos rechts).
2.8.2013, Sorte Dekan, Gelting © U. Kropf

Vom **Myzel** gebildete **Melanine** färben **Myzelschorf und Mikrosklerotien braun** (Abbildung 15). Untersuchungen der Melaninbildung bei *Rhizoctonia solani* lassen vermuten, dass Melanine die **Pathogenität des Pilzes verbessern und ihn länger vor bakteriellem Abbau schützen**. Unter welchen Bedingungen Melanine gebildet werden, ist bislang unklar. Bei der Agarkultur verschiedener Anastomosegruppen von *Rhizoctonia solani* ist der Farbton ein Merkmal bei der Bestimmung der Anastomosegruppe (CHEN et al., 2015).



Abbildung 15 Stark melanisierter Myzelschorf und Mikrosklerotien von *Rhizoctonia* ssp..
22.7.2020, Sorte JB Asano, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf

Die Besiedlung des Halmes kann nicht nur durch die Blattscheiden hindurch geschehen. Das Myzel kann sich auch geschützt unter der Blattscheide auf dem Halm entwickeln (Abbildung 16, mittleres Foto). Direkt auf der Blattscheide sind dann die typischen myzelfreien Augenflecken („Wasserflecken“) zu sehen, da das Myzel die Blattscheide nur von innen besiedelt (Abbildung 16, oberes Foto). Im Längsschnitt ist neben der Gewebeerstörung auch die Besiedlung des Halminneren gut zu sehen (Abbildung 16, Foto unten).



Abbildung 16 *Symptomatik von Rhizoctonia ssp. Auf Blattscheide, Internodium und im Halminneren. Alle Fotos vom gleichen Halm. 4.7.2013, Sorte JB Asano, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf*

Die **Schadwirkung** von *Rhizoctonia* hängt von dem **Zeitpunkt des Gefäßverschlusses** ab. Je früher eine stängelumfassende Zerstörung der Leitgefäße (Xylem und Phloem) erfolgt, desto höher ist der Ertragsverlust. **Bis 50 % stängelumfassenden Befall reduziert sich die Tausendkornmasse um bis zu 10 %**. Vollständig besiedelte Internodien (Abbildung 17) verlieren ihre Festigkeit und können abknicken. Der **Ähre** ist die massive Zerstörung des Halmes anzusehen. Im apikalen Bereich ist sie **schmäler und schlecht ausdifferenziert**. Auch die **Seneszenz** des oberen Ährendrittels ist, wie bei der partiellen Taubährigkeit (Fusarien, Schwarzbeinigkeit), weiter **vorangeschritten**.



Abbildung 17 Massive Durchmorschung des Halmes mit *Rhizoctonia* ssp. (Ohne Fungizideinsatz) beeinträchtigt die Ausdifferenzierung der Ähre und die Kornfüllung. Ährensymptome sind mit Schwarzbeinigkeit und Fusariumbefall zu verwechseln. 9.7.2021, Sorte Filon, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf

Rhizoctonia ist nicht auf die maritimen Standorte beschränkt. Die **lange und milde Herbstvegetation** und die **frühere Saatzeit** bieten dem scharfen Augenfleck auch auf **kontinentalen Standorten gute Entwicklungsbedingungen**. Abbildung 18 zeigt starken stängelumfassenden Befall in einem Winterweizenbestand in **Nordhessen 2019**.

An den Halmen sind die drei unteren Internodien befallen. Auf den Blattscheiden sind die myzelarmen **Augenflecken** zu sehen, darunter liegt **beigefarbener bis melanisierter Myzelschorf**.



Abbildung 18 *Starke Vermorschung durch Rhizoctonia ssp. auf einem Standort in Nordhessen 2019 bei unterlassenem Fungizideinsatz (Kontrollfenster). 24.7.2019, Sorte Informer, Nordhessen © U. Kropf*

Die **Mikrosklerotien** sind üblicherweise sehr klein. Gelegentlich und vor allem in Verbindung mit **völliger Durchmorschung** treten **außergewöhnlich große Sklerotien auf, die dicken Myzelmatte** entspringen. Abbildung 19 zeigt einen unbehandelten Bestand in Nordhessen aus dem Jahr 2019. Ähnliche Funde gab es schon in Vorjahren auf dem Lindenhof-Versuchsfeld. Der erste Verdacht fiel auf ***R. solani***, da für diese Art größere Sklerotien in der Literatur beschrieben sind. **Die PCR-Analyse diagnostizierte aber *R. cerealis*.**



Abbildung 19 Außergewöhnlich große Sklerotien auf dicken Myzelmatte bei starkem Rhizoctonia-Befall und ohne Fungizideinsatz. 24.7.2019, Sorte Informer, Nordhessen © U. Kropf

5.2 *Rhizoctonia* ssp. in Wintergerste

In Wintergerste tritt *Rhizoctonia* nur **selten ertragsrelevant** auf. Durch die **frühe Abreife** kann sich der Pilz nicht lange genug zerstörerisch ausbreiten. Die gesamte Symptomatik ist weniger stark ausgeprägt. Die **Wasserflecken** auf den Blattscheiden sind nur schwach ausgebildet. Die **Augenflecken** darunter auf den Internodien sind kleiner und mit **weniger Myzelschorf** behaftet (Abbildung 20, Abbildung 21). Auf den Internodien können sich auch Symptome befinden, die von symptomlosen Blattscheiden verdeckt sind. Bei der Diagnose sollten die **Blattscheiden** der zwei bis drei unteren Internodien immer **abgezogen** werden.

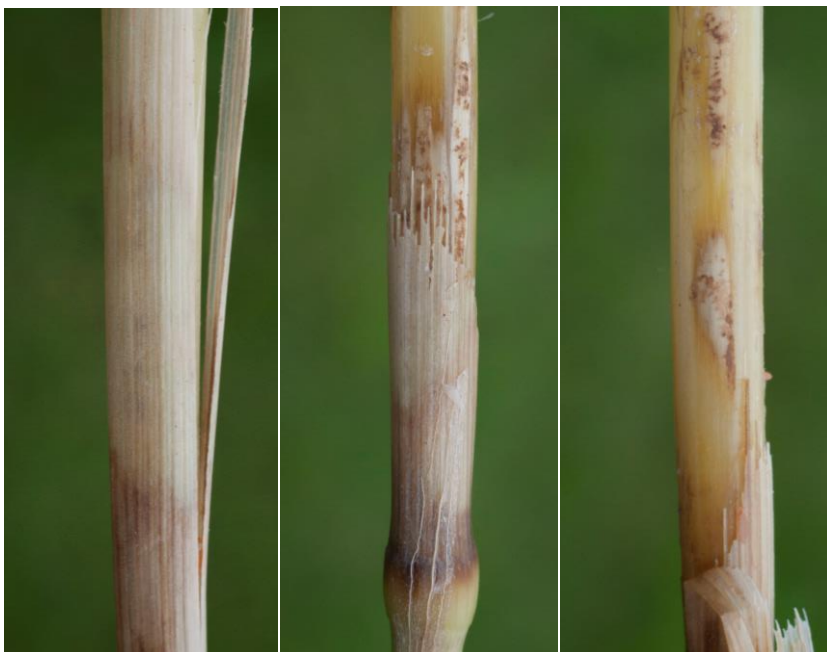


Abbildung 20 *Rhizoctonia* ssp. in Wintergerste. 4.7.2013, Sorte Lomerit, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf



Abbildung 21 *Rhizoctonia* ssp. in Wintergerste. 15.7.2013, Sorte Lomerit, Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf

5.3 *Rhizoctonia solani* in Wintertriticale

Wintertriticale kann aufgrund der späteren Abreife ertragsrelevant mit *Rhizoctonia* besiedelt sein. In den befallenen Halmen (Abbildung 22) wurde mittels PCR-Test *Rhizoctonia solani* nachgewiesen. Auffällig sind die **sehr dunklen Mikrosklerotien** (Fotos links) und die **starke Myzelbildung im aufgeschnittenen Halm unter dem Augenfleck** (Fotos rechts). Ob das ein Unterscheidungskriterium zu *R. cerealis* ist, konnte wegen der geringen Auftretshäufigkeit von *R. solani* bisher nicht verifiziert werden.



Abbildung 22 *Rhizoctonia solani* (PCR-Nachweis) in Wintertriticale, Außen- und Innenansicht. August 2016, Sorte Adverdo, Husby © U. Kropf

6 Einfluss der Saatzeit, Sorte und Fungizidintensität auf den Befall mit Blattkrankheiten bei Winterweizen (Lindenhof-Versuchsfeld 2015-2016)

6.1 Blattseptoria dominiert – fast immer und überall

Im norddeutschen Weizenanbau ist Blattseptoria (*Zymoseptoria tritici*) ein Krankheitserreger, der alljährlich in Erscheinung tritt. Durch massive Blattzerstörung (Abbildung 23) kann es zu erheblichem Ertragsverlust kommen. Der Pilz überdauert auf Stoppelresten in der Agrarlandschaft und infiziert den Weizen durch flugfähige Askosporen.



Abbildung 23 Blattdürre bildet im toten Gewebe asexuelle Fruchtkörper, die schwarz gefärbten Pyknidien

Somit erfolgen Infektionen vor allem in Regionen mit hohem Weizenanteil in der Fruchtfolge über mittlere Distanzen bereits ab September. Ein wichtiger Faktor ist deshalb die Saatzeit: **Je früher die Aussaat erfolgt, umso stärker wird der Weizen infiziert. Nach Spätsaat entwickeln sich Infektionen vor Winter nur schwach oder gar nicht.** Nach Frühsaat jedoch geht der Weizen bereits mit kranken Blättern in den Winter.

Für den weiteren Krankheitsverlauf ist die **Frühjahrswitterung** entscheidend: Feuchtes Wetter begünstigt die Freisetzung von Pyknosporen (Abbildung 24), Trockenheit hemmt sie. In Nordwesteuropa kommt es aufgrund der atlantischen Witterung fast in jedem Jahr zu Infektionsphasen, in denen die Blattdürre sich kräftig vermehren kann und deshalb zu den regelmäßig bedeutenden Krankheiten zählt.

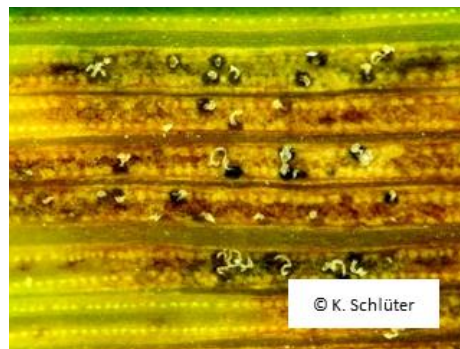


Abbildung 24 Aus reifen Pyknidien treten bei feuchter Witterung lange Sporenrankten hervor. Eingebettet in eine gelartige Grundmasse werden massenhaft Pyknosporen freigesetzt. Wassertropfen und Regenspritzer sorgen für die Verbreitung auf gesunde Blattoareale.

6.2 Seit über 30 Jahren Triazol-Fungizide

Über viele Jahre war der Einsatz der Triazole problemlos möglich: Die kurative Wirkung erfasste gesetzte Infektionen, und selbst mit reduzierten Aufwandmengen realisierte man gute Wirkungsgrade. Leider konnte sich die Wissenschaft mit ihren stetigen Warnungen vor Resistenzbildung in Praxis und Beratung kaum Gehör verschaffen. Gerade im hohen Norden Deutschlands waren „Mini-Mengen-Strategien mit Splitting-Applikation“ äußerst beliebt und im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Kostenoptimierung ein Erfolgsgarant. Jahr für Jahr hat man so einen hohen Selektionsdruck auf die Blattseptoria (und auch auf andere Schadpilze!) ausgeübt, ohne gravierende Veränderungen zu bemerken. In den Resistenzmonitorings einschlägiger Institute und Zulassungsinhaber zeigte sich aber schon früh ein Nachlassen der Fungizidwirkung. Inzwischen funktioniert die „Mini-Mengen-Strategie“ gar nicht mehr. Siehe dazu auch Kapitel 11.10.03 „Fungizidsensitivität der Weizenblattdürre (*Zymoseptoria tritici*) auf dem Lindenhof-Versuchsfeld 2013-2021“.

Um die bislang noch gut wirksamen Triazole (Prothioconazol und Mefentrifluconazol) als Basis-Bausteine in einer Anti-Septoria-Strategie zu erhalten, sind deshalb folgende Punkte wichtig:

1. Anwendungshäufigkeit verringern + volle Aufwandmengen ausbringen
2. Nicht zu viel Befall aufbauen lassen und mehr protektiv behandeln als kurativ.

6.3 SHI-Fungizide – hoch gefährdet!

Die bislang leistungsstärksten Wirkstoffe gegen verschiedene Schadpilze an Kulturpflanzen sind die neueren SDHI. ABER: Alle Wirkstoffe dieser Gruppe sind durch die Anpassung des Septoria-Pilzes und Kreuzresistenz genauso gefährdet, wie es vor Jahren bei Einführung der Strobilurine der Fall war. Die internationale Arbeitsgruppe „FRAC“ hat alle SDHI von Anfang an als mittel bis hoch gefährdet eingestuft. Die ersten Resistenzen sind auf den Britischen Inseln bereits nachgewiesen worden, das war mit den Strobilurinen genauso! Auch die Population auf dem Lindenhof-Versuchsfeld ist durch eine abnehmende Wirksamkeit gegen SDHI gekennzeichnet, s. Kap. 11.10.03 „Fungizidsensitivität der Weizenblattdürre (*Zymoseptoria tritici*) auf dem Lindenhof-Versuchsfeld 2013-2021“.

Was tun? SDHI, die in den verfügbaren Präparaten mit Triazolen kombiniert sind, sollte nur ein einziges Mal zum Einsatz kommen, nie im Splitting und mit möglichst hoher Aufwandmenge. In unseren Versuchen der Jahre 2012-2015 (bei sehr hohem Befallsdruck) hat sich gezeigt, dass der relativ frühe Einsatz im Schossen (BBCH 32 – 37) zu überragenden Effekten führt – ausreichend hohe Aufwandmengen vorausgesetzt!

In der Praxis liegt der Fokus immer in der Auswahl der „besten Fungizidstrategie“. Dem **Aussaattermin als Grundlage für die epidemische Entwicklung der Krankheit** wird kaum Bedeutung beigemessen. Unsere Daten aus mehreren Jahren zeigen, dass auf dieser Basis ein deutlich verbessertes Krankheitsmanagement möglich ist!

6.4 Späte Saat und gesunde Sorten – wichtige Bausteine im Anbausystem!

Damit die derzeit noch verfügbaren Fungizide eine möglichst gute Leistung bringen, muss man alles tun, um den Beginn der Septoria-Epidemie zu verzögern. Nur dann, wenn **kleinere Pilzpopulationen** später im Jahr zur Entwicklung kommen, lässt sich langfristig ein guter Wirkungsgrad erreichen. Grundsätzlich kann man den Epidemieverlauf durch späte Saatzeiten verzögern, im Gegensatz dazu sind frühe Septembersaaten äußerst gefährdet. Nach Frühsaat ist das Fahnenblatt Anfang Juli des Folgejahres meist völlig zerstört (Abbildung 25).



Abbildung 25 In der unbehandelten Kontrollvariante ist das Fahnenblatt anfälliger Sorten bereits Anfang Juli weitgehend zerstört

In der Praxis sollte schon früh eine Entscheidung getroffen werden, wie man vorgehen will, um die Anbauplanung und die Saatgutbestellung in die Wege zu leiten.

Dabei gibt es zwei Szenarien:

1. Man ist auf Fröhsaat angewiesen, weil es am Standort nicht anders geht (z. B. Ackermarschen, Lehmstandorte).
2. Man ist durchaus in der Lage, auf geeigneten Standorten eine spätere Aussaat zu realisieren, auch um die Gräserproblematik zu verringern.

Die Versuchsergebnisse im Kasten auf der Folgeseite zeigen deutlich, dass bei Spätsaat ein moderater Fungizideinsatz die oben gestellten Forderungen erfüllt: Geringe Anwendungshäufigkeit der Azole, einmaliger Einsatz der Carboxamide, kein Splitting, hohe Protektivleistung.

Mit einer angepassten Fungizidstrategie kann man die Zahl der Entwicklungszyklen von Blattseptoria im Laufe eines Jahres vermindern. Damit sinkt die Anzahl der Genotypen, die wieder neue Resistenzen auslösen können und die noch verfügbaren Fungizide büßen nicht so schnell ihre Wirkung ein.

6.5 Saatzeiten und Sorten im Vergleich 2015 und 2016

In beiden Versuchsjahren begünstigte die Jahreswitterung der Befall mit Blattdürre erheblich.

Versuchsort: Lindenhof-Versuchsfeld der FH Kiel in Osterfeld, Standort uS, AZ 50.

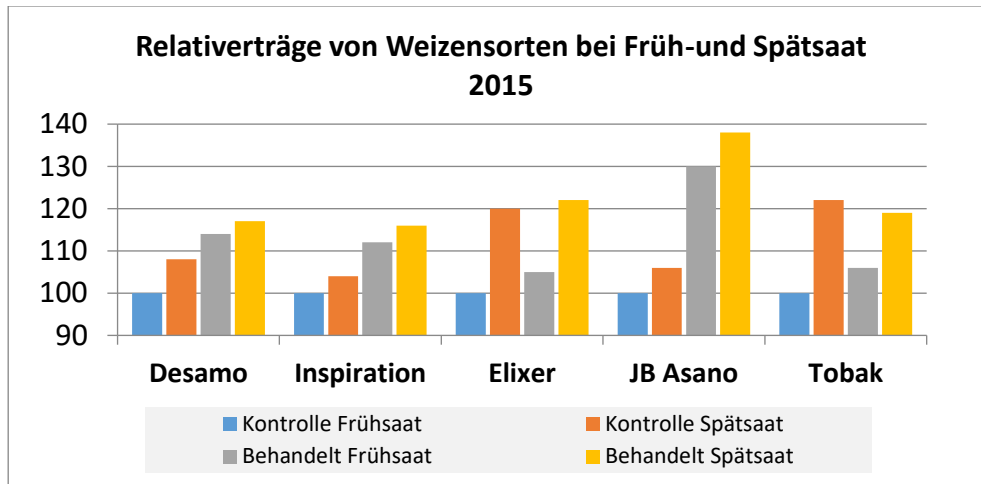
Fröhsaat: Mitte September

Spätsaat: Mitte Oktober

Kontrolle ohne Fungizide, nur Wachstumsregler

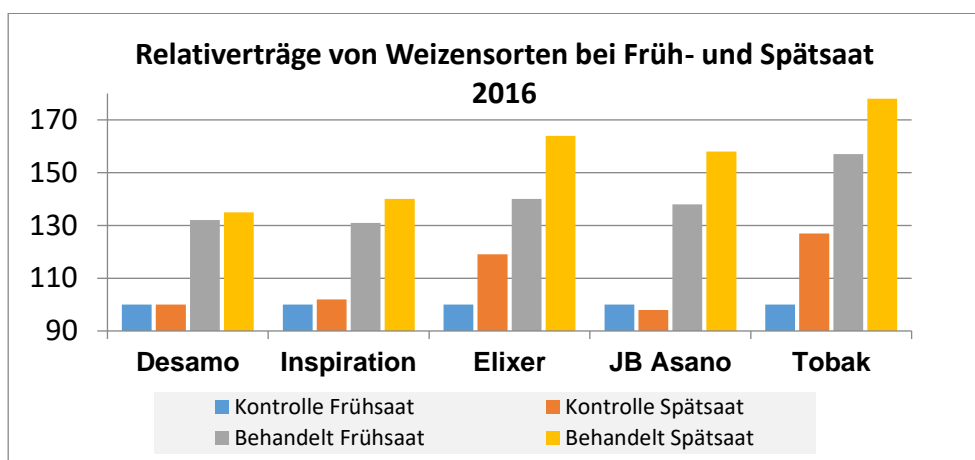
Behandelt BBCH 30/31: 1,0 kg/ha Unix + 1,25 l/ha Input Classic + 1,5 l/ha Bravo
BBCH 37: 2,0 l/ha Adexar
BBCH 61: 0,5 l/ha Taspä

2015 reduzierte ein später Braunrostbefall in "Tobak" die Ertragsleistung erheblich, so dass sich die Erträge in Fröhsaat und Spätsaat kaum unterscheiden.



Für jede Sorte ist der Ertrag der unbehandelten Kontrolle bei Frühsaat auf relativ 100 % gesetzt.

Die anfälligen Hochertragssorten JB Asano, Elixer und Tobak zeigen in der Spätsaat ein deutlich höheres Ertragsniveau als die unbehandelte Kontrolle der Frühsaat.



Die gesunden Sorten Desamo und Inspiration hemmen die Krankheitsentwicklung. Das macht sich vor allem in der Frühsaat bemerkbar: Die unbehandelten Kontrollen der Spätsaat sind entweder ertraglich gleich oder nur geringfügig besser.

6.6 Fazit

Zukünftig wird im konventionellen Weizenanbau eine stark eingeschränkte Fungizid-Wirkstoffpalette verfügbar sein. Sie alle sind durch hohe Anwendungsintensität durch Sensitivitätsverlust des Blattdürre-Erregers bedroht. Somit gilt es, in den Befallsaufbau von Blattseptoria schon im Herbst lenkend einzugreifen. Späte Saat verringert oder verhindert sogar Infektionen vor dem Winter. Als Folge kann erst ein Frühjahrsbefall einsetzen, der mit einer kleineren Anzahl von Infektionszyklen zu Buche schlägt. Somit ist die Krankheitsepidemie nach einer Spätsaat immer schwächer als nach einer Frühsaat.

In den Versuchen konnte gezeigt werden, dass die anfälligen Hochertragssorten JB Asano, Tobak und Elixer nach Spätsaat selbst in der unbehandelten Kontrolle bis zum Juli ein fast gesundes Fahnenblatt behielten. In der Frühsaat hatte die Blattseptoria die Fahnenblätter vollständig zerstört.

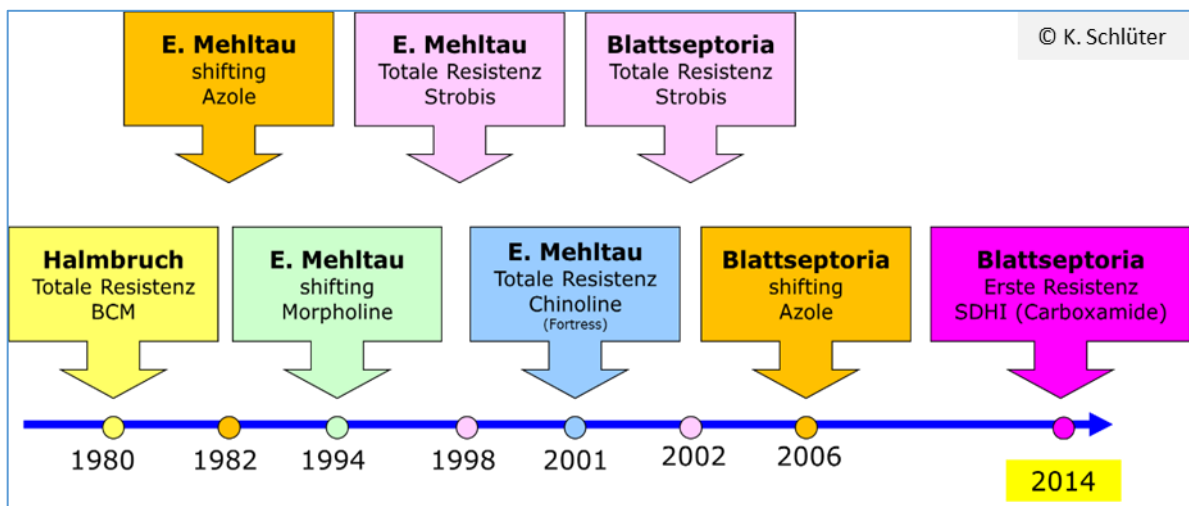
Empfehlung für die Praxis

- Bei betriebsbedingt notwendiger Frühsaat: unbedingt blattgesunde Sorten bevorzugen.
- Wenn Spätsaat möglich ist, kommen die anfälligeren Hochertragssorten bei moderatem Fungizideinsatz zur besten Leistung.
- Fungizide gezielt und nicht im Rahmen einer „Mini-Mengen-Strategie“ einsetzen (s. Kap. 7).

7 Anti-Resistenz-Strategie für Weizen-Fungizide

7.1 Ausgangssituation

Seit der Einführung der ersten leistungsstarken Triazole in den 1980er Jahren bilden diese das Rückgrat im Krankheitsmanagement des Getreides. Da sie systemisch-kurativ und zugleich protektiv wirken und mehrere wichtige Krankheiten aus der Gruppe der Asco- und Basidiomyceten erfassen, ist ihre Anwendungshäufigkeit hoch. Die gute Wirksamkeit dieser Fungizide hat in der ackerbaulichen Praxis schon bald nach Markteinführung zu einer starken Reduktion der Hektar-Aufwandmengen geführt, wobei im Gegenzug die Anwendungshäufigkeit gestiegen ist. Auf diese Weise sind die Krankheitserreger unter einen starken Selektionsdruck geraten und haben sich angepasst. Ab ca. 2006 ist die verringerte Sensitivität der Weizenblattdürre durch Monitorings sicher belegt. **Die untenstehende Zeitachse zeigt das Auftreten von Resistenzen bei den wichtigsten Getreidekrankheiten deutlich auf. Wichtig ist dabei die Differenzierung zwischen zwei Formen: shifting oder totale Resistenz.**



7.2 Shifting

Gegenüber den Triazolen zeigt sich bei Blattseptoria ein ausgeprägtes shifting. Das bedeutet, die Sensitivität (Empfindlichkeit) gegenüber den Wirkstoffen ist gesunken, aber keineswegs vollständig verloren gegangen. Deshalb führen reduzierte Aufwandmengen nicht mehr zu der früher bekannten, nachhaltigen und sicheren Wirkung.

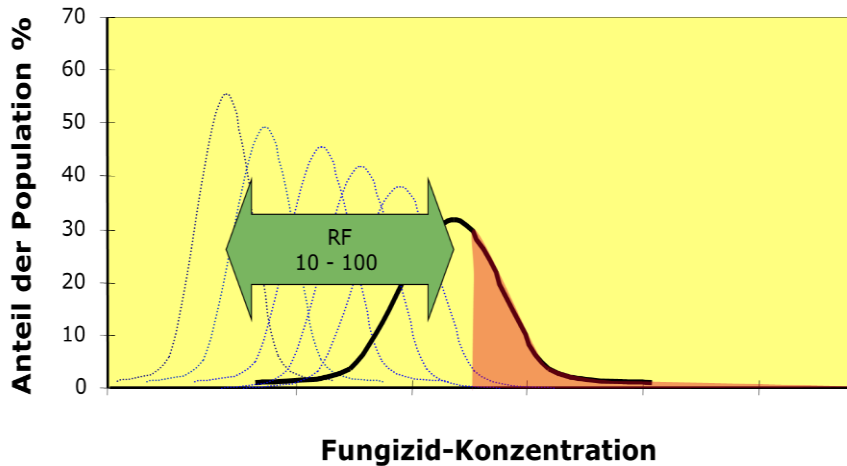
Insbesondere im Hinblick auf den Erreger der Weizenblattdürre – aber auch auf die Getreideroste – ist das äußerst misslich, denn deren Kontrolle ist mit Triazolen grundsätzlich immer gut möglich gewesen.

Das folgende Schaubild zeigt die Veränderung in der Sensitivität der Pilzpopulation durch shifting im Laufe der Jahre.

Die Berechnung von Resistenzfaktoren (RF) zeigt, wie hoch die Wirkstoffkonzentration bei der selektierten Pilzpopulation sein muss, um die gleiche Wirkung zu bekommen wie bei der Ausgangspopulation. Dabei bedeutet z. B. RF 23, dass die vorhandenen Krankheitserreger erst auf die 23-fache Dosis so reagieren wie bei der Markteinführung dieses Wirkstoffes.

Die **Sensitivität der Ausgangspopulation** wird grundsätzlich vor oder spätestens bei der Markteinführung eines neuen Wirkstoffes durch umfangreiche Analysen ermittelt. In der Regel reagieren Pilze auf völlig neue Wirkstoffe oder gar Wirkungsmechanismen meist mit einer ausgeprägt hohen Sensitivität.

Bei flächendeckendem Einsatz verändert sich diese im Laufe der Jahre aber durch die Selektion. Erst dann, wenn praxisübliche Dosierungen keine Wirkung mehr zeigen, kann man von einer Resistenz sprechen. Bei beobachteter Wirkungsminderung ist es in der Regel angebracht, diese als verminderte Sensitivität zu bewerten.



Shifting

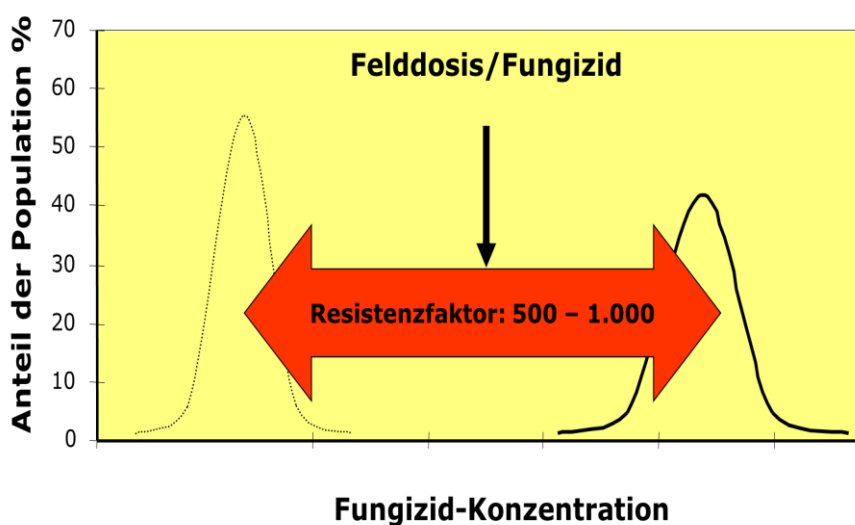
Kontinuierliche Abnahme der Sensitivität gegen Fungizide im Laufe der Jahre als Folge einer **quantitativen** Resistenz

© K. Schlüter

7.3 Totale Resistenz

Mit der Einführung der „Strobilurine“ 1996 begann eine neue Ära besonders lange und gut protektiv wirkender Fungizide. In der Regulation von Echtem Mehltau, später Blattdürre und Rostkrankheiten, waren diese Wirkstoffe herausragend. Da sie aber in der Praxis extrem unterdosiert und viel zu häufig eingesetzt wurden, passten sich die Weizenblattdürre – und andere Krankheitserreger – sehr schnell an. In der Folge kam es als Folge von Punkt-Mutation zu einer totalen Resistenz, beginnend im Jahr 2005. Diese hat sich in den Folgejahren mit sehr hoher Geschwindigkeit in Europa und anderen Regionen ausgebreitet.

Deshalb spielen Strobilurine im Einsatz gegen die Blattdürre keine Rolle mehr, wohl aber zur Kontrolle von Getreide- und anderen Rostpilzen.



Totale Resistenz

Sprunghafte Abnahme der Sensitivität gegen Fungizide im Laufe der Jahre als Folge einer **qualitativen** Resistenz

© K. Schlüter

Die letzte Innovation in der Fungizidentwicklung stellen die SDHI dar, die meist als „Carboxamide“ bezeichnet werden. Diese war die erste wichtige chemische Gruppe mit diesem Wirkungsmechanismus. SDHI übernahmen als Kontaktfungizide mit langer Wirkungsdauer schnell die Position der Strobilurine, als diese ihre Wirkung gegen Blattseptoria verloren hatten.

Im Ackerbau Norddeutschlands spielt sich derzeit zu dritten Mal genau das gleiche Szenario ab, welches bei den oben beschriebenen Wirkstoffen zum Wirkungsverlust führte! Indem SDHI viel häufiger als empfohlen und in viel zu geringer Dosierung eingesetzt werden nimmt man anscheinend billigend in Kauf, dass diese Fungizidgruppe in wenigen Jahren ebenfalls ihre Wirksamkeit vollständig einbüßt.

Aktuelle Untersuchungen aus 2021 zeigen in ganz Europa, dass die Weizenblattdürre deutlich an Sensitivität eingebüßt hat und die Carboxamide allmählich ihre überragende Wirksamkeit verlieren. Problematisch ist dabei allerdings, dass es verschiedene genetische Resistenzen gibt, die in einer Feldpopulation auftreten. So sind – auch in den Analysen vom Lindenhof-Versuchsfeld aus 2021 – sowohl einige hoch sensitive, aber mäßig bis vollständig insensitive Isolate **gleichzeitig** zu finden. In der Praxis führte das bislang noch nicht zu dem von den Strobilurinen bekannten, schlagartigen Einbruch der Wirkung, sondern man beobachtet unter Feldbedingungen ein allmähliches Nachlassen der Wirksamkeit aller SDHI. **Fälschlich wird daraus die Schlussfolgerung gezogen, auch bei den SDHI entwickle sich ein shifting. Das ist aber überhaupt nicht der Fall!**

Nähere Informationen finden Sie im Beitrag über die Fungizid-Sensitivität auf dem Lindenhof-Versuchsfeld.

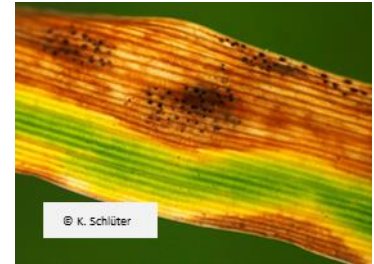
8 Fungizid-Sensitivität der Weizenblattdürre (*Zymoseptoria tritici*) auf dem Lindenhof-Versuchsfeld 2013-2021

8.1 Grundlegendes

Um die Wirksamkeit von Fungizidmaßnahmen auf dem Lindenhof-Versuchsfeld zu beurteilen, sind 2013 und 2021 Untersuchungen bezüglich der Sensitivität (Empfindlichkeit) des Erregers der Weizenblattdürre (*Zymoseptoria tritici*) durchgeführt worden.

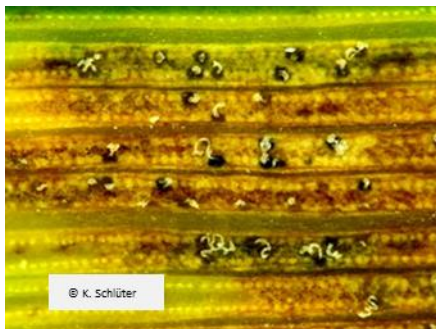
8.2 Probenentnahme

Dazu wurden jeweils Anfang Juli aus zwei verschiedenen Winterweizensorten Blattproben der unbehandelten Kontrollparzellen gezogen, auf denen sich eine größere Zahl ungeschlechtlicher Fruchtkörper (Pyknidien) ausgebildet hatte. Nach Trocknung der Blätter wurden diese an die auf diesem Gebiet seit Jahrzehnten ausgewiesene Firma EpiLogic/EpiGene GmbH in Freising zur Analyse geschickt.



8.3 Laboruntersuchung

Dort gewinnt man aus den rehydrierten Blattproben nach Aufquellen der Fruchtkörper (Pyknidien) deren Pyknosporen für Nährbodenkulturen und erstellt daraus Einspor-Isolate. Aus der Feldprobe einer Weizensorte sind bei dieser Analyse jeweils 10 - 20 solcher Isolate getrennt auf ihre Sensitivität gegen die wichtigsten Fungizide mit Wirkung auf Blattdürre im Biotestverfahren analysiert worden. Dazu lässt man isolierte Pilze auf oder in Nährmedien wachsen, die mit den wichtigsten Fungiziden in Konzentrations-Abstufungen versehen sind. Auf diese Weise erhält man den **ED50**- sowie den **ED98**-Wert (ED = effektive Dosis). Diese besagen, bei welchen Konzentrationen eines Fungizid-Wirkstoffes (mg/l Wasser) 50 % bzw. 98 % der Erreger abgetötet werden. Somit erhält man wichtige Messgrößen, um die Fungizid-Sensitivität eines Pilzes genau zu beschreiben.



Im Mittelpunkt standen Azol-Wirkstoffe sowie SDHI. Strobilurine wurden aufgrund der bekannten Resistenz des Erregers gar nicht mit einbezogen.

In der Untersuchung wurden folgende Wirkstoffe berücksichtigt:

Triazole:	Epoxiconazol (2013 + 2021), Prothioconazol (2013 + 2021), Mefentrifluconazol/Revystar (2021), Cyproconazol (2013)
Imid-Azole:	Prochloraz (2013)
SDHI:	Bixafen (2013 + 2021); Fluxapyroxad (2021)

In **Tabelle 2** sind die Durchschnittswerte aller getesteten Isolate als **MED-50**- und **MED-98**-Werte aufgeführt (mittlere ED50 bzw. mittlere ED98) und für die jeweiligen Untersuchungsjahre angegeben. Die MED-98-Werte betragen meist etwa das Vierfache der MED-50.

8.4 Ergebnisse der Fungizid-Sensitivitätsprüfungen

Die Zahlenwerte der untenstehenden Tabelle entsprechen der Wirkstoffkonzentration in mg Aktivsubstanz (a.i.) pro Liter Wasser im Biotest.

MED-50: mittlere ED50; **MED-98:** mittlere ED98 (Durchschnittswerte aus den Einzeldaten)

Die **Sensitivität der Ausgangspopulation** bezieht sich auf die Wirkung gegen Schaderreger bei Einführung der jeweiligen Wirkstoffe in den Markt, bevor diese erstmals großflächig zum Einsatz gelangten.

Nicht alle Wirkstoffe wurden in jedem Jahr geprüft, weil sie entweder noch nicht verfügbar waren oder ihre Zulassung und praktische Bedeutung verloren hatten (in der Tabelle mit n. a. = nicht analysiert angegeben).

Tabelle 2 Sensitivitätstest fungizider Wirkstoffe gegen *Zymoseptoria tritici* auf Winterweizenblättern 2013 und 2021, Lindenhof-Versuchsfeld (MED mittlere effektive Dosis)

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	2013		2021		Sensitivität der Ausgangspopulation	
		MED-50 mg/l a.i.	MED-98 mg/l a.i.	MED-50 mg/l a.i.	MED-98 mg/l a.i.	MED-50 mg/l a.i.	MED-98 mg/l a.i.
Triazole	Epoxiconazol	0,258	0,967	1,123	7,180	0,005	0,017
	Prothioconazol	5,553	21,079	3,898	16,311	0,874	5,126
	Mefentrifluconazol (Revystar)	n.a.	n.a.	0,2027	0,7842	0,0007	0,0033
	Cyproconazol	2,906	14,341	n.a.	n.a.	0,036	0,127
Imid-Azole	Prochloraz	0,083	0,366	n.a.	n.a.	0,01	0,043
SDHI	Bixafen	0,038	0,171	0,306	1,324	0,039	0,219
	Fluxapyroxad	n.a.	n.a.	0,230	0,853	0,030	0,143

- **Triazol-Fungizide**

Epoxiconazol (nicht mehr zugelassen)

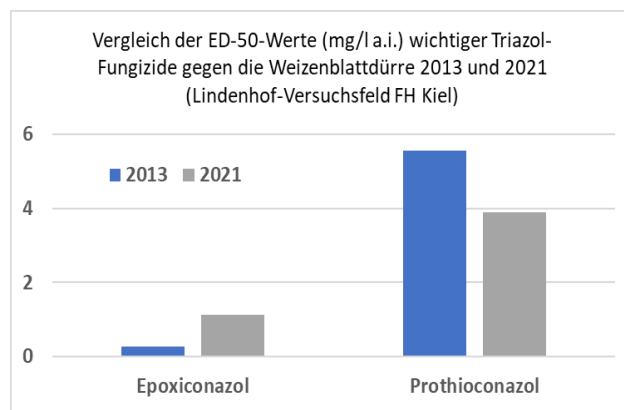
Dieser Wirkstoff spielte über mehr als 20 Jahre eine besonders wichtige Rolle im Management von Pilzkrankheiten des Getreides. Die langjährige und häufige Anwendung führte zum deutlichen shifting mit erheblicher Abnahme der Sensitivität von 2013 – 2021. **Die Resistenzfaktoren (ED50) gegenüber der Ausgangspopulation lagen 2013 bei 52 und 2021 bereits bei 225.**

Damit wird deutlich, dass dieser Wirkstoff gegen Ende seiner Zulassungsdauer kaum noch eine messbare Wirkung gegen Blattdürre im Feldbestand zeigen konnte. Die Zulassung für diesen Wirkstoff endete am 30.04.2020, die Aufbrauchfrist am 30.10.2021.

