

Daniel Fischer, Markus Ströbel und Karlheinz Köller

# Kameragestütztes Regelkonzept einer mechanischen Hacke für Zuckerrüben

Die mechanische Unkrautregulierung beschränkt sich derzeit vorwiegend auf biologisch wirtschaftende Betriebe. Die Unkrautregulierung innerhalb der Kulturpflanzenreihe ist technisch schwierig und bedarf immer noch eines sehr hohen manuellen Arbeitsaufwands. Ziel des hier vorgestellten Projektes ist die Konzeption einer maschinellen Hacke zur Bearbeitung der Pflanzenzwischenräume innerhalb der Kulturpflanzenreihe. Hierfür wurde ein kameragestütztes Regelkonzept entwickelt, welches die Position der folgenden Kulturpflanze in Echtzeit ermittelt und dadurch das hydraulisch angetriebene Werkzeug zur Bearbeitung des Pflanzenzwischenraumes steuert. Somit ist die Positionsbestimmung der Kulturpflanze im aufgezeichneten Bildabschnitt in Echtzeit und geschwindigkeitsunabhängig im Entwicklungsstadium BBCH 10 bis BBCH 14 der Zuckerrübe möglich.

## Schlüsselwörter

Mechanische Unkrautregulierung, Zuckerrübenanbau, Bildverarbeitung, CCD-Kamera

## Keywords

Intra-row weed control, sugar beet cultivation, image processing, CCD-camera

## Abstract

Fischer, Daniel; Ströbel, Markus and Köller, Karlheinz

## Camera-based control system of a mechanical hoe for sugar beets

Landtechnik 65 (2010), no. 2, pp. 93-95, 1 table, 3 figures, 5 references

Mechanical weed control is currently limited to application in organic agriculture. Technically, intra-row weed control is problematic and still requires a high amount of manual labour. The aim of the project presented here is to design a mechanical hoe for intra-row weed control. For this purpose a camera-based control system was developed that determines the position of the plant in real-time and controls the hydraulically-driven implement in accordance to the position

of the next plant. Consequently, it is possible to determine the exact position of the plant, from the picture that is taken by the camera, in real-time and independently of the speed within stage of development BBCH 10 to BBCH 14 of the sugar beet.

■ Bei dem Einsatz von Herbiziden werden neben der Effektivität auch die Auswirkungen der Mittel auf die Gesundheit des Menschen, das Grundwasser, die Umwelt sowie die Möglichkeiten der Verringerung dieser Auswirkungen diskutiert [1; 2; 3]. Die mechanische Bearbeitung des Reihenzwischenbereiches in Zuckerrüben ist technisch gelöst und liefert gute Ergebnisse. Mit diesen Werkzeugen kann der Boden im Abstand von bis zu 5 cm zur Kulturpflanzenreihe bearbeitet werden, es bleibt also ein unbearbeiteter Streifen. Aber gerade Unkräuter, die innerhalb dieses Streifens unmittelbar neben den Zuckerrüben wachsen, können diese empfindlich in ihrer Jugendentwicklung stören. Diese Konkurrenz von Kulturpflanzen und Unkräutern um Wachstumsfaktoren kann zu erheblichen Ertragsverlusten führen.

Zurzeit ist in der Jugendentwicklung der Zuckerrübe die Entfernung des Unkrautes innerhalb der Pflanzenreihe nur mit einer erheblichen Handarbeit möglich. Eigene Untersuchungen zur mechanischen Unkrautregulierung im biologischen Zuckerrübenanbau haben gezeigt, dass der kombinierte Einsatz von Maschinen im Zwischenreihenbereich und innerhalb der Kulturpflanzenreihe sinnvoll ist. Der Aufwand zur manuel-

Tab. 1

Arbeitskraftstunden [AKh/ha] für die manuelle Unkrautregulierung in verschiedenen Kulturen in den Niederlanden und in der Schweiz  
*Table 1: Manpower hours per hectare [Mph/ha] required for manual labour in different crops in the Netherlands and Switzerland*

