



Kapitel 2

Chapter 2

Boden und Relief

Soil and Terrain

2.1 Räumliche Variabilität von Boden- und Pflanzenbestandseigenschaften in landwirtschaftlich genutzten Flächen – Änigma oder Grundlage zur spezifischen Bewirtschaftung?

Ole Wendroth, Hannes I. Reuter, K. Christian Kersebaum, Peter Jürschik und Jürgen Schwarz

2.1.1 Einleitung

In landwirtschaftlich genutzten Flächen variieren Pflanzenerträge mitunter sehr stark. Dieses Phänomen ist auch dann zu beobachten, wenn Bodeneigenschaften nicht sehr stark variieren und die Pflanzenbestände räumlich homogen bewirtschaftet werden. Lokal kann die räumliche Variation von Pflanzenerträgen mit Unterversorgung des Bestandes einerseits und mit unerwünschten Nährstoffverlusten und Austrägen in das Grundwasser andererseits einhergehen. Um aus diesem Grund Nährstoffe, insbesondere Stickstoff bedarfsgerecht innerhalb von Ackerflächen zu verteilen, ist es erforderlich, die räumlichen Prozesse, die der Ertragsbildung zugrunde liegen und ihre zeitliche Dynamik zu verstehen. Gegenwärtig werden räumlich differenzierte Düngeempfehlungen aufgrund vorhandener Bodeninformationen ermittelt (Wenkel et al., 2001). Die räumliche Ertragsvariabilität innerhalb eines Schrages kann in aufeinander folgenden Jahren sehr unterschiedlich ausgeprägt sein (Stafford, 1999). Die Ertragskarte des Vorjahres als Grundlage für Düngeempfehlungen kommt daher nicht ohne weiteres in Frage. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass die Bestandesentwicklung insbesondere von der gegenwärtigen und der saisonalen Witterung beeinflusst wird. Dabei wird ein räumliches Verhalten hervorgerufen, für dessen Beschreibung die eher statischen Bodenkenngrößen nicht geeignet sind.

Um zur Aufklärung dieser Problematik beitragen zu können, wurde im Jahr 1997 im Rahmen des Projektes MOSAIK ein langfristiges Untersuchungsprogramm begonnen, in dem zum einen die räumliche Dynamik von Pflanzenerträgen durch deterministische Modellierung der Biomasseentwicklung sowie der Stickstoff- und Bodenwasserdynamik beschrieben werden soll. Zum anderen wird die räumliche Assoziierung von Boden-, Landschafts- und Bestandesmerkmalen mit räumlich und zeitlich basierten statistischen Verfahren untersucht, um daraus geeignete Algorithmen zur Ertragsvorhersage abzuleiten.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, den Zusammenhang zwischen verschiedenen Bodenkenngrößen, die allgemein als Träger wichtiger ökologischer Funktionen anerkannt sind, und der Variabilität von Pflanzenerträgen zu untersuchen. Die als „klassisch“ bezeichneten Kenngrößen sollen einem Vektor von Variablen gegenübergestellt werden, der aktuelle Zustände widerspiegelt, die sich, über mehrere Jahre betrachtet, als sehr dynamisch erweisen können. Die „klassische“ Gruppe von Variablen zeigt mitunter eine ausgeprägte räumliche Variabilität innerhalb der untersuchten Ackerflächen, ist aber zeitlich eher als statisch anzusehen. Demgegenüber werden in einer anderen Gruppe von Variablen aktuelle Boden- und Pflanzenzustände erhoben, die hier als „Statusinformation“ bezeichnet werden. Mit den Variablen dieser Gruppe werden diejenigen Prozesse integrierend erhoben, die bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt das räumliche Verteilungsmuster verursacht haben. Inwieweit eine derartige Information zur Beschreibung und zur Vorhersage der Ertragsverteilung beitragen kann, soll untersucht werden.

2.1.2 Methode

Die untersuchten Ackerschläge befinden sich im sächsischen Lüttewitz, Landkreis Döbeln und gehören zum landwirtschaftlichen Betrieb der Südzucker AG. Der dieser Untersuchung zugrunde liegende Ackerschlag ist ca. 20 ha groß. Der an diesem Standort vorherrschende Bodentyp ist als Parabraunerde klassifiziert. Über den untersuchten Schlag wurde ein 15 x 15 Punkte-Raster mit einem Abstand von 28,8 m gelegt. Im Versuchsjahr 1998 wurde auf dem Schlag Sommergerste angebaut. Im Jahr zuvor stand auf dem Schlag Triticale. Kornerträge wurden mit einem CLAAS-Ertragsmesssystem bestimmt und räumlich auf die Rasterpunkte aggregiert. Aus Fernerkundungsaufnahmen wurde der NDVI (Baret, 1995) erhoben. An den Rastermittelpunkten wurde der gravimetrische Wassergehalt in 0 - 10 cm ermittelt. Ebenfalls wurden Textur in 0 - 30, 30 - 60 und 60 - 90 cm sowie der C_{org} -Gehalt an jedem zweiten Rasterpunkt, also in 57,6 m Auflösung untersucht.

Mit dem Simulationsmodell HERMES (Kersebaum, 1995) wurden die zeitliche Veränderung der räumlich differenzierten Biomassebildung und die N-Dynamik in Boden und Pflanze berechnet (Kersebaum et al., 2002). Der simulierte N-Status in der Biomasse wurde als State-Variable in den Vektor für Sensorinformation aufgenommen. Der Auswahl dieser Variablen liegt die Annahme zugrunde, dass demnächst Sensoren zur Bestimmung des N-Versorgungszustandes der Biomasse zur Verfügung stehen werden. Das HERMES-Modell wurde für die Berechnungen nicht kalibriert. Wie bei Reuter et al. (2001) beschrieben, wurde die mittlere monatliche Sonneneinstrahlung auf der Basis eines durch Laserscan bestimmten Höhenmodells für jeden der genannten Rasterpunkte als räumliche Eingabegröße berechnet.

