

Robert Meyer und Karsten Borchard, Göttingen

Bildverarbeitung in der Landwirtschaft

Die Bildverarbeitung leistet einen Beitrag zu einer kostensparenden, qualitätsorientierten und umweltgerechten Produktion. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über den derzeitigen Stand der Technik. Besonderheiten des landwirtschaftlichen Einsatzes werden dargestellt.

Bildverarbeitung ist eine Technik, die in den letzten Jahren in der Industrie eine immer größere Verbreitung gefunden hat. Sie ermöglicht die Abbildung der menschlichen visuellen Sensorik für Automatisierungsaufgaben und umfasst die auf Rechner gestützte Bearbeitung, Auswertung, Klassifikation und Interpretation bildhafter Information. An der technischen Entwicklung nimmt im zunehmenden Maße auch die Landwirtschaft teil. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den Grundlagen der Bildverarbeitung und ihrer Anwendung in der Landwirtschaft.

Verfahren der Bildverarbeitung	Prüfmerkmale
Objektidentifikation und Vollständigkeitsprüfung	Geometrie, Farbe, Textur, Maße
Lageerkennung	Orientierung im Raum
Form- und Maßprüfung	Geradheit, Rundheit, Länge, Abstand, Durchmesser
Prüfung von Oberflächen	Texturen, Färbungen, Riefen, Risse, Einschläge

Tab. 1: Bildverarbeitungsverfahren und ihre Prüfmerkmale [1, 5, 14]

Table 1: Image processing methods and their test attributes

Der Begriff Bildverarbeitung wird häufig mit jeglicher Verarbeitung visueller Information am Computer gleichgesetzt. Man muss jedoch zwischen Bildbearbeitung und Bildverarbeitung unterscheiden.

Unter *Bildbearbeitung* versteht man die Veränderung von Bildern, wie sie auch mit herkömmlichen Grafikprogrammen durchgeführt wird. Sie dient der Verbesserung von Helligkeit und Kontrast und der Beseitigung von Störungen, die durch Bildrauschen und Nichtlinearitäten von Sensoren entstanden.

Von *Bildverarbeitung* oder auch „machine-vision“ spricht man, wenn die nach einer Bildbearbeitung gewonnenen Bilder ausgewertet und interpretiert werden. Durch die Bildverarbeitung werden die verschiedenen Bildinhalte voneinander isoliert und durch Mustererkennung identifiziert. So kann entschieden werden, ob die Abbildung ein bestimmtes Objekt darstellt. Man spricht deshalb auch von Bilderkennung oder Bildanalyse [12, 15].

Verfahren

Hauptanwendungen der industriellen Bildverarbeitung finden sich in der Automatisierung

von Prüfvorgängen im Produktionsprozess [1]. Herkömmliche Prüf- und Messsysteme können durch Bildverarbeitung ergänzt oder ersetzt werden. Ein Einsatz erfolgt vorrangig zur Qualitätssicherung, Fertigungskontrolle und Produktionsautomatisierung. Die dabei verwendeten Bildverarbeitungsverfahren sind durch verschiedene Prüfmerkmale gekennzeichnet (Tab. 1).

Will man vorhandene Bildverarbeitungsverfahren in der Landwirtschaft einsetzen oder neu entwickeln, müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden.

