

# Teilflächenspezifische Unkrautregulierung im Echtzeit-Verfahren

*Verteilung und Dichte von Unkrautvorkommen schwanken stark. Bestimmte Arten weisen eine ausgeprägte Standortabhängigkeit auf. Die Anwendungsentscheidungen für teilflächenspezifische Unkraut-Regulierungsmaßnahmen erfordern jährlich hohen Aufwand für die Ermittlung der Unkrautverteilung. Die teilflächenspezifische Anwendung von Herbiziden zeigt, dass sich trotz des bereits praxisüblichen rationellen Umgangs mit Pflanzenschutzmitteln noch 30 bis 50 DM/ha Mitteleinsparungen erwirtschaften lassen. Sie werden jedoch erst durch die Einführung echtzeitfähiger Unkrauterkennungs- und Applikationsverfahren wirtschaftlich nutzbar.*

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. Zanke), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, e-mail: [gwartenberg@atb-potsdam.de](mailto:gwartenberg@atb-potsdam.de)

## Schlüsselworte

Teilflächenspezifische Bewirtschaftung, optoelektronischer Sensor, Echtzeit Spritzverfahren

## Keywords

Precision agriculture, optoelectronic sensor, online-application

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 00512 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

**Z**iel der Arbeiten ist die Entwicklung eines echtzeitfähigen Detektionsverfahrens für die Ableitung tendenzieller Anwendungsentscheidungen zur teilflächenspezifischen Herbizidapplikation in enggestellten Kulturarten (Getreide, Öl- und Hülsenfrüchte). Es wird untersucht, ob mit minimalen Informationen zur räumlichen Verteilung des Unkrauts eine ausreichende Bewertung der Konkurrenzwirkung zu erreichen ist.

Für diesen Zweck wurde ein optoelektronischer Dualband-Sensor (<670/>850 nm) aufgebaut, der mit Hilfe von Dioden-Lichtquellen konstante Reflexionsbedingungen ermöglicht [1]. Voraussetzung für die quantitative Erfassung der Unkräuter im Keimblattstadium ist eine entsprechend hohe Auflösung des Detektionsbereichs in einzelne Messflächen. Zur Detektion der Unkräuter werden gegenwärtig Fotodiodenarrays mit Sperrfiltern für die Messung der Spektralbereiche Rot und nahes Infrarot verwendet. Die Reflexionsstrahlung gelangt durch einen Strahlteiler (halbdurchlässiger Spiegel) ortspartional auf jeweils eine Sensorzeile. Die einzelne Sensorzeile wertet acht Bildpunkte je Farbkanal aus. Zur lückenlosen Musterung der Detektionsspur wird das Messsignal gegenwärtig mit einer Abfrage-rate von 5000 Abtastungen pro Sekunde, also bei 12 km/h im Abstand von 0,7 mm ausgelesen. Die Signalbearbeitung und Auswertung erfolgt mit Universalmessgeräten (Bild 1).

Der entwickelte Sensor kommt im Praxisversuch nach folgenden Verfahrensmalen zum Einsatz:

- Unkrauterfassung in kulturpflanzenfreien Bereichen des Feldes (Fahrgassen)

Bild 1: Detektionsprinzip des optoelektronischen Sensors und Signalverarbeitung

Fig. 1: Detection method of the optoelectronic sensor and signal processing

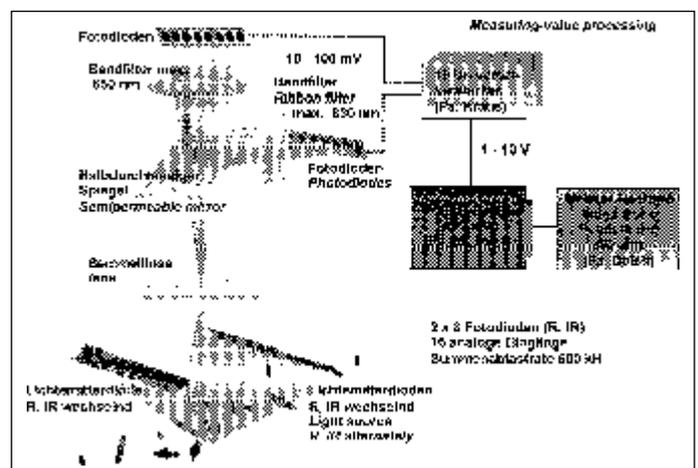
- Signalbewertung nach einem Modellansatz: Ertragsverlust = f (Unkrauthäufigkeit) [1]
- lineare Reduktion des Herbizids bis maximal 50% der populationsspezifischen Sollaufwandmenge, um die Auswirkungen kleinräumiger Detektionsfehler zu verringern
- feldspezifische Eichung des Sensorsignals nach Entwicklungszustand des Unkrauts und
- Annahme gleicher Unkrautverteilung (Ertragsverlustwirkung) innerhalb der Spritzenarbeitsbreite

Zur teilflächenspezifischen Differenzierung der Aufwandmenge wird je 5 m Detektionsstrecke ein analoges Signal zum Unkrautbeatz an den Jobcomputer der Feldspritze ausgegeben und regelungstechnisch umgesetzt.

