

Erkennen von Feldverunkrautungen durch Luftbildtechnik

Luftbildtechniken ermöglichen eine flächengetreue fotometrische Aufnahme relativer Unterschiede heterogener Feldverunkrautungen bei geringem technischen Aufwand. Untersuchungen lassen erkennen, daß Infrarot-Fotoverfahren pflanzenbaulich verwertbare Feldinformationen für das Kartieren bestimmter Verunkrautungssituationen liefern können. Anwendungsbeschränkungen sind durch derzeit noch zu zeitaufwendige Bildbearbeitungsroutinen und witterungsbedingte Ausfallzeiten im Aufnahmezeitraum zu erwarten. Die Praxisanwendung des Verfahrens erfordert weitere feldspezifische Untersuchungen zum Erarbeiten von Interpretationsschlüsseln für das Bewerten der aufgenommenen Vegetationssignaturen in Abhängigkeit von der Konkurrenzwirkung des Unkrauts.

Anwendungsbeispiele für die spektrale Ferndiagnostik von Pflanzenbeständen werden seit einigen Jahren veröffentlicht. Terrestrische Aufnahmen finden für das großflächige Monitoring kommunaler, land- und forstwirtschaftlicher Nutzflächen Verwendung [1, 2]. Mit der Luftbildtechnik bietet sich ein weiteres Verfahren an, differenzierte Verunkrautungssituationen in Feldpflanzenbeständen zu klassifizieren. Im Unterschied zu diskreten Stichprobenbonituren, die punktuell genaue Zählergebnisse liefern, vermitteln fotometrische Fernaufnahmen ein analoges flächenproportionales Signal zum Deckungsgrad der Bodenoberfläche durch Pflanzen. Da lebendes pflanzliches Material einen hohen Strahlungsanteil im infraroten (IR) und im nahen infraroten Bereich (NIR) des einfallenden Sonnenlichts reflektiert, bestehen gut gesicherte Korrelationen zur vorhandenen Blattoberfläche. Zum sicheren Unterscheiden zwi-

schen aktiven und inaktiven Pflanzenteilen wird der Vegetationsindex aus der „Normalisierten Differenz“ der Reflexionswerte roter (R = 678 – 686 nm) und nahinfraroter (NIR = 845 – 854 nm) Strahlung berechnet

$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$,
der ein Maß des fotosynthetischen Potentials von Pflanzen darstellt [3, 4].

Mit gegenwärtigen Aufnahmetechniken ist die Lokalisation einzelner Unkräuter im spritzrelevanten Entwicklungsstadium noch nicht zu erreichen. Nach dem derzeitigen technischen Entwicklungsstand sind nach eigenen Untersuchungen Bildauflösungen bei Luftbildern zu erreichen, die Objekte ab 0,25 bis 1 m² Flächenausdehnung sicher darstellen. Der wesentliche Vorteil fotometrischer Feldaufnahmen für das Einschätzen von Verunkrautungsunterschieden ergibt sich im Unterschied zur Stichprobenbonitur aus der flächengetreuen Abbildung von Bewuchsunterschieden. Laufende Untersuchungen lassen auch erwarten, daß die Darstellung dominanter Vorkommen einer Unkrautart durch spektrale Analyse des Remissionssignals gelingt [5, 6]. Zur Interpretation kausaler Zusammenhänge zwischen dem Remissionssignal und stofflichen Größen des Pflanzenbestan-

des fehlen jedoch noch gesicherte Untersuchungsergebnisse [7].

