

30 Jahre Dauerfeldversuche zum Pflanzenschutz

30 years of long-term trials for plant protection

Zusammenfassung

Dauerfeldversuche werden erst seit Mitte der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts zur Lösung von Pflanzenschutzproblemen genutzt. Sie haben national als auch international im Vergleich zur Gesamtzahl der Pflanzenschutzversuche nur einen geringen Anteil, da sie sehr kosten- und zeitaufwendig sind.

Langzeiteffekte zur Populationsdynamik von Unkräutern werden frühestens nach ca. fünf, häufig aber erst nach ca. 20 Jahren sichtbar. Dies betrifft sowohl Untersuchungen zur Wirkung von unterschiedlichen Pflanzenschutzstrategien als auch die Anwendung von reduzierten Aufwandmengen von Herbiziden.

Die populationsdynamischen Effekte beeinflussen langfristig die Erträge der Kulturpflanzen, die Wirtschaftlichkeit des Pflanzenbaues und die Ressourceneffizienz, wie Stickstoff- und Energieeffizienz, so dass Dauerfeldversuche auch zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Pflanzenschutzstrategien unverzichtbar erscheinen.

Stichwörter: Dauerfeldversuche, Pflanzenschutzstrategien, Populationsdynamik von Unkräutern, Aufwandmenge, Nachhaltigkeit

Abstract

Long-term field trials have been used for the solution of plant protection problems since the seventies. Comparing long-term field trials regarding plant protection to other plant protection experiments, the size is smaller because of high costs.

Long-term effects of weed population diversification can be observed at the earliest after five years, but very

often it takes 20 years of running time. This concerns both different plant protection strategies and also reduced herbicide doses.

Population dynamic effects have an influence on yield, economics and resource efficiency. The sustainability of plant protection strategies can only be sufficiently assessed with long-term field trials.

Key words: Long-term trials, plant protection strategies, population dynamics of weeds, dosage, sustainability

1 Einleitung

Historisch betrachtet sind Dauerfeldversuche eine Domäne des Acker- und Pflanzenbaus, wobei anfänglich Düngungsversuche, später Fruchtfolgeversuche und in jüngster Zeit vor allem Versuche zur Bodenbearbeitung angelegt wurden. Unter Dauerfeldversuchen werden Experimente verstanden, bei denen die jeweiligen Prüfglieder über einen längeren Zeitraum (meist mehr als 20 Jahre) stets auf der gleichen Stelle zur Anwendung kommen. Es sind somit statisch angelegte Feldversuche, die über längere Zeiträume vollständig bzw. weitgehend unverändert durchgeführt werden (ELLMER, 2010). Zum Begründen von Konzepten einer nachhaltigen Bodennutzung und des Bodenschutzes, welche eine dauerhafte Sicherung der Bodenfruchtbarkeit gewährleisten müssen, stellen sie das grundlegende und unentbehrliche Erkenntnismittel dar.¹ Nach KÖRSCHENS (1997) ermöglichen nur Dauerversuche den experimentellen Nachweis einer nachhaltigen Bodennutzung.

¹Memorandum der internationalen Konferenz „Dauerversuche als Forschungsbasis für nachhaltige Landwirtschaft“ (Berlin, Juni 1997)

Institut

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

Kontaktanschrift

Dr. Bernhard Pallutt, Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, Germany, E-Mail: bernhard.pallutt@jki.bund.de

Zur Veröffentlichung angenommen

Mai 2010

Der erste und älteste Dauerfeldversuch befindet sich im englischen Rothamsted, der bereits seit 1843 besteht. Hier wurden die Düngung von Winterweizen und, seitdem mehrfach modifiziert, auch die Fruchtfolge und andere Aspekte untersucht.

In Deutschland dürfte es z. Z. etwa 50 Dauerfeldversuche mit einer Versuchsdauer von mehr als 30 Jahren geben (KÖRSCHENS, 1997). Der älteste ist hierbei der von Julius KÜHN 1878 angelegte und noch heute bestehende „Ewige Roggen“ auf dem Versuchsfeld der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg am Stadtrand von Halle. Seit 1902 läuft in Bad Lauchstädt der „Statische Düngungsversuch“. Weitere noch heute existierende Dauerversuche gibt es u. a. in Bonn-Poppelsdorf (seit 1906) und Thyrow (seit 1937).

Die Nutzung von Langzeitexperimenten auf dem Gebiet des Pflanzenschutzes begann erst Mitte der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts. Hierbei ist vor allem das von 1977 bis 1994 laufende „Lautenbach-Projekt“ zu nennen. Das primäre Ziel des Vorhabens bestand in der Entwicklung des integrierten Pflanzenschutzverfahrens für den Ackerbau und dessen Einführung in die landwirtschaftliche Praxis (EL TTI, 1996).

