

Effizienz der chemischen Unkrautregulierung in Mais (*Zea mays*) in Bayern

Efficiency of chemical weed control in maize (Zea mays) in Bavaria

Klaus Gehring*, Stefan Thyssen, Thomas Festner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz, Lange Point 10,
85354 Freising-Weißenstephan

*Korrespondierender Autor, klaus.gehring@lfl.bayern.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.025



Zusammenfassung

Für die Bewertung der chemischen Unkrautregulierung im Maisanbau konnte Daten von 321 Feldversuchen mit 4203 Prüfvarianten im Zeitraum von 1991 bis 2016 herangezogen werden. Im Untersuchungszeitraum erhöhte sich die hierfür zur Verfügung stehende Herbizidausstattung quantitativ und qualitativ. In Bayern treten im Maisanbau im Mittel vier verschiedene Unkräuter je Standort auf. Neben Gänsefuß- (*Chenopodium* sp.) und Knöterich-Arten (*Polygonum* sp.) dominieren hierbei Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*) und Schwarzer Nachtschatten (*Solanum nigrum*). Storchschnabel-Arten (*Geranium* sp.) zeigen seit einigen Jahren eine starke Zunahme in der Befallshäufigkeit. Borstenhirse- (*Setaria* sp.) und Fingerhirse-Arten (*Digitaria* sp.) treten im Maisanbau zunehmend häufiger auf. Als schwer bekämpfbar konnten Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis*), Winden-Knöterich (*Fallopia convolvulus*), Fingerhirschen, Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) und Storchschnabel-Arten identifiziert werden.

Die während des Untersuchungszeitraums verbesserte Herbizidausstattung zeigte im Trend eine verbesserte Unkrautbekämpfungsleistung. Anwendungen mit einem mittleren Behandlungsindex von 1,5-2,0 erzielten in 50 % der Fälle eine Unkrautwirkung von > 95 %. In der Analyse von Wirkstoffen und Wirkstoffgruppen konnten spezifische Anwendungsvorteile ermittelt werden. Terbutylazin-haltige Herbizidbehandlungen sind hinsichtlich der Gesamt-Unkrautwirkung und zur Regulierung von Winden-Knöterich und Storchschnabel-Arten vorzüglich. Anwendungen auf der Basis von S-Metholachlor zeigten eine höhere Gesamt-Unkrautwirkung. Triketone als Wirkstoffbasis ermöglichen eine verbesserte Gesamtwirkung und spezifische Wirkung gegenüber Hühnerhirse und Schwarzem Nachtschatten. Herbizidbehandlungen mit gräserwirksamen Sulfonylharnstoffen verfügen über einen absoluten Leistungsvorteil zur Regulierung von Acker-Fuchsschwanz.

Aktuelle Entwicklungen zeigen einen Verlust an Herbiziden für den Maisanbau. Unter diesen Bedingungen besteht ein Bedarf für ein integriertes Unkrautmanagement mit sicherer Bekämpfungsleistung und hoher Umweltverträglichkeit. Der Bayerische Pflanzenschutzdienst wird diesen Entwicklungsbedarf mit entsprechenden Feldversuchsprogrammen in Zukunft weiter unterstützen.

Stichwörter: Gute fachliche Praxis, Resistenzmanagement, Unkrautspektrum, Wirkstoffmanagement

Abstract

A total of 321 field trials in the period from 1991- 2016 provided 4203 data sets for different herbicide treatments. In maize in Bavaria we found on average four different weed species at every field sites. Pigweed (*Chenopodium* sp.), knotweed (*Polygonum* sp.), barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and black nightshade (*Solanum nigrum*) were found most frequently. The occurrence of geranium species (*Geranium* sp.) increases rapidly in the last years. Difficult-to-control weeds were green foxtail (*Setaria viridis*), wild buckwheat (*Fallopia convolvulus*), crabgrass (*Digitaria* sp.), black-grass (*Alopecurus myosuroides*) and geranium species.

