

Jürgen Schwarz¹, Eckard Moll²

Entwicklung der Verunkrautung in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Herbizidintensität

Development of weed infestation depending on crop rotation and herbicide intensity

317

Zusammenfassung

Für die Entwicklung der Verunkrautung sind viele Faktoren verantwortlich. Die direkte Unkrautbekämpfung, meist durch Herbizide, spielt eine entscheidende Rolle. Aber auch weitere Faktoren, z. B. die Fruchtfolge, üben einen erheblichen Einfluss auf die Verunkrautung aus. Ausgehend von Unkrauterhebungen zum Beginn der Dauerversuche in Dahnsdorf wird die langjährige Veränderung der Verunkrautung gezeigt. Dabei werden zwei Betriebssysteme, Marktfrucht und Futterbau, vergleichend betrachtet. In beiden Betriebssystemen wurden unterschiedliche Herbizidintensitäten, 50% und 100% der situationsbezogenen Herbizidaufwandmenge, angewandt. Innerhalb der Herbizidintensitätsstufen wurden unbehandelte und behandelte Varianten eingerichtet.

Neben den Schwankungen des Unkrautaufbaus von Jahr zu Jahr treten deutliche Unterschiede in den behandelten zu unbehandelten Varianten auf. In den unbehandelten Varianten des Marktfruchtbaus werden im Mittel der zweiten Rotation (2003 bis 2008) 187 bzw. 178 dikotyle Unkrautpflanzen/m² im Vergleich zu 128 und 89 in den behandelten (50% und 100%) gefunden. Das Betriebssystem Futterbau ist schwächer verunkrautet, hier beträgt der Unkrautaufbau 127 zu 124 in den unbehandelten zu 98 und 62 Unkrautpflanzen/m² in den behandelten 50% und 100%. Die artenmäßige Zusammensetzung der Unkrautflora veränderte sich ebenfalls im Versuchsverlauf. Am Beginn dominierte noch *Viola arvensis*, mit zunehmender Versuchsdauer nahm *Matricaria* spp. zu. *Centaurea cyanus* trat in der zweiten Rotation im Marktfruchtbau in stärkerem Umfang auf.

Stichwörter: Unkraut, Herbizid, Herbizidreduktion, Fruchtfolge, Unkrautflora

Abstract

There are many factors responsible for the development of weed infestation. Direct weed control, mainly with herbicides, plays an important role, but other factors (e.g. crop rotation) are also relevant for weed development. Based on weed surveys performed at the beginning of long-term field trials in Dahnsdorf, Germany, we compared changes in weed development over time. Two farm types (cash and fodder crops) were assessed separately. In both farm types, two herbicide intensities were used, namely, 50% and 100% of the situation related herbicide dosage. The treated herbicide intensity variants were compared to untreated variants.

Beyond the normal annual fluctuations in weed occurrence, clear differences between the treated and untreated variants were observed. In cash crops, the number of dicotyledonous weeds was, respectively, 187/m² and 178/m² in the untreated 50% and 100% variants compared to 128/m² and 89/m² in the treated 50% and 100% variants during the second crop rotation (2003–2008). The fodder system had lower levels of weed infestation. During the same period, the number of dicotyledonous weeds was, respectively, 127/m² and 124/m² in the untreated 50% and 100% variants and 98/m² and 62/m² in the treated 50% and 100% variants. The weed flora also changed during the experiment. *Viola arvensis* was initially dominant, but the numbers of *Matricaria*

Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, Kleinmachnow¹

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Zentrale Datenverarbeitung, Kleinmachnow²

Kontaktanschrift

Dr. Jürgen Schwarz, Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, Germany, E-Mail: juergen.schwarz@jki.bund.de

Zur Veröffentlichung angenommen

Mai 2010

spp. increased steadily. *Centaurea cyanus* occurrence was limited to the second rotation in the cash crop system.

Key words: Weed, herbicide, herbicide reduction, crop rotation, weed flora

Einleitung

Die Beeinflussung der Verunkrautung im Ackerbau erfolgt auf verschiedenen Wegen. Durch ackerbauliche Maßnahmen, z.B. Düngung (PULCHER-HÄUSSLING und HURLE, 1986), Bodenbearbeitung (PALLUTT und BENNEWITZ, 1996), Aussattermin und Bodenbearbeitung (AMMAN, 1991), Fruchtfolge (ZWERGER und HURLE, 1988), wird direkt oder indirekt auf den Unkrautauflauf eingewirkt. PALLUTT (2002b) zeigte die Wirkung der Wahl des Aussattermins auf die Unkrautdichte auf. Bei Aussaat von Winterweizen Ende September wurden 416 Unkräuter je m² und bei Aussaat Ende Oktober nur 96 Unkräuter je m² gefunden.

Die direkte Bekämpfung der Unkräuter kann auf mechanischem, physikalischem und chemischen Weg erfolgen bzw. auch in einer Kombination dieser Maßnahmen.

Die Unkrautbekämpfung, also ackerbauliche Maßnahmen und die direkte Bekämpfung, verändern die Verunkrautung im Zeitablauf (SCHUBOTH und MAHN, 1994). Sowohl die Artenzusammensetzung, als auch die Anzahl der Unkräuter werden durch die Maßnahmengestaltung stark beeinflusst. Im Rahmen dieser Arbeit werden zwei Dauerfeldversuche in Dahnsdorf hinsichtlich der Änderung der Verunkrautung in Bezug auf die Fruchtfolge und die Herbizidintensität betrachtet.