Eine Zwischenstellung bezüglich der Versuchsdauer als auch der Zielstellung nimmt das von 1990 bis 1998 in Göttingen laufende INTEX-Projekt ein (GEROWITT und WILDENHAYN, 1997; STEINMANN und GEROWITT, 2000). Mit einem Zeitraum von acht Jahren erfüllt es die Kriterien eines Dauerfeldversuches nur in Anfängen. In diesem Zeitraum wurden die Anbausysteme „Ordnungsgemäß“, „Reduziert“, „Integriert“ und „Extensiv“ in ihren Auswirkungen auf ökologische und ökonomische Kenngrößen verglichen. Diese Anbausysteme werden durch unterschiedliche Fruchtfolgen, Bodenbearbeitung, Aussaattermine, Sorten, N-Düngung und Pflanzenschutz repräsentiert, so dass daraus nur begrenzt der Einfluss der einzelnen Faktoren auf ökologische und ökonomische Kenngrößen, aber auch zur Wirkung eines differenzierten Pflanzenschutzes abgeleitet werden kann.

Dauerfeldversuche zum Einfluss der Fruchtfolge und mechanischen sowie chemischen Unkrautbekämpfungsmaßnahmen auf die Verunkrautung und den Ertrag von Getreide wurden auf den Standorten Kötschau von 1975 bis 1991 (PALLUTT und HAASS, 1992) und Glaubitz von 1985 bis 2001 (PALLUTT, 1999) durchgeführt, wobei auf letzterem in den letzten acht Jahren auch die Wirkung der Bodenbearbeitung auf die Verunkrautung und den Ertrag von Getreide untersucht wurde (PALLUTT und GRÜBNER, 2004).

Mit dem Ziel, die Nachhaltigkeit von Pflanzenschutzstrategien und Bewirtschaftungssystemen (auch Bodennutzungs- oder Anbausysteme genannt) zu beurteilen, wurde im Herbst 1995 auf dem Standort Dahnsdorf der Dauerfeldversuch „Strategievergleich – umweltschonender Pflanzenschutz“ angelegt, der nach Ablauf von zwei Fruchtfolgerotationen (12 Jahre) inzwischen an die veränderten pflanzenschutzpolitischen Rahmenbedingungen angepasst wurde. (Ausführliche Darstellungen zu den Ergebnissen dieses Dauerversuches in den nachfolgenden Beiträgen in diesem Heft.)

Somit ist festzustellen, dass Dauerfeldversuche zur Verbesserung von Pflanzenschutzverfahren erst in den letzten 35 Jahren als Versuchsbasis genutzt werden.

2 Warum sind Dauerfeldversuche zum Erkenntnisgewinn auf dem Gebiet des Pflanzenschutzes erforderlich?

- Die Nachhaltigkeit von Pflanzenschutzstrategien und -maßnahmen ist ebenfalls erst nach einem längeren Zeitraum sicher einschätzbar. Dies betrifft die Populationsdynamik und damit die Veränderungen im Auftreten aller bodenbürtigen Schadorganismen. Von besonderer Bedeutung sind hierbei Einschätzungen zur Selektion schwer bekämpfbarer Unkräuter und Ungräser in Abhängigkeit von Art und Weise der Unkrautbekämpfung. So regte auch KUDSK (1989) an, neben der aktuellen Herbizidwirkung Langzeiteffekte von reduzierten Herbizidmengen auf die Populationsdynamik der Unkräuter zu ermitteln. Ferner ist in diesem Zusammenhang auch die Resistenzentwicklung der Unkräuter gegenüber einzelnen Herbiziden bzw. Wirkstoffen zu nennen.
- Aber auch für die Ermittlung der Entwicklung des Ertrages und der Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit von verschiedenen Pflanzenschutzstrategien und -maßnahmen sind Dauerfeldversuche erforderlich.
- Die Abschätzung eines dauerhaft, d. h. langfristig notwendigen Maßes der Herbizidanwendung kann mit einjährigen Versuchen, selbst wenn sie als Versuchsserien konzipiert sind, sowie jährlichen Erhebungen der Intensität der Herbizidanwendung in Praxisbetrieben allein nicht vorgenommen werden, so dass flankierend Dauerfeldversuche notwendig sind.
- Die Erarbeitung von Aussagen zur langfristigen Stickstoff- und Energieeffizienz von Pflanzenschutzmaßnahmen setzt Dauerversuche voraus, die je nach Standortbedingungen möglichst 30 bis 70 Jahre zu führen sind, um ein annäherndes Fließgleichgewicht im Humusgehalt als Grundlage für die Berechnungen zu gewährleisten (KÖRSCHENS, 2010; MERBACH et al., 1999).
- Darauf aufbauend lässt sich der Einfluss von Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Ausstoß bzw. die Reduzierung der klimarelevanten Gase CO₂ und N₂O bezogen auf die Produkteinheit (z. B. je dt Getreide) ermitteln.
- Aussagen zur Auswirkung des Klimawandels auf bodenbürtige Schadorganismen insbesondere Unkräuter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungssystemen und Pflanzenschutzstrategien erfordern ebenfalls Dauerversuche. Dies gilt auch für Untersuchungen zum Einfluss von Pflanzenschutzmaßnahmen auf die Bodenfauna.

