

# Algorithmen zur automatischen Pflanzendifferenzierung zur Steuerung von Kulturmaßnahmen im Gartenbau

THOMAS RATH, HANNOVER

## Abstract

*Methods of digital image analysis are used to develop identification systems in horticulture. Different methods and examples are shown in the following areas: 1. background separation, 2. separation of overlapping objects and 3. usage of plant features in the discrimination process.*

## 1 Einleitung

Der heutige Gartenbau ist gekennzeichnet durch hohe Anforderungen hinsichtlich der Qualität der erzeugten Produkte bei gleichzeitigem Vorhandensein von erschwerenden ökonomischen und ökologischen Randbedingungen. Der gartenbauliche Pflanzenbau kann dem daraus resultierenden Kostendruck nur durch den Einsatz von

- preiswerten Arbeitskräften aus Billiglohnländern oder
  - automatisierenden Techniken
- Stand halten.

Betrachtet man den Einsatz von Automatisierungstechniken näher, so erkennt man, dass es sich im Gegensatz zur industriellen Anwendung bei Pflanzen um Objekte mit hoher Variabilität und Inhomogenität handelt. Automaten, die pflanzenbauliche Kulturmaßnahmen – in welchem Bereich auch immer – durchführen sollen, müssen die individuellen Eigenschaften einer jeden Pflanze berücksichtigen und darauf reagieren können (Größe, Form, Farbe, Festigkeit). Bei Arbeitsschritten, die selektiv den Pflanzenbestand bearbeiten, ist darüber hinaus die Differenzierung unterschiedlicher Pflanzen von elementarer Bedeutung: Selektive Ernte, selektiver Pflanzenschutz, selektive Schnittmaßnahmen etc.

Um Pflanzendifferenzierungen durchzuführen, werden in der Regel aufwendige Sensorsysteme eingesetzt. Werden nicht nur Punktmessungen ausgewertet, sondern flächige Informationen zur Unterscheidung ausgenutzt, stehen die Verfahren der Computerbildanalyse zur Verfügung.

## 2 Algorithmen und Ergebnisse

Die notwendigen Algorithmen zur Pflanzendifferenzierung auf der Basis von bildgebenden Sensoren lassen sich wie folgt in Aufgabenbereiche unterteilen:

1. Trennung von Hintergrund und Pflanze
2. Trennung zusammenhängender Pflanzenobjekte oder Pflanzenbestandteile
3. Differenzierung und Klassifikation von Objekten an Hand von Merkmalen

Ad 1.: Die Trennung von Hintergrund und Pflanze ist besonders im Freilandanbau von zentraler Bedeutung, da eine Fehlinterpretation in diesem Bereich sämtliche nachfolgende Verfahrensschritte stark beeinflusst. Im Allgemeinen lässt sich die Hintergrund-Objekt-Trennung auf Farbsegmentierung zurückführen. Eine direkte Verwendung des RGB-Farbraumes erweist sich als ungünstig, da die für Pflanzen charakteristischen Farbwerte nicht entsprechend repräsentiert werden. Eine Umwandlung in den HSI-Farbraum (oder LAB)-Farbraum ist in vielen Fällen günstig. Werden auf die resultierenden H-, S-, und I-Kanäle entsprechende Binarisierungsschwellenwerte eingesetzt, ergibt die anschließende Schnittmenge der einzelnen Kanäle

das segmentierte Ergebnisbild. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel aus einem verunkrauteten Kohlbestand nach Einsatz eines dreidimensionalen Schwellenwertes im HSI-Farbraum.



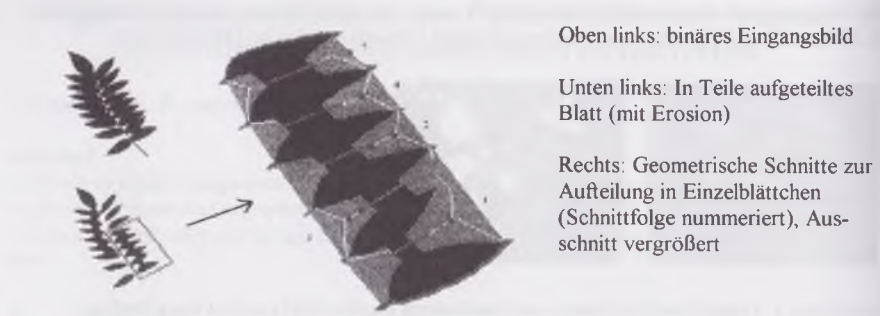
Abbildung 1: Originalfarbbild (links) und binarisiertes Ergebnisbild (rechts) einer Freiland-weißkohlkultur (HEMMING, 2000)