Over all treatments, an average herbicide efficiency of 91% was detected. Treatments with an index of 1.5 – 2.0 achieved a weed control efficiency of > 95% in the half of all cases. Herbicide treatment with terbutylazine as the basic active ingredient provided higher weed control and specific control of wild buckwheat and geranium. S-metholachlor achieved higher over all weed control efficiency. With triketones there is a higher efficiency in control of barnyardgrass and black nightshade. Sulfonylureas with grass weed activity are excellent to control black-grass in maize.

Currently there is a risk of losing herbicides for weed control in maize. As a result there is a need of a novel integrated weed management with secure efficiency in weed control and compatibility of environment. The Bavarian Plant Protection Service will support this progress with specific field trial programs in future.

Keywords: Best management practice, herbicide management, weed diversity, weed resistance management

Einleitung

Der Maisanbau hat in Bayern einen Umfang von 564.000 Hektar. Mais ist damit die im Anbau größte Ackerkultur (STMELF, 2016). Aufgrund der geringen Konkurrenzleistung gegenüber Unkräutern ist im Jugendstadium der Kultur eine effektive Unkrautregulierung die wichtigste und unverzichtbare Pflanzenschutzmaßnahme im Maisanbau. Da Mais nahezu ausschließlich konventionell angebaut wird, erfolgt die Unkrautbekämpfung vorwiegend durch den Einsatz von Herbiziden. In Deutschland sind derzeit 136 verschiedene Herbizide (75 Hauptzulassungen, 61 Vertriebszulassungen) zur Unkrautbekämpfung im Maisanbau zugelassen. In der Summe der Präparate stehen 29 verschiedene Wirkstoffe zur Verfügung (BVL, 2017).

Wie jeder Einsatz von Pflanzenschutzmitteln hat der Herbizideinsatz im Maisanbau einen produktionstechnischen und umwelttechnischen Aspekt. Für den Landwirt steht das Ziel im Fokus, mit einer notwendigen Herbizidaufwandmenge unter möglichst niedrigen Kosten und geringstmöglichen Umweltwirkungen eine ausreichend effektive Unkrautkontrolle zu erzielen. Um für diese Zielsetzung notwendige Informationen für die Fachberatung und Anbaupraxis zu liefern, führt der Bayerische Pflanzenschutzdienst verschiedene produktionstechnische Versuchsprogramme durch. Nachfolgend werden die Ergebnisse von zwei langjährigen Versuchsserien dargestellt und diskutiert. Es handelt sich dabei um Feldversuche zur chemischen Regulierung von vorwiegend dikotylen Unkräutern einschließlich Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*) und um Versuche zur Bekämpfung einer intensiven mono- und dikotylen Verunkrautung. Die beiden Versuchsserien werden seit 1991 mit den jeweils zur Verfügung stehenden Herbiziden durchgeführt. Einschließlich des Versuchsjahrgangs 2016 stehen 321 Versuche mit 4203 Prüfvarianten zur Auswertung zur Verfügung. Die hier zur Analyse herangezogenen Daten sind als Fachinformationen des Bayerischen Pflanzenschutzdienstes verfügbar (LBP, 1991-1999; LfL, 2000-2003 und 2004-2016).

Material und Methoden

Die Feldversuche zur Unkrautbekämpfung im Maisanbau wurden im Zeitraum von 1991 bis 2016 in Bayern in allen für den Maisanbau relevanten Ackerbauregionen mit durchschnittlich 12 Versuchen je Jahrgang durchgeführt. Die Versuchsanlage erfolgte nach den Standards für Exaktversuche zur Prüfung der Herbizidleistung (EPPO, 2013) als randomisierte Kleinparzellenanlagen in vierfacher Wiederholung. Die Applikation der Herbizide erfolgte mit personengetragenen oder personengeführten Pressluftparzellenspritzen, die mit abdriftreduzierten Flachstrahlluftinjektordüsen ausgestattet waren. Als Erhebungen wurden Bonituren der Herbizidwirkung und der Kulturverträglichkeit vorgenommen. Ertragserhebungen erfolgten nur in wenigen Einzelfällen und werden daher nicht ausgewertet. Für die statistische Auswertung der Versuchsdaten wurde eine nichtparametrische Rangvarianzanalyse nach Kruskal-Wallis (UNISTAT LTD, 2015) verwendet.

