

Intelligenter optischer Sensor für den teilflächenspezifischen Herbizideinsatz im Online-Verfahren (H-Sensor)

Smart vision sensor for site-specific herbicide spraying in real-time operation (H-Sensor)

Abstract:

The target of this project is to realize a real-time enabled sensor system for site-specific herbicide spraying. Such a system consists of several smart vision cameras with integrated image processing and object recognition as well an operation terminal. The cameras are mounted with brackets at the spray rig. They continuously record bispectral images while the sprayer is driving over the field. All visible plants respectively their aerial parts are classified by analyzing of several shape features. In accordance with the algorithms in the terminal for different crop and application cases is decided in real-time operation, whether respectively with which application rate the sprayer sections are to be activated. Using the so-called H-Sensor in farming practice will result in an usual herbicide spraying, which no more covers all over with 100% dose but only on the weed-infested partial areas. This protects the ecological environment and increases the efficiency of agriculture.

Hagen F. Piotraschke, Agri Con GmbH, Jahna

Das Ziel dieses Vorhabens ist die Realisierung eines echtzeitfähigen Sensorsystems zur teilflächenspezifischen Herbizidausbringung. Ein solches System besteht aus mehreren Kameras mit integrierter Bildverarbeitung und Objekterkennung sowie einem Bedienterminal. Die Kameras sind mit Auslegern am Gestänge der Pflanzenschutzspritze befestigt. Während der Fahrt nehmen sie fortlaufend Bispektralbilder der Ackerfläche auf. Die im Bild jeweils erkennbaren Pflanzen bzw. Pflanzenteile werden über eine Auswertung ihrer Formmerkmale klassifiziert. Gemäß der im Bedienterminal hinterlegten Algorithmen für bestimmte Bestands- und Ausbringungssituationen fällt dann in Echtzeit die Entscheidung, ob bzw. mit welcher Aufwandmenge die jeweilige Teilbreite der Pflanzenschutzspritze an dieser Stelle aktiviert wird.

Der Einsatz des H-Sensors kann in der Praxis dazu führen, dass Herbizide im Ackerbau nicht mehr ganzflächig, sondern nur noch auf den tatsächlich verunkrauteten Teilflächen ausgebracht werden. Dies schont die Umwelt und steigert die Effizienz im Pflanzenbau.

Anwendungsorientierte Unkrautklassifizierung

Die vom H-Sensor im Echtzeitbetrieb auf alle Bildobjekte angewendeten Klassifikatoren werden immer auf das vorgesehene Szenario der Herbizidanwendung hin definiert und mit entsprechendem Bildmaterial trainiert. Dabei gilt der Grundsatz, die Anzahl der je Szenario verwendeten Unkrautklassen so weit zu verringern, wie es angesichts der vorgesehenen Herbizidanwendung sinnvoll und möglich ist. Einzelne botanische Arten müssen also nur dann auch einzeln klassifiziert werden, wenn sie entweder gezielt bekämpft werden oder ihre Schadwirkung wesentlich größer ist als die anderer Arten der jeweiligen Gruppe. Dies betrifft beispielsweise das Klettenlabkraut und die Kamille-Arten, auf deren Erkennung in Getreidebeständen dann jeweils mit einem niedrigeren Bekämpfungsschwellwert reagiert wird, während alle sonstigen Unkrautarten nur entweder den einkeimblättrigen oder den zweikeimblättrigen Unkräutern zugeordnet werden. Eine solche Vereinfachung der an den H-Sensor gerichteten Anforderungen ist so lange zulässig, wie die in der Praxis verwendeten Feldspritzen noch darauf beschränkt sind, lediglich eine einzige vorgefertigte Spritzbrühe ausbringen zu können. Da somit nur relativ wenige Klassifikatoren auf alle Bildobjekte angewendet werden müssen, kann die je H-Sensor dafür benötigte Rechenleistung auch im Sensor selbst bereitgestellt werden. Mit der erwarteten Verfügbarkeit von Feldspritzen mit einer an den Düsen oder zumindest den Teilbreiten realisierten Mehrmittel-Einspeisung werden allerdings auch die Anforderungen an die Fähigkeiten des H-Sensors zunehmen, eine steigende Anzahl von Unkrautklassen oder gar einzelnen botanischen Arten voneinander unterscheiden zu können. Deswegen wurde beim H-Sensor ein modularer Aufbau vorgesehen, in dem die jeweils verwendeten CPU-Platinen später durch leistungsstärkere Versionen mit gleich ausgeführten Ein- und Ausgängen ersetzt werden können.

