

Karl-Heinz Dammer, Antje Giebel, Katrin Witzke und Rolf Adamek, Potsdam-Bornim

Sensorgestützte Applikation von Pflanzenschutzmitteln

Ein bedarfsgerechter Pflanzenschutz vermeidet das flächeneinheitliche Spritzen und setzt nur in den Bereichen Pflanzenschutzmittel ein, wo die jeweiligen Schaderreger wirtschaftliche Ertragsverluste verursachen. Am ATB wurden für den teilflächenspezifischen Pflanzenschutz Sensoren zur Unkraut- sowie Pflanzenmasseerfassung entwickelt. In Verbindung mit einer Pflanzenschutzspritze werden diese zur Echtzeitapplikation von Herbiziden und Fungiziden eingesetzt. Neben der Einsparung von Betriebsmitteln ergaben zweijährige Praxisversuche keine Ertragsverluste und kein stärkeres Krankheits- oder Unkrautauftreten.

Karl-Heinz Dammer, Antje Giebel, Katrin Witzke und Rolf Adamek sind Mitarbeiter in der Abteilung Technik im Pflanzenbau am Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (wiss. Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zaské); e-mail: kdammer@atb-potsdam.de
Für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung wird den Mitarbeitern H. Schmidt und U. Frank gedankt.
Die Untersuchungen wurden innerhalb des Projektes „preagro“ vom BMBF finanziell unterstützt.

Schlüsselwörter

Teilflächenspezifischer Pflanzenschutz, Sensortechnik, Fungizide, Herbizide

Keywords

Site-specific plant protection, sensors, fungicides, herbicides

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 02410 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/literatur.htm> abrufbar.

Voraussetzung für eine teilflächenspezifische Bekämpfung von Schaderregern ist die Erfassung ihrer räumlichen Verteilung (Dispersion) und Befallsintensität (Abundanz). Die genaue Kenntnis dieser zwei als Strukturelemente einer Schaderregerpopulation bezeichneten Eigenschaften ist zur Abschätzung des zu erwartenden wirtschaftlichen Schadens sowie für Ort und Zeitpunkt einer teilflächenspezifischen chemischen Regulierung unverzichtbar. Für die Effizienz der Pflanzenschutzmaßnahme ist auf Grund der zumeist aggregierten Schaderregerverteilung die Erfassung entlang eines verhältnismäßig engen Stichprobenrasters erforderlich. Manuelle Bonituren können eine schnelle Ermittlung von Dispersion und Abundanz nicht gewährleisten. Durch den Einsatz von echtzeitfähigen maschinengebundenen Sensoren rückt eine kleinräumige Erfassung von Schaderregern, insbesondere auf dem Gebiet der Unkrautregulierung, in den Bereich des Machbaren. Eine schnelle Messwertverarbeitung in Jobrechner und Bordcomputer zur Regelung einer Feldspritze ermöglicht es darüber hinaus, die Aufwandmenge bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln der Schaderregerverteilung in Echtzeit anzupassen.

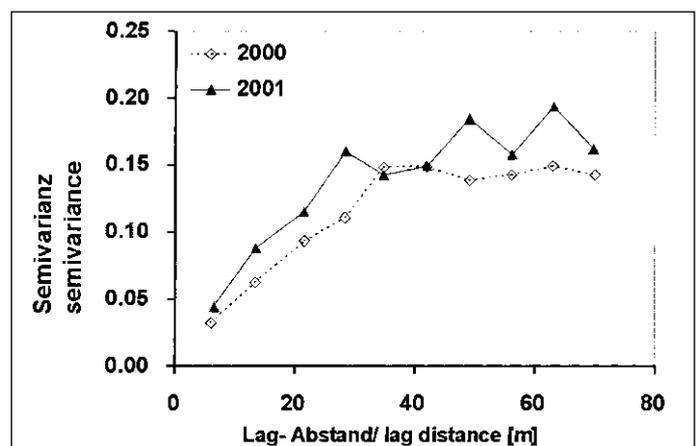
Teilflächenspezifische Applikation von Herbiziden

Eine Echtzeitapplikation von Herbiziden unter Einsatz von optoelektronischen Sensoren zur Unkrauterfassung wird bereits erfolg-