3 Dauerfeldversuche zur mechanisch-chemischen Unkrautbekämpfung am Forschungsstandort Kleinmachnow im Zeitraum 1975–2001

3.1 Kötschau (1975–1991)

Die Methodik, die ausführliche Versuchsbeschreibung und Ergebnisdarstellung wurden bereits von PALLUTT und

HAASS (1992) veröffentlicht. Im Rahmen dieses Beitrages werden nur die das Verständnis und die Thematik betreffende Beschreibung des Versuches und Ergebnisse vorgestellt.

Standortbeschreibung:

- Lage über NN: 315 m
- 50jähriges Mittel der Jahrestemperatur: 7,6°C
- 50jähriges Mittel des Niederschlags: 573 mm
- Bodentyp: Parabraunerde aus Lösslehm
- Humusgehalt: 1,8%
- pH-Wert: 6,2
- Ackerzahl: 80/78

Fruchtfolge:

Zuckerrüben (ZR) – Sommergerste (SG) – Winterweizen (WW) – Hafer (Ha) – Winterweizen (1975–1988)

Ackerbohnen (AB) – Winterweizen – Sommergerste – Winterweizen – Wintergerste(WG) (1989–1991)

Prüffaktoren und -varianten:

Faktor A: Mechanische Unkrautbekämpfung

a₁- Pflugfurche

a₂- Pflugfurche + 2maliges Scheiben + Zwischenfrucht + Striegeln

Faktor B: Herbizidanwendung

b₁- unbehandelt

b₂- Herbizid

Ergebnisse zu den Langzeitwirkungen:

a) Wirkung von Stoppelbearbeitung und Saatenpflege mittels Striegel bzw. Ackerbürste auf die Verunkrautung:

Der aus beiden Maßnahmen resultierende Wirkungsgrad gegen annuelle und perennierende Unkräuter lag anfänglich bei 35–50%. Er stieg nach ca. fünf Jahren auf etwa 70% und blieb dann stabil. Die Nachwirkung in der Nachfrucht lag bei ca. 40%, wobei *Agropyron repens* zu ca. 50%, *Cirsium arvense* zu ca. 75% und die einjährigen Unkräuter nur um ca. 20% reduziert wurden.

b) Wirkung der Herbizidanwendung auf die Verunkrautung:

Bereits eine einmalige Herbizidanwendung im Getreide war mit einer Reduzierung des Unkrautauflaufs im Folgejahr um ca. 20% verbunden. Die Nachwirkung stieg bis zum 5. Jahr auf ca. 50% an und schwankte in den späteren Jahren um diesen Wert.

Tab. 1. Kornmehrerträge (dt/ha) von Getreide in Abhängigkeit der Unkrautbekämpfung in einer Fruchtfolge mit 80% Getreide

Zeitraum	Fruchtfolge	Unkrautbekämpfung	
		mechanisch	chemisch
1976–1983	ZR-WW-SG-WW-Ha	3,8	3,3
1984–1988	ZR-WW-SG-WW-Ha	1,5	4,4
1989–1991	AB-WW-SG-WW-WG	-0,5	7,9

c) Kornmehrerträge durch mechanische und chemische Unkrautbekämpfung:

Im Zeitraum 1976 bis 1983 waren die Mehreträge durch die mechanische bzw. chemische Unkrautbekämpfung etwa gleich (Tab. 1).

Obwohl im Jahr 1984 ein Wechsel zwischen „unbehandelt“ und chemischer Unkrautbekämpfung vorgenommen wurde, stieg der Mehretrag durch die Herbizidanwendung leicht an, während der Mehretrag durch die mechanische Unkrautbekämpfung zurückging. Die zusätzliche Veränderung in der Fruchtfolge in den Jahren 1989 bis 1990 verminderte nochmals den Effekt der mechanischen Unkrautbekämpfung auf den Ertrag. Demgegenüber stieg der herbizidbedingte Mehretrag infolge der zunehmenden Verunkrautung auf den unbehandelten Teilstücken weiter an.

3.2 Glaubitz (1985–2001)

Die Methodik und ausführliche Versuchsbeschreibung ist bei PALLUTT (1999) dargelegt.