Prothioconazol

Bekannt ist, dass dieser Wirkstoff eine höhere Konzentration zur Erzielung einer Wirkung gegen Schadpilze benötigt als z. B. Epoxiconazol. Aufgrund seiner hervorragenden systemischen Eigenschaften verteilt er sich ideal im behandelten Gewebe und sorgt langanhaltend für eine gleichmäßige Wirkstoffverteilung als Grundlage für die kurative und protektive Wirkung. **Die Resistenzfaktoren (ED50) gegenüber der Ausgangspopulation lagen 2013 bei 6 und 2021 bei ca. 5.**

Für Prothioconazol bedeutet dieser Befund, dass aktuell keine Verschlechterung der Sensitivität des Blattdürrepilzes auf dem Versuchsstandort gegeben ist. Ähnlich ist laut Auskunft von Dr. Felsenstein/EpiLogic GmbH die Situation in ganz Norddeutschland.



In der Grafik wird deutlich, dass Epoxiconazol 2021 gegenüber 2013 zum Erreichen der gleichen Wirkung viermal höher hätte dosiert werden müssen. Bei Prothioconazol reichte dagegen eine etwas geringere Konzentration zum Erreichen der ED50 als 2013, somit hat sich bislang keine Verschlechterung der Wirkung ergeben.

Mefentrifluconazol (Revystar)

Der vergleichsweise neu am Markt etablierte Triazol-Wirkstoff Mefentrifluconazol zeigt gegenüber der Ausgangspopulation rechnerisch einen hohen Resistenzfaktor (290), was theoretisch zu einer extremen Wirkungsminderung führen müsste. Die Feldbeobachtung zeigt aber nach wie vor eine sehr gute Wirksamkeit. Ähnlich wie bei Prothioconazol beschrieben spielt die ausgeprägt gute systemische Wirkstoffverteilung im Blattgewebe dabei eine wichtige Rolle. In wieweit die Struktur des Wirkstoffmoleküls es ermöglicht, sich besonders gut an seinen Wirkort anzulagern, ist derzeit nicht abschließend zu beurteilen. Möglicherweise ist damit aber ein Erklärungsansatz gegeben, warum trotz hoher rechnerischer Resistenzfaktoren gegenüber der Ausgangspopulation so gute Wirkungsgrade erzielt werden.

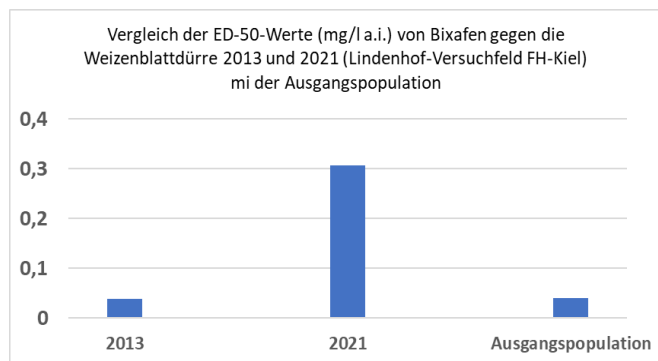
- **Imidazol-Fungizide** (2021 nicht untersucht)

Der einzige Wirkstoff dieser Gruppe ist das seit Anfang der 1980er Jahre bekannte Prochloraz. Aufgrund seiner eher schmalen biologischen Wirkungsbreite spielt es in der Praxis keine große Rolle. Mit Blick auf die Weizenblattdürre zeigen die Daten aus 2013 zumindest, dass beim ED98-Wert ein Resistenzfaktor von unter 10 vorlag, was keine Wirkungsminderung zur Folge hatte. Die Zulassung für diesen Wirkstoff ist beendet, Aufbrauchfristen gehen bis zum 03.05.2023.

- **SHDI („Carboxamide“)**

Bereits langjährig kommt **Bixafen** gegen die Weizenblattdürre zum Einsatz und überzeugt nach wie vor durch seine gute Wirkung.

Die Grafik zeigt deutlich den ca. 8-fachen Anstieg der für eine 50 %-ige Wirkung erforderlichen Konzentration von Bixafen im Jahr 2021. 2013 lag die Sensitivität noch auf dem Niveau der Ausgangspopulation.



Besorgniserregend ist der Rückgang der Sensitivität der Erreger. 2013 lag die Sensitivität auf dem Niveau der Ausgangspopulation. 2021 ergab sich bereits ein Resistenzfaktor von 8, wie auch an anderen Standorten in Norddeutschland. Zulassungsende für Bixafen ist der 31.07.2023

- **Fluxapyroxad** (2013 nicht untersucht)

Dieser Wirkstoff gehört in die chemische Gruppe der Pyrazol-Carboxamide, die aktuell (2022) den größten Teil der im Getreide zugelassenen SDHI stellen. **Der Blattdürreerreger weist eine positive Kreuzresistenz gegenüber Wirkstoffen dieser Gruppe auf.** D. h., bei Nachweis der Resistenz gegen einen Wirkstoff ist diese auch gegen alle anderen wirksam. **So liefern die Daten zu Fluxapyroxad auf jeden Fall wichtige Basisdaten für die gesamte Wirkstoffgruppe.**

Die Sensitivität des Blattdürreerregers gegen diesen Wirkstoff liegt in einem bislang noch unkritischen Bereich. Bei der ED50 liegt der Resistenzfaktor bei ca. 8 und somit auf dem gleichen Niveau wie Bixafen. Starke Wirkungsverluste hat das noch nicht zur Folge, wohl aber lässt sich eine Abnahme der anfangs überragenden Wirkung beobachten und die intensive Nutzung der Wirkstoffgruppe wird einen langanhaltenden Selektionsdruck zur Folge haben.

Im Folgenden werden einige Besonderheiten aus der laboranalytischen Bewertung der Sensitivität von *Zymoseptoria tritici* detailliert erläutert.

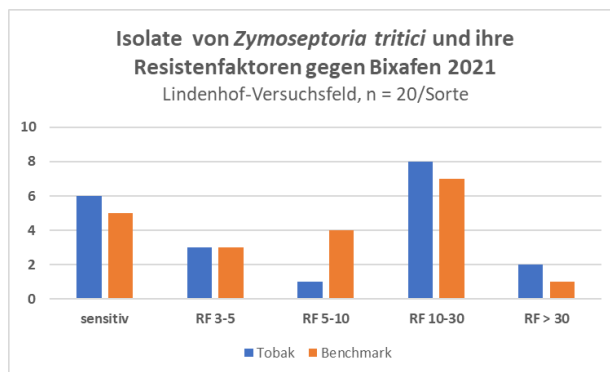
8.5 Starke Streuung in der Sensitivität gegen SDHI

Bei den Analysen der EpiLogic GmbH, die auch unsere Proben untersucht hat, fallen schon seit geraumer Zeit die erheblichen Streuungen in der Sensitivität der Einspor-Isolate des Blattdürre-Erregers auf. Die Ursache liegt in der Vielzahl der möglichen Mutationen am Wirkort (target), die wiederum unterschiedliche Sensitivitätsverluste mit sich bringen.

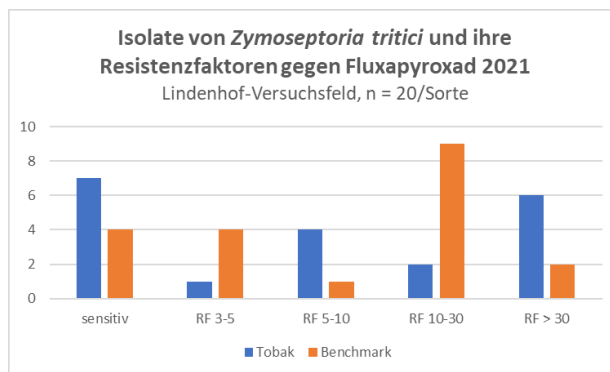
Die Folgen

In der Praxis fällt die Abnahme der Wirkung bei den SDHI noch nicht so gravierend ins Gewicht und vielfach wird geglaubt, es handele sich um ein shifting. Das ist aber nicht der Fall. Aufgrund der zum Teil noch sensitiven Individuen in der Mischung mit deutlich weniger sensitiven (= zunehmend resistenten) kann das Fungizid noch eine gewisse Hemmwirkung erzielen.

In den Grafiken werden die Ergebnisse auf der Basis von jeweils 20 Einspor-Isolaten aus einer Feldprobe dargestellt.



Bei **Bixafen** zeigt sich, dass neben einer deutlichen Anzahl voll sensitiver Isolate eine höhere Anzahl mit RF-Werten von 10-30 vorliegt, einige sogar über 30. Gegen letztere ist eine Fungizidwirkung kaum noch spürbar. Wenn 50% der Population sich so verhält, kommt es im Feld zu einer spürbar schlechteren Fungizidwirkung als bei Markteinführung.



Fluxapyroxad steht repräsentativ für die überwiegende Zahl der Pyrazol-Carboxamide.

Die Stichprobe aus unseren Versuchen zeigt ein ähnliches Bild wie bei Bixafen: Es sind einerseits noch hoch sensitive Isolate vorhanden, andererseits ist der Anteil derer mit Resistenzfaktoren von 10-30 und über 30 deutlich höher und umfasst ebenfalls in beiden Weizensorten gut 50% der Population. Ein starker Einbruch bei der Wirkung ist somit ausausweichlich.

Die beiden Grafiken zeigen, dass wenige Jahre nach Einführung der SDHI eine dramatische Abnahme der Sensitivität beim Erreger der Blattdürre im Weizen vorliegt. Im weiteren Verlauf der Erregerausbreitung werden sich naturgemäß diejenigen verstärkt vermehren, die hohe Konzentrationen des Wirkstoffes überleben. Bei der hier zugrunde liegenden qualitativen Resistenz kann – wie in vergleichbaren Fällen – von einer unverändert hohen Fitness ausgegangen werden. D. h., die „resistenten“ Pilze vermehren sich mit gleicher Geschwindigkeit wie die die sensitiven. So ist nicht auszuschließen, dass in wenigen Jahren möglicherweise schlagartig die Wirkungslosigkeit der SDHI gegen die Blattdürre vorliegt.

Empfehlungen für die Praxis

Es gibt nur noch ganz wenige zulassungsfähige Fungizide aus der Gruppe der Triazole und SDHI, die im Weizen eingesetzt werden können. Deren Wirksamkeit muss erhalten werden! Das bedeutet im praktischen Einsatz:

Triazole

- Jedes Triazol nur einmal in der Saison einsetzen, bevorzugt zur frühen Applikation. Aufgrund der hervorragenden systemisch-kurativen Wirkung erfasst man latenten Blattdürrebefall und zusätzlich wichtige Halmbasispathogene. Nicht zu spät einsetzen, sondern rechtzeitig zu Epidemiebeginn, beide Wirkstoffe verteilen sich sehr gut im Blatt und schützen auch vorbeugend gegen Neubefall.
- Die ha-Aufwandmenge ausreichend bemessen. Je länger Infektionen zurückliegen, umso höher muss dosiert werden. Da gerade Blattseptoria mehrere Infektionswellen durchläuft, bevor eine Behandlung erfolgen kann, ist die volle Aufwandmenge immer die beste Wahl.
- Mit optimaler Applikationstechnik arbeiten (Wassermenge, Düsen, Fahrgeschwindigkeit)
- Gezieltes Anti-Resistenz-Management: **Jeden Wirkstoff (Prothioconazol und Mefentrifluconazol) nur einmal in der Saison einsetzen.**

SDHI

- Alle Wirkstoffe sind von der Resistenzbildung der Blattdürre gleichermaßen betroffen. Deshalb soll in der Vegetation **nur zu einem Termin ein SDHI** zur Anwendung kommen, möglichst in voller Aufwandmenge. **Der mehrfache Einsatz von SDHI in einer Saison ist aufgrund der identischen Wirkung ein Garant für das Voranschreiten der Resistenzbildung und unbedingt zu unterlassen!**
- Nach Vorlage eines Triazols ist der optimale Termin für SDHI im Weizen meist dann erreicht, wenn der neu entwickelte Blattapparat weitgehend gesund und entfaltet ist (BBCH 39/49). So erreicht man ein Maximum an Protektivleistung. Bislang zeigt die Wirkstoffkombination mit einem Triazol aufgrund der zusätzlichen systemischen Wirkung gegen latenten Befall eine überzeugende Leistung. **Nach bereits erfolgter Vorlage eines Triazols sollte dieses auf keinen Fall erneut zur Anwendung kommen, ein Wechsel ist dringend zu empfehlen.**

Für Triazole und SDHI gilt grundsätzlich:

Die immer noch beliebte „Mini-Mengen-Strategie“ führt auf jeden Fall nicht zum Erfolg, sondern ist maßgeblich für die schnelle Resistenzbildung und das Versagen auch modernster Wirkstoffe verantwortlich.

Für das Resistenzmanagement wird der neue Wirkstoff Inatreq™ (Fenpicoxamid) sehr interessant, weil er einen andersartigen Wirkungsmechanismus aufweist und z. B. in Kombination mit Triazolen einen wichtigen Platz in der Fungizidstrategie finden kann. Ergänzend zu den wenigen Triazolen und SDHI werden Beratung und Praxis mit einem weiteren, völlig neuen Wirkstoff besser in die Lage versetzt, ausgefeiltere Fungizidstrategien mit dem Ziel der Resistenzvermeidung und des Wirkstofferhalts zu konzipieren.

9 Übersicht zu Halmbasiskrankheiten im Wintergetreide in Schleswig-Holstein

9.1 Problemstellung

Ganz aus dem Blickfeld verschwunden ist im Getreideanbau die Gesundheit der Halmbasis, denn parasitäres Lager scheint es so gut wie gar nicht mehr zu geben. Krankheitserreger an Wurzel und Halmbasis treten aber regelmäßig, wenngleich regional sehr unterschiedlich, in Erscheinung. Die hohe Abhängigkeit von der Jahreswitterung entscheidet über das Ausmaß der entstehenden Schäden und die relevanten Erreger-Arten. Dabei sind häufig Mischinfektionen festzustellen und in der Beratungspraxis ist es fast unmöglich, auf dem Feld eine exakte Diagnose zu treffen. Im Laufe der vergangenen 15 Jahre haben wir umfangreiche Feldversuche und angewandte Forschungsprojekte zu dem gesamten Themenbereich durchgeführt. Nachfolgend findet sich eine komprimierte Zusammenfassung einer Fülle von Erkenntnissen.

9.2 Bedeutung der Fruchtfolge

Alle wichtigen Erreger von **Halmbasiskrankheiten sind standorttreue Schadpilze**. Das bedeutet, sie reichern sich im Boden an und bauen Infektionspotenzial auf. Bei optimalen Witterungsbedingungen für einen Erreger kommt es zu Infektionen und erheblichen Schäden. Diese machen sich aber erst in der beginnenden Abreife bemerkbar. Der hohe Anteil von Getreide – insbesondere Weizen – bietet den Halmbasisparasiten beste Entwicklungsmöglichkeiten. Es kommt zu Infektionen, die meist nur schwach ausfallen und kaum sichtbare Schäden verursachen. Die relevanten Erreger können alle an Pflanzenresten im Boden überdauern, einige in Form von Dauerorganen (Sklerotien) oder Dauer孢en. So vermehrt sich das Infektionspotenzial im Boden unaufhaltsam. Nach inzwischen mehr als drei Jahrzehnten mit engen Fruchtfolgen und überwiegender Frühsaat können einige Krankheitserreger nachweisbare Ertragsverluste ohne sichtbares Lager verursachen, obwohl sie in der Standard-Fachliteratur leider immer noch als „weniger bedeutend“ eingestuft werden.

9.3 Parasitärer Halmbruch rückläufig

In der Zeit der ackerbaulichen Intensivierung in Europa (Anfang 1970er – Ende 1980er Jahre) hatte der „Parasitäre Halmbruch“ (früher: *Pseudocercospora*-Arten) große Bedeutung. Die Krankheit spielt auf vielen Hohertragsstandorten in Norddeutschland und anderswo aber längst nicht mehr so eine große Rolle wie **früher**.



Niedrige Aussaatstärken, gute züchterische Resistenz, kräftige Haupttriebe und der effektive Einsatz von Wachstumsreglern haben dazu geführt, dass dieser Pilz seine Hauptrolle als Halmbasiszerstörer vielerorts an Wettbewerber abgeben musste. Diese Entwicklung wurde in den vergangenen Jahren auch durch klimatische Änderungen gefördert: Wärme und Trockenheit im Herbst und folgenden Frühjahr hemmten die Infektion mit Parasitärem Halmbruch und förderten dafür andere Pilze.



9.4 Scharfer Augenfleck legt zu

Pilze der Gattung *Rhizoctonia* werden auf anderen Kontinenten schon seit längerer Zeit als wichtige Krankheitserreger eingestuft. Noch in den 1980er Jahren spielten sie bei uns nur eine untergeordnete Rolle. Dafür gab es zwei Ursachen: Die Aussaat fand früher deutlich später statt als heute und die

Herbstwochen waren oft sehr kalt und nass. In Norddeutschland hat *Rhizoctonia* von den klimatischen Änderungen profitiert, denn der Pilz benötigt zur Infektion viel Wärme in der Keimlingsphase des Weizens. **Deshalb werden Infektionen gerade durch frühe Aussattermine stark gefördert.**



© K. Schlüter

Rhizoctonia-Symptome sind markant: An Blattscheiden und Halmen wird der „Scharfe Augenfleck“ etwa ab Mitte Juni bis Anfang Juli sichtbar; er ist aber leicht mit dem Parasitären Halmbruch zu verwechseln! Scharfe Augenflecken sind mit einem dunklen Rand vom gesunden Gewebe abgegrenzt. Meistens findet man mehrere sich überlappende, die über ein bis zwei Internodien verteilt sind.



© K. Schlüter

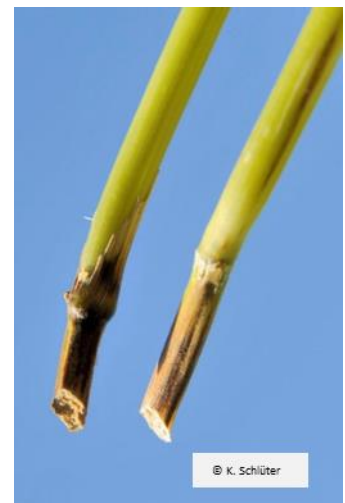
Unter den Blattscheiden lässt sich im Juli ganz leicht der Myzelschorf nachweisen – ein typisches Begleitsymptom für diese Krankheit. Dieses Myzel bringt später an den infizierten Pflanzen zahlreiche Dauerkörper (Sklerotien) hervor, die nach der Verrottung der Pflanzenreste den Boden über viele Jahre verseuchen. Auch die Unterbrechung des Getreideanbaus durch Blattfrüchte kann den Infektionsdruck deshalb kurzfristig nicht vermindern.

Die Schäden dieses Pilzes werden oft unterschätzt, weil die infizierten Halmbasen durch den Einsatz von Wachstumsreglern eine hohe Stabilität behalten. Der Halm ist stark verholzt und dennoch vom Pilz durchwachsen (rechtes Foto). **So ist Lager eher selten und das Auftreten von *Rhizoctonia* wird nicht wahrgenommen.** Versuche auf dem "Lindenhof" der FH Kiel zeigen aber seit Jahren, dass bei Ertragserwartungen von 100 dt/ha in Befallsjahren 5 - 10% des möglichen Ertrages durch eine verringerte TKM verloren gehen, auch wenn gar kein Lager auftritt.



© K. Schlüter

Die Sklerotien kommen zur Infektion, wenn im Herbst – vor allem nach Frühsaat - über einige Wochen Wärme und Trockenheit herrschen. In den Jahren 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013 und 2014 kam es in Norddeutschland in bislang kaum bekanntem Umfang zur langanhaltenden herbstlichen Erwärmung der Böden. Dadurch wurde Wärme liebende Pathogene – so auch *Rhizoctonia*-Arten stark gefördert. Bei diesem Wetter wachsen Pilzfäden aus den Sklerotien oder von befallenen Pflanzenresten in die jungen Wurzeln hinein. Das Optimum liegt bei einer Bodentemperatur um 20 °C. Trockenheit fördert die Infektion, hohe Bodenfeuchte hemmt sie ganz erheblich. Schwere, kalte Böden sind deshalb auch nicht so stark betroffen. **Hat sich der Schadpilz erst einmal in der Pflanze etabliert, dann hängt**



© K. Schlüter

seine endgültige Schadwirkung stark von der Frühjahrswitterung ab. Längere Abschnitte trocken-warmem Wetter im Frühjahr zu Beginn des Schossens fördern nämlich die Ausbreitung von *Rhizoctonia* in den Halmbasen.

Die untenstehende Fotostrecke zeigt den typischen zeitlichen Verlauf und die Variabilität der Symptomausprägung.

Rhizoctonia

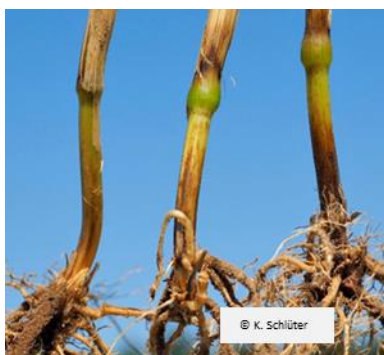


Die Symptomatik von *Rhizoctonia* kann je nach Alter und Festigkeit des Wirtsgewebes sehr unterschiedlich sein. Die Flecken sind innen meist scharf abgegrenzt. Der äußere Saum zum gesunden Gewebe kann oval (1) bis spitz zulaufend (2) sein. Frisches Myzel ist weiß (3), wird mit zunehmender Reife beige (4) bis braun (5) und bildet Myzelschorf aus dem sich die Mikrosklerotien entwickeln. Durch Einlagerung von Melaninen kann es auch eine sehr dunkle bis schwarze Färbung annehmen (6) und ist dann mit Schwarzbeinigkeit zu verwechseln. Unter bestimmten Bedingungen und insbesondere bei Gerste wird nur wenig bis kein Myzel auf dem Halm gebildet (7), sondern findet sich im Halminneren.

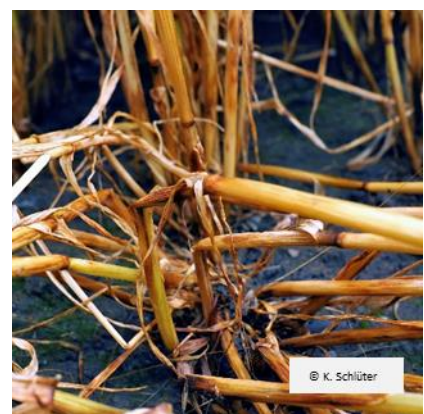
Fotos: Kropf

9.5 Fusarien meist unbemerkt

Seit vielen Jahren sind Fusarien vor allem als Erreger der Partiellen Taubährigkeit bekannt und gefürchtet. Die ganze Diskussion um dieses Thema hat dazu geführt, dass diese Pilze als Erreger von Halmbasisvermorschungen kaum noch bekannt sind.



Fusarien können an untergepflügten Pflanzenresten leicht zwei Jahre überdauern, wenn keine hinreichende Rotte zustande kommt. Von den vielen Arten dieser Pilzgattung hat insbesondere *Fusarium culmorum* eine hohe Konkurrenzskraft gegenüber den mikrobiellen Zersettern im Boden.



Der Pilz bildet im Boden dickwandige Dauersporen, die eine langjährige Verseuchung bewirken und das Getreide vom Boden aus befallen. Diese Infektionen treten – wie bei *Rhizoctonia*-Arten – bevorzugt in warmen, trockenen Böden auf. Somit steigert Frühsaat auch bei diesem Erreger den Befall. Fusarium-Infektionen machen sich an Blattscheiden, Halmbasen, Knoten und Kronenwurzeln bemerkbar. Oft ist das befallene Gewebe markant rostrot verfärbt, gelegentlich auch auffällig strichelförmig. Immer wieder findet man

Mischinfektionen mit anderen Krankheitserregern der Halmbasis, insbesondere mit *Rhizoctonia*-Arten und der Schwarzbeinigkeit.

9.6 Kernergebnisse langjähriger Erhebungen

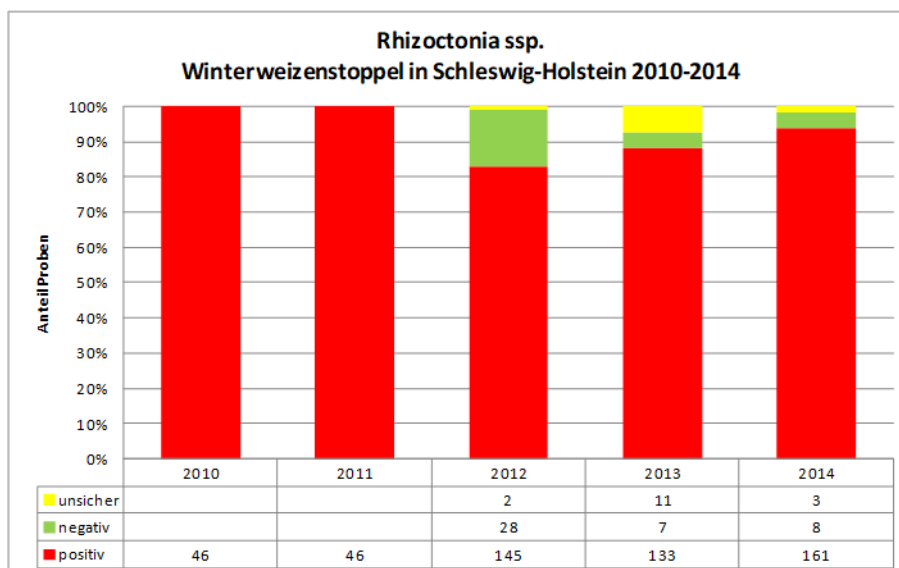
In mehreren von der Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft (SSHL) geförderten Projekten wurde das Auftreten von *Rhizoctonia* und Fusarien über viele Jahre auf Hunderten von Ackerflächen in Schleswig-Holstein von uns untersucht, Schwerpunkte: Weizen, Gerste, Roggen, Mais. Aufgrund der sehr ähnlichen mikroklimatischen Standortansprüche konnten wir in Jahren mit trocken-warmer Herbstwitterung vor allem in Weizen regelmäßig Infektionen von *Fusarium*- und *Rhizoctonia*-Arten bonitieren und durch PCR validieren.

Zufalls-Stichproben aus der Praxis wurden von uns qualifiziert bonitiert und anschließend in kooperierenden Referenzlabors mit der PCR-Analytik auf die genauen Erregerarten- und -rassen bestimmt. Durch optimales Beprobungs-Management war es uns möglich, Weizenhalmbasen aus den Jahren 2010-2014 mit insgesamt 589 Proben auf *Rhizoctonia* und *Fusarium* an den Halmbasen zu untersuchen.

9.7 Auftreten von *Rhizoctonia*-Arten an den Halmbasen

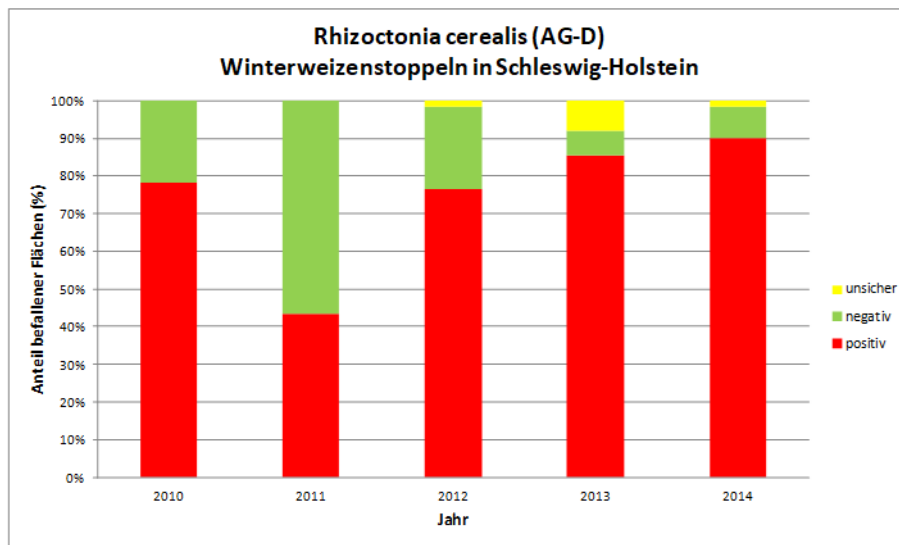
Im Untersuchungszeitraum waren die untersuchten Ackerschläge zu weit über 80% positiv von *Rhizoctonia*-Arten besiedelt. Wenngleich aufgrund der Erregerbiologie in der Praxis parasitäres Lager nicht beobachtet werden konnte, so lagen die erzielten Weizenerträge vielfach deutlich unter den Erwartungen. Somit zeigt sich eindeutig, dass ein Befall mit diesem Pathogen sehr wohl eine große wirtschaftliche Bedeutung hat, auch wenn das in der Fachwelt immer wieder angezweifelt wird.

Übersicht 23 Anteil der Proben (=Ackerschläge), auf denen mindestens eine der bekannten *Rhizoctonia*-Arten per PCR nachgewiesen werden konnte. Quelle: Schlüter & Kropf (2016).



Von den im Getreide auftretenden *Rhizoctonia*-Arten spielt *R. cerealis* die wichtigste Rolle. *Rhizoctonia solani* (AG 5) ist kein typischer Besiedler von Gräsern und Getreide, sondern bevorzugt zweikeimblättrige Pflanzen (Kartoffeln, Zu-Rüben, Mais). Sie kann aber im Getreide auftreten und zeigt damit die allgemeine Belastung des Bodens auf. Die Art *R. cerealis* vermag Getreide und Gräser besonders effektiv zu besiedeln und ist somit die wichtigste von allen erfassten. Die Infektion setzt insbesondere im Herbst milde Witterung und trockene Böden voraus.

Übersicht 24 Anteil der Proben (=Ackerschläge), auf denen die wichtigste Art *R. cerealis* per PCR nachgewiesen werden konnte. Quelle: Schlüter & Kropf (2016).



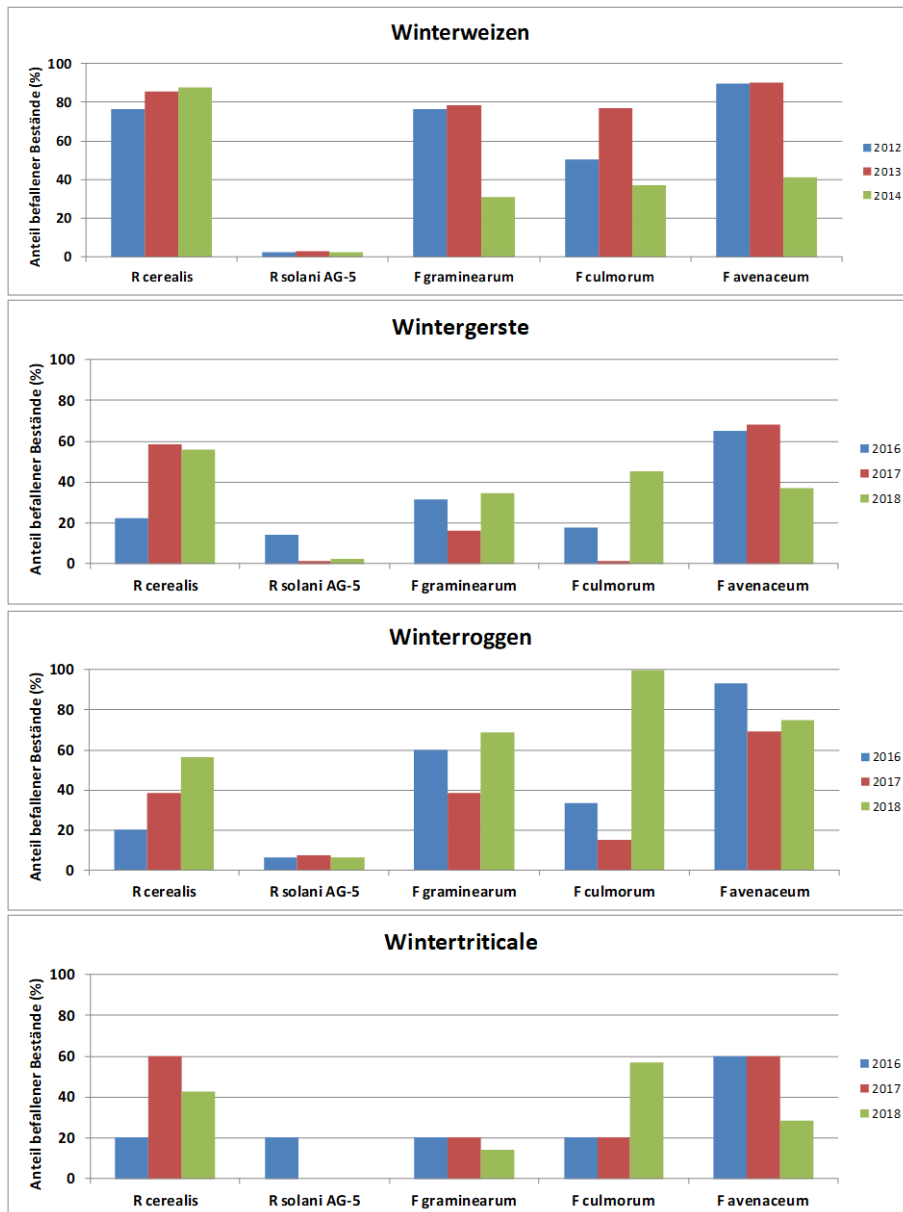
Übersicht 24 verdeutlicht die Zusammenhänge: **Das Jahr 2011 mit der geringsten Befallshäufigkeit (43 % der Proben positiv) war auch das Jahr mit dem nassesten und kältesten Herbst 2010. In Jahren mit trocken-warmer Herbstwitterung war ein signifikant höherer Anteil der Pflanzen nachweislich von *R. cerealis* infiziert (2010, 2012, 2013, 2014).**

9.8 Auftreten von *Fusarium*-Arten und *Rhizoctonia*-Arten an den Halmbasen von Wintergetreide

Bei den im Laufe der Jahre untersuchten Proben konnten mit der PCR-Untersuchung (Prof. Dr. P. Karlovsky, Uni Göttingen) insgesamt 7 *Fusarium*-Arten regelmäßig nachgewiesen werden.

Die drei häufigsten waren dabei über alle Jahre: *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*.

Noch eindrucksvoller ist die Gegenüberstellung der Befallshäufigkeit von Stoppelproben in allen vier Wintergetreidearten aus Praxisbeständen nach Zufallsbeprobung: *Rhizoctonia* und *Fusarien* waren in allen Jahren in jeder Kultur vertreten (Übersicht 25). Im Weizen waren 2013 rund 60 % der beprobten Bestände sogar von drei *Fusarium*-Arten und einer *Rhizoctonia*-Art zugleich besiedelt!



9.9 Fazit

Halmbasiskrankheiten treten in allen Getreidekulturen auf. Spät abreifende Arten reagieren bei stärkerem Befall mit Ertragsverlust. Früh abreifende Arten wie Gerste werden ertraglich kaum beeinflusst, dennoch können sie in manchen Jahren eine massive Vermehrung der Erreger fördern und deren Überdauerung im Boden z. B. durch Sklerotien (*Rhizoctonia*) oder andere Dauerorgane sicherstellen.

Problematisch ist die Felddiagnose, weil es oft zu Mischinfektionen mit untypischen Befallsbildern kommt. Weiterhin spielt der Erreger des Parasitären Halmbrochs heute nur noch eine untergeordnete Rolle. Es kommt häufig zu falschen Diagnosen, weil das Schadbild von *Rhizoctonia*-Arten ähnlich ausfallen kann.

Empfehlung für die Praxis des konventionellen Anbaus:

Solange noch gut wirksame, systemische Triazol-Fungizide am Markt sind, empfiehlt sich deren Einsatz zu Schossbeginn. Damit erfasst man – außer Fusarien und Schwarzbeinigkeit der Wurzeln – alle wichtigen Halmbasispathogene und hat zusätzlich eine gute Wirkung auf die Erreger von Blattkrankheiten (Blattseptoria, DTR, Roste).

9.10 Veröffentlichungen

Kropf, U und K Schlüter (2020)

Halmbasiskrankheiten.

Getreidemagazin 1, 12-14.

Schlüter, K und U Kropf (2016)

Untersuchungen zu einer neuen Halmbasiskrankheit an Winterweizen in Schleswig-Holstein.

Abschlussbericht Projekt 2011/26 der Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft.

Schlüter, K und U Kropf (2019)

Erweiterung der Untersuchungen zum Auftreten von Halmbasis- und Wurzelkrankheiten im Schleswig-Holsteinischen Getreidebau.

Abschlussbericht Projekt 2015/40 der Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft.

10 Halmbasisbefall mit *Rhizoctonia* und Fungizidwirkung in Hohertragsweizen (2005-2012)

10.1 Fragestellung

Im Rahmen der Versuchsfeldtätigkeit zeigte sich als Nebenaspekt in den 1990er Jahren, dass der Erreger des „Spitzen Augenflecks“ (*Rhizoctonia cerealis*) in Schleswig-Holstein weitaus häufiger auftritt als bislang angenommen wurde, weil er oft mit dem „Parasitären Halmbruch“ verwechselt wird.



Typisches Symptom: Scharf abgegrenzte Nekrose, im fortgeschrittenen Zustand finden sich Sklerotien (Dauerorgane) auf dem geschädigten Halm.



Der Erreger kann bei ausreichend langer Entwicklungsdauer den Halm durchwachsen. Die Zerstörung der Leitbahnen führt zu Notreife, Abfall der TKM und des Ertrages.

10.2 Datengrundlage

Im Rahmen zahlreicher Exaktversuche zur Fungizidwirkung gab es Vegetationsjahre, in denen der Befall mit *Rhizoctonia* extrem stark war. Im Vergleich dazu blieb eine Schädigung durch Blattkrankheiten auf extrem niedrigem Niveau.

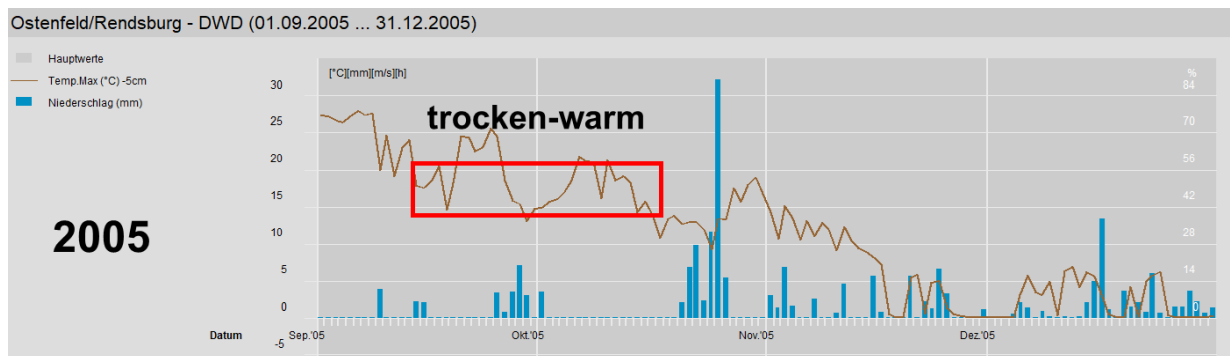
Ursache: Wenn der Herbst nach der Aussaat mild und vergleichsweise trocken ist, sind die Infektionsbedingungen für *R. cerealis* sehr günstig. Im weiteren Verlauf ist die nachfolgende Frühjahrs- und Frühsommerwitterung entscheidend. Vor allem nach sonnenscheinreichen Wochen von März – Mai kann sich der Ausgangsbefall intensiv weiterentwickeln und zu einer Schädigung führen.

