

FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSysteme MÜNCHEN (FAM)

Erfassung, Prognose und Bewertung nutzungsbedingter
Veränderungen in Agrarökosystemen und deren Umwelt

Tagungsband des Statusseminars 27. – 29. November 2002

FAM-Bericht 55

Herausgeber:

P. Schröder, B. Huber, J.C. Munch (GSF)

GSF-Forschungszentrum Technische Universität
für Umwelt und Gesundheit München/Weihenstephan

November 2002

Teilflächenspezifischer Wasser- und Stickstoffhaushalt

Urs Schmidhalter¹, Regine Duda¹, Reinhold Gutser¹, Thomas Ebertseder¹,
Kurt Heil¹, Georg Gerl²

¹Technische Universität München, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Am Hochanger 2,
D-85354 Freising

²Forschungsverbund Agrarökosysteme München, Prielhof 1, D-85298 Scheyern

1. Zusammenfassung

Die Landbewirtschaftung lässt sich ökologisch und ökonomisch verbessern bei einer differenzierten teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. Dies erfordert die Entwicklung von Methoden zum Erkennen von Standortunterschieden und Wachstumszuständen, die Bewertung der Heterogenität und die Entwicklung von teilflächenspezifischen Managementstrategien vor allem auch bei langjähriger Betrachtung. Methoden zur vereinfachten Erkennung der Standortheterogenität und von Unterschieden in der Biomasse, in der Stickstoffaufnahme und im Ertrag wurden entwickelt. Basierend auf diesen Methoden wurden teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen durchgeführt, die Umweltvorteile bei gleichbleibenden Erträgen erkennen lassen.

2. Einleitung

Eine flächeneinheitliche Bewirtschaftung trägt den standörtlichen Gegebenheiten innerhalb eines Schrages und den dort auftretenden Unterschieden im Pflanzenwachstum nicht Rechnung. Damit werden standörtliche Ertragspotenziale und Umweltvorteile nicht genügend ausgenutzt.

Lässt sich die Bewirtschaftung optimieren durch eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung? Führt teilflächenspezifische Bewirtschaftung zu einer Steigerung der Produktivität und ermöglicht sie, Ressourcen einzusparen bei verminderter Erträgen in die Umwelt? Zur Beantwortung dieser Fragen war es erforderlich, Methoden zur vereinfachten Ableitung von Standortunterschieden und Wachstumszuständen zu entwickeln. Die Charakterisierung der Heterogenität wiederum ermöglicht es teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen zu formulieren. Die standörtliche Produktivität auf dem Einzelschlag wird wesentlich durch das Angebot an Stickstoff und Wasser bestimmt und im tertiären Hügelland auch durch das Relief geprägt. Standortunterschiede sind ausgeprägt, aber auf der Schlägebene eher kleinräumig anzutreffen. Das komplexe Wechselspiel zwischen Standort und Klima erhöht die Anforderungen für die Umsetzung von standortangepassten Maßnahmen in Naturräumen wie dem tertiären Hügelland in besonderem Maße.

Das relativ stabile Ertragsmuster auf verschiedenen Standorten in Scheyern kann überwiegend auf die Wasserverfügbarkeit während der Vegetation zurückgeführt werden. Für die Entwicklung von geeigneten teilflächenspezifischen Strategien bedarf es eines Parameters, der die standortspezifische Wasserverfügbarkeit während der Vegetation beschreibt.

In den Bereichen, in denen die Wasserverfügbarkeit das Wachstum und den Ertrag begrenzt, kann eine suboptimale N-Düngerausnutzung zu einer erhöhten Nitratauswaschung nach der Ernte führen. In der teilflächenspezifischen Bewirt-

schaftung versucht man, die N-Düngung der standortspezifischen Wasserverfügbarkeit anzupassen mit dem Ziel die Nitratauswaschung zu reduzieren.

3. Ergebnisse

Charakterisierung von Standortunterschieden

Geophysikalische Grundlagenuntersuchungen zur kleinräumigen Erfassung von Textur und Wassergehalt ermöglichten es ein detailliertes Abbild dieser Parameter in Scheyern zu erhalten (Schmidhalter et al., 2001). Für diesen Standort konnten sehr enge Beziehungen zwischen der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit und diesen Parametern im Felde erarbeitet werden. Detaillierte Informationen sind im Teilprojekt LT1 beschrieben (Heil et al., 2001).

Durch Übertragung der Prinzipien eines in der Fernerkundung entwickelten bioindikativen Ansatzes (Selige et al., 2001) konnte gezeigt werden, dass sich Standortunterschiede auch durch **terrestrische spektrale, reflexionsbasierte Messungen** in der Abreife von Getreidepflanzen charakterisieren lassen (Schmidhalter et al., 2001). Das terrestrische Messsystem ist flexibel einsetzbar und erlaubt dank der geringen Beeinflussbarkeit durch atmosphärische Störungen sehr viel häufigere Messungen als durch Fernerkundung.