## Praxisuntersuchungen

Bei der Anwendung des Detektionsverfahrens im Feldeinsatz ist mit einer Reihe von Fehlereinflüssen zu rechnen. Diese werden einerseits durch das Messverfahren, andererseits auch von Umgebungsbedingungen und dem Zusammenwirken von Sensor und Applikationssystem verursacht.

Verfahrensseitige Fehler entstehen meist durch die Ableitung des Konkurrenzpotenzials von der Unkrautanzahl. Zur Ermittlung der feldspezifischen Variabilität des funktionalen Zusammenhanges zwischen Unkrautanzahl und Ertragsverlust wurden



mehrfährige Untersuchungen in verschiedenen Regionen und auf unterschiedlichen Getreideflächen herangezogen [1]. Die Verteilung der berechneten Ertragsverluste tendiert zur Rechtsschiefe, was für einen Teil der Stichproben abweichende Artenzusammensetzung andeutet. Die Bewertung der Variabilität des gesamten Wertevorrates zeigt jedoch, dass 76% der Bonituren nur um einen Ertragsverlust von  $\pm 0,87 \text{ kg/ha} \cdot \text{Unkrautpflanze}$  vom Mittelwert ( $3,43 \text{ kg/ha} \cdot \text{Unkrautpflanze}$ ) abweichen, weitere 12,4% bis  $\pm 1,74 \text{ kg/ha} \cdot \text{Unkrautpflanze}$  streuen und 1,7% auch Extremwerte erreichen können (Bild 2).

Diese relativ geringen Abweichungen der Ertragsverlustwirkung sind auf die eher monotone Zusammensetzung der Unkrautgesellschaften zurückzuführen. Im Durchschnitt bestehen diese nur noch aus drei bis fünf Hauptunkrautarten [2]. Auf Feldern mit grundsätzlich abweichender Bewirtschaftungsweise sollte demzufolge dem Sensoreinsatz eine visuelle Überprüfung der Artenzusammensetzung vorausgehen.

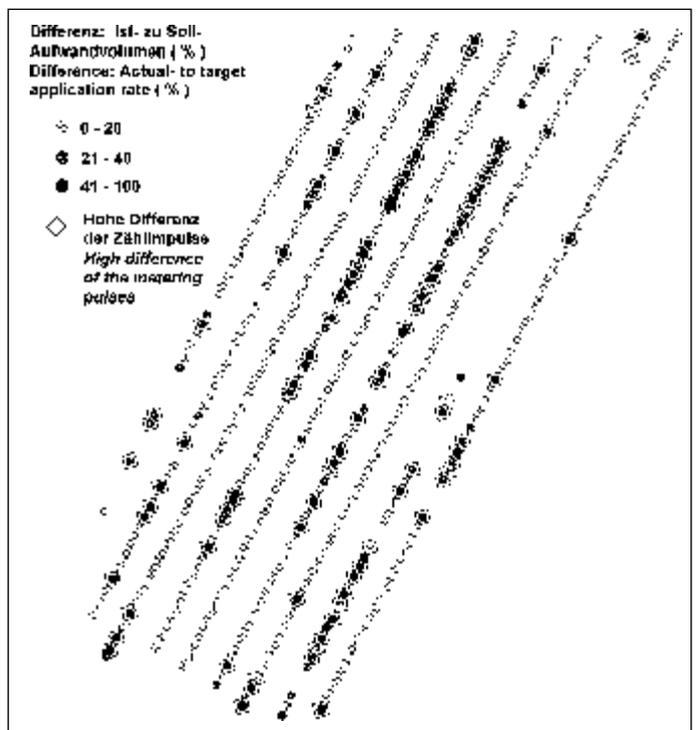
Das Messsignal des Sensors wird im Feldeinsatz von diversen Umgebungseinflüssen gestört, die im Wesentlichen durch

- unscharfe optische Abbildung aufgrund von Abstandsänderungen bei Maschinenschwankungen durch Bodenunebenheiten
- wechselnde Helligkeit und veränderliche spektrale Zusammensetzung des Lichts
- Schwingungen des optischen Systems
- Lenkfehler in schmalen Fahrspuren hervorgerufen werden.

