

Rainer H. Biller, Braunschweig

Das Projekt Advanced Optoelectronic System (AOS)

Teil 2: Das Konzept des AOS und Stand der Entwicklung

Präziser Pflanzenschutz wird die Zukunft sein bei der Unkrautkontrolle. Dabei wird gezielt nur dort Spritzmittel ausgebracht oder auch mechanisch bekämpft, wo Unkräuter eine bestimmte Schadenschwelle überschritten haben. Für die Lokalisierung der Unkräuter kommen überwiegend optisch arbeitende Methoden zum Einsatz - vorwiegend Bildanalyse und optische Sensoren. Am Institut für Betriebstechnik und Bauforschung wird der Weg verfolgt, durch einen „Spektralen Fingerabdruck“ Unkräuter und Nutzpflanzen zu unterscheiden und mittels eines Multi-Sensor-Systems sicherzustellen, dass im selben Arbeitsgang das Spritzmittel die zu kontrollierenden Unkräuter zielsicher erreicht.

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Rainer H. Biller ist Wiss. Mitarbeiter des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig; e-mail: rainer.biller@fal.de
Dieses Projekt wurde vom BMBF finanziell unterstützt.

Schlüsselwörter

Gezielte Unkrautkontrolle, Bildverarbeitung, Optoelektronik, Sensor

Keywords

Target oriented weed control, image processing, optoelectronic, sensor

Für die Messungen der Reflexion von Nutzpflanzen und Unkräutern mit dem hierfür aufgebauten Messwagen (Bild 1), standen 2003 drei Felder mit den Nutzpflanzen Hafer, Winterweizen und Mais sowie weitere vier Felder ohne Nutzpflanzen zur Verfügung und damit die Reflexionsdaten der Pflanzen über eine Vegetationsperiode.

Diese Messungen dienen als Grundlage für den Algorithmus zur Pflanzenunterscheidung, der zurzeit entwickelt wird.

Die Optimierung der Sensorkombination schließt die Ausschaltung von Fehlereinflüssen durch die einzelnen Komponenten wie Blenden, Filter und Fotodioden ein. Die Blende bestimmt den gewählten Feldausschnitt, der vom Sensor erfasst werden soll. Von grundlegender Bedeutung ist, dass ein Unkraut einer bestimmten Größe an jedem Punkt des Sichtfeldes in gleicher Weise erkannt wird. Erschwert wird dies durch die Empfindlichkeitskurve der Fotodiode, die cosinusförmig über die Sichtfeldbreite verläuft.

Um die Empfindlichkeit über den gesamten Erfassungsbereich gleich zu halten, wurden verschiedene Korrektursysteme untersucht. Linsensysteme schwächen das reflektierte Licht um einen Faktor von bis zu 100, was dann eine sehr hohe Verstärkung am Fotostromverstärker erfordert. Weitaus bessere Ergebnisse werden mit einem

Grauverlaufsfilter erzielt. Mit der entsprechenden Abstufung wurde die vom Einfallswinkel des Lichtes abhängige Empfindlichkeit der Fotodiode über die Sichtfeldbreite linearisiert.

Beim Einsatz des AOS muss sichergestellt werden, dass jede Fotodiode exakt den gleichen Feldausschnitt sieht, unabhängig von der jeweiligen Stellung des Spritzgestänges. Die bisherige Lösung der räumlichen Anordnung der Fotodioden im Sensorgehäuse genügt dieser Forderung nur sehr unzureichend, besonders, wenn Schwankungen des Spritzgestänges in vertikaler Richtung auftreten. Realisiert wurde deshalb eine Lösung mit nur einer Fotodiode und einer davor rotierenden Scheibe mit mehreren (max. 8) ausgewählten Filtern. Durch die davor angeordnete Schlitzscheibe mit dem oben erwähnten Stufen-Graufilter ist dann für jede Wellenlänge des Umgebungslichtes der Feldausschnitt gleich, unabhängig von der Stellung des Spritzgestänges. Diese Fotodiode kann zudem eine deutlich größere Ausdehnung besitzen. Durch die größere Fläche wird auch die Lichtempfindlichkeit der Fotodiode erhöht, was die erforderliche Verstärkerleistung reduziert. Die gewählte Lösung gestattet es außerdem, gleichzeitig für jede gewählte Wellenlänge das Umgebungs-