Teilflächenspezifischer Wasserhaushalt der Pflanzen

Die Transpirationsleistung von Pflanzen steht in enger Beziehung zur Ertragsleistung. Diese bioindikativen Ansätze erlauben es auch Standortunterschiede zu charakterisieren und die Ertragsleistung auf diesen Standorten aufzuzeigen. Es wurden drei Ansätze untersucht zur Quantifizierung von Standortunterschieden auf dem Schlag und ihrer Beziehung zur Ertragsleistung (Duda et al., 2001). Kleinräumige Standortunterschiede und ihre Beziehung zur Biomasse lassen sich beschreiben durch die Beziehung zwischen dem Bodenmatrixpotential in 40 cm Tiefe und dem Wasserpotenzial der Pflanzen.

Mit der in den Pflanzen gemessenen Siliciumaufnahme kann integrativ die Wasseraufnahme beschrieben werden. Zur Abgrenzung von Standorten sind Unterschiede in der Transpiration von 50-100 mm erforderlich sowie die räumlich aufgelöste Tiefenverteilung des Siliciumgehaltes in der Bodenlösung und die räumliche und zeitliche Aufnahme von Silicium durch die Pflanzen.

Standortunterschiede und Ertragsleistung der Pflanzen konnten insbesondere auch durch porometrische Untersuchungen der Transpirationsleistung im Verlauf der Vegetation beschrieben werden.

Teilflächenspezifischer Biomassezustand, Ertragsleistung und Stickstoffaufnahme

Mit spektralen, schlepperassistierten Reflexionsmessungen kann die Biomasse, der Stickstoffgehalt und die Stickstoffaufnahme bei kleinkörnigen Getreide ab BBCH 32 verlässlich erfasst werden. Die Güte der Messungen konnten laufend verbessert werden und die Skala der ground-truth Erfassung in Übereinstimmung gebracht werden mit den real im Feld erfassten spektralen Flächenmessungen. Mit wenigen gezielten Erhebungen lässt sich die Biomasse und die Stickstoffaufnahme absolut beschreiben.

Während der Abreife von Getreide durchgeführte Messungen erlauben es die relativen Erträge vorherzusagen und stellen eine alternative Methode zur gängigen Erfassung mit Ertragsfassungssystemen in Mähdruschern dar (Schmidhalter et al., 2001).

Teilflächenspezifische Nitratauswaschung

Begleitend zu teilflächenspezifisch innerhalb von Streifenversuchsanlagen durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden detaillierte Erhebungen des Nmin-Status der Böden während und nach der Vegetation und der Abfuhr durch Bilanzierungen des Stickstoffeinsatzes durch die Düngung und der Abfuhr durch die Ernteprodukte geben Auskunft über die Stickstoffeffizienz. Eine kausale Betrachtung allfälliger Verluste und Verlustpfade lässt sich dadurch nicht erreichen. Stickstoffflüsse im Boden lassen sich basierend allein auf regelmäßigen Erhebungen des punktuell gemessenen Nitratsickstoffstatus nicht beschreiben. Im terrären Hügelland wird dies zudem noch kompliziert durch nicht bekannte laterale Zu- und Abflüsse. Als Approximation der möglichen Nitratlagerung wurde flächendeckend und teilflächenspezifisch der Einsatz von Chlorid als konservativem Tracer und damit auch der Wasserbewegung getestet. Chlorid ermöglicht kein Abbild der Stickstoffumsätze, kann hingegen insbesondere im Herbst und Winter verlässlich genau die Stickstofflagerung beschreiben. Im Gegensatz zu Nitrat kann eine eindeutige Massenbilanzierung des Ein- und Austrags durchgeführt werden.

Die Güte der durchgeführten Untersuchungen konnte schrittweise verbessert werden. Von besonderer Bedeutung erwies sich dabei die Intensität der räumlichen Beprobung, der versuchsstechnisch Grenzen gesetzt sind. Da der Nachweis von relativ kleinen Unterschieden in der Düngung bis etwa 30 kg N angestrebt wird, ist dies ein äußerst schwieriges Unterfangen in reliefertem Gelände. Die Erfahrungen der ersten drei Jahre zeigen, dass sich teilflächenspezifische Bewirtschaftungsunterschiede im allgemeinen nicht standortbezogen für die teilflächenspezifische und die flächeneinheitliche Bewirtschaftung aufzeigen lassen. Die Werte können jedoch ein schlüssiges Bild der schlagspezifischen Nitratauswaschung wiedergeben. Ergebnisse des vierten Jahres deuten an, dass bei gleichbleibender Ertragsleistung eine verringerte Nitratauswaschung im teilflächenspezifischen Verfahren resultiert.