Standortbeschreibung:

- Lage über NN: 75m
- 20jähriges Mittel der Jahrestemperatur: 8,8°C
- 20jähriges Mittel des Niederschlags: 574 mm
- Bodenart: sandiger Lehm (48% Sand, 38% Schluff, 14% Ton)
- Bodentyp: Sandlehm – Braunstaugley
- Organische Substanz: 2,9–3,2%
- pH-Wert: 5,0–5,8

Untersuchungszeitraum 1985–1991:

Fruchtfolgen:

- Fruchtwechsel (50% Getreide):
Kartoffeln – Winterroggen – Mais (ab 1988 Erbsen) – Sommergerste – Wintererbsen – Wintergerste – Rotklee (ab 1988 Ackerbohnen) – Winterweizen
- Getreidedaueranbau (100% Getreide):
Winterweizen – Hafer – Wintergerste – Winterroggen

Prüffaktoren und -varianten:

Faktor A: Mechanische Unkrautbekämpfung

a₁- Pflugfurche

a₂- Pflugfurche, Schälens, Striegeln von Hafer und Weizen

Faktor B: Herbizidanwendung

b₁- unbehandelt

b₂- 50% Standardaufwandmenge

b₃- 100% Standardaufwandmenge

b₄- 2 × 50% Standardaufwandmenge (Splitting)

b₅- situationsbezogen (Nutzung von Schwellenwerten und situationsbezogene Dosierung)

Ergebnisse zu Langzeitwirkungen im Zeitraum 1985–1991:

- Ein Einfluss des Schälens auf den Unkrautauflauf wurde erst nach vier Jahren beobachtet. Er blieb bis zum 6. Jahr mit einer Minderung des Unkrautauflaufs um 10–20% gering.

Tab. 2. Besatz von *Agropyron repens* (Ähren/m²) und Ertrag (dt/ha) des Wintergetreides (Mittel 1985–1991)

Stoppel- bearbeitung	Fruchtfolge			
	50% Getreide		100% Getreide	
	<i>Agropyron repens</i>	Ertrag	<i>Agropyron repens</i>	Ertrag
ohne	7	67,4	71	57,2
Schälen	4	69,9	8	62,1
HSD _{α = 5%}		3,8		2,4

- Ein anfänglich schwacher Besatz mit *Agropyron repens* konnte durch den jährlichen Wechsel von Blatt- und Halmfrüchten und im Getreidedaueranbau durch die Schälfrucht unter Kontrolle gehalten werden (Tab. 2). Ein Schälverzicht führte in der Futterfolge nur zu einem geringfügigen Anstieg von *Agropyron repens*, während beim Dauergetreidebau zur Vermeidung von starken Ertragsdepressionen seit dem vierten Versuchsjahr der graminizide Wirkstoff Fluazifop nach der Getreideernte eingesetzt wurde.
- Der Einfluss der Fruchtfolge zeigte sich am stärksten beim Besatz mit *Apera spica-venti* (Tab. 3).
- Der ab dem dritten (100% Getreide) bzw. fünften Jahr (50% Getreide) beobachtete geringere Unkrautauflauf infolge der Nachwirkung durch die Herbizidanwendung bewegte sich zwischen 30 bis 50%, wobei die Unterschiede zwischen der zugelassenen und halben Herbizidaufwandmenge bis zum Jahr 1991 gering blieben.
- Hervorzuheben ist, dass die Verunkrautungsstärke in den Prüfgliedern witterungsbedingt zwischen den einzelnen Jahren im Verhältnis 1:3 bis 1:5 schwankte.
- In den ersten sechs Jahren wurden insbesondere im Fruchtwechsel nur geringe herbizidbedingte Mehrerträge ermittelt. Hierbei gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Herbizidaufwandmengen und dem Splitting (Tab. 4).

Untersuchungszeitraum 1993–2001:**Fruchtfolgen:**

- Fruchtwechsel:
Mais – Wintertriticale (ab 1999 Winterweizen) – Klee-gras (ab 2001 Erbsen) – Winterweizen – Kartoffeln – Winterweizen – Winterraps – Wintergerste

Tab. 3. Besatz von *Apera spica-venti* (Rispen/m²) im Wintergetreide

Fruchtfolge	Jahr						
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
50% Getreide	0,1	3	2	6	5	1	1
100% Getreide	3,2	20	76	77	91	19	98

- Getreidebetonte Fruchtfolge:
Winterraps – Winterweizen – Wintergerste – Winterroggen – Brache – Winterweizen – Wintertriticale – Wintergerste

Prüffaktoren und -varianten:

Faktor A: Bodenbearbeitung

a₁– wendenda₂– nichtwendend

Faktor B: Herbizidanwendung

b₁– unbehandeltb₂– 25% Standardaufwandmengeb₃– 50% Standardaufwandmengeb₄– 100% Standardaufwandmengeb₅– situationsbezogen

Der Zeitraum 1992–1993 diente der Umstellung des Langzeitversuches auf die neue Zielstellung. Dazu wurde die wendende Bodenbearbeitung auf die Variante „Schälen und Pflugfurche“ und die nichtwendende Bodenbearbeitung auf die Variante „Pflugfurche“ gelegt. Die Herbizidvarianten blieben mit einer Ausnahme (anstelle von 2 × 50% der Dosis wurde auf diesen Flächen nur 25% der Standardmenge appliziert) auf denselben Teilstücken.

