

# **YIELD-PLAN – eine Methodik zur GIS-gestützten teilflächenbezogenen Planung von Ertragszielen - Stand und Perspektiven -**

Jans Bobert, Wilfried Mirschel, Karl-Otto Wenkel, Ralf Wieland

Institut für Landschaftssystemanalyse  
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. Müncheberg  
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg  
bobert@zalf.de; wmirschel@zalf.de  
wenkel@zalf.de; rwieland@zalf.de

**Abstract:** Die Ermittlung teilflächenspezifischer Ertragsziele ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Managementplanung in Precision Agriculture. Es wird eine GIS-gestützte auf SAMT (Spatial Analysis and Modeling Tool) basierende Methode vorgestellt, in die sowohl statische als auch Fuzzy-Modellansätze integriert sind. Ausgangspunkt bildet eine statische standortbezogene Ertragspotenzialabschätzung, die anschließend eine teilflächenspezifische Korrektur erfährt. Diese auf einem Fuzzy-Ansatz basierende Korrektur berücksichtigt Informationen aus verschiedenen schlagspezifischen Karten, wie der Hofbodenkarte, der Karte zum Grundwasserabstand zur Oberfläche, der Karte zur nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum, der Karte zum potenziellen kapillaren Aufstieg und einer speziellen Karte zur Ausgrenzung von Kuppen- und Senkenbereichen.

## **1 Einleitung und Zielstellung**

Die Entwicklung und Bereitstellung praxisanwendbarer Methoden zur prospektiven teilflächenbezogenen Planung der Ertragsziele (Ertragserwartungswerte für die jährliche Anbauplanung) ist eine wesentliche Voraussetzung für die Weiterentwicklung und Breitenanwendung der Precision Agriculture Technologie. Speziell für die differenzierte teilflächenbezogene Aussaat-, Düngungs- und Pflanzenschutzplanung ist die Ertragserwartungskarte die entscheidende Datengrundlage. Sie bestimmt wesentlich die räumliche Ausprägung dieser Maßnahmen und damit auch entscheidend die hierdurch zu erzielenden ökonomischen Effekte bzw. die mit den Maßnahmen verbunden ökologischen Wirkungen. Die Festlegung realistischer Ertragsziele ist somit ein entscheidender Punkt im gesamten teilflächenbezogenen Produktionsverfahren. Im Verbundprojekt *Pre agro II* [Fo05] soll deshalb eine Methode entwickelt werden, die basierend auf Kenntnissen zu Standortertragspotenzialen, räumlich hochaufgelösten Daten und Expertenwissen zu Standort und Management die Erstellung teilflächenspezifischer Ertragserwartungskarten bereits vor Anbaubeginn ermöglicht.

## 2 Methodik

Die Prozedur der Erstellung von teilflächenbezogenen Ertragserwartungskarten unterteilt sich methodisch in zwei Schritte. Der erste Schritt bildet eine statische Abschätzung des schlagbezogenen Standortertragspotenzials auf der Grundlage regionaler Informationen, das im zweiten Schritt über die Teilschlagspezifizierung wichtiger ertragsbeeinflussender Faktoren, wie z.B. der Wasserversorgung, an die Heterogenität des Schlages angepasst wird. Dargestellt und überprüft wird diese Methodik an einem 45 ha großen Winterweizenschlag eines *Pre agro II*-Betriebes aus dem Jahr 2005, der im Schwarzerdegebiet Sachsen-Anhalts liegt. Der Beispielschlag ist durch sehr heterogene Bodeneigenschaften gekennzeichnet. Neben tiefgründigen Schwarzerden treten auch flache, durch Sand- und/oder Kieshorizonte bestimmte Böden auf. Die Wasserversorgung des Pflanzenbestandes wird maßgeblich auch durch das Relief beeinflusst (Höhenunterschiede auf dem Schlag bis 6m), was mit signifikanten Oberflächenzu- und -abflüssen verbunden ist. Zusätzlich variiert die Grundwassernähe auf den einzelnen Schlagteilen deutlich.