Ad 2.: Die Trennung zusammenhängender Pflanzenobjekte bzw. -teile ist in praxisorientierten Anwendungen häufig notwendig, da die Objekte überlappend, zusammenhängend oder aneinanderstoßend vorliegen. Zur Differenzierung werden aber Einzelobjekte benötigt. In vielen Fällen lassen sich Objekte durch die Hintereinanderschaltung von morphologischen Operatoren wirksam trennen. Hierbei wird durch Erosionsverfahren das Eingangsbild solange erodiert, bis eine Trennung der einzelnen Objekte erfolgt. Anschließend werden die Objekte einzeln wieder auf Originalgröße dilatiert und durch Schnittmengenbildung mit dem Originalbild in die Originalform gebracht. Im Idealfall lassen sich so sehr einfach und direkt verschiedenen Pflanzenarten von einander trennen (Siehe Abbildung 2). In schwierigeren Fällen müssen allerdings weitere geometrische Operationen in den Analyseprozess integriert werden (siehe Abbildung 3).



Abbildung 2: Erosion und Dilatation von binarisierten Pflanzenbildern (links) mit anschließender Objekttrennung durch Auswahl zusammenhängender Objekte (nummeriert, rechts) (HEMMING, 2000)

Werden komplexere Einzelbereiche von Objekten zur Auswertung benötigt, kann mit linearen oder nichtlinearen Bildanalyseoperatoren das Gesamtbild bearbeitet und anschließend binarisiert werden. Ein Beispiel hierzu zeigt Abbildung 4, bei der Blatterkrankungen an einer Chrysanthemenkultur durch den Einsatz eines Sobel-Operators hervorgehoben wurden.



Oben links: binäres Eingangsbild

Unten links: In Teile aufgeteiltes Blatt (mit Erosion)

Rechts: Geometrische Schnitte zur Aufteilung in Einzelblättchen (Schnittfolge nummeriert), Ausschnitt vergrößert

Abbildung 3: Mit Erosion und geometrischen Algorithmen getrenntes Einzelblatt einer Flügelnuss (*Pterocarya fraximifolia*) (RATH, 1997, verändert)

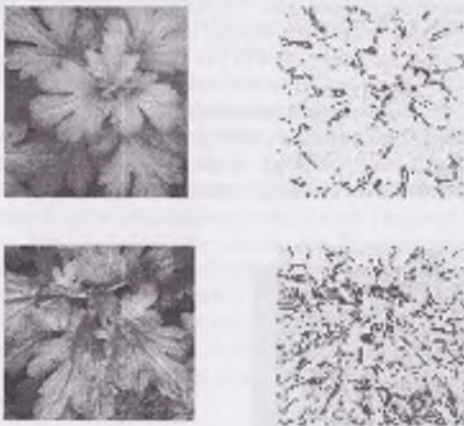


Abbildung 4: Battschäden durch Schädlingsbefall einer Chrysanthemenkultur (oben: gesunde Pflanzen, unten: befallene Pflanzen nach 16 Tagen, links: Grauwert-bilder, rechts: mit Sobelfilter und Schwellenwertfilterung bearbeitete Bilder) (FUNKE, 1999, verändert)

Ad 3.: Bildanalytisch orientierte Klassifikationsalgorithmen bestimmen in der Regel die Klassenzugehörigkeit eines Objektes anhand typischer Merkmale, die mit statistischen, wissensbasierten oder künstlichen neuronalen Netzwerken ausgewertet werden. Die auszuwertenden Objekte liegen als getrennte und segmentierte Einzelobjekte oder Einzelflächen vor. Einfache Formmerkmale (Fläche, Breite, Länge, Rundheit, Kompaktheit, Momente etc.) lassen sich einfach aus den vorliegenden Pixeln oder durch den Vergleich mit geometrischen Vergleichsobjekten bestimmen. In vielen Fällen stellen sie die Basis für Differenzierungsaufgaben im Pflanzenbau dar. Die Hinzunahme von Farbinformationen (Farbmittelwerte der zugrunde liegenden Regionen in den Originalfarbkanälen der Bilder) kann unter Umständen weitere Unterscheidungsmerkmale liefern und erweitert den Merkmalsvektor. Besonders im Pflanzenbau sind speziell die Konturformen von großer Bedeutung. Es gilt die Konturlinienstruktur zu analysieren, Ecken und Kanten zu detektieren und in numerische Pa-