Darüber hinaus wurde auf allen Flächen Glyphosat gegen *Agropyron repens* angewandt, um die Unterschiede im Queckenbesatz zu eliminieren, so dass auf die Ergebnisdarstellung in diesem Zeitraum verzichtet wird.

Ergebnisse zu Langzeitwirkungen im Zeitraum 1994–1998:

- Die getreidebetonte Fruchtfolge förderte vor allem *Apera spica-venti*, *Centaurea cyanus* und *Matricaria inodora*.
- Die nichtwendende Bodenbearbeitung führte zur Zunahme von *Apera spica-venti* und *Matricaria inodora*.
- Die Unterschiede beim Auflauf der dikotylen Arten zwischen den Stufen der Herbizidintensität (100%, 50%, 25%) blieben in diesem Zeitraum gering. Demgegenüber war die Reduzierung der Herbizidaufwandmenge mit einer deutlichen Zunahme von *Apera spica-venti* verbunden. Dies zeigte sich besonders deutlich beim Rispenbesatz (Tab. 5), wobei der markanteste Anstieg in der Marktfruchtfolge bei nichtwendender Bodenbearbeitung auftrat.
- Die herbizidbedingten Mehrerträge des Getreides fielen in der Futterbaufruchtfolge wesentlich niedriger

Tab. 4. Getreideerträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Herbizidanwendung (Mittel 1985–1991)

Herbizidanwendung (% zugelassene Dosis)	Fruchtfolge	
	50% Getreide	100% Getreide
0	64,8	54,9
50	67,9	61,1
100	68,3	61,4
2 × 50	69,2	61,3
HSD _{α = 5%}	5,4	7,4

Tab. 5. Besatz von *Apera spica-venti* (Anzahl Rispen/m²) in Abhängigkeit von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Intensität der Herbizidanwendung im Wintergetreide (Mittel 1994–1998)

Herbizidintensität ¹⁾ (%)	Fruchtfolge			
	50% Getreide		100% Getreide	
	wendend	nichtwendend	wendend	nichtwendend
0	15	34	111	269
25	4	13	61	149
50	3	8	43	93
100	1	3	22	50

¹⁾ Behandlungsindex bei 100% Herbizidintensität:

50% Getreideanteil: 1,12

75% Getreideanteil: 1,16

Tab. 6. Herbizidbedingte Mehrerträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidintensität (Mittel von wendend und nichtwendend 1994–1998)

Bodenbearbeitung	Fruchtfolge					
	50% Getreide Herbizidintensität ¹⁾ (%)			75% Getreide Herbizidintensität ¹⁾ (%)		
	25	50	100	25	50	100
wendend	8,8	8,5	7,9	12,2	15,4	15,7
nichtwendend	7,4	7,2	8,3	13,1	17,1	18,9

¹⁾ Behandlungsindex bei 100% Herbizidintensität:

50% Getreideanteil: 1,12

75% Getreideanteil: 1,16

als in der Marktfruchtfolge aus, wobei nur in der Marktfruchtfolge größere Differenzen zwischen den Stufen der Bodenbearbeitung und Herbizidintensität registriert wurden (Tab. 6).

Ergebnisse zu Langzeitwirkungen im Zeitraum 1999-2001:

In diesem Zeitraum wurden in den letzten 2 Jahren nochmals Modifizierungen beim Versuchsaufbau zwecks Bearbeitung zusätzlicher phytopathologischer Fragen nach Übernahme der Kosten für die Versuchsarbeiten durch die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft vorgenommen.

Deshalb wurde die wenig krankheitsanfällige Weizensorte 'Pegasso' durch die Sorte 'Charger' ersetzt und anstelle von Triticale nach der Vorfrucht Mais ebenfalls Weizen angebaut, um Auswirkungen der Vorfrucht Mais in Verbindung mit pfluglosem Anbau auf den Befall mit *Fusarium* spp. und den daraus resultierenden Mykotoxin-gehalt zu ermitteln.

Diese nur den verstärkten Anbau von Weizen und den Sortenwechsel beim Weizenanbau betreffenden Veränderungen führten aber überraschenderweise zu stärkeren Differenzierungen in der Verunkrautung und herbizidbedingten Mehrerträgen.

Langzeitwirkungen:

a) Verunkrautung

Im Mittel des 6. bis 8. Jahres traten deutliche Veränderungen im Unkrautauflauf in Abhängigkeit von der Fruchtfolge, der Bodenbearbeitung und der Herbizidanwendung ein (Tab. 7).

