

Generieren von Ertragskarten aus Luftbildern

Durch Stress während der Ernte werden Ertragsmesssysteme in Mähreschern häufig nicht vorschriftsmäßig betrieben. Daher sind viele Ertragskarten fehlerhaft. Aufbauend auf der Ähnlichkeit der Muster von Luftbildern des ausgebildeten Bestandes und der Muster der Ertragskarten wird ein Verfahren zur Schätzung von Ertragskarten vorgestellt. Für dieses Verfahren sind eine Ertragskartierung nur entlang weniger Spuren des Schlages sowie zusätzlich ein Luftbild des Bestandes erforderlich.

Dr.-Ing. Horst Domsch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dipl.-Ing. (FH) Michael Heisig und Dipl.-Ing. (FH) Katrin Witzke sind wissenschaftlich-technische Mitarbeiter in der Abteilung Technik im Pflanzenbau im Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim; e-mail: hdomsch@atb-potsdam.de
Dipl. Ldw. Otto Zauer ist Geschäftsführer der Dawa-Agrar GmbH & Co.KG Dahlenwarsleben, Am Plan 3, 39326 Dahlenwarsleben

Schlüsselwörter

Präzisionslandwirtschaft, Ertragskarten, Luftbilder

Keywords

Precision farming, yield maps, aerial images

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07320 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Eine steigende Anzahl von Landwirtenordert neue Mährescher, die bereits vom Hersteller mit Ertragsmesseinrichtungen ausgerüstet wurden. Die Messgenauigkeit dieser Einrichtungen ist bei Einhaltung der Anwendungsvorschriften für Bewirtschaftungsentscheidungen hinreichend genau [1]. Trotzdem ist ein hoher Anteil der erzeugten Ertragskarten stark fehlerhaft, so dass sie keine zuverlässigen Aussagen zur Ertragsverteilung zulassen. Ursache dieses unbefriedigenden Sachverhaltes ist häufig der Stress, dem die Mährescherfahrer während der Erntekampagne ausgesetzt sind. Dieser bewirkt, dass der exakten Kalibrierung und Überwachung der Komponenten der Ertragsmesseinrichtung während des Einsatzes zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Bilder des Bestandes zeigen häufig ein ähnliches Muster wie die Ertragskarten [2]. Sie sind dem Landwirt unter Einschaltung von Dienstleistungsunternehmen als Aufnahmen aus Flugzeugen oder als Satellitenbilder zugänglich.

Um den Aufwand für die Ertragserfassung während der Ernte abzubauen, wird vorgeschlagen Ertragskarten zu schätzen. Dazu wird das Verteilungsmuster eines aus einem Luftbild berechneten Vegetationsindexes als das Verteilungsmuster des Ertrages interpretiert. Für die Schätzung einer Ertragskarte

sind dem Muster allerdings noch absolute Ertragswerte zuzuordnen, wozu eine Beziehung zwischen dem berechneten Vegetationsindex und dem Ertrag vorhanden sein muss. Zur Ableitung einer solchen stochastischen Beziehung, die im Allgemeinen als linear unterstellt werden kann, reichen etwa 20 Datenpaare des Ertrages und Vegetationsindexes aus. Folglich genügt es, wenn der Ertrag im Mährescher nur entlang weniger Spuren erfasst wird.

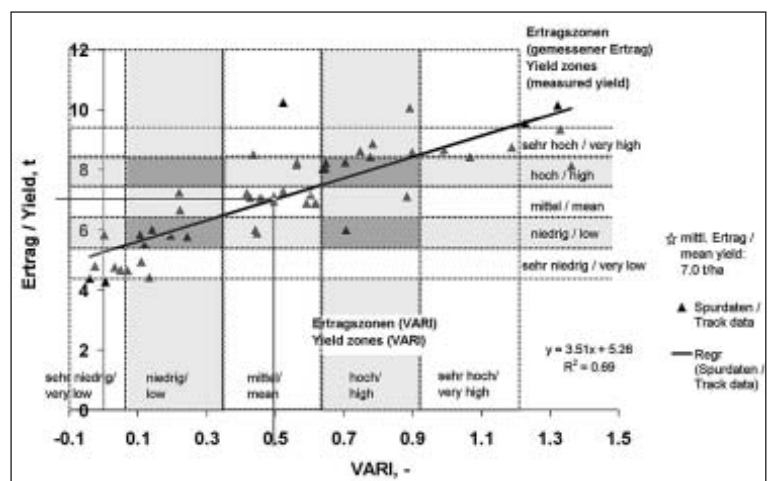
Methode und Versuchsdurchführung

Die Überprüfung des Lösungsansatzes fand auf einem Schlag im Randgebiet der hohen Magdeburger Börde statt. Der 48 ha-Schlag ist ein nicht ebener Südhang mit etwa 30 m Höhenunterschied.

