

**Zeitschrift:** Landtechnik Schweiz

**Herausgeber:** Landtechnik Schweiz

**Band:** 76 (2014)

**Heft:** 2

**Artikel:** Unkrauterkennung : warten auf den Durchbruch

**Autor:** Hunger, Ruedi

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1082117>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Der abgebildete Messkopf am Gestänge sendet die ermittelten Messwerte an ein Terminal in der Kabine. (Bild: Fritzmeier Umwelttechnik)

# Unkrauterkennung: warten auf den Durchbruch

Gesprochen und geschrieben wird viel über Unkraut erkennende Sensorsysteme. Doch erstens sind die Verfahren nicht so einfach, und zweitens vergeht noch einige Zeit, bis diese praxistauglich sind.

Ruedi Hunger

Computerbildanalyse für den Pflanzenschutz ist ein faszinierendes Thema. Am Leibniz-Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim (D) laufen unter der Leitung von Prof. Dr. Arno Ruckelshausen diesbezüglich verschiedene Forschungsprojekte.

## 3-D-Erkennung

Die Randlinien von Blättern und Blüten haben eine hohe Informationsdichte, wenn es um die sensorische Erkennung von Pflanzenhöhen geht. Damit die vielfältigen Informationen an den Blatträndern in eine 3-D-Erkennung einbezogen werden können, ist es notwendig, Kanten von Pflanzenteilen, beispielsweise Blätter, die

häufig zwischen zwei farbähnlichen Pflanzenbestandteilen verlaufen, möglichst genau zu ermitteln. Die Stereoaufnahmen (links, rechts) von zwei kalibrierten Kameras werden in einem zweiten Schritt gegeneinander verschoben und damit die pixelweise Ähnlichkeit der Bilder ermittelt. Dieser Vorgang wird als «Pseudo-3-D-Volumendarstellung» bezeichnet. Die Pflanzenhöhe wird anschliessend aus der Volumendarstellung im dreidimensionalen Raum berechnet. Die ermittelten Höhen werden dazu genutzt, interessierende Pflanzenparameter zu ermitteln, beispielsweise Unkraut- oder Nutzpflanzenhöhe im Zusammenhang mit dem gezielten Pflanzenschutzmitteleinsatz.

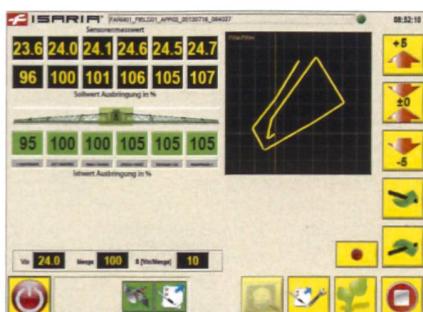
## Unkrauterkennung mithilfe des Mini-Veg®-Sensors

Nach den Grundprinzipien des integrierten Pflanzenschutzes werden Herbizide dann eingesetzt, wenn die ökonomische (Unkraut-)Schadswelle überschritten ist. Das heisst, die Kosten einer Bekämpfungsmaßnahme sind niedriger als der zu erwartete Schaden durch die Unkrautkonkurrenz.

Der Entscheid zur Unkrautkontrolle wird in der Regel einheitlich für die gesamte Parzelle getroffen. Aus Untersuchungen und sogar aus der Praxis ist bekannt, dass Unkräuter innerhalb landwirtschaftlicher Flächen sehr oft ungleichmässig verteilt sind. Verschiedene Untersuchungen (Marschall