Unkrauterkenntnis in Wintergetreide

Welche pflanzenbaulichen Voraussetzungen für das Kartieren von Verunkrautungen mit Hilfe von Luftbildaufnahmen sowohl in Getreide- als auch in Reihenkulturen bestehen, zeigen die folgenden Ergebnisse. Messungen in Wintergerste zum Zeitpunkt des Herbst- und Frühjahr-Spritztermins mit hochauflösenden Kodak-Ektachrom Infrarotfilmen (CIR- Aufnahmen, Infrarotempfindlichkeit von 700 bis 840 nm) charakterisieren die pflanzenbaulichen Interpretationsgrenzen der Luftbildtechnik. Nach dem Auflaufen des Getreides im Entwicklungsstadium EC 10 bis 13 (zwei bis vier Blätter) sind lediglich Häufigkeitsunterschiede in der Kulturpflanzenentwicklung zu lokalisieren. Zu diesem Zeitpunkt werden auch von stärker verunkrauteten Teilflächen keine aussagefähigen Signalunterschiede erzielt, aus denen sich differenzierter Unkrautbewuchs ableiten läßt (Bild 1). Die im Keimblattstadium befindliche Unkrautpopulation ist trotz des Vorkommens von Teilflächen mit Unkrautanhäufungen bis 2000 Pflanzen/m² neben dem Gerstenbestand nicht zu differenzieren. Nach

Dr.-Ing. Gerhard Wartenberg ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Agrartechnik Bornim ATB, Abteilung Technik im Pflanzenbau (Wiss. Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zaske), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim. Dipl.-Ing. Michael Heisig ist wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter im Projekt „Teilflächenspezifische Pflanzenproduktion in der Praxis“, Abteilung Technik im Pflanzenbau des ATB Bornim.
Eine erweiterte Fassung des Beitrages ist erhältlich unter wartenbg@atb.unipotsdam.de

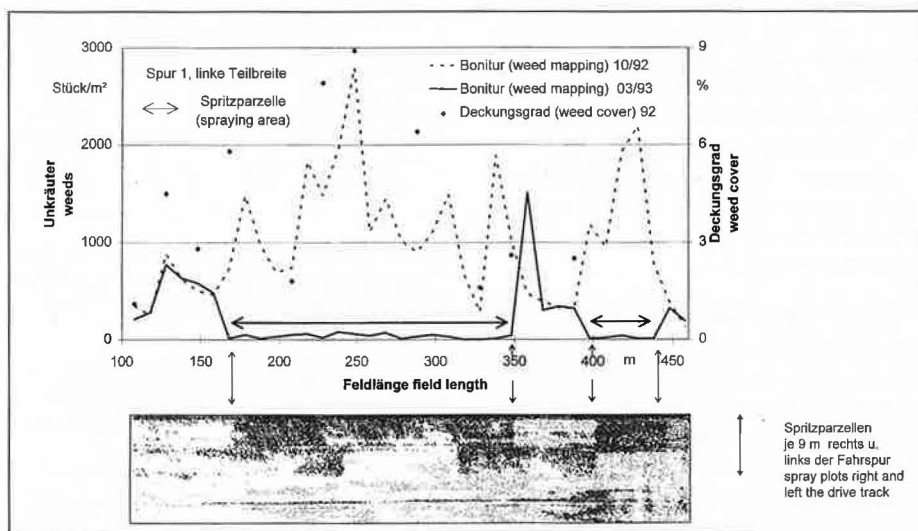


Bild 1: Vergleich von Unkrauthäufigkeit, Deckungsgrad und Remissionsunterschieden der Infrarotaufnahme eines Wintergerstenbestandes; Flächenfärbung: schwarz = geringe Verunkrautung, weiß = hohe Verunkrautung

Fig. 1: Comparing weed frequency, degree of weed cover and remission differences of infrared recording of a winter barley field; surfaces color: dark = low weed infestation; light = strong weed infestation