- Bei landwirtschaftlichen Erzeugnissen handelt es sich um Naturprodukte mit einer großen Anzahl von Merkmalen hoher Variabilität, deren Erkennung und Beschreibung aufwendiger ist als bei industriell gefertigten Produkten. Letztere haben exakter definierte und messbare Merkmale. Für die landwirtschaftliche Anwendung der Bildverarbeitung bedeutet dies, dass ein höherer Aufwand zur Erstellung zuverlässiger Algorithmen notwendig ist. Zudem sind die Eigenschaften der Objekte häufig mit der farblichen Beschaffenheit ihrer Oberfläche verbunden und erfordern allein deshalb schon aufwendigere Bildverarbeitungsverfahren [9].
- Die Landwirtschaft hat geringeren Einfluss auf die optische Beschaffenheit ihrer Produkte als die Industrie. Diese kann durch eine geeignete Wahl von Farbe, Form und Oberflächenbeschaffenheit (dazu gehören auch Strichcodes und andere Markierungen) die Erkennung von Objekten vereinfachen. In diesem Zusammenhang kann von prüfgerechter Produktgestaltung gesprochen werden. Weiterhin ist die Industrie in der Lage, konstante Umweltbedingungen zu gewährleisten, während in der Landwirtschaft äußere Bedingungen wie Staub, Schmutz, Feuchtigkeit, Temperatur und Erschütterungen robustere Systeme notwendig machen.
- Für Bildverarbeitungssysteme sind konstante Beleuchtungsbedingungen von grosser Bedeutung. Im Freiland ist deshalb ein erhöhter konstruktiver Aufwand notwendig, um das wechselnde Umgebungslicht abzuschatten oder zu überstrahlen.

Landwirtschaftliche Anwendungen

Ein Schwerpunkt der Forschung ist die *Pflanzenidentifikation*. Automatisierte Verfahren zur Erfassung von Unkräutern lassen sich in optoelektronische Verfahren, die den Unkrautdeckungsgrad erfassen, und auf diesen basierende, von Bildverarbeitungssystemen gestützte Verfahren zur Erkennung der Pflanzenart einteilen [3].

Die optoelektronischen Verfahren, die kurz vor der Einführung in die Praxis stehen,

Dipl.-Ing. agr. Robert Meyer war Diplomand und Dipl.-Ing. agr. Karsten Borchard ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Göttingen (Leiter: Prof. Dr. W. Lücke), Gutenbergstr. 33, D-37075 Göttingen, e-mail: kborcha@gwdg.de

Schlüsselwörter

Bildverarbeitung, Bildbearbeitung, Automatisierung, Qualitätskontrolle

Keywords

Image processing, machine vision, automatic control, quality control

sind als Vorstufe von Bildverarbeitungsverfahren zu sehen. Sie nehmen eine Unterscheidung von Pflanzen und Boden anhand spektraler Eigenschaften vor. Ihr geringer Rechenaufwand lässt einen „Online“-Einsatz von Pflanzenschutzmaßnahmen zu [7].

Will man jedoch Pflanzenarten identifizieren, müssen Bildverarbeitungssysteme eingesetzt werden, um morphologische Eigenschaften (etwa arttypische Blattformen) zu erfassen. Hiermit ist es möglich, Nutzpflanzen von Unkräutern und Ungräsern zu unterscheiden. Durch den hohen Rechenaufwand, der hierfür notwendig ist, beschränkt sich der derzeitige Einsatz auf absätzig („offline-“) Verfahren. Bei ihnen findet nach der Bildaufnahme die Bildverarbeitung in einem späteren Arbeitsgang statt. In einem nächsten Entwicklungsschritt können Applikationskarten erstellt werden. Erst langfristig ist ein Einsatz als „online“-Verfahren zur Steuerung der Unkrautbekämpfung in Echtzeit zu erwarten [10, 13, 22, 29].

Die *Produktqualität* ist häufig an optischen Merkmalen orientiert, so dass mit Bildverarbeitung die Qualität vieler Produkte direkt gemessen werden kann. In der Landwirtschaft ist so eine Sortierung von Obst, Gemüse, Fleisch und Fisch nach Güteklassen, Größen, Reifegrad, Beschädigungen oder Fremdkörperbesatz möglich [13, 16, 21, 23, 24].

Für die *Kontrolle und Steuerung* von Maschinen sind Systeme zur Bruchkornanalyse und Bestimmung der Struktur von Häckselgut in der Entwicklung. Bildverarbeitungssysteme zur Erfassung der Gutströme im Mährescher, der nicht ausgenutzten Schnittbreite und des Fremdkörper- und Bruchkornanteils im Erntegut können für die Zukunft erwartet werden [11, 17, 19, 20].

