

Automatische Detektion und Kartierung von Stumpfblättrigem Ampfer (*Rumex obtusifolius* L.) mit digitaler Kameratechnik und Bildkonversion

S. Gebhardt und W. Kühbauch

Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Allgemeiner Pflanzenbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn.

Zusammenfassung

Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius* L., (*R. o.*)) ist eines der schwierigsten Unkräuter im Grünland des gemäßigten Klimas. Bei hohen Populationsdichten ist *R. o.* mit Einzelpflanzenbehandlungen nur mit sehr hohem Arbeitsaufwand auszuschalten. Die vorgestellten Untersuchungen zielen deshalb auf eine automatische Detektion u. Kartierung von *R. o.* mit Hilfe digitaler Kameras und Bildverarbeitung zur Gewinnung von Textur- und Farbmerkmalen, welche zur Klassifikation der Bildobjekte verwendet werden. Es wurden Detektionsraten, bezogen auf individuelle Blätter des *R. o.* von 93% erzielt. Anhand der räumlichen Verteilung der Blätter von *R. o.* erfolgte sowohl eine Plausibilitätsanalyse der Klassifikationsergebnisse als auch die kartographische Abbildung des Ampfers in der Fläche.

Einleitung

Die Entwicklung von Verfahren zur automatischen Kartierung verschiedener Unkrautarten mittels digitaler Bildverarbeitung sind im Ackerbau bereits seit Jahren Forschungsgegenstand (PETRY und KÜHBAUCH 1989; SÖKEFELD *et al.* 1994; THORP und TIAN 2004). Darauf basierende Unkrautverteilungs- und Herbizidapplikationskarten ermöglichen eine ortsgenaue Unkrautkontrolle mit teilweise erheblichen Herbizideinsparungen und einer Reduzierung der Kosten (OEBEL *et al.* 2004). Für Graslandflächen sind solche Verfahren bislang nicht verfügbar. Mit Hilfe der Fernerkundung konnte man in ausgedehnten Graslandflächen anhand der auffälligen Färbung bestimmter Unkrautarten während der Blüte deren Verteilung kartieren (HUNT JR *et al.* 2003). Die Detektion von Einzelpflanzen ist jedoch mit solchen Verfahren aufgrund der unzureichenden räumlichen Auflösung der Fernerkundungssensoren nicht möglich. Bildaufnahmen im Nahbereich sind Voraussetzung für das Erkennen verschiedener Pflanzenindividuen. Das Ziel der hier vorgestellten Arbeit war die Entwicklung eines Bildverarbeitungssystems zur automatischen Erkennung von Grünlandunkräutern, insbesondere von *Rumex obtusifolius*. Erste Ergebnisse wurden von Gebhardt *et al.* (2006) vorgestellt.

Material und Methoden

Auf der Lehr- und Forschungsstation Rengen (Eifel) der Universität Bonn wurden Parzellen (ca. 2,5 x 2,0 m²) mit Deutsch-Weidelgras Ansaat angelegt. Pflanzen von *Rumex obtusifolius* (*R.o.*), *Plantago major* (*P.m.*), *Taraxacum officinale* (*T.o.*) und *Trifolium repens* wurden sowohl separat als auch gemeinsam in Parzellen angelegt. An drei Terminen im Sommer 2005 (19.07, 22.07, 28.07.) wurden alle Parzellen mit einer digitalen Kamera fotografiert. Alle Parzellen wurden an exakt gleicher Position aus einer Höhe von ca. 1,60 m aufgenommen. Eine Canon Powershot Pro1 RGB Kamera mit 8 Megapixel Auflösung wurde verwendet. Die Pixelgröße betrug dabei ungefähr 0,6 x 0,6 mm.

Für die objekt-orientierte Bildklassifikation wurden die RGB Bilder zunächst in Graustufenbilder umgewandelt und daraus die Gradientenbilder und Bilder der Standardabweichung berechnet. Aus den Gradientenbildern und den Bildern der Standardabweichung wurde die lokale Homogenität als Graustufenbild berechnet und daraus mittels Schwellwert ein Binärbild erzeugt auf welches abschließend eine morphologische Bildöffnung angewendet wurde. Alle Objekte kleiner 5000 Pixel (ca. 17 cm²) wurden danach im Binärbild eliminiert. Abbildung 1 veranschaulicht die Bildsegmentierung.

