

1. Prüfer: Prof. Dr. R. Krause
2. Prüfer: Prof. Dr. C. Sommer

Möglichkeiten und Grenzen einer teilspezifischen Bewässerung

Doktorarbeit vorgelegt von: Esmat Al-Karradsheh

Witzenhausen, 2003

Zusammenfassung

Einleitung

Viele Felder weisen mehr oder weniger starke kleinräumige Bodenunterschiede auf (Werner, 2002). Diese kleinräumigen Standortunterschiede sowie zusätzlich auch bewirtschaftungsbedingte Einflüsse und Effekte führen zu irrhomogen aufgebauten Pflanzenbeständen auf den Schlägen und oft auch zu differenzierten Erträgen. Der Landwirt stimmt seine Maßnahmen (Beregnung, Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz etc.) auf eine durchschnittliche Standortqualität des Schlages ab. Teilflächenspezifisches Management ermöglicht die Standort- und Bestandesunterschiede innerhalb eines Feldes gezielt zu berücksichtigen (Ehlert, 2001; Werner, 2002; Vosshenrich et al., 2001).

In den vergangenen Jahrzehnten war es das Ziel der Forschung und der Industrie, Wasser mit der Beregnungstechnik so gleichmäßig wie möglich auf dem Feld zu verteilen. Mit heutigen Kenntnissen bezüglich der Bodenheterogenität wird der Bedarf nach teilflächenspezifischer Wasserverteilung offenkundig. Gleichzeitig nimmt die Betriebs- und Schlagsgröße zu. Letztere erfordert, neben Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz, auch eine teilflächenspezifischen Beregnung. Ziel der teilflächenspezifischen Beregnung ist es, durch Berücksichtigung der ortsspezifischen Heterogenität des Bodens und des Pflanzenbestandes den produktbezogenen Aufwand, hier Wasser und Energie, zu reduzieren und Umweltziele besser einzubeziehen (Sourell und Sommer, 2002).

Teilflächenspezifische Beregnung und entsprechendes Management erfordern detaillierte Informationen über die Heterogenität von Feldern, um die Beregnungshöhe den lokal variierenden Bodenverhältnissen anpassen zu können. Konventionelle Methoden (Bodenproben, u. anschließende Laboranalyse) sind jedoch zu teuer und zu zeitaufwendig. Es sollten schnelle, berührungsfreie Methoden zur Ermittlung der benötigten Informationen verfügbar sein. Durch elektromagnetische Induktion oder Fernerkundungsaufnahmen könnte dieses Ziel zu erreichen sein (Ehlert, 2001).

Messungen der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit (ECa) des Bodens stellen eine schnelle Methode zur Ermittlung von Bodenunterschieden dar, und die ermittelten EC-Wehe können mit verschiedenen anderen Informationsquellen verglichen werden (Dammer et al, 2001; Domsch, 2001 a und b; Domsch und Giebel, 2001). EC- Messungen werden schon längere Zeit durchgeführt, und die bisherigen Ergebnisse lassen erkennen,

dass die EC-Karte direkt in teilflächenspezifische Beregnung umgesetzt werden kann. Dieses Verfahren ist weitgehend unabhängig von den Jahreszeiten, d.h. die Kartierung kann zu jeder Zeit während des Jahres durchgeführt werden (Domsch, 2001 a und b; Domsch und Giebel, 2001).

Mit dieser Arbeit werden erste Schritte zum Aufbau und zur Umsetzung einer Strategie zu precision irrigation vorgestellt. Die Einbeziehung ortspezifischer Heterogenität des Bodens und des Pflanzenbestandes soll Aufwand von Wasser und Energie reduzieren und Umweltziele berücksichtigen. Differenzierte Beregnungshöhen sollen über die zu beregnende Fläche verteilt werden. Für Beregnungsmaschinen sind zwei unterschiedliche Lösungswege im Versuchsstadium. Für mobile Beregnungsmaschinen wird eine differenzierte Einzugsgeschwindigkeit und für Kreisberegnungsmaschinen eine differenzierte Ansteuerung jeder Düse untersucht.

Material und Methoden

Der Weg zur Applikationskarte geht über die Hofbodenkarte, die elektrische Leitfähigkeit (EM38) und die Entnahme von Bodenproben zur punktuellen Bestimmung der Bodenwasserspeicherefähigkeit (Abb. 3.1). Die technische Umsetzung erfolgt mit mobilen Beregnungs- und Kreisberegnungsmaschinen. Entsprechend sind zwei unterschiedliche Lösungswege im Versuchsstadium. Für mobile Beregnungsmaschinen wird eine Veränderung der Einzugsgeschwindigkeit über die zu beregnende Feldlänge vorgeschlagen. Bei konstantem Durchfluss ergibt sich daraus eine unterschiedliche Beregnungshöhe in Arbeitsrichtung bei relativ geringer Arbeitsbreite. Die differenzierte Einstellung der Geschwindigkeit pro Schlag kann an der Maschine gespeichert oder vom Betriebsleiter eingestellt werden. Der zweite Weg wird für die Kreisberegnungsmaschine besprochen: die Beregnungsgabe durch Öffnen und Schließen jeder einzelnen Düse zu variieren.

