

Hermann Maul und Hermann Auernhammer, Freising

Bildanalytischer Ansatz zur Geräteführung im Mais

Aus ökologischen und auch ökonomischen Gründen sollte die mechanische Hacke zur Unkrautregulierung wieder verstärkt eingesetzt werden. Hierzu ist jedoch eine automatische Steuerung notwendig. In diesem Beitrag wird ein Verfahren beschrieben, das Daten für ein Steuersystem mit ausreichender Genauigkeit liefert. Mit einer Videokamera wurden Bilder von Maisbeständen aufgezeichnet, die digitalisiert und verarbeitet wurden. Aufgrund der Voreinstellungen des Systems konnte die Abweichung der tatsächlichen Position des Hackgerätes von der Idealposition ermittelt werden.

Sowohl im ökologischen als auch im konventionellen Pflanzenbau besteht ein Bedarf an Unkrautbekämpfungssystemen, die ohne chemische Hilfsmittel auskommen. Einerseits können Belastungen der Umwelt nicht ausgeschlossen werden, andererseits verteuern den Herbizideinsatz Resistenzerscheinungen bei Unkrautpflanzen oder es schließen restriktive gesetzliche Regelungen bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln ihn ganz aus.

Der Einsatz von Hackgeräten ist derzeit auf wenige Sonderkulturen beschränkt, weil die Feinsteuerung mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden ist oder weil bei geringerer Genauigkeit der Geräteführung der Nutzen stark abnimmt. Wenn das Problem der Exaktsteuerung von Hackgeräten entlang von Kulturpflanzenreihen mit Hilfe technischer Hilfsmittel gelöst werden kann, scheint eine Renaissance der mechanischen Unkrautbekämpfung möglich zu sein.

Bereits seit längerem wird versucht, mit mechanischen Sensoren die Position von Reihen automatisch zu erfassen [5]. Mit leistungsfähigeren Sensoren und Verarbeitungssystemen konnten Fortschritte erzielt werden [4]. Ein Durchbruch der Exaktsteuerung scheint mit der Nutzung der GPS-Technik zu gelingen [6].

Ein anderer, vielversprechender Ansatz stützt sich auf Videosensoren, deren Bilder zur Identifikation von Pflanzenreihen verwendet werden [1, 2, 3].

In dieser Arbeit wird ein relativ einfacher Algorithmus vorgestellt, mit dessen Hilfe von Videosensoren gelieferte Bilder bearbeitet werden. Als Ergebnis wird ein Steuerparameter ausgegeben, der den seitlichen Versatz eines Hackgerätes bezüglich einer Pflanzenreihe darstellt. Aufgrund der

großen Bedeutung des Maisanbaues wurde das Verfahren am Beispiel eines Maisbestandes entwickelt.

Kalibrierung des Videosensors

Der Videosensor, eine handelsübliche Videokamera, wird so angebracht, dass gleichzeitig drei Maisreihen sichtbar sind, damit Lücken in einer Reihe durch Auswerten der Nachbarreihen überbrückt werden können.

Zu Beginn der Arbeit mit dem Bildverarbeitungssystem muss der Benutzer einige Parameter einstellen, die das System an unterschiedliche Wuchshöhen der Maispflanzen, unterschiedliche Verunkrautungssituationen und unterschiedliche Lichtverhältnisse anpassen. Als Basis dient ein Bild des Bestandes, an dem die Auswirkungen der einzelnen Einstellungsschritte visualisiert werden. Bei Bedarf kann jede Eingabe wiederholt werden.

Sobald der Anwender die Kalibrierung abschließt, beginnt das Hauptprogramm mit der Ermittlung der Steuerparameter.

Funktionen des Algorithmus

1. Bild aufzeichnen

Da der Videosensor Bildsequenzen liefert, für die Verarbeitung aber Einzelbilder erforderlich sind, wird im ersten Verarbeitungsschritt ein Standbild erzeugt. Dieses Bild wird anschließend digitalisiert und somit in eine vom Computer verarbeitbare Form gebracht. Bei Vorversuchen hat es sich gezeigt, dass mit der vorliegenden Technik Farbbilder vom Maisbestand keinen messbaren Vorteil im Vergleich zu Graustufenbildern brachten, so dass mit den einfacheren Graustufenbildern gearbeitet werden konnte, was

Dr.Hermann Maul, Wendelsteiner Weg 2a, 90596 Schwanstetten, e-mail: hermann.maul@datev.de, studierte Agrarwissenschaften von 1987 bis 1992 an der TU München / Weihenstephan und promovierte als Softwareentwickler extern im Fachgebiet „Technik im Pflanzenbau“ der TU München / Weihenstephan (Leitung: Prof. Dr. Hermann Auernhammer).