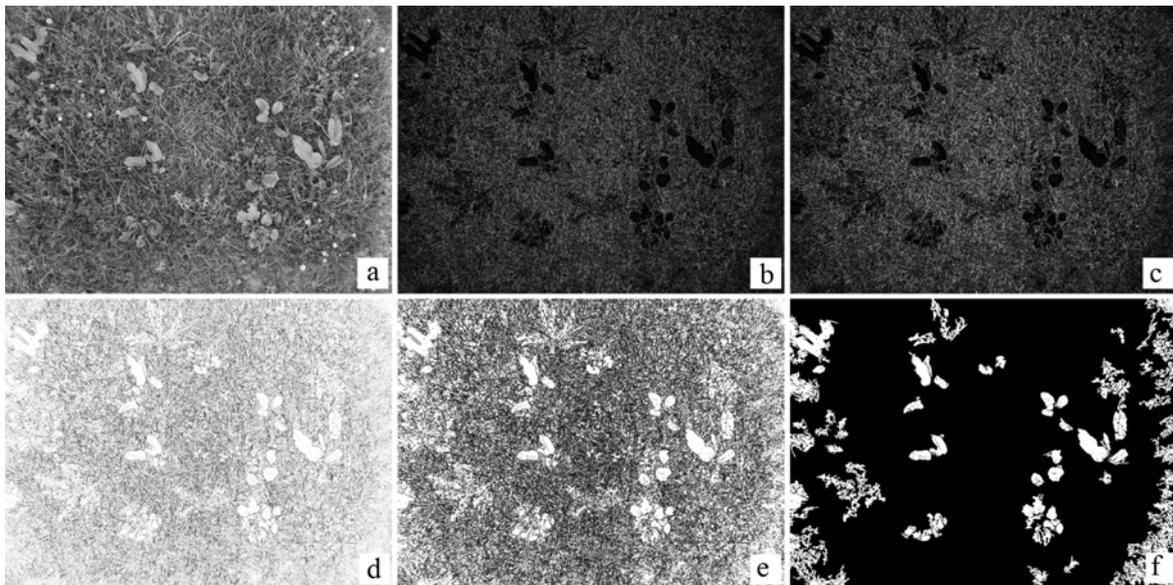


Abb 1: Bildsegmentierung. (a) berechnetes Graustufenbild, (b) Gradientenbild, (c) Bild der Standardabweichung, (d) lokale Homogenität, (e) Binärbild, (f) Binärbild nach Bildöffnung und Eliminieren kleiner Objekte. Die verbleibenden weißen Bildregionen sind Objekte.

Für alle segmentierten Objekte wurden 12 Merkmale zur Beschreibung der Objektfarbe und -textur berechnet. Dies waren jeweils die Mittelwerte und die Standardabweichung der Objektpixel im (1) roten und (2) grünen Kanal des Originalbildes, (3) des berechneten Graustufenbildes, (4) des Gradientenbildes, (5) des Bildes der Standardabweichung und (6) der lokalen Homogenität.

Mit diesen Merkmalen wurde eine Maximum-likelihood Klassifikation durchgeführt. Ziel war die Unterscheidung der Objekte in die fünf Klassen: (i) *R.o.*, (ii) *P.m.*, (iii) *T.o.*, (iv) Boden und (v) Rest. Der Klassifikator wurde mit allen Objekten einer Teilmenge Musterbilder vom 22.07. trainiert. Alle restlichen Objekte dieses Termins und die vom 19.07. und 28.07. wurde anschließend klassifiziert.

Für alle als Ampfer klassifizierte Objekte wurde der geometrische Schwerpunkt im Bildkoordinatensystem berechnet. Anschließend wurde der Koordinatenursprung von der linken oberen Ecke in den Bildmittelpunkt verschoben und die Koordinaten der Objekte wurden mit diesem Bezugspunkt neu berechnet. Die Koordinaten wurden mit der Pixelgröße von 0,6 mm multipliziert und somit in metrische Koordinaten umgewandelt. Für die Objekte jedes Bildes wurde eine Affintransformation durchgeführt, um die Objekte mittels ihrer geografischen Koordinate in der Parzelle abzubilden. Die Parzellen wurden zuvor via GPS vermessen. Die Parzellenmittelpunkte wurden berechnet und in Gauß-Krüger Koor-

dinaten umgewandelt. Die transformierten Objektkoordinaten wurden in ein GIS importiert und damit die Ampferverteilungskarte erstellt.