Sowohl die unscharfe Abbildung von Unkräutern als auch Ausleuchtungsabweichungen führen zu veränderter Intensitätsverteilung der gemessenen Spektralanteile. Bei verringerter Signalstärke werden insbesondere die kleinen Unkräuter nicht erkannt, da die Reflexionsechos unterhalb des Schwellenwertes liegen. Die Schwelle ist zur Trennung der Signale von Boden und Pflanzen erforderlich. Im umgekehrten Fall werden höhere Reflexionssignale von Steinen oder abgestorbenen Pflanzenresten wie Unkräuter gewertet. Zur Minimierung dieser Störungen ist der Sensor schwingungsgedämpft gelagert worden. Die Verwendung

Bild 3: Verteilung der Differenzen zwischen Soll- und Ist-Aufwandvolumen sowie Kennzeichnung der Zählabschnitte mit großen Abweichungen der Zählimpulse von Zählabschnitt zu Zählabschnitt. Winterroggen, 6,5 ha

Fig. 3: Distribution of the differences between target and actual application rate and identification of the counting sections of the metering pulses from counting section to counting section. Winter rye, 6.5 hectares



eines Führungsrades hält zudem den Ebenenabstand aufrecht und eliminiert weitgehend Nick- und Wankbewegungen des Traktors. Auch wird eine gleichbleibende Ausleuchtung durch die Anordnung von Licht emittierenden Dioden sowie Abschattung des Detektionsfeldes erreicht.

Schwingungen des Sensors können zur Mehrfachzählung von Objekten führen. Aufzeichnungen zeigen, dass solche Störungen im praktischen Einsatz hauptsächlich im Stand und bei ungenügender Dämpfung der Sensorbefestigung auftreten.

Die Applikation von Herbiziden stellt höhere Anforderungen an die Reglungsgenauigkeit von Feldspritzen. Das heißt, mit zunehmender Variabilität des Unkrautvorkommens erhöhen sich Stellfrequenz und Sollwertdifferenz des zu regelnden Volumenstromes. Durch die DGPS-gestützte Aufzeichnung der vom Sensorsignal abgeleiteten Soll- und realisierten Istaufwandmengen lässt sich die einsatzbedingte Dynamik der Volumenstromregelung verfolgen. Ein Vergleich der Differenzen zwischen Soll- und Istwerten zeigt, dass sich die erforderliche Dosiergenauigkeit für teilflächenspezifisches Spritzen mit marktverfügbarer Feldspritztechnik gegenwärtig nicht bei extremen Veränderungen der Unkraut-

dichte erfüllen lässt (Bild 3).

Hohe Abweichungen zwischen Soll- und Istwerten sind in den Fahrgassenabschnitten vorzufinden, wo die Unkrautdichte von Zählabschnitt zu Zählabschnitt große Veränderungen aufweist. Auf dem untersuchten Winterroggenfeld traten infolge nicht ausreichender Verstellgeschwindigkeit des Regelsystems auf 27% der Teilflächen Dosierabweichungen von  $>20\%$  auf. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass die Anforderungen des Pflanzenschutzgesetzes an Spritz- und Sprühgeräte Abweichungen von mehr als  $\pm 10\%$  nur für maximal 5 s, etwa bei Geschwindigkeitsänderungen, zulassen [9].

## Fazit

Felduntersuchungen in verschiedenen Kulturen zeigen, dass bei Abstimmung der Sensorsignale auf den schlagspezifischen Entwicklungszustand des Unkrauts mit diesem Lösungsansatz ausreichende Behandlungserfolge zu erzielen sind [4]. Zur weiteren Verringerung von Applikationsfehlern sind Hard- und Softwarelösungen für die ortsproportionale Anpassung variabler Volumendurchsätze zu entwickeln.

Durch Nachbonituren ließen sich bei keinem Anwendungsfall pflanzenbaulich relevante Fehlbehandlungen feststellen. Problematisch bleiben weiterhin Fehlentscheidungen, die aufgrund großer Differenzen zwischen der detektierten Unkrautverteilung in der Fahrgasse und abweichender Unkrauthäufigkeit innerhalb der Maschinenarbeitsbreite entstehen [5]. Dieses Problem ließe sich durch das Anbringen weiterer Sensoren in zusätzlichen Detektionsspuren lösen. Das setzt jedoch ein zusätzliches Sensorgestänge im Frontanbau des Zugfahrzeugs und die teilbreitenorientierte Regelung der Spritze voraus.

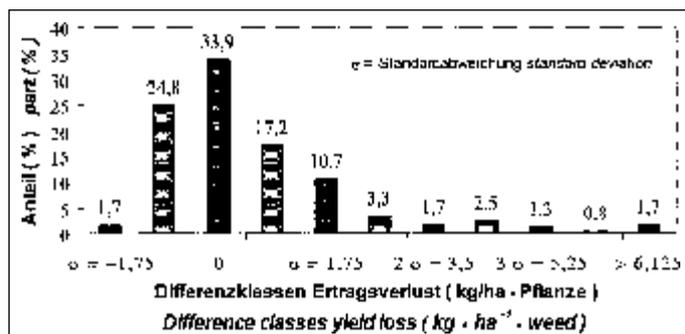


Bild 2: Verteilung der Differenzen zum Mittelwert berechneter Ertragsverluste aus Unkraut-Stichprobenzählungen

Fig. 2: Distribution of calculated yield loss differences to the mean average value from sample weed counts