10.3 Kernergebnisse

Vegetationsjahr 2005 – 2006

2006 erfassten wir zum ersten Mal an Winterweizen einen erheblichen Befall mit *R. cerealis*. In einem Fungizidversuch bei der Sorte „Ritmo“ zeigte sich dabei, dass das lange bereits im Halmbasisbereich zugelassene Präparat „Unix“ (Wirkstoff Cyprodinil) eine ausgesprochen starke Befallsminderung bei *Rhizoctonia* auslöst, was sich dann auch in den Versuchsergebnissen deutlich niederschlug.

Ursächlich für die Förderung von *R. cerealis* ist der Verlauf der Witterung im Herbst nach der Aussaat und im Frühjahr. In den frühen 2000er Jahren folgten viele Jahre nacheinander sehr milde Herbstwochen auf die Aussaat. Dadurch wurde der Befall mit *R. cerealis* gefördert, aber auch Fusarien und Schwarzbeinigkeit profitierten davon. 2005 herrschte nach der Saat über viele Wochen warmes, trockenes Wetter, was die Primärinfektion durch den Erreger begünstigte. Seine weitere Entwicklung hängt dann allein von der Frühjahrswitterung ab. Die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe war im Herbst 2005 außerordentlich befallsfördernd.



In einem Fungizidversuch zeigte sich erstmalig der Effekt eines Halmbasisfungizids (Unix, Wirkstoff Cyprodinil) gegen *Rhizoctonia*. Gegenüber der 3-fachen Triazolbehandlung steigerte die Wirkung im Halmbasisbereich den Ertrag von 88,2 auf 95,0 dt/ha, im Wesentlichen ausgelöst durch eine höhere TKM und Korndichte. Der alleinige Einsatz von „Bravo“ (Chlorthalonil) zu Schossbeginn war identisch zur unbehandelten Kontrolle, denn Blattdürre trat auch in der Kontrolle nicht auf.

Variante	Kornertrag (dt/ha)	TKM (g)	Korndichte (Kö/qm)
Kontrolle	77,4	41,1	18.832
3 x Azol	88,2	42,8	20.607
3 x Azol + Unix	95,0	43,0	22.093
3 x Bravo	77,2	34,7	22.226

Vegetationsjahr 2008 – 2009

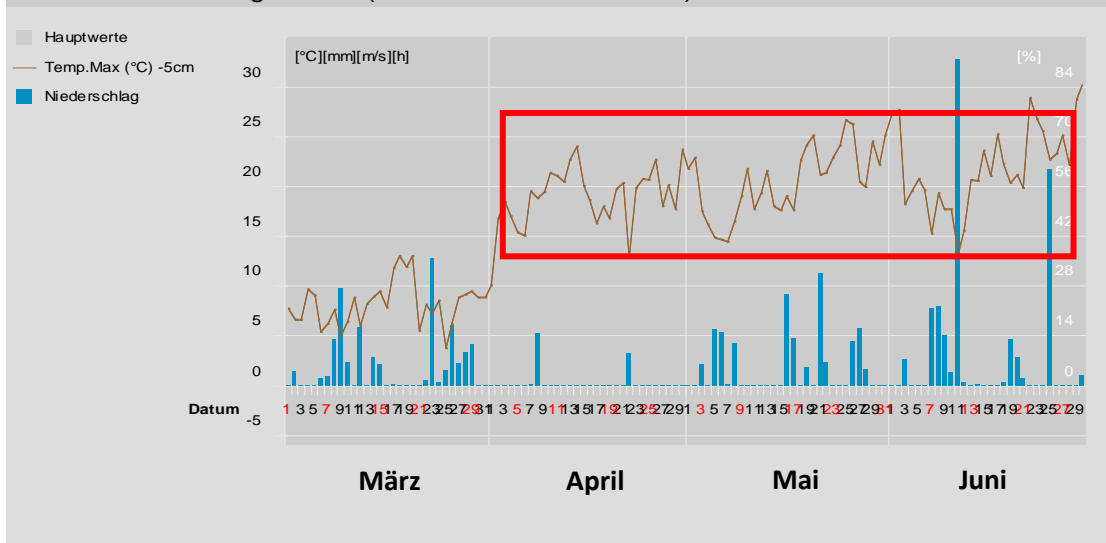
Auf einen milden, trockenen Herbst folgte ein ebensolches Frühjahr.

Ostenfeld/Rendsburg - DWD (01.09.2008 ... 31.12.2008)



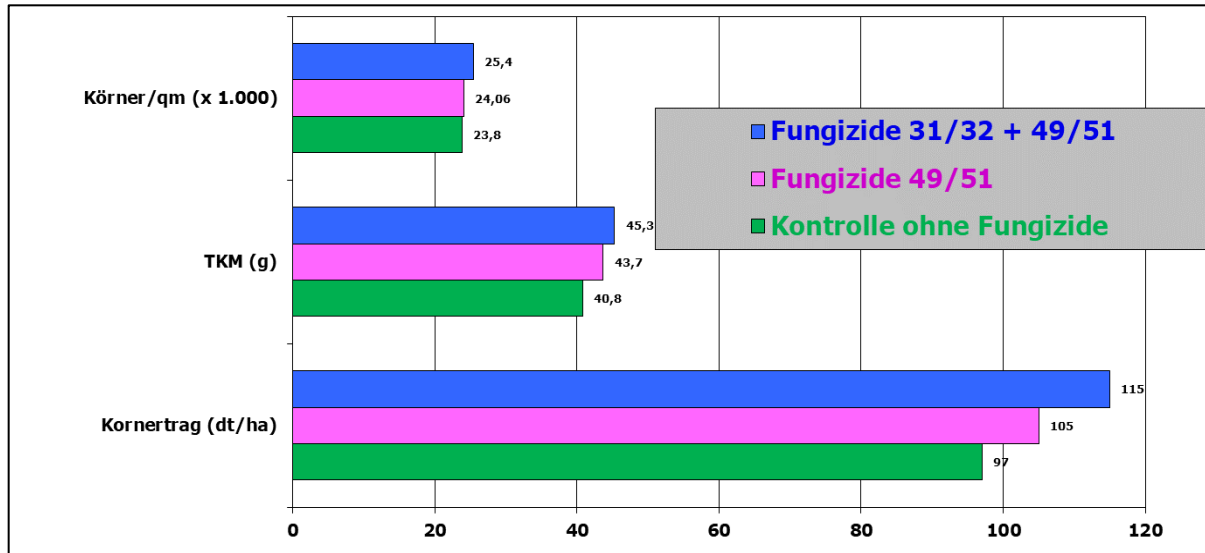
Die braune Kurve zeigt die Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe. Von September bis weit in den Oktober lagen die Werte fast durchgehend über 15 °C – perfekt für *R. cerealis*.

Ostenfeld/Rendsburg - DWD (01.03.2009 ... 30.06.2009)



Ab April herrschte sonnenscheinreiche Witterung, die eine anhaltenden Bodenerwärmung zur Folge hatte, wodurch auch die bodennahe Luft zu einem Temperaturanstieg im Pflanzengewebe führt. So konnte sich *R. cerealis* sehr gut entwickeln.

Diese Bedingungen förderten den Befall mit *R. cerealis*, was die Auswertung eines Fungizidversuches deutlich macht.



In einem Fungizidversuch sollte der Frage nachgegangen werden, welchen Effekt Einfach- und Doppelbehandlungen gegen die Weizenblattdürre *Zymoseptoria tritici* aufweisen.

Die Weizensorte „Ritmo“ zeigte sich unter den trockenen, warmen Bedingungen nahezu völlig befallsfrei von Blattdürre, Mehltau, Rosten und anderen Blattkrankheiten. Allerdings konnte ein erheblicher Befall mit *R. cerealis* festgestellt werden:

➔ **Kontrolle: Halmbasen zu 70 % stängelumfassend durch *R. cerealis* geschädigt**

Die Fungizidwirkung muss differenziert betrachtet werden. Im Mittel brachten die Einfachbehandlungen in BBCH 49/51 nur einen geringen Ertragseffekt im Vergleich zur Doppelbehandlung, bei der die erste Applikation in BBCH 31/32 erfolgte.

Im Mittel brachten die Zweifachbehandlungen (BBCH 31/32 + BBCH 49/51) mit rel. 115% den höchsten Ertrag, die höchste TKM und die höchste Korndichte/m². **Da die Pflanzen aber keine Blattkrankheiten aufwiesen, sind die Effekte der zusätzlichen Behandlung zu Schossbeginn nicht auf die Befallsminderung zurückzuführen, sondern auf die Gesundung der Halmbasen.**

➔ **Behandlung in BBCH 31/32: Halmbasen zu 20 % stängelumfassend geschädigt.**

Somit ist der 10 %-ige Ertragsanstieg der Doppelbehandlungen auf rel. 115 % gegenüber der Einmalbehandlungen zum Ährenschieben mit rel. 105 % auf die Minderung des *Rhizoctonia*-Befalls zurückzuführen.

Damit liegt der Ertragseffekt durch Gesundung der Halmbasen bei 10 %. Die restlichen 5 % Ertragssteigerung bei der Doppelbehandlung sind auf physiologische Effekte (greening, Seneszenz-Verzögerung) zurückzuführen.

Vegetationsjahr 2011 - 2012

Der Vegetationsverlauf war für *R. cerealis* erneut günstig: milder Herbst + mildes Frühjahr.

In einem Exaktversuch konnten interessante Effekte der damals aktuellen und z. T. heute weiter verfügbaren Fungizide nachgewiesen werden.

Dabei zeigten insbesondere Cyprodinil und Prothioconazol die besten Wirkungsgrade, wenn gleich das ältere Epoxiconazol ebenfalls auffällig gut wirkte (Zulassung ausgelaufen).

Präparat	Gegen Halmbasispathogene relevanter Anteil	Anmerkungen
Opus Top	Epoxiconazol Vollsystemisch	Gute Wirkung im Halmbasisbereich seit 1996 bekannt, Zulassung abgelaufen
Adexar	Epoxiconazol Vollsystemisch	Gute Wirkung im Halmbasisbereich, Zulassung abgelaufen
Radius	Cyprodinil Tiefensystemisch	Amtl. Zulassung gegen „Parasitären Halmbruch“; nachgewiesene Nebenwirkung gegen Rhizoctonia-Arten.
Aviator Xpro	Prothioconazol Vollsystemisch	Gute Wirkung gegen alle Halmbasispathogene

BBCH 32 30.04.	BBCH 39 25.05.	BBCH 61 11.06.	Befallswert Halmbasis
Kontrolle	Kontrolle	Kontrolle	0,29
Opus Top 1,5	2,0 Adexar + 0,25 Vegas	0,5 Taspas	0,17
Radius 1,5	2,0 Adexar + 0,25 Vegas	0,5 Taspas	0,1
Opus Top 1,5	1,25 Aviator Xpro + 0,25 Vegas	0,5 Taspas	0,14
Radius 1,5	1,25 Aviator Xpro + 0,25 Vegas	0,5 Taspas	0,08
2,0 Adexar + 0,25 Vegas	2,5 Amistar Opti + 0,25 Talus	3,0 Osiris	0,14
1,25 Aviator Xpro + 0,25 Vegas	2,5 Amistar Opti + 0,25 Talus	3,0 Osiris	0,08
2,0 Adexar + 0,25 Vegas	Kontrolle	0,5 Taspas	0,11

10.4 Empfehlung

Auf Ackerbaustandorten mit hoher Produktivität und entsprechend hohem Anteil mit Winterweizen hat sich durch die engen Fruchtfolgen im Laufe von Jahrzehnten ein erheblicher Befall mit standorttreuen Krankheiten aufgebaut. Neben Fusariumarten und Schwarzbeinigkeit kommt dabei – entgegen der bisherigen Auffassung – auch auf ertragsstarken Standorten dem Erreger *Rhizoctonia cerealis* (Spitzer Augenfleck) eine besondere Bedeutung zu.

Krankheitsmanagement

Optimal ist eine Anpassung der Saatzeit, denn Oktobersaaten werden von den relevanten Krankheitserregern (Halmbasiskrankheiten, Schwarzbeinigkeit; Blattdürre) nur in geringem Umfang infiziert. Damit verzögert sich die Epidemiebildung im Frühjahr deutlich und ermöglicht einen moderaten, flankierenden Fungizideinsatz. Dieser wird angesichts der geringen Zahl verfügbarer Wirkungsmechanismen im Rahmen eines integrierten Krankheitsmanagements immer wichtiger.

Wenn eine frühe Aussaat unvermeidbar ist, baut sich vor allem in milden Herbstwochen an der Halmbasis ein primärer Befall mit Rhizoctonia auf. Dieser kommt dann im Frühjahr und Frühsommer zur weiteren Entwicklung, wenn die Witterung warm und mild ist. Bei starkem Befall sind Ertragseffekte von bis zu 10 % möglich, ohne dass sichtbares Lager eintritt.

Zur Ertragssicherung ist es deshalb sinnvoll, zu Schossbeginn bei trockener und warmer Witterung eine Behandlung mit einem kurativen Fungizid durchzuführen. Das gilt auch dann, wenn Infektionen durch den Erreger der Blattdürre nicht stattfinden können und deshalb der Einsatz kurativer Fungizide für unnötig gehalten wird.

Gegen Halmbasiskrankheiten wie „Spitzer Augenfleck“ und „Parasitärer Halmbruch“ zeigten in den zugrunde liegenden Jahren insbesondere folgende Wirkstoffe eine gute Befallsmin- derung bei guter Applikationstechnik und vollen Aufwandmengen:

Expoxiconazol vollsystemisch, WSt.-Grp. Triazole, **Zulassung ist abgelaufen**

Cyprodinil tiefensystemisch, WSt. Grp. Anilinopyrimidine

Prothioconazol vollsystemisch, WSt. Grp. Triazole

Beurteilung von Mefentrifluconazol (Revystar): In den relevanten Befallsjahren stand der erst seit 2020 zugelassene Wirkstoff Mefentrifluconazol noch nicht zur Verfügung. Versuche aus 2021 zeigten bei wiederum höherem Befall mit *R. cerealis*, dass Mefentrifluconazol dem bekannten Prothioconazol mindestens ebenbürtig ist und der Wirkstoff somit sehr gut in ein integriertes Fungizidmanagement mit Wirkstoffwechsel integriert werden kann.

11 Leistungsvergleich von Wintergersten-Hybridsorten mit Linien Sorten (Lindenhof-Versuchsfeld 2017-2020)

11.1 Grundlegendes

Seit Einführung von Wintergersten-Hybridsorten wird in Praxis und Beratung intensiv darüber diskutiert, ob diese den modernen Linien Sorten überlegen sind oder nicht.

Tatsächlich hat die Wintergerstenzüchtung Beachtliches geleistet und stellt seit einigen Jahren außerordentlich leistungsstarke Linien Sorten zur Verfügung.

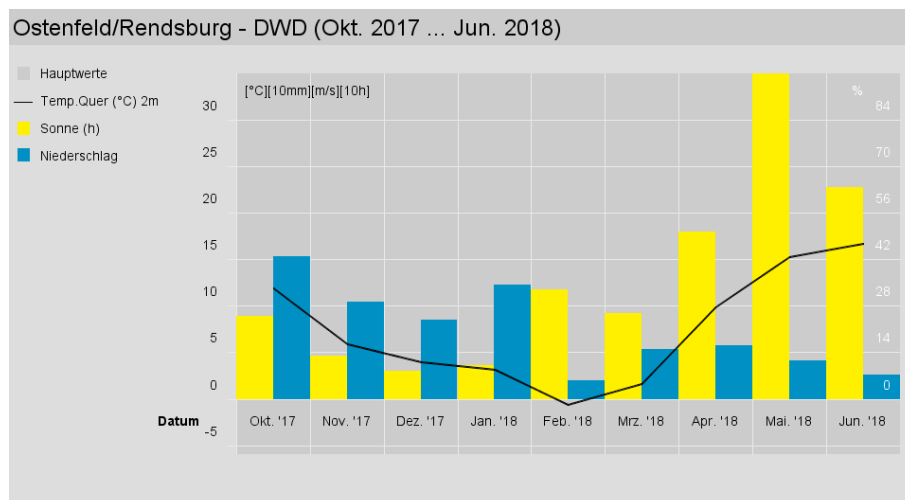
Aufgrund der Tatsache, dass auf dem Lindenhof-Versuchsfeld seit fast 20 Jahren mit den Hybriden umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung des Anbausystems sowie in der N-Düngungsstrategie gesammelt werden konnte, zeigen diese auf dem Lindenhof-Versuchsfeld nahezu ausnahmslos eine Überlegenheit gegenüber den Linien Sorten. Das macht sich primär am Ertrag bemerkbar, aber auch in der Wasser- und N-Effizienz. Die Hybriden sind **vitaler** als Linien Sorten und **spätsaatverträglich**. Sie weisen eine hohe **Toleranz gegenüber Blattkrankheiten** auf und wehren insbesondere Echten Mehltau auf der Basis einer genetischen Resistenz (Hypersensitivität) erfolgreich ab. Bei normalem Witterungsverlauf und Krankheitsdruck bringen die Hybriden bei vollständigem Verzicht auf Fungizide erstaunlich hohe Erträge, die immer über denen der Linien Sorten liegen.

Unter Berücksichtigung des aktuellen Sortiments moderner Sorten sind dazu in den letzten Jahren umfangreiche Systemversuche zum Vergleich von Hybrid- und Linien-Wintergersten durchgeführt worden. Außerdem herrschten in den drei dargestellten Versuchsjahren sehr unterschiedliche Witterungskonstellationen, die wiederum stark variierende Krankheits-Szenarien mit sich brachten.

11.2 Versuchsjahr 2017 - 2018

Die Jahreswitterung war durchschnittlich und wies keine herausragenden Besonderheiten auf. Somit etablierte sich im Blattapparat ein moderater Krankheitsbefall, wodurch sowohl die Linien-als auch die Hybridsorten selbst in der unbehandelten Kontrolle Mitte Juni bei der Abschlussbonitur noch einen respektablen Anteil grüner Blattmasse vorhalten konnten.

Übersicht 26 Witterungsverlauf 2017/18 Lindenhof-Versuchsfeld (DWD-Station Ostenfeld/Rd.)



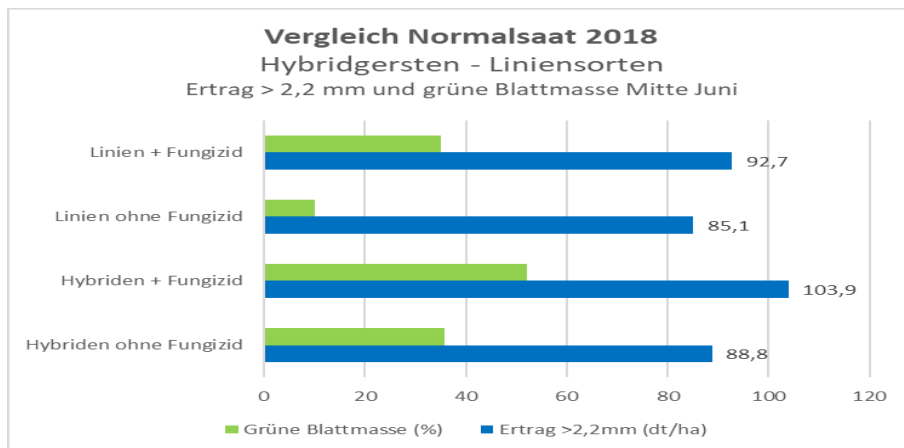
In dieser Vegetationsperiode herrschten durchschnittliche Witterungsbedingungen mit guten Voraussetzungen für die Pflanzenentwicklung und einen vergleichsweise geringen Krankheitsbefall.

In den nachfolgenden Übersichten werden die Durchschnittserträge aus sämtlichen geprüften Linien- und Hybridsorten aufgezeigt und der Abschlussbonitur auf grüne Blattmasse gegenübergestellt.

In der Normalsaat mit Fungizideinsatz erreichten sowohl die Linien- als auch die Hybridsorten ihre höchste Ertragsleistung (Übersicht 27). Die fungizidfreien Varianten fielen ertraglich deutlich ab.

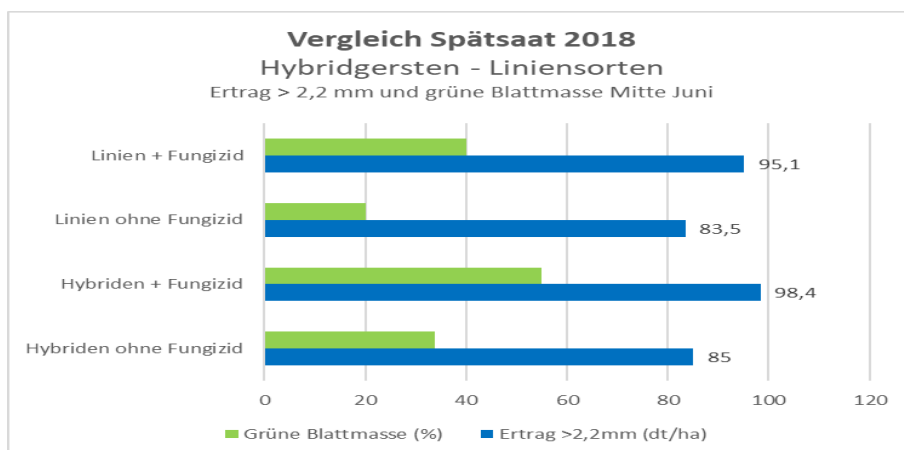
Im Ertrag lagen die Hybridsorten in allen Fällen über der Leistung der Linienarten. Auffällig ist die höhere Blattgesundheit der Hybriden.

Übersicht 27 Ertrag und grüne Blattmasse von Hybridgerste und Linienarten in einer normalen Saatzeit (25.9.2017) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenholz-Versuchsfeld 2018



In der Spätsaat (Übersicht 28) verändert sich die Relation der Erträge nur unwesentlich.

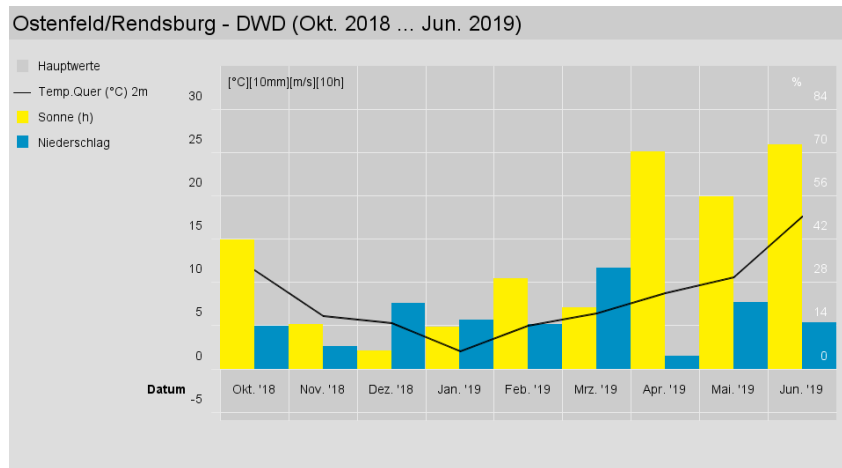
Übersicht 28 Ertrag und grüne Blattmasse von Hybridgerste und Linienarten in einer Spätsaat (16.10.2017) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenholz-Versuchsfeld 2018



11.3 Versuchsjahr 2018 - 2019

In dieser Vegetationsperiode war ein außergewöhnlicher Witterungsverlauf zu beobachten. Durchgehende milde Herbst-, Winter- und Frühjahrs temperaturen hatten zur Folge, dass sich bereits nach der Aussaat ein Befall mit Zwergrost aufbauen konnte. Diese führte zur Entwicklung eines außerordentlich persistenten Inokulums, aus dem über Monate hinweg Neuinfektionen resultierten. Als Folge kam es sowohl in der Normal- als auch in der Spätsaat bei Verzicht auf Fungizide zu einem extremen Befall mit diesem Rostpilz. Bei der Abschlussbonitur Mitte Juni war die Blattmasse der unbehandelten Pflanzen somit zu 100% zerstört, was einen außergewöhnlichen Ertragsverlust auslöste.

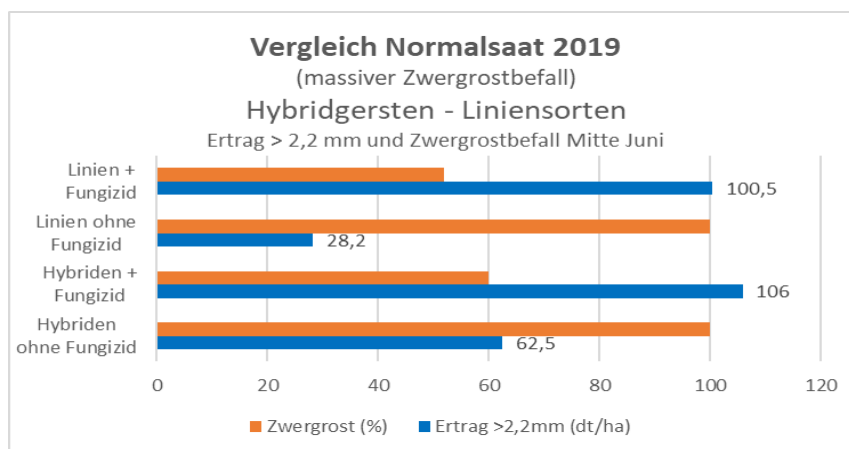
Übersicht 29 Witterungsverlauf 2018/19 Lindenhof-Versuchsfeld (DWD-Station Ostenfeld/Rd.)



In den folgenden Übersichten sind die Durchschnittserträge aus sämtlichen geprüften Linien- und Hybridsorten aufgezeigt und der Abschlussbonitur auf Befall mit Zwergrost gegenübergestellt.

Im Vergleich von Normalsaat (September) mit Spätsaat (Oktober) fällt ein Aspekt ganz besonders deutlich auf: In der Normalsaat konnte sich trotz entsprechenden Fungizideinsatzes noch ein Zwergrostbefall etablieren, der Mitte Juni in den behandelten Varianten bei über 50 % lag.

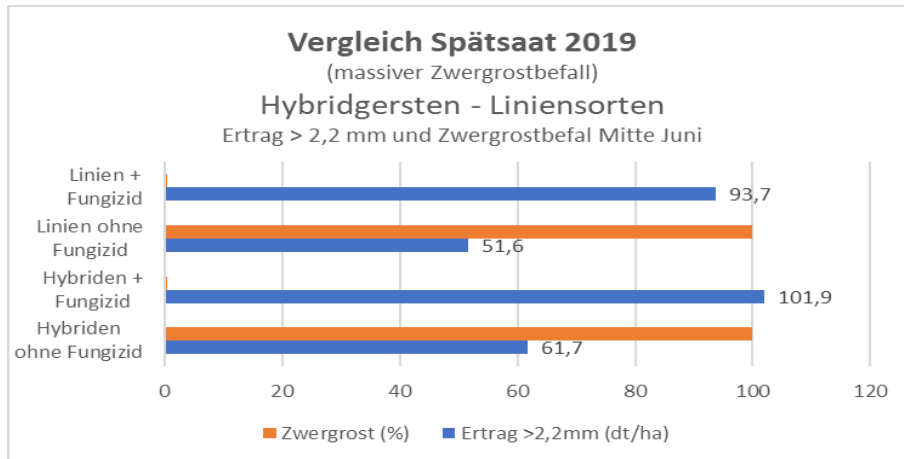
Übersicht 30 Ertrag und Befall mit Zwergrost von Hybridgerste und Linien Sorten in einer normalen Saatzeit (19.9.2018) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2019



Ohne Fungizide brachen die Linien Sorten unter dem Zwergrostbefall zusammen, was einen extrem niedrigen Ertrag mit sich brachte. Die Hybriden konnten sich auch ertraglich trotz des immensen Befalls auch ohne Fungizide gut behaupten. In der Spätsaat reduzierte die Fungizidstrategie den Befall auf einen – grafisch kaum darstellbaren – Wert von 0,4 % Blattbefall.

Auch hinsichtlich anderer Blattkrankheiten konnte über viele Jahre festgestellt werden, dass der Epidemieverlauf in den Spätsaat deutlich später einsetzte und einen angepassten, einmaligen Fungizideinsatz ausreichend macht. Im Hinblick auf die zu erwartenden Verluste zugelassener Fungizide und das Bemühen, Krankheiten mit Biostimulanzien oder anderen Bio-Präparaten zu regulieren, ist eine Anbaustrategie unter Betonung der Spätsaat in jeder Hinsicht empfehlenswert.

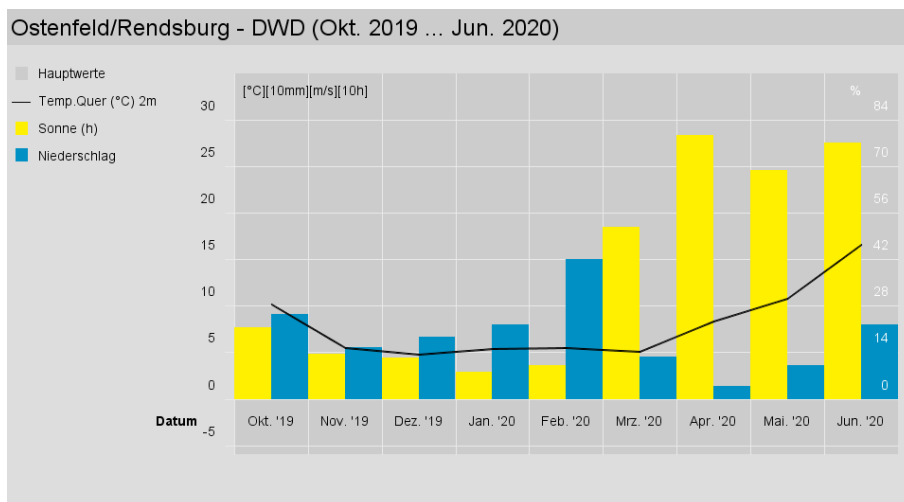
Übersicht 31 Ertrag und Befall mit Zwergrost von Hybridgerste und Linien Sorten in einer Spätsaat (19.10.2018) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2019



11.4 Versuchsjahr 2019 - 2020

In dieser Vegetationsperiode herrschten erneut durchschnittliche Witterungsbedingungen, die einerseits den Bestandsaufbau sehr begünstigten, andererseits den Befallsdruck mit Schadpilzen auf einem geringen Niveau verharren ließen.

Übersicht 32 Witterungsverlauf 2019/20 Linden Hof-Versuchsfeld (DWD-Station Ostenfeld/Rd.)



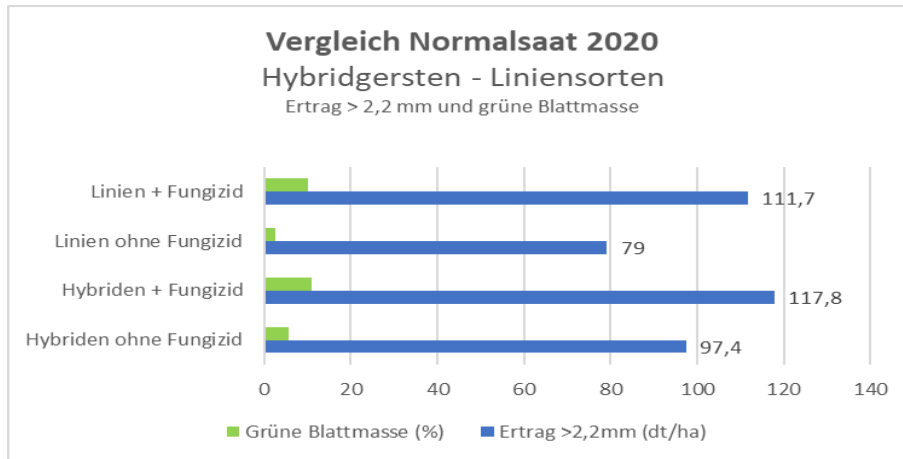
Aus Kapazitätsgründen konnte der Vergleich von Linien- und Hybridsorten 2020 nur in der Normalsaat durchgeführt werden. In der Spätsaat erfolgte stattdessen ein Vergleich zahlreicher Hybridsorten mit und ohne Fungizideinsatz.

In den folgenden Übersichten sind die Durchschnittserträge aus sämtlichen geprüften Linien- und Hybridsorten aufgezeigt und der Abschlussbonitur auf grüne Blattmasse gegenübergestellt.

In der Anbausaison 2020 herrschten gute Bedingungen für das Wachstum von Getreide, so dass auch die Wintergersten ein hohes Ertragsniveau erzielten. Vergleichsweise warmes Wetter begünstigte die

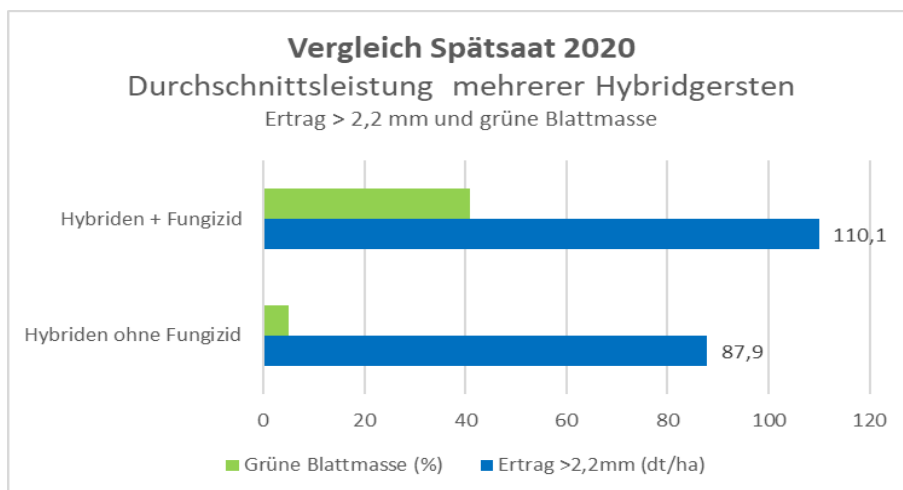
Abreife, so dass die Mitte Juni bonitierte grüne Blattmasse nur noch einen geringen Umfang aufwies. Im Ertrag waren die Hybriden vor allem ohne Fungizideinsatz den Linien deutlich überlegen (Übersicht 33).

Übersicht 33 Ertrag und grüne Blattmasse von Hybridgerste und Linienarten in einer normalen Saatzeit (25.9.2019) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2020



Der Vergleich mehrerer Hybridsorten in der Spätsaat mit/ohne Fungizid zeigte einerseits das hohe Ertragspotenzial ohne Fungizideinsatz (Übersicht 34). Andererseits wird deutlich, dass entsprechende Wirkstoffe durch ihre physiologische Nebenwirkung in der Lage sind, neben der Krankheitsregulation auch die Ertragsleistung erheblich zu verbessern.

Übersicht 34 Ertrag und grüne Blattmasse von Hybridgerste in einer Spätsaat (15.10.2019) mit und ohne Fungizideinsatz, Lindenhof-Versuchsfeld 2020



12 Silomais: Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Saattechnik (2007-2011)

Seit 2007 wird auf der Fläche Jörn 2 Mais angebaut. Bis 2011 stand dort ein dreifaktorieller Vergleich:

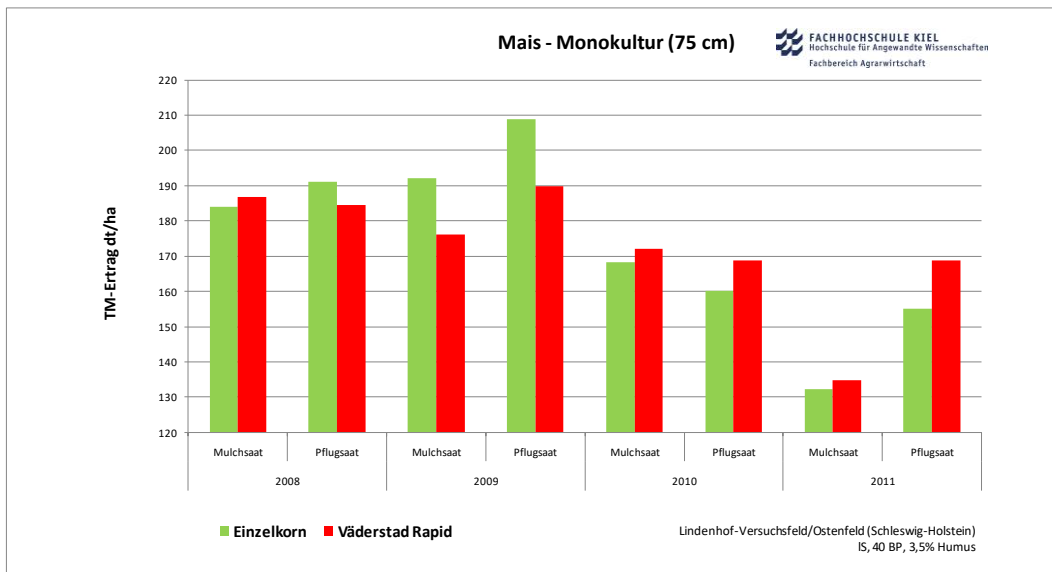
- (1) **Fruchtfolge: Mais mono vs. Mais-Weizen** im Wechsel
- (2) **Bodenbearbeitung: Pflugsaat vs. Mulchsaat:** gepflügt wurde im Frühjahr ohne weitere Stoppel- und Bodenbearbeitung. Bei der Mulchsaat erledigte ein Grubber, ebenfalls ohne vorherige Stoppelbearbeitung, die Bodenbearbeitung. Einige Stoppeln blieben dabei oben drauf liegen oder schauten heraus (Abbildung 26). Beide Bearbeitungstiefen betragen etwa 20 cm.
- (3) **Drilltechnik: Einzelkornsaat vs. Drillsaat mit einer Väderstad „Rapid“**, beide mit **75 cm** Reihenabstand, die Rapid drillt auf 75 cm eine Doppelreihe mit etwa 12 cm Abstand. Saatstärke ist die gleiche, aber die Standraumverteilung unterscheidet sich. Je Reihe wird dann nur die halbe Saatmenge ausgebracht.



Abbildung 26 Pfluglose Bodenbearbeitung zu Mais bis 2012 (Foto: Werner Banck)

Übersicht 35

Trockenmasseertrag Silomais *Monokultur*: Vergleich der Saatverfahren und Bodenbearbeitungsvarianten bei 75 cm Reihenabstand. Lindenhof-Versuchsfeld 2008-2011



In den Jahren mit höheren Erträgen (2008 und 2009) wirkte sich die gleichmäßigere Standraumverteilung der klassischen Einzelkornsaat positiv aus (Übersicht 35).

Im **Monomais** hatte sich bis 2011 ein immenses Potenzial an **Blattkrankheiten** aufgebaut. Auf unserem kühlen Standort setzen bei regnerischem Vorsommerwetter Infektionen mit ***Kabatiella zeae*** ein (Übersicht 36). 2011 waren es durchgängig von Juli bis August regnerisch nass und kühl bei Tagesdurchschnittstemperaturen um 15 °C – ideale Bedingungen für mehrere Fruktifikationszyklen. Gerade in der Mulchsaat reiften die Pflanzen vorzeitig krankhaft ab. **Daher war das Einpflügen der Stoppeln 2011 deutlich besser** (Übersicht 35).