Bild 1: Messwagen zur Reflexionsmessung an Nutzpflanzen und Unkräutern

Fig. 1: Field wagon to measure reflection of crops and weeds



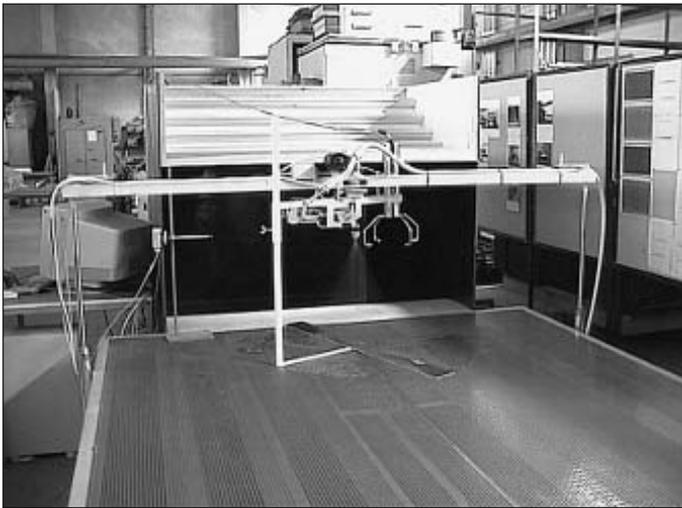


Bild 2: Prüfstand zur windabhängigen Spritzdüsenverstellung

Fig. 2: Test stand for spray nozzle adjustment, dependent on the wind

licht direkt zu empfangen und dadurch Veränderungen im Tagesverlauf oder durch Wolken zu berücksichtigen. Der Aufbau ist realisiert und wird zurzeit getestet.

Das AOS als automatisches Messsystem muss, da das Umgebungslicht als Lichtquelle genutzt wird, erkennen und anzeigen, ob das vorhandene Licht innerhalb oder außerhalb des Messbereiches liegt. Um den mehrere Dekaden umfassenden Dynamikbereich der Lichtleistung ohne eine Messbereichsumschaltung (dadurch entstehen Verstärkungsfehler und Messwertverluste) zu erfassen, wird der Photostrom der Photodioden mit einem logarithmischen Verstärker gemessen. Bei einem Versuch mit einer Lichtstärke von 6 Lux beträgt der Photostrom $1\mu\text{A}$ und ist noch drei Zehnerpotenzen von der tatsächlichen unteren Grenze des Verstärkers entfernt. Somit kann der Sensor sowohl bei sehr schwachen Lichtverhältnissen als auch bei Werten von mehr als 100000 Lux eingesetzt werden [22].

Wenn vom Spritzsensor Unkräuter ermittelt wurden und aufgrund einer voreingestellten Schadensschwelle diese auch gespritzt werden sollen, gilt es sicherzustellen, dass die gespritzte Fläche auch identisch ist mit der zuvor erfassten Fläche des Feldes und zwar unabhängig vom Windeinfluss. Dies bedingt die Installation eines Windsensors auf dem Traktor und eine windabhängige Nachführung der Spritzdüsen. In der Praxis werden mit dem Windsensor die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit gemessen und an die zentrale Kontrolleinheit des AOS-Systems übergeben. Mit einem entsprechenden Algorithmus wird die erforderliche Nachführung der Spritzdüsen (zweidimensional) ermittelt. Für die Entwicklung des Algorithmus wurde ein Versuchsstand aufgebaut (Bild 2), mit dem Windgeschwindigkeiten bis zu 5 m/s homogen und turbulenzfrei erzeugt und Windrichtungsänderungen von bis zu $\pm 45^\circ$ und mehr Abweichung von der Fahrtrichtung (0°) simuliert werden können. Die Nachführung

der Spritzdüse geschieht über zwei Stellmotoren, die im Winkel von 45° zur Fahrtrichtung angeordnet sind.

Im Projekt ist vorgesehen, die herkömmlichen Spritzdüsen durch einen Strahlschneider zu ersetzen. Mit diesem ist es möglich, ein homogenes monodisperses Tropfenspektrum mit einstellbarer Tropfengröße zu erzeugen, womit die Abdrift auf ein Minimum reduziert werden kann [22].

Ausblick

Die bisher entwickelten und im Versuch eingesetzten Methoden zur teilflächenspezifischen Unkrautbekämpfung haben ihre Möglichkeiten zur Unkrauterkenntnis und -erfassung, aber auch ihre Grenzen hinsichtlich Erkennungs- und Unterscheidungsrate. Dies gilt auch für die Auflösung, bezogen auf die Teilbreite der Feldspritze oder auf die Unkrautgröße. Weiterentwicklungen in der Sensortechnik und der Informationsverarbeitung lassen weitere Fortschritte zu, doch es bleibt offen, ob die Lösung für einen teilflächenspezifischen chemischen und/oder mechanischen Pflanzenschutz einem Ansatz vorbehalten bleibt, oder ob nicht in der Kombination der verschiedenen Ansätze die Lösung liegt. Dabei ist auch die Kosten Seite zu berücksichtigen, da sie mitentscheidend ist bei der Einführung in die breite landwirtschaftliche Praxis.