Kulturpflanze <i>Crop</i>	Aussaatsverfahren <i>Planting method</i>	AKh/ha <i>Mph/ha</i>
Zuckerrüben <i>Sugar beet</i>	Gesät <i>Sown</i> [1]	82
	Gesät <i>Sown</i> [4]	134
	Gepflanzt <i>Planted</i> [1]	28
Zwiebel <i>Onion</i>	Gesät <i>Sown</i> [1]	177
Karotten <i>Carrot</i>	Gesät <i>Sown</i> [1]	152
Gemüse <i>Vegetable</i>	Gepflanzt <i>Planted</i> [1]	46

len Entfernung des Unkrautes kann dadurch gesenkt werden. **Tabelle 1** zeigt Werte für den jeweiligen Handarbeitsaufwand innerhalb der Pflanzenreihen in verschiedenen Kulturen. Gepflanzte Kulturen sind aufgrund ihres definierten Pflanzenabstandes leichter unkrautfrei zu halten als ausgesäte Kulturen.

Für eine weitere, deutliche Reduzierung der Handarbeit ist eine maschinelle Entfernung des Unkrautes im Pflanzenzwischenraum ohne Beschädigung der Kulturpflanze notwendig. Ziel des hier vorgestellten Projektes ist die Entwicklung einer selektiv arbeitenden Hacke zur Bearbeitung der Pflanzenzwischenräume innerhalb der Kulturpflanzenreihe.

Zu Beginn des Projektes wurden Systemvoraussetzungen für die Konzeption erstellt. Die wichtigsten Voraussetzungen sind:

- Bestimmung der Pflanzenposition in Echtzeit
- Arbeitsgeschwindigkeit  $\geq 1$  m/s
- Theoretische Saatgutablage ist veränderbar zwischen 14 und 20 cm
- Geringe Kulturpflanzenverluste

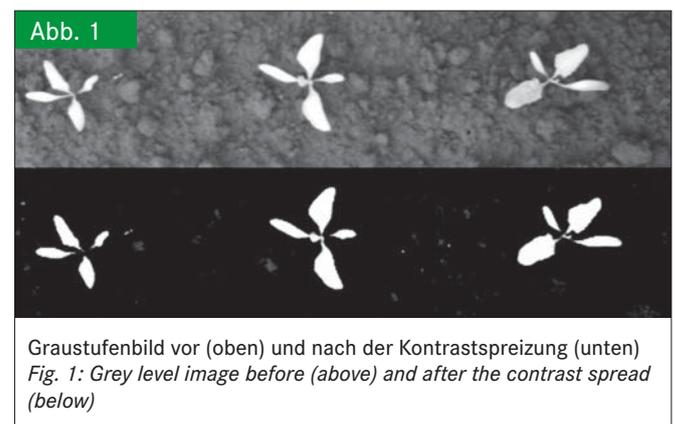
### Bilderfassung

Das ausschließliche Hacken der Pflanzenzwischenräume innerhalb der Reihe macht eine Positionsbestimmung der einzelnen Zuckerrüben für die Ansteuerung der Hacke notwendig. Durch diese Positionsbestimmung ist es unter anderem möglich, den Schlupf am Antriebsrad der Einzelkornsämaschine, der zu einer ungenauen Ablage des Saatgutes führt, und den Schlupf am Rad der Hacke auszugleichen. Somit ist eine Bearbeitung der Pflanzenzwischenräume in der Reihe auch bei sich verändernden Pflanzenabständen möglich. Hierfür wurde eine eigene Bildverarbeitungssoftware entwickelt, die ein Korrektursignal an den Regelkreis der Hacke sendet und das kontinuierlich arbeitende Werkzeug beschleunigt oder verzögert. Zur Bearbeitung des Pflan-

