

Gerhard Wartenberg, Potsdam-Bornim

Teilflächenspezifisches Spritzen von Pflanzenschutzmitteln

Teilflächenspezifisches Spritzen von Pflanzenschutzmitteln stellt neue Anforderungen an das Dosierverhalten der Feldspritztechnik. Während das Regelsystem bei einheitlicher Applikation ein flächenproportionales Fördervolumen bereitstellen muss, erfordert das teilflächenspezifische Spritzen die Regelung des auszubringenden Flüssigkeitsvolumens nach einer variablen Führungsgröße. Diese ergibt sich aus den meist kleinräumig verteilten Heterogenitätsmustern von Unkräutern, Krankheiten oder des Pflanzenbestandes.

Dr.-Ing. Gerhard Wartenberg ist Mitarbeiter in der Abteilung Technik im Pflanzenbau, Arbeitsgebiet – Anwendungstechnik Pflanzenschutz, Technik und Verfahrenstechnik des teilflächenspezifischen Herbizideinsatzes – im Institut für Agrartechnik Bornim (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zaske), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, e-mail: gwartenberg@atb-potsdam.de
Die Untersuchungen konnten dank der Unterstützung und Mitarbeit der Firma Müller Elektronik, Salzkotten, durchgeführt werden.

Schlüsselwörter

Teilflächenspezifische Bewirtschaftung, Pflanzenschutzmaschine, Hydraulische Regelung

Keywords

Site specific agriculture, field sprayer, hydraulic control

Literaturhinweise sind unter LT 00606 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Praxisversuche zum teilflächenspezifischen Applizieren von Herbiziden weisen beispielweise bei Getreide und Mais einen Flächenanteil von mehr als 2/3 aus, auf dem die Reduzierung der Unkrautbekämpfungsmittel pflanzenbaulich vertretbar ist. Die mehrjährige Anwendung eines off line-Verfahrens, gekennzeichnet durch die

- manuelle Bonitur,
- Erstellung von Unkrautkarten und
- elektronisch gesteuerte Applikation,

brachte durchschnittlich Einsparungen von rund 30% der empfohlenen Herbizidmenge oder 20 bis 30 DM/ha an Mittelkosten [1]. Weitere Anwendungsbeispiele für die differenzierte Applikation von Fungiziden und Halmstabilisatoren zeigen ähnliche Ergebnisse [2]. Diese Vorteile lassen sich jedoch erst nutzen, wenn kostengünstige Verfahren für den teilflächenspezifischen Pflanzenschutz zur Verfügung stehen.

Absehbare Fortschritte bei der Entwicklung alternativer Erkennungsstrategien und schneller Detektionstechnik für die ortsdifferenzierte Applikation von Pflanzenschutzmitteln in Echtzeit [4, 5, 6] werden in naher Zukunft neue Lösungen, besonders für die hydraulische Steuerung der Spritztechnik, verlangen.

Untersuchungen zur teilflächenspezifischen Applikation und Steuerung einer marktverfügbaren Pflanzenschutzmaschine durch Sensoren, etwa zum Erfassen der Unkrautdichte, führten zu ersten Erfahrungen der neuen Anforderungen an zukünftige Spritztechnik.

Führungsgrößen der Spritzenregelung

Die Regelung von Pflanzenschutzmaschinen erfolgt bei teilflächenspezifischer Applikation nach Führungsgrößen, die sich aus der Heterogenität und Verteilungsstruktur der zu behandelnden Flächen ableiten. Bei der Anwendung von Herbiziden ergibt sich die Führungsgröße im Hinblick auf gegenwärtige Verfahrensentwicklungen aus der Unkrautdichte oder dem berechneten Ertragsverlust des Unkrautaufwuchses. Auch für den Einsatz von Halmstabilisatoren oder Fungiziden werden die Bestandsentwicklung (Pflanzenmasse) oder die vorhandene Pflanzenoberfläche als Führungsgrößen für die Differenzierung der Wirkstoffapplikation herangezogen [6].

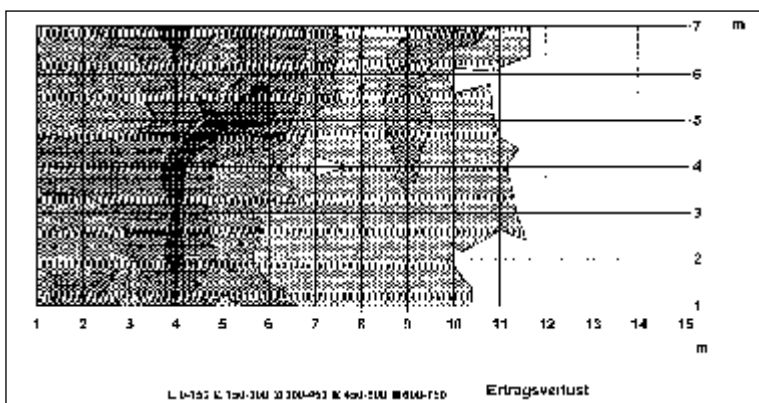
Die Stellfrequenz, die das Regelsystem umsetzen soll, ist eine Funktion der Heterogenitätsverteilung feldspezifischer Parameter. Demzufolge bestimmt auch die Genauigkeit der Anpassung des Spritzflüssigkeitsaufwandes an den teilflächenspezifischen Verlauf der Führungsgröße den wirtschaftlichen Nutzen einer teilflächenspezifischen Behandlung.