Material und Methoden

Standort, Versuchsdesign und Fruchtfolge wurden schon in einem anderen Beitrag in Heft 7/2010 ausführlich beschrieben (siehe PALLUTT, 2010). Im Folgenden werden die beiden Betriebssysteme (BS) 1 und 2 betrachtet. Dabei steht das System BS 1 für eine standorttypische, getreidebetonte Marktfruchtfolge und das System BS 2 für eine standorttypische Futterbaufuchtfolge. In beiden Systemen (BS 1 und BS 2) wurden eine situationsbezogene Herbizidaufwandmenge (100%) und die Hälfte dieser Herbizidaufwandmenge (50%) in den Jahren 1997 bis 2007 appliziert. Die situationsbezogene Aufwandmenge ist dabei nicht mit der maximal möglichen, zugelassenen Aufwandmenge gleichzusetzen. Eine Reduzierung der Aufwandmenge ist möglich und teilweise auch geboten (PALLUTT, 2002b), z.B. bei einem frühen Entwicklungsstadium des Unkrauts zum Zeitpunkt der Bekämpfung oder einer hohen Konkurrenzkraft des Getreidebestandes.

Im Rahmen einer Art Grundinventur wurde im Jahr 1995 vor Beginn der Versuchstätigkeit durch JÜTTERSONKE auf der gesamten 38 ha großen Fläche des Versuchsfeldes Dahnsdorf eine Bonitur durchgeführt.

Auf den Versuchsflächen von BS 1 und BS 2 erfolgte von PALLUTT (2002a) zu Beginn der Versuchstätigkeit ebenfalls eine Unkrauterhebung.

In jedem Jahr, also von 1997 bis 2008, wurden Unkrautzählungen in BS 1 und BS 2 jeweils vor der Herbizidapplikation im Herbst oder teilweise im Frühjahr in den Wintergetreidearten vorgenommen. In BS 1 waren dies Winterroggen, Wintergerste, Winterweizen 1 und Winterweizen 2, in BS 2 Winterroggen, Wintergerste und Winterweizen. Für die Bonitur wurden an vier verschiedenen Zählstellen je Variante die Unkräuter nach Art und Anzahl in einem 0,25 m² Zählrahmen erfasst.

Das Jahr 2008 wird in die Betrachtungen mit einbezogen, da hier die Nachwirkungen des letzten Jahres 2007 noch erkennbar sind.

Als Referenz werden die Mittelwerte unbehandelte Kontrolle (UK) und der nur mit Fungiziden behandelten Varianten (F) im Vergleich zu den mit Herbiziden behandelten Varianten (H und HF) betrachtet (siehe auch PALLUTT und MOLL, 2008). Aus herbologischer Sicht konnten diese beiden Varianten zusammengefasst werden.

Der Verlauf der Entwicklung der Verunkrautung wird für die Jahre 1997 bis 2008 dargestellt. Dabei wurden für diese Arbeit die einzelnen Wiederholungen (sechs in BS 1; vier in BS 2) für die Getreide gemittelt. In BS 1 wurden die Fruchtfolgeglieder Winterroggen, Wintergerste, Winterweizen 1 und Winterweizen 2 und in BS 2 die Fruchtfolgeglieder Winterroggen, Wintergerste und Winterweizen gemittelt. Infolge der kumulativen Effekte eines Dauerfeldversuchs konnte die Wirkung der Prüfglieder auf den Unkrautauflauf nur schwerlich einer einzelnen Kulturart zugeordnet werden.

Es wurde zwischen Dikotylen und Monokotylen (*Apera spica-venti*) unterschieden. Der Verlauf der zahlenmäßig wichtigsten dikotylen Unkrautarten wurde getrennt für jede Variante dargestellt. Die beiden Rotationen (1997 bis 2001 und 2002 bis 2007) wurden gesondert ausgewertet. Die Werte der Zählungen wurden auf ganze Zahlen gerundet.

Der Vergleich der Behandlungsvarianten in den beiden Rotationsstufen wurde mit Hilfe des Welch-Tests (t-Test mit ungleichen Varianzen) vorgenommen. Für die paarweisen Vergleiche der Mittelwerte der Behandlungsvarianten in jeder der beiden Rotationsstufen wurde das Simulate-Verfahren genutzt. Die Testentscheidungen erfolgten zum Signifikanzniveau 0,05. Die für die statistischen Analysen genutzte Software war SAS 9.2.

Ergebnisse

Die Ausgangsverunkrautung beschrieb JÜTTERSONKE (1995), wobei auf der gesamten Fläche des Versuchsfeldes (38 ha) 31 Unkrautarten ermittelt wurden.

PALLUTT (2002b) zählte zu Beginn der Versuchstätigkeit in Winterroggen insgesamt 126 Unkräuter/m², in Winterweizen 160 Unkräuter/m² und in Sommergerste 259 Unkräuter/m². Die Hauptarten waren dabei *Viola arvensis*, *Veronica* spp., *Stellaria media*, *Matricaria* spp.,

Lamium spp. und *Apera spica-venti*. In geringerem Umfang wurden auch *Capsella bursa-pastoris*, *Thlaspi arvense* und *Myosotis arvensis* gefunden. Weitere 11 Arten waren nur sehr selten zu finden, darunter auch *Galium aparine* und *Centaurea cyanus*. In Summe wurden 20 Arten zu Versuchsbeginn bestimmt.

Die jährlichen Zählungen werden in den Tab. 1 bis 4 für BS 1 (Marktfrucht) gezeigt. Die beiden Herbizidaufwandmengen (50 und 100%) und die Varianten UK + F

und H + HF werden dabei aus Gründen der Übersichtlichkeit getrennt dargestellt. Die Werte für die Unkrautanzahl sind die Mittelwerte von Winterweizen 1, Winterweizen 2, Winterroggen und Wintergerste.

In der Abb. 1 werden die Mittelwerte der dikotylen Unkräuter und von *Apera spica-venti* für beide Rotationen in BS 1 dargestellt.

