

Einfluß unterschiedlicher Bodeninformationen auf die Ergebnisse von Ertragssimulation und modellbasierter Düngerbedarfsberechnung

KURT CHRISTIAN KERSEBAUM, MÜNCHEBERG

KARSTEN LORENZ, MÜNCHEBERG

Abstract

The availability of spatial soil information is an important prerequisite for site specific management. The example of a field shows the influence of different levels of soil information on the simulation of crop yield and nitrogen dynamics and its consequences for the model based estimation of fertiliser recommendations. Agreement between simulations and observations is decreasing if only standard soil information were used, because local soil properties of process relevance were not considered.

1 Einleitung und Problemstellung

Aufgrund der räumlichen Variabilität ertragsrelevanter Standorteigenschaften werden durch Düngung verabreichte Nährstoffe in unterschiedlicher Menge durch den Pflanzenbestand genutzt. Die technischen Entwicklungen im Bereich Precision Agriculture ermöglichen teilflächenspezifische Düngungsapplikationen, die eine höhere Effizienz durch standortangepasste Düngung versprechen. Bodeninformationen sind eine wesentliche Grundlage zur Abschätzung von ertragsbestimmenden Standorteigenschaften. Die Verfügbarkeit von flächenhaft vorliegenden Bodeninformationen ist somit eine wichtige Voraussetzung für ein teilflächenspezifisches Pflanzenmanagement. Für landwirtschaftlich genutzte Areale liegen derartige Informationen in Deutschland flächendeckend aus der Reichsbodenschätzung vor. Dabei stellt sich die Frage, ob die hieraus abzuleitenden Informationen für eine modellgestützte Abschätzung der räumlichen Ertragsvariabilität ausreichen bzw. welche Informationsdichte vorliegen muß, um eine bestimmte Qualität in der Aussage zu erhalten. Am Beispiel eines Schlates werden Simulationsrechnungen mit dem Modell HERMES zu Ertragsbildung und N-Dynamik auf der Basis von Bodeninformationen aus der Reichsbodenschätzung, aus einer speziellen Bodenkartierung auf Betriebsebene (sogenannte Hofbodenkarte) sowie mit Daten einer rasterorientierten Bodenuntersuchung durchgeführt und mit Messdaten verglichen. Ebenso werden die Konsequenzen für die hieraus vom Modell abgeleiteten Maßnahmen zur N-Düngung dargestellt.

2 Methodik

2.1 Eingangsdaten und Messungen zur Modellprüfung

Der beispielhaft dargestellte Untersuchungsstandort ist der Schlag "AUTOBAHN" in Bekum/Nordrhein-Westfalen, der im Zuge des Verbundprojektes "preagro" des BMBF über mehrere Jahre untersucht wird. Als Grundinformation liegen die Bodenkarten der Reichsbodenschätzung sowie die entsprechenden Profilbeschriebe der Grablöcher vor. Aus diesen Grundinformationen wurden für die Einheiten der Bodenkarte Repräsentativprofile unter Zuhilfenahme des Methodenpaketes DILAMO (REICHE ET AL., 1999) mit den benötigten Modellparametern erstellt.

Zusätzlich wurden im Zuge des Projektes sogenannte Hof-Bodenkarten durch eine Kartierung erstellt, die mit akzeptablem Aufwand zu einer besseren räumlichen Untergliederung und Untersetzung der Bodeninformationen und zur Ausgrenzung von "nFK-optimierten" Boden-

polygonen führen (LAMP ET AL., 2002). Auch hierfür wurden Repräsentativprofile für die einzelnen Kartierungspolygone ausgewiesen.

Als weitere Stufe wurde eine rasterorientierte Messung von Bodenkenngrößen sowie von zeitlich variablen Zustandsgrößen zur Modellüberprüfung vorgenommen. Die Bodenprobennahme erfolgte in einem sogenannten Standardraster bis in 90 cm Tiefe sowie in 2-4 Nestern mit engerer Maschenweite, die in das Standardraster eingehängt waren. Einzelne Bereiche des Standardrasters wurden durch Zwischenpunkte ergänzt, um Zwischenabstände für die geostatistische Analyse zu erhalten. Je Probenahmepunkt des Standardrasters wurden 5 Bohrungen zu einer Mischprobe vereint.

Die Bodenprobennahme diente der Erfassung der Anfangssituation der Mineralstickstoffverteilung auf dem Schlag sowie der Messung von langfristig stabilen Bodenzustandsgrößen (Textur, C_{org}), die als Grundlage für die Simulation notwendig sind. Die Ergebnisse der Texturanalyse werden zur Bestimmung der Texturklassen nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODENKUNDE, 1994) verwendet. Abb. 1 zeigt die auf den 3 unterschiedlichen Grundlagen basierenden Bodenkarten des Schlages.

