

# Biometrische Aspekte zur Auswertung bei GPS gestützter Datenerhebung in Versuchsfeldern

W. E. WEBER, HOHENTHURM

## Abstract

*GPS ist gut geeignet, eine teilflächenspezifische Behandlung mit dem Ziel vorzunehmen, die Behandlung an die Heterogenität des Bodens anzupassen. Viel schwieriger ist es, GPS in Versuchen einzusetzen, bei denen eine homogene Fläche vorausgesetzt wird wie etwa in Sortenversuchen. Aber auch hier kann die Erfassung von Teilflächen innerhalb von Parzellen zur Erhöhung der Präzision eingesetzt werden. Ansatzpunkte sind die Abschätzung der Variabilität innerhalb von Parzellen als Indikator für den Versuchsfehler, die Berücksichtigung von für die Teilflächen erfassten Kovariablen zur Korrektur und eine Ähnlichkeitsanalyse benachbarter Streifen.*

## 1 Positionsbestimmung

Mit dem GPS-System ist es möglich, bei der Bearbeitung eines Versuchsfeldes die Position an jedem Punkt zu erfassen und zu registrieren. Diese Positionsbestimmung liegt nur in einem gewissen Genauigkeitsbereich (Auernhammer, 1999). Wenn auf dem Versuchsfeld Punkte markiert sind, kann durch wiederholtes Anfahren die Genauigkeit überprüft werden. Sie wird im folgenden als gut vorausgesetzt. Damit ergeben sich unmittelbar folgende Anwendungsmöglichkeiten:

- a) In Versuchen sind die einzelnen Parzellen über die Positionsbestimmung sicher anzusprechen. Dadurch können Dokumentationsfehler bei der Datenerfassung minimiert werden.
- b) Der Landwirt, der immer wieder die gleiche Fläche bewirtschaftet, lernt diese sehr intensiv kennen und kann seine Maßnahme gezielt auf Teilflächen abstellen.
- c) Blindversuche sind ein geeignetes Mittel, die Heterogenität eines Feldes für eine große Zahl an Merkmalen teilflächenspezifisch zu erfassen und zur Konstruktion von Karten zu verwenden.

## 2 Informationsgewinnung auf dem Feld

Das GPS wird erst dadurch sinnvoll, dass die einzelnen Positionspunkte mit Informationen gefüllt werden. Diese können der unterschiedlichsten Art sein:

- Bodenparameter (Bodenart, Bodendichte, Wasserhaushalt, Nährstoffgehalt)
- Behandlungsmaßnahmen (Düngung, Spritzung)
- Vegetationsdecke (Pflanzenzahl, Unkrautflora)
- Bestandsparameter (Pflanzenhöhe, Krankheiten, Ertragsmessung).

Daraus geht hervor, dass auf der Versuchsfläche für die einzelnen Teilflächen sehr viele Informationen gesammelt werden können, die sich zueinander in Beziehung setzen lassen. Das Sammeln der Informationen vor Ort ist jedoch aufwendig. Insbesondere sind hier schnelle Verfahren erforderlich. Hierzu ist eine intensive Forschung in Gang gekommen (Hellebrand, 1997). Bei der Durchführung von Behandlungsmaßnahmen sind auch technische Aspekte wie etwa die Düngerverteilung bei Benutzung von Zentrifugaldüngerstreuern zu berücksichtigen (Marquering und Scheufler, 1997).

## 3 Anwendungsaspekte

Wenn das Feld wiederholt befahren wird, können Informationen aus früheren Arbeitsgängen

für eine teilflächenspezifische Behandlung benutzt werden. Dieser Anwendungsaspekt wird in den meisten Fällen im Vordergrund stehen. Wenn die Gewinnung und Nutzung von Informationen im gleichen Arbeitsgang erfolgt, spielt der Zeitfaktor eine wesentliche Rolle (Auernhammer, 1999), nicht dagegen die Erfassung der Position. Diese wird erst in späteren Arbeitsgängen ausgenutzt. In beiden Fällen steht aber im Vordergrund, Behandlungsmaßnahmen so durchzuführen, dass die Heterogenität des Feldes angemessen berücksichtigt wird und Unterschiede nach Möglichkeit ausgeglichen werden, etwa durch lokal unterschiedliche Düngergaben oder variable Aussaatstärken.