In der ersten Rotation von BS 1 (1997 bis 2002) waren die Schwankungen der Verunkrautung von Jahr zu Jahr

Tab. 1. Unkrautauflauf (Anzahl je m²) von BS 1, Variante UK + F, 50% situationsbezogener Herbizidaufwandmenge
Weed species (numbers per m²) in BS 1 at variant UK + F, 50% of the situation related herbicide dosage

Jahr	<i>Apera spica-venti</i>	dikotyle Unkräuter gesamt	davon <i>Viola arvensis</i>	davon <i>Veronica</i> spp.	davon <i>Stellaria media</i>	davon <i>Matricaria</i> spp.	davon <i>Centaurea cyanus</i>
1997	41	150	90	23	15	4	0
1998	49	144	76	28	19	2	0
1999	31	166	84	32	18	10	0
2000	50	184	58	27	18	13	0
2001	89	239	101	49	36	13	0
2002	130	245	93	57	25	27	0
Mittelwert 1. Rotation	65	188	84	36	22	12	0
2003	94	209	65	58	43	9	1
2004	86	182	69	48	28	17	0
2005	47	156	40	23	16	28	1
2006	89	233	42	44	18	81	5
2007	65	139	31	24	16	12	16
2008	77	205	33	54	13	42	22
Mittelwert 2. Rotation	76	187	47	42	22	31	8

Tab. 2. Unkrautauflauf (Anzahl je m²) von BS 1, Variante H + HF, 50% situationsbezogener Herbizidaufwandmenge
Weed species (numbers per m²) in BS 1 at variant H + HF, 50% of the situation related herbicide dosage

Jahr	<i>Apera spica-venti</i>	dikotyle Unkräuter gesamt	davon <i>Viola arvensis</i>	davon <i>Veronica</i> spp.	davon <i>Stellaria media</i>	davon <i>Matricaria</i> spp.	davon <i>Centaurea cyanus</i>
1997	27	102	63	22	13	2	0
1998	18	118	60	24	18	3	0
1999	38	133	65	34	19	3	0
2000	35	164	57	18	21	12	0
2001	54	200	81	35	31	17	0
2002	118	187	91	22	16	21	0
Mittelwert 1. Rotation	48	151	69	26	20	10	0
2003	75	140	56	22	21	6	0
2004	78	130	57	18	20	11	1
2005	43	125	50	9	12	15	1
2006	85	134	36	13	14	30	1
2007	52	118	34	9	15	14	14
2008	68	123	31	13	7	30	5
Mittelwert 2. Rotation	67	128	44	14	15	18	4

Tab. 3. Unkrautauflauf (Anzahl je m²) von BS 1, Variante UK + F, 100% situationsbezogener Herbizidaufwandmenge
Weed species (numbers per m²) in BS 1 at variant UK + F, 100% of the situation related herbicide dosage

Jahr	<i>Apera spica-venti</i>	dikotyle Unkräuter gesamt	davon <i>Viola arvensis</i>	davon <i>Veronica spp.</i>	davon <i>Stellaria media</i>	davon <i>Matricaria spp.</i>	davon <i>Centaurea cyanus</i>
1997	32	116	60	28	15	2	0
1998	20	84	42	18	13	2	0
1999	27	111	56	35	11	3	0
2000	66	119	39	13	12	7	0
2001	65	170	62	28	39	16	0
2002	113	171	51	46	18	23	0
Mittelwert 1. Rotation	54	129	52	28	18	9	0
2003	68	161	48	43	34	9	1
2004	136	161	48	41	26	24	1
2005	61	155	33	24	19	43	1
2006	114	216	42	30	17	77	6
2007	67	157	27	22	19	37	17
2008	83	216	25	46	17	71	14
Mittelwert 2. Rotation	88	178	37	34	22	43	7

Tab. 4. Unkrautauflauf (Anzahl je m²) von BS 1, Variante H + HF, 100% situationsbezogener Herbizidaufwandmenge
Weed species (numbers per m²) in BS 1 at variant H + HF, 100% of the situation related herbicide dosage

Jahr	<i>Apera spica-venti</i>	dikotyle Unkräuter gesamt	davon <i>Viola arvensis</i>	davon <i>Veronica spp.</i>	davon <i>Stellaria media</i>	davon <i>Matricaria spp.</i>	davon <i>Centaurea cyanus</i>
1997	27	142	95	19	13	6	0
1998	16	83	51	10	13	1	0
1999	17	107	53	23	16	2	0
2000	12	99	32	5	13	3	0
2001	23	114	50	9	26	6	0
2002	58	114	44	19	14	11	0
Mittelwert 1. Rotation	26	110	54	14	16	5	0
2003	33	102	36	15	24	3	0
2004	40	100	41	12	25	7	0
2005	39	87	28	9	11	12	0
2006	68	88	29	6	19	8	1
2007	46	80	25	6	13	10	2
2008	74	77	16	11	8	17	1
Mittelwert 2. Rotation	50	89	29	10	16	9	1

in allen Varianten und Herbizidaufwandmengen noch sehr ausgeprägt vorhanden.

Die Mittelwerte der dikotylen Unkräuter der ersten Rotation der unbehandelten Varianten (UK + F) der 50% und 100% Herbizidaufwandmenge mit 188 und 129 Unkräutern je m² im Vergleich zu den mit Herbizid (HF + H) behandelten 50% und 100% mit 151 und 110 lagen dicht beieinander, der Abstand war mit 37 bzw.

19 Pflanzen noch gering. Bemerkenswert ist, dass die unbehandelte 100% UK + F im Mittel der ersten Rotation eine geringere Verunkrautung als die mit 50% H + HF behandelte Variante aufwies. Hauptsächlich trat *Viola arvensis* auf. *Matricaria spp.* nahm bereits zu, besonders in den unbehandelten Varianten und in der 50% HF + F. *Centaurea cyanus* fehlte in der ersten Rotation in BS 1 noch völlig.