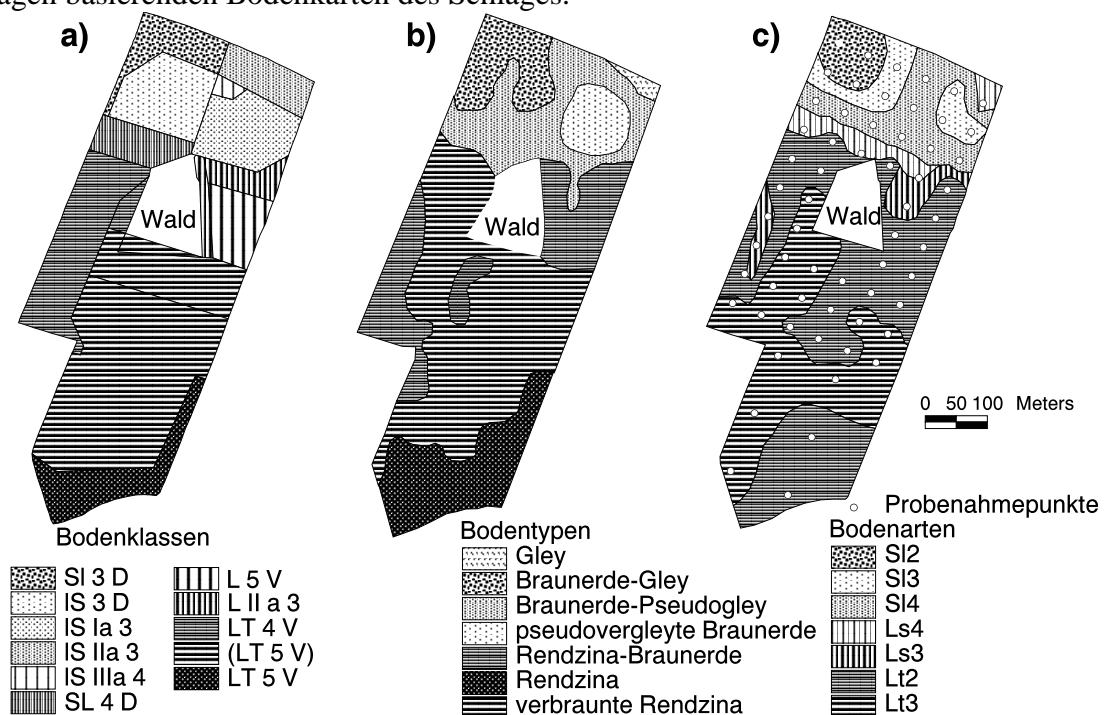


Abb. 1: Bodenkarten des Schlages Autobahn der a) Reichsbodenschätzung, b) Hof-Bodenkarte und c) Feinbodenarten aus Rasterbeprobung.

Die vom Modell aus der Textur abgeleiteten Parameter werden durch Lagerungsdichte, Grundwasserstand und Steingehalt modifiziert. Da hierzu nur sehr ungenaue Informationen vorliegen, werden diese Größen im Rahmen ihres Unsicherheitsbereiches im Hinblick auf eine bessere Anpassung der Modellergebnisse an den Einzelpunkten variiert.

Die Simulation erfolgt unter Verwendung der täglichen Witterungsdaten aus der automatisch aufzeichnenden Wetterstationen des Betriebes. Benötigt werden die tägliche Niederschlags-summe, die Tagesmitteltemperatur, Temperatur und relative Luftfeuchte um 14 Uhr sowie die Globalstrahlung.

Nach der Ernte werden an den Rasterpunkten der Untersuchungen zur vertikalen Verteilung des N_{min} -Gehaltes durchgeführt. Die Werte dienen zur Validierung der Modellrechnungen und als Indikator für die Effektivität der durchgeführten Düngungsmaßnahmen und das Nitratauswaschungspotential. Für die Validierung der Ertragssimulation werden die Rohdaten

der Ertragskartierung in einem 10m Radius um den jeweiligen Probenahmepunkt unter Ausschluß der Werte außerhalb der 2fachen Standardabweichung gemittelt.