### 2.1 Standortbezogene Ertragspotenzialabschätzung

Grundlage für die Ertragspotenzialabschätzung bildet ein dreistufiger statischer Schätzalgorithmus, der sich aus einer standorttypabhängigen Naturalertragsmatrix, einem Korrekturalgorithmus nach Standortmerkmalen sowie einem Ertragstrendoverlay zusammensetzt. Die drei Stufen sind additiv verknüpft. Die Naturalertragsmatrix ist eine Erweiterung der Schätzmatrix nach [K192]. Für 56 Standorttypen der Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK, [SD91]) können die Basis-Naturalerträge für 16 landwirtschaftliche Fruchtarten geschätzt werden. Diese werden in Abhängigkeit von Standortmerkmalen, wie Steinigkeit, Hangneigung, Hydromorphieflächentyp, Ackerzahl, Höhe über NN, Neigungsflächentyp sowie von jahresbezogenen Wettergrößen, wie wachstumswirksame Temperatur, mesoskalige Klimazonierung, klimatische Wasserbilanz mit Zu- und Abschlägen versehen. Der Korrekturalgorithmus für Winterweizen ist bei [MWW03] beschrieben. Der schwer quantifizierbare ertragswirksame Fortschritt bei der Züchtung neuer Sorten und bei der Anwendung neuer Anbautechnologien wird über einen linearen Trend erfasst, wobei vom Ertragsniveau des Jahres 1990 ausgegangen wird. Der für die Neuen Bundesländer ermittelte jährliche Zuwachs im Ertrag beträgt z. B. bei Winterweizen  $1.21 \text{ dt ha}^{-1}$ , bei Triticale  $1.10 \text{ dt ha}^{-1}$ , bei Zuckerrüben  $11.18 \text{ dt ha}^{-1}$  und bei Raps  $0.30 \text{ dt ha}^{-1}$ .

### 2.2 Teilschlagbezogene Ertragsabschätzung

Für eine die Schlagheterogenität berücksichtigende Ertragsabschätzung sind räumlich höher aufgelöste Informationen zu den wichtigsten ertragsbeeinflussenden Größen notwendig. Um die Ertragsabschätzungen raumbezogen realisieren zu können wird hier auf das Spatial Analysis and Modeling Tool (SAMT) [Wi04] zurückgegriffen, ein auf Grid

basis arbeitendes Modellierungstool. Entsprechend der Arbeitsbreite der Land-technik wurde der Beispielsschlag hierfür in ca. 847 Gridzellen (24x24 m) unterteilt, die jeweils als homogen betrachtet werden. Bedingt durch die geografische Lage des mit Winterweizen bestellten Schlages, der im Regenschatten des Harzes (Niederschlag: 440 mm a<sup>-1</sup>) liegt, ist hier die Wasserversorgung der Pflanzen wichtigster begrenzender Faktor der Ertragsbildung. Für die Wasserversorgung des Pflanzenbestandes sind die *nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum*, der *Grundwasserabstand zur Oberfläche*, der *potentielle kapillare Aufstieg* und das *Relief des Schlages* signifikante Größen. Auf der Grundlage vorhandener Hofbodenkarten sowie eines digitalen Geländemodells wurden für diese vier Größen detaillierte Karten mit der gleichen Rasterung (24x24 m) erstellt. Da sich zwischen diesen Größen und dem Ertrag keine analytischen Ansätze ableiten und quantifizieren, sich aber unscharfe Abhängigkeiten durch Expertenwissen formulieren lassen, wird hier ein Fuzzy-Ansatz favorisiert, der mit Hilfe von SAMT-FUZZY erstellt und anschließend mit SAMT sofort auf jeder Gridzelle des Beispielsschlages zur Ausführung kommt. Aus diesem Grund werden im ersten Schritt die Größen *nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum*, *Grundwasserabstand zur Oberfläche* und *potentieller kapillarer Aufstieg* hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Ertrag in jeweils fünf Klassen (sehr klein, klein, mittel, groß, sehr groß) eingeteilt. Aufgrund von Expertenwissen werden für alle Klassenkombinationen Fuzzyregeln aufgestellt, deren Ergebnisse einem entsprechenden Output zugeordnet werden, der wiederum auch in diese fünf Klassen eingeteilt ist. Die Kombination aus „klein“ für *nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum*, „sehr klein“ für den *potenziellen kapillaren Aufstieg* und „klein“ für den *Grundwasserabstand zur Oberfläche* führt laut Regelwerk zur Outputklasse „klein“. Der Standort würde besser bewertet, wenn ein geringerer *Grundwasserabstand zur Oberfläche* und ein besserer *potentieller kapillarer Aufstieg* vorhanden wären. Die Outputklassen wurden mit einem Normierungsfaktor versehen. Nach Integration des Fuzzy-Modell in SAMT erhält man für den Schlag eine Karte, die den relativen Einfluss der drei betrachteten Größen auf die Ertragsbildung wiedergibt. Diese Karte wird dann mit einer aus dem digitalen Geländemodell abgeleiteten Karte, die den Einfluss der Geländeform hinsichtlich Kuppe und Senke auf den Wasserhaushalt wichtet, verschnitten. Kuppenstandorte werden dabei schlechter als Senkenstandorte eingestuft. Das Ergebnis dieser Verschneidung wird in SAMT mit dem im ersten Schritt der Methodik ermittelten standortbezogenen Ertragspotenzial multipliziert. Das Ergebnis ist dann die Ertragswartungskarte.