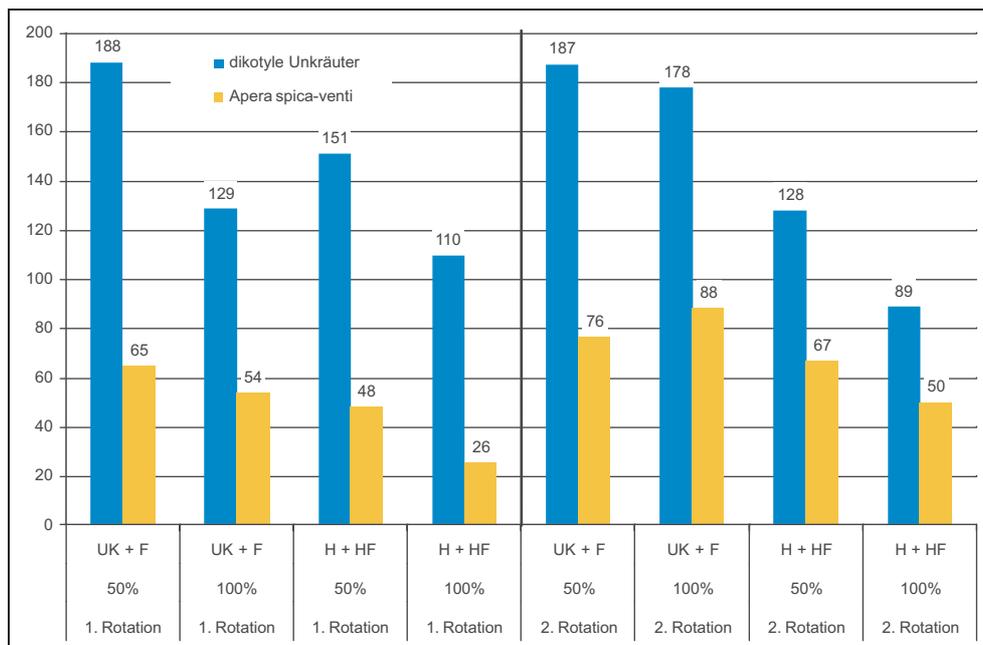


Abb. 1. Mittelwerte der dikotylen Unkräuter und von *Apera spica-venti* für BS 1, 50% und 100% Herbizidaufwandmenge, Varianten UK + F und H + HF
Average of dicotyledonous weeds and Apera spica-venti with the 50% and 100% the situation related herbicide dosage for the variants UK + F and H + HF at BS 1.

Bei *Apera spica-venti* waren die Unterschiede zwischen den Varianten schon größer. Mit 26 Pflanzen je m² in der 100% HF + H Variante ist der Wert deutlich geringer als in allen anderen Varianten.

In der zweiten Rotation (2003 bis 2008) in BS 1 differenzierte sich die Verunkrautung der unbehandelten UK + F Varianten im Vergleich zu den behandelten H + HF deutlich. Die Anzahl der dikotylen Unkräuter nahm in der 100% UK + F zu, wobei in der 50% UK + F kaum noch ein Anstieg stattfand. In der 50% und 100% HF + F sank die Anzahl dikotyler Unkräuter je m².

Die Anzahl von *Viola arvensis* nahm ab, *Matricaria* spp. dagegen stieg an, besonders in den unbehandelten Varianten. *Centaurea cyanus* wurde, nach Einzelfunden 2004 und 2005, ab 2006 zu einer bedeutenden Unkrautart in den Varianten 50% und 100% UK + F und 50% H + HF. Dies drückte sich jedoch noch nicht im Mittelwert der Rotation aus.

Der Besatz mit *Apera spica-venti* hatte in allen Varianten in der zweiten Rotation im Vergleich zur ersten Rotation zugenommen.

Im Vergleich der beiden Rotationen von BS 1 untereinander unterschieden sich jeweils nur die Behandlungsvarianten UK + F 100% bei dikotylen Unkräutern und H + HF 100% bei *Apera spica-venti* signifikant (Welch-Test, $\alpha = 0,05$). Innerhalb der Rotationen gab es signifikante Unterschiede (Simulate-Verfahren, $\alpha = 0,05$) bei *Apera spica-venti* nur in der zweiten Rotation zwischen den Behandlungsvarianten UK + F 100% und H + HF 100%, und bei den dikotylen Unkräutern war in der ersten Rotation die Variante UK + F 50% jeweils zu den Varianten UK + F 100% sowie H + HF 100% signifikant verschieden. In der zweiten Rotation waren die paarweisen Vergleiche aller Behandlungsvarianten außer dem Vergleich von UK + F 50% mit UK + F 100% signifikant verschieden.

Die in den Tabellen genannten fünf dikotylen Unkrautarten waren zu ca. 80% für die gesamte Artenanzahl von BS 1 (Summe der dikotylen Unkräuter) verantwortlich.

Die jährlichen Zählungen werden in den Tab. 5 bis 8 für BS 2 (Futterbau) gezeigt. Die beiden Herbizidaufwandmengen (50 und 100%) und die Varianten UK + F und H + HF werden dabei aus Gründen der Übersichtlichkeit getrennt dargestellt. Die Werte für die Unkrautanzahl sind die Mittelwerte von Winterweizen, Winterroggen und Wintergerste.

In der Abb. 2 werden die Mittelwerte der dikotylen Unkräuter und von *Apera spica-venti* für beide Rotationen in BS 2 dargestellt.