#### 4 Sortenversuche

Viel schwieriger gestaltet sich die Nutzung von GPS als Strategie zur Versuchsplanung. Aus der Fülle der Fragestellungen greife ich nur die Sortenprüfung heraus. Das ideale Versuchsfeld ist homogen, Heterogenität sollte möglichst nur zwischen den Blöcken auftreten (Cochran and Cox, 1957). Zwar werden die Flächen für Versuche unter diesen Gesichtspunkten ausgewählt, ideale Bedingungen sind häufig aber nicht zu realisieren. Um Unterschiede zwischen Sorten unverfälscht beurteilen zu können, werden alle Parzellen unter *ceteris paribus* Bedingungen behandelt.

Die Versuchsplanung verlangt Wiederholungen, die es erlauben, den Versuchsfehler abzuschätzen. Weitere Charakteristika sind die Durchführung von Versuchen an mehreren Standorten und über mehrere Jahre, die im Rahmen des Versuchsplanes mögliche Randomisierung wie zufällige Zuweisung eines Platzes innerhalb eines Blockes und die Erfassung von Kovariablen. Pro Versuchseinheit wird je Merkmal ein Wert erfasst, die kleinste Versuchseinheit ist in der Regel die Parzelle, zum Teil eine Stichprobe von Pflanzen daraus. Werden z. B. mehrere Ähren einer Parzelle ausgezählt, wird im folgenden mit dem Parzellenmittelwert weitergearbeitet.

Vielfach werden aber auch in Praxisschlägen Sortenversuche in Form von Streifenparzellen angelegt. Innerhalb eines Streifens liegen bei Einsatz von GPS viele Informationen von Teilflächen vor. Zu fragen ist nun, ob das GPS in Sortenversuchen genutzt werden kann, die Präzision der Aussagen zu erhöhen.

#### 5 GPS in der Sortenprüfung

Es ist möglich, die Position und Informationen der Teilfläche innerhalb der Parzelle mit GPS zu erfassen. Werden die Werte der Teilflächen zu einem Parzellenmittel zusammengefasst, hat man das Gerät genutzt, Parzellenmittelwerte zu erfassen. Die Positionen verhelfen dazu, die richtigen Teilinformationen zusammenzufassen. Das ist aber noch keine spezifische Ausnutzung von GPS. Hierzu sind folgende Ansätze denkbar:

a) Es lässt sich auch eine Variation innerhalb einer Parzelle erfassen, es bestehen jedoch durch Nachbarschaften Abhängigkeiten. Zur Untersuchung der Abhängigkeiten sind viele GPS-Punkte innerhalb einer Parzelle erforderlich, wie sie bei langen Streifen als Parzellen anfallen. Innerhalb solcher Streifen lässt sich die Variation aufteilen in einen Bodentrend und eine Streuung um den Bodentrend. Letztere kann als Anhaltspunkt für einen Versuchsfehler dienen, unterschätzt aber die Variation zwischen unabhängigen Parzellen. Über Parzellengrenzen hinweg tritt ein Wechsel in der Sorte ein, hier ist keine Trenderfassung möglich.

b) Wenn aus früheren Befahrungen der Fläche Zusatzinformationen gewonnen wurden, lassen sich diese für eine Kovarianzanalyse nutzen, wobei der Zusammenhang aus den Daten der Teilflächen innerhalb einer Parzelle gewonnen wird. Hierbei wird vorausgesetzt, dass der Zusammenhang in allen Parzellen gleich ist. Geeignete Kovariablen sind Pflanzenzahl, Nährstoffversorgung, Bodenfeuchte, Verdichtung und ähnliche positionsspezifische Größen.

In diesem Fall kann für die Kovariablen ein rechnerischer Ausgleich vorgenommen werden und eine Korrektur der Zielgröße erfolgen. Problematisch bleibt auch in diesem Fall die Schätzung eines geeigneten Versuchsfehlers.

Letztlich ist die Frage zu klären, ob durch GPS tatsächlich Wiederholungen eingespart werden können. Diese Frage ist nur experimentell zu klären. Dabei darf nicht vergessen werden, dass von einem Versuch Antworten verlangt werden, die nicht auf die spezifische Fläche beschränkt sind.