Managementmaßnahmen zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung

Während bis anhin technische Entwicklungen im Vordergrund standen, was auch dazu beitrug, dass Technik und die Umsetzung pflanzenbaulicher Maßnahmen häufig fälschlicherweise gleichgesetzt wurden, ist in den letzten Jahren deutlich geworden, dass wesentliche Kernkompetenzen in der pflanzenbaulichen Ausgestaltung von Bewirtschaftungsmaßnahmen bereit gestellt werden müssen. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden schrittweise teilflächenspezifische pflanzenbauliche Maßnahmen weiterentwickelt und untersucht. Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen von Streifenversuchen unter spezifischer Berücksichtigung des Standortes. Diese wurden ergänzt mit Echtzeiterfassungen von Vegetationszuständen. Während anfänglich neben reinen mapping-Ansätzen on-line Ansätze überprüft wurden, wurde in den letzten zwei Jahren vermehrt die Kombination eines mapping mit einem on-line Ansatz vergleichend mit einem flächeneinheitlichen Verfahren untersucht. Die Versuchsverfahren beinhalteten eine Variation der Stickstoffdüngung bei Winterweizen und Kartoffeln sowie eine Variation der Saatstärke bei Mais. Die Kernphilosophien, die entwickelt wurden, beinhalteten eine Reduktion der Inputs auf den ertragschwächeren Standorten und eine Erhöhung der Inputs im Sinne einer Umverteilung auf den ertragsstärkeren Standorten. Zum Teil wurden auch die Inputs auf ertragsstarken, kolluvialen Standorten zurückgeführt. Erhöhungen der Inputs auf den

ertragsstärkeren Standorten haben zu einer besseren Ausnutzung der dort vorfindbaren Ertragspotenziale beigetragen und zu kleineren Einbussen auf den ertragsgeschwächeren. Bei insgesamt etwa vergleichbarer oder reduzierter N-Düngung lassen sich positive Umweltwirkungen erwarten. Dies wird durch die Ergebnisse in 2001 und 2002 verdeutlicht.

4. Diskussion

Die in diesem Teilprojekt durchgeführten methodischen Arbeiten haben zu einer wesentlichen Weiterentwicklung in der vereinfachten flächigen Erfassung von Standortunterschieden und Biomassezuständen beigetragen. Damit stehen wertvolle Instrumente als Basis für den nächsten Schritt die Ableitung von teilflächenspezifisch differenzierten Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Verfügung. Die intensiven durchgeführten Arbeiten zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung zeigen Möglichkeiten in der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung auf, weisen andererseits auch auf gewisse Grenzen der implementierten Maßnahmen auf. Die eher kleinräumig strukturierte Heterogenität der Schläge in Scheyern und die komplexe Landschaftsausgestaltung ermöglichen jedoch die Aussage, dass erfolgreiche Maßnahmen ein deutlich höheres Potenzial in auf der Schlagenebene stärker strukturierten agrarischen Landschaftsräumen mit einfacheren topographischen Verhältnissen aufweisen. Precision Farming kann wesentlich zu Umweltverbesserungen und damit auch zu Ressourceneinsparungen auch in ökonomischer Hinsicht beitragen und ein zukunftsfähiges Instrument in der Verbesserung der Landnutzung darstellen. Im tertiären Hügel- und land sind keine wesentlichen Änderungen in der Ertragsituation zu erwarten. Künftige Arbeiten werden sich auf die Weiter- und Neuentwicklung von Sensoren konzentrieren und vor allem auch eine langfristige Untersuchung und Bewertung teilflächenspezifischer Maßnahmen erfordern.

5. Literatur

- Duda, R., Gulser, R., and Schmidhalter, U. (2001): Characterising site-specific differences in water availability. In: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Development in Plant and Soil Sciences, 92, 390-391.
- Hell, K., Schmidhalter, U., Stanjek, H., and Bertold, A. (2001): Erfassung der kleinräumigen Variabilität des Ton- und Wassergehaltes von Böden. *FAM Jahresbericht 2001*, 6 Seiten.
- Schmidhalter, U., Zintel, A., and Neudecker, E. (2001): Calibration of electromagnetic induction measurements to survey the spatial variability of soils. In: *Proceedings of the 3rd Europ. Conf. Precision Agriculture, Montpellier*, 479-484.
- Selge, T., and Schmidhalter, U. (2001): Site-specific soil resource mapping using remote sensing. In: *3rd Europ. Conf. Precision Agriculture, Montpellier*, 307-311.
- Schmidhalter, U., Glas, J., Heigl, R., Manhart, R., Wlasent, S., Gulser, R., and Neudecker, E. (2001): Application and testing of a crop scanning instrument – field experiments with reduced crop width, tall maize plants and monitoring of cereal yield. *3rd Europ. Conf. Precision Agriculture, Montpellier*, 953-958.

6. Danksagung

Diese Arbeiten wurden durch das BMBF gefördert und durch die DFG unterstützt.