In der ersten Rotation (1997 bis 2002) von BS 2, waren, wie in BS 1, starke Schwankungen der Verunkrautung von Jahr zu Jahr in allen Varianten vorhanden. Allerdings war die Anzahl der dikotylen Unkräuter in den vergleichbaren Varianten in BS 2 in allen Varianten geringer. Wie in BS 1 fiel auch in BS 2 auf, dass die unbehandelte 100% UK + F im Mittel der ersten Rotation eine geringere Verunkrautung als die mit 50% H + HF behandelte Variante aufwies. Die dikotyle Verunkrautung wurde von *Viola arvensis* dominiert. *Matricaria* spp. nahm im Verlauf der ersten Rotation von BS 2 zu, außer in der Variante 100% HF + F. *Centaurea cyanus* fehlt in der ersten Rotation in BS 2 völlig.

Bei *Apera spica-venti* war dieser Trend in BS 2 im Vergleich zu BS 1 nicht so klar ausgeprägt. Lediglich die Variante 100% H + HF unterschied sich deutlich mit nur 16 Pflanzen von den anderen drei Varianten, diese lagen auf ähnlichem Niveau (43 bis 52 Pflanzen je m²).

In der zweiten Rotation (2003 bis 2008) in BS 2 im Vergleich zu BS 1 war die Ausdifferenzierung Verunkrautung nicht so stark ausgeprägt. Die Anzahl der dikotylen Unkräuter in der 50% UK + F sank von 150 auf 127 Stück je m². In der 100% UK + F stieg die Anzahl von 112 auf 124

Tab. 5. Unkrautauflauf (Anzahl je m²) von BS 2, Variante UK + F, 50% situationsbezogener Herbizidaufwandmenge
Weed species (numbers per m²) in BS 2 at variant UK + F, 50% of the situation related herbicide dosage

Jahr	<i>Apera spica-venti</i>	dikotyle Unkräuter gesamt	davon <i>Viola arvensis</i>	davon <i>Veronica</i> spp.	davon <i>Stellaria media</i>	davon <i>Matricaria</i> spp.	davon <i>Centaurea cyanus</i>
1997	22	131	96	4	12	4	0
1998	30	161	88	5	60	1	0
1999	33	110	70	8	18	3	0
2000	54	155	86	6	15	17	0
2001	86	165	71	30	22	15	0
2002	90	177	76	13	23	22	0
Mittelwert 1. Rotation	52	150	81	11	25	10	0
2003	77	133	43	33	24	6	0
2004	91	203	46	17	26	87	0
2005	9	68	15	19	9	8	0
2006	76	120	32	5	11	47	1
2007	67	110	23	5	12	29	0
2008	29	127	23	22	13	30	1
Mittelwert 2. Rotation	58	127	30	17	16	34	0

Tab. 6. Unkrautauflauf (Anzahl je m²) von BS 2, Variante H + HF, 50% situationsbezogener Herbizidaufwandmenge
Weed species (numbers per m²) in BS 2 at variant H + HF, 50% of the situation related herbicide dosage

Jahr	<i>Apera spica-venti</i>	dikotyle Unkräuter gesamt	davon <i>Viola arvensis</i>	davon <i>Veronica</i> spp.	davon <i>Stellaria media</i>	davon <i>Matricaria</i> spp.	davon <i>Centaurea cyanus</i>
1997	17	111	76	2	17	5	0
1998	40	131	52	34	30	6	0
1999	28	92	60	9	10	1	0
2000	40	171	79	15	11	21	0
2001	76	108	41	15	15	17	0
2002	56	181	65	26	22	32	0
Mittelwert 1. Rotation	43	132	62	17	17	14	0
2003	108	93	35	9	17	10	0
2004	90	162	55	20	19	40	0
2005	16	53	12	5	9	8	0
2006	61	101	26	4	9	37	0
2007	29	90	18	5	9	25	0
2008	26	88	17	10	10	20	2
Mittelwert 2. Rotation	55	98	27	9	12	23	0

leicht an. In der 50% HF + F sank die Anzahl dikotyler Unkräuter je m² (von 132 in der ersten Rotation auf 98 in der zweiten Rotation). In Variante 100% HF + F war ebenfalls ein Rückgang von 87 auf 62 Unkräuter je m² festzustellen.

Auch in BS 2 nahm die Anzahl von *Viola arvensis* im Lauf der Zeit ab. Vergleichbar mit BS 1 war auch die Zunahme von *Matricaria* spp., besonders in den unbehandelten Varianten. *Centaurea cyanus* wurde im Gegen-

satz zu BS 1 nur sporadisch gefunden, eine Zunahme in den letzten Jahren konnte nicht beobachtet werden.

Der Besatz mit *Apera spica-venti* in der zweiten Rotation von BS 2 nahm in allen Varianten deutlich zu. Der Anstieg fiel dabei ähnlich stark aus wie in BS 1. Besonders in den Varianten 100% UK + F und 100% H + HF verdoppelte sich im Vergleich der ersten zur zweiten Rotation die Anzahl von *Apera spica-venti*.