Heterogenität der Unkrautverteilung

Die Variationsbreite von Heterogenitätsparametern der Unkrautpopulation (Dichte, Ertragsverlust) ist groß und häufig durch hochfrequentes Änderungsverhalten gekennzeichnet. Innerhalb weniger Dezimeter sind extreme Unterschiede von 500% ermittelt worden [7]. Sie lassen sich häufig auf Bewirtschaftungsfehler zurückführen.

Bild 1: Beispiel zur Heterogenität des Ertragsverlustes der Unkrautpopulation in Winterweizen bei hoch auflösender Rasterbonitur

Fig. 1: Example for the heterogeneity of yield loss due of the weeds population into winter wheat by high resolution screen sampling.



Generell gilt für die Verteilung von Unkräutern, dass die örtliche Verteilung der genannten Heterogenitätsparameter dem Prinzip überlagerter Schwingungen folgt. Der langwellige Wechsel von Abschnitten mit niedriger oder hoher Populationsdichte wird kontinuierlich von kurzwelligen Veränderungen mit geringer Flächenausdehnung überlagert. Diese Strukturmerkmale bilden die Verteilung des Samenpotenzials im Boden und kleinflächigen Unterschiede in den Auflaufbedingungen ab.

Untersuchungen in einem Raster von 1 m² verdeutlichen annähernd das Ausmaß der kleinflächigen Variabilität von Unkrautpopulationen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei einer angewendeten Boniturfläche von 0,5 m² die ursprüngliche Variabilität noch geglättet wird (Bild 1).

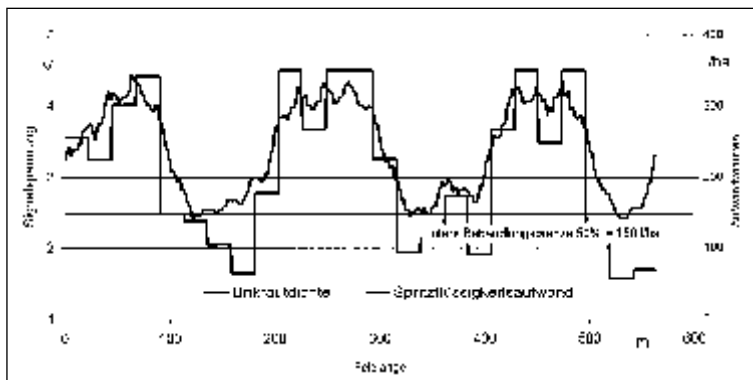
Quer zur Hauptbearbeitungsrichtung des Feldes erstrecken sich zusammenfassbare Flächenanteile mit einheitlichem Behandlungsanspruch nicht wesentlich weiter als 10 m. Weitere Untersuchungsergebnisse zeigen, dass in der Längsausdehnung des Feldes aufgrund des Einflusses von Bearbeitungs- und Pflegemaßnahmen größere Abschnitte mit vergleichbarem Niveau zu erwarten sind. Wird dieses Verhalten der Unkrautpopulation auf die praxisüblichen Arbeitsbreiten von Pflanzenschutzmaschinen bezogen, ergibt sich daraus die Notwendigkeit, zukünftig auch technische Voraussetzungen für eine sektionsweise Spritzvolumensteuerung zu schaffen.

Regelverhalten der Spritze und Praxisuntersuchungen

Pflanzenschutzmaschinen der heutigen Generation verfügen über eine Bypass Regelung. Die zapfwellenbetriebene Pumpe fördert gegen den Widerstand aller geöffneten Düsenquerschnitte. Bei Zu- oder Abschaltung des Spritzauslegers vollzieht ein Hauptventil den sofortigen Druckauf- oder -abbau in den Düsenleitungen durch Öffnen oder Schließen des Bypasses in den Flüssigkeitsbehälter. Für die Aufrechterhaltung des

Bild 2: Verhältnis zwischen Soll- und Istwert beim sensorgesteuerten Spritzen in Echtzeit