Übersicht 36

Krankheitsaufkommen von *Kabatiella zeae* im Monomais 2011. Lindenhof-Versuchsfeld



Beginnende *Kabatiella* Symptome



Fortgeschrittene Blatt-symptomatik



Vorzeitige Nekrose und Abreife



Befall geht auch auf Blattscheiden und Lieschblätter über

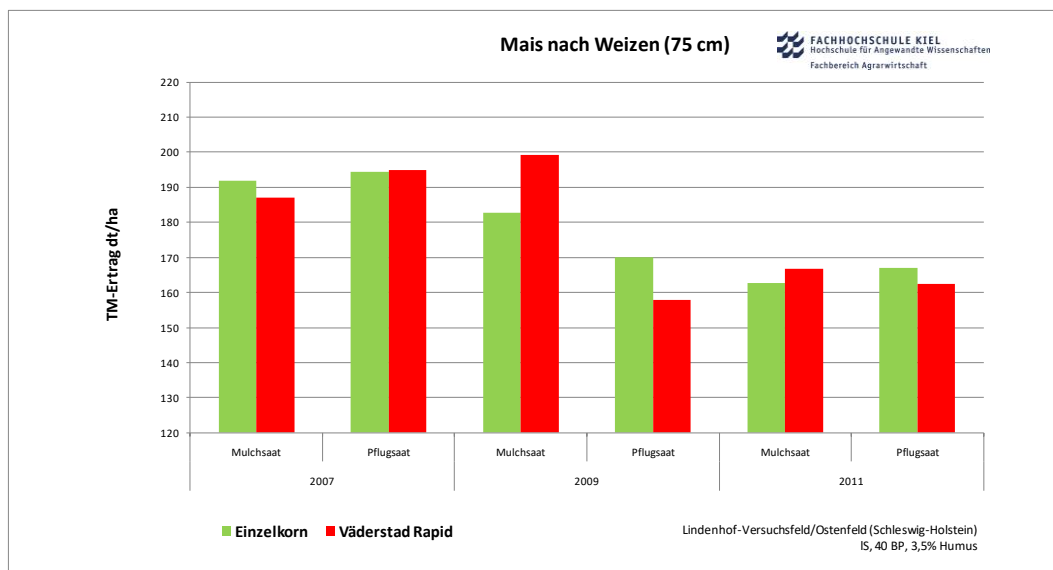


Sichelförmige, ungeschlechtliche Sporen (Foto: Ramos)



Abbildung 27 Befallsunterschiede durch *Kabatiella zeae* im pfluglosen Monomais (Foto links) und im pfluglosen Mais-Weizen Wechsel (Foto rechts) am 30.9.2011, Sorte Ronaldinio, Lindenhof-Versuchsfeld (Fotos Schlüter)

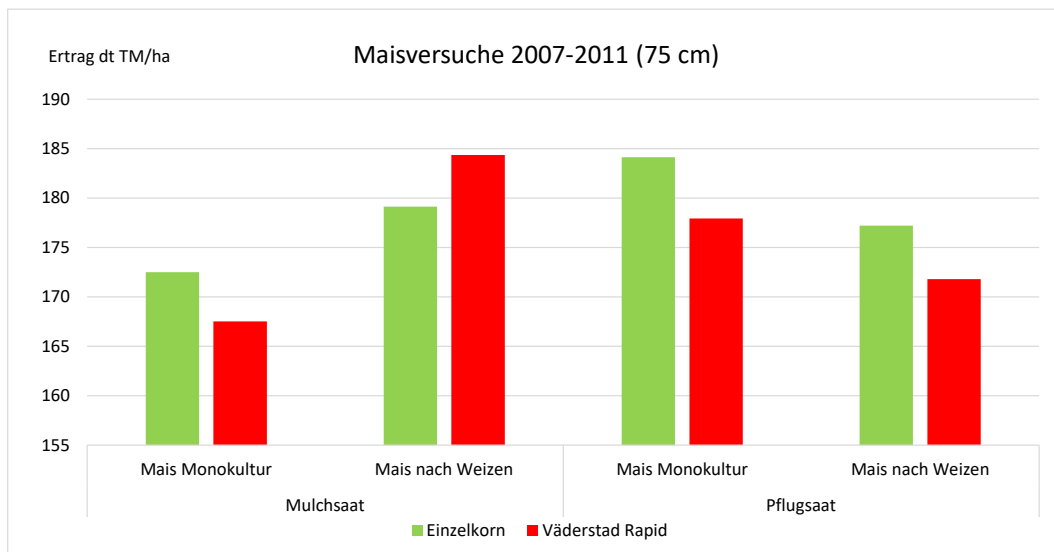
Übersicht 37 Trockenmasseertrag Silomais Mais-Weizen im Wechsel: Vergleich der Saatverfahren und Bodenbearbeitungsvarianten bei 75 cm Reihenabstand. Lindenhof-Versuchsfeld 2008-2011



Der Wechsel mit Weizen ist nur in kranken Maisjahren (2011) von Vorteil gewesen, weil sich dort über die Jahre weniger Inokulum aufgebaut hatte (Übersicht 35, Übersicht 37).

Übersicht 38

Trockenmasseertrag der Fruchtfolgen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung und Aussaattechnik bei 75 cm Reihenabstand. Lindenhof-Versuchsfeld 2007-2011



Da nur in jedem zweiten Jahr Mais nach Weizen stand, ist kein direkter Vergleich möglich. Über die Jahre hinweg ist eine **Einzelkornsaat** in einer **Einzelpflanzenkultur** wie Mais auf jeden Fall von **Vorteil**. Durch den immensen Aufbau von Inokulum war die zweijährige Fruchtfolge mit Weizen leicht im Vorteil. Da im Monomais aber im Hinblick auf das Ernterückstandsmanagement ein „worst-case“ Szenario stattfand, haben wir in den Folgejahren die Stoppel- und Bodenbearbeitung weiter optimiert.

2017, in dem einzigen *Kabatiella*-Befallsjahr nach 2011 und dem letzten bis 2021, trat noch eine **Nachwirkung der Monomais und Mais-Weizen Fruchtfolge** auf. Auf der ehemals Mais-Weizen Fläche war der Befall mit *Kabatiella* deutlich geringer und der Ertrag um 20 % höher (Abbildung 28).



Mono/pfluglos:
2017: 554 dt FM /ha (177 dt TM/ha)



2007-2011 Mais-Weizen-FF Fläche:
2017: 662 dt FM/ha (212 dt TM/ha).

Abbildung 28 Nachwirkung des pfluglosen Monomais (Foto links) im Vergleich zu der bis 2011 im Wechsel mit Weizen bewirtschafteten Teilfläche (Foto rechts)

Von den Parzellen wurden seit 2007 alle Pflanzenrückstände, auch die Ränder, abgeerntet und entzogen. Um die Fläche nicht auszuzehren wurde 2017 die Hälfte des geernteten Häckselgutes wieder auf die Fläche zurückgebracht.

12.1 Einfluss der Reihenweite (2011)

2011 wurden in der Einzelkornsaat zwei Reihenweiten getestet. Dazu wurde eine Amazone EDX 6000 mit **50 cm Reihenweite** leihweise eingesetzt. Die Versuchstechnik ist eine Kverneland Optima mit **75 cm Reihenabstand**.

Analog zu den Erfahrungen in der Praxis lag der Frischmasseertrag in der 50 cm-Reihe rund 10 % über der 75 cm weiten Reihe (Übersicht 39), denn es werden alle Blätter jeder Pflanze besser belichtet.

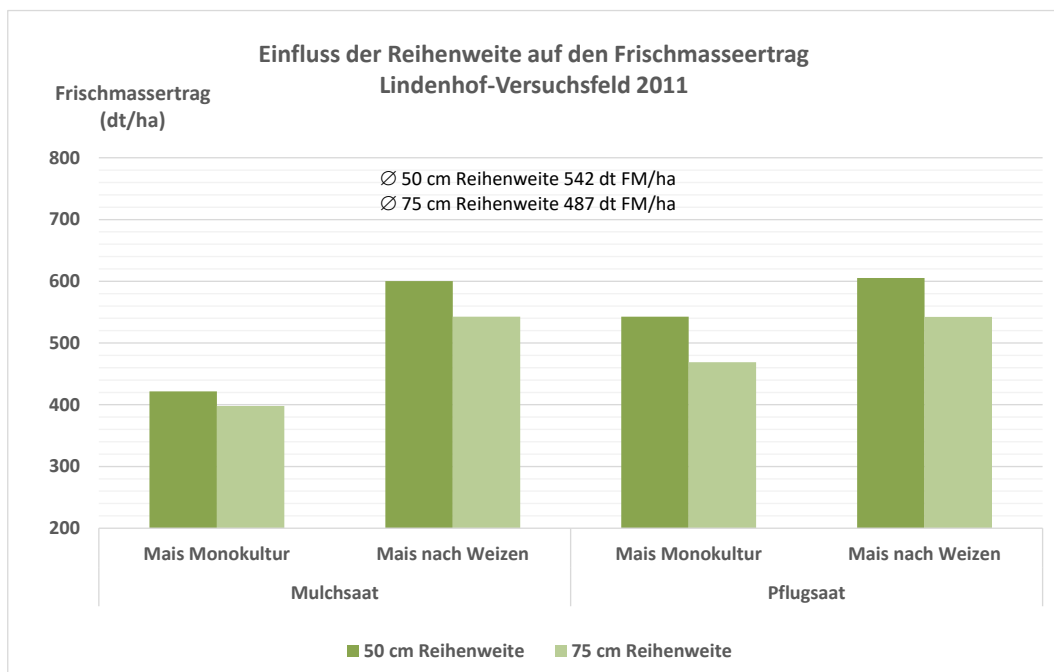
Aus dem Körnermaisbau in Süddeutschland ist bekannt, dass bei Körnermais die 75 cm Reihe vorteilhafter ist, weil dann das Kolbenblatt intensiver belichtet wird und die Kolbenbildung und Stärkeeinlagerung verbessert.

Da die 75 cm Reihe im Versuch präziser zu beernten ist und eine Umstellung der Technik nicht geplant war, blieb es bei dem einjährigen Ergebnis und der 75 cm Reihe im Versuch.

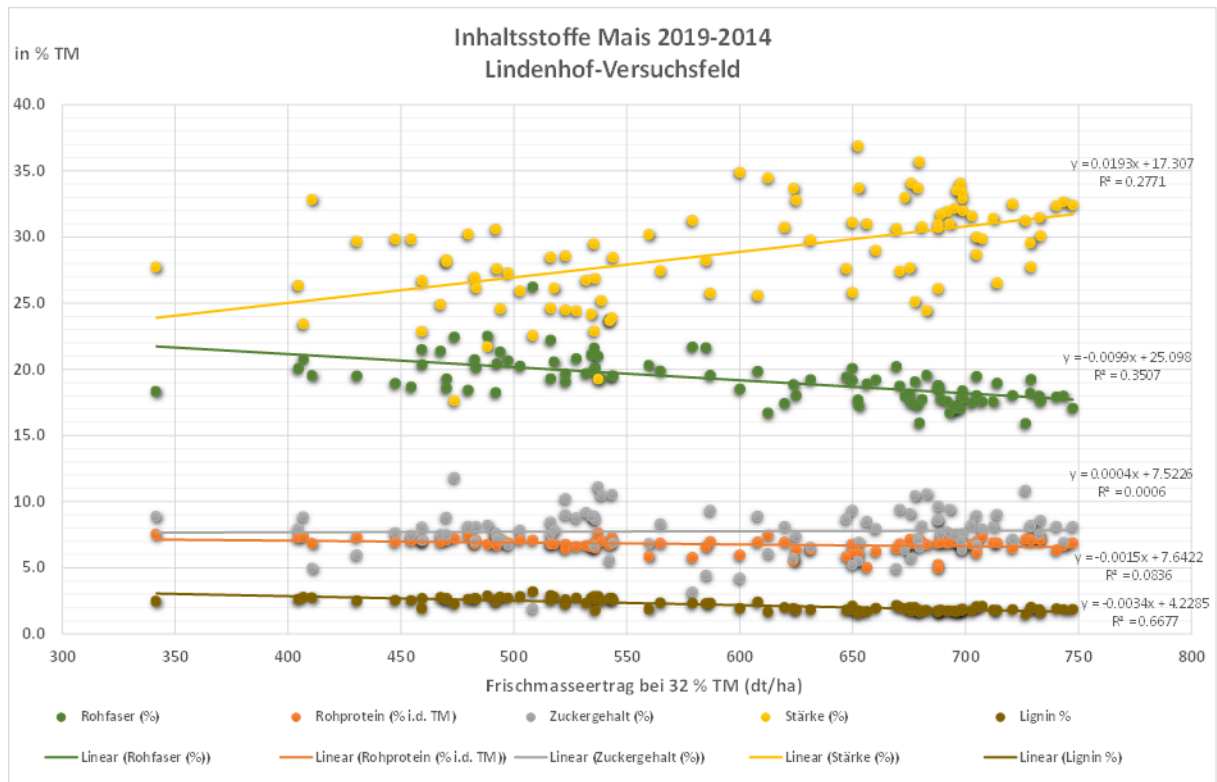
Die Erträge entwickelten sich in den Folgejahren auch bei 75 cm Reihenabstand positiv und erreichten im 10-jährigen Mittel von 2012-2021 623 dt FM/ha (Übersicht 42). Diese Mehrerträge werden vor allem durch eine **Zunahme der Kolbenbildung** erreicht. Ab 550 dt FM/ha steigt die **Stärkekonzentration** stetig an, wie eine Versuchsauswertung von 2014-2019 zeigt (Übersicht 40). Züchterisch wird auch im Silomais inzwischen mehr Wert auf die Kolbenbildung gelegt. **Insofern muss sich der Vorteil der 50 cm Reihe bei hohen Erträgen in diesen Sortentypen nicht halten.**

Daher wäre eine erneute Überprüfung der Reihenweite auf den Silomaisertrag unter Hohertragsbedingungen sinnvoll.

Übersicht 39 Frischmasseertrag bei unterschiedlichen Reihenweiten in Einzelkornsaat. Lindenhof-Versuchsfeld 2011



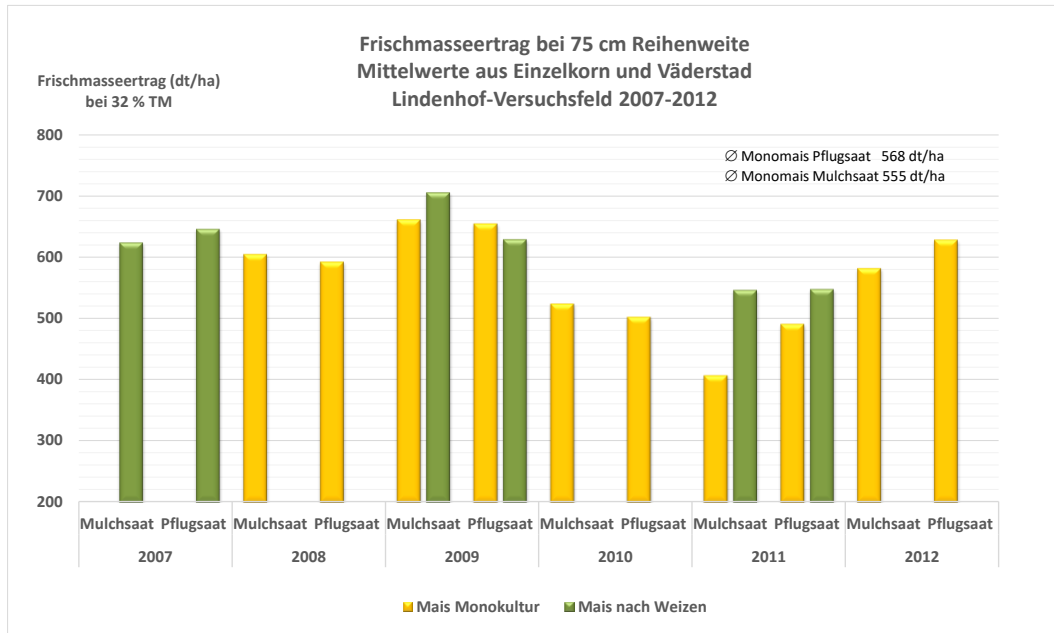
Übersicht 40 Entwicklung des Gehaltes von Stärke, Rohfaser, Rohprotein, Zucker und Lignin in Abhängigkeit des Ertrages (Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2019)



12.2 Umstellung auf pfluglosen Monomais (2013-2021)

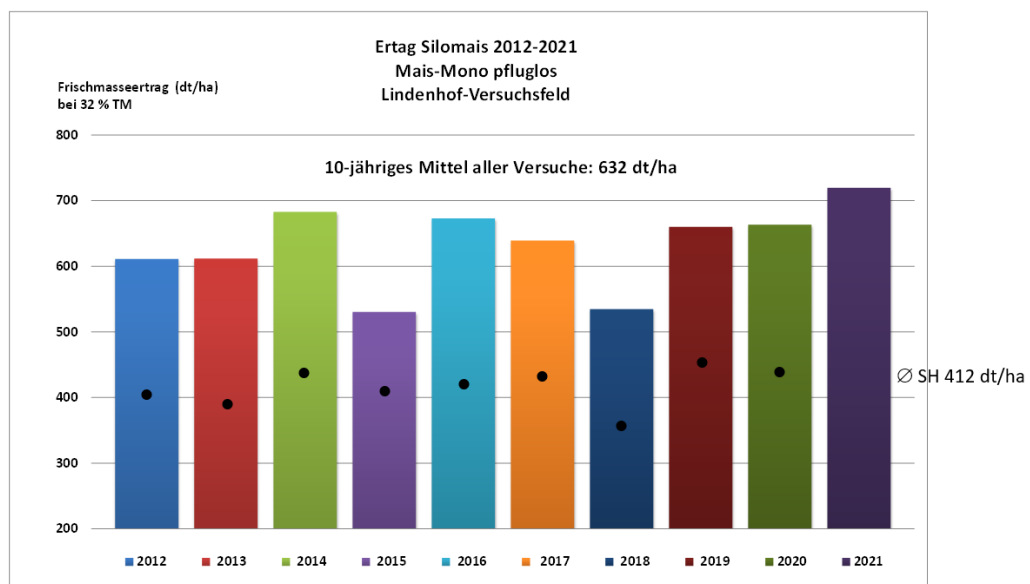
Da wir für die geplanten Fungizidversuche mehr Fläche benötigten, wurde die **ganze Fläche 2013 auf Monomais umgestellt**. Das Ertragsniveau im pfluglosen Monomais lag von 2008-2012 bei 555 dt FM/ha (177 dt TM/ha). Mit einer Pflugfurche lag der Ertrag etwas höher bei 568 dt FM/ha (182 dt TM/ha). Siehe dazu Übersicht 41.

Übersicht 41 Frischmasseertrag der Silomaisversuche 2007-2012, Lindenhof-Versuchsfeld



Ab 2013 erfolgte die Aussaat nur noch **pfluglos und als Einzelkornsaat mit 75 cm Reihenweite**. In Übersicht 42 ist das Ertragsmittel aller Maisversuche auf dieser Fläche dargestellt. Ein 10-jähriger Schnitt von **632 dt FM/ha** bei 32 % TM bzw. **202 dt TM/ha** ist ein überdurchschnittliches Ergebnis für einen langjährig pfluglosen Monomais.

Übersicht 42 Frischmasseertrag (Mittelwert aller Versuche) von pfluglosem Mais in Selbstfolge (Monomais). Lindenhof-Versuchsfeld 2012-2021. Die schwarzen Punkte kennzeichnen den vom statistischen Landesamt jährlich ermittelten Durchschnittsertrag für Schleswig-Holstein (\varnothing 412 dt FM/ha).



Seit 2013/14 trat über Winter keine Frostgare mehr ein. Der Boden war nach den nassen Wintern wassergesättigt und die nicht bearbeiteten Stoppeln stellten ein **immenses Infektionspotential** dar. Für die anstehenden Fungizidversuche war das eine gute Ausgangsbasis. Als abzusehen war, dass Fungizide schwerlich eine Zulassungschance haben und um die Vitalität der Bestände für andere Versuchsfragen zu erhalten, **wurden die Maisstoppeln seit der Ernte seit 2017 abgemulcht und auf eine Bodenbearbeitung im Herbst verzichtet** (Abbildung 29, Foto 1, 2). Nach dem Mulchen stieg die **Regenwurmaktivität** so schnell an, dass innerhalb von 8 Wochen alle Ernterückstände durch Regenwürmer zusammengetragen wurden (Abbildung 29, Foto 3, 4). Die hohe Röhrendichte lässt die Winterniederschläge besser infiltrieren und den Boden im Frühjahr schneller abtrocknen und erwärmen. Die Bedingungen für eine optimale Bodenbearbeitung zur nächsten Maisaussaat sind deutlich besser als in den vorangegangenen Jahren. Vor der Saat erfolgt ein Grubberstrich.



Abbildung 29 Stoppelbearbeitung der Monomaisfläche am 7. Oktober nach der Ernte (Foto 1 und 2) und Zustand 8 Wochen später Anfang Dezember (Foto 3 und 4). © U. Kropf

Das Mulchen der Stoppel als alleinigen Arbeitsgang nach der Ernte ohne weitere Bodenbearbeitung führen wir bis 2021 weiter. Es zeigen sich folgende Vorteile:

- Die längs **zerfaserten und zerkleinerten Stoppelnrückstände** wurden innerhalb von **8 Wochen durch Regenwürmer zusammengeschiebt** und bis zur Aussaatvorbereitung im April einer Lebendverbauung unterzogen.
- Alle **aufliegenden zerfaserten Ernterückstände** waren bis April weitgehend vom Boden **verschwunden**.
- **Der unbearbeitete Boden erodierte auch bei 500 mm Regen über Winter nicht. Durch die Regenwurmporung nahm der Boden die Niederschläge auf. So kam es auch zu keiner vertikalen Verlagerung von Feinerde (Mikroerosion).**
- Die im Boden verbliebenen **abgeschlegelten und aufgefaserten Wurzelstrünke zermürbten über Winter** so stark, dass sie bei dem Aufgrubbern im April zerfielen und bei der pfluglosen Saat nicht störten.
- Die durch **Regenwurmaktivität** geprägte Krume **trocknet schneller ab und erwärmt sich besser**.

12.3 Zusammenfassung

- In einem **pfluglosen Monomais**, in dem ohne weitere Stoppelbearbeitung vor der Saat nur gegrubbert wurde, baute sich innerhalb von vier Jahren ein **immenses Pathogenpotenzial** auf. Der an norddeutsche Bedingungen angepasste Erreger ***Kabatiella zea*** minderte 2011 den **Ertrag um 25 % im Vergleich** zu den gepflügten Varianten oder der Mais-Weizen Fruchtfolge (Kap. 12).
- Die **Einzelkornsaat** war über die Jahre und Bodenbearbeitungsvarianten gesehen der Drillsaat überlegen (Kap. 12).
- Ein **Reihenabstand von 50 cm** hat gegenüber der 75 cm-Reihe (beide in Einzelkornablage) einen Ertragsvorteil von 10 %. Dabei handelt es sich nur um ein einjähriges Ergebnis. Unter Hohertragsbedingungen mit höherem Kolbenanteil ist zu prüfen, ob die 75 cm Reihe (wie im Körnermais) bessere Erträge bringt (Kap. 12).
- Nach der **Umstellung auf pfluglosen Monomais ab 2013** wurde die **Stoppelbearbeitung optimiert**. Seit 2017 werden konsequent in jedem Jahr alle Stoppeln nach der Ernte ohne weitere Bodenbearbeitung **abgemulcht**. Die zerfaserten Ernterückstände können über Herbst und Winter vollständig von Regewürmern verbaut werden. Die zermürbten Wurzelstöcke zerfallen bei der Bodenbearbeitung, die erst kurz vor der Aussaat erfolgt (Kap. 12.2).
- **Das Ertragsniveau im pfluglosen Monomais liegt im Mittel bei 623 dt FM/ha** (2013-2021). Im Vergleich dazu liegt der Landesschnitt in Schleswig-Holstein bei 412 dt FM/ha (Kap. 12.2).
- Lediglich 2017 kam es nach 2011 zu einer erneuten epidemischen Entwicklung und Ertragsminderung durch *Kabatiella zea*. **Seit der konsequenten Umstellung auf das Mulchen der Ernterückstände ab 2017 trat *Kabatiella* nicht mehr ertragsrelevant auf (Kap. 12.2).**

12.4 Veröffentlichungen

Kropf, U (2018): Helfer bei der Stoppelbearbeitung.
Land & Forst, Nr. 43 vom 25. Oktober 2018, Seite 31-33.

Kropf, U und K Schlüter (2019):
Würmer wollen wühlen.
Top agrar, 8, 62-65.

13 Krankheiten im Mais in Schleswig-Holstein (2011)

13.1 Ausgangsbasis

Silomais entwickelt sich in Nordwestdeutschland in der Mehrzahl der Jahre vergleichsweise blattgesund. Parasitische Blattfleckenkrankheiten treten nur gelegentlich in geringem Umfang auf, weil sie meisten einen höheren Temperaturanspruch haben, als er in Norddeutschland gegeben ist.

Dennoch gibt es einen – der Praxis und Beratung – wenig bekannten Schadpilz, der unter optimalen mikroklimatischen Bedingungen und durch sein epidemisches Potenzial erhebliche Ertrags- und Qualitätsverluste mit sich bringen kann. Es handelt sich um den Erreger des „Augenflecks“, *Kabatiella zae*.

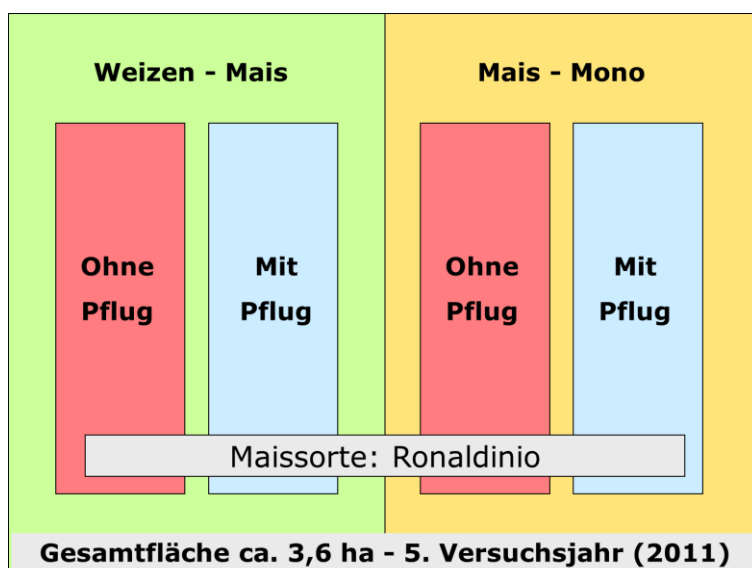
13.2 Problemsommer 2011

Im Laufe des späteren Sommers 2011 waren in ganz Nordwestdeutschland unzählige Silomaisflächen auffällig. Der Blattapparat begann sich im August zu verändern, indem eine wachsende Zahl von Nekrosen zuerst die oberen, dann nach und nach alle Blätter zerstörte. Da ein Nachweis des relevanten Schadpilzes äußerst schwierig ist, wurden diese Nekrosen meist auf nicht-parasitäre Ursachen zurückgeführt.



13.3 Erfahrungen auf dem Lindenhof-Versuchsfeld

Auf dem Lindenhof-Versuchsfeld der FH Kiel befand sich im betroffenen Sommer 2011 die Maissorte „Ronaldinio (KWS)“ im Anbau. Im Rahmen eines mehrjährigen Fruchtfolgeversuches stand der Mais entweder in Monokultur oder im Wechsel mit Winterweizen. Zugleich wurden zwei Bodenbearbeitungsvarianten verglichen – Mulchsaat und Pflugsaat.



Links: Fruchtfolge Weizen – Mais

Rechts: Mais-Monokultur

In beiden Fruchtfolgen wurde der Mais sowohl mit als auch ohne Pflug bestellt.

2011 machte sich in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Bodenbearbeitung ein extremer Befall mit *Kabatiella zae* bemerkbar.

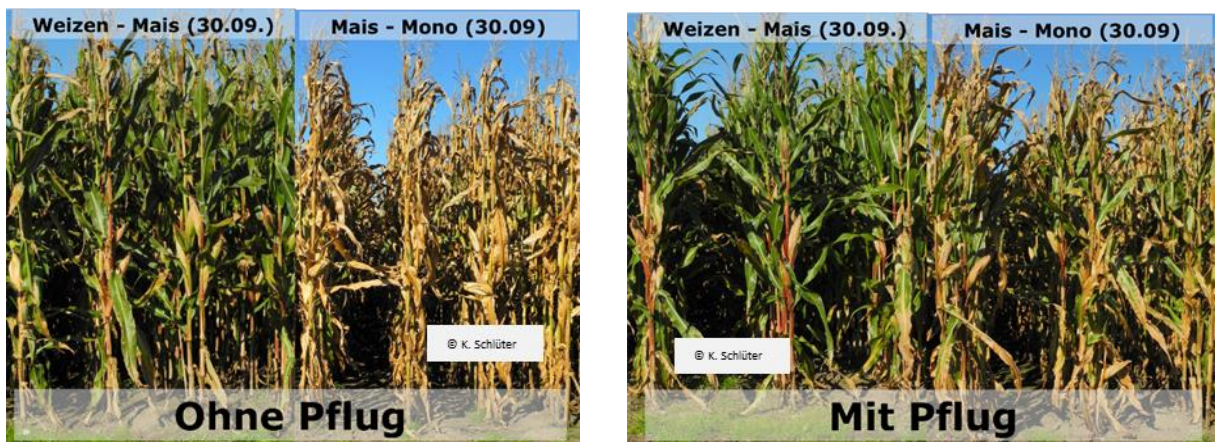
Es entwickelte sich auch auf dem Lindenhof-Versuchsfeld – genau wie in der Praxis – starker Blattbefall.

Die Ausprägung war aber sehr unterschiedlich: Die Mais-Monokultur war immer stärker befallen als Mais nach Weizen. Die pfluglosen Varianten in beiden Fruchtfolgen (Mais nach Mais, Mais nach Weizen) zeigten immer die stärkere Schädigung im Vergleich zur Mulchsaat.

Fotos vom 13.09.2011 machen das deutlich:



Die gleiche Situation zwei Wochen später am 30.09.2011



Auf der Folgeseite ist der Befall am Tag vor der Ernte dokumentiert.

Am Tag der Ernte (10.10.2011) ist der Unterschied extrem:

Mais nach Weizen



Mais - Mono



Fotos: W. Banck am 10.10.2011

13.4 Ursache des Schadens

Eigene differenzialdiagnostische Mikroskop-Untersuchungen zeigten das Vorhandensein der asexuellen Form des Schadpilzes *Kabatiella zea* (Augenfleck). Diese Sporen sind nur sehr schwer nachzuweisen, weil sie auf dem trockenen Blatt schnell vom Wind abgetragen werden. In Form und Größe sind sie denen von *Fusarium*-Arten äußerst ähnlich und leicht zu verwechseln.

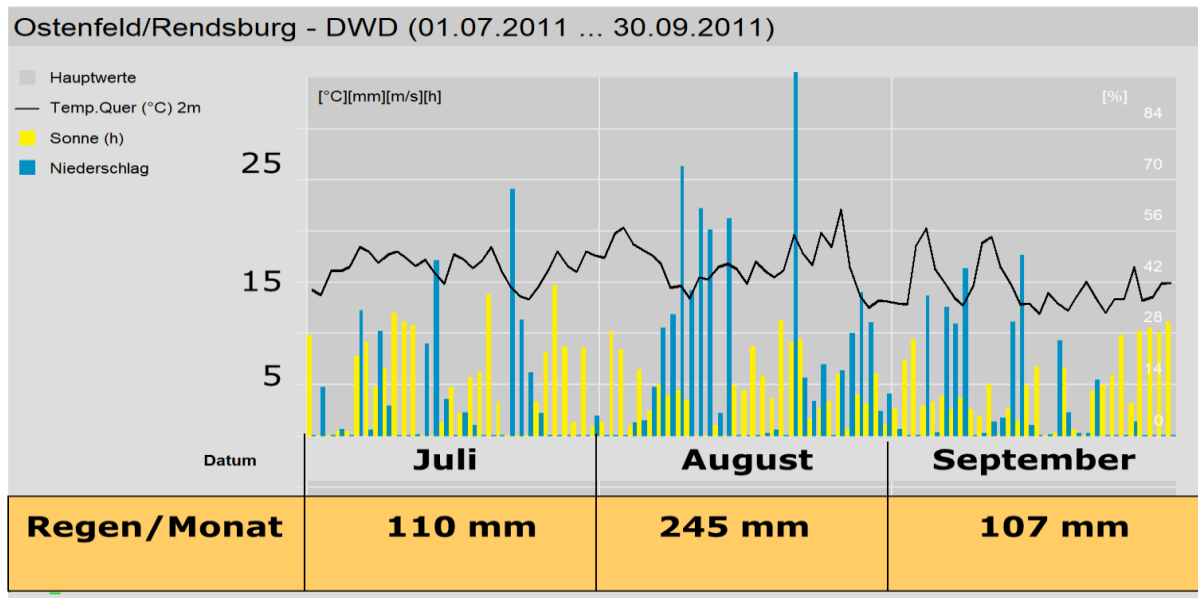
Die Befunde wurde im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit den Phytopathologen der Georg-August-Universität Göttingen differentialdiagnostisch bestätigt.



Der Erreger entwickelt sich bei wechselhafter Witterung mit Sonne, Wind und regelmäßigen Niederschlägen. Eine Tagesdurchschnittstemperatur von 15 Grad Celsius ist für ihn ideal. Vergleichbare Erfahrungen dazu gibt es aus Dänemark und dem pazifischen Nordwesten der USA.

Genau diese Bedingungen herrschten von Juli bis Ende September 2011 in Norddeutschland. Die Tagesmitteltemperatur lag exakt im Optimum des Schadpilzes und die Niederschläge mit über 400 mm (Lindenhof-Versuchsfeld) von Juli bis September waren außergewöhnlich hoch. Die Grafik auf der Folgeseite zeigt die relevanten Wetterdaten von Juli – September 2011.

Temperatur - Sonne - Regen

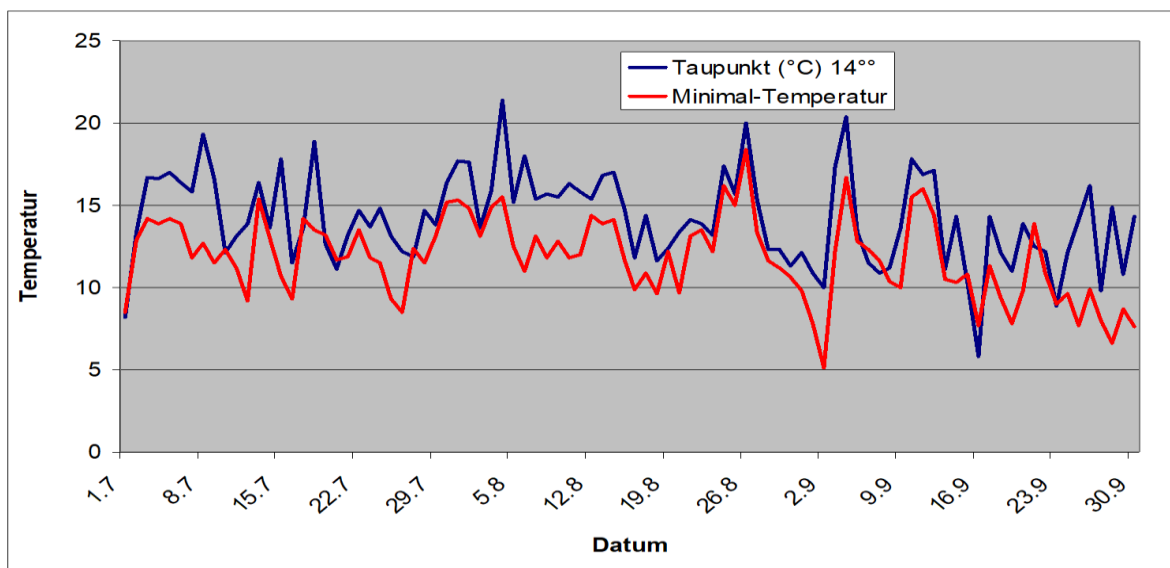


Der Wechsel von Niederschlag und Sonne in Kombination mit taunassen Nächten bot 2011 beste Entwicklungsbedingungen für *Kabatiella*.

Voraussetzung für die erfolgreiche Pilzinfektion ist das Erreichen des Taupunktes mit Blattnässe. Vor allem auf den obersten Blättern ist bei kühlen Nächten im Spätsommer oft mit Tau zu rechnen.

Die Daten der DWD-Station auf unserem Versuchsfeld machen deutlich, dass auch diese Voraussetzung voll erfüllt war: **Die Minimal-Temperatur in 2 m Höhe unterschritt vom Juli bis September regelmäßig den Taupunkt.** So fand man schon am frühen Morgen tropfnasse Blätter, wobei insbesondere die obersten Blattetagen betroffen waren. Unter diesen Bedingungen kann *Kabatiella* gut keimen und die Wirtspflanze infizieren.

Taupunkt + Minimaltemperatur

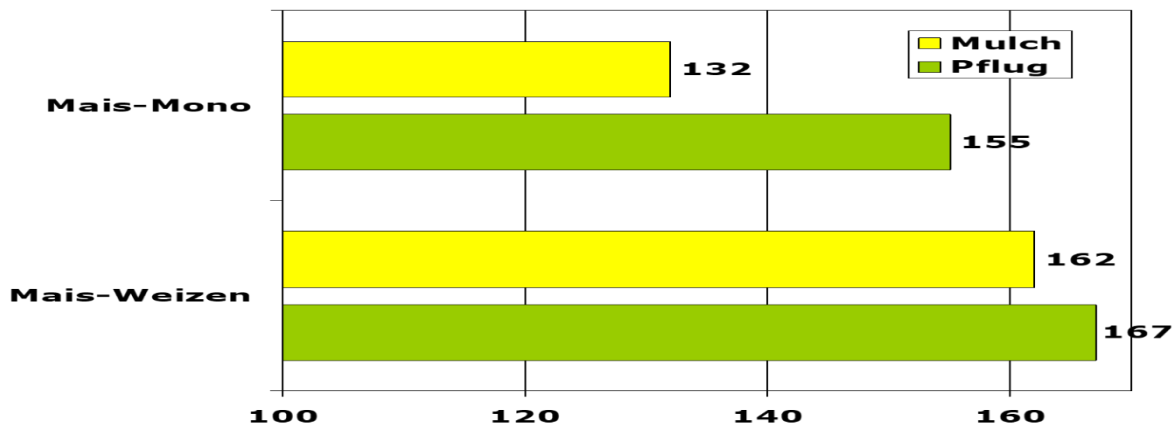


13.5 Ertragsverluste

Erwartungsgemäß traten die höchsten Verluste beim TM-Ertrag in der pfluglosen Mais-Monokultur auf (-21 %), die geringsten ergaben sich bei Mais nach Weizen bei gepflügter Bestellung.

Die Resultate unseres Exaktversuches sind gut vergleichbar mit den Ertragseinbußen in der Praxis. Vor allem auf der Schleswig-Flensburger Geest mit langjährigem Anbau von Mais in pflugloser Monokultur waren die Schäden durch *Kabatiella*-Blattbefall extrem.

TM-Erträge (dt/ha)



13.6 Schlussfolgerungen

Der Erreger des Augenflecks im Mais *Kabatiella zea* kann bei feucht-kühler Sommerwitterung erhebliche Ertrags- und Qualitätsverluste auslösen, insbesondere bei Mulchsaat.

Damit bestätigt sich erneut die Notwendigkeit, nach Mais eine intensive Stoppelzerkleinerung zu betreiben. Nicht nur Fusarium-Arten, sondern auch andere Krankheitserreger können hier überdauern. Unter günstigen Bedingungen kommt es dann zu Starkbefall. Dabei wird das Sporenmateriale oft über weite Strecken transportiert. So fand man auch in der Praxis Ackerschläge, die gepflügt bestellt wurden und trotzdem massiv von *Kabatiella* geschädigt wurden, weil Sporen von anderen Ackerflächen eingetragen worden.