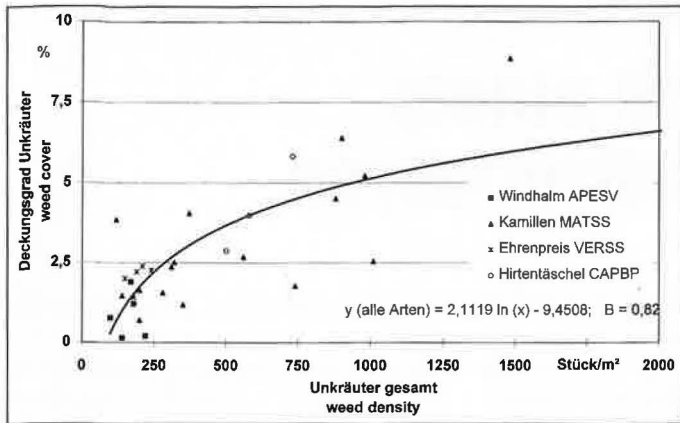


Bild 2: Entwicklung des Unkraut-Deckungsgrades in Abhängigkeit von der Verunkrautungshäufigkeit und ausgewählten Unkrautarten

Fig. 2: Development of weed cover depending on weed infestation frequency and selected weeds

bildanalytischen Auswertungen erreicht die etablierte Unkrautpopulation einen zusätzlichen Blattflächen-Deckungsgrad von maximal 9 %. Erst im folgenden Frühjahr (Entwicklungsstadium EC 22 bis 24, zwei bis vier Seitensprosse, Unkräuter im Rosettenstadium) führt die Blattflächenzunahme zu klassierfähigen Unterschieden. Auf dem Luftbildausschnitt sind Flächenstrukturen zu erkennen, die den veränderten Unkrautdeckungsgrad zwischen behandelten und unbehandelten Teilflächen charakterisieren.

Nach Handbonituren wurden zu diesem Zeitpunkt auf den nicht gespritzten differenzierungsfähigen Flächen zusätzliche Deckungsgrade der Unkrautpopulation von durchschnittlich 14 % ermittelt.

Das darüberliegende Häufigkeitsdiagramm quantifiziert für eine Spritzbreite von 9 m die durchschnittliche Verunkrautung der im Luftbild dargestellten Teilbreite. Mit zunehmender Unkrauthäufigkeit sind schon im frühen Entwicklungsstadium Blattflächenüberlagerungen vorhanden, die zu Disproportionen zwischen Deckungsgrad und Unkrauthäufigkeit führen. Das selektive bildanalytische Auswerten verschiedener Unkrautgesellschaften mit stark dominierenden Leitunkräutern (Anteil einer Art über 80 %) bei Individuenhäufigkeiten zwischen 100 und 3000 Unkräuter/m² ergibt eine degressive Beziehung zwischen dem Deckungsgrad der Unkrautblattfläche und der Pflanzenhäufigkeit (Bild 2).

Unkrautererkennung in Reihenkulturen

Die Jungpflanzenentwicklung bestimmter Sommerkulturen (Mais, Rübe und Kartoffel) ist durch verzögerten Bestandes-schluß gekennzeichnet. CIR-Luftbildaufnahmen von Maisbeständen im Entwicklungsstadium EC 15 (Fünfblattstadium, Anfang Juni) verdeutlichen die fotometrischen Möglichkeiten einer flächenproportionalen Kontrolle des Verunkrautungsgrades auf heterogenen Feldflächen. Nach ersten Untersuchungen sind bei Flughöhen zwischen 500 und

800 m Aufnahmeverhältnisse gegeben, die das Darstellen pflanzenbaulich bedeutsam verunkrauteter Teilflächen ermöglichen. Unterschiede in der aufgenommenen Signalstärke lassen sich in diesem Fall als Differenzen der Verunkrautungsintensität interpretieren. Ortskorrelierte Zählungen ergaben auf diesem Feld Unkrautdichten zwischen 20 und 40 dikotyle Unkräuter/m² (Bild 3).