Ergebnisse

Insgesamt 1216, 1429 und 1380 Objekte wurden in den Bildern der drei Termine segmentiert. Aus der Diskriminanzanalyse der 1429 Objekte vom 22.07. ergab sich, dass nur Farb- und Texturmerkmale Einfluss auf die Klassifikation haben (Tabelle 1). Lediglich für die Objektfläche der abgebildeten Pflanzen wurde ein geringer Beitrag zur Klassifikation und deshalb vernachlässigt

In Tabelle 1 sind die Klassifikationsergebnisse zu sehen. Die Klassifikationsrate über alle Pflanzenarten lag bei 76-83%. Die Rate richtig klassifizierter Ampferobjekte betrug 85-93%. Fehl-klassifikationen anderer Objekte zu Ampfer lagen unter 7%.

Tab. 1: Ergebnisse der Klassifikation. Die Erkennungsraten bildanalytisch identifizierter Pflanzenarten *Rumex obtusifolius*, *Plantago major*, *Taraxacum officinale* und der Bodenfläche sowie die Fehlerraten der fälschlich als *R.o.* klassifizierten Objekte.

Datensatz	Gesamt-detek-tions-rate [%]	<i>R.o.</i> Rate [%]	<i>T.o.</i> vs. <i>R.o.</i> Fehler [%]	<i>P.m.</i> vs. <i>R.o.</i> Fehler [%]	Boden vs. <i>R.o.</i> Fehler [%]	Rest vs. <i>R.o.</i> Fehler [%]
05/07/19	82.7	91.4	4.0	6.8	0.0	0.8
05/07/22	80.4	92.5	2.0	1.4	0.0	0.9
05/07/28	75.9	85.2	6.7	3.4	0.0	1.2

Abbildung 2 zeigt die Karte der Ampferverteilung. Die Parzellen des Versuches wurden durch ihre Grenzen in einer Karte dargestellt. Parzellen in denen Ampfer angepflanzt wurde sind dick umrandet. Ampferobjekte werden in vier Stufen unterschiedlicher Objektfläche quantisiert.

Diskussion

Die Rate richtig erkannter Ampferobjekte lag im Durchschnitt bei ungefähr 90%. Weil einzelne Pflanzen aus mehreren Objekte (Blättern) bestehen, dürfte die Rate erkannter Ampferpflanzen noch deutlich höher ist. Fehlerhaft als Ampfer klassifizierte Objekte werden in der Karte ebenso ausgewiesen und würden bei einer darauf basierenden Herbizidbehandlung gespritzt werden. Fehler mit weniger als 7% können jedoch bei Unkrautkontrollmaßnahmen im Grünland durchaus toleriert werden. Eine zusätzliche Verbesserung der Kartierung könnte mittels Analyse der räumlichen Beziehungen der Objekte zueinander erreicht werden. Durch die Berechnung einer Dichtekarte (Anzahl der Blätter pro m²) können Ausreißer eliminiert werden, weil davon auszugehen ist, dass Ampferpflanzen mehr als ein Blatt aufweisen und somit eine höhere Objektdichte gegeben ist. Bei einer Objektgröße von ca. 100 cm² ist andererseits davon auszugehen, dass sich Ampferblätter überlagern. Die Kombination von Objektfläche und Objektdichte könnte also für eine Validierung der Klassifikation in Frage kommen.