Variabilitätsbestimmung

Es wurden drei Felder (je ca. 6 ha) auf der Versuchstation der FAL ausgewählt. Die Besonderheit von precision irrigation gegenüber bisherigen Produktionstechniken besteht in einer sehr intensiven Nutzung von spezifischen und umfangreichen Daten über den Standort und den Pflanzenbestand. Erste Informationen sind in der Hofbodenkarte enthalten. Diese Angaben sind aber zu grob, um sie als teilflächenspezifische Applikationskarte zu nutzen. Für die EM38 Messungen wurden die Felder im 5 m Spurbabstand befahren, und jedem EC-Wert wurde ein GPS-Wert zugeordnet (Abb. 4.1). Aus diesen Werten wurden Leitfähigkeitskarten erstellt, die Grundlage für die Auswahl von Monitoringpunkten war. An diesen Punkten wurde die Feldkapazität (FK) und der Welkepunkt (WP) bestimmt.

Einzugsgeschwindigkeit

Um die Einzugsgeschwindigkeit einzustellen und zu kontrollieren, sind Steuerungssysteme auf dem Markt verfügbar. Diese Geräte wurden bisher überwiegend nur für die Steuerung einer konstanten Einzugsgeschwindigkeit benutzt. Für die Versuche wurden vier verschiedene Geschwindigkeiten 3, 2, 16, 24, 40 m/h vorprogrammiert. Die Versuche zur Übereinstimmung der Einzugsgeschwindigkeit zwischen programmiert und gemessen wurden über eine Messstrecke von 100 m durchgeführt und mit der Frage, wie ändert sich die Beregnungshöhe mit der gewählten Geschwindigkeit? In Regenmessbechern mit einem Gitterabstand von 1x1 m wurde die Beregnungshöhe gemessen.

Durchfluss

Bei Kreisberegnungsmaschinen wurde eine Ansteuerung jeder Düse (Abstand 3 m) durchgeführt. Vor jeder Düse wurde ein Magnetventil installiert (Abb. 4.4). Grundlage für das Öffnen bzw. Schließen der einzelnen Düse ist die Applikationskarte (Abb.4.7). Ein „Programmable Logic Control System (PLC)“ wurde am Institut entwickelt, um die Applikationskarte als Datei zu speichern (Abb. 4.4). Die Positionsbestimmung der Maschine wird am Zentralturm mit einem Drehsensor bestimmt. Pro Grad wird die Position festgestellt, und in Abhängigkeit von der Entfernung vom Mittelpunkt der Maschine zur Düse werden die Magnetventile geschaltet. Die Fahrgeschwindigkeit der Maschine war konstant. Variiert wurde der Durchfluss und somit die Beregnungshöhe. Die Beregnungshöhe wird in handelsüblichen Messbechern gemessen. Dazu sind die Messbecher im 1 Grad Abstand und dreifacher Wiederholung strahlenförmig aufgebaut.

Ergebnisse

Bodenwasserunterschiede

Die Ergebnisse der elektrischen Leitfähigkeit liegen in mS-Werten vor, die in drei Klassen dargestellt werden. In Abbildung 5.1 werden die Unterschiede in der Leitfähigkeit dargestellt. Die Ergebnisse der FK, WP und nFK für die Monitoringpunkte sind in Tabelle 5.1 enthalten. Es zeigt sich, dass sich die gemessenen Differenzen der Leitfähigkeit auch in den Messergebnissen der nFK widerspiegeln. Ein kausaler Zusammenhang kann noch nicht gegeben werden.

Anpassung der Beregnungshöhen durch Geschwindigkeitswahl

Nach Vorliegen der Applikationskarte sind unterschiedliche Beregnungshöhen über die zu beregnende Fläche zu verteilen, um die ungleiche Wasserspeicherfähigkeit des Bodens zu berücksichtigen.

In Abbildung 5.8 ist beispielhaft ein Geschwindigkeitswechsel für die Linearberegnungsmaschine von 32 auf 16 m/h eingestellt. Die Beregnungshöhe steigt dann von 22 mm auf 45 mm. Es wurden auch Versuche mit andern Einstellungen durchgeführt, die zu ähnlichen guten Ergebnissen führten. Die Geschwindigkeit ändert sich innerhalb von 2 m, dagegen wurde für die Änderung der Beregnungshöhe ein Übergangsbereich von ca. 16 m benötigt. Dieser Bereich wurde unter einem Düsenwagen gemessen. Bei einem Einsatz eines Großflächenregners würde dieser Übergangsbereich größer werden.

Es erscheint möglich, mit mobilen Beregnungsmaschinen unterschiedliche Beregnungshöhen in Abhängigkeit von Boden und/oder Pflanzen zu verteilen.

Anpassung der Beregnungshöhe durch Durchflussveränderung

Grundlage für die differenzierte Beregnung mit einer Kreisberegnungsmaschine ist wieder die Applikationskarte. Auf der Fläche eines ausgewählten Kreissektors wurde die theoretisch berechnete und im PLC programmierte Beregnungshöhe überprüft. In Abbildung 5.13 ist die berechnete und gemessene Beregnungshöhe entlang der Rohrleitung einer Kreisberegnungsmaschine aufgetragen. Diese ersten Versuche zeigen eine gute Übereinstimmung der Soll- und Ist Werte. Der flache Anstieg oder Abfall der Wasserverteilung ist auf die Wurfweite der Düsen mit ca. 8 m zurückzuführen. Dieser Verlauf ist positiv zu bewerten, da die Bodenunterschiede auch keine Treppenfunktion aufweisen.

Schlussfolgerung

Entsprechend der Zielsetzung der Arbeit konnten für mobile Beregnungsmaschinen und Kreisberegnungsmaschinen technische Lösungen zur teilflächenspezifischen Verteilung von Wasser aufgezeigt werden.