Aus dem Institut für Betriebstechnik und Bauforschung

Hans-Heinrich Voßhenrich
Heinz Sourell

Immer mehr Daten für jeden Quadratmeter - Bodenbearbeitung und Beregnung

Veröffentlicht in: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 274

Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
2004

Immer mehr Daten für jeden Quadratmeter – Bodenbearbeitung und Beregnung

Hans-Heinrich Voßhenrich, Heinz Sourell[1]

1 Einleitung und Problemstellung

Viele Felder weisen mehr oder weniger starke kleinräumige Bodenunterschiede auf. Diese kleinräumigen Standortunterschiede sowie zusätzlich auch bewirtschaftungsbedingte Einflüsse und Effekte führen zu inhomogen 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 in Zukunft, die Standort- und Bestandsunterschiede innerhalb eines Feldes gezielt zu berücksichtigen.

2 Bausteine für Precision Farming

Precision Farming ist auf digital aufbereitete Informationen angewiesen, die den Boden exakt beschreiben. Die Informationen werden in einen Entscheidungsbaum (Algorithmus) integriert. Die Entscheidung für gezielt wechselnde Intensitäten wird schließlich in Applikationskarten geografisch dargestellt. Die Durchführung der Arbeiten erfolgt mit DGPS-gesteuerten Geräten.

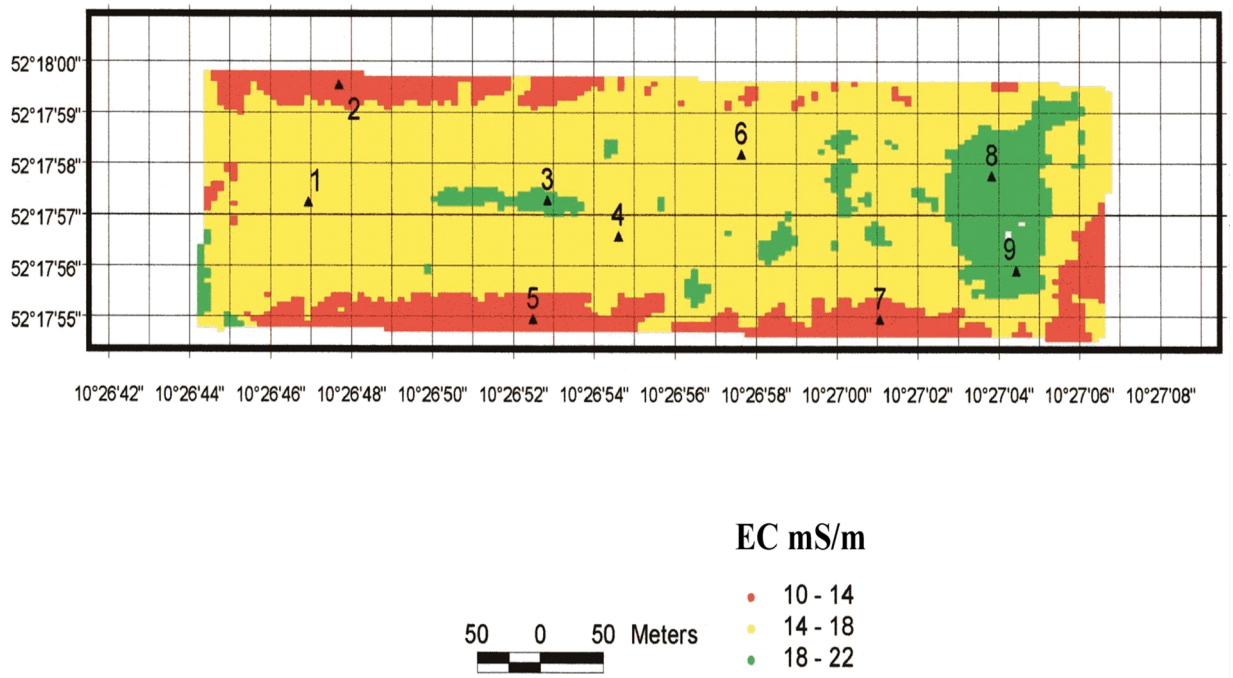
2.1 Informationsquellen

Ortsspezifische Maßnahmen setzen ein detailliertes Wissen voraus. Ertragswirksame Einflüsse, die sich aus den Bodenverhältnissen ableiten lassen, sollten möglichst lückenlos bekannt sein.

