

Kopplung von Fernerkundungsdaten und dynamischen Wachstumsmodellen zur regionalen Ertragsabschätzung - Möglichkeiten und Grenzen -

WILFRIED MIRSCHEL, MÜNCHENBERG
SYBILLE BROZIO, MÜNCHENBERG
GÜNTER KÜHN, DEDELOW
CORINNA PRIETZSCH, FRIEDRICHSHAFEN
RALF-DIETER SCHROERS, MÜNCHENBERG
MARTIN WEGEHENKEL, MÜNCHENBERG
BERND ZBELL, MÜNCHENBERG

Abstract

A method for coupling of dynamic crop growth models and remote sensing data (HyMap™ data) within a model-GIS structure is briefly described. Results of regional yield estimation for winter wheat and sugar beet within a test side of about 65 square kilometres in the Uckermark region are represented. Advantages and limitations using remote sensing data for a regional biomass and yield estimation are discussed.

1 Einführung und Problemstellung

Das Problem für eine zuverlässige Abschätzung der Biomasse innerhalb der Vegetationsperiode und des Ertrages zur Ernte für größere Agrarregionen besteht neben der Verfügbarkeit entsprechender dynamischer regional anwendbarer Modellansätze zur Abbildung der Biomasse- und Ertragsbildung hauptsächlich auch in der Verfügbarkeit entsprechender raumbezogener Inputinformationen für die Abarbeitung dieser Modelle in entsprechender Auflösung und Qualität. Das sind sowohl Informationen zur Landnutzung als Grundlage für eine Fruchtarten-Flächen-Zuordnung als auch flächenbezogene Informationen zum aktuellen Bodenzustand sowie zum Zustand der Pflanzenbestände selbst zum einen als Modellstartwerte und zum anderen auch als Grundlage für eine operative meßdatengetriebene Korrektur/Anpassung der Modellzustandsvariablen. Diese Daten können in ihrer flächenbezogenen Vollständigkeit nur aus Ist-Zustand beschreibenden Fernerkundungsdaten abgeleitet werden, da weder Befragungen noch Statistiken vollständige und schon gar nicht operative Zustandsdaten liefern können.

Gegenwärtig werden Fernerkundungsdaten des Satelliten Landsat-TM bereits europaweit zur Verfügung gestellt. Dabei beträgt die Auflösung 30 x 30 m. Im Zuge fortschreitender Technologie-Entwicklungen neuer Satelliten und neuer Sensoren werden noch weitaus höher auflösende Systeme geschaffen. Aus den dabei z.B. bereitgestellten Hyperspektral-Fernerkundungsdaten (HyMap™-Daten) lassen sich unter anderem auch räumlich hochaufgelösten Informationen zu Bodenwasserzustand, Fruchtart, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), Bedeckungsgrad, LAI (Leaf Area Index), Vitalität und Entwicklungszustand des Bestandes ableiten, die dann für eine weitere Nutzung zur Verfügung stehen.

Im Rahmen des umfangreichen vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) finanzierten Pilotprojektes **ProSmart** (Produktentwicklung, Systematic Market Development Approach for Remote Sensing Techniques) wurden deshalb gemeinsam mit Industrie- und Praxispartnern die potenziellen Anwendungsgebiete dieser zukünftigen Satelliten, bestückt mit einer neuen Sensorgeneration, untersucht. Im Rahmen des Teilprojektes **STEAP** (Simulation Tool for the Evaluation of Agricultural Productivity) (WEGEHENKEL ET AL., 1999) wurde dabei durch das Institut für Landschaftssystemanalyse des ZALF Müncheberg untersucht, welche

neuen Möglichkeiten sich dabei speziell für die Landwirtschaft aufzun. Ziel innerhalb des STEAP-Vorhabens war es, ein Verfahren zur regionalen Abschätzung des aktuellen Biomasse- und Ertragsniveaus von Kulturpflanzenbeständen auf Agrarflächen unter kombinierter Verwendung von HyMapTM-Daten und regional anwendbaren Biomasse- und Ertragsbildungsmodellen zu konzipieren und sich daraus ergebende Möglichkeiten und Grenzen herauszuarbeiten. Beispielhaft soll dies in diesem Beitrag für eine Region aus dem Untersuchungsgebiet des ZALF in der Uckermark für die Fruchtarten Winterweizen und Zuckerrüben, stellvertretend für Getreide und Hackfrüchte, vorgestellt und diskutiert werden.