Auswertung von Luftbildern

Für die vorliegenden Untersuchungen kamen die GIS-Systeme „Spans“ und „Topol“ zur Anwendung. In Abhängigkeit von der aufgenommenen Feldgröße werden zeitaufwendige Nachbearbeitungen zum Georeferenzieren und Verschneiden der Teilaufnahmen zu einem Gesamtbild erforderlich. Mehrere Auswahlverfahren ermöglichen unterschiedliche Arbeitsweisen für das Entzerren und Verschneiden von Bildteilen. Sie unterscheiden sich durch die zu verwendende Anzahl auszuwählender Paßpunkte, die eine Grundlage für das Neuberechnen der Bildgeometrie in iterativen Bearbeitungsschritten bilden. Unter den genannten Aufnahmebedingungen ist bei schrittweisem Bearbeiten des Bildes eine maximale Anpassungsgenauigkeit von 4 m zu erreichen.

Das weitere Verarbeiten des Bildes zur Spritzanweisung erfordert das Zusammenfassen der Bildinformation zu anwendungstechnisch sinnvollen Teilflächengrößen. Dazu werden im GIS geografisch gestützte Netzstrukturen mit Seitenlängen von 10 bis 50 m generiert, die den Mittel- oder Spitzenwert der pixelgestützten Indexeinträge (Farbwerte von 0 bis 256) erhalten. Mit Hilfe automatischer oder manueller Routinen können den Flächenelementen Dosieranweisungen nach pflanzenbaulich begründeten Klassierschlüsseln zugeordnet werden. Die Datenübertragung über Chipkarte an einen DGPS-fähigen Spritzcomputer erfolgt über zwei Ausgangsdateien mit Gauß-Krüger-Koordinaten und Dosieranweisungen der Rasterelemente.

Schlußfolgerungen

Luftbildaufnahmen ermöglichen flächentreue, jedoch nur artenspezifische Bewertungen zur Gesamtverunkrautung in begrenzten Entwicklungsabschnitten des Kulturpflanzenwachstums. Sichere Anwendungsmöglichkeiten zum Kartieren von Feldverunkrautungen zeichnen sich vorerst nur in Pflanzenbeständen mit geringer Blattoberfläche der Kulturpflanzen und in abreifendem Getreide für die Vorerntekartierung mehrjähriger Unkräuter ab. Anwendungsvorteile der Infrarotfotografie ergeben sich aus dem hohen Auflösungsvermögen der Filmemulsion gegenüber weiteren digitalen Aufnahmeverfahren. Landwirtschaftlich relevante Bildverarbeitungszeiten von unter drei Tagen sind nach dem derzeitigen Stand der Technik noch nicht zu erreichen. Für die Praxisanwendung des Verfahrens fehlen Untersuchungen zum Erarbeiten von Interpretationsschlüsseln des Fotosignals in Abhängigkeit von den pflanzenbaulichen Signaturen.

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 97 118 erhältlich.

Schlüsselwörter

Luftbilderstellung, Unkrautbonitur, teilflächenspezifische Herbizidapplikation

Keywords

Remote sensing, weed detection and assessing, site specific herbicide application

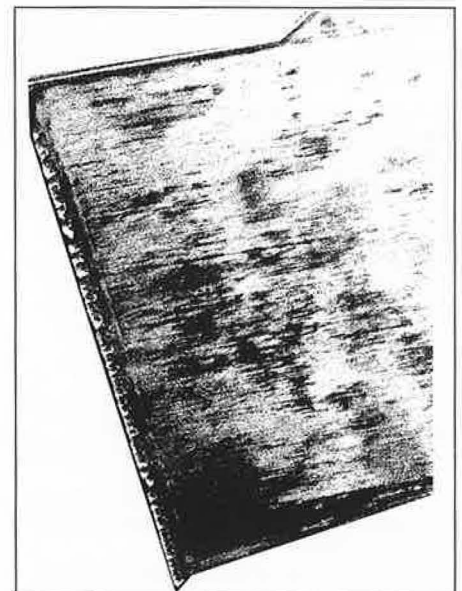


Bild 3: Infrarotaufnahme eines Maisfeldes mit heterogener Verunkrautung, schwarze Signaturen kennzeichnen Unkrautflächen

Fig. 3: Infrared recording of a maize field with heterogenous weed infestation, black surfaces identify weed areas