Die erforderlichen Informationen zur Variabilität eines Standortes werden zukünftig aus Bohrstockproben, Informationen der Reichsbodenschätzung, Leitfähigkeitsmessungen (EM38) (Abbildung 1) und der Lokalisation von Kuppen und Senken (Relief) abgeleitet.

[1] Dr. Hans-Heinrich Voßhenrich und Heinz Sourell, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
E-Mail: hans.vosshenrich@fal.de, heinz.sourell@fal.de

Abbildung 1: Karte der elektrischen Leitfähigkeit als Abgrenzung der Managementzonen



Die elektromagnetische Leitfähigkeit eines Bodens erlaubt beispielsweise Rückschlüsse auf die Textur eines Bodens, ebenfalls das Georadar. Luftbilder geben Hinweise zu Pflanzenentwicklung und Ertrag. Die Reichsbodenschätzung gibt Hinweise zu Bodentyp und -art. Aus den Höhenlinien lassen sich u. a. erosionsgefährdete Zonen eines Standortes eingrenzen. Bohrstockproben geben differenzierte Rückschlüsse zu jeder der gewünschten Information. Um die Aussagen anderer Messmethoden zu relativieren (zu eichen), beispielsweise die der elektromagnetischen Leitfähigkeit, sind Bohrstockproben unverzichtbar. Der große Aufwand schränkt aber ihre Anwendung ein.

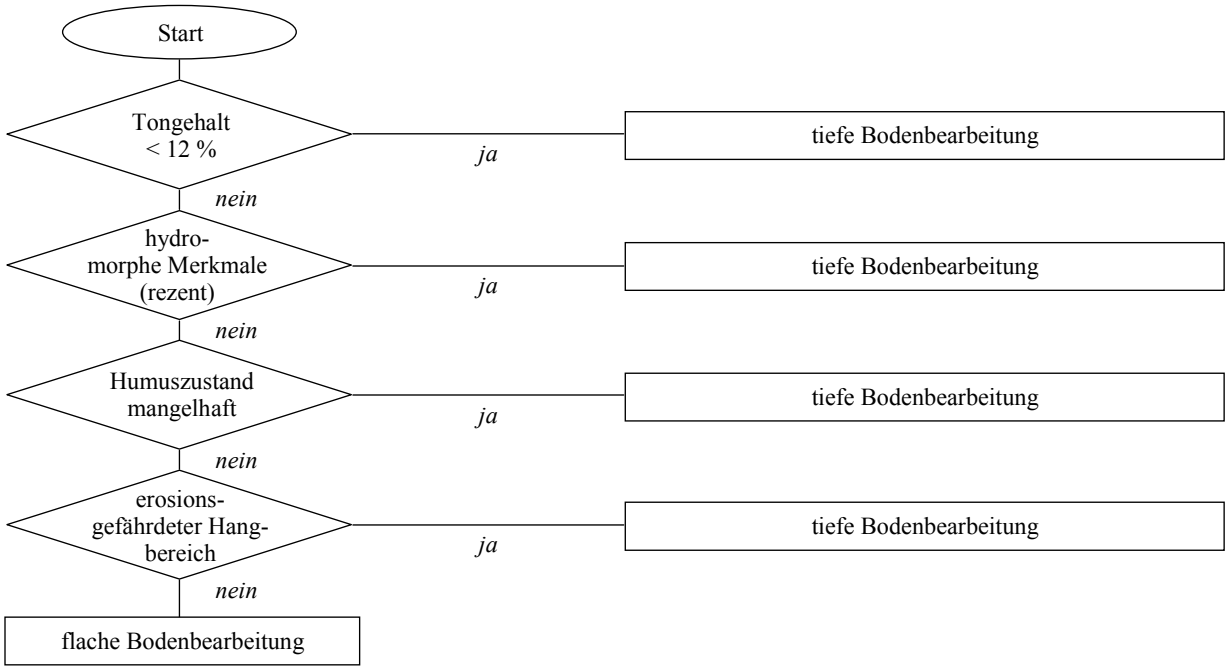
2.2 Algorithmus für ortsspezifische Bodenbearbeitung und Beregnung