Die Prüfvarianten der einzelnen Versuche bestanden aus Herbiziden bzw. Herbizidkombinationen mit jeweils verfügbaren Präparaten. Je Versuch wurden 13 verschiedene Varianten geprüft. Neben zugelassenen Präparaten wurden auch Prüfmittel im Zeitraum von ein bis drei Jahren vor der Zulassung getestet. Neben langjährigen Vergleichsvarianten wurden Prüfvarianten in der Regel über einen Zeitraum von drei Jahren getestet. Die Präparatekombination und Aufwandmengengestaltung war an einer praxistauglichen Bekämpfungsleistung unter Berücksichtigung der Behandlungskosten und der Umweltverträglichkeit der eingesetzten Wirkstoffe ausgerichtet. Aufgrund der Zulassungssituation veränderten sich die eingesetzten Präparate und das Wirkungsspektrum im Versuchszeitraum (Tab. 1).

Tab. 1 Herbizideinsatz in den Feldversuchen in unterschiedlichen Versuchsperioden.

Tab. 1 *Herbicides used in different trial periods.*

Versuchsperiode – Wirkungsspektrum		
1991 - 1993	2003 - 2006	2013 - 2016
Bromoxynil	Aclonifen	Bromoxynil
Dicamba	Bentazon	Dicamba
EPTC	Bromoxynil	Dimethenamid-P
Fluroxypyr	Clopyralid	Flufenacet
Glufosinat*	Cycloxydim**	Foramsulfuron
Metholachlor	Dicamba	Iodosulfuron
Pendimethalin	Dimethenamid-P	Mesotrione
Pyridat	Flufenacet	Nicosulfuron
Rimsulfuron	Fluroxypyr	Pendimethalin
Sulcotrione	Foramsulfuron	Pethoxamid
Terbutylazin	Iodosulfuron	Prosulfuron
Thifensulfuron	Mesotrione	Pyridat
	Nicosulfuron	Rimsulfuron
	Pendimethalin	S-Metholachlor
	Pethoxamid	Tembotrione
	Prosulfuron	Terbutylazin
	Pyridat	Thiencarbazon
	Rimsulfuron	Topramezone
	S-Metholachlor	Tritosulfuron
	Sulcotrione	
	Terbutylazin	
	Thiencarbazon	
	Topramezone	

*) Unterblattbehandlung; **) nur in Cycloxydim-resistenten Sorten

Die zusammenfassende Auswertung erfolgt auf der Basis von Wirkstoffen und Wirkstoffgruppen. Eine Analyse hinsichtlich der Vielzahl an Präparaten und Prüfvarianten wird dagegen nicht vorgenommen.

Ergebnisse

Unkrautspektrum

Im Mittel der Versuche traten je Versuchsstandort vier verschiedene Leitunkräuter auf. Die am häufigsten vorkommenden Unkräuter sind Gänsefuß-Arten (*Chenopodium* sp.), Knöterich-Arten (*Polygonum* sp.), Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*) und mit gewissen Abstand Schwarzer Nachtschatten (*Solanum nigrum*) (Abb. 1). Zu den relativ häufig in Mais auftretenden Ungräsern gehören Borstenhirsen (*Setaria* sp.), Fingerhirsen (*Digitaria* sp.) und Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*).

