

## **Auswahl von Feldversuchsflächen auf heterogenem Auenboden: Bestandeskartierung - Uniformitätsernten - Luftbildaufnahmen - Exaktvermessung**

### **Improved selection of experimental sites on a heterogeneous soil by field crop monitoring and mapping, uniformity trials, aerial photography and precise surveying**

Guido Haas

Institute of Organic Agriculture, University of Bonn, Katzenburgweg 3, D-53115 Bonn, Germany

#### **Abstract**

Since heterogeneous soil conditions are present almost everywhere, the correct choice of experimental site affects the conduct of field trials and the interpretation of the results. The soil of the Experimental Farm for Organic Agriculture "Wiesengut" located at Hennef near Köln-Bonn (classification: Fluvisol - FAO; Udifluent - USDA) is characterized by a pattern of soil variability which can vary even within several metres. Therefore the area of farmland which can be used for factorial field trials is restricted. In order to select the most suitable experimental area, a database has been worked out composed of data sets related to:

**Surveying - Mapping:** Differences in crop development caused by heterogeneous soil conditions had been marked in the field during regular crop monitoring sessions. Maps of different scale and content were drawn up, based on electronic distance and angle measurements to provide the correct spatial relation of soil variability.

**Aerial photography:** Multitemporal and multispectral aerial photography at low altitude provided an essential basis for characterizing soil-affected crop growth and development.

**Uniformity trials:** Areas that seemed visually suitable for field trials were harvested in small units by hand and combine harvester to quantify the soil heterogeneity by plant yield parameters. The recorded data create a valuable resource, enabling increased precision to be achieved by selecting the most efficient field plot design. Coefficient of variation (cv %) for kernel and total yield of cereal were between  $cv = 10 - 25$  and could be reduced to  $cv = 3 - 10$  by selecting visually homogeneous areas. Interannual coefficients of correlation for yield parameters of heterogeneous areas were placed between  $r = 0,2 - 0,8$  to  $r = 0 - 0,5$  for visually homogeneous sites. Low yielding areas and winter cereals showed higher coefficients of variation and higher interannual coefficients of correlation.

The general suitability of the methods and techniques used for characterizing heterogeneous soil condition are discussed. Currently used plot designs and methods of statistical analysis are not very efficient in compensating for soil variability. Further improvement is urgently required. The next step in optimizing field plot research on the Experimental Farm Wiesengut will be the definition of fixed field plot patterns in areas having low soil variability in order to select the most suitable areas and best adapted experimental designs.

#### **Zusammenfassung**

Bei heterogenen Bodenverhältnissen - die für eine Vielzahl von Regionen und Landschaften charakteristisch sind - entscheidet primär die Auswahl weitgehend homogener Versuchsflächen über die erfolgreiche Durchführung von Feldversuchen. Effiziente Verfahren zur Charakterisierung der Flächeneignung heterogener Standorte für die Anlage von Feldversuchen wurden bisher kaum erarbeitet. Eine systematische Dokumentation und Aufbereitung von Flächendaten und deren räumlichen Zuordnung ist auf Versuchstationen und Versuchsbetrieben zumeist nur mangelhaft realisiert. Der Auenboden des seit 1986 existierenden Versuchsbetriebes für Organischen Landbau "Wiesengut", bei Hennef an der Sieg, weist kleinräumig innerhalb weniger Meter wechselnde Bodenverhältnisse auf. Die Durchführung von pflanzenbaulichen, faktoriellen Feldversuchen ist stark eingeschränkt.

## **KRITERIENKATALOG**

Die Untersuchungsergebnisse wurden in einem Kriterienkatalog dokumentiert. Dieser steht zukünftigen Feldversuchsanstellern für die Auswahl geeigneter Versuchsareale auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut zur Verfügung. Die Dokumentation umfaßt neben der Aufarbeitung externer Daten und Karten folgende im Rahmen der Untersuchungen erarbeiteten Teilkataloge:

### **KRITERIENKATALOG: VERMESSUNG - KARTENWERK**

Die mit einem Tachymeter durchgeführte Exaktvermessung der in regelmäßigen Feldbegehungen kartierten und abgesteckten, bodenbedingten Bestandesunterschiede wurden in Koordinatenlisten bzw. -dateien (Punktnummer, Hoch- und Rechtswerte) zeitlicher und thematischer Untergliederung dokumentiert. Jegliche Flächeninformation wird innerhalb des örtlichen Koordinatensystems durch die exakte räumliche Zuordnung definiert.

**Karten unterschiedlicher thematischer Inhalte** und maßstäblicher Ausführung wurden flächendeckend für den Versuchsbetrieb Wiesengut als einzelne Schlagkarten oder Detailausschnitte (Feldversuchsflächen) angefertigt. Die Koordinaten zukünftiger Feldversuchsflächen können anhand dieser Unterlagen berechnet und tachymetrisch im Feld festgelegt werden.