2.2.1 Algorithmus für ortsspezifische Bodenbearbeitung

Eine tiefe Lockerung (20-25 cm) innerhalb eines Standortes wird dort durchgeführt, wo eine Vernässung des Bodens durch Vergleyung oder Pseudovergleyung angegeben wird, oder wo ein sandiger Boden bonitiert wird. Tief gelockert wird ebenfalls in stark ausgeprägten Senken und an Kuppen. Der Lockerungsbedarf in den Senken besteht aufgrund häufig auftretender hydromorpher Erscheinungen und der Lockerungsbedarf an den Kuppen aufgrund schlechter Bodenstruktur durch geringen Humusgehalt, der durch Abtrag nach jahrzehntelangem Einsatz des Pfluges bedingt ist. Trifft keine der geschilderten Situationen zu, so wird nur auf 8 bis 10 cm Tiefe gearbeitet. Die tiefe Lockerung des Bodens

wird grundsätzlich nur zu einem Zeitpunkt durchgeführt, während sich der Boden in trockenem Zustand befindet. Durch tiefe Lockerung erfolgt eine Durchlüftung schlecht mit Sauerstoff versorgter Böden. Die genannten Kriterien für flache oder tiefe Bearbeitung werden im Entscheidungsbaum nacheinander abgerufen (Abbildung 2).

Abbildung 2: Entscheidungsbaum



Quelle: Sommer und Voßhenrich (2002).

2.2.2 Algorithmus für ortsspezifische Beregnung

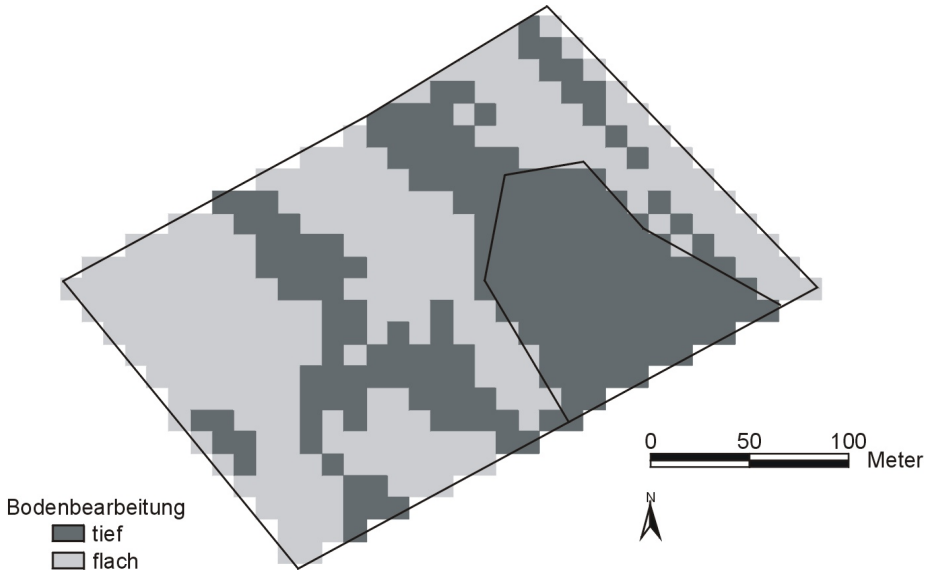
Die Differenzierung der Beregnungshöhe ist in ähnlicher Weise wie die Bodenbearbeitung im Wesentlichen abhängig von der Bodentextur. Zunehmender Gehalt eines Bodens an wasserbindenden Mittelporen durch zunehmenden Schluffgehalt vermindert den Beregnungsbedarf. Zunehmender Sandgehalt erhöht den Beregnungsbedarf. Die Bindung des pflanzenverfügbaren Wassers (nFK) lässt sich aus Kartieranleitungen abschätzen. Doch es fehlen handhabbare Sensoren für die Bestimmung bodenphysikalischer Parameter, die den Bodenwasserhaushalt genauer und zeitnäher bestimmen.

2.3 Applikationskarten für ortsspezifische Bodenbearbeitung und Beregnung

Applikationskarten werden unter Einbeziehung aller verfügbaren Bodeninformationen angefertigt. Jeweils ein Beispiel für ortsspezifische Bodenbearbeitung und Beregnung wird dargestellt (Abbildungen 3 und 4). Die dunklen Zonen in der Applikationskarte für Bodenbearbeitung bedeuten tiefe Bearbeitung. Hier ist der Boden, bedingt durch Textur, Hydromorphie oder Humusgehalt schlecht durchlüftet. Die hellen Zonen stehen für flaches Arbeiten. Hier ist der Boden gut durchlüftet. Die Notwendigkeit einer tiefen Bearbeitung entfällt aus diesem Grund.