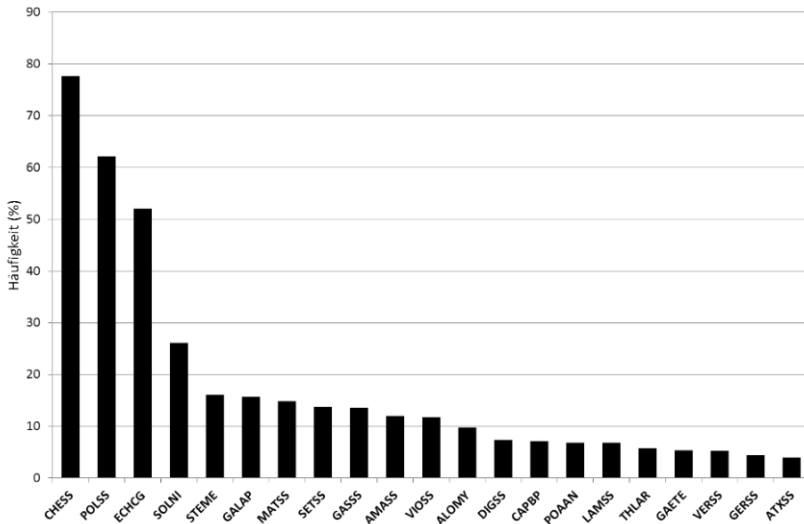


Abb. 1 Im Versuchszeitraum häufig aufgetretene Unkräuter.

Fig. 1 Main weeds in the trial period.

Im Verlauf der Versuchsperiode konnte eine tendenzielle Zunahme der Befallshäufigkeit bei Hühnerhirse, Borstenhirsen und Fingerhirsen festgestellt werden (Abb. 2). Bei Ackerfuchsschwanz hat sich dagegen das Niveau der Befallshäufigkeit im Untersuchungszeitraum nicht verändert. Storchschnabel-Arten (*Geranium* sp.) traten über die gesamte Versuchsperiode mit einer Häufigkeit von < 5 % nicht besonders häufig auf, zeigten jedoch ab den frühen 2000er Jahren eine exponentielle Entwicklung in der Befallshäufigkeit.

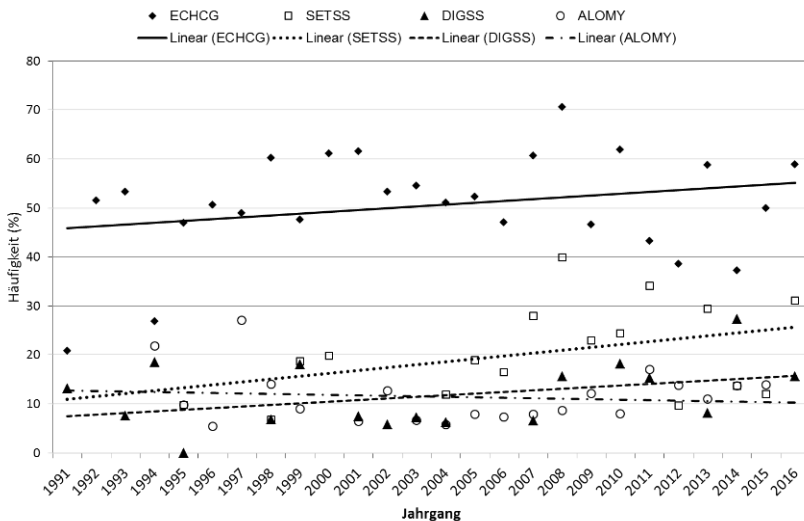


Abb. 2 Entwicklung der Befallshäufigkeit von Leitungsgräsern.

Fig. 2 Frequency of occurrence of main weeds in the trial period.

