

# Meilensteine im Versuchswesen – Bodentrendmodelle

RUDOLF GRAF, FREISING

## **Abstract**

*The accuracy of field experiments is primarily affected by variations of soil conditions. If the size of experiments increases to more than 15 treatments, none of the methods of experimental designs works satisfactory.*

*From the yields of the plots residuals are calculated. A function is adapted, mostly a polynomial up to the fourth degree in  $x$  and  $y$ , modelling the gradient of the residuals. In this way, it can be calculated a correction term for each plot. The terms are used to adjust the experimental plot yields for continuous variations.*

Models remove these effects more thoroughly than any type of experimental designs.

## **1 Einführung**

Die Genauigkeit der Ergebnisse aus landwirtschaftlichen Feldversuchen hängt entscheidend von der Versuchsfläche ab. Obwohl es eine Vielzahl von Versuchsanagemethoden für die verschiedensten versuchstechnischen Problemstellungen gibt, setzen sie alle Homogenität der Fläche innerhalb der (Teil-) Blocks voraus. Diese Voraussetzung kann aber -zu mindest unter bayerischen Verhältnissen- bei umfangreichen und/oder komplexen Versuchen mit mehr als 15 Versuchsgliedern kaum erfüllt werden. Insbesondere faktorielle Sortenversuche erreichen mehr als 100 Prüfglieder je Wiederholung. Hier versagen alle bekannten Anagemethoden und nur durch den Einsatz von Bodentrendmodellen lassen sich zuverlässige Ergebnisse erzielen.

## **2 Inhomogenität von Versuchsflächen**

Die größte Variabilität hinsichtlich der wachstumsbestimmenden Faktoren eines Feldes liegt in der Wasserführung begründet. Diese Verhältnisse können sich auf einer Fläche sehr kleinräumig (unter 50 Meter) drastisch ändern. Zusätzlich oder verstärkend treten an hängigem Gelände Störeinflüsse durch Oberflächenwasser oder Erosion auf. Die genannten Ursachen gehören zu den kontinuierlich sich verändernden auf einer Fläche. Verzerrungen durch Strukturschäden, Vorfrucht- oder Behandlungseffekte aus zurückliegenden Jahren ändern sich hingegen diskret, d.h. „scharfrandig“.

## **3 Ausgleich von Inhomogenitäten durch Anagemethoden**

Die traditionellen statistischen Anlage-Methoden im Feldversuchswesen versuchen durch Randomisierung, d.h. zufälliger Verteilung, der wiederholt angelegten Prüfglieder auf der Fläche eine Benachteiligung auszugleichen. Der Zufall lässt aber - wie der Name schon sagt- alle möglichen Konstellationen zu; so z.B. auch, dass bei 3 Wiederholungen ein und das selbe Prüfglied „zufällig“ 3 mal auf einem ungünstigen Teil des Prüffeldes liegt. Andererseits wird bei speziellen Anagemethoden durch (Teil-) Blockbildung versucht, große Unterschiede auf der Gesamtfläche auf kleinere Unterschiede innerhalb der Teilflächen zu reduzieren. Allerdings stoßen alle ihre Methoden an ihre Grenzen, sobald, bedingt durch eine große Prüfgliedzahl, auch die (Teil-) Blöcke groß und damit in sich inhomogen werden. Zudem ist meist a' priori nicht bekannt, wie die Verhältnisse auf der Gesamtfläche variieren. Gerade bei der bedeutendsten Störgröße, nämlich der Wasserführung des Bodens, ist ein starker Jahreseffekt vorhanden, so dass die beste Lage der Blöcke erst im nachhinein festgelegt werden könnte. Die bisher gängigen Methoden, flächenbedingte Verzerrungen im nachhinein zu korrigieren, bestehen entweder in der rasterhaften, großflächigen Korrektur (Block- bzw. Gitteranlagen)

oder aber durch Eliminieren von Werten aus inhomogenen Teilflächen. Die Ergebnisse daraus sind aber so oder so unbefriedigend.

#### **4 Ausgleich durch Bodentrendmodelle**

Die beschriebenen Probleme können durch den Einsatz geeigneter Bodentrendmodelle vielfach gelöst werden. Dabei werden im Nachhinein die Werte der Einzelparzellen dahingehend analysiert, ob sich auf der Fläche systematische, d.h. kontinuierliche Verzerrungen erkennen lassen. Sodann wird ein Ausgleich über die gesamte Fläche vorgenommen, der theoretisch die Versuchsfläche im nachhinein vollständig homogenisiert. Entscheidend ist dabei, dass dieser Ausgleich kontinuierlich über die gesamte Versuchsfläche vorgenommen wird – entgegen der üblichen Versuchsanlagenmethoden, die nur diskrete Abstufungen ermöglichen. Die wachstumsbestimmenden Faktoren eines Feldes ändern sich aber naturgemäß kontinuierlich.

#### **5 Funktionsweise von Bodentrendmodellen**

Die Versuchsdaten werden dem Lageplan zugeordnet, in dem maßstabgetreu Hoch- und Rechtswerte (x- und y-Koordinaten) erfasst werden. Da die Prüfglieder jeweils mehrfach wiederholt sind, kann geprüft werden, wie sich die Residuen (Abweichungen von den Erwartungswerten) auf der Fläche verteilen. Wenn systematische Trends erkennbar sind, wird eine mathematische Funktion - meistens ein Polynom in  $x$  und  $y$  bis 4. Grades - durch Kleinst-Quadrat-Minimierung angepasst. Zusätzlich werden Nebenbedingungen berücksichtigt wie die Zahl der durch die verschiedenen möglichen Funktionen „verbrauchten“ Freiheitsgrade oder die Randbereiche der Versuchsfläche. Das zugrunde gelegte Koordinatensystem hat als Rastereinheit die Parzellenbreite. Eine Versuchsparzelle von z. B. 1.50 m x 7.50 m wird als zusammengesetzte Fläche aus 5 Teilflächen 1.5 m x 1,5 m betrachtet. Der Parzellenertrag ist für jede dieser Teilflächen der gleiche. Die Korrektur aber wird aufgrund der kontinuierlich verlaufenden Funktion für jede der 5 Teilflächen bestimmt und daraus ein Korrektur-Mittelwert für die Parzelle berechnet.