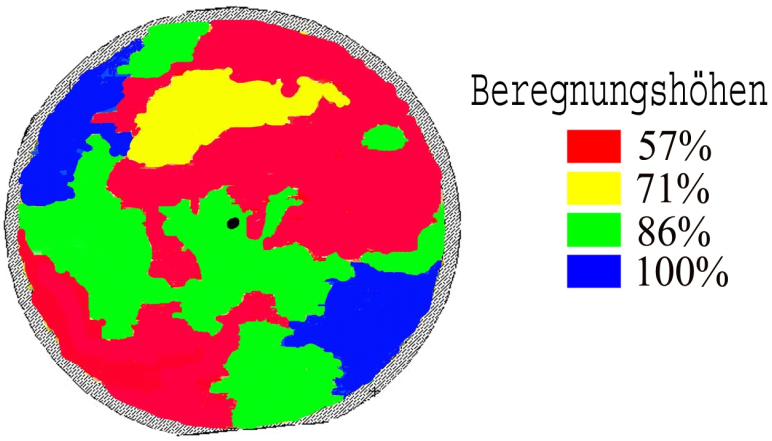
Während die Bodenbearbeitung zweistufig erfolgt, wird die Beregnungshöhe vierstufig dargestellt. Böden, die durch hohen Sandgehalt (blauer Sektor) stärker zur Austrocknung neigen, werden intensiver beregnet, Böden mit hohem Schluffanteil oder höherem Humusgehalt, die das Wasser stärker binden und daher weniger austrocknungsgefährdet sind, werden weniger intensiv beregnet.

Abbildung 3: Applikationskarte zur ortsspezifischen Bodenbearbeitung



Quelle: Voßhenrich et al. (2001).

Abbildung 4: Applikationskarte für den Einsatz einer Kreisberegnungsmaschine



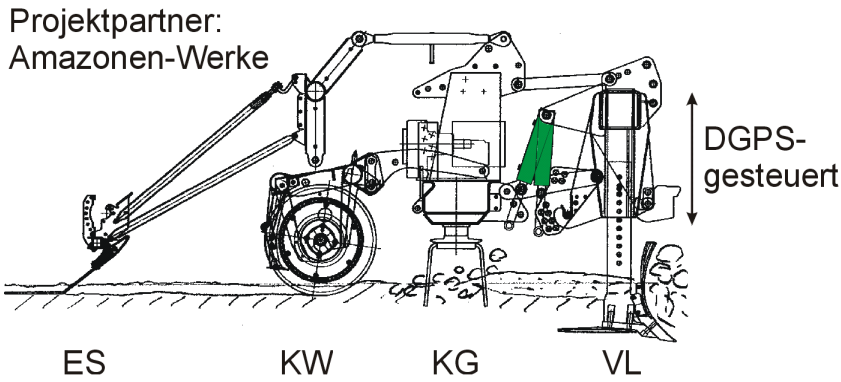
Quelle: Al-Karadsheh (2003).

3 Technik für ortsspezifische Bodenbearbeitung und Beregnung

3.1 Technik für ortsspezifische Bodenbearbeitung

Die im Verbundprojekt für Precision Agriculture *„pre agro“* (SOMMER und VOSSHENRICH, 2002) erstmals eingesetzte Technik für ortsspezifische Bodenbearbeitung besteht aus einem Vorlockerer (VL), einem Kreiselgrubber (KG), einer Keilringwalze (KW) und einem Exaktstriegel (ES) (Abbildung 5). Sie wurde für ortsspezifische Bodenbearbeitung durch Integration eines Hydraulikzylinders umgebaut und aufgerüstet. Der Hydraulikzylinder wird über DGPS für tiefe und flache Bodenbearbeitung ortsspezifisch angesteuert. Der Prototyp´99 ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit mit Herrn Gattermann und Herrn Marquering der Fa. Amazone (SOMMER und VOSSHENRICH, 2002).

Abbildung 5: Technik für ortsspezifische Bodenbearbeitung, Prototyp`99



Quelle: Sommer und Voßhenrich (2002).

3.2 Technik für ortsspezifische Beregnung

Die technische Umsetzung erfolgt mit mobilen Beregnungs- und Kreisberegnungsmaschinen. Entsprechend sind zwei unterschiedliche Lösungswege im Versuchsstadium. Für mobile Beregnungsmaschinen wird eine Variation der Einzugsgeschwindigkeit über die beregnende Feldlänge vorgeschlagen. Bei konstantem Durchfluss ergibt sich daraus eine unterschiedliche Beregnungshöhe. Die differenzierte Einstellung der Geschwindigkeit pro Schlag kann an der Maschine gespeichert oder vom Betriebsleiter eingestellt werden.