## 6 Vergleiche zwischen benachbarten Parzellen

Ausgangspunkt ist, dass Bodenstrukturen sich nicht sprunghaft, sondern kontinuierlich ändern und damit benachbarte Teilflächen einander ähnlicher sind. Dies wird auch bei der NNA und der Geostatistik ausgenutzt (Weber und Anlauf, 1990). Die Kontinuität der Bodengüte gilt auch über Parzellengrenzen hinweg. Wenn man daher unterstellen kann, dass parallele Streifen in ihrer Bodenbeschaffenheit ziemlich ähnlich sein müssen, kann aus einem Kontrollstreifen ein gewisser Rückschluss auf die Bodengüte gezogen werden. Damit besteht dann die Möglichkeit, ein abweichendes Verhalten der im Nachbarstreifen geprüften Sorte zu analysieren. Um einen solchen Versuch auf eine etwas sichere Basis stellen zu können, ist allerdings eine Wiederholung der Kontrolle in regelmäßigen Abständen erforderlich, und zunächst werden die Reaktionsmuster der verschiedenen Kontrollstreifen miteinander verglichen. Nur die Kontrolle wird für den Bodenausgleich benutzt. Durch GPS kann sehr genau ermittelt werden, ob sich von Kontrolle zu Kontrolle das Verteilungsmuster innerhalb einer Parzelle ändert.

## 7 Beispiel

Als Beispiel wird ein Maisversuch mit Streifenparzellen der KWS AG Einbeck in Pullenhofen benutzt, der im Jahre 1995 durchgeführt wurde (Auernhammer und Demmel, 1995). In diesem Versuch sind insgesamt 37 Maisprüfglieder nebeneinander angebaut worden. Die Streifenlänge war nicht für alle Prüfglieder gleich lang und schwankte zwischen 200 und 300 m. Aus diesem Feld wurden je Streifen 108 Teilflächen mit einem mittleren Abstand von ca. 2 m analysiert. Erfasst wurde neben dem Abstand auch der Ertrag pro Teilfläche im Online-Häckselverfahren. Als Kontrollen wurden Helix siebenmal und Fanion sechsmal geprüft, die anderen Sorten je einmal. Jeder Streifen wurde auch als Ganzes geerntet. Diese Ergebnisse werden hier aber nicht berücksichtigt. Folgende biometrischen Analysen wurden durchgeführt:

- a) Welcher Zusammenhang besteht zwischen Teilflächengröße, gemessen über die zurückgelegte Wegstrecke, und Ertrag?
- b) Wie ist die Autokorrelation bei Wegstrecke (diese hängt vom Pflanzenbestand ab) und wie beim Ertrag?
- c) Wie groß ist die Ähnlichkeit zwischen verschiedenen Streifen der gleichen Kontrolle und zwischen benachbarten Streifen mit verschiedenen Sorten?

Die Ergebnisse zeigen zum einen, dass die Fahrstrecke und der Teilflächenertrag nur dann enger korreliert sind, wenn eine größere Variation bei der Fahrstrecke ( $s > 5\%$ ) innerhalb einer Parzelle vorliegt. Die enge Autokorrelation für die Fahrstrecke zeigt deutlich deren Abhängigkeit von der Menge des Erntegutes. Der Vergleich verschiedener Streifen ließ hingegen kaum Rückschlüsse auf Ähnlichkeitsstrukturen zu und zeigt an, dass die fehlenden Wiederholungen in diesem Fall durch die Vielzahl an Teilflächen nicht ausgeglichen werden konnten.

## 8 Literatur

- AUERNHAMMER, H. (1999): Precision Farming for the Site-Specific Fertilisation. Z. Agrarinformatik 7:58-66.
- AUERNHAMMER, H.; DEMMEL, M. (1995): Lokale Ertragsermittlung bei Streifenversuchen zu Silomais 1995. Institut für Landtechnik Weihenstephan, Abteilung Arbeitslehre und Prozesstechnik.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. (1957): Experimental Design J. Wiley, New York
- HELLEBRAND, H.J. (1997): Meßverfahren zur Informationsgewinnung in der ortsspezifischen Landbewirtschaftung - Prinzipien und Tendenzen. Z. Agrarinformatik 5:2-9.
- MARQUERING, J.; SCHEUFLER, B. (1997): Technische Probleme bei der teilflächenspezifischen Ausbringung von Produktionsmitteln. Z. Agrarinformatik 5:9-14
- WEBER, W.E.; ANLAUF, R. (1990): Spatialanalyse für Kontrollparzellen in Versuchen mit Weizen und Hafer. Agrarinformatik 18:69-78.