Unkraut-Bekämpfungsleistung

Die Bekämpfungsleistung aller Behandlungsvarianten lag im Mittel des Versuchszeitraums bei einer Gesamt-Unkrautwirkung von 91 %, wobei im Verlauf von 1991 bis 2016 eine tendenzielle Verbesserung der Bekämpfungsleistung festgestellt werden konnte (Abb. 3). Wichtige dikotyle Unkräuter wie Gänsefuß-Arten, Amarant-Arten (*Amaranthus* sp.) und Schwarzer Nachtschatten konnten regelmäßig überdurchschnittlich gut bekämpft werden. Gegenüber wichtigen monokotylen Unkräutern wie Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis*), Fingerhirse-Arten und Acker-Fuchsschwanz war die Herbizid-Wirkung allerdings unterdurchschnittlich. Auch die Unkräuter Winden-Knöterich (*Fallopia convolvulus*) und Geranium-Arten zeigten sich als schwieriger regulierbar.

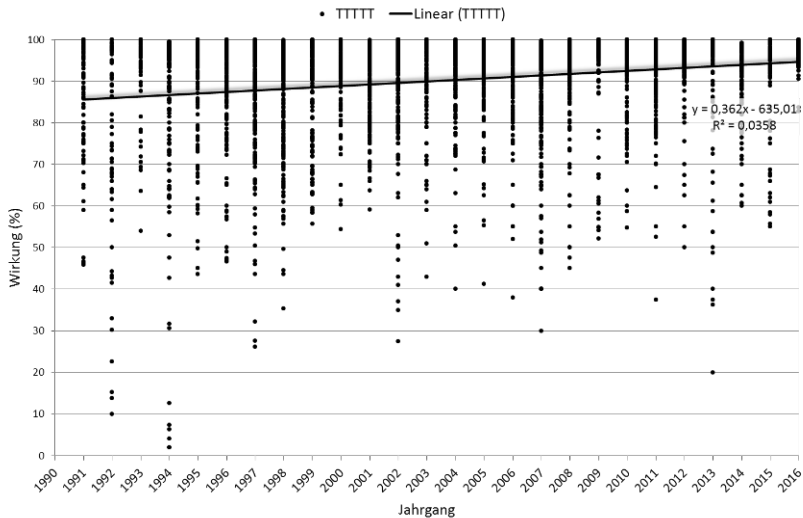


Abb. 3 Entwicklung der Gesamt-Unkrautwirkung.

Fig. 3 Development of total weed control efficiency.

Die Gestaltung der Herbizidaufwandmengen ergab einen Behandlungsindex (BI) mit einer großen Streubreite von 0,5 – 3,5. Im Mittel über alle Behandlungsvarianten lag der BI bei 1,5 im gesamten Untersuchungszeitraum. Bei der Überprüfung des BI im Bezug zur Unkraut-Gesamtwirkung konnte ein tendenziell positiver Zusammenhang festgestellt werden. Behandlungsvarianten mit einem mittleren BI von 1,5-2,0 erzielten in 50 % der Fälle eine Gesamt-Unkrautwirkung von > 95 %.

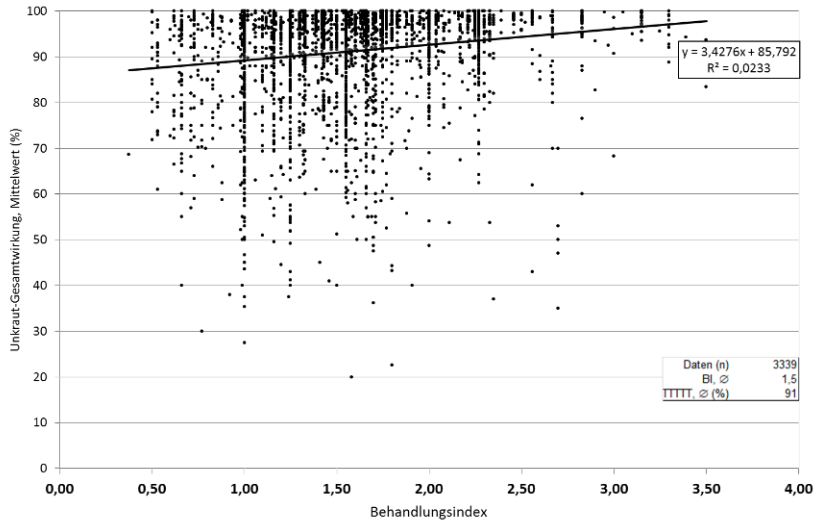


Abb. 4 Abhängigkeit von Behandlungsindex und Unkraut-Gesamtwirkung.