3.2.1 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 über das Feld benutzt. Zwei Beispiele für die variablen Geschwindigkeitseinstellungen sind in Abbildung 3 dargestellt. Für die Versuche wurden vier verschiedene Geschwindigkeiten 32, 16, 24, 40 m/h in den Geräten programmiert. Die Versuche zur Kongruenz der Einzugsgeschwindigkeit zwischen programmiert und gemessen, wurden über eine Messstrecke von 100 m durchgeführt. Mit dem Ziel, wie ändert sich die Beregnungshöhe mit der gewählten Geschwindigkeit. In Regenmessbechern mit einem Gitterabstand von 1x1 m wurde die Beregnungshöhe gemessen.

3.2.2 Durchfluss

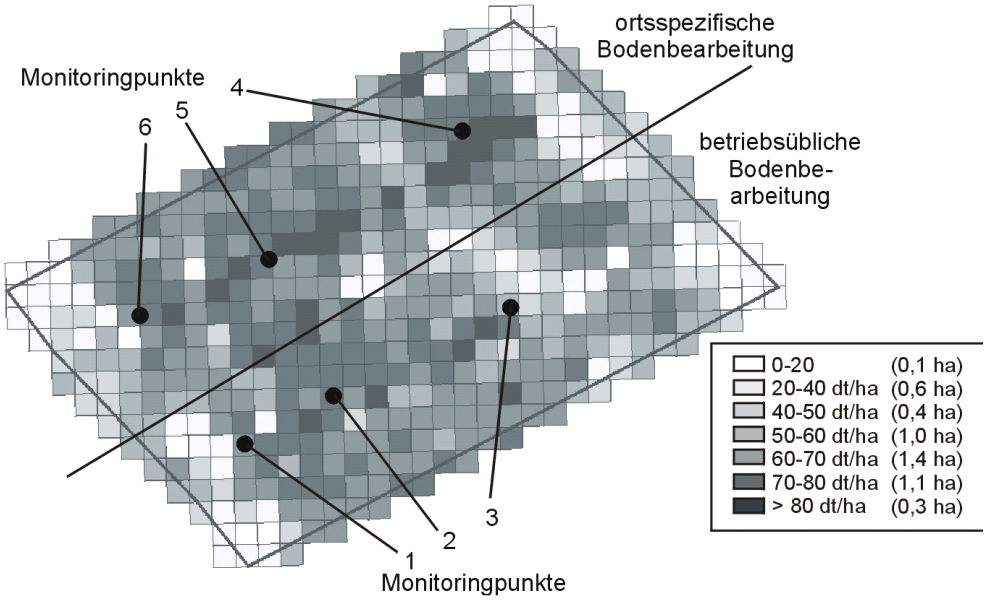
Bei Kreisberegnungsmaschinen wurde eine Ansteuerung jeder Düse im Abstand von 3 m durchgeführt. Vor jeder Düse wurde ein Magnetventil installiert. Grundlage für das Öffnen bzw. Schließen der einzelnen Düse ist die Applikationskarte. Ein Programmable Logic Control (PLC) System wurde im Institut entwickelt,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

4 Ergebnisse

4.1 Ortsspezifische Bodenbearbeitung

Nach ortsspezifischer Bodenbearbeitung (bodenangepasste Arbeitstiefen) wird das Ertragsniveau im Vergleich zu betriebsüblicher Bodenbearbeitung (i. d. R. konsequent tiefe Bearbeitung) gehalten (Abbildung 6). Dies belegt beispielhaft die Ertragskartierung auf dem *pre agro*-Versuchsstandort von Landwirt Täger-Farny aus Querenhorst (SOMMER und VOSSHENRICH, 2002). An den in der Kartierung eingetragenen Monitoringpunkten wurde das Ergebnis durch Handernte zusätzlich bestätigt.

Abbildung 6: Ertragskartierung und Monitoringpunkte



Quelle: Voßhenrich et al. (2001); Sommer und Voßhenrich (2002).