Die Erkennung einzelner botanischer Arten von einkeimblättrigen Unkräutern ist aus Sicht der Unkrautbekämpfung zumeist stärker wünschenswert, als dies mit einer Klassifikation aufgrund von Formmerkmalen der Bildobjekte geleistet werden kann. Demzufolge sollte die Zuordnung der als einkeimblättrige Unkräuter erkannten Bildobjekte zu den entsprechenden Arten bzw. Klassen auch anhand von Nutzereingaben zum jeweils erwarteten Artenspektrum erfolgen. Die betrieblichen Anwender des H-Sensors dürften üblicherweise wissen, welche Arten auf ihren Schlägen dominieren bzw. ob überhaupt schon einkeimblättrige Unkräuter zu erwarten sind. Diese Informationen werden schließlich auch schon zur Einsatzplanung sowie zur Anfertigung der Spritzbrühe benötigt und können daher über eine entsprechende Benutzeroberfläche auch zur Anpassung der jeweiligen Bekämpfungsschwellwerte genutzt werden. Die Echtzeit-Klassifikation im H-Sensor kann somit beispielsweise darauf beschränkt bleiben, die einkeimblättrigen Unkräuter nur von den Getreidepflanzen und nicht auch noch voneinander unterscheiden zu müssen. Hierfür kommen dann auch nicht nur die sonst üblichen Klassifikatoren auf Basis der Formmerkmale zum Einsatz, sondern auch noch weitere Entscheidungskriterien (z. B. hinsichtlich der Lage von Bildobjekten zueinander).

Aus der Forschung in die Praxis

Erstmalig wurde der H-Sensor als vollständiges System im Herbst 2009 zum Zeitpunkt der Nachauflaufbehandlung des Winterweizens auf Praxisschlägen in der Lommatzcher Pflege (Sachsen) eingesetzt. Mit Ausnahme der dabei noch etwas zu kurzen Ausleger am Gestänge der Feldspritze war das Gesamtsystem hier auch schon so aufgebaut, wie es zum späteren Einsatz in der Praxis vorgesehen ist.



Abbildung 1: Einsatz des H-Sensors im Herbst 2009 mit einer handelsüblichen Feldspritze

Insgesamt vier Kameras sind dabei am Spritzgestänge befestigt und über jeweils zwei Kabel mit einem Schaltkasten in der Gestängemitte verbunden, von dem aus die Hauptkabel für Stromversorgung und Datenübertragung zum Schlepper bzw. zum vorderen Teil des Selbstfahrers geführt werden. Dort befindet sich dann die Zentraleinheit zur Eingabe von Benutzerdaten, Speicherung von Aufzeichnungen sowie Ansteuerung der Feldspritze, wofür das so genannte *Agronomische Terminal* von Agri Con verwendet wird. In den Kameras wird nicht nur die Bildaufnahme, sondern auch die Bildverarbeitung bis hin zur Objekterkennung durchgeführt, so dass zur Zentraleinheit dann nur noch die Ergebnisse der Klassifikation übertragen werden müssen. Diese Ergebnisse beinhalten neben dem Zeitstempel und den Geokoordinaten der Bildaufnahme die Bodenbedeckungsgrade der jeweils verwendeten Klassen (Kulturpflanzen und Unkrautklassen).

Zur Vorbereitung auf die Praxiseinführung des H-Sensors, die in einer für 2010/2011 geplanten Produktumsetzungsphase beginnen soll, wird noch die so genannte *Unkraut-Datenbank* von Agri Con zum Klassifikatortraining bereitgestellt. Anhand des hiermit gespeicherten und manuell klassifizierten Bildmaterials werden dann die Klassifikatoren für die jeweiligen Anwendungen des H-Sensors in der Praxis entwickelt. In Ergänzung zum Betrieb des H-Sensors im Online-Verfahren ist auch noch die Möglichkeit vorgesehen, vor dem jeweiligen Zeitpunkt der Anwendung gespeicherte Informationen in die Ansteuerung der Feldspritze einbeziehen zu können. Dies betrifft beispielsweise Teilflächen, auf denen schon bei früheren Überfahrten eine stärkere Verunkrautung festgestellt wurde. Ein solcher "Map-Overlay"-Ansatz dient jedoch nur dem Ziel, die zu erwartenden Zeitverzögerungen der Feldspritze beim Einschalten von Teilbreiten zu kompensieren, und hat ansonsten keinen Einfluss auf die Klassifikation im H-Sensor selbst.