1988; Johnson 1995; Christensen 1998) haben in der Vergangenheit aufgezeigt, dass 40–50 Prozent der Herbizide eingespart werden könnten, wenn eine effiziente Teilflächenbehandlung gelingt. Zur teilflächen spezifischen Unkrautbekämpfung war zwar schon viel geschrieben worden. Doch eine eigentliche Praxisumsetzung fand bis dato kaum statt, weil es an automatisierten und vor allem praxisreifen Verfahren fehlte. Einzelne Sensorsysteme können zwar grüne Pflanzen vor dem Hintergrund «Boden» und toter «organischer Substanz» unterscheiden. Damit können einzelne Applikationsentscheidungen im Obst- und Weinbau, auf Brachflächen oder im Reihenzwischenraum von Kulturpflanzen unterstützt werden. Damit aber das erhoffte Einsparpotenzial der teilflächen spezifischen Unkrautkontrolle in landwirtschaftlichen Kulturen genutzt werden kann, bedarf es einer klaren Unterscheidung von Kulturpflanze und Unkraut. Die Firma Fritzmeier Umwelttechnik hat mit dem MiniVeg® einen Sensor entwickelt, der die Chlorophyllfluoreszenz und die Reflexion durch einen roten Laser misst. Ergebnisse von Feldversuchen in verschiedenen Getreidearten zeigten, dass der MiniVeg®-Sensor in einzelnen Versuchen die Unkräuter in Kulturpflanzenbeständen gut erkannte und die Dichte anhand des Fluoreszenzsignals genau schätzen konnte. In anderen Versuchen konnten die erzielten Resultate aber nicht bestätigt werden.

Damit flexibler auf Variationen des Umgebungslichtes reagiert werden kann, wurde eine Modifikation mit einer automatischen Anpassung an die Sonneneinstrahlung eingebaut. Da der modifizierte MiniVeg®-Sensor sehr empfindlich auf Schwankungen des Gesamtdeckungsgrades reagiert, kann dieser Sensor sehr gut auch zur Kartierung von Unkrautarten eingesetzt werden.



Dieses von Fritzmeier entwickelte sensorgestützte Düsensteuerungssystem ermöglicht den optimalen Einsatz von Pflanzenschutzmittel. (Bild: Fritzmeier Umwelttechnik)

**Tabelle 1: Online-Sensoren für die teilflächen spezifische Düngung**

Sensor-Typ	Hersteller	Indizes
N-Sensor® (ALS)	Yara	REIP, SR
Crop Circle	Holland Scientife	NDVI, NDRE
GreenSeeker	N-Tech/Trimble	NDVI, SAVI, SR
Crop Sensor	Claas/Agrocom	NDVI
Isaria	Fritzmeier	REIP
CropSpec™	Yara/Topcon	NDVI

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index (ROUSE; 1974)

REIP = Red Edge Inflection Point (GUYOT; 1988)

SR = Simple Ratio (JORDAN; 1969)

SAVI = Soil Adjusted Vegetation Index (HUETE; 1988)

NDRE = Normalized Difference Red Edge (CLARKE; 2001)

**Tabelle 2: Übereinstimmung der sensorischen Erfassung mit der räumlichen Variabilität eines Weizenbestandes**

Korrelationskoeffizient	NDVI	REIP	SAVI	NDRE	SR
9,9–1,0	90,7	35,3	85,7	64,8	90,7
0,8–0,9	4,1	18,3	6,6	15,0	4,1
0,7–0,8	1,3	10,5	2,3	6,5	1,4
Summe	96,1%	64,1%	94,6%	86,3%	96,2%

### Bildanalyse zur Erfassung von Blattkrankheiten

Bildgebende Verfahren zur Erfassung eines Primärbefalls von Pflanzenkrankheiten können eine Alternative zur visuellen Erfassung darstellen. In Gewächshausversuchen der Universität Bonn wurden mittels einem hyperspektralen Kamerasystem Blattkrankheiten der Zuckerrübe erfasst. Untersucht wurden die Auswirkungen von Cercospora beticola und Erysiphe betae auf die Reflexionseigenschaften der Zuckerrübenblätter. Die durch Pflanzenkrankheiten veränderte Pflanzenvitalität konnte gemessen werden. Cercospora-Blattflecken konnten mit einer Klassifizierungsgenauigkeit von 89,5 Prozent erfasst werden. Allerdings war eine Erfassung der erwähnten Pflanzenkrankheiten vor Auftreten sichtbarer Symptome nicht möglich. Die Wissenschaftler kamen zum Schluss, dass bildgebende Verfahren zur Erfassung des Primärbefalls und der Befallsstärke von Pflanzenkrankheiten eine Alternative zur visuellen Befallserfassung sind. Damit wurde bestätigt, dass präzise, reproduzierbare und zeitsparende Monitoringmethoden<sup>1)</sup> Voraussetzung für ein teilflächen spezifisches Management von Pflanzenkrankheiten sind.