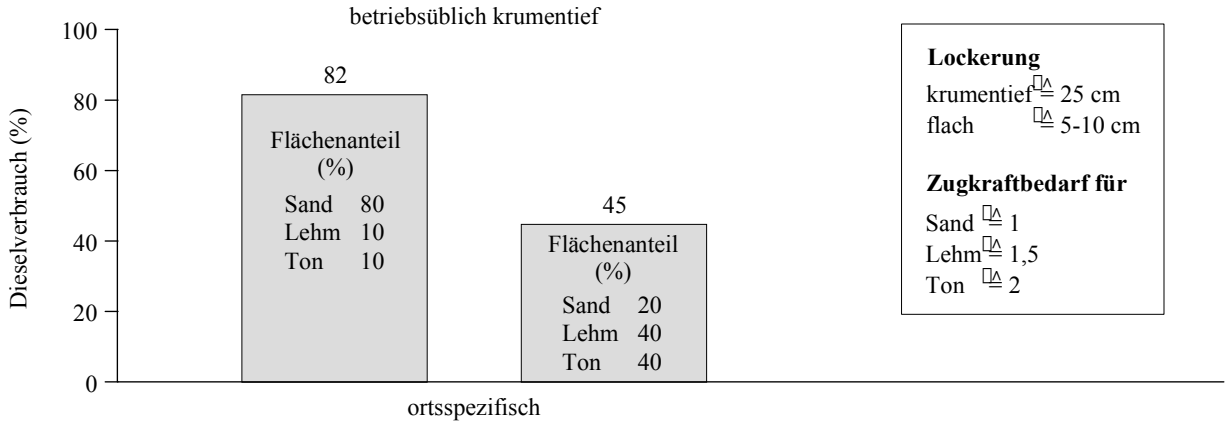
Die Vorteile ortsspezifischer Bodenbearbeitung liegen damit auf der Hand. Das Ertragsniveau wird gehalten und dies mit weniger Aufwand. Es bleibt die Frage, unter welchen Rahmenbedingungen lohnt sich ortsspezifische Bodenbearbeitung und welche Einsparungen sind möglich? Um hierauf eine Antwort zu finden, muss die Variabilität eines Standorts betrachtet werden. Leicht und schnell zu bearbeiten ist ein sandiger Boden, schwerer ein lehmiger und besonders aufwendig ein toniger Boden.

Ein Standort mit 80 % Flächenanteilen Sand, der gelockert wird, 10 % Lehm, der flach bearbeitet wird und 10 % Ton, der ebenfalls flach bearbeitet wird, bietet durch eine ortsspezifische Bodenbearbeitung mit 82 % Dieselverbrauch gegenüber betriebsüblich mit 100 % weniger Einsparpotenzial als ein Standort mit nur 20 % Sand, 40 % Lehm und 40 % Ton

(Abbildung 7). Der Erfolg ortsspezifischer Bodenbearbeitung hängt damit entscheidend von der Variabilität einer Fläche ab.

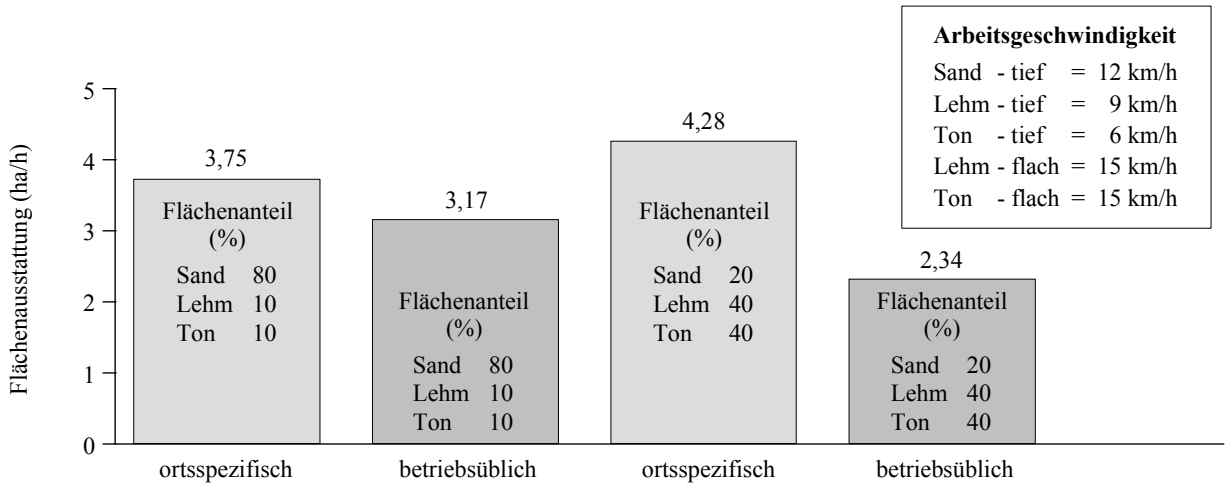
Ähnlich ist die Situation hinsichtlich der Flächenleistung. Ein Standort mit hohen Lehm- und Tonanteilen bietet mittels ortsspezifischer Bodenbearbeitung größere Vorteile als ein Sandstandort mit wenig Ton- und Lehmanteilen (Abbildung 8).

Abbildung 7: Dieselverbrauch für Grundbodenbearbeitung



Quelle: Sommer und Voßhenrich (2002).