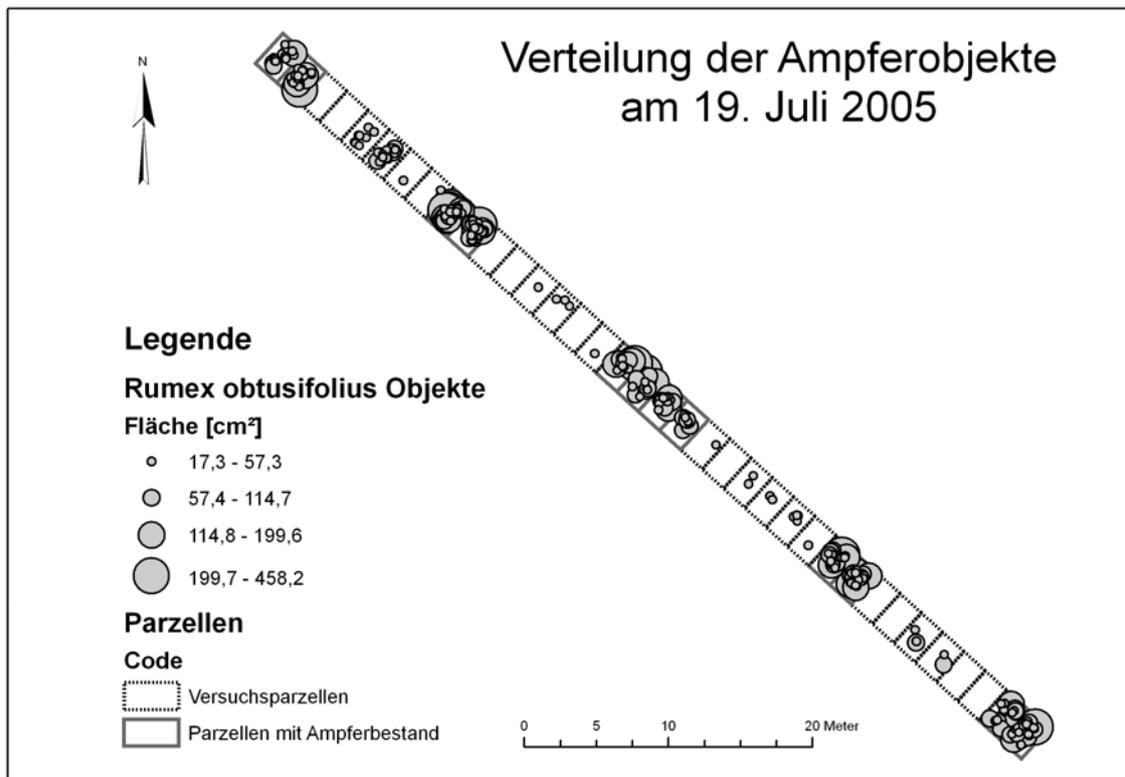


Abb 2: Kartierung von Stumpfbläättrigem Ampfer (*Rumex obtusifolius*) im Parzellenversuch am 19. Juli 2005 anhand der Bildklassifikation und Objektverortung.

Literatur

- GEBHARDT, S., SCHELLBERG, J., LOCK, R. und KÜHBAUCH, W. (2006): Identification of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) on grassland by means of digital image processing. *Precision Agriculture* 7, DOI: 10.1007/S11119-006-9006-9.
- HUNT JR, E. R., EVERITT, J. H., RITCHIE, J. C., MORAN, M. S., BOOTH, D. T., ANDERSON, G. L., CLARK, P. E. und SEYFRIED, M. S. (2003): Applications and research using remote sensing for rangeland management. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69(6), 675-693, 2003.
- OEBEL, H., GERHARDS, R., BECKERS, G., DICKE, D., SÖKEFELD, M., LOCK, R., NABOUT, A. und THERBURG, R. D. (2004): Site-specific weed control using digital image analysis and georeferenced application maps - first field experiences. *Journal of Plant Diseases and Protection Special Issue XIX*, 459-465.
- PETRY, W. und KÜHBAUCH, W. (1989): Automatic distinction of weed species using form parameters by means of digital image processing. *Journal of Agronomy and Crop Science* 163(5), 345-351.
- SÖKEFELD, M., GERHARDS, R. und KÜHBAUCH, W. (1994): Automatische Erkennung von Unkrautarten mit digitaler Bildverarbeitung. *Journal of Plant Diseases and Protection Special Issue XIV*, 143-152.
- THORP, K. R. und TIAN, L. F. (2004): A review on remote sensing of weeds in agriculture. *Precision Agriculture* 5(5), 477-508.