Die getreidebetonte Fruchtfolge führte zu einem generell stärkeren Unkrautauflauf, wobei insbesondere *Matricaria inodora*, *Galium aparine*, *Centaurea cyanus* und *Apera spica-venti* gefördert wurden. Die pfluglose Bodenbearbeitung verursachte in der Fruchtfolge mit 50% Getreide meist eine Verringerung des Unkrautauflaufs, da das Getreide nach Blattfrüchten stand, die mit Ausnahme des Winterrapses vorwiegend sommerannuelle Unkräuter begünstigen, so dass die winterannuellen Arten davon nicht profitierten.

In der getreidebetonten Fruchtfolge verursachte die pfluglose Bodenbearbeitung dagegen bei vielen Unkräutern einen deutlichen Anstieg im Unkrautauflauf. Dies betraf vor allem die bereits durch den Getreidebau geförderten Arten *Matricaria inodora*, *Centaurea cyanus*, *Galium aparine* und *Apera spica-venti*.

Aus der Abb. 1 ist am Beispiel von *Galium aparine* zu erkennen, dass zur Ermittlung des Einflusses unterschiedlicher Intensitäten der Herbizidanwendungen auf die Verunkrautung Versuchszeiträume von mehr als 10 Jahren benötigt werden.

Tab. 7. Unkrautaufbau (Pfl./m²) in Abhängigkeit von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung im Wintergetreide (Mittel von WW, WG, WR, TC 1999–2001)

Fruchtwechsel (50% Wintergetreide)								
Bodenbearbeitung Herbizidintensität ¹⁾ (%)	wendend				nichtwendend			
	0	25	50	100	0	25	50	100
Dikotyle Arten insgesamt	261	105	116	93	183	94	100	78
• <i>Centaurea cyanus</i>	28	10	4	3	17	7	4	4
• <i>Galium aparine</i>	1	5	1	0,5	1	5	3	0,3
• <i>Lamium</i> -Arten	22	8	10	8	13	5	5	5
• <i>Matricaria inodora</i>	24	6	8	7	22	12	16	9
• <i>Stellaria media</i>	13	11	12	9	12	9	8	5
• <i>Veronica hederifolia</i>	90	5	7	4	52	3	3	3
• <i>Viola arvensis</i>	51	42	55	44	30	27	38	29
<i>Apera spica-venti</i>	52	36	27	22	38	26	27	14
Getreidebetonte Fruchtfolge (75% Wintergetreide)								
Dikotyle Arten insgesamt	312	200	177	152	418	265	227	209
• <i>Centaurea cyanus</i>	93	45	36	31	144	94	74	78
• <i>Galium aparine</i>	4	14	16	6	29	63	57	28
• <i>Lamium</i> -Arten	18	6	9	8	14	2	5	3
• <i>Matricaria inodora</i>	31	16	17	14	52	23	25	27
• <i>Stellaria media</i>	5	3	2	4	13	2	2	5
• <i>Veronica hederifolia</i>	65	13	9	9	89	13	6	5
• <i>Viola arvensis</i>	56	59	52	46	41	38	36	38
<i>Apera spica-venti</i>	105	113	92	81	181	176	146	153

¹⁾ Behandlungsindex bei 100% Herbizidintensität:
50% Getreideanteil: 1,69
75% Getreideanteil: 1,42

Galium aparine war zu Versuchsbeginn im Jahre 1984 nur sporadisch vorhanden. Sowohl die Wirkung der Fruchtfolge als auch die unterschiedliche Herbizidintensität blieb bis zum 14. Versuchsjahr bei dieser Unkrautart ohne großen Einfluss. Im 15. bis 17. Jahr des Dauerversuches konnte aber eine eindeutige Förderung von *Galium aparine* durch eine getreidebetonte Fruchtfolge und reduzierte Herbizidgaben nachgewiesen werden. Die Wirkung der Bodenbearbeitung, die erst seit Herbst 1993 als Prüffaktor untersucht wurde, blieb in den ersten 5 Jahren in beiden Fruchtfolgen ohne spürbaren Einfluss auf den Besatz mit *Galium aparine*. Im Mittel des 6. bis 8. Jahres förderte der Pflugverzicht das Auftreten von *Galium aparine* nur in der getreidebetonten Fruchtfolge in einem hohen Maße.

b) Herbizidbedingte Mehrerträge des Getreides

Da sich die herbizidbedingten Mehrerträge zwischen wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung zwar in der Höhe aber nicht im Trend unterschieden, wurden die Mehrerträge der jeweiligen Herbizidstufe der beiden Bodenbearbeitungsvarianten gemittelt.