Fig. 2: Relationship between set value and actual value of sensor controlled spray application in real time



flächenproportionalen Pflanzenschutzmitelaufwandes ist eine Regelstrecke vorgesehen. Diese besteht aus einem motorbetriebenen Stellventil und den Messgliedern zur Ermittlung von Fahrgeschwindigkeit und Volumenstrom. Vom Job-Computer wird aus beiden Messgrößen und dem vorgewählten Sollwert (l/ha) das resultierende Fördervolumen berechnet. Die Abfrage der Messglieder und Signalübertragung an das Stellventil erfolgt nach einem konstanten Zeitintervall. Aus der Verstellgeschwindigkeit und dem Abfrage-Zeitintervall ergibt sich die Nachführungsgeschwindigkeit des Istwertes. Das dynamische Verhalten des Regelkreises hängt von der Proportionalität beider Größen ab. Aus Kostengründen werden Regelkreise mit längerem Abfrage-Zeitintervall und langsamen Verstellgeschwindigkeiten verwendet. Sie dämpfen das Überschwingen des Regelprozesses, bedingen aber auch längere Nachführungszeiten bei der Anpassung des Istwertes an den Sollwert.

Für Felduntersuchungen wurde eine praxisüblichen Spritze zur Steuerung nach veränderlichen Führungsgrößen umgerüstet. Das erfolgte durch die Entwicklung einer speziellen Software, die den gerätespezifisch verwendeten Regelalgorithmus erweitert. Hardwareseitig sind keine Veränderungen vorgenommen worden. Im praktischen Einsatz zeigte sich, dass eine befriedigende Qualität der Nachführung des Istwertes nur bei niederfrequenten Veränderungen zu erreichen ist (Bild 2).

Die begrenzte Geschwindigkeit der Nachführung der Stellgröße – Aufwandvolumen – führt bei plötzlicher Zu- oder Abnahme der Unkrautdichte zu Abweichungen, die über 5 % des Sollwertes liegen. Die Untersuchungen zeigen im Allgemeinen, dass im Durchschnitt bei 60 % der Einzelwerte Abweichungen auftreten, die über diesem Grenzwert liegen.

Dieses Problem lässt sich lösen, indem alternativ

- softwareseitig die Abfrage der Messglieder in kürzeren Zeitintervallen erfolgt,
- hardwareseitig das Stellventil mit schnellerem Motorantrieb ausgerüstet wird, oder ein
- Proportionalregler zum Einsatz gelangt.

Fazit

Anwendungslösungen für den teilflächen-spezifischen Pflanzenschutz in Echtzeit können dem Landwirt wirtschaftliche und umweltrelevante Vorteile bringen. Die sensorische Erfassung der Unkrautpopulation wird in wenigen Jahren Praxisreife erlangen. Im Hinblick auf gegenwärtige Entwicklungsziele der Sensorentwicklung für die Unkrauterfassung ergeben sich besonders für die hydraulische Steuerung der Feldspritze unterschiedliche Anforderungen. Diese werden überwiegend vom Detektionsprinzip und der Anordnung entsprechender Sensoren an der Spritze abhängig sein (Tab. 1).

Weitere Anforderungen ergeben sich durch Praktiken, die beim flächeneinheitlichen Spritzen von den Landwirten bereits heute angewendet werden. Dazu zählen vorrangig

- die sukzessive Applikation verschiedener Mittel, jedoch auf unterschiedlichen Feldbereichen,
- die kombinierte Anwendung teilflächen-spezifischer und flächeneinheitlicher Behandlungsmaßnahmen (Pflanzenschutz, Düngung) und
- die parallele Anwendung verschiedener Behandlungsmaßnahmen mit unterschiedlichen Verteilungsmustern der Führungsgrößen (gleichzeitiger Einsatz verschiedener Sensoren, (Herbizide, Halmstabilisatoren, Fungizide).

Tab. 1: Einfluss der Unkraut-Detektionstechnik auf die Regelung der Feldspritze

Table 1: Influence of weed detection technique on field sprayer

	Verfahrenslösung	Anforderungen an die Regelung der Spitze
1	Sensor im Frontbau des Zugmittels der Spitze und Mittelwertbildung über einen möglichst langen Abschnitt der Strecke zwischen Sensor und Spitzrohr	<ul style="list-style-type: none"> • kurze Stellzeiten • hohe Verstell-dynamik, • kein Überschwingen
2	Mehere Sensoren im Frontbau des Zugmittels der Spitze am Hilfstgestänge (Teilarbeitsbreite) und Mittelwertbildung über einen möglichst langen Abschnitt der Strecke zwischen Sensor und Spitzrohr	<ul style="list-style-type: none"> • s. Punkte unter 1, • sektionsweise Regelung,
3	Sensoren am Spitzrohr (Sektionsweise Detektion, Einzeldüsensteuerung), höchste Auflösung, Einzelplotsteuerung praktisch ohne Vorlauf, keine Mittelwertbildung	<ul style="list-style-type: none"> • geringste Stellzeiten (ms), • düsenbezogene Steuerung, • Einhaltung Zerstäubungsqualität