Wie auch bei anderen Krankheitserregern des Ackerbaus spielen somit die Anbaudichte und –häufigkeit eine zentrale Rolle. Mit ackerbaulichen Maßnahmen zur Verbesserung der Bestandeshygiene lässt sich der Befallsdruck vermindern. Voraussetzung ist dabei allerdings, dass diese auch großräumig erfolgen. Auf einem Einzelbetrieb wird man damit keinen nennenswerten Effekt erzielen.

Aufgrund der Klimaansprüche des Schadpilzes mit einer Tagesdurchschnittstemperatur von 15 °C, dem regelmäßigen Wechsel von Blattnässen zur Förderung der Infektion und Trockenheit zur Sporenausbreitung ist ein regelmäßiger Befall nicht zu erwarten. Die untypische Symptomatik der stark nekrotisierten Blätter gilt es aber, im Blick zu behalten und sie der richtigen Ursache zuzuordnen.

14 Silomais: Fungizideinsatz (2011-2018)

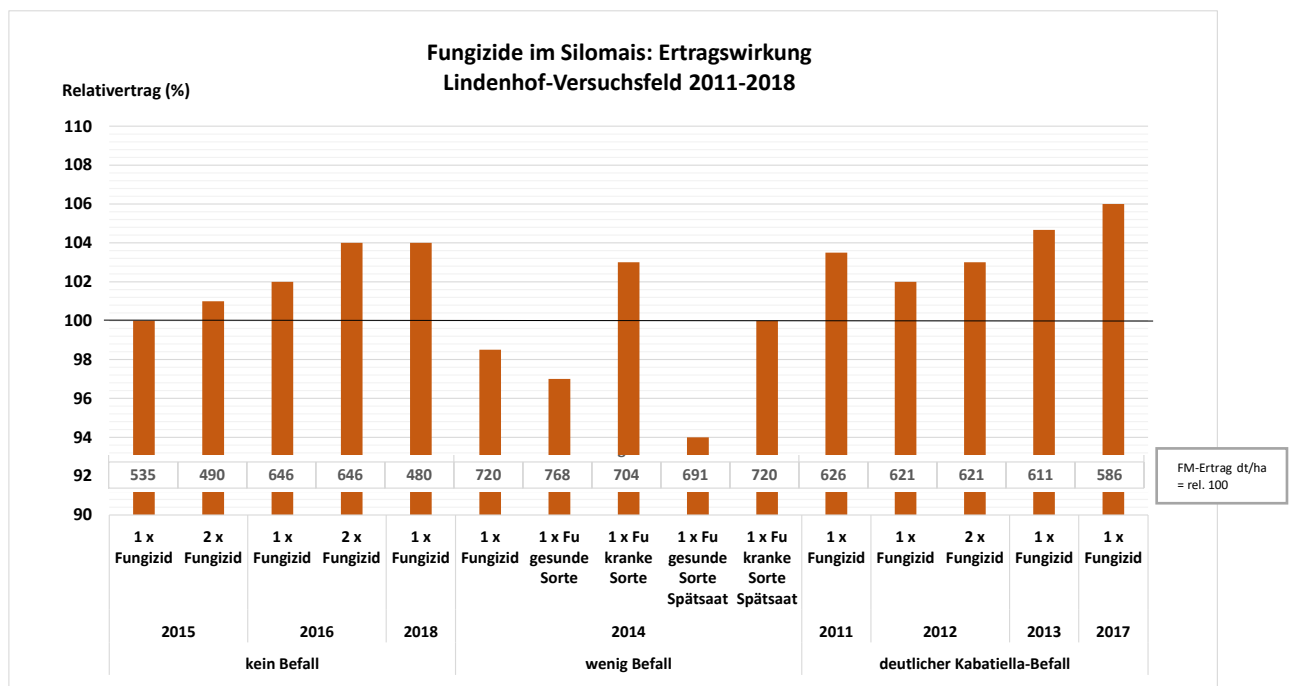
Eine Teilfläche wird seit 2007 in einer pfluglosen Monokultur mit Mais bewirtschaftet. Dort ist in kühl-nassen Jahren ein deutlicher Befall mit *Kabatiella zea* festzustellen. In mehrjährigen, verschiedenen Fungizidversuchen wurde der Frage nachgegangen, wie sich Fungizide auf die Ertragsbildung auswirken.

In den Jahren mit deutlichem *Kabatiella*-Befall (2011-13, 2017) waren zwischen **2 und 6 % Mehrerträge** zu erzielen (Übersicht 43). Aber selbst ohne Befall lagen die Mehrerträge bei bis zu 4 % bei zweimaliger Anwendung. Grund ist der **Greening-Effekt**, den einige triazolhaltige Fungizide bewirkten. Die Blätter bildeten mehr Chlorophyll und wirkten grüner. Unter günstigen Abreifebedingungen können deshalb mehr Assimilate in die Kolben verlagert werden.

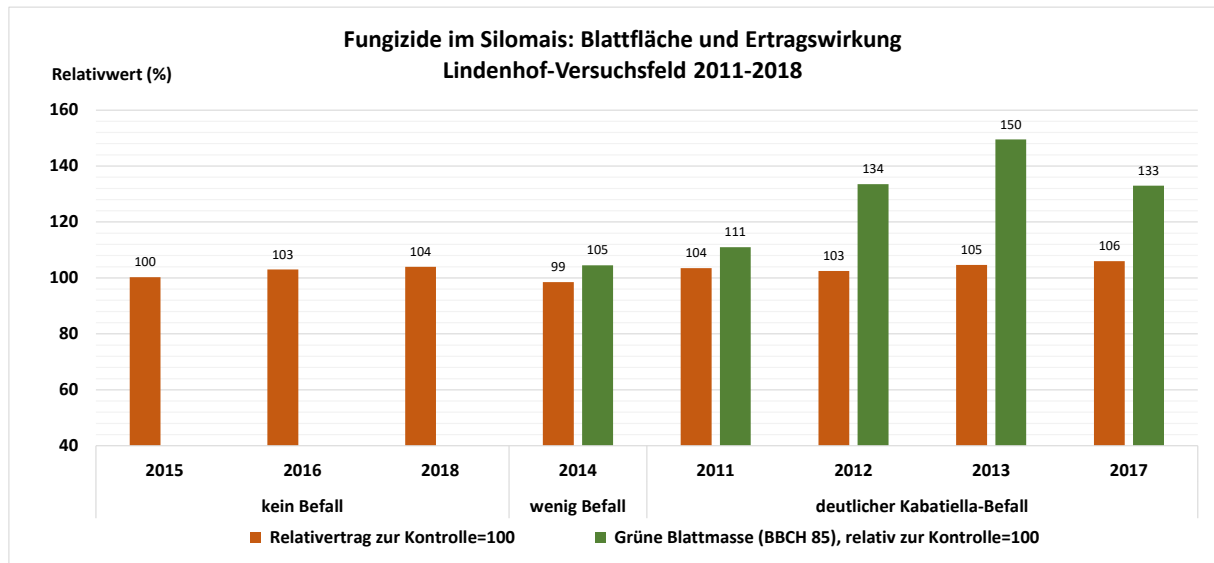
2014 war der Greening-Effekt durch den Fungizideffekt nachteilig (Übersicht 43).

Ursache: Von Mitte Juni bis Mitte August 2014 war der Bodenwasserhaushalt sehr angespannt. Die nFk lag in der Krume immer unter 40 %, meist sogar unter 30 %. Die Assimilationsleistung war dennoch sehr hoch. Der Frischmasseaufwuchs lag 2014 deutlich über 700 dt/ha. **Da der Greening-Effekt mehr Wasser verbraucht bzw. über die größere Blattfläche verdunstet, waren die Wasserreserven aus dem Boden vorzeitig zu Ende.**

Übersicht 43 Fungizideinsatz im Silomais – Mehrerträge differenziert nach Befallssituation. Lindenhof-Versuchsfeld 2011-2018



Die Dimension, mit wieviel grüner Blattmasse durch den Fungizideinsatz in Befallsjahren wieviel Mehrertrag zu erreichen ist, zeigt Übersicht 44. In den Jahren mit deutlichem *Kabatiella*-Befall (2011-13, 2017) münden **11-50 % mehr Blattfläche in 3-6 % Mehrertrag**. Umgerechnet ist dies ein mittleren Mehrertrag von 4 % = 24 dt FM/ha.

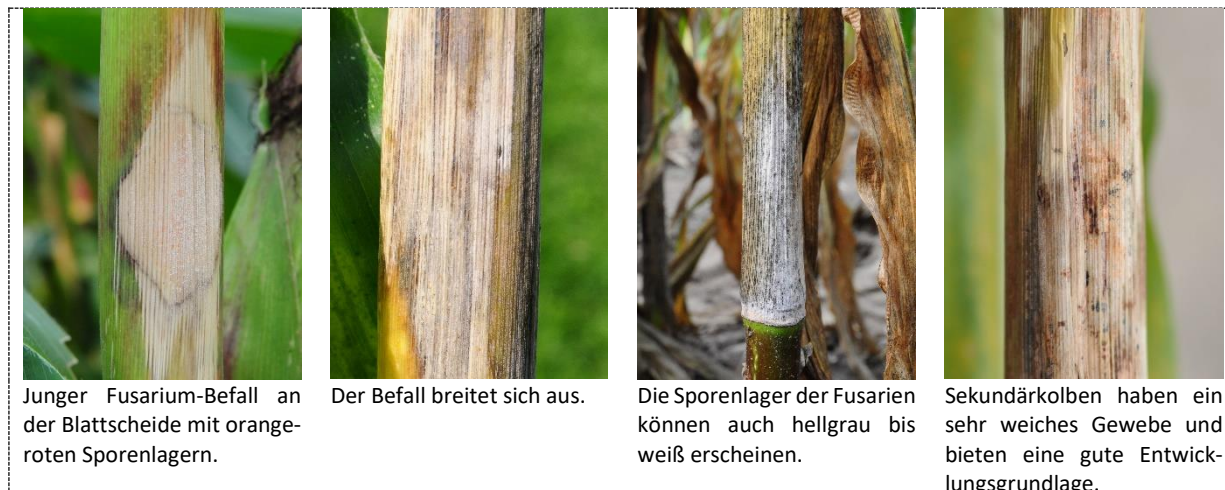


- Die **Mehrerträge** durch ein- und zweimaligen Fungizideinsatz betragen im Mittel bis zu **6 %**. Einzelmaßnahmen lagen bei einem Plus von 10 % (hier nicht dargestellt).
- In **2014**, dem Jahr mit den höchsten Erträgen, hatte der **Fungizideinsatz** sogar **Mindererträge** zur Folge. Grund war das witterungsbedingt sowieso schon intensive vegetative Wachstum, trotz Trockenstress in der Krume (Mitte Juni bis Mitte August). Der **Greening-Effekt** der Fungizide verbrauchte Wasser, welches zur Biomassebildung nicht zur Verfügung stand.
- Jahre mit **höherem Kabatiella-Auftreten** durch mehr Niederschläge und kühlere Temperaturen sind nicht zwangsläufig auch Jahre mit schlechten Erträgen. Grund ist die **bessere Wasserversorgung**, von der die **Maispflanze** ertraglich stärker profitiert, als sie durch den Blattbefall an Assimilationsfläche einbüßt.
- Die in den **Befallsjahren** deutlich größere, grüne und gesunde Blattfläche (bis zu 150 % im Vergleich zur Kontrolle) konnte in durchschnittlich **4 % Mehrertrag** (=24 dt FM/ha) umgesetzt werden.

15 Fusariumbefall und Mykotoxine im Silomais im norddeutschen Klimaraum

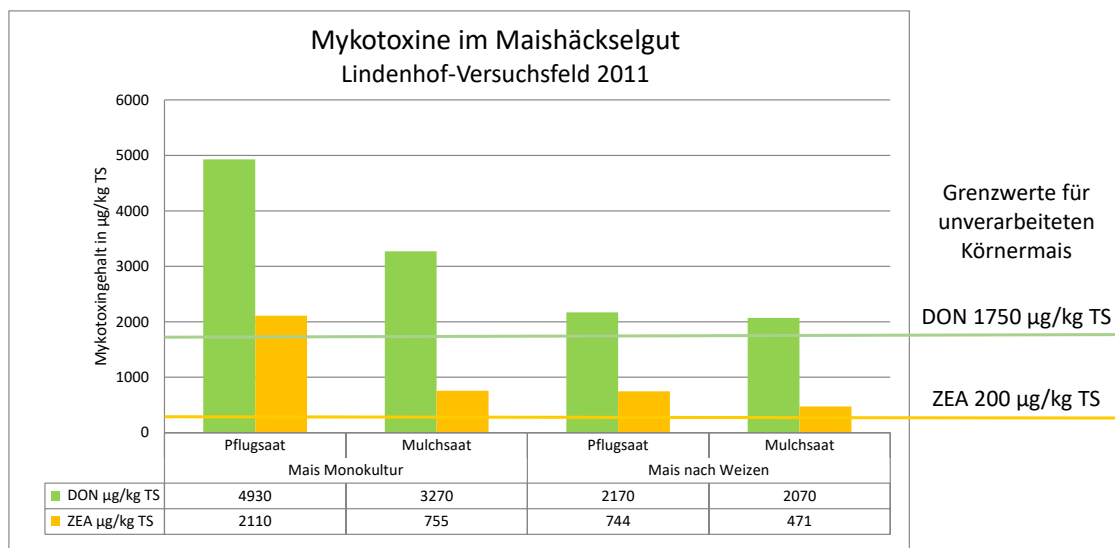
Fusariumbefall auf den Kolben und am Stängel tritt in Norddeutschland bislang nicht epidemisch auf. Bei feucht-warmer Witterung zeigt er sich jedoch auf **Sekundärkolben**, deren weiches Gewebe eine gute Nahrungsgrundlage bietet. Auf den **unteren Blattscheiden** ist ein weißer bis rötlicher Sporenelag aber häufig auszumachen (Übersicht 45).

Übersicht 45 *Fusariumsymptomatik im Silomais auf dem Lindenhof-Versuchsfeld.*



Nachdem **2011 im Weizen verstärkt Ährenfusarium** auftrat und das Erntegut mit Mykotoxinen belastet war, haben wir das **Häckselgut des Mais auch auf DON und ZEA** untersuchen lassen (Übersicht 46).

Übersicht 46 *Fusarium-Mykotoxine (DON, ZEA) im Silomais. Lindenhof-Versuchsfeld 2011.*



In allen Varianten lagen 2011 die für **DON und ZEA** ermittelten Werten **über den Grenzwerten**, die für unverarbeiteten Körnermais gelten, da für Silomais keine Grenzwerte festgeschrieben sind. Dass im **Monomais** das Niveau **höher** ist als in der **Mais-Weizen Fruchtfolge**, ist nachvollziehbar, weil sich dort ein weitaus höheres Inokulum anreichern konnte.

Interessant ist, dass die **Pflugfurche den Mykotoxingehalt nicht minderte**, sondern das Gegenteil eintrat. Diese Beobachtung geht konform mit den Erfahrungen, die wir bei dem Befall mit *Rhizoctonia* in den Weizenstoppeluntersuchungen 2010-2014 (SSHL-Bericht Nr. 2011/26) gemacht haben. Nach der

besseren Vorfrucht Raps und nach einer Pflugfurche war der Befall mit *Rhizoctonia* höher als in einer Mulchsaat oder nach Getreide. Offenbar verbessert eine **Pflugfurche** die Bedingungen für eine **bodenbürtige Infektion** durch **Fusarien** im Mais.

Stichpunktartig wurde **2014**, in einem scheinbar „gesunden Jahr“ mit den höchsten Maiserträgen (680 dt FM/ha), eine weitere **Mykotoxinanalyse** durchgeführt (Übersicht 47). Da die Versuchsanlage ab 2012 geändert wurde, liegen nur Ergebnisse für den pfluglosen Monomais vor. Auf den **Sekundärkolben war 2014 kaum *Fusarium*** zu finden. Auf den **unteren Blattscheiden hingegen sporulierte der Pilz** verbreitet. **Neben DON und ZEA war auch Nivalenol nachweisbar. Alle Werte lagen aber unter den Grenzwerten.**

Übersicht 47 Mykotoxingehalte im Silomais. Lindenhof-Versuchsfeld 2014

Jahr	Versuch	Variante	Sorte	FF	Höchstmenge für unverarbeiteten Mais		3-Acetyl-DON	15-Acetyl-DON	NIV	T-2 Toxin	HT-2 Toxin	4,15-Diacetoxyscirpenol	Fusarenon-X
					Bestimmungsgrenze	Einheit							
					1750	200							
					10	5	10	20	10	5	5	10	10
					µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
2014	14 Ma 68	1 ohne Fungizid	K	Monomais	563	30	< 10	< 20	275	< 5	< 5	< 10	< 10
2014	14 Ma 69	1 ohne Fungizid	R	Monomais	1450	105	28	131	362	< 5	< 5	< 10	53

15.1 Fusariumbefall in Maisstoppeln (2012-2014)

Der hohe Mykotoxingehalt 2011 hat die Frage nach der Quelle der Mykotoxinproduktion aufgeworfen, da die typischen Stängel- und Kolbenfäulen nicht auftraten. Von 2012 bis 2014 haben wir deshalb jährlich Maisstoppeln von etwa 60 Praxisflächen in Schleswig-Holstein nach der Ernte auf den Besatz mit 7 verschiedenen *Fusarium*-Arten mit rtPCR (Prof. Dr. P Karlovsky, Uni Göttingen) untersuchen lassen (Übersicht 48). Hier die Kernergebnisse:

- Die dominierenden Arten waren *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. avenaceum*
- *F. graminearum* war in allen drei Jahren in allen Beständen nachzuweisen.
- *F. avenaceum* trat in 80-100 % der Bestände auf.
- *F. culmorum* war in 65-85 % der Bestände nachzuweisen.
- In über 80 % der Bestände treten *F. graminearum* und *F. avenaceum* gemeinsam auf.
- In über 60 % der Bestände treten **alle drei Arten** gleichzeitig auf!

Bei den **Bonituren der Stoppel** fiel in der Regel **keine äußerliche Fusariumsymptomatik** auf. Daher wird der Befall **bodenbürtig** und die **Besiedlung systemisch** erfolgt sein. Bemerkenswert ist, dass die **drei Arten gemeinsam** auftreten. Die Witterungsansprüche an eine erfolgreiche epidemische Besiedlung ist bei den drei Arten aber sehr verschieden, zumindest was die Ascosporeneninfektion durch *F. graminearum* und *F. avenaceum* betrifft.

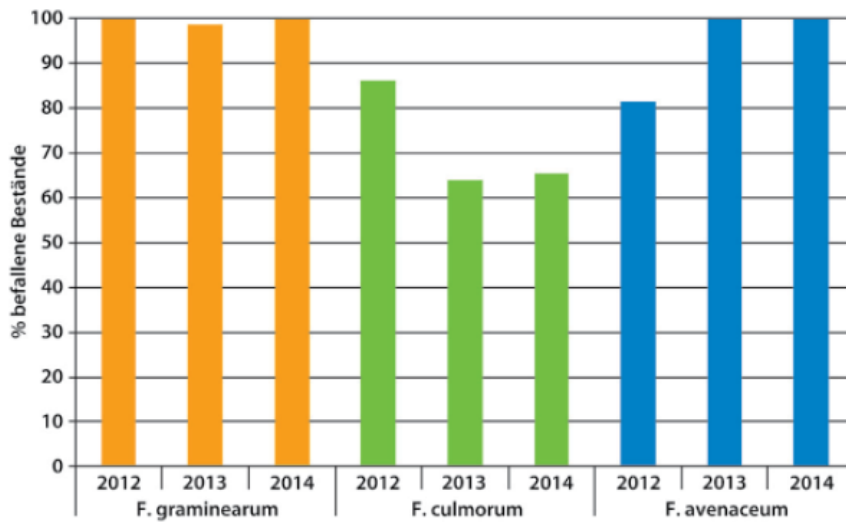
F. avenaceum ist sehr wärmeliebend und trat bisher bevorzugt in Süddeutschland auf. *F. culmorum* ist dagegen ein typischer Vertreter des maritim geprägten Klimaraums und dominierte jahrzehntelang in Nordwesteuropa. **Offenbar gelten diese Infektionsbedingungen bei bodenbürtiger Besiedlung nicht.**

Da **Mykotoxine** vom **Myzel** gebildet und durch ihre **Wasserlöslichkeit im Xylem transportiert** werden, kann der bodenbürtige Befall für die Belastung des Aufwuchses mit Mykotoxinen verantwortlich sein.

Übersicht 48 Fusariumbefall von Maisstoppeln in Schleswig-Holstein 2012-2014, ca. 60 Proben pro Jahr.
Quelle: Kropf & Schlüter (2016).

2 Fusariumbefall von Maisstoppeln

mit den drei dominierenden Fusarium-Arten in Schleswig-Holstein 2012 bis 2014 (Methode: real-time PCR)



15.2 Wie viele Fusarium-Arten sind in einem Maisbestand (2008-2013)?

Von **2008 bis 2013** wurden in einem vorangegangenen Projekt **Maisstoppeln** von Praxisbeständen auf das Vorhandensein von **7 verschiedenen Fusarium-Arten** untersucht (Übersicht 49). In jedem Jahr wurden ca. 60 Maisbestände über Schleswig-Holstein verteilt beprobt. Je 15 Stoppeln/Schlag wurden nach der Ernte visuell bonitiert, getrocknet und als Mischprobe vermahlen. Die Untersuchung erfolgte mittels real-time PCR an der Universität Göttingen durch die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. P. Karlovsky.

Neben den am häufigsten vorkommenden Arten ***F. graminearum***, ***F. culmorum***, ***F. avenaceum*** wurden mittels real-time PCR außerdem ***F. subglutinans***, ***F. proliferatum***, ***F. poae*** und ***F. verticilloides*** erfasst.

Außer den drei in jedem Jahr dominierenden Arten traten ***F. subglutinans*** und ***F. proliferatum*** ebenfalls relativ verbreitet in Erscheinung. ***F. poae*** und ***F. verticilloides*** waren dagegen die am wenigsten häufig auftretenden Arten.

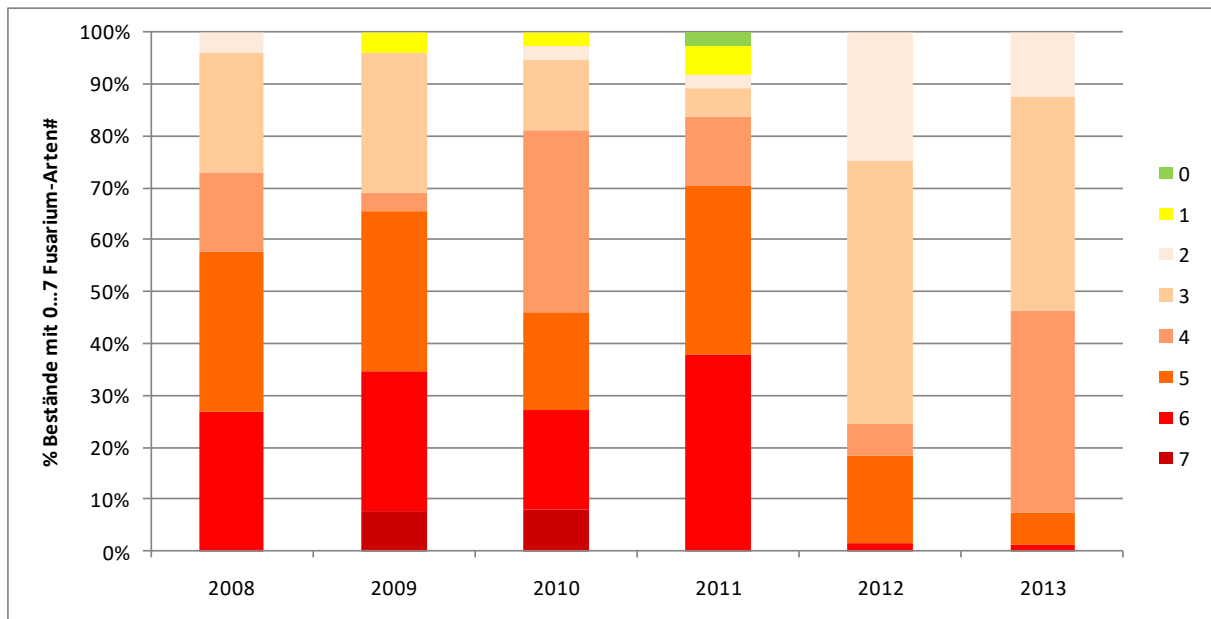
Übersicht 49 Anteil der mit Fusarium befallenen Maisstoppeln aus Praxisbeständen (ca. 60 Bestände pro Jahr) in Schleswig-Holstein. Methode: real-time PCR (Schlüter & Kropf 2014).



Der insgesamt sehr hohe Anteil mehrerer Arten bedeutet zwangsläufig, **dass innerhalb eines Bestandes mehrere Arten gleichzeitig auftraten** (Übersicht 50). Nur 2011 gab es befallsfreie Bestände, in allen anderen Jahren war immer wenigstens eine Art nachweisbar. **In 70 % der Bestände traten sogar drei Fusarium-Arten als Mischinfektion auf.**

Übersicht 50

Anzahl der in den Beständen gleichzeitig aufgetretenen *Fusarium*-Arten. Maisstoppelproben von Beständen (ca. 60 Bestände/Jahr) in Schleswig-Holstein 2008-2013 (Schlüter & Kropf 2014).



15.3 Zusammenfassung

- ***Fusarium*-Mykotoxine** können auch in äußerlich nahezu befallsfreien Beständen vorhanden sein.
- **Fusarien** wachsen nach der Infektion aus dem Boden **systemisch** in den Pflanzen und bilden dort **wasserlösliche Mykotoxine**, die sich mit dem Saftstrom in der Pflanze verbreiten.
- Der Mykotoxingehalt war 2011 im Monomais zwar höher als in der Mais-Weizen Fruchtfolge. Aber auch dort lagen die Mykotoxinwerte oberhalb der Grenzwerte.
- Das „Wegpflügen“ befallener Ernterückstände ist keine dauerhafte Lösung für das *Fusarium*-Problem.
- In Schleswig-Holstein waren die Stoppeln von **60 %** der Maisbestände mit *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. avenaceum* gleichzeitig besiedelt. In **80 %** der Bestände konnten *F. graminearum* und *F. avenaceum* nachweisbar (2012-2014) nachgewiesen werden.
- In einer Untersuchungsreihe von **2008-2013** wurden **7 verschiedene *Fusarium*-Arten** untersucht. **Mindestens 70 % der Bestände** waren in jedem Jahr mit **3 oder mehr *Fusarium*-Arten** befallen.

15.4 Veröffentlichungen

Kropf, U. und K. Schlüter (2013)

Fusarien im norddeutschen Maisanbau nehmen zu.
Mais, Ausgabe 3, Seite 124-127.

Kropf, U. und K. Schlüter (2013)

Mais: Der Patient von morgen?
Top agrar 10, 60-67.

Schlüter, K. und U. Kropf (2013)

Die Gefahren lauern im Mais.
DLG-Mitteilungen, 09, 54-57.

Schlüter, K. und U. Kropf (2014)

Förderung von Analysen zum Fusariumbefall im Maisanbau zur Vervollständigung einer Zeitreihenanalyse
Abschlussbericht zum SSSL-Projekt Nr. 2013/42.

Kropf, U. und K. Schlüter (2016)

Mit Fusarium ist nicht zu spaßen.
Land & Forst Nr. 23 vom 9. Juni 2016, Seite 28-29.

Kropf, U. und K. Schlüter (2018)

Gedeckter Tisch für hartnäckige Pilze.
Land & Forst Nr. 41 vom 11. Oktober 2018, Seite 18-20.

Kropf, U. und K. Schlüter (2017)

Mykotoxine können belasten.
Bauernblatt für Schleswig-Holstein vom 25. März 2017, Seite 41-43.

Schlüter, K. und U. Kropf (2016)

Untersuchungen zum Auftreten einer neuen Halmbasiskrankheit an Winterweizen in Schleswig-Holstein.
Abschlussbericht zum SSSL-Projekt Nr. 2011/26.

16 Mais – Erkenntnisse aus den Düngungsversuchen

16.1 N-Bilanz von Silomais

Die Notwendigkeit einer N-Düngung im Mais ist unbestritten, auch wenn Versuche **ohne N-Düngung auf gut bewirtschafteten Ackerflächen einen N-Ertrag von bis zu 90 kg N/ha** aufweisen. Diese werden aus der **N-Mobilisierung der organischen Substanz** generiert. Der Schlag hat einen N-Gehalt im Boden von 0,14 %, was 5.880 kg N_{org}/ha (Rohdichte 1,4) und einen Dauerhumusgehalt von 3,2 % entspricht. Das C:N-Verhältnis liegt bei 11,4.

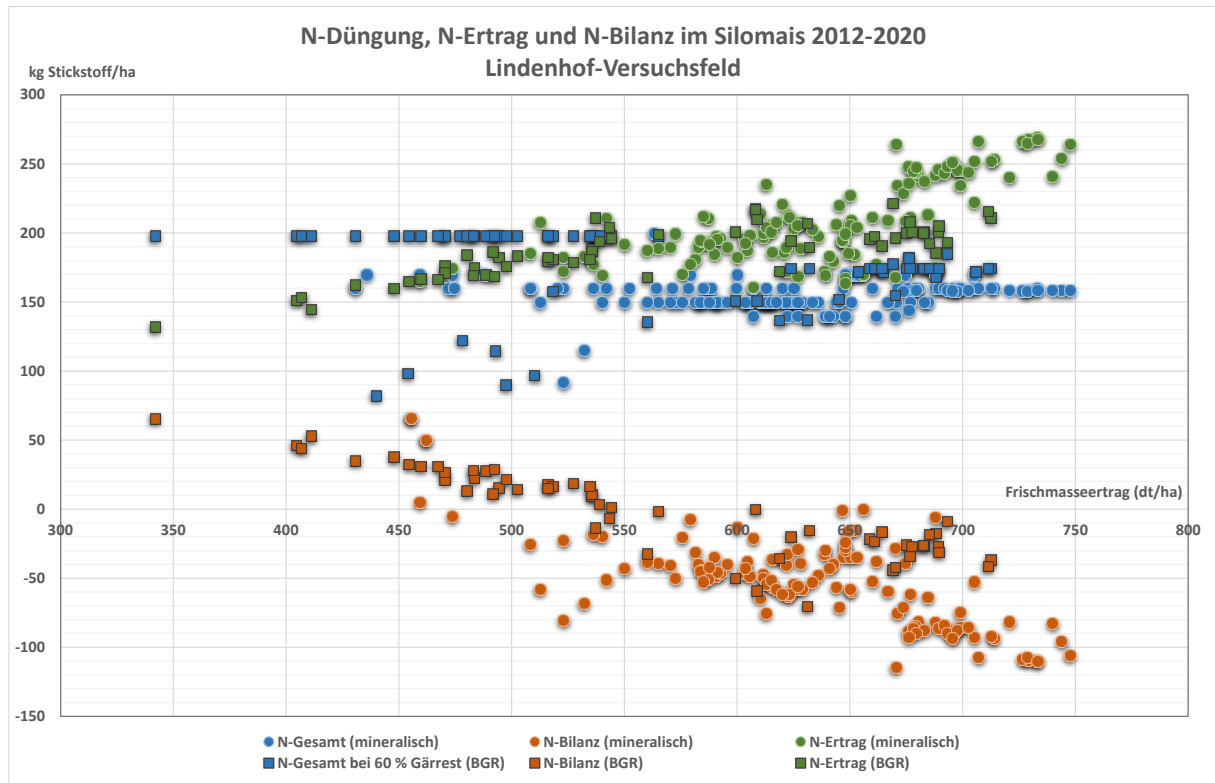
90 kg N/ha würden einer **N-Nachlieferung von 1,5 % aus der organischen Substanz** entsprechen. Diese 1,5 %-ige N-Nachlieferung auf einem gut strukturierten Standort von April bis Oktober ist durchaus ein guter und realistischer Wert. **Die Stickstoffmenge wird nahezu unabhängig vom Bewuchs mineralisiert und würde der Auswaschung unterliegen, wenn sie kein Pflanzenbestand aufnehmen könnte!**

In Übersicht 51 sind die N-Bilanzen aller Silomaisversuche von 2012-2020 zusammengestellt (Düngung, Sorten, Fungizide, Kalk). Die Versuche sind nach rein mineralischer Düngung (runde Marker) und kombinierter Düngung mit verschiedenen Anteilen von Gärresten bzw. Rindergülle (eckige Marker) dargestellt. In den Gärreste/Rindergülleversuchen erfolgte immer eine mineralische Ergänzungsdüngung je nach N-Konzentration im Gärrest mit 40 bis 170 kg N/ha, im Mittel waren es 100 kg N/ha mineralisch. Gärreste/Rindergülle sind mit den in der DÜV vorgesehenen 60 % angerechnet. Das entspricht etwa dem Ammonium-Anteil im Gärrest, der in der Analyse mit 60-70 % des Gesamt-N ausgewiesen wurde, die Rindergülle lag bei 50-60 % Ammoniumanteil. Die Gärreste stammen aus der Vergärung von Rindergülle. Ausbringung war 10-14 Tage vor der Saat mit Schleppschuhen gefolgt von sofortigem Eingrubbern. Aus Übersicht 51 und Übersicht 52 lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen.

- Der **Frischmasseertrag** variierte in den 9 Versuchsjahren zwischen **350 und 750 dt/ha**.
- Die **N-Bilanz war in dieser Zeit ab einer Ertragsleistung von 550 dt/ha negativ** – durch die Ernte wurde mehr Stickstoff abgefahren als gedüngt. **Bis zu -120 kg N/ha wurden in rein mineralisch gedüngten Versuchen ab 720 dt FM/ha erreicht.**
- Eine positive N-Bilanz war in einem Sortenversuch 2015 festzustellen, in dem das N-Düngungsniveau bei 200 kg N/ha lag, aber die Witterung keine entsprechenden Mehrerträge ermöglichte.
- **Ertragssteigerungen waren meist nicht abhängig vom N-Niveau.**
- Die **N-Bilanz** ist bei den mit **Gärresten/Rindergülle** gedüngten Versuchen im Mittel um **34 kg N/ha schlechter als bei rein mineralischer Düngung** (Übersicht 60). Auch die Proteinkonzentration liegt etwas niedriger.

Übersicht 51

N-Düngung, N-Aufnahme im Erntegut und N-Bilanz (N-Düngung minus N-Aufnahme) der Solomaisversuche (2012-2020), differenziert nach Versuchen mit rein mineralischer Düngung und Versuchen, in denen auch Gärrest eingesetzt wurde. Dieser wurde mit 60 % angerechnet.



Übersicht 52

Ertrag, N-Bilanz, Qualität und Energieleistung der Silomaisversuche von 2012-2020 auf dem Lindenhof Versuchsfeld. Datengrundlage für Übersicht 59

Jahr	Frischmasseertrag (dt/ha)	N-Gesamt bei 60 % Anrechnung Gärrest (kg/ha)	N-Ertrag (kg/ha)	N-Bilanz (kg/ha)	Rohprotein (% i. d. TM)	Stärke (%)	NEL (MJ/kg)	NEL (GJ/ha)
2012	604	151	206	-54	7.1	32.7	6.3	113
2015	519	201	185	16	6.9	28.4	6.4	107
2016	631	137	207	-70	6.4	29.8	6.4	130
2017	669	178	222	-44	6.5	30.6	6.2	134
2018	560	136	168	-32	5.8	30.1	6.2	112
2019	653	153	179	-26	5.3	32.3	6.6	139
2020	675	174	200	-26	5.8	32.6	6.6	143
Mittel mit Gärrest	629	175	195	-21	6.1	31.4	6.5	131
2012	603	150	205	-55	6.6	34.7	6.5	127
2013	610	150	197	-47	6.3	33.4	6.2	121
2014	695	159	246	-87	6.9	30.6	6.2	139
2015	541	132	187	-55	6.7	26.4	6.5	113
2016	691	157	229	-72	6.5	32.0	6.5	144
2017	589	162	205	-43	6.6	26.9	5.9	117
2018	490	167	173	-6	6.9	22.5	6.2	97
2019	639	173	184	-11	5.6	33.2	6.6	137
2020	644	146	177	-30	5.5	32.8	6.7	138
Mittel nur mineralisch	635	154	210	-55	6.4	31.9	6.3	129

16.2 Vergleich rein mineralischer N-Düngung und Ergänzung mit Gärresten

Um die Gärreste besser beurteilen zu können, werden in dieser Auswertung nur die Grund- und Blatt-düngungsversuche aus Kapitel 16.3 von 2014-2020 betrachtet.

Die **Gärreste aus Rindergülle** kamen immer vom gleichen Herkunftsbetrieb. Meist wurde die mineralische Düngung reduziert, der Gärrest rund 10 Tage vor der Saat mit Schleppschuhen ausgebracht und direkt mit einem Grubber eingearbeitet. Die über Gärreste gelieferten N-Mengen variierten von Jahr zu Jahr zwischen 66 und 160 kg Gesamt-N je Hektar, welche in der Bilanzierung mit 60 % angesetzt werden.

Das Jahr 2016 ist nicht dargestellt, weil in diesem Jahr keine Versuche mit ausschließlicher Mineral-düngung vorhanden waren.

Die Übersicht 53 zeigt die über die Jahre gemittelten Ergebnisse bei rein mineralischer Düngung (ohne Gärrest) und mit Anteilen von Gärrest aus Rindergülle.

Die detaillierten Jahresergebnisse sind in Übersicht 54 und Übersicht 55 dargestellt. Hier die Kernaussagen:

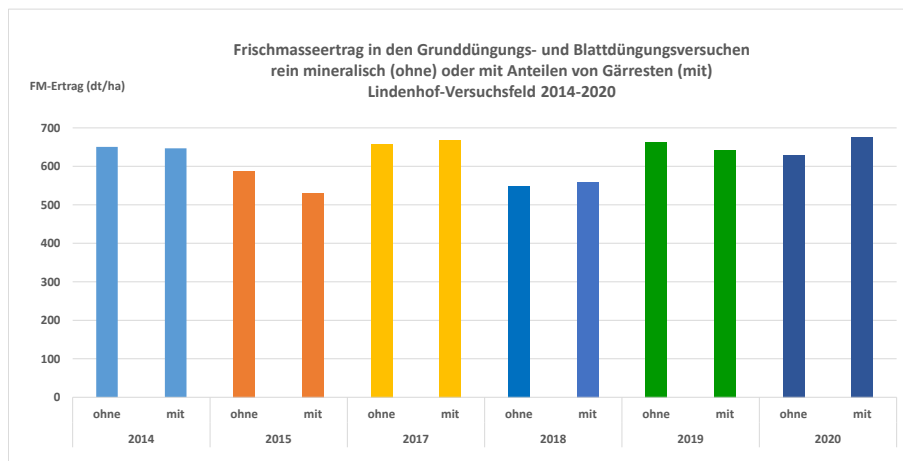
1. Die **N-Bilanz war in allen Jahren und Varianten negativ** – es wurde mehr Stickstoff entzogen als eingesetzt.
2. Unterstellt man eine 100 %ige Ausnutzung des mineralischen Stickstoffs, dann haben die **Varianten ohne Gärrest 32 kg N/ha aus der N-Nachlieferung** generiert.
3. Die Varianten **mit Gärrest stehen in der N-Bilanz sogar auf -39 kg N/ha**. Hier wurden 7 kg N mehr entzogen als angerechnet werden musste. Diese Differenz kann sowohl aus den restlichen 40 % N (45 kg N/ha) des Gärrestes oder der N-Nachlieferung des Bodens gekommen sein. Diese wird unter günstigen Bedingungen mit bis zu 1,5 % angesetzt, was auf diesem Standort (0,14 %N_{org} im Boden, siehe Kap. 16.1) bis zu 90 kg N/ha sein können.
4. Der nicht bilanzierte **Überhang aus den Gärresten** (40 % entsprechen 45 kg N/ha) wird als organisch gebundener Rest der **Humusbildung** zu Gute kommen.
5. Der **Rohproteingehalt** und damit der N-Entzug (bei fast gleichem Frischmasseertrag) ist bei **rein mineralischer Düngung etwas höher** als bei der anteiligen Düngung mit Gärresten.