Tab. 7. Unkrautauflauf (Anzahl je m²) von BS 2, Variante UK + F, 100% situationsbezogener Herbizidaufwandmenge
Weed species (numbers per m²) in BS 2 at variant UK + F, 100% of the situation related herbicide dosage

Jahr	<i>Apera spica-venti</i>	dikotyle Unkräuter gesamt	davon <i>Viola arvensis</i>	davon <i>Veronica spp.</i>	davon <i>Stellaria media</i>	davon <i>Matricaria spp.</i>	davon <i>Centaurea cyanus</i>
1997	36	110	72	7	14	5	0
1998	22	66	35	2	20	2	0
1999	38	119	57	17	24	7	0
2000	32	110	40	4	8	12	0
2001	61	137	46	25	25	14	0
2002	77	132	54	9	12	29	0
Mittelwert 1. Rotation	44	112	51	11	17	12	0
2003	77	119	34	30	22	6	0
2004	185	132	40	16	19	26	0
2005	12	78	12	18	9	18	0
2006	82	108	24	4	9	44	0
2007	96	159	25	8	15	60	2
2008	37	150	21	37	12	32	0
Mittelwert 2. Rotation	82	124	26	19	14	31	0

Tab. 8. Unkrautauflauf (Anzahl je m²) von BS 2, Variante H + HF, 100% situationsbezogener Herbizidaufwandmenge
Weed species (numbers per m²) in BS 2 at variant H + HF, 100% of the situation related herbicide dosage

Jahr	<i>Apera spica-venti</i>	dikotyle Unkräuter gesamt	davon <i>Viola arvensis</i>	davon <i>Veronica spp.</i>	davon <i>Stellaria media</i>	davon <i>Matricaria spp.</i>	davon <i>Centaurea cyanus</i>
1997	18	102	71	2	16	4	0
1998	9	86	60	3	16	1	0
1999	13	83	57	5	14	0	0
2000	14	106	57	2	9	4	0
2001	20	70	29	7	17	6	0
2002	23	78	45	1	9	7	0
Mittelwert 1. Rotation	16	87	53	3	13	3	0
2003	54	82	26	11	24	2	0
2004	42	75	32	4	12	8	0
2005	8	39	8	6	10	3	0
2006	59	58	25	1	7	11	0
2007	31	67	16	3	7	8	0
2008	26	49	11	1	9	7	0
Mittelwert 2. Rotation	36	62	20	5	11	6	0

Die in den Tabellen genannten fünf dikotylen Unkrautarten waren zu ca. 78% für die gesamte Artenanzahl von BS 2 (Summe der dikotylen Unkräuter) verantwortlich.

Im Vergleich der beiden Rotationen von BS 2 untereinander unterschieden sich jeweils nur die Behandlungsvarianten H + HF 100% bei dikotylen Unkräutern und H + HF 100% bei *Apera spica-venti* signifikant (Welch-Test, $\alpha = 0,05$).

Innerhalb der Rotationen gab es signifikante Unterschiede (Simulate-Verfahren, $\alpha = 0,05$) bei *Apera spica-venti* in der ersten Rotation zwischen den Behandlungsvarianten UK + F 50% und H + HF 100%. Bei den dikotylen Unkräutern war in der ersten Rotation die Variante UK + F 50% zur Variante H + HF 100% sowie die Variante H + HF 50% zur Variante H + HF 100% signifikant verschieden. Die paarweisen Vergleiche aller Be-

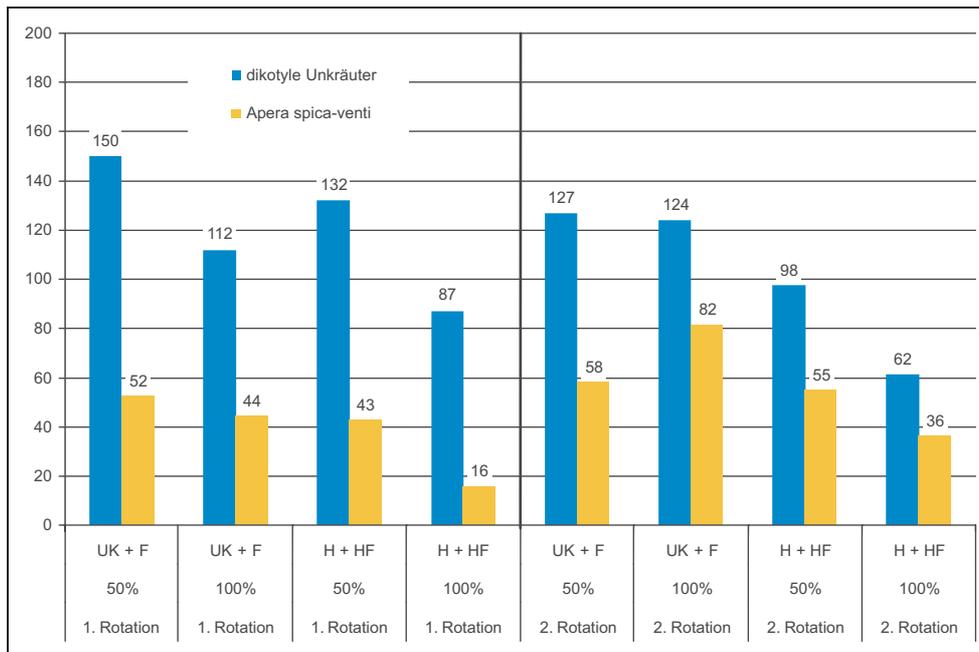


Abb. 2. Mittelwerte der dikotylen Unkräuter und von *Apera spica-venti* für BS 2, 50% und 100% Herbizidaufwandmenge, Varianten UK + F und H + HF
Average of dicotyledonous weeds and *Apera spica-venti* with the 50% and 100% the situation related herbicide dosage for the variants UK + F and H + HF at BS 2.

handlungsvarianten in der zweiten Rotation zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten UK + F 50% und H + HF 100% einerseits und UK + F 100% und H + HF 100% andererseits.