### Erfassen Sensorsysteme die komplette Variabilität eines Ackers?

Onlinesensoren zur Erfassung der räumlichen Variabilität von Vegetationsbestän-

den finden immer mehr Eingang in der Landwirtschaft. Hauptanwendungsgebiet ist die teilflächen spezifische Düngung. Damit wird versucht, die Düngergaben an den tatsächlichen Bedarf des Pflanzenbestandes anzupassen. Eine Vielzahl unterschiedlicher Sensoren ist verfügbar. Sie verwenden alle ähnliche Vegetationsindizes zur Bestimmung der Dünge menge. Diese Sensoren führen im Acker Punkt messungen durch und regeln aufgrund der Reflexion im Pflanzenbestand die direkt auszubringende Düngermenge. Die Messung der Reflexion erfolgt in ausgewählten Spektralkanälen<sup>2)</sup> (ca. 2–5 Kanäle). Die Spektralinformationen zeigen den Zusammenhang zur Biomasse oder Stickstoffversorgung auf. Da die meisten Systeme nur einen kleinen Bereich des reflektiven Spektrums aufnehmen, steht die Frage im Raum, ob solche Messungen die komplette Variabilität des Pflanzenbestandes erfassen. Eine Überprüfung der Messungen, bezogen auf die Genauigkeit der Variabilität eines Pflanzenbestandes, kann nur durch echte Flächendaten erfolgen. Eine solche Überprüfung der Systeme erfolgte 2011 in einem 80 ha Winterweizen schlag in Sachsen-Anhalt. Zur Überprüfung wurde ein flugzeuggetragener Hyperspektralsensor eingesetzt. Neben radiometrischen Korrekturen der Daten wurden auch Atmosphärenkorrekturen vorgenommen, schliesslich erfolgten noch geometrische Anpassungen.

Die nach dem Überflug «bereinigte» räumliche Variabilität wurde mit den Sensorsdaten verglichen. In der Auswertung konnte der prozentuale Anteil der Pixel klassifiziert werden. Dabei zeigte sich eine unterschiedlich gute Übereinstimmung mit den Flugdaten.

Im konkreten Fall (2011) herrschte in Sachsen-Anhalt eine starke Frühjahrstrockenheit, daher wurden die Bestandesunterschiede hauptsächlich durch Wasser- und nicht durch Stickstoffmangel hervorgerufen. Dies erklärt weitgehend die Unterschiede bei der Erfassung der räumlichen Variabilität der für die Detektion von Stickstoffmangel optimierten Systeme (REIP und NDRE). Die Untersuchungen zeigen die Schwächen gewisser Sensorsysteme auf: Eine N-Düngung aufgrund der Variabilität hätte in diesem Jahr folglich nicht zu einer Ertragsverbesserung geführt. Daher ist es für den Anwender wichtig, zu wissen, welcher Index sein Sensor verwendet bzw. welche Bestandessparameter erfasst werden sollen. Da es zurzeit noch keinen Sensor gibt, der völlig ohne Vorwissen eingesetzt werden kann, soll der Praktiker weiter seine Erfahrungen einfließen lassen.