Fig. 4 Dependency of treatment index and total weed control efficiency.

Unkrautwirkung in Abhängigkeit von Wirkstoff und Wirkstoffgruppe

Für den Einfluss auf die Unkraut-Bekämpfungsleistung wurden Behandlungsvarianten mit den Wirkstoffen Terbuthylazin (TBA) und S-Metholachlor (S-MOC) sowie von Anwendungen auf der Basis von Triketon (TKT)-Wirkstoffen und Sulfonylharnstoff (SFH)-Wirkstoffen näher untersucht. Um eine hohe Datenbasis zu erhalten wurde die weitere Wirkstoffausstattung der Prüfvarianten nicht berücksichtigt. Behandlungsvarianten mit Tankmischungen oder Kombipräparaten aus TBA + S-MOC bzw. TKT + SFH wurden allerdings bei der Bewertung ausgeklammert. Die Auswertung bezieht sich somit auf unterschiedliche Herbizidbehandlungen, die ausschließlich mit den Bodenherbiziden TBA bzw. S-MOC und den blattaktiven Herbiziden aus der Gruppe der TKT bzw. SFH ausgestattet sind.

Für Anwendungen die mit TBA ausgestattet sind, konnte ein signifikanter Wirkungsvorteil in der Gesamt-Unkrautwirkung und gegenüber Winden-Knöterich und Storchschnabel-Arten festgestellt werden. Behandlungen auf der Basis von S-MOC erzielten eine zwar gering, aber signifikant höhere Gesamt-Unkrautwirkung als S-MOC-freie Anwendungen. Dieser Wirkungsvorteil konnte allerdings nicht für einzelne Leitunkräuter bestätigt werden.

TKT-basierte Behandlungsvarianten erzielten eine signifikant höhere Gesamt-Unkrautwirkung. Gegenüber den Leitunkräutern Hühnerhirse und Schwarzer Nachtschatten konnte dieser Leistungsvorteil ebenfalls bestätigt werden. Herbizidanwendungen auf der Basis von SFH bestätigten eine signifikant absolut höhere Bekämpfungsleistung gegenüber Acker-Fuchsschwanz. Ansonsten konnte keine abgesichert höhere gesamte oder artspezifische Bekämpfungsleistung von SFH-Behandlungen festgestellt werden.

Tab. 2 Unkrautwirkung von Herbizidbehandlungen mit verschiedenen Basiswirkstoffen und Wirkstoffgruppen.
Tab. 2 *Herbicides used in different trial periods.*

Daten	Untersuchte Faktoren und Faktorkombinationen									
	Wirkung je nach Behandlungstermin/-häufigkeit									
	VA	NA-1				NA-2				NA-SF
Ergebnisse (n)	76	470				3283				216
Wirkung,∅ (%)	84	88				91				90
Statistik*	ab	a				b				b

Leitunkrautwirkung										
	ECHCG	SETSS	DIGSS	ALOMY						
Ergebnisse (n)	2133	569	299	359						
Wirkung,∅ (%)	91	91	82	89						
Statistik*	bc	c	a	c						

Unkrautwirkung von Behandlungen mit/ohne Terbutylazin (TBA)												
	TTTT	TTTT	ECHCG	ECHCG	SETSS	SETSS	CHESS	CHESS	POLCO	POLCO	GERSS	GERSS
	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne
	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA
Ergebnisse (n)	1566	2611	876	1255	265	303	1212	2041	407	762	28	150
Wirkung,∅ (%)	93	89	91	90	89	92	99	96	92	85	92	76
Statistik*	c	b	c	c	c	c	d	d	c	b	cd	a