Diskussion

Die Wirkung unterschiedlicher Herbizidintensitäten und Fruchtfolgen auf die Verunkrautung zeigt sich erst nach einiger Zeit. In der ersten Rotation waren die Unterschiede im Unkrautauflauf zwischen den Varianten noch weniger ausgeprägt. Dies ist durch die heterogene Verteilung von Unkräutern auf Ackerflächen (MORTENSEN et al., 1993; NORDBO und CHRISTENSEN, 1995) und den Unkrautsamenvorrat sowie dessen heterogener Verteilung im Boden (RÖTTELE und KOCH, 1981) bedingt, wobei hier Einflüsse des Jahres, z. B. Trockenheit, zu beachten sind. Der starke witterungsbedingte Jahreseinfluss zeigte sich besonders im Jahr 2005, hier lag eine schwächere Verunkrautung im Vergleich zu den anderen Jahren der zweiten Rotation vor, bedingt durch geringe Niederschläge in den Monaten September und Oktober. Über einen längeren Zeitraum werden diese Einflüsse aber weniger bedeutsam. Die in Dahnsdorf vorhandene Bodenheterogenität, bzw. die Heterogenität der Unkrautsamensbank, wurde durch die Mittelwertbildung des Unkrautauftritts in hohem Maße kompensiert.

Generell war das Betriebssystem 1 stärker verunkrautet als das Betriebssystem 2. Dies galt in beiden Rotationen für die dikotylen Unkräuter und *Apera spica-venti*. Hier wirkte sich die Fruchtfolge von BS 2 mit geringerem Getreideanteil (67% zu 50%) deutlich aus. Ähnliche Resultate finden sich auch in anderen Dauerversuchen, z.B. in Glaubitz (vgl. auch PALLUTT, 2010).

Durch den Anbau von Luzerne-Klee gras und Silomais in BS 2 wurde durch den Schnitt und die Abfuhr der Pflanzenmaterials der Eintrag von neuen Unkrautsamen stark eingeschränkt. Durch den Schnitt des Luzerne-Klee gras wurden vorhandene Unkräuter in ihrem Wachstum gehindert (ANDREASEN et al., 2002).

Das nur sporadische Auftreten von *Centaurea cyanus* in BS 2 ist durch den geringeren Getreideanteil erklärbar, da *Centaurea cyanus* bessere Wachstumsbedingungen in Getreide findet.

Erst in der zweiten Rotation stellten sich die erwarteten Unterschiede zwischen den mit Herbizid behandelten Varianten und den unbehandelten Varianten ein. Die behandelten Versuchsglieder waren weniger stark verunkrautet als die unbehandelten Versuchsglieder, dies gilt für beide Betriebssysteme gleichermaßen. Wobei in BS 1 die Abstände zwischen unbehandelt und behandelt zahlenmäßig höher ausfielen. Sowohl in BS 1, als auch in BS 2 war die mit 50% der situationsbezogenen Herbizidaufwandmenge behandelte Variante erwartungsgemäß infolge der stärkeren Restverunkrautung in den Vorfrüchten stärker verunkrautet als die mit 100% behandelte, diese Effekte werden durch andere Versuche bestätigt (WITTMANN et al., 1996).

Die Zunahme von *Apera spica-venti* in beiden Betriebssystemen kann auf mehrere Ursachen zurückgeführt werden. Ebenso wie *Centaurea cyanus* findet auch *Apera spica-venti* im Getreide bessere Wachstumsbedingungen und kann bei unterlassener oder nicht ausreichender Bekämpfung zur Samenbildung gelangen. Auch die Reduzierung der Herbizidaufwandmenge und die damit einhergehende schlechtere Bekämpfung von *Apera spica-venti* tragen zur Verbreitung bei. Selbst nach Anwendung der situationsbezogenen Aufwandmengen wurden bei *Apera spica-venti* Wirkungsgrade, im Mittel der

Getreidefelder, von 93% in der ersten und von 94% in der zweiten Rotation erzielt (vgl. PALLUTT und MOLL, 2008).

Die in der ersten Rotation noch differenzierte N-Düngung (100% 120 bis 150 kg N/ha und 50% 60 bis 75 kg N/ha) hatte einen Einfluss auf die Verunkrautung. Durch die reduzierte Düngung wird die Konkurrenzkraft des Kulturpflanzenbestandes stärker geschwächt, als jene der meisten Unkrautarten (PULCHER-HÄUSSLING und HURLE, 1986). Dies erklärt den Effekt der geringeren Verunkrautung mit dikotylen Arten der unbehandelten Variante UK + F 100% im Vergleich zur mit 50% Herbizidaufwandmenge behandelten Varianten H + HF in der ersten Rotation. Bei *Apera spica-venti* waren diese Unterschiede jedoch nicht so deutlich ausgeprägt. ALKÄMPFER (1977) führt dies darauf zurück, dass sich *Apera spica-venti* bezüglich der Düngung eher wie eine Kulturpflanze verhalte. Während PALLUTT (2002a) für den Standort Dahnsdorf eine deutliche Bevorteilung von *Apera spica-venti* bezüglich Rispenanzahl bei reduzierter Düngung fand. Bei deutlich steigender Düngung und unterlassener Herbizidanwendung kann, unter anderen Standortbedingungen als in Dahnsdorf, auch eine Förderung einzelner, nitrophiler Unkrautarten beobachtet werden (vgl. PULCHER-HÄUSSLING und HURLE, 1986).

Für gesicherte Aussagen zum Verlauf der Verunkrautung, unter dem Einfluss von Fruchtfolge und Herbizidintensität, werden Dauerversuche benötigt. Besonders die Zunahme von *Centaurea cyanus* in BS 1 (Variante 50%, 100% UK + F und 50% H + HF) wäre bei einer kürzeren Versuchsdauer nicht beobachtet worden. Ebenfalls dauerte die Veränderung des Unkrautspektrums, Abnahme von *Viola arvensis* und Zunahme von *Matricaria* spp., mindestens fünf Jahre.