Literatur

[1] Autorenkollektiv: Precision Farming im Pflanzenschutz am Beispiel Unkrautbekämpfung. KTBL-Schrift 402, 2001
 [2] Dzinaj, T. et al.: Multi-Sensor-System zur Unterscheidung von Nutzpflanzen und Beikräutern. Z. für Pflz.krankh. und Pflz.schutz, Sh. VI, (1998), S. 233-242
 [3] Ruckelshausen, A. et al.: Fremdlichtunabhängige Messung der Flächenbelegung in Pflanzenkulturen: Entwicklung von Low-Cost-Systemen mit neuen Spektrolsensoren und gepulster Beleuchtung. Proc. VDI/MEG-Tagung Landtechnik, (2002), S. 145-150

[4] Blasco, J. et al.: Robotic Weed Control using Machine Vision. Biosystems Engineering 83 (2002), no. 2, p. 149-157
 [5] Madsen, T. E. and H. L. Jakobsen: Mobile Robot for Weeding. Master Thesis, Techn. Univ. of Denmark, 31. 1 2001, 159 S.
 [6] Christensen, S. and H.-W. Griepentrog: Robotic Weeding. DIAS Bygholm, KVL (Taastrup), Dänemark
 [7] Baerfeldt, A.-J.: Vision-Guided Mechanical Weed Control. Proc. 2nd Int. Work shop on Mechatronical Computer Systems for Perception and Action, 10.-12. Febr. 1997, S. 135-138
 [8] Gerhards, R. et al.: Einsatz der digitalen Bildverarbeitung bei der teilschlagspezifischen Unkrautkontrolle. Z. PflzKrankh. PflzSchutz, Sh. XVI, (1998), S. 273-278
 [9] Gerhards, R. et al.: Site-Specific Weed Control in Maize, Sugar Beet, Winter Wheat and Winter Barley. Precision Agriculture, 3 (2002), S. 25-35
 [10] Pressestelle der Rhein. F.-W.-Univ. Bonn: Unkrautspritze sieht, wo sie spritzen muss. <http://www.uni-bonn.de/aktuelles/presseinformationen>
 [11] Yang, C.-C. et al.: Development of an Image Processing System and a Fuzzy Algorithm for Site-Specific Herbicide Application. Precision Agriculture 4 (2003), S. 5-18
 [12] Wartenberg, G. und K.-H. Dammer: Teilflächenspezifische Unkrautregulierung im Echtzeitbetrieb. Proc. VDI/MEG Tagung Landtechnik, (2000), S. 281-287
 [13] Dammer, K.-H. et al.: Sensor-controlled variable rate real-time application of herbicides and fungicides. Proceedings of the 4th ECPA, (2003), S. 65-70
 [14] Felton, W. L. and K. R. McCloy: Spot Spraying. Agric. Engng. (1992), H. 11, S. 9-12
 [15] Biller, R. H. et al.: Verminderung des Aufwandes an Herbiziden in der Pflanzenproduktion durch zielflächenorientierte Applikation. Abschlussbericht zum DBU-Projekt 06331, Bericht aus dem Institut BB (FAL), Nr. 255, Juni 2000, 75 S.
 [16] Biller, R. H. und W. Ihle: Pflanzenunterscheidung mit optischen Sensoren. Landtechnik 55 (2000), H. 2, S. 148-149
 [17] Biller, R. H. und W. Ihle: Die sehende Feldspritze - Unterscheidung von Nutzpflanzen und Unkräutern - online mit Hilfe optoelektronischer Sensoren. Agritechnica '97, Hannover, 9.-15. 11 1997
 [18] Hollstein, A. und R. H. Biller: Weiterentwicklung eines optoelektronischen Sensorsystems zur Unkrautkontrolle. Agrartechnische Forschung 4 (1998), H. 1, S. 11-17
 [19] Biller, R. H. und R. Schicke: Multi-frequency optical identification of different weeds and crops for herbicide reduction in precision agriculture. In: Proc. of the 5th Intern. Conference on Precision Agriculture, 16.-17.07. 2000, University of Minnesota, St. Paul, MN, USA
 [20] Wang, N. et al.: An application of Fuzzy Logic in weed detection. ASAE No. 993139, (1999), 12 S.
 [21] Wang, N. et al.: Design of an optical weed sensor using spectral characteristics. Transact. of the ASAE. 44 (2001) 2, S. 409-419
 [22] Sommer, C. et al.: Entwicklung und Einsatz eines Advanced Optoelectronic System (AOS) zur Online-Unterscheidung von Nutzpflanzen und Unkräutern und abdriftfreie zielgerichtete Applikation von Herbiziden durch Verwendung des Strahlschneiderverfahrens. 1. Zwischenbericht BMBF-Projekt 0330118, Bericht aus dem Institut BB (FAL), Nr. 377, 2003, 19 S.