### 3 Ergebnisse

Für den im Jahr 2005 mit Winterweizen bestellten Beispielsschlag zeigt Abbildung 1 einen Vergleich zwischen der mit der hier vorgestellten Methodik in SAMT erstellten Ertragswartungskarte und der für den Schlag aus Mährescherdaten generierten Ertragskarte. Die Zonen mit hohen bzw. niedrigen Erträgen sind nahezu deckungsgleich. Die Korrelation über alle Gridzellen des Beispielsschlages beträgt  $r^2 = 0,92$ . Der mit dem derzeitigen Prototyp der Ertragsschätzmethode erreichte durchschnittliche absolute-Schätzfehler von 1200 kg ha<sup>-1</sup> liegt allerdings in einer noch nicht akzeptablen Größenordnung. Die quantitative Übereinstimmung kann verbessert werden zum einen durch eine bessere Abbildung des Expertenwissens in den Regeln des Fuzzy-Ansatzes und zum anderen durch eine optimale Bewertung der Eingangsparameter.

Die Ergebnisse zeigen, dass die vorgestellte Methode für die Erstellung einer in Precision Agriculture für die teilflächenbezogene Maßnahmenplanung benötigten Ertragskartierungskarte geeignet ist. In zukünftigen Arbeiten soll diese Methode verfeinert und auf Schlägen aus unterschiedlichen Anbauregionen und Anbaujahren getestet werden.

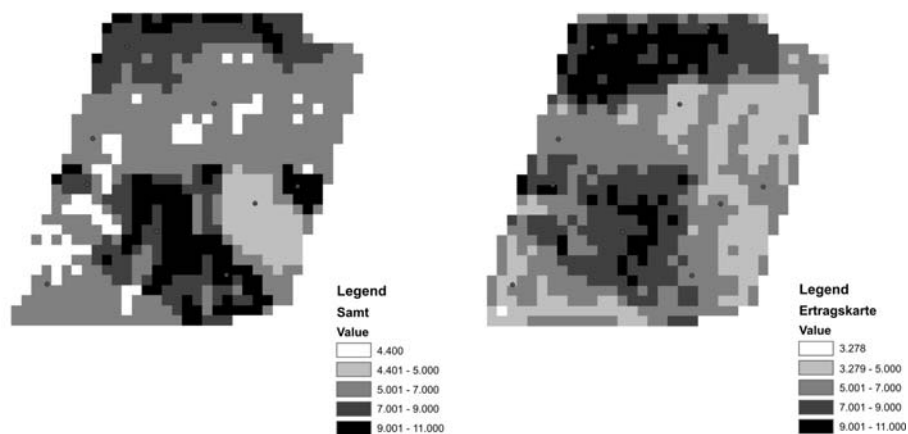


Abbildung 1: Vergleich zwischen der mit Hilfe der in SAMT integrierten Methodik erstellten Ertragskartierungskarte (links) und der für den Schlag aus Mährescherdaten generierten Ertragskarte (rechts)

## 4 Danksagung

Das Verbundprojekt *Pre agro II* wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) großzügig unter der Fördernummer 0339740/2 gefördert.

## Literaturverzeichnis

- [Fo05] Forschungsverbund *Pre agro II* (2005). Im Internet: <http://www.preagro.de>.
- [Ki92] Kindler, R.: Ertragsschätzung in den neuen Bundesländern. - Verlag Pflug und Feder GmbH, 1992; 230 S.
- [MWW03] Mirschel, W.; Wieland, R.; Wenkel, K.-O.: Bedeutung der Modellwahl bei der Ertragsschätzung - Bauernschläue vs. Agrarwissenschaft. In: Gnauck, A.(Hrsg.): Theorie und Modellierung von Ökosystemen: Workshop Kölpinsee 2001. Shaker Verlag Aachen, 2003; S. 162-186.
- [SD91] Schmidt, R.; Diemann, R. (Hrsg.): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK).- FZB Müncheberg, 1991; 78 S.
- [Wi04] Wieland, R.; Mirschel, W.; Wenkel, K.-O.; Aijbefun, I.: Räumliche Simulation mit SAMT.- In: Wittmann, J. (Hrsg.): Simulation in den Umwelt- und Geowissenschaften, Shaker Verlag, 2004; S. 161 – 181.