Unkrautwirkung von Behandlungen mit/ohne S-Metholachlor (S-MOC)										
	TTTT	TTTT	ECHCG		SETSS		SETSS		DIGSS	DIGSS
	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne
	S-MOC	S-MOC	S-MOC	S-MOC	S-MOC	S-MOC	S-MOC	S-MOC	S-MOC	S-MOC
Ergebnisse (n)	963	3197	639		1492		169		399	
Wirkung,∅ (%)	92	90	92		90		87		92	
Statistik*	c		b		cd		c		bc	

Unkrautwirkung von Behandlungen mit/ohne Triketone (TKT)												
	TTTT	TTTT	ECHCG		SETSS		AMARE		SOLNI		SOLNI	
	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	
	TKT	TKT	TKT	TKT	TKT	TKT	TKT	TKT	TKT	TKT	TKT	
Ergebnisse (n)	1243	2556	628		1309		211		297		178	
Wirkung,∅ (%)	92	89	92		90		89		91		98	
Statistik*	b		a		c		b		bc		bc	

Unkrautwirkung von Behandlungen mit/ohne Sulfonylharnstoffe (SFH)										
	TTTT	TTTT	ECHCG		SETVI		ALOMY		ALOMY	
	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	
	SFH	SFH	SFH	SFH	SFH	SFH	SFH	SFH	SFH	
Ergebnisse (n)	1198	2598	681		1256		150		358	
Wirkung,∅ (%)	90	90	91		91		92		89	
Statistik*	a		ab		bc		c		c	

*) unterschiedliche Buchstaben = signifikanter Unterschied nach Kruskal-Wallis One-Way ANOVA

VA = Vorauflauf (*post emergence*), NA = Nachauflauf (*after emergence*), SF = Spritzfolge (*sequence application*)

Diskussion

Die umfangreichen Versuchsaktivitäten des Bayerischen Pflanzenschutzdienstes im Zeitraum von 1991 bis 2016 lieferten einen großen Datenpool für die Charakterisierung der Unkrautsituation und –entwicklung im bayerischen Maisanbau. Das Unkrautspektrum in Mais ist zwar vielfältig, konzentriert sich allerdings im Bezug auf den einzelnen Standort auf eine überschaubare Anzahl von durchschnittlich vier verschiedenen Leitunkräutern. Dies ist ein wichtiger Ansatz für einen standortspezifischen Herbizideinsatz. Neben den sommerannuellen Unkräutern Gänsefuß- und Knöterich-Arten dominieren im Maisanbau Schadhirsens und Acker-Fuchsschwanz. Storchschnabel-Arten sind schwer bekämpfbare Problemunkräuter, die aktuell zunehmend an Bedeutung gewinnen. Wenngleich im Maisanbau eine große Bandbreite an Wirkstoffen und Präparaten zur Regulierung dieser Leitunkräuter zur Verfügung steht, erscheinen für den

Maisanbau spezifische Problemunkräuter langfristig nur durch integrierte Managementkonzepte unter Berücksichtigung von Fruchtfolge und kulturtechnischen Maßnahmen erfolgreich zu sein. Die tendenzielle Zunahme der Besatzdichte von Schadhirsen in Mais und die Resistenzentwicklung bei Acker-Fuchsschwanz sind Belege für diesen unausweichlichen Ansatz.