rameter zu überführen. Hierzu kommen entweder Konturverfolgungsverfahren (Kettencodanalyse), Verfahren, die die Konturlinie auf ihre lokalen Maxima und Minima untersuchen oder globale Fourier-Transformationen in Frage. Auf jeden Fall sollte auf die Invarianz der Verfahren hinsichtlich Größe und Lage der Objekt geachtet werden.

Abbildung 5 gibt die Eignung verschiedener Bildmerkmale zur Pflanzenklassifikation wieder. Es fand eine automatische bildanalytische Differenzierung zwischen Kulturpflanzen (Kohl und Möhren) und Unkräutern in Freilandkulturen statt. Es wurden sowohl Basisformmerkmale (Fläche, ..... Rundheit), komplexe Konturmerkmale (Konturparameter) und Farbmerkmale (Farbton, -sättigung, -intensität) untersucht. Angegeben ist die Häufigkeit der Verwendung einzelner Parameter in verschiedenen Versuchen, wenn eine statistisch orientierte Vorauswahl stattfand. Es wird deutlich, dass sich die Auswahl geeigneter Klassifikationsmerkmale je nach Kultur deutlich voneinander unterscheidet und somit immer an der Aufgabenstellung und der statistischen Zusammensetzung der Auswertedatensätze orientieren sollte. Wird ein Parameter trotz der fehlenden Eignung im Klassifikationsprozess verwendet (z.B. Durchmesser bei Möhrenkulturen), führt dieses in der Regel nur zu Scheinkorrelationen, die das Differenzierungsergebnis verschlechtern.

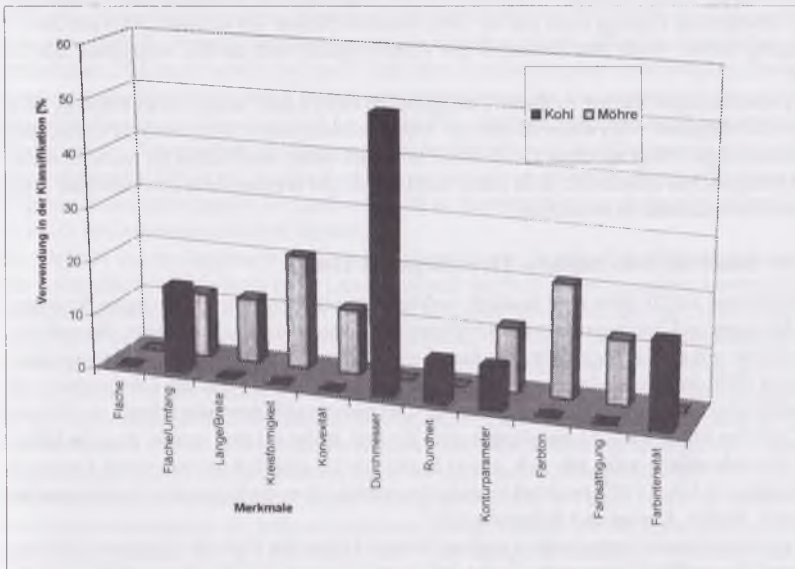


Abbildung 5: Eignung verschiedener Merkmale zur Klassifikation von Unkräutern in Möhren- und Kohlkulturen (HEMMING 2000, verändert)

### 3 Literatur

- FUNKE, C. (1999) : Computerbildanalytische Erfassung von Pflanzenschäden. Diplomarbeit Institut für Technik in Gartenbau u. Landw., Universität Hannover (unveröffentlicht).
- HEMMING, J. (2000): Computer vision for identifying weeds in crops. Dissertation Fachbereich Gartenbau, Universität Hannover.
- RATH, T. (1997): Methoden zur computerbildanalytischen Pflanzenidentifikation am Beispiel dendrologischer Bestimmungen. Gartenbautechnische Informationen, Heft 42. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Universität Hannover.