### **KRITERIENKATALOG: LUFTBILDAUFNAHMEN**

Für die Erfassung der Flächenheterogenität wurden mehrere Luftbildflüge durchgeführt (multitemporal). Die erstellten Luftbildaufnahmen bildeten einen unverzichtbaren Bestandteil der Auswertung. Im Vergleich verschiedener Film-Filter-Kombinationen (multispektrale Aufnahmen) waren handelsübliche Farbumkehrfilme für das Untersuchungsziel bereits sehr gut geeignet. Infrarotaufnahmen bieten zwar ebenfalls geeignete Interpretationshilfen, haben aber für das Untersuchungsziel und die visuelle Auswertung keine zusätzlichen Sachinformationen erfaßt.

### **KRITERIENKATALOG: UNIFORMITÄTSDATEN**

Für ein Fläche von ca. 1,5 ha wurden manuelle Uniformitätsernten durchgeführt. Die Erntedaten wurden graphisch in Bestandeskonturkarten dargestellt. Datenlisten mit den Kenn- und Streuungsdaten der Parameter stehen für zukünftige Versuchsansteller zur Verfügung.

Die relativen Variationskoeffizienten ( $s\%$ ) der Korn- und Biomasseerträge von Getreide nahmen Werte zwischen 10 und 25 ein und konnten bei Auswahl homogener Flächen auf 3 - 10 gesenkt werden. **Interannuelle Korrelationskoeffizienten** der Erträge heterogener Flächen lagen zwischen 0,2 und 0,8 und bei visuell weitgehend homogenen Flächen zwischen 0 und 0,5. Dabei wiesen ertragsschwache Standorte und winterannuelle Getreidearten höhere Streuungswerte und interannuelle Korrelationskoeffizienten auf. Damit ist die Korrelation der Parameter von mehrjährigen Uniformitätsernten auf gleicher Fläche nicht ausreichend mit Uniformitätsdaten bodenbedingter Prüfgliedifferenzen korrigierbar.

Die Uniformitätsdaten der weitgehend homogenen Flächen des Versuchsbetriebes Wiesengut zeigen Streuungsmaße und interannuelle Korrelationen, die denen in der Literatur aufgeführten Untersuchungsergebnissen anderer Versuchsstandorte gleichkommen. Die erstellte Datenbasis erlaubt zukünftigen Versuchsanstellern die Beurteilung der in Feldversuchen auf diesen Flächen erzielbaren Präzision und die testweise Auswertung variiertes Versuchsanlagen für die Auswahl effizienter Anlageformen.

Der Abgleich zwischen erforderlicher oder erwünschter **Präzision** zur signifikanten Differenzierung zwischen **Prüfgliedmittelwerten** und der vorhandenen Bodenheterogenität kann näherungsweise bei entsprechenden Vorgaben anhand der Uniformitätsdaten durch den Versuchsansteller vorgenommen werden. Zu hohe Anforderungen von Seiten der Formalstatistik stehen auch nach Untersuchungen anderer Autoren nicht im Einklang mit den in der Realität des Feldversuchswesens erzielbaren homogenen Umweltbedingungen.

Die im Rahmen der Uniformitätsuntersuchungen erstellte Datenbasis ist in der erstellten Art einzigartig. Zukünftigen Versuchsanstellern wird ein umfangreiches Datenmaterial an die Hand gegeben, das die optimierte Entwicklung von Anlagemethode und Auswerteverfahren standortspezifisch vor Beginn der Durchführung des eigentlichen Feldversuches erlaubt.

Bei der Beurteilung der generellen Eignung der eingesetzten Verfahren und Techniken ergeben sich verfahrensbedingte, allgemeine Handlungsempfehlungen:

#### **HANDLUNGSEMPFEHLUNG: KULTURSPECIFISCHE INDIKATOREIGNUNG**

Werden heterogene Bodenverhältnisse anhand der Merkmalsdifferenzierung von Pflanzenbeständen charakterisiert, ist die Indikatoreignung der Kulturarten für die Güte der Beurteilung entscheidend. Die kulturspezifische Indikatoreignung ist in Abhängigkeit des verwendeten Erfassungsverfahrens (Feldkartierung, Luftbildaufnahmen) zu beurteilen. Anbausystembedingte Unterschiede des Organischen und des Konventionellen Landbaus sind dabei zu berücksichtigen.

Generell waren in abnehmender **Rangfolge** die angebauten Getreidearten Winterweizen, Winterroggen und Hafer besonders geeignet, Bodenunterschiede zu indizieren. Weitere Rangfolgen der Kultureignung ergeben sich in Abhängigkeit von Erfassungs- oder Aussaatzeitraum.