Abbildung 8: Flächenleistung bei 3 m Arbeitsbreite



Quelle: Sommer und Voßhenrich (2002).

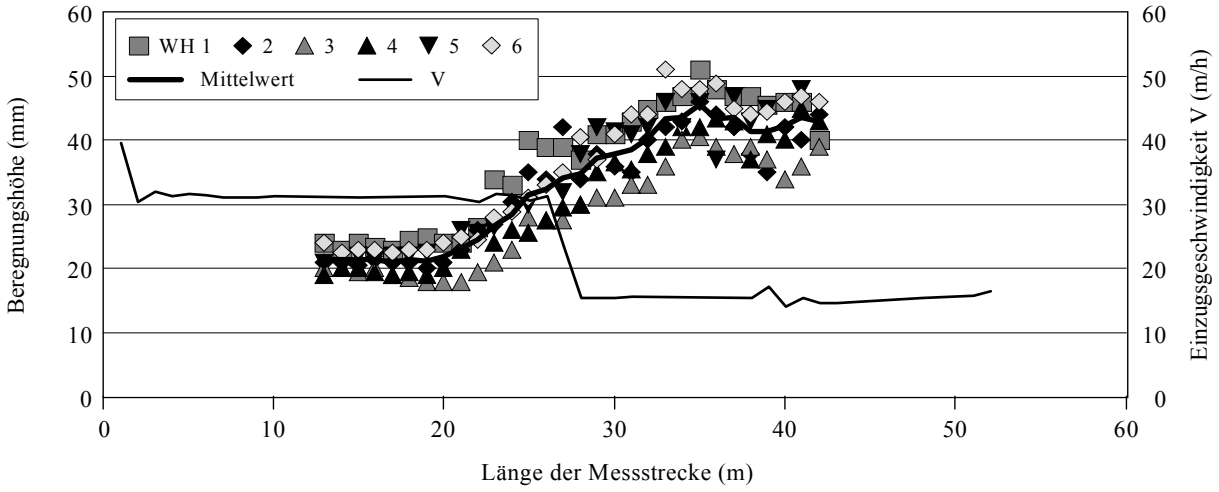
4.2 Ortsspezifische Beregnung

4.2.1 Beregnungshöhenanpassung durch Geschwindigkeitswahl

Nachdem die Applikationskarte festgelegt wurde, sollen unterschiedliche Beregnungshöhen über die zu beregnende Fläche verteilt werden, um die ungleiche Wasserspeicherfähigkeit des Bodens auszugleichen.

In Abbildung 9 ist beispielhaft ein Geschwindigkeitswechsel von 32 auf 16 m/h eingestellt. Die Beregnungshöhe steigt dann von 22 auf 45 mm. Es wurden auch Versuche mit anderen Einstellungen durchgeführt, die zu ähnlich 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. Somit ist es möglich, mit mobilen Beregnungsmaschinen unterschiedliche Beregnungshöhen in Abhängigkeit von Boden oder Pflanzen zu verteilen.

Abbildung 9: Beregnungshöhe in Abhängigkeit von der Einzugsgeschwindigkeit



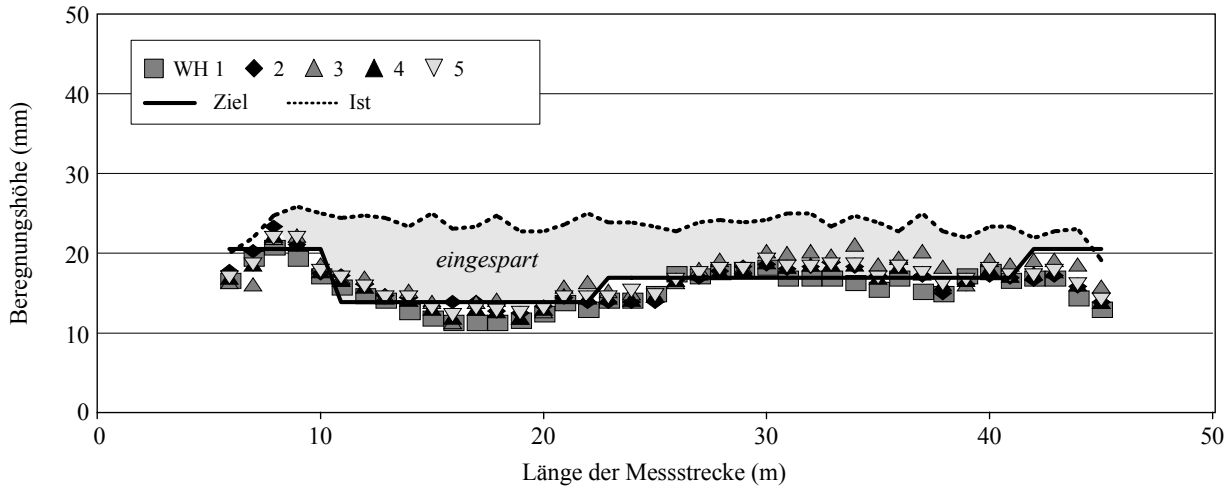
Quelle: Al-Karadsheh (2003).