zenzwischenraumes stehen zwei hydraulisch angetriebene Werkzeuge zur Verfügung. Im ersten Schritt erfolgt mit Hilfe einer CCD-Kamera mit Tageslichtsperrfilter die Aufnahme des Bildes. Die Bildaufzeichnung erfolgt nicht kontinuierlich, sondern wird an einem fixen Punkt der Werkzeugbewegung ausgelöst. Licht im Nahinfrarotbereich mit einer Wellenlänge über 800 nm wird zu 50 % reflektiert. Licht im sichtbaren Wellenbereich wird stark von Chlorophyll und anderen Teilchen absorbiert [4]. Aus diesem Grund erfolgt der Einsatz des Tageslichtsperrfilters, der Wellenlängen  $< 780$  nm sperrt. Das generierte Graustufenbild bietet einen hohen Kontrast zwischen Pflanzen und Boden. Aufgrund der weiteren Bildverarbeitung ist eine definierte Beleuchtung nicht notwendig. Ein Schattenwurf kann ausgeglichen werden, sehr starke und sich sehr schnell verändernde Lichtverhältnisse können aber zurzeit die Positionsbestimmung noch negativ beeinträchtigen.

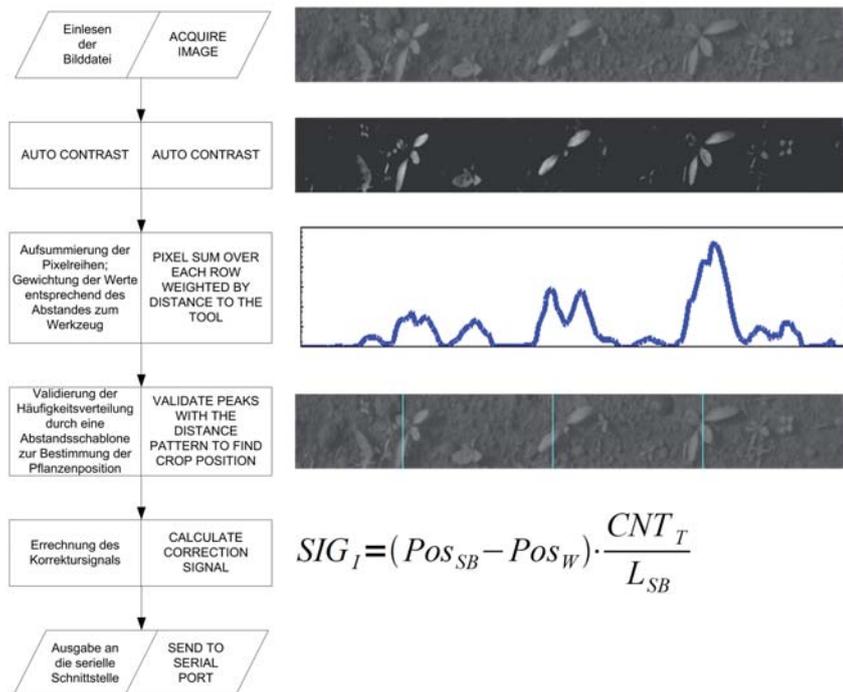
### Positionsbestimmung der Zuckerrüben in Echtzeit

**Abbildung 1** zeigt ein generiertes Graustufenbild der verwendeten CCD-Kamera. Dieses Bild wird in die Bildverarbeitungssoftware eingelesen und im Anschluss der Kontrast optimal gespreizt, um das Pflanzenmaterial vom Boden zu differenzieren. Diese Kontrastspreizung erfolgt für jedes eingelesene Bild individuell je nach dessen Helligkeit. Kontinuierliche Schattenbildung wird über einen weiteren Verarbeitungsschritt im Bild kompensiert.