Im Zeitraum 1994 bis 1998 wurden mit der Herbizidanwendung in der Fruchtfolge mit 75% Getreide wesent-

lich höhere Mehrerträge als in der Fruchtfolge mit 50% Getreide erzielt (Tab. 8). Darüber hinaus konnte nur in der getreidebetonten Fruchtfolge eine Steigerung des Mehrertrages mit der Zunahme der Herbizidintensität ermittelt werden. Die Veränderungen im Weizenanteil in der Fruchtfolge und vor allem der Wechsel von der konkurrenzstarken Sorte 'Pegassos' zur konkurrenzschwachen Sorte 'Charger' kehrten die bisher gewonnenen Ergebnisse ins Gegenteil um. Hinzu kam noch, dass infolge der starken Verunkrautung des Weizens in den letzten zwei Jahren mit einer höheren Herbizidintensität gearbeitet wurde. Die in Tab. 8 ausgewiesenen höheren herbizidbedingten Mehrerträge sind vorrangig auf Ergebnisse im Winterweizen zurückzuführen (Tab. 9).

4 Gesamtbetrachtung zu den Dauerfeldversuchen Köttschau und Glaubitz

Die Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, mechanische Unkrautbekämpfung und Herbizidanwendung beeinflussen langfristig sowohl die Verunkrautungsstärke als

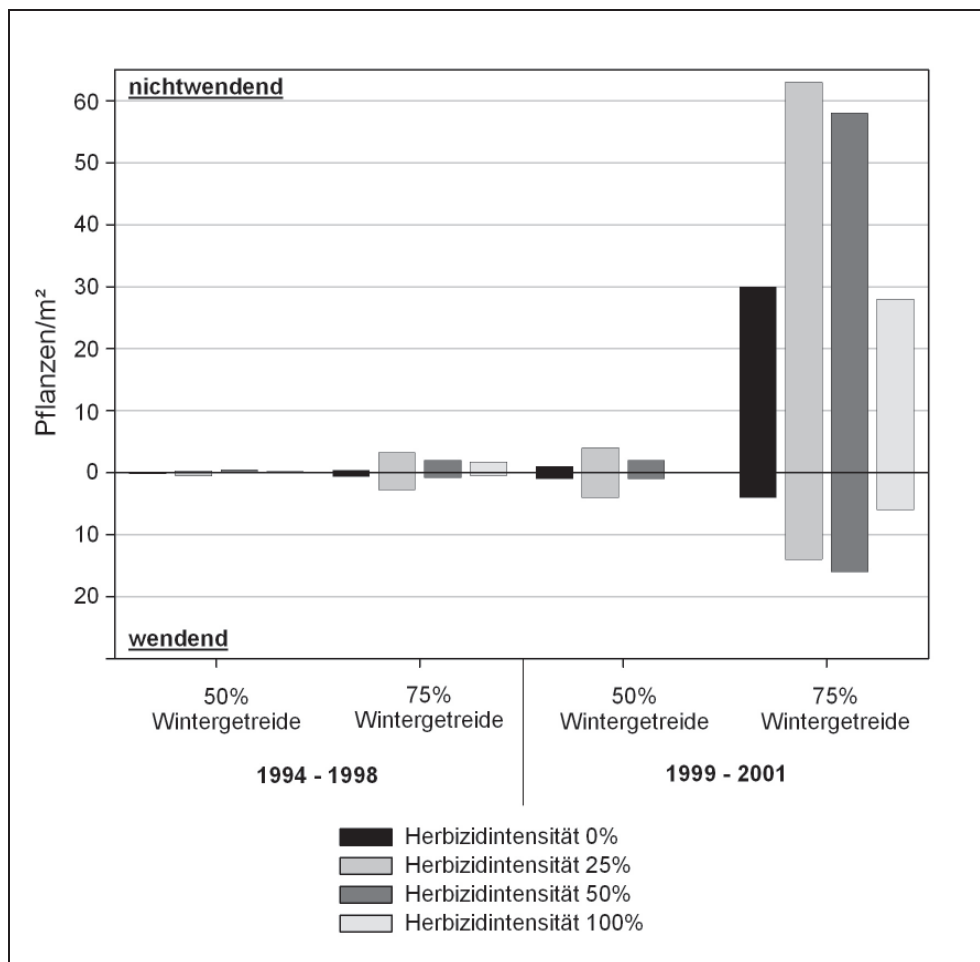


Abb. 1. Entwicklung des Besatzes mit *Galium aparine* (Mittel von WW, WG, WR und TC 1994–1998 bzw. 1999–2001) Behandlungsindex bei 100% Herbizidintensität:
 50% Getreideanteil: 1994–1998: 1,12; 1999–2001: 1,69
 75% Getreideanteil: 1994–1998: 1,16; 1999–2001: 1,42

Tab. 8. Herbizidbedingte Mehrerträge (dt/ha) in Abhängigkeit von der Fruchtfolge und Herbizidintensität (Mittel von WW, WG, TC, WR sowie wendend und nichtwendend, 1994–2001)

Getreideanteil (%) Herbizidintensität ¹⁾ (%)	Zeitraum			
	1994–1998		1999–2001	
	50	75	50	75
25	8,1	11,5	12,0	9,6
50	7,9	14,6	16,6	11,6
100	8,1	16,2	17,6	12,3