Zur Beschreibung der räumlichen Ertragsverläufe wurde ein mit dem Kalman-Filter kombiniertes autoregressives Modell, ein sog. State-space-Modell angewandt. Einzelheiten zu dieser Analyse sind bei Morkoc et al. (1985), Shumway (1988), Nielsen et al. (1994) und Wendroth et al. (2001) beschrieben.

2.1.3 Ergebnisse

In der klassischen Korrelationsanalyse zeigen NDVI, Ertragsverteilung des Vorjahres, mittlere Sonneneinstrahlung sowie Pflanzen-N-Status den engsten räumlichen Zusammenhang zur Ertragsverteilung der Sommergerste. Dieses Resultat weicht von den Ergebnissen, die mit der State-space-Analyse erzielt werden, ab. Aus dieser Analyse gehen die Sonneneinstrahlung, NDVI und C_{org} als diejenigen räumlichen Prozesse hervor, die am engsten mit der Ertragsverteilung assoziiert sind. In mehreren Szenarien wird der „klassische“ Vektor mit dem der „Sensorinformation“ mit Hilfe der multivariaten State-space-Analyse verglichen. Dabei wird auch die räumliche Informationsdichte variiert. Generell führt die „Sensorinformation“ zu einer genaueren Beschreibung der räumlichen Ertragsvariabilität.

Mit der resultierenden Matrix von Transferkoeffizienten wird der räumliche Ertragsprozess vorhergesagt. Dazu wird lediglich ein Startwert gegeben. Der stochastische Filterschritt mit der Gewichtung von Messung und Vorhersage ist bei dieser Analyse ausgeschlossen. Der räumliche Ertragsverlauf lässt sich aus den „Sensorinformationen“ mit höherer Genauigkeit als aus der „klassischen“ Information vorhersagen.

Dieses Ergebnis ist gültig für die vorliegenden Standortverhältnisse, in denen die Bodenvariabilität als vergleichsweise gering einzustufen ist. Ferner ist die Relevanz der Bodeninformation als skalenabhängig zu betrachten, was ihre Eignung als Grundlage für die Ertragsvorhersage innerhalb von Praxisschlägen einschränken kann.

2.1.4 Literatur

- Baret, F., 1995. Use of spectral reflectance variation to retrieve canopy biophysical characteristics. In: Danson, F.M., and Plummer, S.E. (eds.), *Advances in environmental remote sensing*. Wiley and Sons, New York, pp. 33-51.
- Gallant, J.C., Wilson, J.P., 1996. TAPESG: A terrain analysis program for the environmental sciences. *Computers and Geosciences* 22, 713-722.
- Kersebaum, K.C., 1995. Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. *Ecological Modelling* 81, 145-156.
- Kersebaum, K.C., Reuter, H.I., Lorenz, K., Wendroth, O., 2002. Modeling crop growth and nitrogen dynamics for advisory purposes regarding spatial variability. In: L.R. Ahuja (Ed.), *Agricultural System Models in Field Research and Technology Transfer*. CRC Press. Boca Raton, FL (*in print*), pp. 227-250.
- Morkoc, F., Biggar, J.W., Nielsen, D.R., Rolston, D.E., 1985. Analysis of soil water content and temperature using state-space approach. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 798-803.
- Nielsen, D.R., Katul, G.G., Wendroth, O., Folegatti, M.V., Parlange, M.B., 1994. State-space approaches to estimate soil physical properties from field measurements. *Proc. 15th Conf. ISSS, Vol. 2a*, 61-85.
- Reuter, H.I., Wendroth, O., Kersebaum, K.C., Schwarz, J., 2001. Solar radiation modelling for precision farming – a feasible approach for better understanding variability of crop production. In: Grenier, G., Blackmore, S. (Eds.). *ECPA 2001. Proc. 3rd Europ. Conf. Prec. Agric. Montpellier, France*, pp. 845-850.
- Shumway, R.H., 1988. *Applied statistical time series analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 379p.
- Stafford, J.V., 1999. An investigation into the within-field spatial variability of grain quality. In: Stafford, J.V. (ed.) *Precision agriculture, Proc. 2nd European Conf. On Precision Agriculture*, Odense, Denmark, Sheffield Academic Press, UK, pp. 353-361.
- Wendroth, O., Jürschik, P., Kersebaum, K.C., Reuter, H.I., Van Kessel, C., Nielsen, D.R., 2001. Identifying, understanding, and describing spatial processes in agricultural landscapes - four case studies. *Soil Till. Res.* 58, 113-128.
- Wenkel, K.O., Brozio, S., Gebbers, R.I.B., Kersebaum, K.C., Lorenz, K. 2001. Development and evaluation of different methods for site-specific nitrogen fertilization of winter wheat. In: Grenier, G., Blackmore, S. (Eds.). *ECPA 2001. Proc. 3rd Europ. Conf. Prec. Agric. Montpellier, France*, pp. 743- 748.

Danksagung

Frau Antje Giebel und den Herren Norbert Wypler und Michael Heisig danken wir für die technische Mitarbeit. Außerdem danken wir der Südzucker AG, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Agrocom und den Amazonen-Werken für die Förderung dieses Projektes.