2 Datengrundlage

Grundlage für die räumliche Abschätzung bildet ein ca. 65 km² großer, westlich von Dedelow gelegener Untersuchungsraum in der Uckermark, den sieben landwirtschaftliche Betriebe bewirtschaften. Im Anbaujahr 1999 wurden in diesem Untersuchungsraum auf 38,6% der landwirtschaftlichen Anbaufläche Winterweizen und auf 7,4% der Fläche Zuckerrüben angebaut. Für das gesamte Gebiet wurden im Rahmen des ProSmart-Projektes zu zwei Überfliegungsterminen (06. Mai 1999, 20. Juni 1999) geometrisch entzerrte, geokodierte HyMapTM-Daten des optischen HyMapTM-Scanners zur Erfassung und Bereitstellung von räumlich hochaufgelösten Informationen zu Fruchtart und Bedeckungsgrad, abgeleitet aus dem Vegetationsindex, der aktuellen Kulturpflanzenbestände zur Verfügung gestellt. Neben den Fernerkundungsdaten bilden auch regionale Informationen aus digitalen Bodenkarten (MMK (Mittellaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung) (BGR 1994)), zum Agromanagement (Betriebserhebungen) sowie zur Witterung (Temperatur, Niederschlag, Globalstrahlung, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit), gemessen durch die meteorologische Station der ZALF-Forschungsstation Landwirtschaft Dedelow, die notwendige Datengrundlage für ein regional anwendbares dynamisches Ertragsmodell.

3 Modell-GIS-Kopplung

Grundlage für die regionale Abschätzung der aktuellen Biomasse- und Ertragspotentiale für Winterweizen und Zuckerrüben im Untersuchungsraum bilden die den Pflanzenbestand auf Schlägebene abbildenden dynamischen Biomasse- und Ertragsbildungsmodelle AGROSIM-WW und AGROSIM-ZR aus der im ZALF Müncheberg entwickelten Agroökosystem-Modellfamilie AGROSIM (Agroecosystem Simulation). Eine detaillierte Beschreibung dieser Modelle ist bei MIRSCHIEL ET AL. (1995a) bzw. MIRSCHIEL & FÖRKELE (1995b) zu finden. Die Einbindung der AGROSIM-Modelle in eine Modell-GIS-Struktur zur Nutzung der für die regionalen Berechnungen notwendigen den Boden, das Wetter und die aus den Fernerkundungsdaten abgeleitete Landnutzung betreffenden Flächeninformationen ist genau wie die in diese Struktur integrierte digitale Darstellung der regionalisierten Ergebnisse der Biomasse- und Ertragsabschätzungen in Abbildung 1 wiedergegeben. Dabei erfolgt die Kopplung zwischen den einzelnen Blöcken in der Regel über Daten-Schnittstellen.

4 Ergebnisse und Diskussion

Alle mit den AGROSIM-Modellen zum Zeitpunkt der Ernte 1999 abgeschätzten Erträge von Winterweizen (Kornertrag bei 14% Feuchte) sowie Zuckerrüben (Rübenkörper-Trockenmasse) sind für das Überfliegungsgebiet räumlich verteilt in Abbildung 2 dargestellt. Die schlagweise mit AGROSIM berechneten Erträge wurden mit den betriebsbezogenen erzielten Erträgen verglichen. Die dabei relativ zum Realertrag berechnete Abweichung zwischen der Ertragsmessung auf den Praxisschlägen und der regionalen modellgestützten Ertragsschätzung ist für alle Schläge < 20%. Bei Winterweizen weisen 81% der Schläge eine Abweichung von < 10% auf und noch 61% der Schläge zeigen eine Abweichung von < 5%.

Dies bedeutet im Mittel über alle Winterweizenschläge eine Abweichung von 5,6%. Bei den Zuckerrüben beträgt die Abweichung 4,2%. Grundlage dabei ist die Kenntnis des realen schlagbezogenen Agromanagements in den Betrieben (Vorfrucht, Aussaat- und Erntetermin, Sorte, Zeitpunkt und Höhe der N-Düngung). Liegen solche Informationen zum Agromanagement jedoch nicht vor, sondern muss von einem für die Region üblichen mittleren Agromanagement ausgegangen werden, sind die Abweichungen zwischen Ertragsmessung und regionaler Ertragschätzung größer. Bei Winterweizen weisen nur noch 87% der Schläge eine Abweichung < 20% auf und nur noch 45% der Schläge eine Abweichung < 5%.

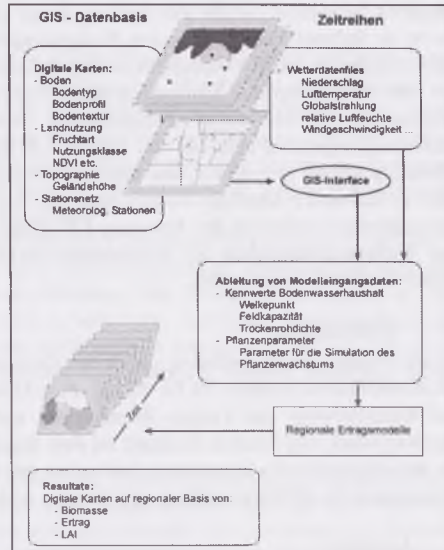


Abb. 1: Modell-GIS-Struktur zur regionalen Abschätzung von aktuellen und potentiellen Biomasse- und Ertragsniveaus (nach WEGEHENKEL ET AL. 1999, modifiziert)