Als Grundlage diente ein Luftbild, das am 6. Juni 2003 aus einem Sportflugzeug aufgenommen worden war, sowie die Ertragserfassung des Jahres 2003 (Wintergerste), die durch den Betrieb mit JD-Mähreschern und dem GreenStar-System erfolgte. Als Vegetationsindex wurde der VARI (Visible Atmospherically Resistant Index) = (Grün-Rot) / (Grün + Rot - Blau) berechnet. Die Daten von drei Spuren bildeten die Grundlage für die Berechnung einer Regressionsfunktion $Ertrag = f(VARI)$. Mit Hilfe der Regressionsfunktion konnten die VARI-Werte in Er-

Bild 1: Ableitung der Ertragszonen auf der Grundlage der Ertragsdaten bzw. der VARI-Daten

Fig. 1: Creating the yield zones based on the yield data and the VARI data, respectively



tragswerte umgewandelt werden. Dies erfolgte auf der Grundlage einer 20 m • 20 m Rasterung des Gesamtschlages.

Die Berechnung geschah im Wesentlichen mit Hilfe einer Erweiterung für ArcView 3.2 / Spatial Analyst, die für diesen Zweck entwickelt worden war. Sie umfasst unter anderem folgende Teilschritte:

- Klassifizierung der Ertragswerte in fünf Klassen
- Suche nach allen Abschnitten innerhalb der ausgewählten Spuren, die mindestens sieben aufeinanderfolgende Ertragswerte der gleichen Ertragsklasse enthalten
- Erzeugung von rechteckigen Teilflächen, deren Länge der Abschnittslänge und deren Breite der ausgenutzten Schnittwerksbreite entspricht
- Ermittlung des mittleren Ertrages für die gefundenen Teilflächen
- Berechnung des VARI aus den drei Farbbändern des Luftbildes im 1 m²-Raster
- Ermittlung des mittleren VARI für die Teilflächen
- Berechnung des VARI für ein erzeugtes 20 m-Raster durch Mittelwertbildung

Die Berechnung der Ertragswerte für das 20 m-Raster aus den gemessenen Erträgen erfolgte zusätzlich mittels Blockkriging - Interpolationsmethode.

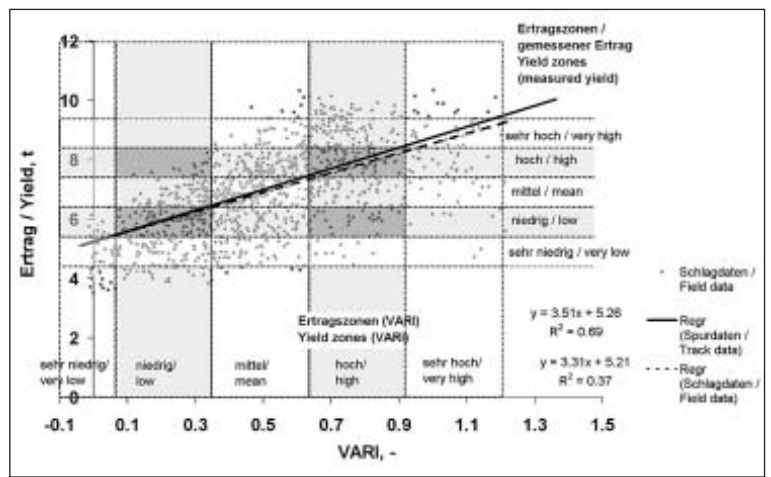
Aus den ermittelten Datenpaaren der Teilflächen resultierte eine Regressionsfunktion für den Zusammenhang zwischen dem Ertrag und dem VARI.

Bewertungsmethodik

Die Genauigkeit der geschätzten Ertragswerte lässt sich nicht direkt bewerten, da fehlerfreie Messwerte nicht zur Verfügung stehen. Weil der Landwirt jedoch hauptsächlich an der Ausweisung von Ertragszonen interessiert ist, erfolgte ein Vergleich der auf der Basis der VARI-Werte beziehungsweise der gemessenen Ertragsdaten abgeleiteten Ertragszonen. Jeder Ertragszone des gemessenen Ertrages wurde eine Ertragsklasse zugewiesen (horizontale Linien) (Bild 1). Die Ertragsklassen gruppieren sich symmetrisch um den Durchschnittsertrag des Schlages. Ihre Spannweite betrug jeweils 1 t. Dabei wurde unterstellt, dass der mittlere Ertrag bei dem mittleren VARI-Wert auftritt. Mittels der reziproken Form der Regressionsfunktion ($VARI = f(\text{Ertrag})$) ließen sich die

Bild 2: Aufteilung der Raster-elemente auf die Ertragszonen

Fig. 2: Segmentation of the grid cells on the yield zones



Klassengrenzen des gemessenen Ertrages in VARI-Grenzen umrechnen (vertikale Linien). Die entstandenen VARI-Klassen dienen gleichfalls zur Unterteilung des Schlages in Ertragszonen (Bild 1).