Die Positionsbestimmung der Zuckerrübe im Bild erfolgt über die Auswertung der Häufigkeitsverteilung von Pflanzenmaterial. Die einzelnen Prozessschritte sind in **Abbildung 2** dargestellt. Nach dem Einlesen des Bildes und der folgenden Kontrastspreizung wird durch Aufsummierung der Pixelzeilen das Graustufenbild in eine eindimensionale Datenreihe umgewandelt. Es erfolgt eine Gewichtung der Werte entsprechend des Abstandes zum Werkzeug. Dadurch kann eine bessere Anpassung an die Abstände der Kulturpflanzen gewährleistet werden. In einem weiteren Schritt werden die mittels der Häufigkeitsverteilung gefundenen Pflanzen mit einer Abstandsschablone validiert, welche den theoretischen Kulturpflan-

Abb. 2



Positionsbestimmung der Zuckerrübe im Bild  
 Fig. 2: Schematic design of image processing

zenabstand abbildet. Der so ermittelte Abstand zwischen der ersten Kulturpflanze und dem Bildrand wird als Berechnungsgrundlage für das Korrektursignal verwendet, welches an die Regelung übergeben wird. Die Berechnung dieses Abstandes erfolgt in Echtzeit. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit liegt bei dem verwendeten 2 GHz Prozessor bei 30 ms.

### Schlussfolgerungen

Ein Test der Pflanzenpositionserkennung in einem Zuckerrübenfeld mit einem Pflanzenabstand von 14 cm ergab eine Erkennungsrate der Pflanzenposition von 90 %. Die Integration dieses kameragestützten Regelkonzeptes in einen einreihigen

Prototypen zur mechanischen Unkrautregulierung innerhalb der Pflanzenreihe (**Abbildung 3**) erlaubt eine effektive, kulturschonende, mechanische Bearbeitung des Pflanzenzwischenraumes. Erste Praxisversuche haben eine volle Funktionsfähigkeit des Hackprototypen bestätigt. Die an das System gestellten Anforderungen in Bezug auf die Arbeitsgeschwindigkeit und Schonung der Kulturpflanze können erfüllt werden.

### Literatur

- [1] Van der Weide, R.; Bleeker, P.; Achten, V.T.; Plotz, L.; Fogelberg, F. and Melander, B.: Innovation in mechanical weed control in crop rows. Weed research 48 (2008), pp. 215-224
- [2] Melander, B.; Rasmussen, G and Bärberi, P.: Effects of cultural methods and physical weed control, examples from European research. Weed science 53 (2005), pp. 369-381
- [3] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, Bonn, 2008
- [4] Irla, E., E. Spiess und J. Heusser: Verbesserung der Anbau und Unkrautregulierungstechnik im Biozuckerrübenanbau, FAT-Bericht 633, 2005
- [5] Onyango, C. M. and Marchant, J. M.: Physics-based colour image segmentation for scenes containing vegetation and soil. Image and vision computation 19 (2001), pp. 523-538

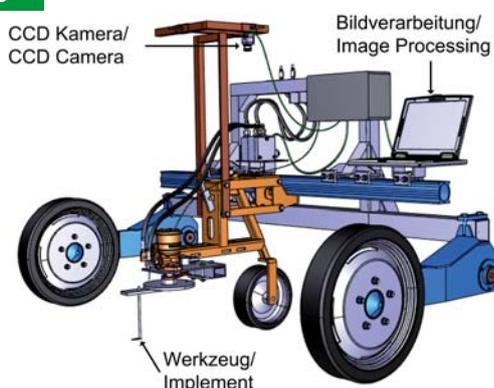
### Autoren

**M. Sc. Daniel Fischer** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, **Markus Ströbel** ist technischer Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion (Leitung: **Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Karlheinz Köller**), Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart, E-Mail: Daniel.Fischer@uni-hohenheim.de

### Danksagung

Die Autoren danken dem Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg, Stuttgart, und dem Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ochsenfurt, für die finanzielle Förderung des Projektes.

Abb. 3



Prototyp der einreihigen Hacke zur Bearbeitung des Pflanzenzwischenraumes  
 Fig. 3: Schematic design of the hoe for mechanical intra-row weed control