Intensiv wird auch an der *automatischen Fahrzeugführung* gearbeitet. Vorrangiges Ziel ist eine Entlastung des Fahrers von Routineaufgaben. Anwendungen finden sich im Bereich der Reihensteuerung oder bei vollkommen führerlosen Fahrzeugen [18, 24].

Im *Obst- und Gemüsebau* finden Verfahren der Bildverarbeitung Verwendung, um Früchte automatisch zu erkennen, zu ernten oder zu sortieren [2, 6, 13, 23, 24].

Alle aufgeführten Anwendungen befinden sich bisher in der Erprobung oder haben in der Praxis keine große Verbreitung gefunden. Jedoch sprechen viele Gründe für eine intensivere Nutzung der Bildverarbeitung in der Landwirtschaft:

- Eine automatisierte, standardisierte Qualitätskontrolle wird möglich. Sie umgeht Subjektivität und Unvollständigkeit manueller Kontroll- und Messverfahren. Unabhängig von der Tagesform des Kontrollpersonals sind höhere Geschwindigkeiten und konstante Arbeitsergebnisse zu erzielen.

- Vollständige Kontrollen von Chargen über eine begrenzte Anzahl von Stichproben hinaus sind möglich.
- Aufgezeichnete Daten können die Einbeziehung der Qualitätskontrolle in den Produktionsprozess beschleunigen und vollständig dokumentieren. Dies erleichtert die Zertifizierung von Qualitätsstandards.
- Der gezieltere Einsatz von Betriebsmitteln wie Dünge- und Pflanzenschutzmitteln hat wirtschaftliche und ökologische Auswirkungen.
- Die schnelle Bestimmung der Arbeitsqualität erlaubt eine direkte Rückkopplung auf die Einstellung von Maschinen.
- Neue Techniken, wie etwa eine gezielte Unkrautbekämpfung können realisiert werden.
- Automatisch gesteuerte Maschinen könnten in Zukunft die Produktion bei hohem Lohnniveau und Arbeitskräftemangel gewährleisten.
- Durch Übernahme von Überwachungs- und Routineaufgaben erfolgt eine Entlastung des Bedienpersonals.

Fazit

Bei der Entwicklung von Bildverarbeitungssystemen für die Landwirtschaft müssen die Besonderheiten landwirtschaftlicher Produkte und der spezifischen Einsatzumgebung berücksichtigt werden. Nach Lösung dieser Problematik kann ein Beitrag zu einer kostensparenden, qualitätsorientierten und umweltgerechten Produktion geleistet werden. Die Bildverarbeitung hat das Potential, bei allen auf visueller Beurteilung basierenden Untersuchungsverfahren im Labor und im praktischen landwirtschaftlichen Einsatz eine zunehmende Rolle zu spielen.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] • *Abmayr, W.*: Einführung in die digitale Bildverarbeitung. 1. Aufl., Teuber-Verlag, Stuttgart, 1994
- [2] - : *Agrotics: Robots for Agriculture*. Agricultural Engineering 1993 no. 1, pp. 21 – 24
- [3] *Biller, R.H. und C. Sommer*: Optoelektronik zur Unkrautererkennung – Erste Ergebnisse und Erfahrungen beim Test unter simulierten Bedingungen und beim Einsatz auf Versuchsflächen, VDI-Berichte 1297, Landtechnik VDI-Verlag, Düsseldorf, 1996, S. 103 – 106
- [4] *Böttger, U.*: Vision-Systeme sind ein Muss für den Mittelstand. Industrieanzeiger (1996), H. 50, S. 46
- [5] • *Breckmann, B.*: Bildverarbeitung und optische Messtechnik. Franzis-Verlag, München, 1993
- [6] *Pla, F., F. Juste, F. Ferri and M. Vicens*: Computers and Electronics in Agriculture. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam (1993), no. 9, pp. 53 – 70
- [7] *Felton, W.L. and K.R. McCloy*: Spot Spraying – Microprocessor-controlled. Agricultural Engineering (1992), no. 9, pp. 9 – 13