Die Unterschiede der Ertragszonenbildung nach den beiden Verfahren sind deutlich zu erkennen, wenn in die Grafik die Daten der 20 m-Raster-elemente übernommen werden (Bild 2). Je nachdem, ob die Punktwolke horizontal unterteilt wird (Ertragszonen des gemessenen Ertrages) oder vertikal unterteilt wird (Ertragszonen des VARI), werden unterschiedliche Teilmengen der Raster-elemente den entsprechenden Ertragszonen zugeordnet. Der Anteil der Raster-elemente, die unabhängig von dem Verfahren der Ertragszonenbildung der gleichen Ertragszone zugeordnet werden, ist folglich eine Größe zur Bewertung des Lösungsansatzes.

Ergebnisse

Es bestätigt sich, dass zwischen dem Ertrag und dem VARI eine lineare stochastische Beziehung existiert (Bild 2). Der stochastische Charakter ist objektiv bedingt, da ein Bestandsparameter, gemessen Anfang Juni, nicht direkt proportional dem Kornertrag sein kann, der sich Wochen später gebildet hat. Er ist aber auch subjektiv durch Fehler bei der Erfassung beider Größen bedingt.

Der Zusammenhang für die Daten der Spuren ist enger als der für die Daten des Gesamtfeldes. Das Bestimmtheitsmaß steigt von 0,37 für das Gesamtfeld auf 0,69 für die Spuren allein (Bild 2). Das weist auf zusätzliche Fehler bei der Ertragsmessung des Gesamtfeldes hin, die im Bereich der Spuren vermieden werden konnten.

Der Anteil der Raster-elemente, die bei beiden Verfahren der gleichen Ertragszone zugeordnet werden, schwankt in Abhängigkeit von der Ertragszone zwischen 31 und 79 % (Tab. 1). Werden die gleich zugeordneten Raster-elemente über alle Ertragszonen zusammengefasst, ergibt sich ein mittlerer Wert von knapp 38 %. Diese Werte sind nicht sehr hoch. Die Ähnlichkeit beider Verfahren der Ertragszonenbildung zeigt sich dagegen daran, dass sich im Schnittpunktbereich der jeweils gleichen Ertragszonen der relativ größte Anteil aller Raster-elemente befindet. Die Bewertung muss bei der Feststellung der gleich zugeordneten Raster-elemente stehen bleiben. Eine Bewertung richtig oder falsch zugeordneter Raster-elemente kann nicht erfolgen.

Das Schätzverfahren ist aber auf jeden Fall zur Ertragszonenbildung geeignet, wenn unter der Annahme, dass die gemessenen Ertragswerte wahr seien, sich deren Mittelwerte in den VARI-Ertragszonen signifikant unterscheiden. Im Ergebnis eines t-Testes ist dies mit Ausnahme der Mittelwerte der sehr hohen und der hohen Ertragsklasse bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % der Fall.

Diskussion

Das vorgestellte Verfahren zur Schätzung von Ertragskarten wurde bisher erst an wenigen Schlägen in wenigen Jahren getestet. Die Grenzen der Anwendbarkeit sind folglich noch zu bestimmen.

Die Vorteile sind nicht zu bestreiten. Jeder Betrieb benötigt nur einen mit einem Ertragsmesssystem ausgerüsteten Mähdrescher. Dessen Fahrer bekommt die Möglichkeit, die Ertragsmessenrichtung vorschriftsmäßig entlang der Anschnittpuren jedes Schlages zu betreiben. Für den Rest des Feldes und weitere Mähdrescher ist eine Ertragskartierung nicht mehr notwendig. Der Erwerb der benötigten Luftbilder sowie ihre Auswertung erfolgen außerhalb der Erntesaison.

Tab. 1: Anteil der 20 m-Raster-elemente aus den Ertragszonen (Ertrag) in den Ertragszonen (VARI)

Table 1: Fraction of the 20 m grid cells from the yield zones (yield) in the yield zones (VARI)

Ertragszone (Ertrag)	Ertragszone (VARI)				
	sehr niedrig	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch
sehr niedrig	78,9	33,0	12,9	5,0	2,3
niedrig	21,1	38,3	19,9	9,4	9,3
mittel	0	24,3	36,9	20,5	17,4
hoch	0	4,3	23,2	31,2	29,1
sehr hoch	0	0	7,1	33,9	41,9