#### **HANDLUNGSEMPFEHLUNG: VERFAHRENEIGNUNG**

**Vermessung:** Flächeninformationen jeglicher Art müssen auf einem einheitlichen räumlichen Bezugssystem basieren. Voraussetzung für exakte räumliche Zuordnungen ist der Einsatz eines Tachymeters oder eines auf einer tachymetrischen Grundvermessung basierenden Orientierungssystems.

**Luftbildaufnahmen:** Kostengünstigste Möglichkeit ist der Einsatz eines Hubschraubers und die Nutzung einer gut ausgerüsteten handelsüblichen Kleinbild-Spiegelreflexkamera. Farbpositiv-Filme entsprechender Qualität sind vollauf zufriedenstellend.

**Uniformitätsernten:** Die effektivste Möglichkeit besteht in der Nutzung der vorhandenen Erntetechnik (Parzellenmähdrescher) zur maschinellen kleinräumigen Beerntung von Getreidebeständen in 5 bis 10 m langen Teilstücken, die der angestrebten Parzellendimensionierung entspricht.

#### **HANDLUNGSEMPFEHLUNG: BODEN- ODER BESTANDESKARTIERUNG**

Bodenkarten sind auf heterogenen Böden nur bedingt für die Auswahl von Feldversuchsflächen geeignet. Aufgrund einer nicht möglichen kleinräumigen Auflösung sind Bodenkartierungen prinzipiell mit Nachteilen behaftet. Eine Kartierung von Pflanzenbeständen anhand von Felderhebungen und/oder Luftbildaufnahmen zu entsprechend geeigneten Terminen und Kulturen ermöglicht eine wesentlich treffgenauere Beurteilung und Erfassung der Bodenheterogenität. Bestandenserhebungen können Bodenbeprobungen nicht ersetzen, ermöglichen aber eine wesentlich effizientere und zielsicherere Durchführung.

#### **HANDLUNGSEMPFEHLUNG: VERSUCHSBETRIEBE**

Die Bewirtschaftung von Versuchsbetrieben hat entscheidenden Einfluß auf die Homogenität von Feldversuchsflächen. Insbesondere für Versuchsbetriebe, die nach den Prinzipien des Organischen Landbaus bewirtschaftet werden, ergeben sich höhere Anforderungen. Heterogene Standortbedingungen - als Chance ergriffen - erlauben spezielle Feldversuchsanstellungen, in denen der Boden als Prüffaktor integriert wird. Für die Datenverwaltung und erweiterte Auswertung von Flächendaten bieten sich Geo-Informationssysteme, insbesondere bei komplexen landwirtschaftlichen Betriebssystemen, an.

### **FORSCHUNGSBEDARF: VERSUCHSANLAGEN UND AUSWERTUNG**

Bisherige statistische Auswerteverfahren von Feldversuchen erlauben unter dem Aspekt der Formalstatistik nur eine ungenügend effiziente Berücksichtigung von Bodenunterschieden in Feldversuchen. Alternativ existierende Verfahren, u.a. die Nächst-Nachbarschafts-Analyse, sind bisher für eine Einführung in das pflanzenbauliche Feldversuchswesen nicht anwendungsreif entwickelt. Es erscheint dringend angeraten, geeignete Anlageformen und Auswerteverfahren für Feldversuche auf in der Regel heterogenen Böden bereitzustellen.

### **AUSBLICK**

Für die Optimierung des pflanzenbaulichen Feldversuchswesens auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut wird die Konzeption von **normierten Parzellenrastern** mit gleichbleibenden Punktkoordinaten und quantitativ erfaßter Bodenheterogenität vorgeschlagen. Nach Vorgabe der Drillrichtung werden die Flächen mit einem Parzellenplan versehen, der in normierte Parzellen (Größe bspw. 1,50 x 10 m) mit durchlaufender Kennung aufgeteilt wird. Feldversuche können die gesamte Fläche oder eine anhand der Uniformitätsdaten der einzelnen Normparzellen gezielt ausgewählte Teilflächen einbeziehen.

Dr. Guido HAAS

**AgrarIngenieurbuero Haas** - [www.agrarhaas.de](http://www.agrarhaas.de) Email [g.haas@agrارhaas.de](mailto:g.haas@agrارhaas.de)  
Ökologischer Landbau - Wasserschutz - Ökobilanzen - CO<sub>2</sub> Klimawandel  
Beratung - Planung - Umsetzung - Gutachten - Studien - Vorträge

### **Organic AgroExpertise Consultancy**

[www.agroexpertise.de](http://www.agroexpertise.de) Email [g.haas@agroexpertise.de](mailto:g.haas@agroexpertise.de)  
Organic Farming - Watershed Management - Ecobalances - Climate Change  
Advice - Development - Evaluation - Feasibility studies - Training