4.2.2 Beregnungshöhenanpassung 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 10 ist die berechnete und gemessene Beregnungshöhe entlang der Rohrleitung einer Kreisberegnungsmaschine gemessen. Diese ersten Versuche zeigen eine gute Übereinstimmung der Soll-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 und passt sich dem Verlauf der Bodenunterschiede gut an.

Abbildung 10: Differenzierte Wasserverteilung einer Kreisberegnungsmaschine entlang einer Messstrecke



5 Schlussfolgerung

Die vorgestellten Techniken beschreiben den Anfang einer neuen landtechnischen Generation. Wurde in vergangenen Jahrzehnten immer wieder versucht, die Feldarbeiten möglichst gleichmäßig durchzuführen, so soll zukünftig differenzierter auf dem Feld gearbeitet werden.

Die differenzierte Bearbeitung entspricht der „Guten Fachlichen Praxis“. Die Böden werden geschont und mit an ihrem Potenzial angepasster Intensität bewirtschaftet. Je nach Ausrichtung kann Energie und Zeit eingespart werden, wie am Beispiel der Bodenbearbeitung gezeigt, oder es wird durch gezielte Beregnung Wasser eingespart.

Für die Bodenbearbeitung und Beregnung wurden Techniken vorgestellt, die eine differenzierte Bearbeitung gestatten. Es handelt sich weitgehend um Prototypen, die aber realistisch Zukunftschancen aufweisen. Die für ortsspezifische Maßnahmen erforderliche Datenbasis wird in Offline-Verfahren gewonnen.

Der Forschungsbedarf muss sich zukünftig, dies gilt insbesondere für die Beregnung, aber auch auf die Erhebung/Ermittlung von Online-Daten aus dem Feld konzentrieren. Diese Daten, z. B. aktuelle Bodenfeuchte, werden benötigt, um gute Applikationskarten mit genau definierten Managementzonen zu entwickeln. Denn die Technik kann nur so gut arbeiten, wie sie Informationen bereitgestellt bekommt.

Die hier beschriebenen Arbeiten im Feld sind nur ein Ausschnitt aus dem komplexen Gebilde Precision Farming. Neben den Basisdaten aus dem Feld wird sich ein weiterer Arbeitsschwerpunkt um die Schnittenstellen-Problematik bemühen müssen. Hier besteht nach wie vor Handlungsbedarf. Wichtig ist auch die Bereitstellung digitaler Informationen, z. B. der Reichsbodenschätzung, für alle landwirtschaftlichen Flächen in allen Bundesländern. Dies sollte innerhalb von einem Jahrzehnt der Fall sein, damit anschließend die breite Landwirtschaft entsprechende Arbeiten ausführen kann. Erst dann kann der Einsatz von Applikationskarten Routine werden. Online erstellte Applikationskarten, mit GPS gesteuerten Maschinen und Geräten unter Verwendung Landwirtschaftlicher Bus-Systeme für die Steuerung verschiedener Feldarbeiten wird die zukünftige Entscheidungshilfe für den Landwirt sein.

Literaturverzeichnis

SOMMER C, VOSSHENRICH, HH (2002) Bodenbearbeitung. In: Precision Agriculture, Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 038: 237-250.

VOSSHENRICH HH, MARQUERING J, GATTERMANN B; TÄGER-FARNY W, ORTMEIER B, SOMMER C (2001) Managementsystem for DGPS-supported primary soil tillage. In: proceedings, ECPA Montpellier 2001, third european conference on precision agriculture, vol. 2, agro Montpellier, 731-736

AL-KARADSHEH EW (2003) Potentials and development of precision irrigation technology. Braunschweig; FAL, Landbauforschung Völkenrode SH 248, 126 S.

AL-KARADSHEH EW, SOURELL H, SOMMER C (2003) Neue Beregnungsstrategien: Precision irrigation; Teilflächenspezifische Beregnung. Kartoffelbau 54 (3): 1055-107