Fazit: Gärrest aus Rindergülle ist ein adäquater Ersatz für mineralischen Dünger bei 60 %iger Anrechnung des Gesamt-N im Gärrest. Auch die Einarbeitung bis zu zwei Wochen vor der Saat scheint kaum Verluste nach sich zu ziehen. Die organisch gebundenen Nährstoffe im Gärrest gehen in den Humusaufbau bzw. -erhalt.

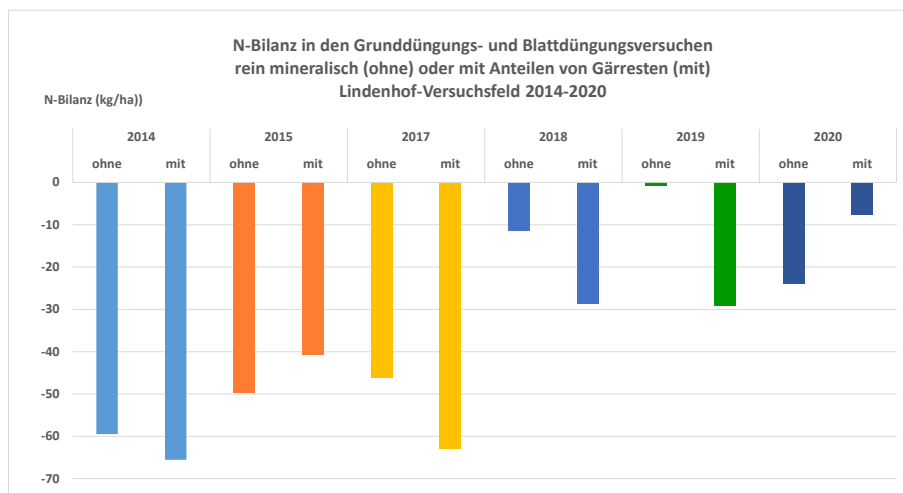
Übersicht 53 *Vergleich der Grund- und Blattdüngungsversuche bei rein mineralischer Düngung (ohne Gärrest) und Ausbringung von Gärrest aus der Vergärung von Rindergülle. Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2020 (ohne 2016)*

	ohne Gärrest	mit Gärrest
Frischmasseertrag bei 32 % TM (dt/ha)	623	621
Rohprotein (%)	6.2	6.0
N-Gesamt mit 100 % N aus Gärrest (kg/ha)	164	195
davon N mineralisch (kg/ha)	164	86
davon N-Gesamt aus Gärrest (kg/ha)	0	109
N-Gesamt bei 60 % N aus Gärrest (kg/ha)	164	150
N-Entzug in der GPS (kg/ha)	196	189
N-Überhang (kg/ha) bei 60 % Anrechnung Gärrest	-32	-39

Übersicht 54 *Frischmasseerträge der Grund- und Blattdüngungsversuche bei getrennter Betrachtung rein mineralisch gedüngter (ohne) und mit Anteilen von Gärresten (mit) gedüngter Versuche, getrennt nach Jahren. Lindenhof-Versuchsfeld, 2014-2020 (ohne 2016)*



Übersicht 55 *N-Bilanz der Grund- und Blattdüngungsversuche bei getrennter Betrachtung rein mineralisch gedüngter (ohne) und mit Anteilen von Gärresten (mit) gedüngter Versuche, getrennt nach Jahren. Lindenhof-Versuchsfeld, 2014-2020 (ohne 2016)*



16.3 Grunddüngung und Blattdüngung

Die Düngungsversuche sind recht umfangreich. Es liegen vieljährige Ergebnisse vor, die einen guten Überblick geben. In Anbetracht der Datenfülle und der sich immer wieder ändernden Düngungsvarianten und Begleitmaßnahmen, stellen wir die wichtigsten Erkenntnisse draus zusammen.

Die Fläche ist gut mit Spurennährstoffen versorgt, ebenso mit Phosphat (Tabelle 3). Kalium und Magnesium sind in Versorgungsstufe B. Der Standort wurde nicht langjährig mit organischen Düngern versorgt.

Tabelle 3 Ergebnis der Bodenuntersuchung vom 20.1.2020, Jörn 2

Fläche	pH	P2O5 mg/100g	K2O mg/100g	Mg mg/100 g	Mn g/kg	Cu g/kg	B g/kg	Zn g/kg	Na g/kg
J2 Mais, uS 4 % Ton	5,9	25 C	14 B	7,3 B	41 E	3,5 C	0,32 C	3,5 E	11 A

Zusammenfassung

1. Der Biomasseaufwuchs wird primär von der jahresbedingten Transpirationsleistung bei Mais als C₄-Pflanze bestimmt. Temperatursumme und Niederschläge sind die wesentlichen Wachstumsfaktoren.
2. In Jahren mit günstigen Wachstumsbedingungen und hohen Erträgen wächst der Mais auf einem gut mit Haupt- und Spurenelementen versorgten Standort und einer bedarfsgerechten bzw. auf den Entzug ausgerichtete N- und Grunddüngung „von alleine“. Im Hinblick auf die Platzierung (vSE, UFD) zeigen sich auf dem maritimen Standort mit meist ausreichend Niederschlägen in der Hauptwachstumsphase keine Unterschiede.
3. Unter günstigen Bedingungen bringen bei guter Bodenversorgung mit Spurenelementen Blattdünger tendenzielle aber keine absicherbaren Mehrerträge.
4. Unter Stressbedingungen (Kälte, Nässe, Trockenheit) ist die wichtigste Maßnahme die wurzelnahe Platzierung des für das Massenwachstum erforderlichen Stickstoffs und Phosphats als UFD oder organisch gedüngt, und dass trotz einer Versorgung von 30 mg P₂O₅/100 g trockenen Bodens (ca. 1.260 kg/ha pflanzenverfügbares Phosphat). Unter nass-kalten Bedingungen können sich Maiswurzeln die Nährstoffe nicht schnell genug „erwaschen“. Der für den Mais schnell länger werdende Tag und die zunehmende Sonneneinstrahlung könnten im Blattapparat mehr Assimilate verarbeiten als die Wurzel an Nährstoffen dafür aus dem Boden erhält.

In Übersicht 56 sind alle Ergebnisse der Düngungsversuche dargestellt, bei denen **nicht die N-Düngung** variiert wurde, sondern die Art und Menge der anderen Hauptnährstoffe (Phosphat, Kalium, Magnesium, Schwefel) sowohl unter Fuß (UFD) als auch breitflächig (meist als vSe). In einigen Varianten wurden auch Blattdünger eingesetzt. Die Referenzvariante 1 ist daher in allen Düngungsversuchen genauso hoch mit Stickstoff gedüngt wie die Vergleichsvarianten. In einigen Versuchen wurde auch Gärrest eingesetzt und der mineralische N-Anteil entsprechend reduziert.

Da in der Praxis viele Nährstoffe in Kombination ausgebracht werden, ist die Prüfung von Einzelnährstoffen wenig sinnvoll. Die Reaktion der Pflanzen auf die Düngung fiel in den Jahren unterschiedlich aus. Da der Versuchsstandort gut mit den Hauptnährstoffen versorgt ist, sind die Ergebnisse der Düngungsversuche nicht konsistent. Es gibt Jahre, in denen sich frisches Phosphat unter Fuß positiv auswirkt und Jahre, in denen die Reaktion auf Schwefel und Magnesium deutlicher ausfällt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Düngung von der Jahreswitterung, also der Entwicklungsgeschwindigkeit nicht nur der oberirdischen Masse, sondern auch von der Wurzelbildung abhängt. Daher diskutieren wir die Ergebnisse jahresspezifisch.

2014 war ein optimales Maisjahr. Die ganze Jugendentwicklung war bis zur Blüte durch warme Witterung bei viel Sonneneinstrahlung und immer ausreichend Regen auf dem aufgewärmten Boden geprägt. Lediglich der August war kälter. Die trocken-warme Witterung im Septemer ermöglichte eine frühe Ernte um den 25. 09. So konnte die Düngung mit verschiedenen Mengen Kalium, Magnesium und Schwefel die Biomassebildung durchaus verbessern (Einzelergebnisse nicht dargestellt). Die Mehrerträge mit bis zu 4 % fielen nicht sehr hoch aus. Grund war der Umstand, dass die witterungsbedingte Transpirations- und Assimilationsleistung erreicht und die Nährstoffmenge- und Verfügbarkeit nicht weiter ertragsbegrenzend waren. Ein weiteres Indiz dafür sind auch die Fungizidversuche in diesem Jahr (hier nicht dargestellt), die durch den Greening-Effekt eher zu Mindererträgen führten. Interessant waren die stichprobenartigen Blattanalysen zur Blüte. Diese zeigten trotz des hohen Ertragsniveaus eine Unterversorgung mit Bor. Ob eine Bordüngung positiv gewesen wäre, wurde in den Versuchen der Folgejahre geprüft.

2015 war die Jugendentwicklung durch die Kälte bis Ende Juni sehr langsam. Regen und Wärme im Juli retteten zunächst die Situation, setzten aber eine späte N-Mineralisation in Gang, die die Bestände in der kühleren Folgewitterung nur langsam reifen ließen (geringer TM-Zuwachs). Die Ernte war erst Mitte Oktober und fiel um 100 dt FM/ha geringer aus als im Vorjahr. Alle drei Düngungsversuche wurden mit der gleichen Sorte am gleichen Tag (23.4.2015) gelegt und sind daher gut vergleichbar.

- Die höchsten Erträge hatten die mit 160 kg N/ha rein mineralisch gedüngten Varianten (587 dt FM/ha), davon 2 dt/ha 20-20 als UFD.
- Die Erträge in den beiden anderen Versuchen reduzierten sich mit der mineralisch gedüngten Menge von 110 bzw 60 kg N/ha, die um 80 bzw. 90 Nges/ha aus Gärresten ergänzt wurden, auf 518 bzw. 530 dt FM/ha.
- In den Varianten mit Spurenelementkombinationen als Blattdüngung (Bor, Kupfer, Mangan, Zink) konnten keine Mehrerträge erzielt werden.
- Mehrerträge wurden nur über eine gezielte NP-UFD erreicht. Für eine gute N-Bilanz waren wenigstens 1,5 dt/ha 20-20, also 30 kg N/ha und 30 kg/P₂O₅/ha erforderlich.

2016 war vergleichbar mit 2014 mit etwa 1.500 °C Temperatursumme von Saat bis Ende Juli. Durch die Kälte Ende April erfolgte die Aussat erst am 4. Mai. Die Jugendentwicklung war so zügig, dass im Herbizidversuch selbst in der unbehandelten Kontrolle 690 dt FM/ha geerntet werden konnte! Die

frühe Ernte Ende September spricht für eine gute Assimilatumlagerung. So lag der Frischmasseertrag wie 2014 bei 630 dt/ha.

- Verschiedene UF-Varianten und Blattdüngungsmaßnahmen wirkten sich kaum ertragssteigernd aus.
- Auch die Steigerung der UFD mit 20-20 war nicht mengenabhängig wie im kalten Vorjahr.
- Lediglich bei vor-Saat-Einarbeitung (vSe) konnte die UFD mit 2 dt/ha 20-20 3 % Ertragsvorteil erreichen.

2017 war so nass wie 2015, aber deutlich wärmer. So lag der FM-Ertrag bei 640 dt/ha auf der Höhe des langjährigen Mittels.

- Signifikante Minderträge entstanden durch die Reduzierung der Kalimenge von 220 auf 125 kg/ha.
- Mehrerträge wurden bei ausreichend hoher Menge N (30 kg/ha) verbunden mit 70 kg/ha P₂O₅ in der UFD erreicht.
- Die Wirkung der Blattdüngung war uneinheitlich und schwankte zwischen rel. 103 und 97).

2018 begrenzten Trockenheit und Hitze den Ertrag auf 520 dt FM/ha. Die Ernte war bereits Ende August.

- Mit UFD stiegen die Erträge an (alle Varianten mit gleicher N-Menge), wobei eine NP-Düngung vorteilhafter ausfiel als eine NS-Kombination. Dass Schwefel in der UFD weniger wichtig ist als Phosphat, bestätigen auch die Vorjahre
- Sehr positiv fiel in dem Trockenjahr 2018 eine Ausbringung (vSE) von Tonmineralen auf. Tonminerale speichern Wasser und Nährstoffe. Der Mehrertrag lag signifikant bei 10 %.
- Eine Blattdüngung unterstützte auch in diesem Trockenjahr die Biomassebildung nicht.

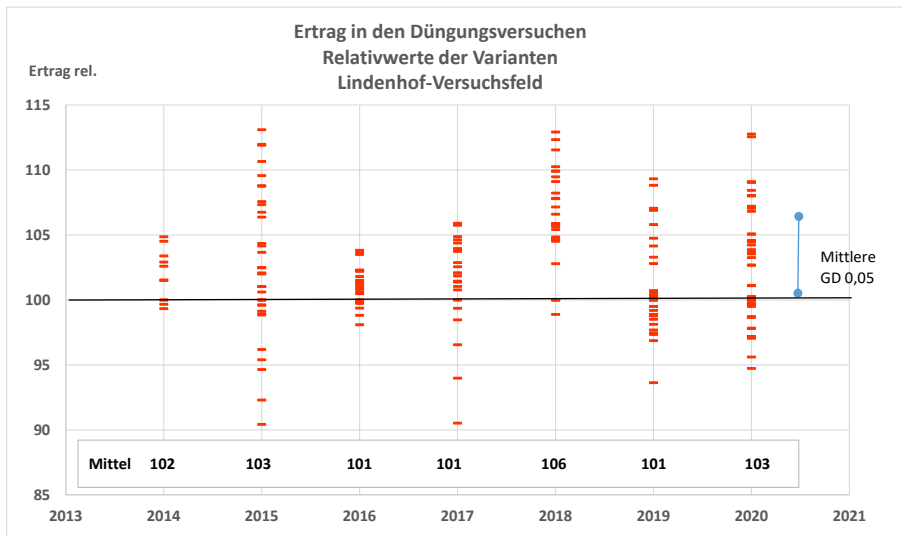
2019 war das heißeste Jahr bis Ende Juli mit dem bundesweiten Hitzerekord. Lindenhof: 33 °C am 25.Juli. Die Krume trocknete aus, aber der Unterboden lag im Gegensatz zum Vorjahr noch bei 50 % nFk. Die Bestände hielten sich gut und profitierten von einer immensen N-Nachlieferung nach Regen auf den trocken-heißen Boden ab Ende Juli mit **654 dt/ha** Frischmasseaufwuchs.

- Wie im trockenen Vorjahr war eine UFD mit NP die wichtigste Maßnahme. Die Kombination aus Stickstoff und Schwefel uF brachte keine Ertragseffekte.
- Positive Effekte durch Tonminerale (bis + 5 %).
- Keine Mehrerträge durch Blattdüngung.

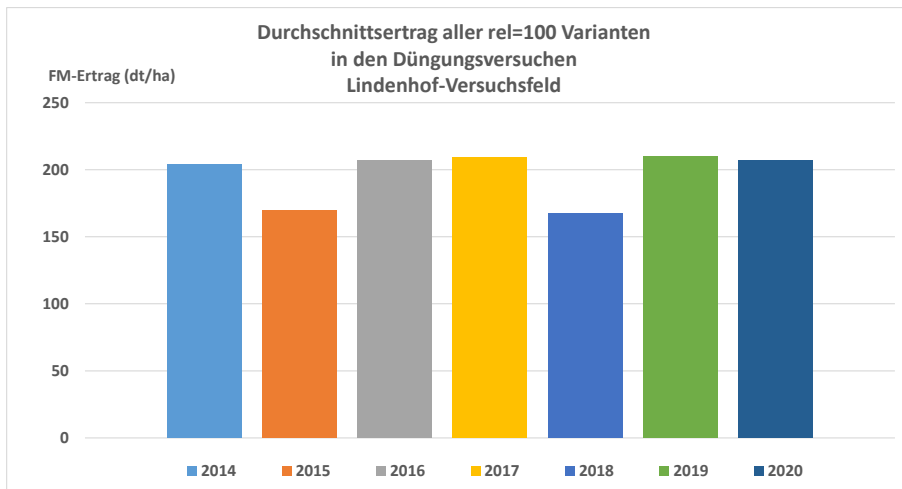
2020 war es bis Mitte Juli kühler und trockener. Ab der Blüte wurde es deutlich wärmer und bei ausreichenden Niederschlägen erreichte der Frischmasseaufwuchs mit 647 dt/ha fast das Vorjahresniveau.

- Wie in den beiden Vorjahren war eine UFD mit NP die wichtigste Maßnahme
- Leichte Vorteile durch eine Blattdüngung mit Cu+Mn+Zn.

Übersicht 56 Ertragsvariation in den Düngungsversuchen mit Variation von Grunddüngermengen und Platzierung sowie Blattdüngung. Lindenhof-Versuchsfeld 2012-2020



Übersicht 57 Durchschnittsertrag der Vergleichsvarianten in den Grunddüngungs- und Blattdüngungsversuchen, die in Übersicht 56 als rel. 100 bezeichnet sind. Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2020



Übersicht 58 Temperatur- und Niederschlagssummen als aufsummierte Monatswerte von Mai bis August 2014-2020, DWD-Station Lindenhof-Ostenfeld/Rendsburg



Übersicht 59 Ertrag und zur Verfügung stehende Niederschläge und Wärmesummen der Grund- und Blattdüngungsversuche von Mai bis August 2014-2020, Lindenhof-Versuchsfeld.

Mai bis August	Frischmasseertrag (dt/ha)	Regen (mm/100 dt FM/ha)	Temperatursumme (°C/100 dt FM/ha)
2014	648	43	305
2015	541	69	341
2016	647	47	307
2017	663	59	289
2018	553	29	387
2019	651	48	333
2020	656	46	292
Mittel	623	49	322

16.4 Zusammenfassung

- **Silomais hat das Potenzial, mehr Stickstoff aus dem Boden aufzunehmen, als mineralisch bzw. ergänzt durch eine Gärrestdüngung aus vergorener Rindergülle ausgebracht wird.** Durch seine lange Vegetationsdauer kann er die N-Nachlieferung aus dem Boden bei entsprechend guter Wurzelbildung gut nutzen.
- Der Ammonium-Anteil in den Gärresten aus Rindergülle (60-70 %) konnte bei der Ausbringung bis zwei Wochen vor der Saat und sofortiger Einarbeitung weitgehend von den Beständen genutzt werden.
- Der im Ausbringjahr nicht aufgenommene, organisch gebundene Stickstoff in den Gärresten aus Rindergülle trägt zur Humusbildung bei.
- **Die Aufwuchsleistung ist nicht von der Höhe der N-Düngung abhängig, bzw. durch sie steuerbar.** Sie hängt vor allem von der Jahreswitterung ab.
- **Platzierung** (vS, UFD) der Grundnährstoffe Phosphat, Kalium, Magnesium und Schwefel ist in **wüchsigen Maisjahren nicht von Bedeutung.** Auch die eingesetzten Mengen zeigen dann keinen Ertragseinfluss. Die Maiswurzel verfügt offenbar über ein enormes Nährstoffaneignungsvermögen und eine gute Nährstoffeffizienz.
- Vor allem in „**Stressjahren**“, in den sich die Wurzeln die Nährstoffe nicht „erwachsen“ können (Kälte, Nässe, Trockenheit), ist die **wurzelnahe Ausbringung als UFD vor allem von Stickstoff und Phosphat wichtig.**
- Eine **Blattdüngung** mit Bor, Zink und Kupfer, bringt keine regelmäßig absicherbaren Mehrerträge.

16.5 Warum führen offensichtliche Unterschiede in der Entwicklung bei Variation der Hauptnährelemente nicht zu signifikanten Mehrerträgen?

Das mittlere Ertragsniveau der in Übersicht 57 dargestellten Ergebnisse liegt bei 613 dt FM/ha und einer durchschnittlichen N-Abfuhr durch Mais-GPS von 190 kg/ha. Für Mais, der seit sieben Jahren im pfluglosen Daueranbau bewirtschaftet wird und davor seit 2007 zur Hälfte in einem Mais-Weizen Wechsel stand, ist dieses Ertragsniveau exorbitant hoch. Rechnet man ein N:P:K-Verhältnis von 1:0,5:1,3, dann haben die Bestände mindestens 95 kg P₂O₅ und 250 kg K₂O je Hektar aufgenommen, Wurzeln und Stoppel nicht mitgerechnet. Bei dieser hohen Nährstoffaufnahme in relativ kurzer Zeit könnte die Vermutung aufkommen, dass sich eine gute Nährstoffversorgung bzw. –verfügbarkeit im Wurzelraum im Ertrag widerspiegelt.

Zwei Varianten mit verschiedener UF-Düngung aus 2020 zeigen exemplarisch, wie sich der Mais bei variiertem UFD auf dem Lindenhof-Versuchsfeld entwickelt (Übersicht 60). Der Standort ist mit 30 mg P₂O₅ pro 100 g trockenem Boden und 10 mg K₂O versorgt.

In der linken Variante wurden Kalium, Magnesium und Schwefel unter Fuß gelegt, in der rechten Variante Stickstoff und Phosphor. Die Gesamtnährstoffmengen waren in allen Parzellen gleich. Wie erwartet war die rechte Variante in der Jugendentwicklung deutlich vitaler. Die linke Variante hatte aber bis zur Ernte deutlich aufgeholt. Die Wasserversorgung in der Krume war in diesem Jahr von der Aussaat bis Ende August knapp. Die nFk in der Krume lag meist unter 40 %, erst in der zweiten Schicht erreichte die nFk mindestens 50 %.

Eine Nährstoffunterkonzentration von Stickstoff und Phosphat löst Wurzelwachstum und die Bildung von Wurzelhaaren aus, um der Pflanze neue Nährstoffvorräte zu erschließen. Die Reserven dazu bezieht sie aus der oberirdischen Biomasse, wodurch diese zunächst nicht so üppig wächst wie eine Pflanze mit einer wurzelnahen NP-Düngung. Von dem besseren Wurzelwachstum (zulasten der oberirdischen Entwicklung) profitierte diese Variante, wenn kurz vor der Blüte und in den folgenden Wochen eine N-Mineralisation einsetzte.

Anfängliche Wachstumshemmnisse können sich ausgleichen, wenn die Pflanzen mit Wurzelbildung reagieren können und Niederschläge Nährstoffe wieder freisetzen. Auf dem Lindenhof-Versuchsfeld ist die Bodenstruktur durch die Bewirtschaftung mit leichter Technik so gut, dass die Wurzeln bei ihrer Suche nach Nährstoffen wenig eingeschränkt sind und unter trockenen Bedingungen auch dem abziehenden Wasser hinterher wachsen können.

Die gesamten Ergebnisse aus den Düngungsversuchen belegen, dass die Maiswurzel sich Nährstoffe gut aneignet und verwertet, sofern sie ungestört wachsen kann.

Übersicht 60

Vergleich zweier Varianten mit unterschiedlicher UFD in 2020, Lindenhof-Versuchsfeld



Ertrag dt FM/ha	659	675
kg N/ha aus Gärrest* und KAS	200	200
UFD	Kalium, Magnesium, Schwefel	Stickstoff, Phosphat
Rohprotein % TM (NIRS)	5,8	5,8
N-Entzug in der Erntemasse (kg/ha)	196	200

17 Mais: Wann ist die beste Saatzeit – lohnt sich eine frühere Aussaat?

In einem zweijährigen Saatzeitversuch wurden **vier Aussaattermine** getestet: Zwei Termine lagen vor dem üblichen Saattermin, der Dritte bildete den üblichen Saattermin ab und der vierte Termin lag 14 Tage nach dem optimalen Termin Mitte Mai.

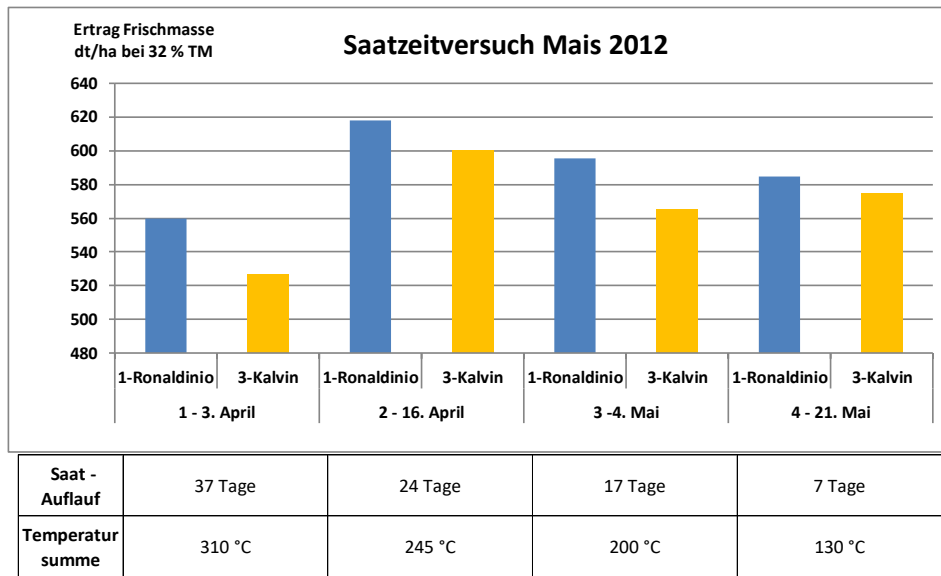
Auch wenn die Versuche 10 Jahre zurückliegen, haben die **Ergebnisse immer noch Gültigkeit**.

Zusammenfassung

- **Zu frühe Saat in zu kalten Boden ist signifikant ertragsmindernd.**
Die Triebkraft ist geschwächt und der **Befall mit bodenbürtigen Pathogenen** wird erheblich gefördert. Aufgrund des **Wegfalls der Zulassung für TMDT (Thiram)** für die Saatgutbehandlung ist das Schutzniveau, welches man langjährig über behandeltes Saatgut gewohnt war, nicht mehr hinreichend gegeben. **Da der Befall aus dem Boden resultiert, ist unter diese Bedingungen die Verwendung von Elektronen-behandeltem Saatgut nicht angezeigt.**
- Boden muss sich im **Wurzelraum erwärmt** haben
- **Ø Lufttemperatur nachhaltig über 8 °C**
- **Bodentemperatur in 20 cm Tiefe über 5 °C**
- **Höchstens 14 Tage Auflaufdauer sind optimal**
- Zu späte Saat verkürzt die Vegetationsdauer
- **Spätere Saat** ist aber sinnvoll, wenn die Bedingungen (Feuchtigkeit, Temperatur) besser werden (2013). Zügiges Folgewachstum stärkt auch die Konkurrenzkraft gegenüber Verunkrautung.

Übersicht 61

Saatzeitversuch Mais 2012: Frischmasseertrag. Lindenhof-Versuchsfeld 2012



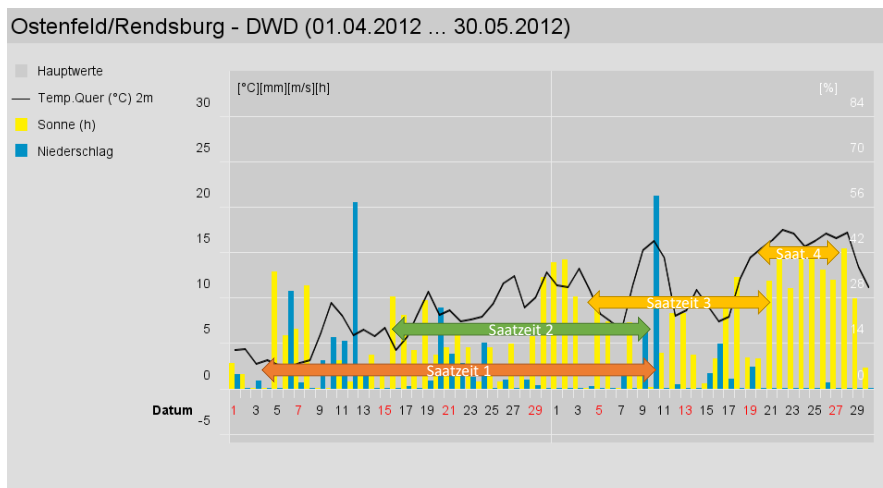
Übersicht 62

Saatzeitversuch Mais 2012: Ertragsparameter. Lindenhof-Versuchsfeld.

Versuch	Teilstück	Kultur	Sorte	SAATZEITPUNKT	Frischmasseertrag (dt/ha)	Trockenmasseertrag (dt/ha)	rel.	sign.	Trockenmasse (%)	rel.	sign.	Pflanzl/m ²	rel.
12 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Mais	1-Ronaldinio 10 kf K ₀ /m ²	1 - 5. April	596	179	100	b	30,1	100	a	8,3	100
12 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Mais	1-Ronaldinio 10 kf K ₀ /m ²	2 - 20. April	700	198	110	a	28,3	94	b	10,3	124
12 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Mais	1-Ronaldinio 10 kf K ₀ /m ²	3 - 5. Mai	712	191	106	ab	26,8	89	b	10,4	125
12 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Mais	1-Ronaldinio 10 kf K ₀ /m ²	4 - 20. Mai	760	187	104	ab	24,6	82	c	9,3	112
GD 0,05					14			1,7					
12 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Mais	3-Kalvin 10 kf K ₀ /m ²	1 - 5. April	538	168	100	b	31,4	100	a	9,4	100
12 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Mais	3-Kalvin 10 kf K ₀ /m ²	2 - 20. April	641	192	114	a	30,0	95	a	10,1	107
12 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Mais	3-Kalvin 10 kf K ₀ /m ²	3 - 5. Mai	667	181	107	ab	27,1	86	b	9,7	103
12 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Mais	3-Kalvin 10 kf K ₀ /m ²	4 - 20. Mai	788	184	109	a	23,3	74	c	9,9	105
GD 0,05					14,4			2,3					

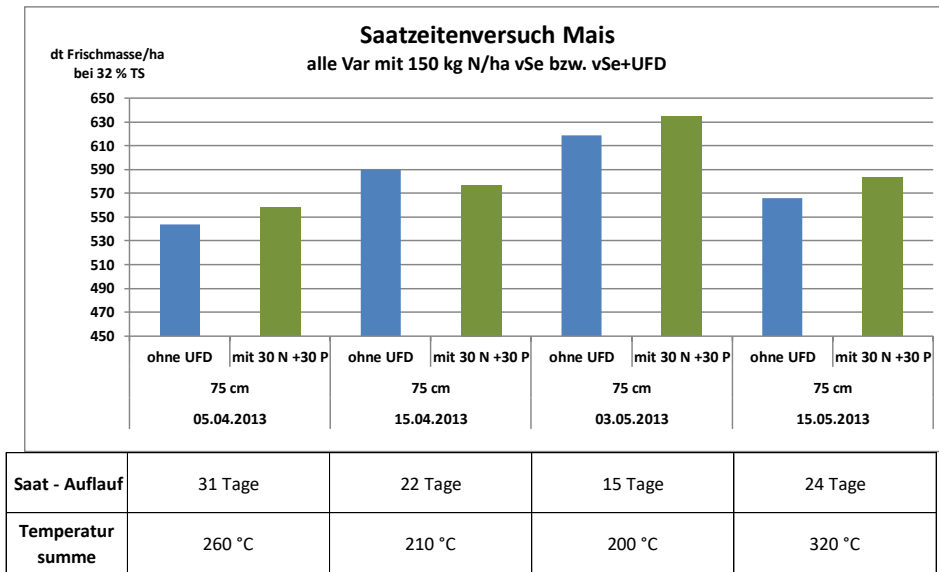
Übersicht 63

Saatzeitversuch Mais 2012: Witterung von Saat bis Feldaufgang. Lindenhof-Versuchsfeld



Übersicht 64

Saatzeitversuch Mais 2013: Frischmasseertrag. Lindenhof-Versuchsfeld.



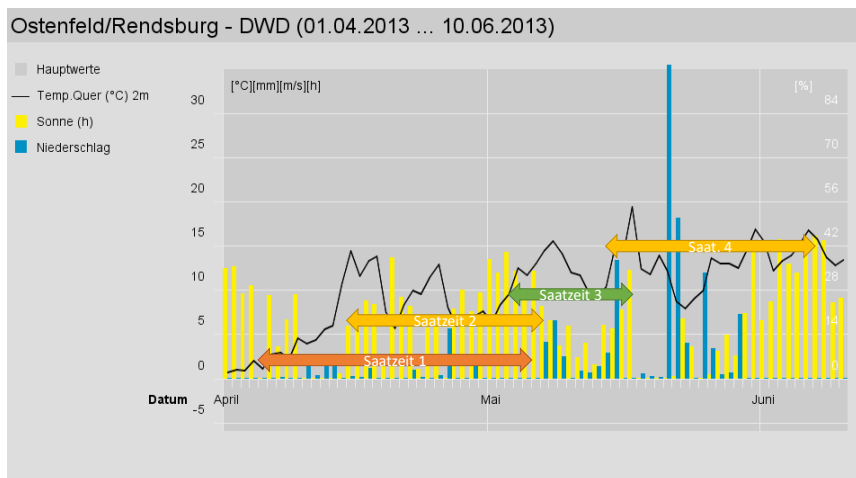
Übersicht 65

Saatzeitversuch Mais 2013: Ertragsparameter. Lindenhof-Versuchsfeld

Veruch	Feldstück	Sonne	SAATZEIT/UNKT	Umsatz/Erntezeitpunkt	Frischmasseertrag (kg/ha) bei 32% TS	Trockenmasseertrag (kg/ha)	nat.	9/9-	Trockenmasse (%)	nat.	9/9-	Pflanzendichte (m ²)	nat.	Feldaufgabe (%)
13 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Ronaldinio 10 kf Kö/m ²	05. Apr	ohne	544,0	174,1	100	b	34,0	100	ab	10,0	100	98,2
13 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Ronaldinio 10 kf Kö/m ²	15. Apr	ohne	589,7	188,7	108	ab	35,8	105	a	10,3	103	100,8
13 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Ronaldinio 10 kf Kö/m ²	03. Mai	ohne	618,5	197,9	114	a	32,2	95	b	10,8	108	106,4
13 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Ronaldinio 10 kf Kö/m ²	15. Mai	ohne	565,7	181,0	104	b	26,1	77	c	10,2	102	99,8
GD 0,05					47	15,5			1,9					
13 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Ronaldinio 10 kf Kö/m ²	05. Apr	mit 30 N +30 P	558,1	178,6	100	b	35,7	100	a	9,5	100	92,9
13 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Ronaldinio 10 kf Kö/m ²	15. Apr	mit 30 N +30 P	577,0	184,7	103	ab	35,1	98	a	10,7	113	104,7
13 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Ronaldinio 10 kf Kö/m ²	03. Mai	mit 30 N +30 P	634,7	203,1	114	a	31,6	88	b	10,9	115	107,2
13 SOR 100	Saatzeiten Mais	1-Ronaldinio 10 kf Kö/m ²	15. Mai	mit 30 N +30 P	583,4	186,7	105	ab	27,4	77	c	9,2	97	90,0
GD 0,05					63	20,2			2,3					

Übersicht 66

Saatzeitversuch Mais 2013: Witterung von Aussaat bis Feldaufgang. Lindenhof-Versuchsfeld



17.1 Einfluss der Saattiefe auf den Ertrag

Bei Sturmböen im Sommer 2017 kam es vor allem im Landesteil Schwansen zu Lager im Mais. Aber auch auf dem Mittelrücken (Geest) trat Lager bei weit weniger Winddruck auf. Bei genauerer Betrachtung war eine schlechte und viel zu flache Wurzelbildung zu sehen (Abbildung 31 links). Grund war eine zu flache Ablage des Saatkornes bei nur 2-3 cm. So konnte der untere Sprossteil nur 2-3 Kronenwurzeln bilden (Abbildung 31 rechts).



Abbildung 31 Lager im Mais (links) und Wurzelbildung (rechts) bei zu flacher Ablage des Saatgutes

In den Versuchsjahren 2019 und 2020 sollte folgende Hypothese geprüft werden: **Wird die Nährstoffaufnahme durch die veränderte Wurzelbildung bei zu flacher oder zu tiefer Ablage auch ohne das Eintreten von Lager beeinflusst?**

Die Ergebnisse sind in und Übersicht 68 zusammengestellt. Die Unterschiede zwischen den Saattiefen sind nur in 2019 zwischen der 3 cm tiefen und der 6 cm tiefen Ablage in der UFD-Variante 2 mit 30 kg N/ha und 30 kg P₂O₅/ha statistisch zugunsten der 6 cm tiefen Ablage absicherbar. ☒

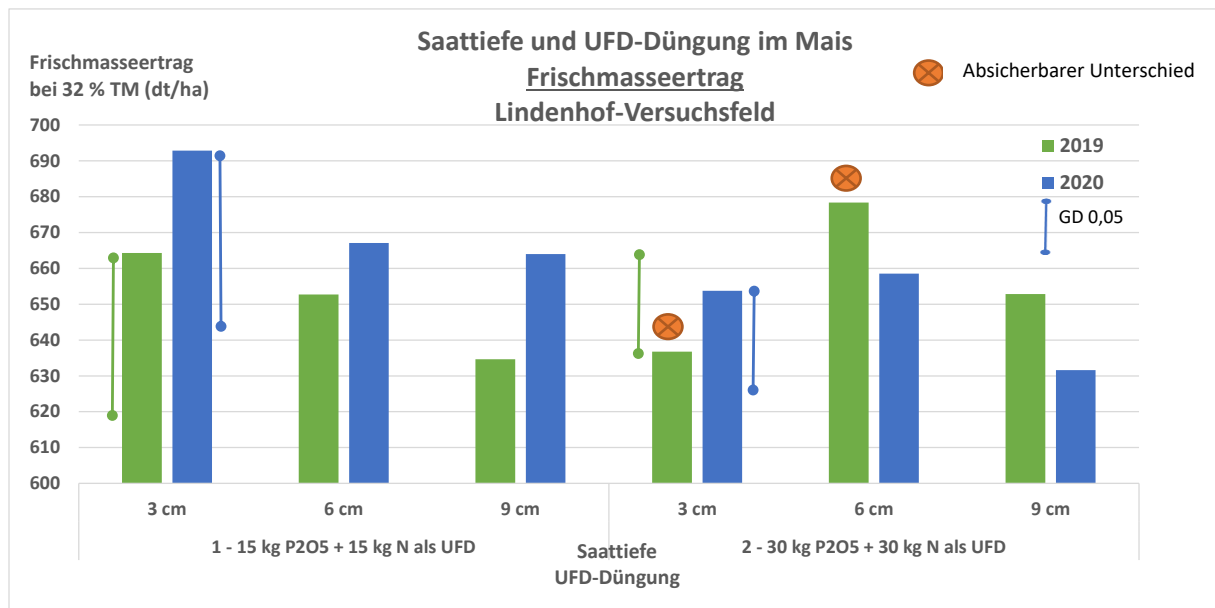
Eine zu tiefe Ablage auf 9 cm (die mit der EZK-Maschine nur knapp erreicht werden konnte) ist generell ungünstig.

Die Erwartung, dass vor allem die viel zu flache Ablage bei dem hohen Ertragsniveau begrenzend für die Nährstoffaufnahme ist, wurde nicht generell erfüllt. Sie trat nur bei der üblichen UFD mit 30 kg N/ha und 30 kg P₂O₅/ha auf.