- [8] • *Foith, J.P.*: Symbolische Repräsentationen von Grauwertbildern für Szenenanalysen. Dissertation, Erlangen, 1978
- [9] • *Georg, H.*: Digitale Bildverarbeitung im Agrarbereich unter spezieller Berücksichtigung der Entwicklung eines Systems zur Erkennung von Ackerunkräutern. Dissertation im Fachbereich Agrarwissenschaften der Justus-Liebig-Universität, Gießen, 1993
- [10] *Gerhards, R., M. Sökefeld und W. Kühbauch*: Unkraut mit der Linse erkennen. DLG-Mitteilungen (1996), H. 1, S. 52 – 53
- [11] • *Guth, N.*: Unterschiedliche Häckselgutstruktur von Halmfutter: Einfluss auf Futteraufnahme, Leistung und Kauverhalten von Rindern, Silagequalität und Häckselleistungsbedarf sowie bildanalytische Vermessung der Futterstruktur. Dissertation, VDI-MEG-Forschungsbericht Agrartechnik 277, 1995
- [12] • *Haberäcker, P.*: Digitale Bildverarbeitung. 4. Aufl., Hanser Studienbücher, München, 1991
- [13] *Hother, K., B. Herold und U. Schmidt*: Qualitätserkennung am Apfel mit Hilfe der Streifenprojektion. In: Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft, ATB e.V. (Hrsg.), Potsdam Bornim, 1997, H. 14, S. 120 – 135
- [14] • *Jähne, B., R. Massen, B. Nickolay und H. Scharfenberg*: Technische Bildverarbeitung – Maschinelles Sehen. 1. Aufl., Springer, Berlin, 1996
- [15] *Keicher, R., H. Seufert und H. Knechtges*: Bildverarbeitung zur Reihenerkennung. Landtechnik 50 (1995), H. 5, S. 288 – 289
- [16] *Kroeger, M. und R. Schubring*: Mustererkennung zur Qualitätsbewertung von Fisch und Fischereierzeugnissen. In: Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft, ATB e.V. (Hrsg.), Potsdam Bornim, 1997, H. 14, S. 104 – 119
- [17] *Niproschke, H., G. Schönfelder und G. Bernhardt*: Einsatz der digitalen Bildverarbeitung bei der Automatisierung von Einstellfunktionen am Mährescher. In: Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft, ATB e.V. (Hrsg.), Potsdam Bornim, 1996, H. 11, S. 51 – 59
- [18] *Noguch, N., K. Ishii and H. Terao*: Development of an Agricultural Mobile Robot using a Geomagnetic Direction Sensor and Image Sensors. Journal of Agricultural Engineering Research, British Society for Research in Agricultural Engineering, London, (1997), no. 15, pp. 1 – 15
- [19] *Schneider, H.*: Optimierung der Getreidequalität durch Bruchkornbestimmung. In: Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft, ATB e.V. (Hrsg.), Potsdam Bornim, 1997, H. 14, S. 32 – 45
- [20] *Schönfelder, G.*: Entwicklung von Zeilenkameras für die Landwirtschaft. In: Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft, ATB e.V. (Hrsg.), Potsdam Bornim, 1998, H. 19, S. 16 – 24
- [21] *Scholz, A., T. Paulke und H. Eger*: Bestimmung des Marmorierungsgrades beim Schwein. Fleischwirtschaft (1995), H. 3, S. 320 – 322
- [22] *Sökefeld, M., R. Gerhards und W. Kühbauch*: Automatische Erkennung von Unkräutern im Keimblattstadium mit digitaler Bildverarbeitung. In: Innovative Verfahren zur Unkrautbekämpfung, KTBL-AP 236, Darmstadt, 1996, S. 47 – 58
- [23] *Therburg, R. D.*: Anwendung der Computervision für die Aufbereitung von Kartoffeln. In: Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft, ATB e.V. (Hrsg.), Potsdam Bornim, 1998, H. 19, S. 67 – 81
- [24] *Truppel, I. und B. Herold*: Bedeutung von Licht und Farbe für die Qualitätsbeurteilung von Früchten mittels Computerbildanalyse. In: Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft, ATB e.V. (Hrsg.), Potsdam Bornim, 1996, H. 11, S. 61 – 73