### **Lasersystem zur Unkrautbekämpfung (Prototyp)**

Laserstrahlung kann als selektives und örtlich begrenzt wirkendes Verfahren zur Unkrautbekämpfung eingesetzt werden. Während die Wirksamkeit der thermisch wirkenden Strahlung auf verschiedene Unkräuter belegt ist, ist die Automatisierung der Laserstrahl-Positionierung bisher noch ungelöst. Wissenschaftler der Uni Hannover sowie des Laser Zentrum Hannover (D) haben ein Testsystem auf der Basis von «Active-Shape<sup>3)</sup>-Modellen» getestet, das die Zielposition bei erkannten Unkrautpflanzen ermittelt. Da auch Höheninformationen wichtig sind, werden zur Zielerfassung Stereokameras eingesetzt. In Gewächshausversuchen wurden bisher Zielgenauigkeiten von +/- 3,5 mm erreicht. Dabei wird das gesamte auf einem Schienenwagen montierte System mit einer «Stop and go»-Bewegung über das Bodenbeet geführt. Für eine genaue Zielposition der Lasersteuerung ist eine umfassende Kalibration von Servomotoren notwendig. Zur erfolgreichen Bekämpfung der Unkräuter wird an der Zielposition eine spiralförmige Bahnführung des Laserstrahls angewendet. Nur direkte Lasertreffer sind erfolgreich. Damit sich ein Bekämpfungserfolg einstellt, wenn Un-



**Wenn Feldroboter zum praktischen Einsatz kommen sollen, sei es für die chemische oder mechanische Unkrautkontrolle, dann sind sie zwingend auf bildanalytische Systeme angewiesen.**

krautpflanzen nur zum Teil vom Laserstrahl getroffen werden, sind höhere Laserleistungen notwendig. Nach ersten Erfahrungen gehen die Forscher davon aus, dass jedes Prozent an Überdeckungsverlust durch eine Erhöhung der Laserenergie um 1,3 Joule kompensiert werden muss. Die im Rahmen eines Forschungsprojektes vorgestellten Arbeiten zeigen zwar die Machbarkeit einer Unkrautbekämpfung mittels Laser, von einer Praxiseinführung ist man aber noch weit entfernt.

### **Erkennung überlappender Pflanzen**

Überlappende Objekte sind für die Bildverarbeitung im Allgemeinen und in der pflanzenbaulichen Bildverarbeitung im Speziellen ein grosses Problem. Es existieren zwar Bildverarbeitungsalgorithmen, die Pflanzen identifizieren, indem sie diese auf ursprüngliche bzw. grundsätzliche Formen reduzieren und anschliessend vergleichen. Mit einer neuartigen Methode sollen überlappende Pflanzen besser erkannt und differenziert werden. Dabei kommt «Active-Shape-Modellierung» zum Einsatz. Bei dieser Technik wird ein Verfahren angewandt, das auf Ellipsen in binarisierten<sup>4)</sup> Bildern (Aufnahmen von Unkrautsituationen) basiert. Dabei werden in einem ersten Schritt alle möglichen Ellipsen eines Bildes durch spezifische Algo-

rithmen<sup>5)</sup> selektiert und spezifiziert. In einem nächsten Bearbeitungsschritt werden die wahrscheinlichsten Kombinationen zu 2-, 3- oder 4-blättrigen Pflanzen zusammengefügt. Dies unabhängig davon, ob sich Blätter überlappen oder nicht.

(Quelle: ATB Agrartechnische Berichte, Heft 78)

### **Fazit:**

Nach den Worten der Wissenschaftler stellt der Einsatz bildgebender Sensorsysteme für die Landwirtschaft eine Schlüsseltechnologie dar. Ob diese Aussagen bereits praxisrelevant sind, ist zu bezweifeln. Es ist aber eine faszinierende Technik, die in Zukunft den Einsatz von Landtechnik in ökologischer und ökonomischer Richtung unterstützt. ■

1) Monitoring(verfahren) ist ein Überbegriff für alle Arten der unmittelbaren systematischen Erfassung.

2) Spektral (phys.): verschiedene Farben, aus denen das weiße Licht gebildet wird.

3) Shape (engl.): Umriss, geometrische Form von Körper oder Figuren.

4) Ein Binärbild ist eine digitale Rastergrafik, deren Pixel nur die zwei Farben Schwarz und Weiss annehmen können.

5) (Mathematik): eine Reihe von Anweisungen, Befehlen, die in einer festgelegten, wiederholten Folge für Berechnungen ausgeführt werden.