Die im Untersuchungszeitraum zugenommene Wirkstoffausstattung im Maisanbau ist mit hoher Wahrscheinlichkeit der Grund für die tendenziell verbesserte chemische Unkrautbekämpfungsleistung. Der relativ geringe Zusammenhang zwischen Behandlungsindex und Unkrautwirkung weist darauf hin, dass hierbei nicht die Aufwandmengengestaltung der Schlüssel zum Erfolg ist, sondern vielmehr ein gezielter Wirkstoffeinsatz. Die aktuell relativ komfortable Ausstattung mit leistungsfähigen Herbiziden wird aufgrund höherer Anforderungen hinsichtlich wirkstoffspezifischer Toxizität und Umweltverträglichkeit nicht bestehen bleiben. Zum Ende der Untersuchungsperiode hat Topramezone als leistungsfähiger Triketon-Wirkstoff die Zulassung verloren. Der gräserwirksame Basiswirkstoff Nicosulfuron ist als Kandidat für die Wirkstoffsubstitution deklariert. Die weitere Verfügbarkeit von Glyphosat steht in einer kritischen politischen und medialen Diskussion. Ein Verlust dieses Wirkstoffes hätte erhebliche Konsequenzen für die Umsetzbarkeit von boden- und gewässerschonenden Anbauverfahren (GEHRING, 2017c). Hinsichtlich des Gewässerschutzes werden die Bodenherbizide Terbutylazin und S-Metholachlor kritisch bewertet. In Bayern wird vom Einsatz beider Wirkstoffe auf grundwassersensiblen Standorten abgeraten (GEHRING, 2017b). Im Zusammenspiel dieser Prozesse ist eine Konzentration auf weniger Wirkstoffe für die chemische Unkrautregulierung im Maisanbau absehbar. Ein relativ häufigerer Einsatz einzelner Wirkstoffe stellt eine Gefahr für eine verstärkte Resistenzdynamik bei Unkräutern wie Acker-Fuchsschwanz und potenziell auch bei Hühnerhirse und anderen Schadhirsen dar (GEHRING, 2017a). Die aktuellen Herausforderungen für die Unkrautregulierung im Maisanbau sind ein angepasstes Herbizid- und Unkrautmanagement hinsichtlich Bekämpfungssicherheit und Umweltverträglichkeit. Der Bayerische Pflanzenschutzdienst wird hierfür weiterhin Versuchsprogramme betreiben, um die chemische Unkrautregulierung im Maisanbau nach den Zielsetzungen des Integrierten Pflanzenschutzes weiter zu entwickeln.

Literatur

- Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), 1991-1999: Versuchsergebnisse aus Bayern, Pflanzenschutz – Unkrautbekämpfung im Ackerbau und Grünland. Unveröffentlicht.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2000-2003: Versuchsergebnisse aus Bayern - Unkrautbekämpfung im Maisanbau. <https://www.isip.de/isip/servlet/isip-de/infothek/versuchsberichte>.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LfL), 2004-2016: Versuchsergebnisse aus Bayern - Unkrautbekämpfung in Ackerbau und Grünland. <http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/032463/index.php>.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LfL), 2017: Vorsorgender Gewässerschutz - Terbutylazin-Verzichtsprogramm Jura-Karst in Bayern. <http://www.lfl.bayern.de/ips/pflanzenschutz/072301/index.php>.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (StMELF), 2016: Bayerischer Agrarbericht. <http://www.agrarbericht-2016.bayern.de/politik-strategien/index.html>.
- BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (BVL), 2017: Handbuch PAPI – Software für Pflanzenschutzmittel-Auswertung und Pflanzenschutzmittel-Information. Version 8.1.8, Stand: September 2017, Saphir Verlag, Ribbesbüttel, Deutschland, 77 S.
- EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION (EPPO), 2013: Efficacy evaluation of herbicides - Weeds in maize. PP 1/50 (3), 4 p.
- GEHRING, K., 2017a: Mais – Unkrautkontrolle ohne Resistenzgefahr. Top agrar 4/2017, 92-99.
- GEHRING, K., 2017b: Kein Wirkstoff darf ins Grundwasser – Gewässerschutz ist eine Aufgabe für die gesamte Landwirtschaft. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt **207**(17), 52.
- GEHRING, K., 2017c: Warum Glyphosat für den Maisanbau so wichtig ist. Mais **44**(1), 16-20.
- UNISTAT LTD, 2015: User's Guide, Version 6.5. London, UK, 1244 p.