Abb. 2: Regionale Verteilung der mit den AGROSIM-Modellen für 1999 abgeschätzten Winterweizen- und Zuckerrüben-Erträge im Untersuchungsraum (WEGEHENKEL ET AL., 1999)

Für eine regionale Abschätzung von Biomasse und Ertrag mit Ertragsmodellen ist eine aus Fernerkundungsdaten abgeleitete Landnutzungsklassifikation (Flächen-Fruchtart-Zuordnung) unabdingbare Voraussetzung. Daß auf dem Gebiet der automatischen Fruchtarterkennung nur aus HyMap™-Fernerkundungsdaten schon gute Ergebnisse erzielbar sind, geht daraus hervor, daß z.B. bei Winterweizen im Rahmen des Projektes STEAP 85% der Schläge richtig klassifiziert wurden. Hinsichtlich der gesamten Fruchtartpalette besteht hierbei aber noch ein großer Forschungsbedarf. Werden die Ergebnisse der Klassifizierung noch mit *ground-truth*-Informationen verschnitten, läßt sich die Trefferquote noch wesentlich verbessern.

Da die Ableitung von pflanzenbestandsbezogenen Zustandsgrößen (NDVI, LAI, Biomasse) aus Fernerkundungs- und damit auch aus HyMap™-Daten nur für einige Größen und dabei nur in Abhängigkeit von der Güte der zur Verfügung stehenden Referenzdaten mit begrenzter Genauigkeit möglich ist, ist die Verwendung dieser abgeleiteten Größen als Start- bzw. Kontrollwerte im Rahmen von dynamischen Ertragsmodellen bzw. Agroökosystemmodellen aufgrund der Komplexität solcher Modelle nicht unproblematisch. Die Schwierigkeiten liegen darin, daß für alle modellinternen Zustandsvariablen Startwerte bzw. bei einer operativen Korrektur/Rückführung des Modells entsprechende Prozeßzustandsdaten bereitstehen müssen, aus Fernerkundungsdaten aber nur ein kleiner Teil der notwendigen Daten für die Boden- und Pflanzenprozesse mit schwer abschätzbarer Genauigkeit ableitbar ist. In dieser Richtung besteht im Rahmen zukünftiger Forschungen auf dem Gebiet der Fernerkundung dringender Forschungsbedarf, wobei bei der Ableitung z.B. neuer Vegetationsindizes aufgrund der notwendigen Wetterunabhängigkeit der Schwerpunkt nicht auf den optischen, sondern mehr auf den Radar-Verfahren liegen sollte.

5 Danksagung

Dieses Projekt wurde gefördert durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR-Förderkennzeichen: 50 EE 9816), dem Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg und dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Gedankt sei dem Servicepartner Dornier Satellitensysteme GmbH für die vertrauensvolle Zusammenarbeit sowie den Landwirten und Betriebsleitern im Untersuchungsraum für die Bereitstellung von Ertrags- und Managementdaten.

6 Literatur

- BGR (1994): Ergebnisse der Aufbereitung von Daten der Mittelmaßstäblichen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) der ehemaligen DDR für länderübergreifenden Bodenschutz. -BGR (Aussenstelle Berlin).
- MIRSCHEL, W.; POMMERENING, J.; WENKEL, K.-O. (1995a): Pflanzenwachstumsmodelle für Winterroggen und Wintergerste (AGROSIM-WR, AGROSIM-WG). In: WENKEL, K.-O.; MIRSCHEL, W. [Hrsg]: Agroökosystemmodellierung - Grundlage für die Abschätzung von Auswirkungen möglicher Landnutzungs- und Klimaänderungen. - ZALF-Bericht 24: 88-132.
- MIRSCHEL, W.; FÖRKEL, H. (1995b): Wachstumsmodell für Zuckerrüben unter Berücksichtigung von Wasserstreß (AGROSIM-ZR). In: WENKEL, K.-O.; MIRSCHEL, W.; [Hrsg]: Agroökosystemmodellierung - Grundlage für die Abschätzung von Auswirkungen möglicher Landnutzungs- und Klimaänderungen. ZALF-Bericht 24: 133-154.
- WEGEHENKEL, M.; BROZIO, S.; MIRSCHEL, W.; PRIETZSCH, C.; ZBELL, B. (1999): Simulation Tool for the Evaluation of Agricultural Productivity (STEAP (Ertragspotential)). ProSmart-Forschungs-Endbericht (DLR-Förderkennzeichen: 50EE9816), DaimlerChrysler Aerospace, Dornier Satellitensysteme, Dok.No.: EB-DSS-REP-0001, 1999, S. 11/1 - 11/62.