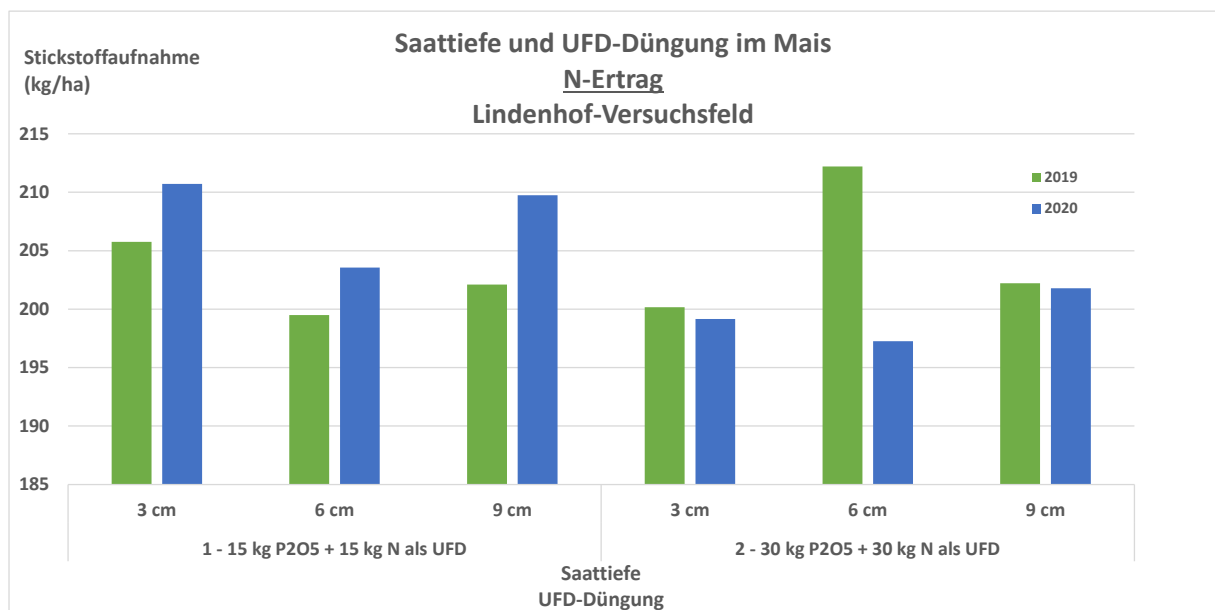
Mit einer zu flachen Ablagetiefe in Verbindung mit einer verringerten UFD weiter zu experimentieren, um weitere Wege zur Nährstoffeinsparung und Verbesserung des Wurzelwachstums zu finden, schien uns nicht angebracht, denn das Lagerrisiko durch Wind wird dann zu hoch.

Fazit: In Kombination mit der standortüblichen UFD von 30 kg N/ha und 30 kg P₂O₅/ha ist eine Ablage von rund 6 cm die ertragsstabilste Variante.

Übersicht 67 Saattiefe im Mais 2019 und 2020: Frischmasseertrag in zwei UFD-Varianten



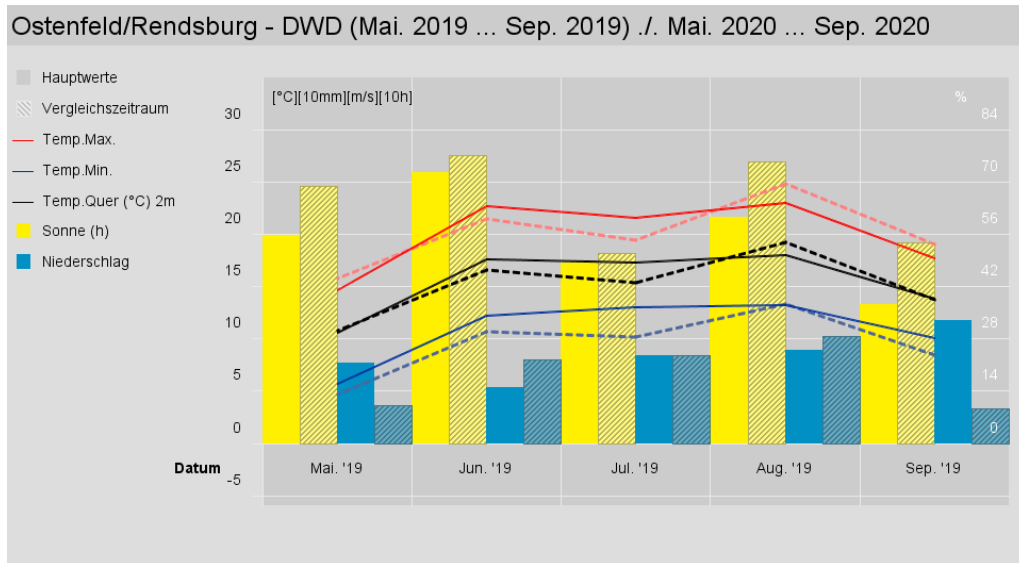
Übersicht 68 Saattiefe im Mais 2019 und 2020: N-Aufnahme in zwei UFD-Varianten



Übersicht 69 Saattiefe im Mais 2019 und 2020: Begleitmaßnahmen

Jahr	2019	2020
Sorte	SY Talisman	SY Talisman
Aussaat	26.04.2019	22.04.2020
Feldaufgang	15.05.2019	10.05.2020
Ernte	04.10.2019	05.10.2020
N gesamt mineralisch	170	170
P2O5 gesamt (kg/ha)	65 reduziert 80 voll	45 reduziert 60 voll
K2O (kg/ha)	120	120
MgO (kg/ha)	40	35
Temperatursumme Saat-Ernte (°C)	2446	2404
Niederschlagssumme Saat-Ernte (mm)	436	348

Übersicht 70 Saattiefe im Mais 2019 und 2020: Witterung



17.2 Zusammenfassung

- Auch heute noch gilt, dass der Mais **zügig keimen, auflaufen und loswachsen** sollte, um ertragsfähig und konkurrenzstark zu werden.
- **Die besten Aussaatbedingungen beginnen ab 8 °C Tagesdurchschnittstemperatur bzw. 5 °C Bodentemperatur in 20 cm Tiefe.**
- Zu frühe Saat in den zu kalten Boden ist signifikant ertragsmindernd.
- Eine **Ablagetiefe von 6 cm** in Kombination mit einer UFD (30 kg N/ha, 30 kg P₂O₅/ha) war in zwei Versuchsjahren am ertragsstabilsten.

18 Mais - Unkrautkontrolle

18.1 Terminierung von Herbizidmaßnahmen (2010-2021)

Zusammenfassung

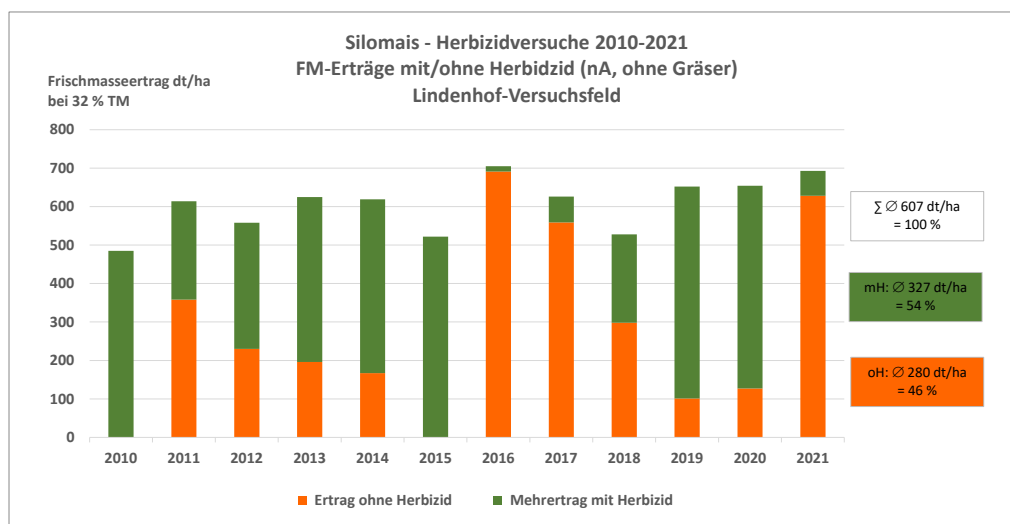
- Bewährt hat sich eine Splitting-Maßnahme im 2-4-Blatt-Stadium und im 6-8-Blatt-Stadium.
- Zwischen einer und zwei Applikationen beträgt der Unterschied beim Ertrag im 12-Jahres-Mittel 31 dt FM/ha.
- Unter wüchsigen Bedingungen (650 °C, mit 80-100 mm Regen bis zum 50. Tag nach Saat) kann eine zweite Maßnahme entfallen.

Der Mais steht seit 2007 in einer pfluglosen Monokultur. Die Flächen sind **frei von Hirse und Ackerfuchsschwanz**. Verzögert sich die Entwicklung des Mais (Trockenheit, Kälte), dann läuft **einjährige Rispe** später auf, die mit blattaktivem Sulfonylharnstoff reguliert werden muss.

Übersicht 71 zeigt die Silomaiserträge ohne und mit Herbizideinsatz.

- Im Mittel der Jahre kostet der **Verzicht auf eine Unkrautbekämpfung 54 % Ertrag**.
- In **zwei von zwölf Jahren (2010 und 2015)** wurde der Mais durch die Verunkrautung **völlig unterdrückt**.
- **2016, 2017 und 2021** war der Mais wüchtig genug, um die Verunkrautung schnell zu **überwachsen**. Wüchsige Bedingungen sind eine Temperatursumme von 650 °C bei 80-100 mm Regen von der Aussaat bis zum 50. Tag nach Saat bei 13 °C Tagesmitteltemperatur gegeben.

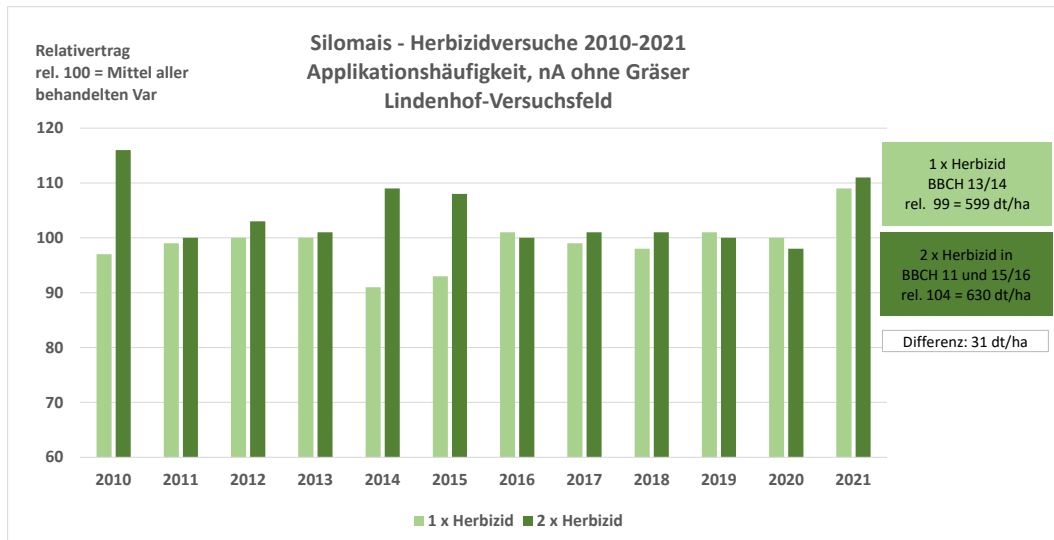
Übersicht 71 *Frischmasseerträge mit und ohne Herbizid. Alle Maßnahmen im Nachauflauf und ohne die Varianten mit Gräserwirkung. Lindenhof-Versuchsfeld 2010-2021*



In Übersicht 72 sind die Silomaiserträge nach einer einmaligen und einer Splittinganwendungen gegenübergestellt.

In Jahren mit kalten Wachstumsbedingungen nach der Saat (2010, 2014, 2015) ist ein Splitting angebracht, weil die Konkurrenz durch den Mais nicht früh genug zum Tragen kommt. Im Mittel der Jahre hat das Splitting 31 dt FM/ha Ertragsvorteil.

Übersicht 72 Durchschnittliche Relativerträge aller Maßnahmen mit einer Herbizidmaßnahme (BBCH 13/14) im Vergleich zum Splitting (BBCH 11 und BBCH 15/16). Rel. 100 ist der Mittelwert aller Einfach- und Splittinganwendungen. Lindenhof-Versuchsfeld 2010-2021



18.2 Mechanische Unkrautkontrolle (2020, 2021)

Vor der Anschaffung der Hacke und eines Striegels wurde **2020** eine Maisparzelle von Hand unkrautfrei gehalten. **Der Ertrag lag bei 708 dt FM/ha**. Die **beste Herbizidvariante brachte 690 dt/ha** und in der unbearbeiteten Kontrolle lag der Ertrag nur bei 127 dt FM/ha.

Herbizide kontrollieren zwar die Konkurrenz durch Verunkrautung, werden aber auch von den Maispflanzen bei Nach-Auflauf Anwendungen (nA) über das Blatt aufgenommen und müssen von der Pflanze metabolisch abgebaut werden. Je nach Vitalität und Witterung ist der metabolische Abbau auch ein **Stressfaktor für die Pflanze, der Ertrag kostet**. Ein weiterer Grund für den höheren Ertrag beim Hacken von Hand könnte eine **höhere N-Mineralisierung** sein.

2021 erfolgte ein erster **Tastversuch** mit der **Parzellenhacke** und einem **Striegel**. Trotz der sehr zögerlichen Anfangsentwicklung des Mais durch die trockene Kälte im Mai war aus dem gleichen Grund der Unkrautdruck auch nicht so hoch wie in einem normalen Jahr. Daher erreichte die einmal gehackte Variante 3 rund 90 % des Ertragsniveaus der besten Herbizidvariante 2 (Übersicht 73).

Übersicht 73 Ergebnisse des Versuchs zur mechanischen Unkrautbekämpfung in Mais. Lindenhof-Versuchsfeld 2021

Variante	18.05.2021 BBCH 09	8.6.2021 BBCH 13/14	18.06.2021 BBCH 16/18	Frischmasse bei 52 % TM (dt/ha)	Trockenmasseertrag (dt/ha)	Trockenmasseertrag relativ	sign. T-Test	Trockenmasse (P%)	Trockenmasse relativ sign. 1)	Rohtprotein (%)	N-Aufnahme (%)	N-Aufnahme (kg/ha)	N-Aufnahme relativ	D-Düngung (kg/ha)	N-Überhang (kg/ha)	Stärkeertrag (t/ha)	NE-L (G/Jha) aus ELOS-ND-FortgeAL
1	Kontrolle	Kontrolle	Kontrolle	611.9	195.8	100	c	40.8	100	a	5.0	155	100	180	25	57.5	122.7
2	T1	Beste Herbizidvariante	T2	752.5	240.8	123	a	40.0	98	a	5.4	209	135	180	-29	81.4	149.4
3		8.6.2021 BBCH 13/14 Hacke, trocken, sonnig, warm		673.8	220.0	112	b	39.4	97	a	5.9	206	133	180	-26	80.4	142.0
4	17.5.2021 BBCH 09 Striegel, tief Mittags, 12.30 kühl, feucht, danach 7 mm	8.6.2021 BBCH 13/14 Striegel trocken, sonnig, warm		740.8	237.1	121	a	39.2	96	a	5.7	215	139	180	-35	77.4	143.9
5	17.5.2021 BBCH 09 Striegel, flach Mittags, 12.30 kühl, feucht, danach 7 mm	8.6.2021 BBCH 13/14 Striegel trocken, sonnig, warm		683.8	218.8	112	b	38.8	95	a	5.3	187	120	180	-7	67.9	136.3

Der erste Striegeltermin in Variante 5 und 5 am 18. Mai zu Beginn des Auflaufens verursachte keine Pflanzenschäden. Der zweite Striegeltermin am 8. Juni im 3- bis 4-Blatt Stadium schädigte ganze Reihen (Abbildung 32).

Die ersten Ergebnisse sehen zwar hoffnungsvoll aus, sind aber aufgrund des geringen Samenpotentials nach langjähriger konventioneller Bewirtschaftung nicht realistisch. In der Praxis ist in der Regel mit einem signifikant höheren Besatz an Ungras und Unkraut zu rechnen.



Abbildung 32 *Mechanische Unkrautkontrolle im Mais, Lindenhof-Versuchsfeld am 1.10.2021.
Pflanzenverluste durch den zweiten Hacktermin am 8.6.2021 in BBCH 13/14*

19 Getreide-GPS: Aufwuchsleistung und N-Bilanz von Wintergetreide-GPS (2014-2020)

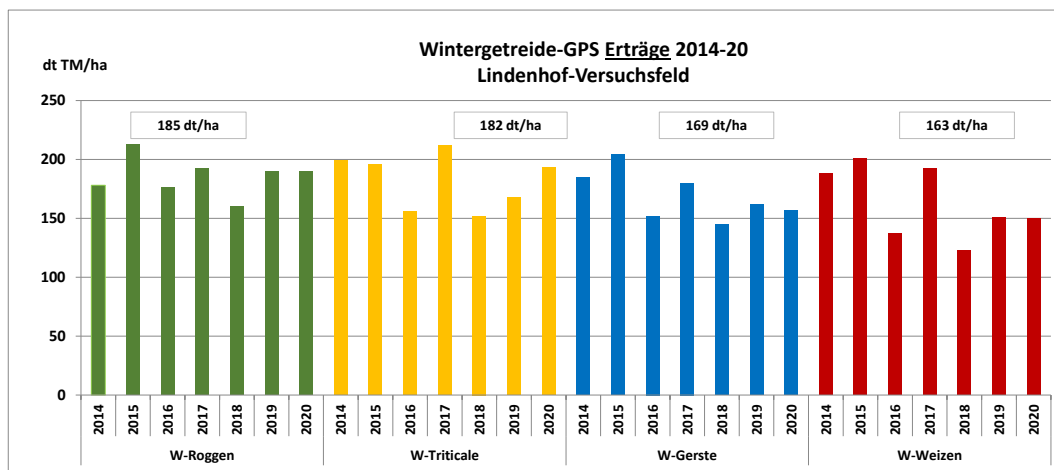
19.1 Wintergetreide-GPS im langjährigen Vergleich

Von **2014 bis 2020** liefen jährlich GPS-Versuche im Wintergetreide. In jeder Kultur standen mehrere Sorten im Vergleich. Die **Roggensorten** waren überwiegend Hybriden. Bei **Weizen** und **Gerste** wurden überwiegend Linien geprüft und nur vereinzelt eine Hybride. **Triticale** repräsentiert den aktuellen Stand der Züchtung.

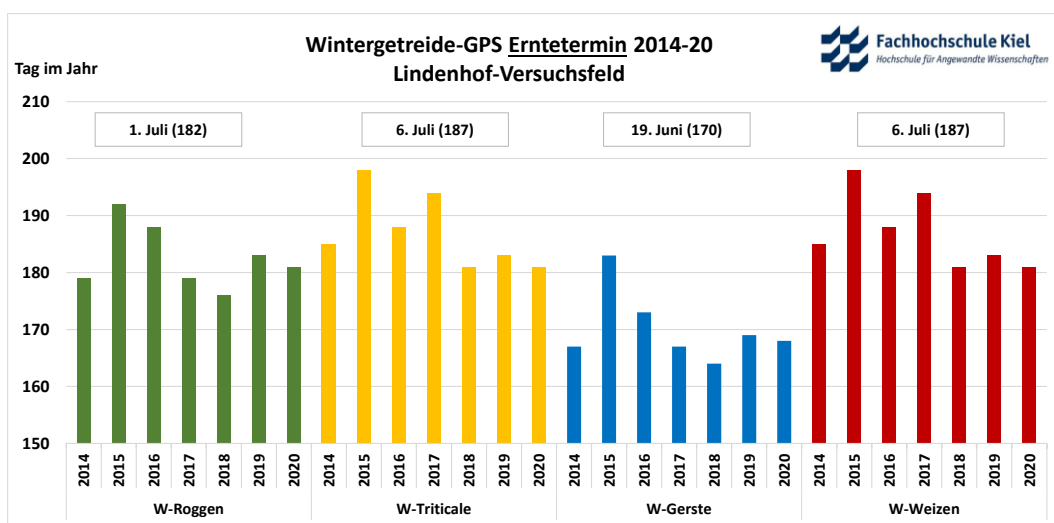
Die Aussaat erfolgte **Ende September**. Die **Düngung** erfolgte **rein mineralisch**. Stickstoff wurde jahresbedingt angepasst und lag im Mittel im Roggen bei 160, in Triticale und Weizen bei 180 und in der Gerste bei 175 kg N/ha.

Hier die Kernergebnisse mit Bezug zu Übersicht 74, Übersicht 75 und Übersicht 76 auf der folgenden Seite:

Übersicht 74 GPS-Erträge Wintergetreide 2014-2020, Lindenhof-Versuchsfeld



Übersicht 75 Erntetermine der Wintergetreide-GPS 2014-2020, Lindenhof-Versuchsfeld



19.2 Zusammenfassung

- **Winterroggen** hat nicht nur die **größte Aufwuchsleistung** (185 dt TM/ha), sondern auch die **höchste, wetterunabhängige Ertragsstabilität** (z. B. im Trockenjahr 2018).
- **Wintertriticale** liegt mit 182 dt TM/ha knapp hinter dem Roggen, wird aber mindestens zwei Wochen später geerntet.
- **Wintergerste** erreicht 169 dt TM/ha, wird aber auch **12 Tage vor dem Roggen und 17 Tage vor Weizen und Triticale geerntet**.
- **Winterweizen** ist das Schlusslicht mit 163 dt TM/ha, hat die größten Ertragsschwankungen und ist zusammen mit Triticale die zuletzt am 6. Juli beerntete Kultur.
- Die **N-Bilanz** ist überwiegend **negativ**. **Roggen entzieht im Mittel der Jahre 90 kg N/ha mehr als mineralisch gedüngt wird**. Triticale hat im Mittel der sieben Jahre 81 kg N/ha mehr entzogen als gedüngt wurde.
- Bei **Gerste** liegt die N-Bilanz bei **76 kg N/ha** über dem Entzug.
- Selbst **Weizen-GPS** erreicht immer noch einen negativen Überhang von **56 kg N/ha**.
- **Gerste** wurde in allen Jahren als erste Kultur meist **vor dem 19. Juni** gehäckselt.

20 N-Bilanz Wintergetreide-GPS 2014-2020

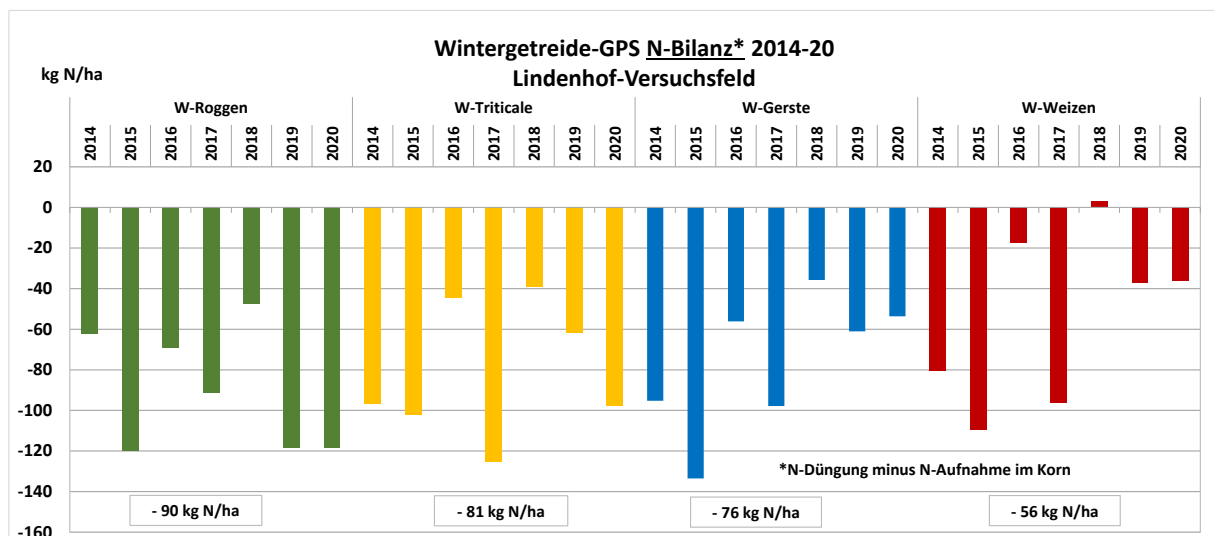
Alle Getreide-GPS Kulturen (und Mais) entzogen in den betrachteten Jahren mehr Stickstoff als über die mineralische N-Düngung zugeführt wurde.

Der Standort wird nicht organisch gedüngt, lediglich die Ernterückstände der anderen Fruchtfolgekulturen verbleiben auf dem Feld. Die Bodenuntersuchung weist für die Krume einen N-Gehalt von etwa 0,13 % aus, was **rund 6.000 kg/ha organisch gebundener Stickstoff** ist. Davon wird im Jahr rund 1 % mineralisiert, unter sehr günstigen Bedingungen bis zu 2 %. Auch wenn Getreide als GPS vor allem die Mineralisierung in den Sommermonaten nicht mehr nutzen kann, stehen den Kulturen **rund 60 kg N/ha aus der Mineralisation der organischen Substanz zur Verfügung**. Etwa **10 kg N/ha können aus der Mineralisierung der Ernterückstände der Getreide-Vorfrucht** angesetzt werden.

Die N-Entzüge korrelieren mit der Ausbildung des Wurzelsystems. Roggen hat das längste und verzweigteste Wurzelsystem und erschließt die in der Krume und dem Unterboden enthaltenen Nährstoffe sehr viel besser als Weizen.

Dass die N-Bilanz in den Versuchen weitaus günstiger ausfällt als auf vielen Praxisflächen liegt zum einen an der **Gleichmäßigkeit der Erntefläche** die frei von Fahrgassen, Vorgewenden und anderen schlecht wachsenden Arealen (z. B. Staunässe, raue Tonköpfe) ist. Zum anderen weisen die **Versuchsflächen wenig Strukturprobleme** auf, da sie durch die Schmotzer-Technik und die Fahrradspritze nur außerhalb der Parzelle befahren werden. Zur Ernte hat die **gute Wurzelbildung die Krume soweit stabilisiert**, dass auch die Befahrung mit dem Parzellenhäcksler keine Schäden hinterlässt.

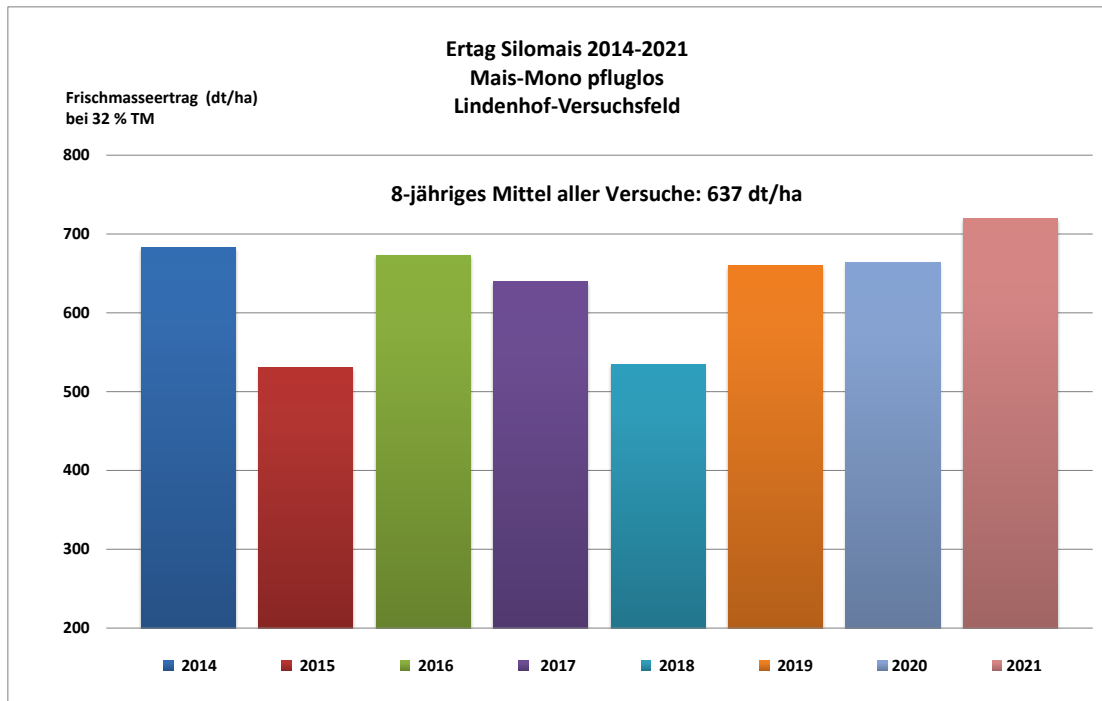
Übersicht 76 *N-Bilanz Wintergetreide-GPS 2014-2020, Lindenhof-Versuchsfeld*



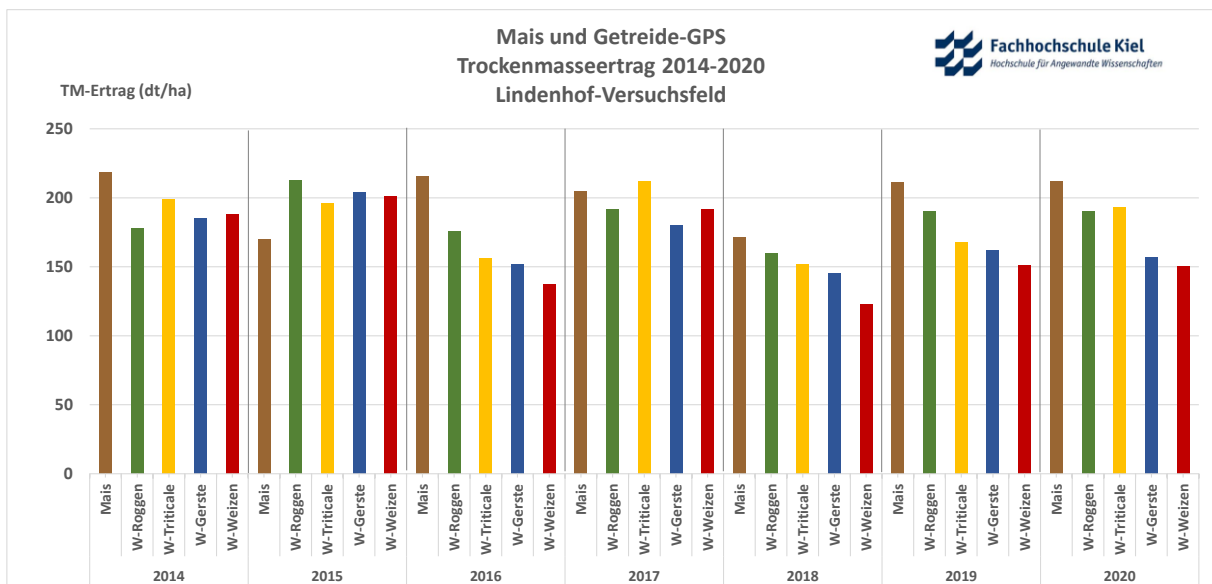
21 Getreide-GPS und Mais im Vergleich der Biomasseleistung

In diesem Kapitel sind der Vollständigkeit halber nur die Mittelwerte seit 2014 der einzelnen Kulturen dargestellt.

Übersicht 77 FM-Erträge im Silomais, Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2021



Übersicht 78 TM-Erträge in Silomais und Getreide-GPS, Lindenhof-Versuchsfeld 2014-2020



22 Welchen Effekt hat die Blütenspritzung im Raps (2015-2021)?

22.1 Problemstellung

Im Winterraps werden seit vielen Jahren Fungizide zu unterschiedlichsten Terminen eingesetzt. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Behandlung in der Vollblüte. Damit ist es möglich, die zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Krankheitserreger in ihrer Entwicklung zu stoppen, durch die protektive Wirkung einen Schutz gegen Abreifekrankheiten zu bewirken und über physiologische Effekte die Schotenfestigkeit zu verbessern.

Die wichtigsten Krankheitserreger sind:

- ***Sclerotinia sclerotiorum*** (Weißstängeligkeit, früher „Rapskrebs“) als vorrangiger Besiedler der Sprossachse (Stängel).



Folgen: Absterben der Sprossachse und Notreife der befallenen Pflanze, Verringerung der TKM und der Inhaltsstoffe.

Wahrscheinlichkeit des Auftretens: nicht regelmäßig stark, in manchen Jahren unbedeutend. Bei Starkbefall erhebliche Ertragsverluste. Auf dem Lindenhof-Versuchsfeld ca. alle fünf Jahre relevant.

- **Alternaria-Arten und *Botrytis cinerea*** (Grauschimmel) als Pathogene auf den Schoten.



Folgen: vorzeitiges Vertrocknen der Schotenwand, Aufplatzen, Kornverluste.

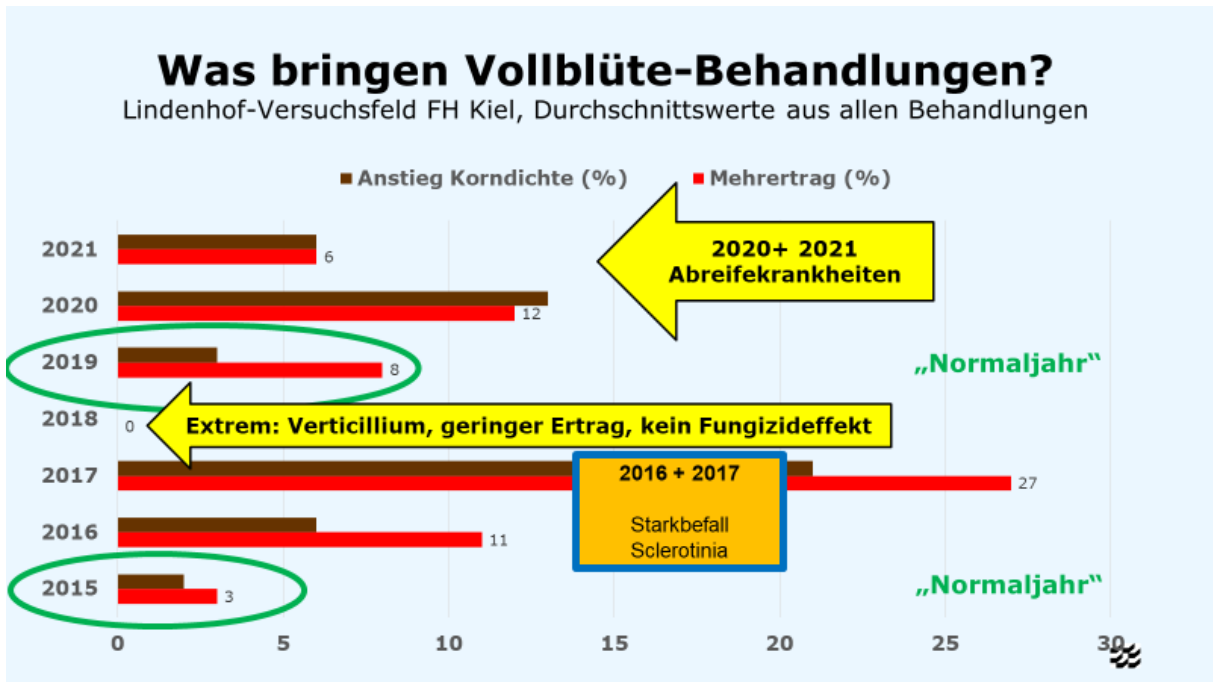
Wahrscheinlichkeit des Auftretens: Bei feuchter Witterung sind Kornverluste in erheblichem Umfang zu erwarten. Zusätzlich erhöht sich dadurch das Potenzial von Durchwuchsrapen mit allen negativen ackerbaulichen Folgen.



22.2 Langjährige Erfahrungen und Resultate

Grundsätzlich bestätigt sich die allgemeine Einschätzung, dass die Behandlung des Winterrapses zur Vollblüte von besonderer Bedeutung ist. Sie reduziert Ertragsverluste, die auf unterschiedlichste Faktoren zurückgeführt werden können. Auf dem Versuchsstandort war Befall mit *Sclerotinia* nie regelmäßig etabliert, in vielen Jahren bleiben die Bestände befallsfrei und nur in wenigen kam es zu Schäden. In allen Jahren konnten Fungizide zu einer Sicherung der Schotenabreife beitragen, weil die Schwächepilze *Alternaria* und *Botrytis* unterdrückt wurden und vor allem in Jahren ohne nennenswerten Krankheitsbefall physiologische Nebenwirkungen die Schotenstabilität verbesserten.

Ein wichtiger Aspekt ist der Applikationstermin von Fungiziden. Die Behandlung sollte nicht zu früh erfolgen. Spätere Termine in der Vollblüte erbrachten in den letzten 20 Jahren immer die besten Resultate. Untenstehende Grafik gibt einen Überblick der letzten Jahre.



Die zusammenfassende Grafik stellt die durchschnittlichen Fungizideffekte aller Varianten im Winterraps der Jahre 2015 – 2021 dar.

- 2015 und 2019** „Normaljahre“ ohne relevanten Befall mit Sclerotinia, aber mit den typischen Abreifekrankheiten. Die gesicherten Mehrerträge liegen meist in der Größenordnung von 3 – 4 dt/ha; 2019 waren die Ertragseffekte deutlich stärker, was aber nicht zur Regel gemacht werden kann.
- 2018** Extrem starker Befall mit *Verticillium longisporum* (Stängelstreifigkeit). Bei geringem Ertragsniveau konnten Fungizideffekte nicht festgestellt werden.
- 2016 und 2017** Starkbefall mit Sclerotinia in 2017 und optimale Terminierung der Fungizidapplikation sorgten für durchschnittlich 27 % Mehrertrag in den Behandlungen. 2016 war der Befall mit diesem Erreger geringer, die Fungizide konnten aber ebenfalls überzeugen.
- 2020 und 2021** In beiden Jahren führte die milde, aber durchgehend feuchte Witterung zu erheblichem Befall mit *Alternaria* und *Botrytis*. In den Kontrollen setzte ein starkes Schotenplatzen ein, was für Ertragsverluste und Samenreicherung im Boden sorgte. Die Fungizide hatten durchgehend gute, befalls-mindernde Effekte.

Ist eine Fungizidwirkung gegen *Verticillium longisporum* = Stängelstreifigkeit möglich?

Dieser Krankheitserreger besiedelt die Pflanze immer vom Boden aus über die Wurzel und verbreitet sich in mehreren Entwicklungsphasen über die Wasserleitungsbahnen (Xylem). Die letzte Entwicklungsphase mit starker Ausbreitung an der Basis des Stängels setzt mit beginnender Alterung der Pflanze ein.



Erfolgt ein Fungizideinsatz zur Vollblüte, so können alle bislang verfügbaren Wirkstoffe definitiv **nicht nach unten** (basipetal) verlagert werden und somit **keine Wirkung** gegen pathogene Pilze hervorrufen.

Dennoch kann man gelegentlich in Exaktversuchen feststellen, dass manche Fungizide scheinbar den Befall mit *Verticillium* verringert haben. Hier handelt es sich aber nur um eine indirekte Wirkung! Da Fungizide meist auch eine physiologische Wirkung in der Pflanze entfalten, den Stoffwechsel aktivieren und die Alterung verzögern, kann das zu einer gehemmten Ausbreitung des Krankheitserregers im Stängel führen. Als Folge bleiben die Stängel länger grün und der Ertrag steigt ein wenig an.

Das Eintreten dieser Effekte hängt aber von einer Vielzahl von Faktoren ab und ist in keiner Weise kalkulierbar. Bei starker Verseuchung nach jahrzehntelangem Anbau von Winterraps lässt sich nach unseren Erfahrungen weder mit Fungiziden noch mit toleranten Rapsorten ein signifikanter Effekt nachweisen.

23 Erfahrungen mit Ackerbohnen auf dem Lindenhof-Versuchsfeld (2009-2021)

23.1 Vergleich Mulchsaat und Pflugsaat (2009-2021)

Ackerbohnen sind auf dem Lindenhof-Versuchsfeld seit 20 Jahren fester Bestandteil einer 5-feldrigen Fruchtfolge aus Wintergerste-Raps-Winterweizen-Ackerbohnen-Weizen. Sie stehen in jedem Jahr sowohl pfluglos als auch gepflügt auf dem Versuchsfeld. Fester Bestandteil ist der Landessortenversuch der Landwirtschaftskammer SH, in dem *Fuego* seit vielen Jahren die Leitsorte an der Ertragsspitze ist. In Abbildung 33 sind die Erträge der beiden Bodenbearbeitungsvarianten gegenübergestellt.