¹⁾Behandlungsindex bei 100% Herbizidintensität:
 50% Getreideanteil: 1994–1998: 1,12; 1999–2001: 1,69
 75% Getreideanteil: 1994–1998: 1,16; 1999–2001: 1,42

Tab. 9. Herbizidbedingter Mehrertrag (dt/ha) von Winterweizen in Abhängigkeit von der Sorte und Herbizidaufwandsmenge (Winterweizen nach Kartoffeln, Mittel von wendend und nichtwendend, 1994–2001) Ertrag von ‚unbehandelt‘: ‘Pegassos’ 63,8 dt/ha, ‘Charger’ 49,5 dt/ha

Herbizidintensität (%)	Weizensorte	
	Pegassos ¹⁾ (1994–1999)	Charger ²⁾ (2000–2001)
	25	10,4
50	9,1	33,8
100	8,8	35,6
HSD _{α = 5%}	2,8	11,0

¹⁾1994–1998: Concert 60 g/ha + Foxtril Super 1,5 l/ha
 Behandlungsindex bei 100% Herbizidintensität: 1,27
²⁾2000–2001: Husar 200 g/ha + Loreda 2,0 l/ha
 Behandlungsindex bei 100% Herbizidintensität: 2,0

auch die Dominanzstruktur. Durch eine situationsbezogene Herbizidanwendung können die aus der Fruchtfolge und Bodenbearbeitung resultierenden Wirkungen auf die Verunkrautung weitgehend unterbunden werden. Langzeiteffekte sind frühestens nach fünf Jahren erkennbar.

Die infolge neuer Aufgabenstellungen vorzunehmenden Modifizierungen der Versuchsfragen und somit des Versuchsablaufs können bei Dauerfeldversuchen wohl

kaum völlig vermieden werden. Da aber bereits leichte Veränderungen, z. B. das Wechseln der Sorten, durchaus größere Auswirkungen auf die Versuchsergebnisse haben können, sollten Dauerfeldversuche zur Erzielung von sicheren Langzeitwirkungen weitgehend unverändert durchgeführt werden. Ein Wechsel der Sorten ist aller-

dings häufig nicht vermeidbar bzw. auch angebracht, wenn die genutzte Sorte nicht mehr dem Stand des Züchtungsfortschritts entspricht.

Literatur

- ELLMER, F., 2010: Dauerfeldversuche als Informationsbasis für Bodennutzungssysteme auf sandigen Böden. *Journal für Kulturpflanzen* **62** (2), 53-55.
- EL TITI, A., 1996: Veränderungen der Unkrautzusammensetzung nach 16 Jahren integrierter Bewirtschaftung auf dem Lautenbacher Hof. , *Z. Pfl. Krankh. PflSchutz., Sonderh.* **XV**, 201-209.
- GEROWITT, B., M. WILDENHAYN (Hrsg.), 1997: Ökologische und ökonomische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen. Ergebnisse des Göttinger INTEX-Projektes 1990-94. Göttingen, Goltze-Druck, 344 S.
- KÖRSCHENS, M., 1997: Die wichtigsten Dauerfeldversuche der Welt. Übersicht, Bedeutung, Ergebnisse. *Arch. Acker- Pfl. Boden* **42**, 157-168.
- KÖRSCHENS, M., 2010: Soil Organic Carbon (C_{org}) – Importance, Determination, Evaluation. *Archives of Agronomy and Soil Science* **56** (im Druck).
- KUDSK, P., 1989: Experiences with reduced herbicide doses in Denmark and the development of the concept of factor-adjusted doses. *Proc. Brighton Crop Protection Conf. – Weeds*, pp. 545-554.
- MERBACH, W., L. SCHMIDT, J. GARZ, H. STUMPE, W. SCHLIEPHAKE, 1999: Die Dauerdüngungsversuche in Halle – ein Überblick. *UFZ-Bericht Nr. 24/1999*, 1-4.
- PALLUTT, B., J. HAASS, 1992: Beiträge zur integrierten Unkrautbekämpfung im Getreidebau. I. Mechanisch-chemische Unkrautbekämpfung im Rahmen der Fruchtfolge. *Gesunde Pflanzen* **44**, 215-222.
- PALLUTT, B., 1999: Einfluss von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf Populationsdynamik und Konkurrenz von Unkräutern im Getreide. *Gesunde Pflanzen* **51**, 109-120.
- PALLUTT, B., P. GRÜBNER, 2004: Langzeitwirkung ausgewählter Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Verunkrautung am Beispiel des Getreides. *J. Plant Dis. Protect., Special Issue XIX*, 969-979.
- STEINMANN, H.-H., B. GEROWITT (Hrsg.), 2000: Ackerbau in der Kulturlandschaft – Funktionen und Leistungen. *Forschungsergebnisse aus dem Göttinger INTEX-Projekt*. Duderstadt, Mecke Verlag, 300 S..