#### **6 Grenzen von Bodentrendmodellen**

Bodentrendmodelle lassen sich immer dann vorteilhaft einsetzen, wenn sich die Bodenverhältnisse auf der Versuchsfläche kontinuierlich ändern. Zuverlässige Korrekturfaktoren können nur bei Versuchen mit mindestens 3 Wiederholungen berechnet werden. Die rechnerische Korrektur von Felddaten stellt immer nur einen „Notbehelf“ dar, um an sich brauchbare Feldversuche „zu retten“. Sie können nicht die gewissenhafte Auswahl der Versuchsfläche und die sorgfältige Planung und Durchführung der Versuche ersetzen. Gänzlich versagen Bodentrendmodelle bei diskreten, stufenweisen Veränderungen innerhalb der Versuchsfläche, Behandlungsfehlern oder Randeffekten.

#### **7 Beispiel**

An nachfolgendem Beispiel, dessen Daten aus einem offiziellen Sortenversuch stammen, wird die Anwendung einer Bodentrendbereinigung (vereinfacht) gezeigt. Der Versuch war als Blockanlage angelegt. Die Varianzanalyse (Bild 1) liefert einen enormen Versuchsfehler, so dass sich ein F-Wert kleiner 1 ergibt. Bild 2 zeigt die Abweichungen von den Erwartungswerten, bzw. die für jedes Flächenraster ermittelten Korrekturwerte. Die Blockeinteilung war im Versuch „waagrecht“. Wäre die Blockeinteilung „senkrecht“ vorgenommen worden, könnten die in x-Richtung systematisch verlaufenden Bodenunterschiede zumindest teilweise auch durch die Varianzursache „Block“ ausgeglichen werden. Dennoch wären auch hier noch deutliche Unterschiede innerhalb der Blöcke. Die Varianzanalyse mit den nach Bodentrend-

modell bereinigten Felddaten (Bild 3) liefert ein brauchbares Versuchsergebnis und lässt eine gerechte und zutreffende Beurteilung aller Prüfglieder zu.

### Bild 1

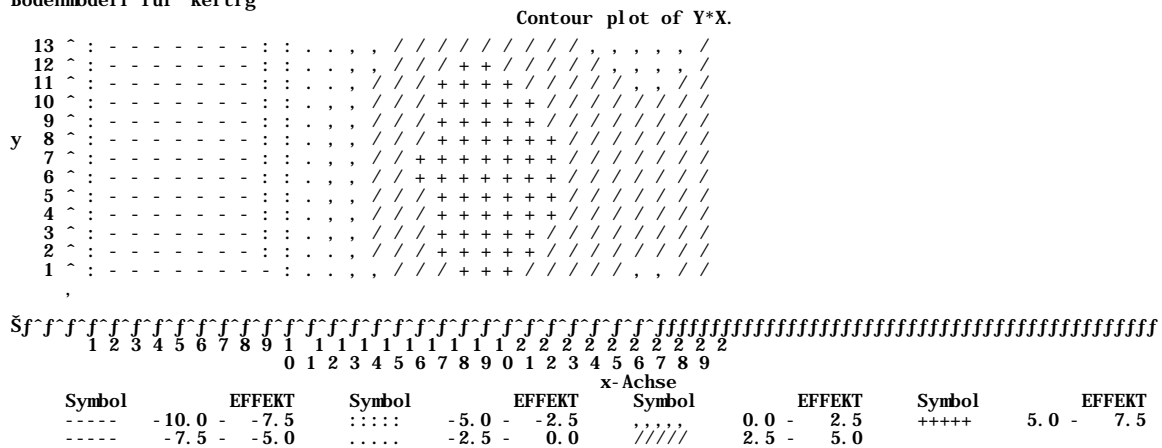
General Linear Models Procedure

Dependent Variable: KERTRG

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr
> F					
Model	30	763.49149425	25.44971648	0.66	
Error	56	2160.18252874	38.57468801		
Corrected Total	86	2923.67402299			
Mean	R-Square	C. V.	Root MSE		KERTRG
40.45632184	0.261141	15.35199	6.21085244		
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr
> F					
SORTE	28	748.81402299	26.74335796	0.69	
WDH	2	14.67747126	7.33873563	0.19	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr
> F					
SORTE	28	748.81402299	26.74335796	0.69	
WDH	2	14.67747126	7.33873563	0.19	

### Bild 2

Bodenmodell für kertrg



### Bild 3

Varianzanalyse der um den Bodentrend bereinigten Daten

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: BOFILT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr
> F					
Model	28	702.42581902	25.08663639	6.58	
Error	58	221.16656083	3.81321657		
Corrected Total	86	923.59237984			
Mean	R-Square	C. V.	Root MSE		BOFILT
40.45632184	0.760537	4.826800	1.95274590		
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr
> F					
SORTE	28	702.42581902	25.08663639	6.58	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr
> F					
SORTE	28	702.42581902	25.08663639	6.58	