reich bei der Bekämpfung von Unkräutern oder unerwünschtem Bewuchs auf Bahndämmen [1], auf Brachland und in Obstplantagen [2] sowie auf Weideland [3] oder in Reihenkulturen wie Mais und Zuckerrüben [4] angewendet. Methoden der Bildanalyse ermöglichen eine artenbezogene Unkrauterkenntnis sowie die Unterscheidung zur Kulturpflanze und sind ein vielversprechender Ansatz zur Echtzeitapplikation in Getreide, Zuckerrüben und Mais [5]. Am Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) wurde ein optoelektronischer „Grünsensor“ entwickelt, mit dem das Unkrautauftreten in einer Fahrspur artenspezifisch ermittelt wird, um die Echtzeitapplikation mit praxisüblicher Fahrgeschwindigkeit zu realisieren. In LANDTECHNIK 5/2001 wurde über System und Verfahren berichtet [6]. Grundlage ist der in Felderhebungen zwischen 1992 und 1998 gefundene quasilineare Zusammenhang zwischen der Summe der unkrautartenspezifischen Ertragsverluste und der Gesamtanzahl Unkräuter am jeweiligen Stichprobenpunkt [7]. In den letzten zwei Jahren wurde die Arbeitsweise des Unkrautsensors auf die jeweils vorliegende Verunkrautung so abgestimmt, dass das Prinzip der ökonomischen Schadensschwellen zur kleinräumigen Aufwandmengenoptimierung umgesetzt werden kann. Werden beispielsweise die Kosten für die anstehende Herbizidbehandlung mit etwa 50 €/ha angesetzt, bedeutet das bei einem angenommenen Verkaufserlös des Weizens von etwa 11,75 €/dt einen zu erwirtschaftenden Mehr-

Bild 1: Variogramme der Signalspannung innerhalb der Fahrspuren der Jahre 2000 und 2001

Fig. 1: Variograms of the voltage signal within the tramlines of the years 2000 and 2001



ertrag von etwa 4,25 dt/ha. Nach der erwähnten Ertragsverlustfunktion [7] ergibt sich bei 4,25 dt/ha eine ökonomische Schadschwelle von annähernd 165 Unkrautpflanzen/m². Das Sensorsignal im Herbst während des Keimblattstadiums der auflaufenden Unkräuter ist mit der Anzahl Pflanzen korreliert [7]. Bezogen auf die Detektionsfläche des Sensors von 0,36 m² (0,07 m • 5,18 m) würde diese ökonomische Schadschwelle einem Sensorwert von etwa 60 entsprechen. Bei Überschreitung des Wertes wird dann im jeweiligen Detektionsabschnitt die volle Herbizidaufwandmenge appliziert. Bei Unterschreitung des Sensorwertes 60 erfolgt die Reduzierung auf 50% der Menge.

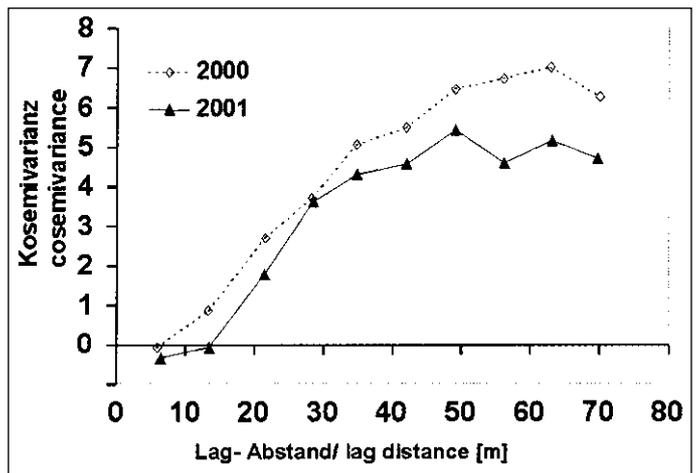
Teilflächenspezifische Applikation von Fungiziden

Im Sinne eines teilflächenspezifischen Pflanzenschutzes wäre es wünschenswert, eine Fungizidapplikation nur in den Bereichen eines Schlages durchzuführen, wo Pilzinfektionen auftreten. Genaue Schaderregerverteilungskarten als Grundlage für eine bedarfsgerechte Ausbringung von Fungiziden stehen, bedingt durch arbeitsaufwendige manuelle Bonituren, jedoch nicht schnell genug zur Verfügung. Fahrzeuggetragene, praxistaugliche Sensoren zur direkten Erfassung von Pflanzenkrankheiten im frühen Entwicklungsstadium werden in absehbarer Zeit nicht auf dem Markt erwartet. Eine schnelle Ausbreitung von Krankheiten im Pflanzenbestand macht es außerdem erforderlich, unmittelbar nach einer Erfassung des Erregers über den Einsatz von Fungiziden zu entscheiden und eine Applikation möglichst schnell durchzuführen. Eine Fungizidapplikation im absetzigen Verfahren wirft deshalb zeitliche Probleme auf.

Heterogene Getreidebestände zeichnen sich durch eine differenzierte Ausbildung der oberirdischen Pflanzenmasse aus und unterscheiden sich in der von der Spritzbrühe zu benetzenden Pflanzenoberfläche. Am ATB wird deshalb der Ansatz verfolgt, annähernd die gleiche Menge wirksamer Substanz auf der Pflanzenoberfläche (Zielfläche für die Spritzbrühe) auszubringen. Zur teilflächenspezifischen Echtzeitapplikation von Fungiziden wird der am ATB entwickelte Pendelsensor verwendet. Über Aufbau und Prinzip wurde in LANDTECHNIK 2/1996 berichtet [8]. Infolge der nachgewiesenen Korrelation des Pendelwinkels mit den Werten des Blattflächenindex (m² Pflanzenoberfläche pro m² Bodenoberfläche) ist eine Zielflächenquantifizierung möglich. In Bereichen mit geringerem Blattflächenindex wird die Applikationsmenge reduziert.