JÜTTERSONKE (1995) ermittelte für das gesamte Versuchsfeld 31 Arten. PALLUTT (2002a) beschrieb 20 Arten. In den jährlichen Unkrautaufnahmen im Herbst bzw. Frühjahr der Jahre 1997 bis 2008 wurden hauptsächlich die in den Tabellen genannten fünf dikotylen Unkrautarten und *Apera spica-venti* nachgewiesen, bzw. maximal 12 Arten gefunden (PALLUTT und GRÜBNER, 2004). Die unterschiedliche Anzahl der Arten wird auf den Unterschied zwischen Bonitur der gesamten, freien Fläche und der Bonitur im Bestand zurückgeführt. So stellte SCHMID (2000) fest, dass eine Halbierung der Boniturfläche zu einer Verringerung der Artenzahl um 15% führt.

Im Rahmen der Biodiversität wird über eine artenreichere Unkrautflora diskutiert. Diese soll durch die Extensivierung der Bekämpfung durch reduzierte Herbizidaufwandmengen erreicht werden. In Dahnsdorf führt die Reduzierung der situationsbezogenen Herbizidaufwandmenge und die unbehandelten Varianten zu einer deutlich stärkeren Verunkrautung. Die Anzahl der Unkräuter steigt beträchtlich an. Durch interspezifische Konkurrenz (EGGERS, 1975) führt diese aber nicht

zwangsläufig zu einer artenreicheren Unkrautflora. So konnten ALBRECHT und MATTHEIS (1996) selbst durch die Umstellung auf ökologischen Landbau, also den völligen Verzicht auf Herbizide, keine Zunahme von seltenen und gefährdeten Arten feststellen.

Literatur

- ALBRECHT, H., A. MATTHEIS, 1996: Die Entwicklung der Ackerwildkrautflora nach Umstellung von konventionellem auf integrierten bzw. ökologischen Landbau. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderh. **XV**, 211-224.
- ALKÄMPFER, J., 1977: Wechselwirkung zwischen Verunkrautung und Düngung. Proc. EWRS Symposium Methods Weed Control and their Integration, 9-21.
- AMMAN, A., 1991: Einfluß von Saattermin und Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in verschiedenen Kulturen. Diss. Universität Hohenheim.
- JÜTTERSONKE, B., 1995: unveröffentlichte Daten.
- ANDREASEN, C., C.H. HANSEN, C. MÖLLER, N. KLÆR-PEDERSEN, 2002: Regrowth of Weed Species after Cutting. Weed Technology **16** (4), 873-879.
- EGGERS, T., 1975: Konkurrenz der Unkräuter untereinander. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderh. **VII**, 87-94.
- KOCH, W., K. HURLE, 1978: Grundlagen der Unkrautbekämpfung; UTB 513. Stuttgart, Ulmer, 207 S.
- MORTENSEN, D.A., G.A. JOHNSON, L.J. YOUNG, 1993: Weed Distribution in Agricultural Fields. In: ROBET, P., R.H. RUST (Hrsg.): Soil Specific Crop Management, Agronomy Society of America, 113-124.
- NORDBO, E., S. CHRISTENSEN, 1995: Spatial Variability of Weeds. Proceedings of the Seminar on Site Specific Farming, Danish Institute of Plant and Soil Science, SP-report No. **26**, 67-90.
- PALLUTT, B., A. BENNEWITZ, 1996: Einfluß von pflugloser Bodenbearbeitung auf die Verunkrautung und den Ertrag von Wintergetreide. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderh. **XV**, 325-332.
- PALLUTT, B., 2002a: Langzeitwirkungen reduzierter Herbizidanwendung und Stickstoffdüngung auf Populationsdynamik und Konkurrenz von Unkräutern in Getreide, Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderh. **XVIII**, 293-304.
- PALLUTT, B., 2002b: Integrierte Unkrautbekämpfung. In: ZWARGER, P., H.-U. AMMON (Hrsg.): Unkraut - Ökologie und Bekämpfung. Stuttgart, Ulmer, 224-230.
- PALLUTT, B., P. GRÜBNER, 2004: Einfluss langjähriger umweltschonender Landbewirtschaftung auf die Unkrautflora, Agrarproduktion und Biodiversität. Kolloquium Jena, 7-16.
- PALLUTT, B., E. MOLL, 2008: Langzeitwirkung reduzierter Herbizidaufwandmengen auf Verunkrautung und Kornertrag von Wintergetreide in einem 12jährigen Dauerversuch. Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue **XXI**, 501-508.
- PALLUTT, B., 2010: 30 Jahre Dauerfeldversuche zum Pflanzenschutz. Journal für Kulturpflanzen **62** (7), 230-237.
- PULCHER-HÄUSSLING, M., K. HURLE, 1986: Einfluss der N-Düngung auf die Konkurrenz zwischen Unkräutern und Winterweizen. Proceedings EWRS Symposium, Economic Weed Control, 137-144.
- RÖTTELE, M., W. KOCH, 1981: Verteilung von Unkrautsamen im Boden und Konsequenzen für die Bestimmung der Samendichte. Z. für Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderh. **IX**, 383-391.
- SCHMID, B., 2000: Biodiversität: dynamisch, kostbar und schützenswert. AGRARForschung, **7** (11-12), 528-533.
- SCHUBOTH, J., E.-G. MAHN, 1994: Wie veränderlich ist die Diversität von Ackerunkrautzönosen - Ergebnisse 10-jähriger Untersuchungen auf einem Schwarzerdestandort. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderh. **XIV**, 25-36.
- WITTMANN, C., K. PALLAS, E. HINTZSCHE, 1996: Wirkung niedrig dosierter Herbizide auf die Struktur der verbleibenden Unkrautgemeinschaft. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderheft **XV**, 367-376.
- ZWARGER, P., K. HURLE, 1988: Simulationsstudien zum Einfluß von Fruchtfolge und Bekämpfungsmaßnahmen auf die Verunkrautung. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderh. **XI**, 71-82.