In der Mulchsaat erfolgt im Herbst eine Stoppelbearbeitung mit einem Rotortiller (2 Überfahrten). Im Frühjahr wird mit einem schmalzinkigen Grubber der Boden aufgelockert und mit einer Kreiselegge zur Saat vorbereitet. Die Pflugfurche erfolgt im Herbst und wird im Frühjahr ebenfalls mit der Kreiselegge vorbereitet. Die Aussaat erfolgt mit Scheibenscharen.

In den ersten Versuchsjahren wurde die Produktionstechnik zur Ackerbohne optimiert (Saatstärke, Begleitmaßnahmen). Der Ertrag stabilisierte sich ab 2013 auf über 60 dt/ha und erreichte bis 2017 teilweise 80 dt/ha. Seit 2018 sind die Erträge auf ein deutlich tieferes Niveau unter 60 dt/ha gefallen.

Nach einer Pflugfurche lag der Ertrag in 9 der 12 Jahre über denen der Mulchsaat, im Mittel ergab sich ein Plus von 5,2 dt/ha (Abbildung 33). Der im Herbst gepflügte Boden erwärmt sich im Frühjahr schneller als der gegrubberte. Aufgrund des begrenzten Platzes in der Parzellenanlage auf dem Versuchsfeld kann der Boden nicht tief genug gegrubbert und gelockert werden, um die Bedürfnisse der Pfahlwurzel zu erfüllen. Daher ist die pfluglose Bestellung der Ackerbohne in der Praxis sehr viel besser zu realisieren als im Exakt-Versuchswesen.

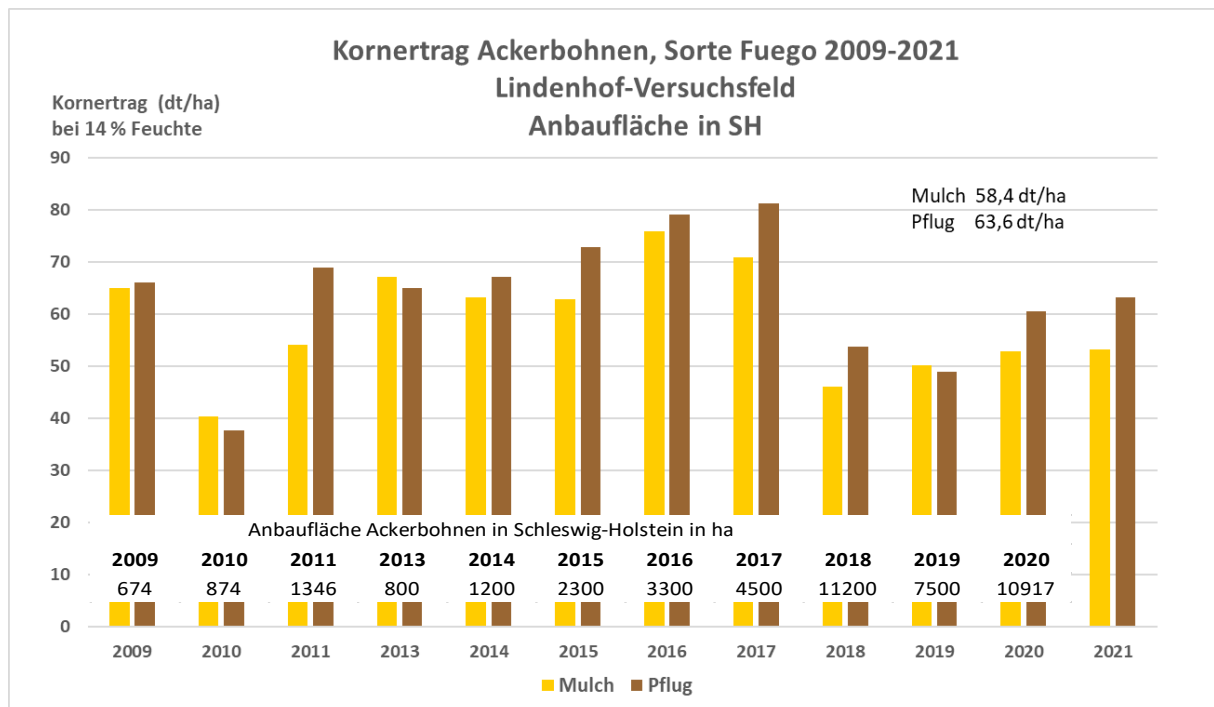


Abbildung 33 Ackerbohnenenertrag der Sorte Fuego in Mulchsaat und Pflugsaat, Lindenhof-Versuchsfeld 2009-2021
Anbaufläche Ackerbohnen in SH, Quelle: MELUND nach Statistikamt Nord

Wo lagen die Ursachen für die abfallenden Erträge seit 2018?

- 2018 waren Trockenheit und ein massiver Schaden durch den Speisebohnenkäfer ertragsbegrenzend (Abbildung 42, Abbildung 33).
- 2019 – unklare Ursache
- 2020 ebenso, aber auf einer jungfräulichen Teilfläche eines Nachbarschlags lag der Ertrag um 10 dt/ha höher bei 72 dt/ha.
- 2021 waren die Wurzeln erstmals bereits im Mai schwarz, vermutlich mit einer Mischinfektion aus verschiedenen Wurzelpathogenen (Abbildung 42, Abbildung 33).

Möglicherweise traten auf der betrachteten Mulch- und Pflugsaatfläche doch Fruchtfolgeprobleme auf, die die Ertragsleistung begrenzten. **Damit zeigt sich, dass die alten Erfahrungen mit Leguminosen ernst zu nehmen sind und ein noch größerer zeitlicher Anbauabstand als 5 Jahre aus phytosanitärer Sicht langfristig den höheren Nutzen liefern wird.**

Die **Anbaufläche in SH** ist kontinuierlich angewachsen, ab 2017 noch schneller als in den Vorjahren. Der Auslöser für diese Entwicklung liegt einerseits im Mangel weiterer, gut geeigneter Mähdruschfrüchte für das maritime Klima, mit dem Ackerbohnen jedoch sehr gut zurechtkommen. Andererseits machen sich jetzt verschiedene Maßnahmen zur Anbauförderung von Leguminosen, verbesserte Absatzwege und steigende Auslandsnachfrage positiv bemerkbar.

23.2 Ertragsstruktur Ackerbohnen (2015-2021)

Die **Ertragsleistung** der Ackerbohne wird vor allem durch die **erreichte Korndichte** bestimmt (Übersicht 79). Sie schwankt mit einer großen Bandbreite zwischen 900 und 1400 Körner/m². Die mittlere Tausendkornmasse (TKM) jeder Sorte variiert zwar um rund 100 g, ist aber dennoch sehr sortenspezifisch. Sie entspricht auch der Einstufung des Bundessortenamtes (BSA). *Fuego* ist bei der TKM vom BSA mit 7 bewertet, *Tiffany* mit 6 und *Taifun* mit 5 (Beschreibende Sortenliste des BSA 2021).

Das Produkt aus Korndichte und TKM ergibt den Ertrag je ha. Die Punkte gleichen Ertrages sind in 5 dt-Schritten als Iso-Ertragslinie dargestellt (Übersicht 79). Die drei Sorten standen jedes Jahr in einer Mulch- und einer Pflugsaat. Aus Tabelle 4 ist ersichtlich, dass die besseren Erträge in der Pflugsaat durch eine höhere Korndichte generiert werden.

Im Vergleich der Sorten zeigt sich, dass alle drei Sorten die **gleiche Bandbreite bei der Korndichte** haben, sich aber im **Niveau der TKM** deutlich unterscheiden. Interessant ist, dass es zwischen Korndichte und TKM kaum eine negative Korrelation im maritimen Klima des Lindenhofes gibt. Bei hoher Korndichte bringen *Fuego* und *Tiffany* unter günstigen Bedingungen sogar höhere Kornmassen aus. Grund dafür ist, dass der Zeitraum der Reduktion junger apikaler Hülsen mit der Kornbildung der basalen Hülsen parallel läuft. **Sind die Umstände günstig, werden weniger Hülsen reduziert und zeitgleich die älteren Samen besser ausgebildet.**

Übersicht 79

Ertragsstruktur Ackerbohne: Das Produkt aus Korndichte und TKM ergibt den Ertrag je Hektar.
Sorten: Fuego, Taifun, Tiffany in Pflug- und Mulchsaat 2015-2021, Lindenhof-Versuchsfeld

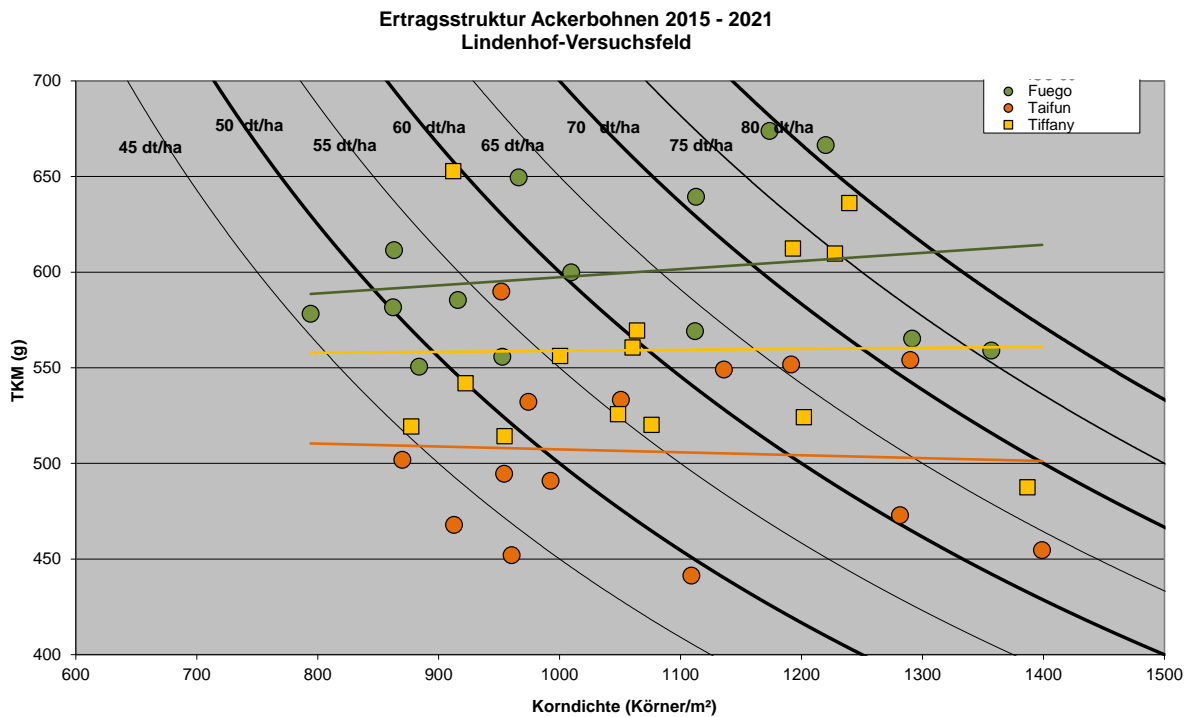


Tabelle 4

Ertragsstruktur Ackerbohne 2015-2021. Datengrundlage für Abbildung 33.
Lindenhof-Versuchsfeld

	Kornertrag (14 % Feuchte)	Korndichte (Körner/m ²)	TKM (14 % Feuchte)
Mulch	56.5	1025	554
Fuego	58.8	987	596
Taifun	52.6	1035	511
Tiffany	58.1	1053	556
Pflug	61.6	1106	555
Fuego	65.6	1087	601
Taifun	56.3	1118	502
Tiffany	62.9	1114	563
Gesamtergebnis	59.0	1066	555

Die **Korndichte** ergibt sich aus der Anzahl der Pflanzen bzw. Triebe und der Kornzahl je Trieb. Die **Triebdichte** hängt von der Saatstärke ab, wird aber zusätzlich durch die Pflanzenverluste während und nach dem Auflaufen bestimmt. Die dadurch entstehenden Lücken im Bestand können von den umgebenden Pflanzen nicht genutzt werden. Ein weiterer Faktor ist die Verteilung innerhalb der Saatreihe, die bei einer Drillsaat nicht sehr gleichmäßig ist (Abbildung 34).



Abbildung 34 Ackerbohne – Schlechte Pflanzenverteilung bei Herbstfurche und Drillsaat mit Scheibenscharen). Lindenhof-Versuchsfeld (17. 5. 2017) © U. Kropf

Die **Anzahl der Samen je Trieb** ergibt sich aus der Anzahl der blüten- bzw. hülsentragenden Nodien, der Anzahl Hülsen je Nodium und der Anzahl Samen je Hülse. Die Ertragskomponenten wurden im Einzelnen nicht ausgewertet. Aber in einem Trockenjahr wie 2018 ist die apikale **Hülsenreduktion** durch die sukzessive Austrocknung der Krume ab Ende Mai (ca. 20.5.2018) deutlich zu sehen (Abbildung 35 links).

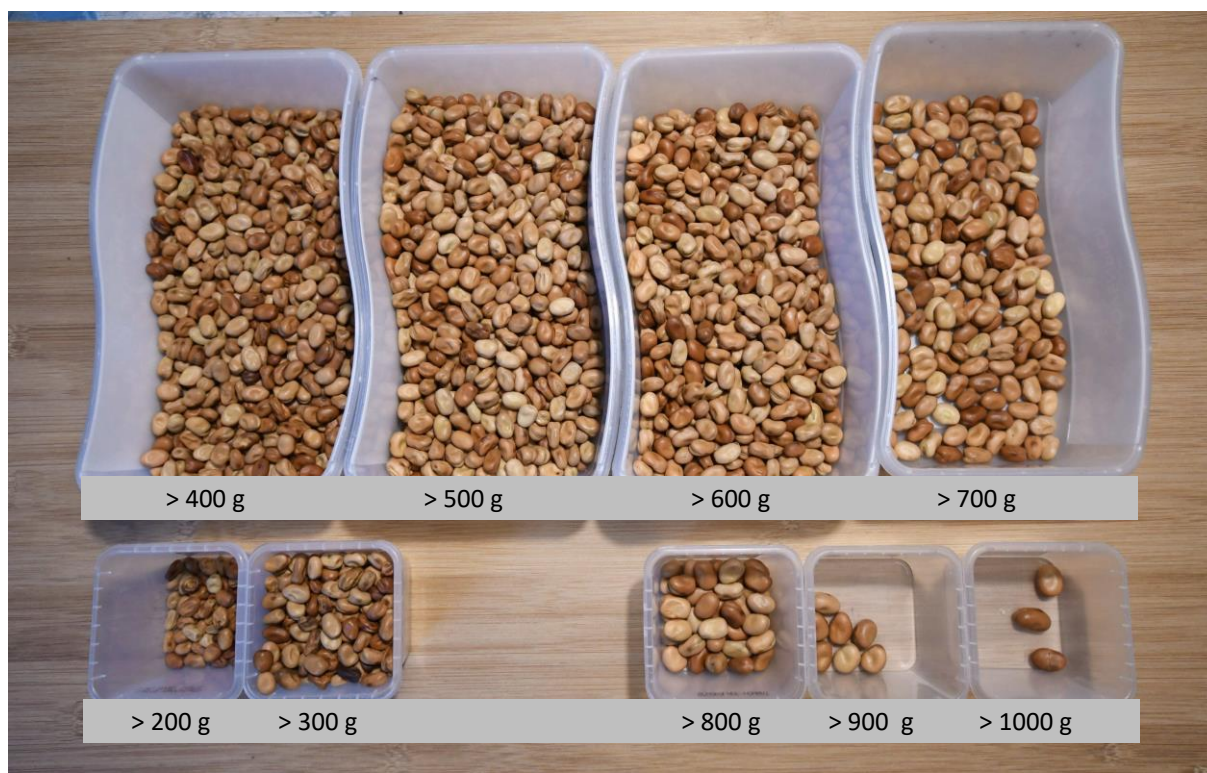


Abbildung 35 Verlust apikaler Hülsen durch Wassermangel 2018 in der 5-feldrigen Fruchtfolge (links) und stark abgestorbene Pflanzen im gleichen Jahr 2018 auf einer jungfräulichen Nachbarfläche in Verbindung mit starkem Befall des Speisebohnenkäfers (rechts). Lindenhof-Versuchsfeld (links 25.6.2018, rechts 18.7.2018) © U. Kropf

23.3 Gibt es einen Effekt der TKM des Saatgutes auf den Ertrag? (Tastversuch 2021)

Bei vielen Kulturen spielt die Qualität des Saatgutes – und oft auch deren TKM – eine besonders wichtige Rolle für die Jugendentwicklung der Pflanzen und den potenziellen Ertrag. In gezielten Versuchen mit Ackerbohnen wurde der Frage nachgegangen, ob das auch bei Ackerbohnen der Fall ist und größere Saatkörner zu höheren Erträgen führen. In der Pflanzenzüchtung spricht man in diesem Fall von den maternalen Effekten.

Bei genauerer Betrachtung der Kornpartien fällt die große Bandbreite der Kornausbildung auf. Daher wurde die Restmenge einer Saatpartie in 2021 in 100 g Schritten von Hand kalibriert (Abbildung 36). Die Bandbreite lag zwischen 200 und 1000 g TKM, das mittlere TKM bei 430 g.



TKM Klasse	> 200 g	> 300 g	> 400 g	> 500 g	> 600 g	> 700 g	> 800 g	> 900 g	> 1000 g	Ø 430 g
Anzahl Körner	70	330	800	840	500	174	360	7	3	1000
Anteil Kornzahl %	2.3	10.7	25.9	27.2	16.2	5.6	11.7	0.2	0.1	

Abbildung 36 Korngrößenverteilung einer Saatgutpartie mit durchschnittlich 430 g TKM. Lindenhof-Versuchsfeld 2021

Die Fraktionen mit 400-700 g TKM wurden mit einer 1,5 m breiten Wintersteiger-Versuchsdrillmaschine Ende März 2021 komplett ausgesät und die bestellte Fläche nach dem Feldaufgang exakt vermessen, um Pflanzendichte und Ertrag zu bestimmen.

Der Feldaufgang war in allen drei Fraktionen vergleichbar (Tabelle 5). Auch wenn der kleine Tastversuch ohne Wiederholungen keine sicheren Aussagen erlaubt, ist zumindest zu sehen, dass die Erträge bei kleineren Körnern nicht deutlich abfallen. **Die TKM der geernteten Fraktion entspricht auch nicht der TKM des Saatgutes, sondern streut in der bekannten Form – eindeutige maternale Effekt sind also nicht zu sehen.**

Tabelle 5 Ackerbohne: Ertrag und Ertragsstruktur im TKG-Versuch „maternale Effekte“
Lindenhof 2021, nur eine Wiederholung!

Versuch	SORTEN	Korngröße	Ertrag (dt/ha), gereinigt 14% Feuchte	Ertrag rel.	TKM (g)	TKM rel.	Körner Anzahl/m ²	KD rel.	HLG (kg/100 l)	3.5.2021 Pflanzen/m ²	Einzelpflanzenertrag (g/Pflanze)
21 AB 106	1	TKM > 400 g	73.4	100	551	100	1 331	100	77.9	34.0	21.6
21 AB 106	2	TKM > 500 g	70.7	96	552	100	1 280	96	77.0	33.0	21.4
21 AB 106	3	TKM > 600 g	79.9	109	605	110	1 322	99	76.1	33.0	24.2
21 AB 106	4	TKM > 700 g	76.1	104	549	100	1 387	104	76.0	37.0	20.6
Mittel alle			75.0	564	1330	76.8					
N im Korn bei 26 % Protein			268								

Unterschiedliche Korngrößen beeinflussen ganz erheblich die Ablage innerhalb der Reihe. Insbesondere bei pneumatischen Maschinen kommen durch kleinere und größere Körner aufgrund **unterschiedliche Rutschgeschwindigkeiten** päckchenweise im Schar an, dann folgen größere Lücken. **Insofern wäre sowohl bei pneumatischer Saat als auch bei Einzelkornsaat kalibriertes Saatgut mit Sicherheit von Vorteil.**

Auch bei mechanischen Geräten wie den Versuchsdrillmaschinen wirken sich unterschiedliche Korngewichte in der Fallgeschwindigkeit aus, woraus unruhige Versuchspartellen resultieren.

Jede Bewegung der Körner kann aber auch Beschädigungen und kleine Risse der Samenschale verursachen. Feuchtigkeit und Mikroorganismen wird das Eindringen erleichtert. Unter ungünstigen Feldaufgangsbedingungen geht das zulasten der der Saatgutvitalität bzw. –gesundheit.

23.4 Saatstärke bei Ackerbohnen (2010-2013)

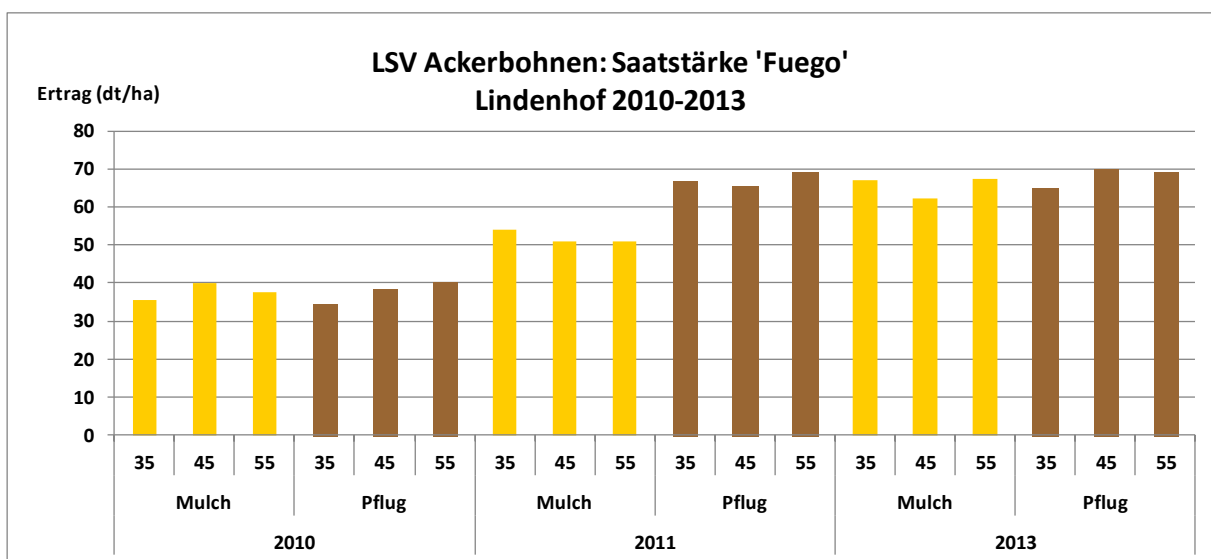
Zur Schließung der Bestandeslücken (Abbildung 37) wurde 3-jährig der Faktor Saatstärke mit 35, 45 und 55 keimfähigen Körnern/m² bei gleichbleibendem Reihenabstand und Saattechnik geprüft.

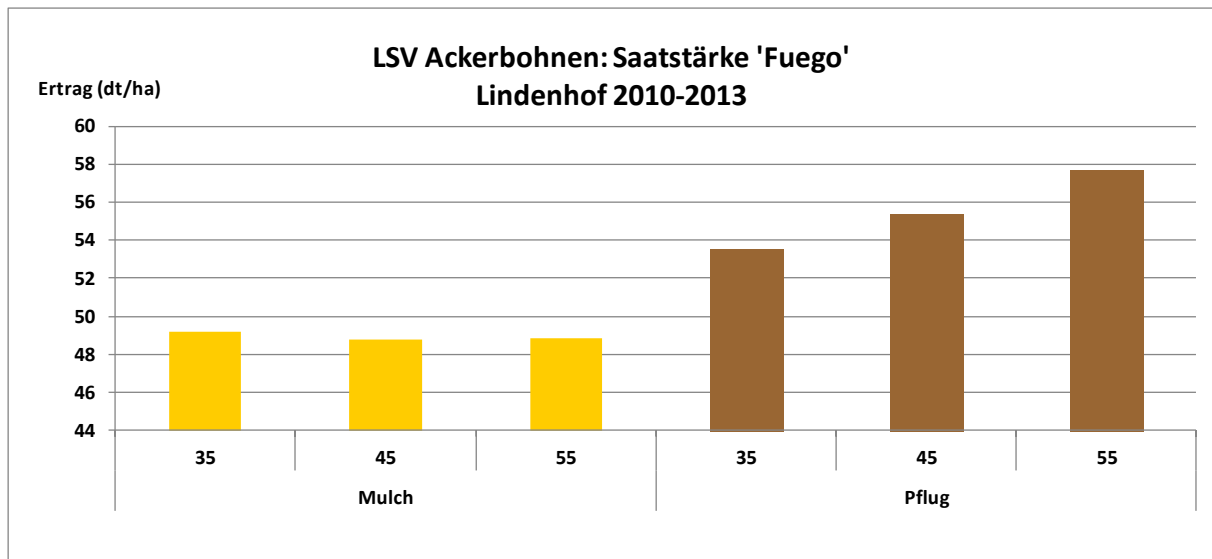


Abbildung 37 Schlechte Pflanzenverteilung bei mechanischer 3 m breiten Drillsaat. Lindenhof-Versuchsfeld.

Insbesondere nach Pflugfurche, nach der die Pflanzen die besseren Bedingungen im Wurzelraum vorfanden und zu höheren Erträgen kamen, waren 55 Körner/m² die bessere Wahl. Unter schlechteren Bedingungen (Mulchsaat) reichten auch 35 Körner/m². Das bedeutet, die höhere Saatstärke brachte keine sicheren Vorteile (Übersicht 80, Übersicht 81).

Übersicht 80 Saatstärkenversuch Ackerbohne 2010-2013, Lindenhof-Versuchsfeld





Ein wesentlicher Einflussfaktor für den Ertrag ist, wie in den Kapiteln 23.2 und 23.3 dargestellt, die Pflanzenverteilung im Bestand. Solange diese nicht optimiert ist, machen ausführliche Saatstärkenversuche und –anpassungen gar keinen Sinn.

Interessant und wichtig werden Saatstärke und Pflanzenverteilung bei weiterem Reihenabstand z. B. bei mechanischer Unkrautkontrolle.

23.5 Pilzkrankheiten in Ackerbohnen

Das Aufkommen von **Botrytis** und **Bohnenrost** hat in den letzten Jahren deutlich **zugenommen** (Abbildung 38, Abbildung 39). Sporadisch trat **Falscher Mehltau** auf. 2012 war das letzte Jahr ohne Fungizideinsatz. Seitdem ist in jedem Jahr **eine Fungizidanwendung** (2014 sogar eine zweite) in den **ersten beiden Juniwochen** nötig geworden, um die epidemische Entwicklung von *Botrytis* und/oder *Uromyces* zu unterbinden.

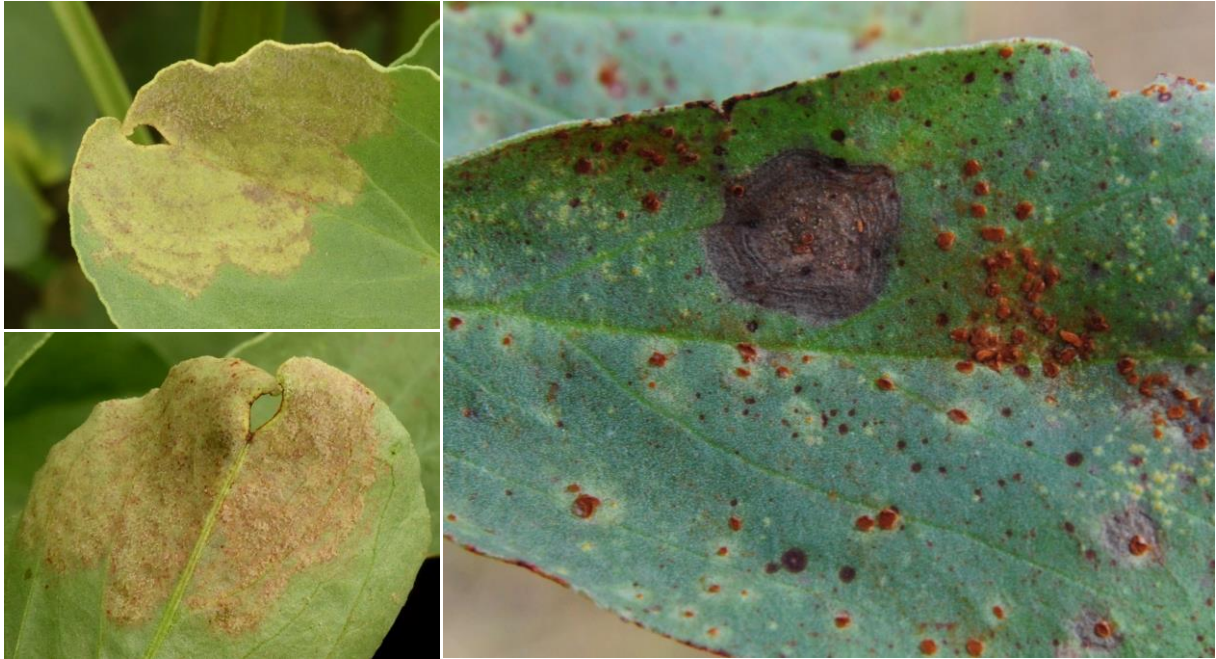


Abbildung 38 *Schokoladenflecken (*Botrytis fabae*) auf der Blattober- und unterseite von Ackerbohnenblättern. Lindenhof-Versuchsfeld (2014, 2021) © U. Kropf*



Abbildung 39 *Bohnenrost (*Uromyces vicia-fabae*). Lindenhof-Versuchsfeld (16.7.2014) © U. Kropf*

Im Jahr **2021** zeigten sich ab Juli chlorotische Pflanzen, deren **Wurzeln schwarz** waren. Teilweise fehlten Seitenwurzeln (Abbildung 40 links und Mitte) oder auch der Knöllchenansatz (Abbildung 40 rechts). Stärker betroffene Parzellen lagen im Ertrag 20-30 % unter symptomfreien Parzellen. Ob dies ein Fruchtfolgeeffekt ist und der 5-jährige Anbauabstand doch zu eng ist, oder die Witterung den Befall begünstigt hat, müssen die folgenden Jahre zeigen.

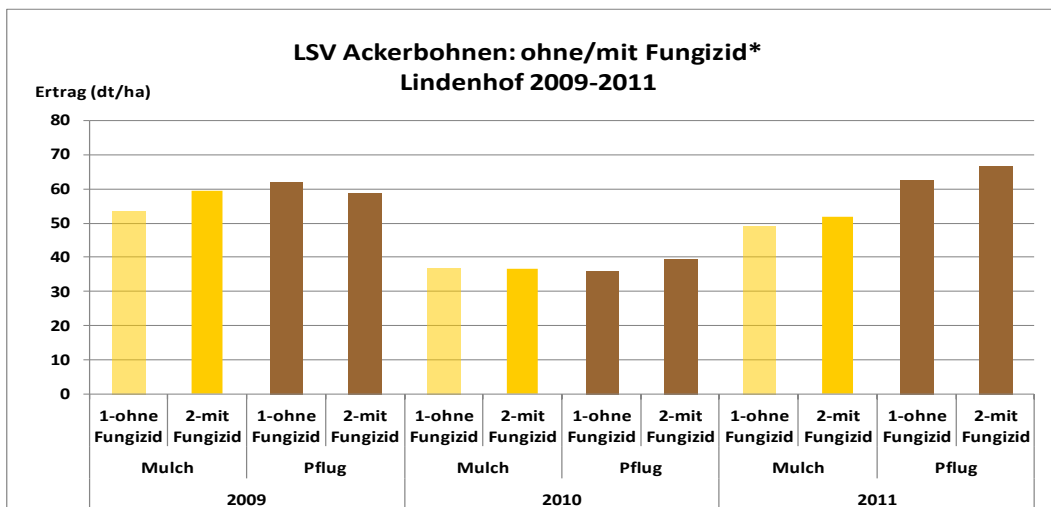


Abbildung 40 Chlorotische Pflanzen mit komplexen Wurzelschäden in Ackerbohnen (Pflugsaat) am 6.7. und 10.8.2021 Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf

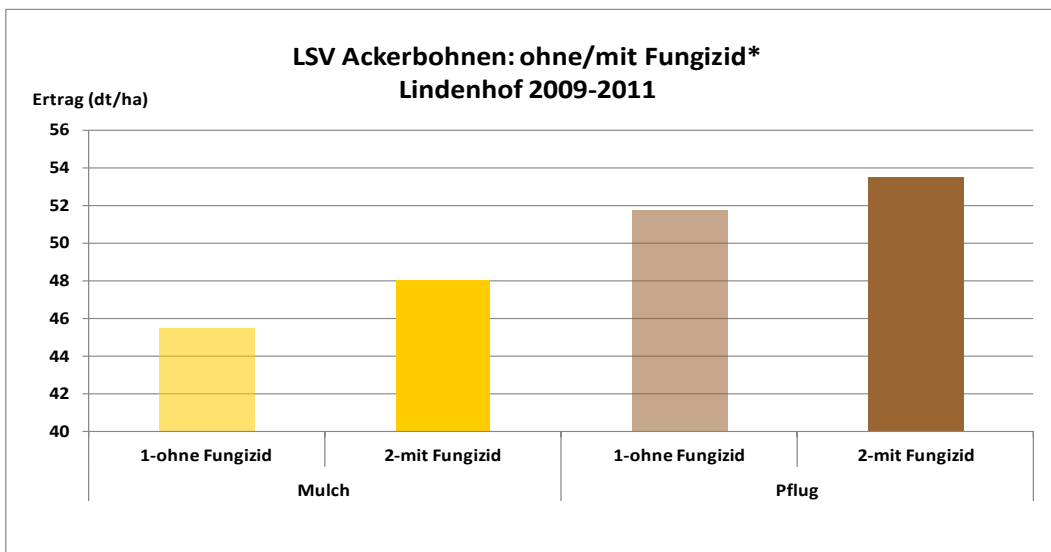
23.6 Fungizideinsatz in Ackerbohnen

Von **2009 bis 2011** wurde der **Nutzen des Fungizideinsatzes** getestet, wobei vor allem der Braunrost Beachtung fand. Der Mehrertrag durch Fungizidwirkung lag bei rund **2 dt/ha** (Übersicht 82, Übersicht 83). In den Folgejahren hatte der Befall mit Rost und *Botrytis* so stark zugenommen, dass sich die Frage des Fungizideinsatzes nur noch im Hinblick auf den richtigen Zeitpunkt zum Stoppen des Epidemiebeginns stellte. **Seit 2013 wird deshalb in jedem Jahr ein Fungizid, meist in den ersten beiden Juniwochen, eingesetzt.** 2014 war sogar eine zweite Maßnahme notwendig. In der Regel wird Tebuconazol eingesetzt, dessen Zulassungsablauf für den Anbau von Ackerbohnen in der konventionellen Landwirtschaft spürbare Folgen haben wird.

Übersicht 82 Ackerbohnenenertrag mit und ohne Fungizid (* 1 l/ha Folicur mit 250 g/l Tebuconazol) in Mulch- und Pflugsaat (Ertrag bei 14 % Kornfeuchte) 2009-2011, Lindenhof-Versuchsfeld



Übersicht 83 Ackerbohnenenertrag mit und ohne Fungizid in Mulch- und Pflugsaat (Ertrag bei 14 % Kornfeuchte) Mittelwerte aus Übersicht 82. 2009-2011, Lindenhof-Versuchsfeld



23.7 Tierische Schädlinge in Ackerbohnen

Gegen **schwarze Bohnenläuse** oder **Blattrandkäfer** (Abbildung 41) musste in 6 der letzten 10 Jahre in der zweiten Maihälfte ein Insektizid eingesetzt werden.



Abbildung 41 *Fraßschäden durch die Larve des Blattrandkäfers. Lindenhof-Versuchsfeld (31.5.2017) © Kropfli., Schlüter re)*

2018 war auf einer Fläche erstmalig massiver Befall mit den Larven des **Speisebohnenkäfers** zu verzeichnen (Abbildung 42).



Abbildung 42 *Ackerbohnen: Befall durch den Speisebohnenkäfer (links) 2018, adulter Käfer (rechts). Lindenhof-Versuchsfeld © Kropfli., Schlüter re.*

Sporadisch fallen Eigelege von Thripsen auf den Bohnenhülsen auf (Abbildung 43). Sie haben keinen Einfluss auf das Ertragsgeschehen.



Abbildung 43 *Adulter Thrips und Ei auf einer Bohnenhülse. Lindenhof-Versuchsfeld (25.6.2020). © U. Kropf*

23.8 Virosen in Ackerbohnen

Das **Scharfe Adermosaikvirus** (*Pea enation mosaic virus*, PEMV) trat **2016** nesterweise auf. Die Blätter sind mehr oder weniger stark nach innen gerollt und es entstehen **Interkostalchlorosen** (Abbildung 44 Foto oben links). Unter Enation in der Phytomedizin versteht man dabei das Fehlen der Strukturen von Blattgefäßen, so dass **Gewebe und Blattadern aufgetrieben** wirken. Übertragen wird die Virose von verschiedenen **Blattlausarten**.



Abbildung 44 *Pea enation mosaic virus (PEMV) in Ackerbohnen am 13.7.2016 (PCR-Nachweis). Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf*

Blattrollsymptome treten immer wieder auf, sind aber nicht unbedingt auf einen Virusbefall zurückzuführen, was sich im Jahr 2014 zeigte (Abbildung 45).



Abbildung 45 *Blattrollsymptome in Ackerbohnen ohne Nachweisbarkeit eines Virusbefalls 16.7.2014 Lindenhof-Versuchsfeld © U. Kropf*

23.9 Zusammenfassung

- Ackerbohnen können im **maritimen Klima 60 dt/ha Kornertrag** bringen (Kap. 23.1).
- Unter unseren Versuchsbedingungen mit eingeschränkter Lockerungsmöglichkeit ist die **Mulchsaat benachteiligt** (Kap. 23.1). In der Praxis sind diese Effekte nicht üblich.
- **Ab 2018 brachen die Erträge ein**. Ob der 5-jährige Anbauabstand oder die **Zunahme der Anbaufläche** in SH ursächlich sind, müssen die Folgejahre zeigen (Kap. 23.1).
- Die **Korndichte** ist der wichtigste **ertragsbestimmende Faktor** (Kap. 23.1). Einflussfaktoren sind die Witterung und die Pflanzenverteilung (Kap 23.2).
- Die **Ackerbohnenorten** unterscheiden sich in der **Kornausbildung** (Kap. 23.2). Je höher die sortenspezifische TKM, desto besser müssen die Kornfüllungs- und Abreifebedingungen sein, um diese in eine gute Ertragsleistung umzusetzen.
- Saatpartien können eine **große Bandbreite an Korngewichten** haben. **Entsprechende Effekte** konnten in einem Tastversuch 2021 nicht eindeutig herausgearbeitet werden. Aber sie spielen sicher eine Rolle bei der Verteilung der Saat in der Reihe (Kap. 23.3).
- Der Befall mit **Botrytis** und **Bohnenrost** hat deutlich zugenommen und erfordert i. d. R. einen Fungizideinsatz in der ersten Junihälfte (Kap 23.5, Kap. 23.6).
- **Blattrandkäfer, Speisebohnenkäfer** und **schwarze Bohnenläuse** treten sporadisch auf (23.7).
- **2016** konnte das vektorübertragene **Scharfe Adernmosaikvirus (PEMV)** nachgewiesen werden (23.8).
- **Optimierung des Wurzelraumes und der Pflanzenverteilung sind die wichtigsten Faktoren zur Verbesserung und Stabilisierung der Erträge.**