Bild 2: Kovariogramme zwischen Signalspannung und Durchfluss der Jahre 2000 und 2001

Fig. 2: Covariograms of the voltage signal within the tramlines of the years 2000 and 2001



Regelverhalten der Feldspritze

Für die in den Jahren 2000 und 2001 durchgeführten Feldversuche zur teilflächenspezifischen Anpassung der Aufwandmenge wurde eine luftunterstützte Feldspritze (Air Matic System®, Behälterinhalt: 4000 l, Arbeitsbreite: 18 m) der Firma BBG Leipzig eingesetzt. Ausgehend von der vom Landwirt festgelegten maximalen Aufwandmenge erfolgte je nach Eingangssignal eine Anpassung der Durchflussmenge an die Unkrauthäufigkeit oder die von der fungiziden Spritzbrühe zu benetzende Pflanzenoberfläche. Während des Betriebes mit dem jeweiligen Sensor wird ein analoges Signal (Spannung: 1 V bis 4 V) im Abstand von etwa 5 m (Detektionsstrecke entspricht einer Umdrehung des Traktorhinterrades) an den Jobrechner der Feldspritze gegeben. Bei einer durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit von 12 km/h bedeutet dies, dass die Regelung der Spritze etwa jede 1,5 s auf einen neuen Sollwert reagieren muss. Die Dynamik der Volumenstromregelung unterliegt einer gewissen Trägheit. Wie in [6] bereits dargestellt, traten bei der Herbizidbehandlung hohe Abweichungen zwischen Soll und Istwert des Durchflusses bei extrem hohen Veränderungen der Unkrauthäufigkeit von Detektionsabschnitt zu Detektionsabschnitt auf. Im Falle der Fungizidbehandlung wird pro Radumdrehung ein Mittelwert aus den durch die Auslenkung des Pendelsensors am Potentiometer erzeugten Werten der Signalspannung gebildet, der dann ein Abbild der Wüchsigkeit des Pflanzenbestandes und damit des Blattflächenindex ist. Extreme Bestandesänderungen innerhalb weniger Meter (Staubnässe, Sandlinsen) sind zwar immer wieder innerhalb eines Schlages zu finden, jedoch überwiegen meist langwellige Veränderungen in der Pflanzenwüchsigkeit. In Bild 1 sind die Variogramme der Signalspannung von einem Schlag dargestellt, auf dem im Jahr 2000 und 2001 eine teilflächenspezifische Fungizidapplikation in

Winterweizen erfolgte. Durch die Parameterwahl bei der Berechnung der einzelnen Semivarianzwerte gingen nur Werte innerhalb der Fahrspuren ein. Die Variabilität der aufgezeichneten Mittelwerte der Signalspannung nimmt in beiden Jahren bis zu einer Entfernung der Aufzeichnungsorte von etwa 30 Meter zu. Bis zu dieser Entfernung sind die Werte und daraus folgend der Pflanzenbestand ähnlich, also räumlich abhängig. Ab dieser Entfernung der Messwerte schwankt die Semivarianz um einen konstanten Wert (2000: etwa 0,15, 2001: etwa 0,17), was auf Unkorreliertheit der Signalspannung hinweist. Bei diesen zumeist langwelligen Bestandesunterschieden waren im Gegensatz zur Herbizidapplikation [6] keine extremen Sollwertänderungen der Applikationsmenge durch das Regelsystem erforderlich gewesen. In [6] wurde das Regelverhalten der Feldspritze bei der Herbizidapplikation durch Vergleich von Soll- und Istwert am selben Ort durchgeführt. Das geostatistische Herangehen über Kovariogramme ermöglicht darüber hinaus die Einbeziehung der räumlichen Information zur Beurteilung der mittleren Trägheit des Regelsystems. Im Jahr 2000 war die Kosemivarianz aus Signalspannung und Durchfluss an benachbarten Aufzeichnungsorten nahe Null (Bild 2). Im Jahr 2001 wiesen auch noch die etwa 10 m zueinander entfernten Messpunkte eine Kosemivarianz nahe Null auf. Die Spritze reagierte demzufolge über eine Fahrstrecke von etwa 5 bis 10 m mit der Sollwertanpassung. Mit zunehmenden Abstand der Messpunkte nimmt die räumliche Abhängigkeit des Durchflusses von der Signalspannung erwartungsgemäß ab. Die Praxisversuche zum Regelverhalten des Systems werden in den kommenden Jahren mit technischen Verbesserungen gemeinsam mit den beteiligten Industriepartnern fortgesetzt.