Schlüsselwörter

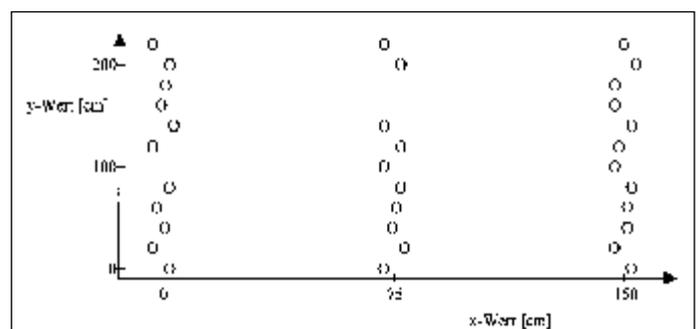
Bildverarbeitung, automatische Steuerung, Hackgerät

Keywords

Image processing, automatic guidance, hoe

Bild 1: Schematische Darstellung eines vorverarbeiteten Bildes

Fig.1: Schematic representation of a pre-processed picture



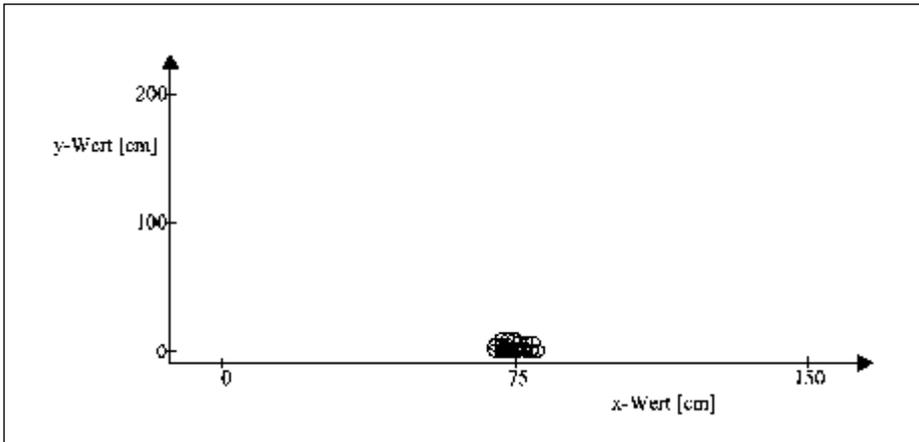


Bild 2: Schematische Darstellung der Ermittlung des Mittelwertes der zentralen Reihe aus den Mittelwerten der drei benachbarten Reihen

Fig. 2: Schematic representation of calculating the mean of the central row using the means of the three neighbouring rows

sich günstig auf die Laufzeit des Systems auswirkt. Bereits während dieses Schrittes erfolgt eine optische Entzerrung, die dazu führt, dass die Pflanzenreihen für die weitere Bearbeitung als parallele Linien erscheinen. Durch Überlagerung des entzerrten Bildes mit einem Messgitter kann die reale Position eines Bildpunktes auf dem Feld aus seiner Lage im Bild abgeleitet werden.

2. Pflanzenbildpunkte extrahieren

Da Pflanzen in der Regel heller als der Bildhintergrund sind, werden im nächsten Schritt alle Bildpunkte (Pixel) markiert, die heller sind als ein bestimmter, bei der Kalibrierung definierter Schwellenwert. In der Regel ergeben sich im Bereich der Pflanzenreihen größere zusammenhängende Flächen mit markierten Bildpunkten, während in den Zwischenreihen kleinere Bereiche markiert sind.

3. Flächen vergrößern

„Kleine“ Flächen werden ausgeblendet, weil davon ausgegangen werden kann, dass sie Unkrautpflanzen repräsentieren, während größere Flächen in der Regel von Pflanzenanhäufungen im Bereich der Kulturpflanzenreihen stammen. Als Maß für die Größe einer Fläche wird ihre Randlänge verwendet. Die so definierte Größe der Flächen wird mit einem ebenfalls bei der Kalibrierung gefundenen Wert verglichen. Alle Flächen, die kleiner als dieser Grenzwert sind, werden ausgeblendet (Bild 1).

4. Flächenparameter ermitteln

Von den verbleibenden Flächen werden die Koordinaten des Schwerpunkts und die Flächengröße ermittelt. Die y-Dimension wird ausgeblendet, von den Flächenschwerpunkten wird also nur die Position quer zur Fahrtrichtung weiterverarbeitet

5. Reihenposition im Bild ermitteln

Da der Reihenabstand bekannt ist (hier: 75 cm), ist es möglich, die beiden äußeren Reihen logisch auf die mittlere Reihe zu kopieren, so dass im mittleren Bereich eine starke Häufung von Flächen, beziehungsweise Flächenschwerpunkten zu beobachten ist. Aus den mit der Flächengröße gewichteten x-Koordinaten lässt sich ein Gesamtmittelwert berechnen, der die Lage der mittleren Pflanzenreihe im Bild repräsentiert (Bild 2).