2.2 Verwendetes Modell

Zur Simulation der Stickstoffdynamik und des Pflanzenwachstums wurde das Modell HERMES (KERSEBAUM, 1995) verwendet. Das Modell beschreibt auf der Basis täglicher Witterungsdaten den Wasserhaushalt des Bodens, die Netto-N-Mineralisation von organischer Bodensubstanz und eingebrachten Pflanzenresiduen, die Denitrifikation, den Transport von Nitrat in der Bodenlösung sowie das Wachstum und die N-Aufnahme durch Pflanzen. Das Pflanzenwachstumsmodell simuliert auf der Basis von Sonneneinstrahlung und Temperatur die tägliche Nettotrockenmassebildung und ihre Partitionierung auf die unterschiedlichen Pflanzenorgane. Wasser- und Stickstoffmangel reduzieren mittels Streßfunktionen das Wachstum. Detailliertere Darstellungen des Modellansatzes finden sich bei KERSEBAUM (1995) und KERSEBAUM ET AL. 2002. Die Ableitung von Düngungsempfehlungen durch das Modell HERMES erfolgt normalerweise durch eine zeitlich gestaffelte Prognoserechnung (KERSEBAUM & BEBLIK, 2001). Im vorliegenden Fall wurde eine nachträgliche Berechnung mit dem bekannten Witterungsverlauf durchgeführt.

Die Simulation wird für alle Probenahmepunkte separat mit dem jeweiligen Parametersatz und den dort gemessenen Anfangsbedingungen bzw. mit gemittelten Meßwerten und den Repräsentativprofilaten der Bodeneinheiten durchgeführt.

3 Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die räumliche Verteilung der simulierten Winterweizenerträge im Jahr 2000 auf der Basis der 3 unterschiedlichen Bodeninformationen im Vergleich mit der gemessenen Ertragskarte. Es zeigt sich, daß mit zunehmender Differenzierung der Bodeninformationen (von links nach rechts) eine zunehmend bessere Abbildung der gemessenen Ertragsverteilung einhergeht. Dies bewirkt im Mittel auch eine bessere Abschätzung der N-Aufnahme und der daraus resultierenden N_{\min} -Gehalte nach der Ernte.

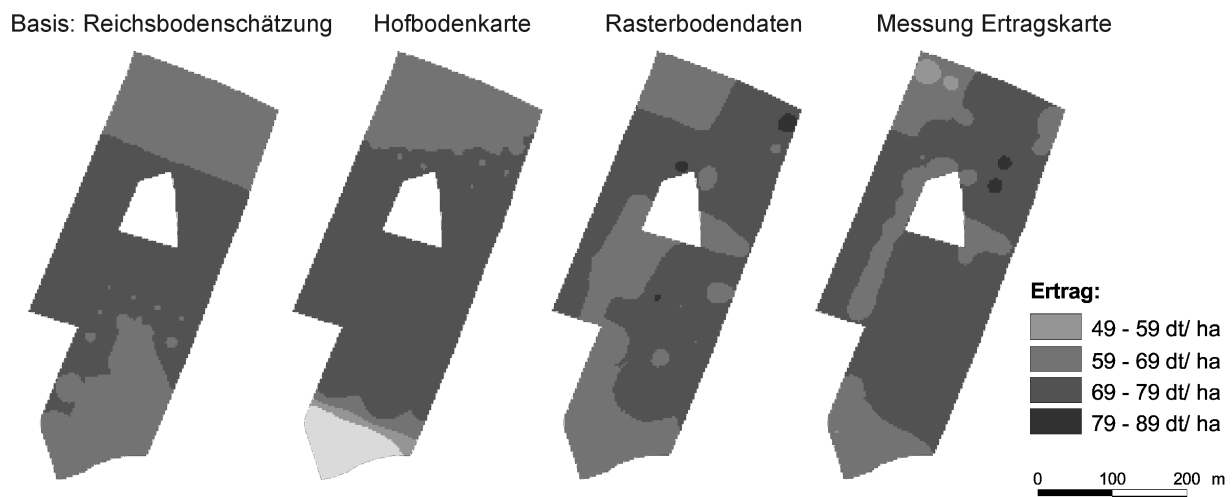


Abb. 2: Simulierte Ertragsverteilung von W.-Weizen im August 2000 bei unterschiedlicher Bodendatengrundlage im Vergleich mit der gemessenen Ertragskarte.

Die Unterschiede in der Ertragssimulation sowie der N-Dynamik zwischen den verschiedenen Datengrundlagen wirken sich entsprechend auf die N-Düngungsempfehlung aus, die ebenfalls mit dem Modell HERMES für die 3 Bodenkartentypen abgeleitet wurden. Abbildung 3

zeigt die aus der Simulation resultierenden zusammengefaßten Düngerempfehlungen für die Wachstumsperiode 2000 auf dem Schlag AUTOBAHN für die Varianten im Vergleich.