6. Steuerparameter berechnen

Durch Vergleich des ermittelten mit dem idealen Mittelwert lässt sich ein Parameter angeben, der den erforderlichen seitlichen Versatz des Hackgerätes darstellt (Bild 3).

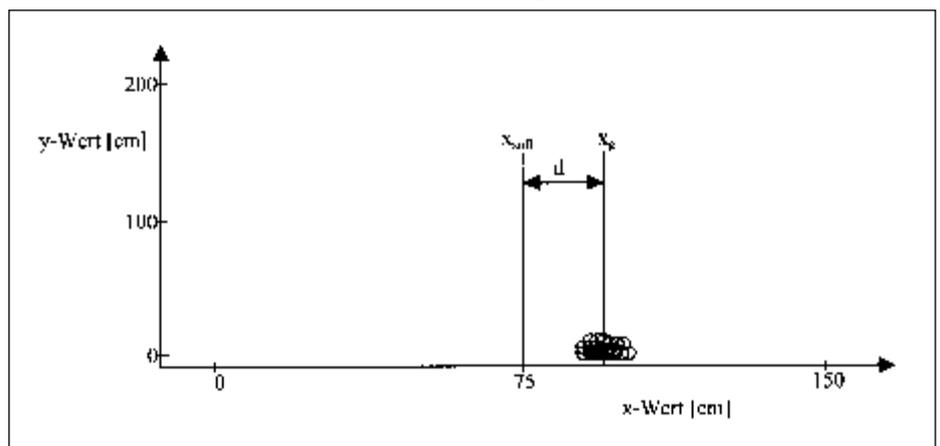


Bild 3: Schematische Darstellung einer Abweichung der idealen von der ermittelten Reihenposition; x_{soll} : Sollwert (Lage der Pflanzenreihe im Bild bei exakter Einhaltung des Pfades); x_g : Istwert (tatsächliche Lage der Pflanzenreihe im Bild; gewichteter Mittelwert der x-Werte der Schwerpunkte aller Vordergrundflächen); $d = x_{soll} - x_g$ Abweichung des Hackgeräts vom optimalen Pfad, Korrektursignal für die Steuereinheit

Fig. 3: Schematic representation of the deviation of the ideal and calculated row position; x_{soll} : set value (calculated position of row in the picture exactly following the track); x_g : actual value (true position of row in the picture; weighted mean of the x-values of centres of all foreground areas); $d = x_{soll} - x_g$ Deviation of the hoeing from optimum track, correction signal for the steering system

Praxisbewährung steht noch aus

Der Algorithmus wurde offline entwickelt und getestet, weil die Probleme, die durch Erschütterungen der Videokamera während der Fahrt verursacht wurden, in der verfügbaren Zeit nicht eliminiert werden konnten. Die verwendeten Bilder wurden deshalb bei stehendem Traktor aufgezeichnet.

Im Mittel wurde die reale Reihenposition vom Algorithmus um 1,65 cm (Standardabweichung: 1,64 cm) verfehlt. Eine praktische Anwendung dieser Art der Steuerung für Hackgeräte scheint damit möglich zu sein.

Literatur

- [1] Marchant, J. A.: Tracking of row structure in three crops using image analysis. Computers and electronics in agriculture 15 (1996), pp. 161-179
- [2] Sadjani, F.: Applications of image understanding technology in precision agriculture: Weed classification and crop row guidance. In: Proceedings of the third International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, 23.-26.6.1996, pp. 779-784
- [3] Søgaard, H. T and H. J. Olsen: Crop row detection for cereal grain. In: Precision Agriculture 99, Second European Conference on Precision Agriculture, Odense, 11.-15.7.1999, pp. 181-190
- [4] Vrindts, E. et al.: Weed detection using canopy reflectance. In: Precision Agriculture 99, Second European Conference on Precision Agriculture, Odense, 11.-15.7. 1999, pp. 257-264
- [5] Zabelitz, C. V.: Meß- Und Übertragungsprobleme bei der Automatisierung in der Landtechnik. Grundlagen der Landtechnik 18 (1968), H. 1, S. 21-27
- [6] Zuydam, R. P. Van: Centimeter-precision guidance of agricultural implements in the open field by means of real time kinematic DGPS. In: Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture, St. Paul, 19.-22.7.1998, pp. 1023-1034