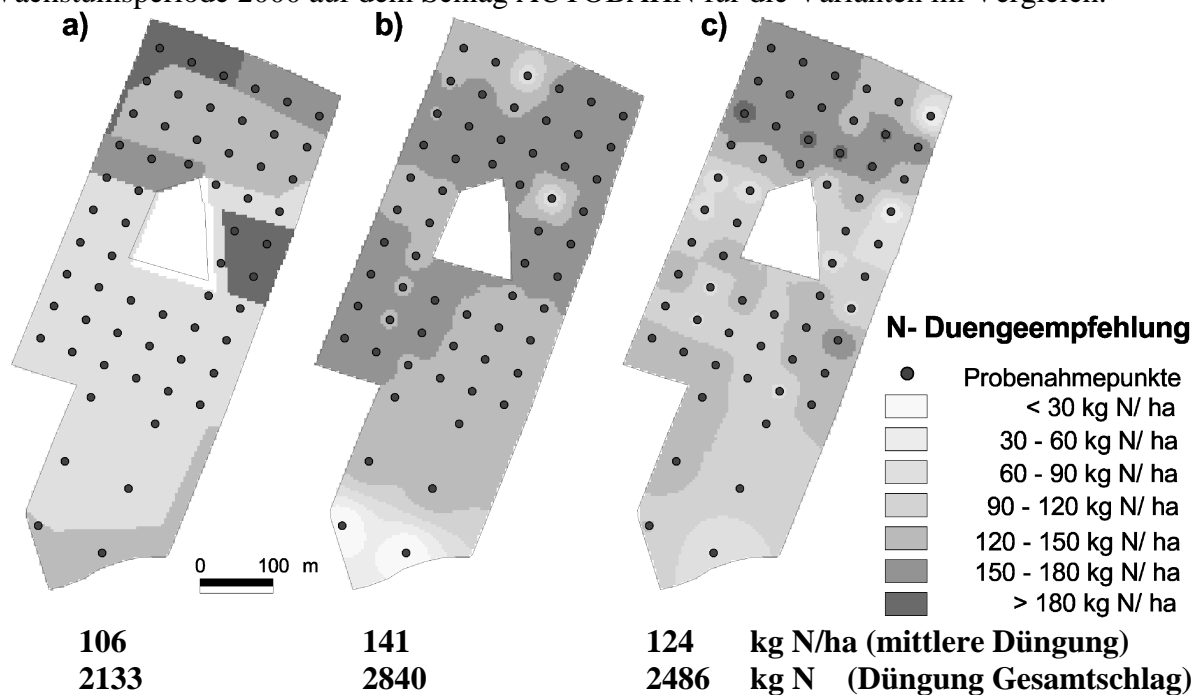


Abb. 3: Stickstoffdüngungsempfehlungen des Modells HERMES auf der Basis von a) Reichsbodenschätzungsdaten, b) Hofbodenkarte und c) Rasterdaten.

Nimmt man die Ergebnisse der rasterdatenbasierten Simulation auf Grund der besseren Anpassung an die gemessenen Werte als Referenz, ergibt sich für die Berechnung auf der Basis der Reichsbodenschätzung eine um durchschnittlich 18 kg N/ha zu geringe Düngung, bei Verwendung der Hofbodenkarte eine um 17 kg N/ha zu hohe Düngung. Diese Unterschiede sind zwar im Mittel relativ gering, auf einzelnen Teilflächen können aber durchaus Abweichungen von mehr als 80 kg N/ha auftreten.

Die Berechnungen zeigen, daß die Informationen aus Bodenkarten zum Teil nicht ausreichen, um die beobachteten räumlichen Muster durch eine prozessorientierte Simulation hinreichend gut zu beschreiben. Sie bedürfen zumindest der Ergänzung, um Besonderheiten, wie die im vorliegenden Beispiel nach Süden hin ansteigende Mergelschicht, berücksichtigen zu können.

4 Literatur

- AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 4. Auflage, Stuttgart. 392 S.
- KERSEBAUM, K. C. (1995): Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. *Ecological Modelling* **81**, 145 - 156.
- KERSEBAUM, K.C., & A. J. BEBLIK (2001): Performance of a nitrogen dynamics model applied to evaluate agricultural management practices. In: SHAFFER, M. J., L. MA & S. HANSEN (Eds.): Modeling carbon and nitrogen dynamics for soil management. Lewis Publishers, Boca Raton, 549 - 569.
- LAMP, J. , R. HERBST & G. REIMER (2002): Digitale Hofbodenkarten. In: Precision Agriculture. KTBL Sonderveröffentlichung 038, 35-52
- REICHE, E.-W., M. MEYER & I. DIBBERN (1999): Modelle als Bestandteile von Umweltinformationssystemen dargestellt am Beispiel des Methodenpaketes "DILAMO". In: BLASCHKE, T. (HRSG.): Umweltmonitoring und Umweltmodellierung, 131-141.

Danksagung: Wir danken dem BMBF für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten.