



# **Analyse eines On-Farm-Experiments am Beispiel der Wirkung von Fungizidbehandlungen im Stadium der Rapsblüte (BBCH 65)**

Dominik Dicke und Andreas Buechse

dominik.dicke@rpgi.hessen.de

andreas.buechse@basf.com

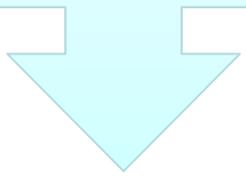
## EINLEITUNG

- Beratungsempfehlungen für die Praxis basieren auf Versuchsdaten
- Anlage von Kleinparzellenversuchen an verschiedenen Orten im Beratungsgebiet
- Begrenzte Anzahl an Wiederholungen / Problem der Erfassung eines repräsentativen Pflanzenbestandes
- Begrenzte Anzahl an Versuchsstandorten

**Ziel:  
Präzise Versuchsergebnisse / Übertragbarkeit auf  
Praxisverhältnisse**



**Wie kann Präzision mit Praxisnähe  
vereinbart werden ???**



**On-Farm-Experimente  
(OFE) !!!**

## Einordnung von OFE-Versuchen ?

Versuche unter Produktionsbedingungen, wissenschaftliche Zielstellung, Einhaltung der Grundsätze einer wissenschaftlichen Arbeitsweise

### **Was wird geprüft?**

- ⇒ Bewertung von Ergebnissen unter Praxisbedingungen, die im Gewächshaus, Labor oder Parzellenversuchen erhoben wurden
- ⇒ Prüfung von Fragestellungen, die nur unter Praxisbedingungen getestet werden können / sollten

#### **Dadurch:**

Erweiterter Aussagebereich und Vorteil gegenüber den vorgelagerten Versuchstypen

## Unterschiede und Gemeinsamkeiten gegenüber Parzellenversuchen ?

Unterschied 1: Aus Sicht der Versuchsanlage wesentlich größere Fläche

Unterschied 2: Große Anzahl an Messwerten (mit Ortsbezug) je Parzelle

### Gemeinsamkeiten:

- dienen der Entscheidungsunterstützung
- Anspruch an statistische Präzision



**Der Acker wird zum Versuchsfeld**

**Der Landwirt legt den Versuch mit seiner  
Maschinenausstattung selbst an**

**Technik erfasst notwendige Daten (abhängig von  
Versuchsfrage)**

**Der Experte betreut, verrechnet Daten, erhebt  
Ergebnisse, zieht Rückschlüsse**

## FALLBEISPIEL 1

# Einfluss der Blütenbehandlung auf Ertrag von Winterraps

## Informationen zur Versuchsfläche:

**Betrieb:** Werner und Jürgen Schneider (Grund-Schwalheim, Wetterau)

**Schlag:** „Im kleinen Feld“, ca. 6 ha

**Höhe:** 140 m über NN

**Boden:** Lehm bis toniger Lehm, Bodenpunkte: 55

Datum	Maßnahme (nur Pflanzenschutz)
26.08.08	Aussaat (Galileo)
02.09.08	Unkrautbekämpfung (2l Butisan Top /ha)
08.10.08	0,45l ha Folicur, 0,35l Caramba 0,6 l Agil, 0,1l Fastac
23.03.09	0,3l /ha Decis
02.04.09	0,125l Talstar, 0,55l Caramba, 0,30 l Folicur
15.04.09	0,3 l Biscaya
<b>22.04.09</b>	<b>Blütenbehandlung nach Versuchsplan* + Insektizid (0,3l Biscaya) über alle Varianten</b>

\* Aufwandmenge: 400l Wasser, Fahrgeschwindigkeit: 4 km/h; 0,25er Düse



Ernte: (27. Juli 2009)

















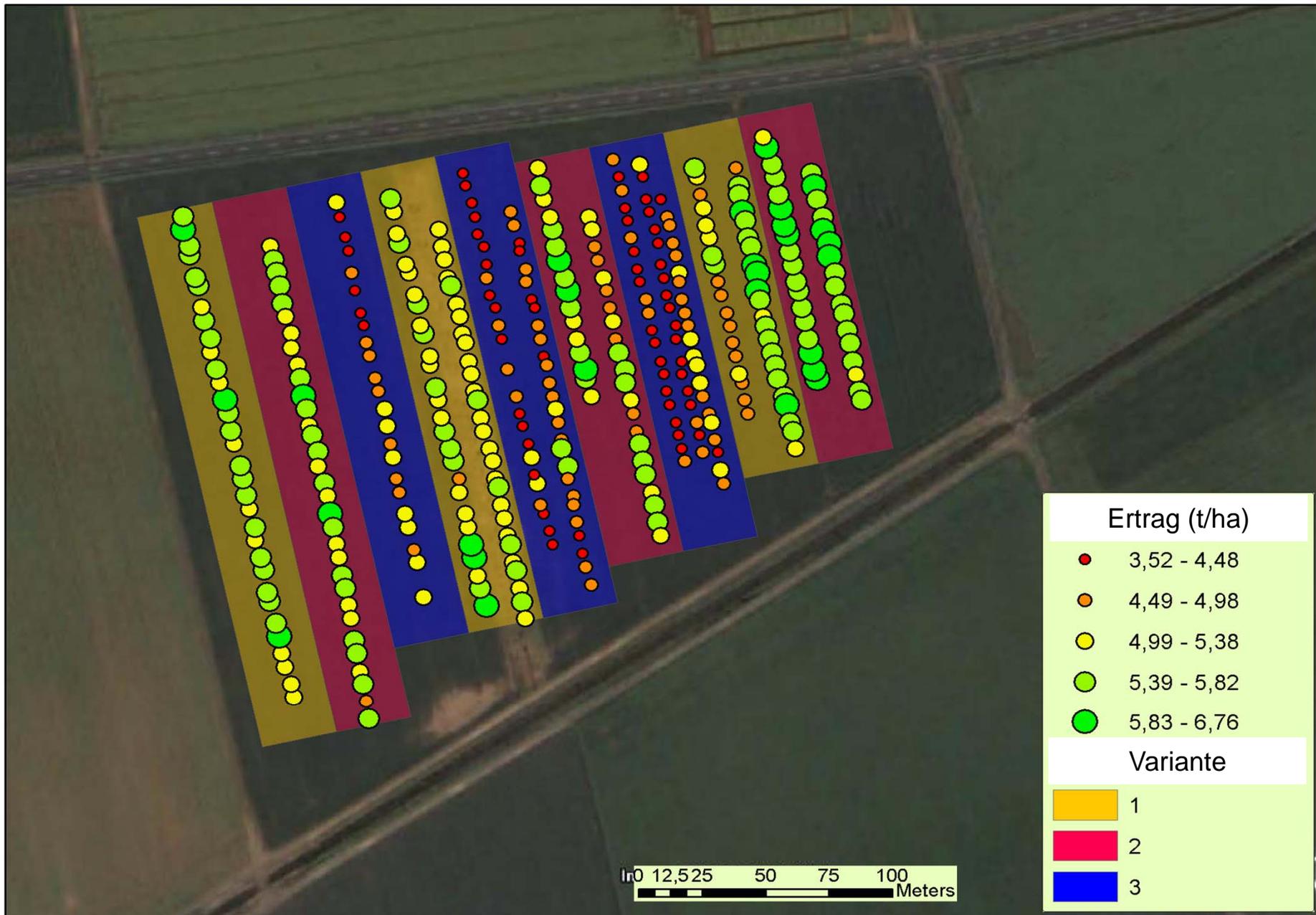


Abbildung 4: Versuchsanlage mit Ertragsmesspunkten

## Exemplarischer Ausschnitt einer Verrechnungstabelle

GPS (y)	GPS (x)	Block	Variante	Ertrag
50,4136	8,9176	1	1	5,9
50,4137	8,9176	1	1	5,7
50,4137	8,9176	1	1	5,8
50,4138	8,9176	1	1	5,9
50,4138	8,9175	1	2	5,6
50,4139	8,9175	1	2	5,5
50,4140	8,9175	1	2	5,7

**Problem:** Wiederholte Messungen innerhalb Parzelle sind nicht voneinander unabhängig: Keine „**echten Wiederholungen**“

**Lösung:**

1. Entweder Auswertung als Blockanlage mit den Mittelwerten der Parzellen oder
2. Berücksichtigung der Korrelation zwischen den Messpunkten mit einem geostatistischen Modell

# Versuchsfrage und Gültigkeitsbereich

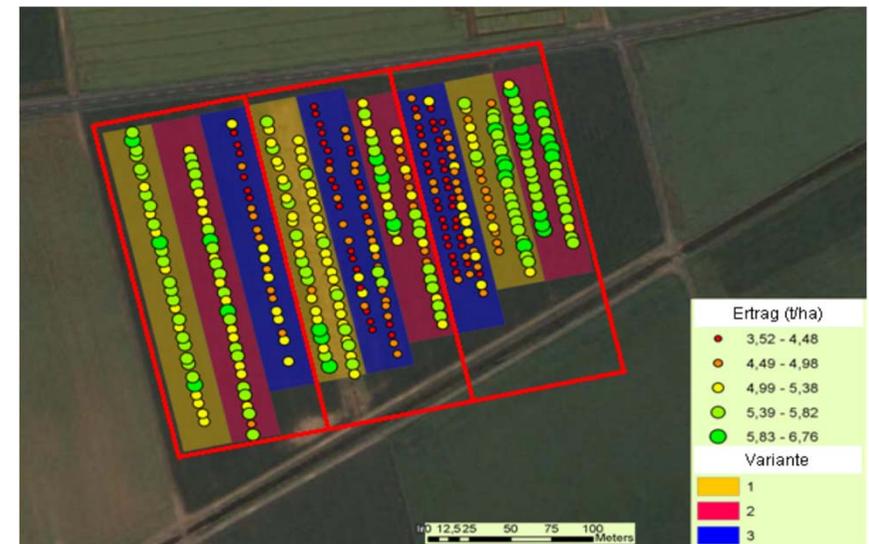
Wirkung zweier Fungizide, appliziert zur Rapsblüte, auf den Kornertrag von Winterraps im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

Nullhypothese:

*unbehandelt = Fungizid 1 = Fungizid 2.*

Einzelversuch -> Gültigkeitsbereich auf die Bedingungen des Standortes und Witterung des Versuchsjahres begrenzt.

Neben dem Variantenvergleich diene der Versuch dem Ziel, Erfahrungen mit der Versuchsmethodik zu gewinnen.



# Planfaktoren und Störfaktoren

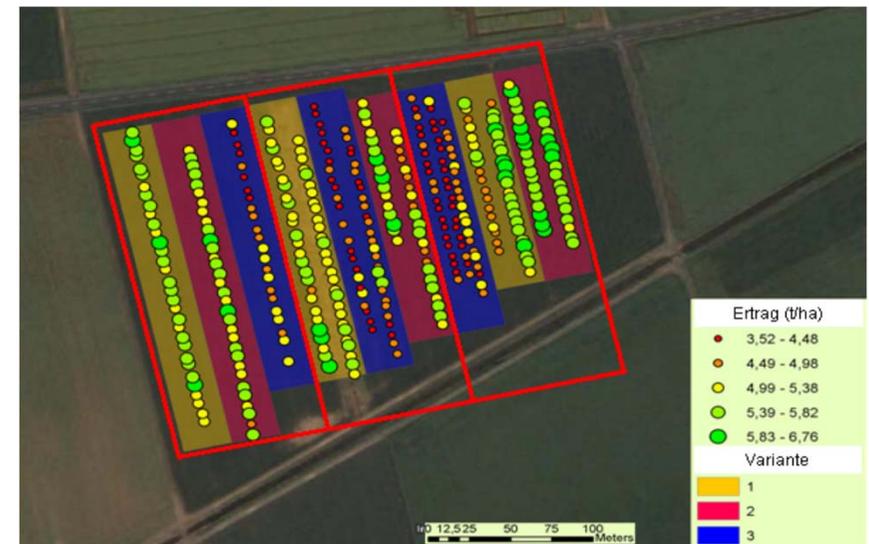
Drei Behandlungsvarianten:

- (1) Einsatz Fungizid *Proline* zur Vollblüte
- (2) Einsatz Fungizid *Harvesan* zur Vollblüte
- (3) unbehandelte Kontrolle.

Ansonsten einheitliche, betriebsübliche Führung des Winterrapsbestands bis zum Zeitpunkt der Vollblüte (EC 65).

Designeffekte: Wiederholung der Varianten in 3 vollständigen Blocks.

6 ha große Fläche (Lehm/toniger Lehm, 50-55 Bodenpunkte) Bodenunterschiede sind zu erwarten, wurden jedoch nicht sensorisch erfasst.



# Versuchsanlage

Randomisierte vollständige Blockanlage  
mit drei Wiederholungen

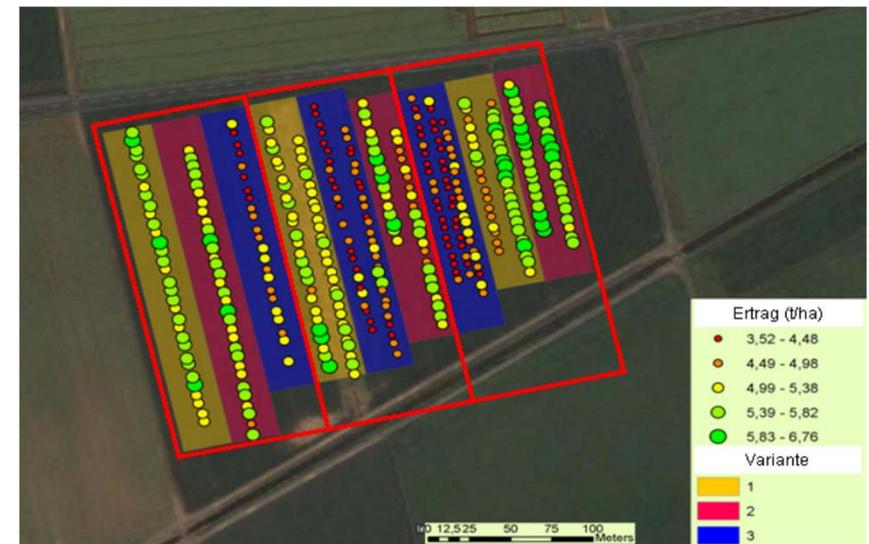
Parzellenbreite 30 m

Parzellenlängen orientierten sich an der  
Feldgeometrie: Nettoparzellenlänge  
westlich ca. 240 m, östlich, ca. 120 m

Vorgewende (nicht zum Versuch gehörig)  
Breite 27 m

Landwirt legte die Varianten gemäß des  
Versuchsplanes mit einer  
handelsüblichen 15 m Feldspritze an

Fungizide wurden am 22.04.2009 im  
Stadium der Vollblüte (EC 65) mit 400 l  
Wasser, bei einer Fahrgeschwindigkeit  
von 4 km/h unter Verwendung von  
0,25er Düsen appliziert.



## Ernte und Datenerfassung

Zur Ernte (27.07.2009) wurden die Parzellen im Kerndrusch mit GPS-Ertragserfassung (System Class/Agrocom) geerntet.

Innerhalb einer Parzelle wurden 1 bis 3 Spuren gedroschen.

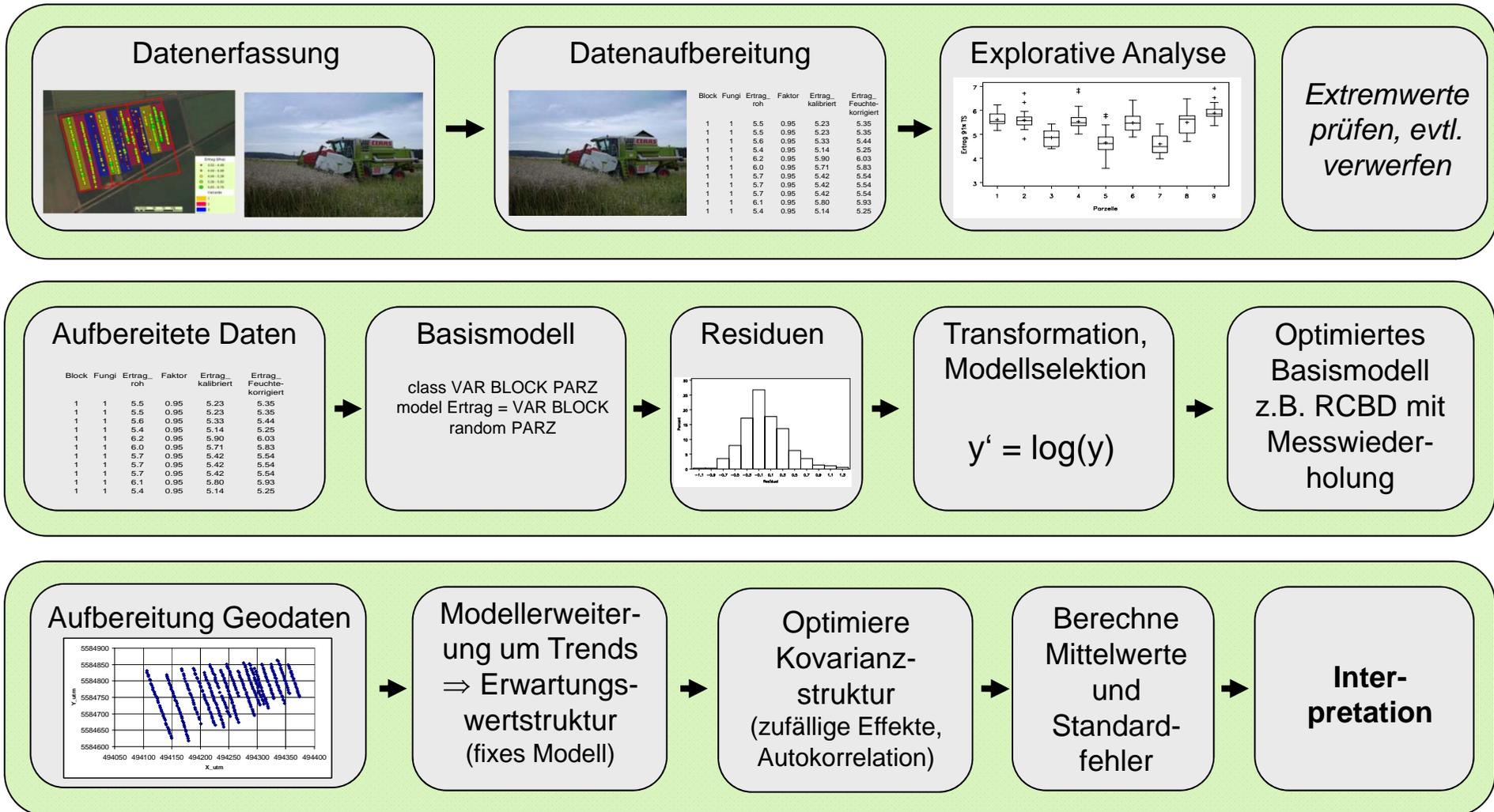
nur ein Mähdrescher verwendet!

Die jeweils ersten sechs Ertragsmesspunkte bei den Einfahrten in die Parzellen wurden verworfen.



LN	GPS Nord	GPS Ost	Uhrzeit	Block	Fungi	Ertrag_
1	N50.4136502	E8.9176666	194609	1	1	5.5
2	N50.4137014	E8.9176504	194614	1	1	5.5
3	N50.4137663	E8.9176171	194619	1	1	5.6
4	N50.4138175	E8.9176000	194624	1	1	5.4
5	N50.4138824	E8.9175838	194629	1	1	6.2
6	N50.4139336	E8.9175667	194634	1	1	6.0
7	N50.4140156	E8.9175325	194639	1	1	5.7
8	N50.4140497	E8.9175163	194644	1	1	5.7
9	N50.4141351	E8.9175001	194649	1	1	5.7
10	N50.4141829	E8.9174830	194654	1	1	6.1
11	N50.4142478	E8.9174497	194659	1	1	5.4
12	N50.4142990	E8.9174497	194704	1	1	5.9

# Prozess der Datenanalyse für georeferenzierte Ertragserfassung



# Datenaufbereitung

LN	GPS Nord	GPS Ost	Block	Fungi	Ertrag_ roh
1	N50.4136502	E8.9176666	1	1	5.5
2	N50.4137014	E8.9176504	1	1	5.5
3	N50.4137663	E8.9176171	1	1	5.6
4	N50.4138175	E8.9176000	1	1	5.4
5	N50.4138824	E8.9175838	1	1	6.2
6	N50.4139336	E8.9175667	1	1	6.0
7	N50.4140156	E8.9175325	1	1	5.7
8	N50.4140497	E8.9175163	1	1	5.7
9	N50.4141351	E8.9175001	1	1	5.7
10	N50.4141829	E8.9174830	1	1	6.1
11	N50.4142478	E8.9174497	1	1	5.4
12	N50.4142990	E8.9174497	1	1	5.9
13	N50.4143673	E8.9174164	1	1	5.4
14	N50.4144186	E8.9174002	1	1	5.8
15	N50.4144834	E8.9173831	1	1	5.9
16	N50.4145313	E8.9173669	1	1	5.7
17	N50.4146166	E8.9173336	1	1	5.3
18	N50.4146644	E8.9173165	1	1	5.8
19	N50.4147327	E8.9173003	1	1	6.0
20	N50.4147840	E8.9172832	1	1	6.2
21	N50.4148489	E8.9172499	1	1	5.6
22	N50.4149001	E8.9172337	1	1	5.7
23	N50.4149650	E8.9172004	1	1	5.6
24	N50.4150162	E8.9172004	1	1	6.0
25	N50.4150845	E8.9171671	1	1	5.7
26	N50.4151357	E8.9171509	1	1	5.5
27	N50.4152177	E8.9171330	1	1	6.1
28	N50.4152484	E8.9171168	1	1	5.7

## Datenaufbereitung



Block	Fungi	Ertrag_ roh	Faktor	Ertrag_ kalibriert	Ertrag_ Feuchte-korrigiert
1	1	5.5	0.95	5.23	5.35
1	1	5.5	0.95	5.23	5.35
1	1	5.6	0.95	5.33	5.44
1	1	5.4	0.95	5.14	5.25
1	1	6.2	0.95	5.90	6.03
1	1	6.0	0.95	5.71	5.83
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	6.1	0.95	5.80	5.93
1	1	5.4	0.95	5.14	5.25

Ertragserfassung parzellenweise anhand realer Wiegungen mit Radlastwaage kalibriert.



# Datenaufbereitung

## Datenaufbereitung



Block	Fungi	Ertrag_ roh	Faktor	Ertrag_ kalibriert	Ertrag_ Feuchte-korrigiert
1	1	5.5	0.95	5.23	5.35
1	1	5.5	0.95	5.23	5.35
1	1	5.6	0.95	5.33	5.44
1	1	5.4	0.95	5.14	5.25
1	1	6.2	0.95	5.90	6.03
1	1	6.0	0.95	5.71	5.83
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	6.1	0.95	5.80	5.93
1	1	5.4	0.95	5.14	5.25

LN	GPS Nord	GPS Ost	Block	Fungi	Ertrag_ roh
1	N50.4136502	E8.9176666	1	1	5.5
2	N50.4137014	E8.9176504	1	1	5.5
3	N50.4137663	E8.9176171	1	1	5.6
4	N50.4138175	E8.9176000	1	1	5.4
5	N50.4138824	E8.9175838	1	1	6.2
6	N50.4139336	E8.9175667	1	1	6.0
7	N50.4140156	E8.9175325	1	1	5.7
8	N50.4140497	E8.9175163	1	1	5.7
9	N50.4141351	E8.9175001	1	1	5.7
10	N50.4141829	E8.9174830	1	1	6.1
11	N50.4142478	E8.9174497	1	1	5.4
12	N50.4142990	E8.9174497	1	1	5.9
13	N50.4143673	E8.9174164	1	1	5.4
14	N50.4144186	E8.9174002	1	1	5.8
15	N50.4144834	E8.9173831	1	1	5.9
16	N50.4145313	E8.9173669	1	1	5.7
17	N50.4146166	E8.9173336	1	1	5.3
18	N50.4146644	E8.9173165	1	1	5.8
19	N50.4147327	E8.9173003	1	1	6.0
20	N50.4147840	E8.9172832	1	1	6.2
21	N50.4148489	E8.9172499	1	1	5.6
22	N50.4149001	E8.9172337	1	1	5.7
23	N50.4149650	E8.9172004	1	1	5.6
24	N50.4150162	E8.9172004	1	1	6.0
25	N50.4150845	E8.9171671	1	1	5.7
26	N50.4151357	E8.9171509	1	1	5.5
27	N50.4152177	E8.9171330	1	1	6.1
28	N50.4152484	E8.9171168	1	1	5.7

Ertragserfassung parzellenweise anhand realer Wiegungen mit Radlastwaage kalibriert.

Frischmasse auf Trocken-substanzgehalt von 91 % korrigiert.

Block	Fungi	Ertrag_ roh	Faktor	Ertrag_ kalibriert	Ertrag_ Feuchte-korrigiert
1	1	5.5	0.95	5.23	5.35
1	1	5.5	0.95	5.23	5.35
1	1	5.6	0.95	5.33	5.44
1	1	5.4	0.95	5.14	5.25
1	1	6.2	0.95	5.90	6.03
1	1	6.0	0.95	5.71	5.83
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54

# Übersicht Kalibrierung

**Datenaufbereitung**

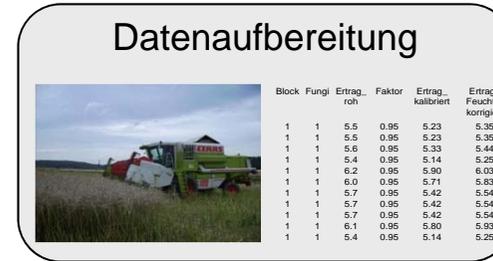


Block	Fungl	Ertrag_ roh	Faktor	Ertrag_ kalibriert	Ertrag_ Feuchte-korrigiert
1	1	5.5	0.95	5.23	5.35
1	1	5.5	0.95	5.23	5.35
1	1	5.6	0.95	5.33	5.44
1	1	5.4	0.95	5.14	5.25
1	1	6.2	0.95	5.90	6.03
1	1	6.0	0.95	5.71	5.83
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	5.7	0.95	5.42	5.54
1	1	6.1	0.95	5.80	5.93
1	1	5.4	0.95	5.14	5.25

Parzelle	Variante	Block	Mittelwert online Ertragserfassung	Radlast- waage	Kalibrier- wert
1	1	1	5.77	5.49	0.95
2	2	1	5.91	5.46	0.92
3	3	1	5.20	4.76	0.92
4	1	2	4.74	5.40	1.14
5	3	2	5.42	4.54	0.84
6	2	2	5.76	5.40	0.94
7	3	3	5.41	4.49	0.83
8	1	3	6.20	5.38	0.87
9	2	3	6.04	5.77	0.96

⇒ Kalibrierwerte sehr variabel! Einfluss der Sensortechnik ist sehr groß!

# Auswertung der Roherträge auf Parzellenebene ohne Kalibrierung



Variante	Mittelwert online Ertragserfassung	Radlast- waage	Kalibrier- wert
1	5.57	5.42	0.986
2	5.90	5.54	0.939
3	5.34	4.59	0.861
LSD 5%	0.95	0.36	0.204

⇒ Hier hoher Fehler durch Online-Ertragserfassung!

# Prüfung der Datenqualität

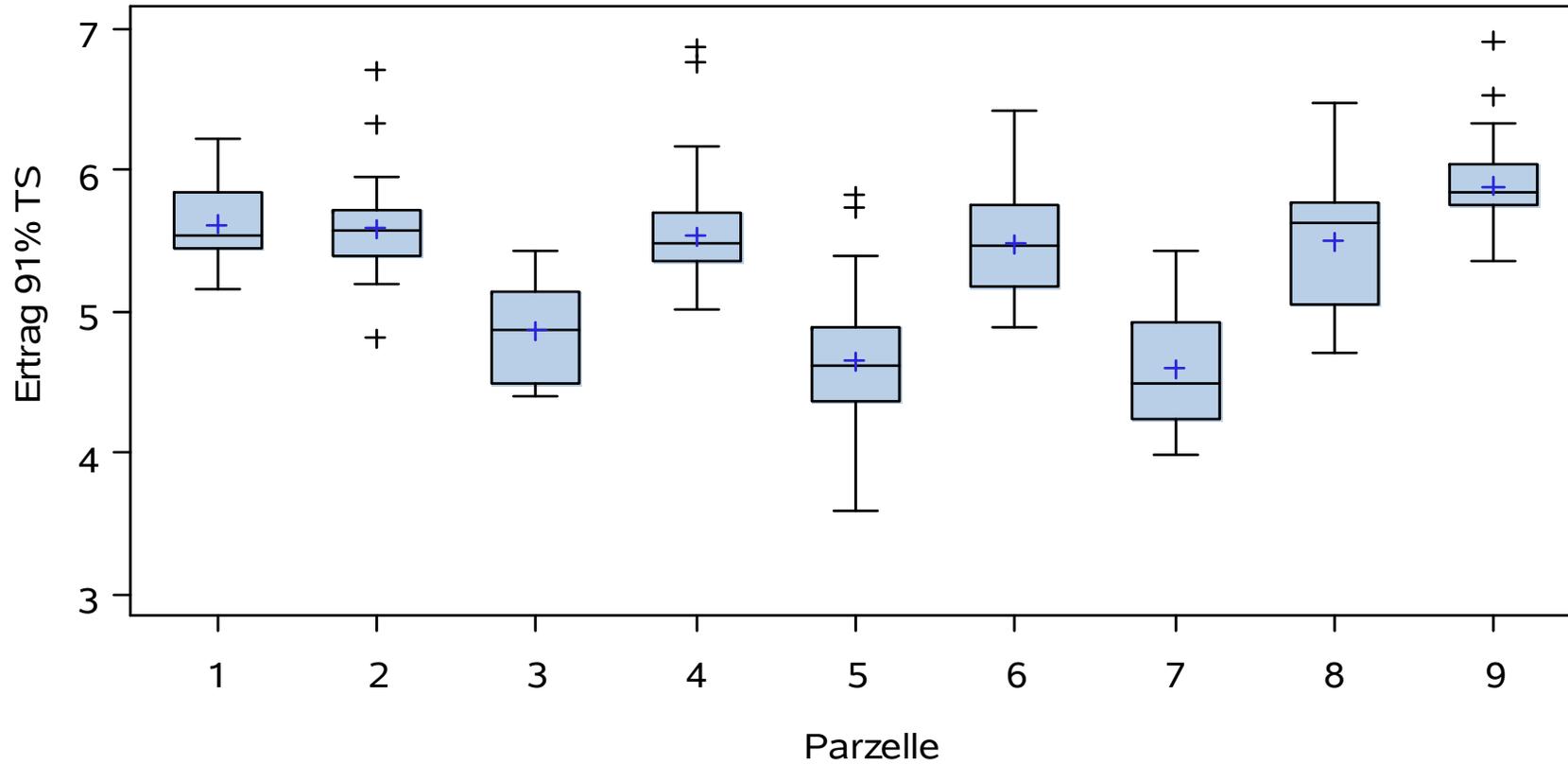
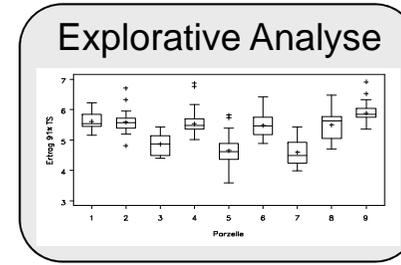
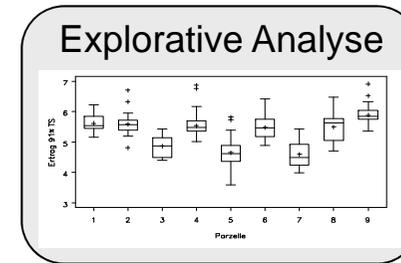


Abb. 2: Boxplot der Erträge [t/ha] in den Parzellen.

# Prüfung der Datenqualität



Mittlerer Ertrag, Minimum, Maximum und Standardabweichung  
 je Parzelle (kalibrierte und Feuchte-korrigierte online-Ertragserfassung)

Parzelle	Block	Variante	N	Mean	Minimum	Maximum	StdDev	CV	z_min	z_max
1	1	1	32	5.61	5.15	6.22	0.26	4.7%	-1.75	2.32
2	1	2	32	5.58	4.81	6.70	0.33	5.9%	-2.33	3.38
3	1	3	23	4.87	4.40	5.43	0.32	6.6%	-1.47	1.74
4	2	1	55	5.54	5.01	6.87	0.34	6.2%	-1.54	3.86
5	2	3	51	4.65	3.60	5.82	0.41	8.9%	-2.54	2.83
6	2	2	38	5.48	4.89	6.42	0.34	6.3%	-1.73	2.72
7	3	3	61	4.60	3.99	5.43	0.41	8.8%	-1.51	2.05
8	3	1	40	5.50	4.70	6.47	0.48	8.7%	-1.67	2.03
9	3	2	35	5.88	5.35	6.91	0.31	5.3%	-1.70	3.29

Kriterium für Ausreißer: 4-sigma-Test ( $-4 < z < 4$ );  $z = (x - \text{mean}) / \text{StdDev}$   
 -> Alle Werte verwendet

# Modellbildung und -selektion

## Basismodell

```
class VAR BLOCK PARZ  
model Ertrag = VAR BLOCK  
random PARZ
```

Wiederholte Messungen innerhalb einer Parzelle sind keine unabhängigen Beobachtungen

weitere Auswertung kann mit Parzellenmittelwerten erfolgen

oder Korrelation zwischen den einzelnen Messpunkten einer Parzelle im Rahmen eines Gemischten Linearen Modells berücksichtigen

REML-Methode, Prozedur MIXED von SAS 9.2.; Standardfehler und Freiheitsgrade mit *Kenward & Roger (2009)*

## Strategie

1. Erwartungswertstruktur (feste Effekte), Varianten, Blocks, Trends
2. Designeffekte, zufällige Effekte
3. Räumliche Korrelationsstruktur für Messwiederholungen in Parzelle

# Modellbildung und Modellselektion

## Erwartungswertstruktur und Designeffekte

*EW0: Ausschließliche Modellierung des fixen Varianteneffekts*

```
class VARIANTE  
model Ertrag = VARIANTE
```

*EW1: Mittelwertbildung je Parzelle und Modell Blockanlage*

```
class VARIANTE BLOCK  
model Mittelwert_Ertrag = VARIANTE BLOCK
```

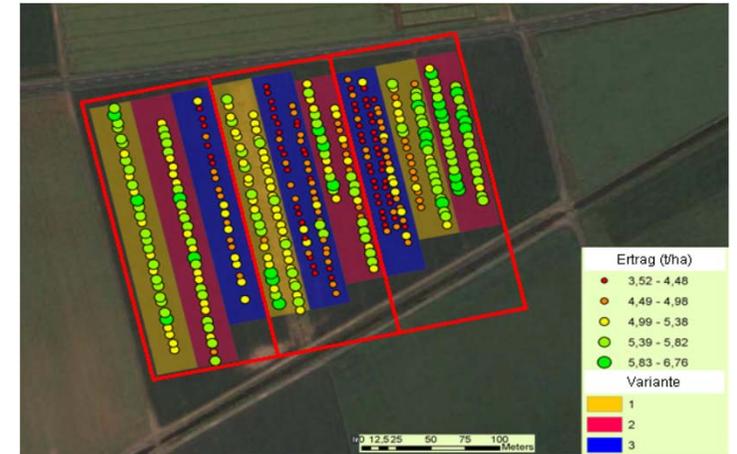
*EW2: „Blockanlage mit Messwiederholung“\**

```
class VARIANTE BLOCK PARZELLE  
model Ertrag = VARIANTE BLOCK  
random PARZELLE
```

*EW3: „Blockanlage mit hierarchischer Struktur der Messwiederholung“ \**

```
class VARIANTE BLOCK PARZELLE DRUSCHSPUR  
model Ertrag = VARIANTE BLOCK  
random PARZELLE PARZELLE*DRUSCHSPUR
```

\* Für alle Paare von Messpunkten wird unabhängig von der Distanz zunächst (!) die gleiche Korrelation angenommen.



# Mittelwerte je Parzelle bilden

## Basismodell

```
class VAR BLOCK PARZ  
model Ertrag = VAR BLOCK  
random PARZ
```

```
Proc sort data = raps;  
  by VARIANTE BLOCK;  
run;
```

```
Proc means data = raps noprint ;  
  by VARIANTE BLOCK;  
  var Ertrag;  
  output out= means mean=Ertrag n=n;  
run;
```

<i>VARIANTE</i>	<i>BLOCK</i>	<i>_TYPE_</i>	<i>_FREQ_</i>	<i>Ertrag</i>	<i>n</i>
1	1	0	32	5.61	32
1	2	0	55	5.54	55
1	3	0	40	5.50	40
2	1	0	32	5.58	32
2	2	0	38	5.48	38
2	3	0	35	5.88	35
3	1	0	23	4.87	23
3	2	0	51	4.65	51
3	3	0	61	4.60	61

**Basismodell**

```
class VAR BLOCK PARZ
model Ertrag = VAR BLOCK
random PARZ
```

## Varianzanalytische Auswertung der Parzellen-Mittelwerte (Modell EW1)

```
PROC MIXED data= work.means lognote;
  class VARIANTE BLOCK ;
  model Ertrag = VARIANTE BLOCK
    /ddfm=KENROG (firstorder) outp=RES1;
  lsmeans VARIANTE BLOCK/ pdiff cl ;
  ods output lsmeans=lsmeans diffs=diffs;
run;
quit;
```

VARIANTE	BLOCK	_VARIANTE	_BLOCK	Estimate	StdErr	DF	Probt	Lower	Upper	half_CL
1	_	2	_	-0.0999	0.1326	4	0.4930	-0.4680	0.2682	0.36812
1	_	3	_	0.8453	0.1326	4	0.0031	0.4772	1.2134	0.36812
2	_	3	_	0.9452	0.1326	4	0.0020	0.5771	1.3133	0.36812
_	1	_	2	0.1329	0.1326	4	0.3729	-0.2352	0.5010	0.36812
_	1	_	3	0.0279	0.1326	4	0.8435	-0.3402	0.3960	0.36812
_	2	_	3	-0.1050	0.1326	4	0.4728	-0.4731	0.2631	0.36812

**LSD<sub>5%</sub> = 0.37 t/ha**

## Varianzanalytische Auswertung der Einzelwerte (Modell EW2)

### Basismodell

```
class VAR BLOCK PARZ  
model Ertrag = VAR BLOCK  
random PARZ
```

```
PROC MIXED data= work.raps lognote;  
  class VARIANTE BLOCK ;  
  model Ertrag = VARIANTE BLOCK  
    /ddfm=kr(firstorder) htype=3 outp=RES2 ;  
  random VARIANTE*BLOCK;  
  lsmeans VARIANTE / pdiff cl ;  
  ods output lsmeans=lsmeans diffs=diffs;  
run;
```

VARIANTE	_VARIANTE	Estimate	StdErr	DF	Probt	Lower	Upper	half_CL
1	2	-0.0994	0.1319	3.96	0.4934	-0.4671	0.2683	0.36771
1	3	0.8512	0.1315	3.89	0.0032	0.4819	1.2206	0.36933
2	3	0.9506	0.1322	3.98	0.0020	0.5828	1.3185	0.36786

**LSD<sub>5%</sub> = 0.37 t/ha**

Basismodell

```
class VAR BLOCK PARZ  
model Ertrag = VAR BLOCK  
random PARZ
```

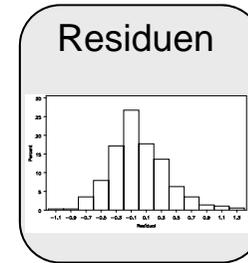
## Varianzanalytische Auswertung der Einzelwerte (Modell EW3)

```
PROC MIXED data= work.raps lognote;  
  class VARIANTE BLOCK Druschspur;  
  model Ertrag_Feuchtekorrigiert = VARIANTE BLOCK  
    /ddfm=kr(firstorder) htype=3 outp=RES3 ;  
  random VARIANTE*Block VARIANTE*BLOCK*Druschspur ;  
  lsmeans VARIANTE / pdiff cl ;  
  ods output lsmeans=lsmeans diffs=diffs;  
run;
```

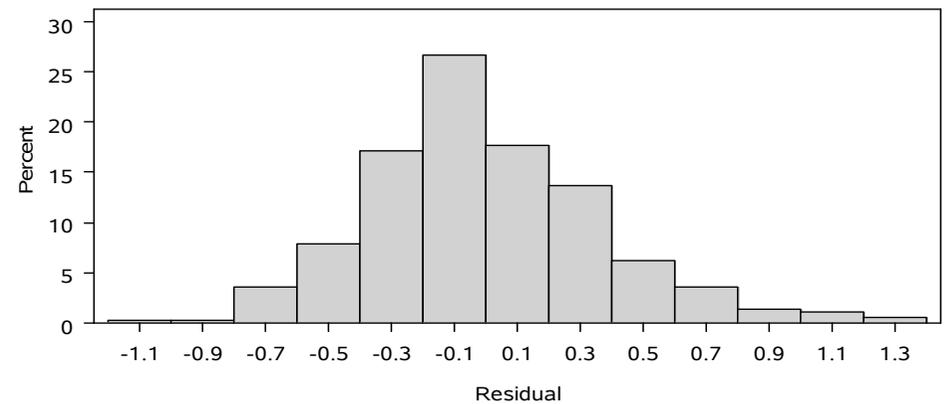
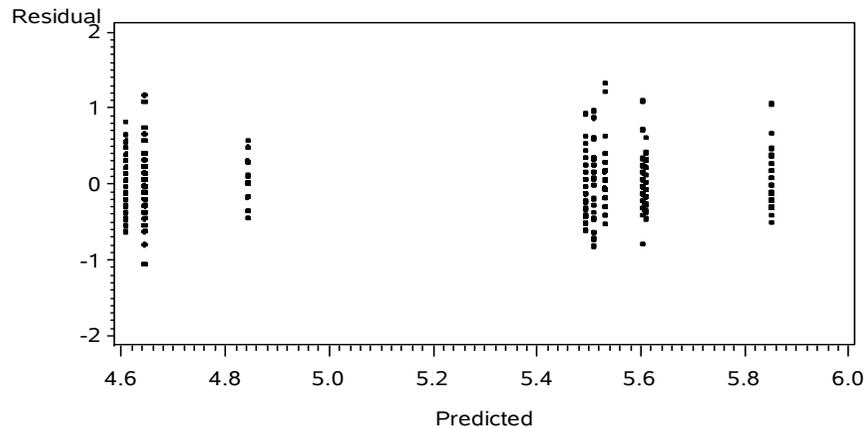
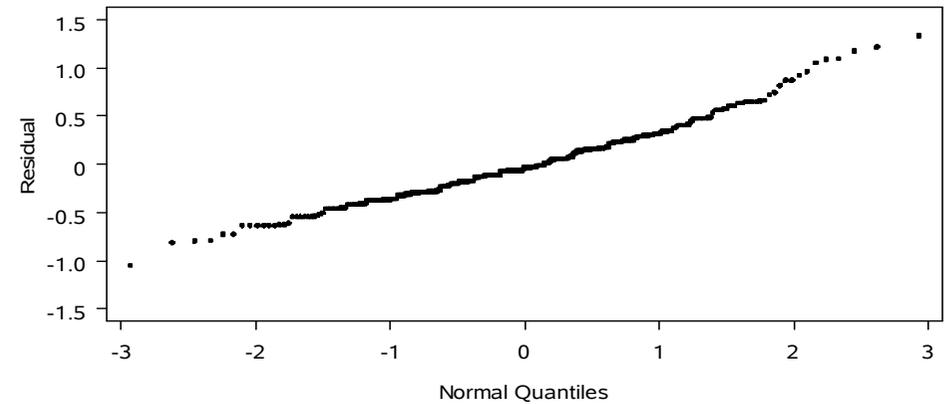
VARIANTE	_VARIANTE	Estimate	StdErr	DF	Probt	Lower	Upper	half_CL
1	2	-0.1426	0.1628	10.9	0.4000	-0.5013	0.2162	0.35875
1	3	0.8753	0.1560	10.8	0.0002	0.5311	1.2196	0.34427
2	3	1.0179	0.1567	11	<.0001	0.6729	1.3629	0.34500

**LSD<sub>5%</sub> = 0.34 bis 0.36 t/ha**

# Plot der Residuen aus Modell EW2



```
Proc Gplot data=Res2;  
  plot Resid*pred;  
  symbol value=dot h=0.3;  
run;  
Proc Univariate data=Res2 normal plot;  
  var Resid;  
  qqplot / normal;  
  histogram;  
run;
```



**Varianzhomogen und normalverteilt, keine Datentransformation notwendig**

# Modellvergleich

## Basismodell

```
class VAR BLOCK PARZ  
model Ertrag = VAR BLOCK  
random PARZ
```

Modell	AIC	BIC	S <sup>2</sup> <sub>Parzelle</sub>	S <sup>2</sup> <sub>Druschspur*Parzelle</sub>	S <sup>2</sup> <sub>Fehler</sub>
EW2: Blockanlage mit Messwiederholung	344.8	345.2	0.138		0.0224
EW3: Zusätzlich Spureffekte	278.8	279.2	0	0.0613	0.1085
EW3: Spureffekte mit nobound option	280.6	281.2	-0.010	0.0673	0.1085

### Entscheidung:

Druschspuren sind wichtiger Effekt und sollten in Modell integriert werden. Wähle Modell mit zufälligem Parzellen- und Spureffekt als Basis für weitere Modellbildung.

Nobound-option unnötig

# Aufbereitung der Geo-Daten

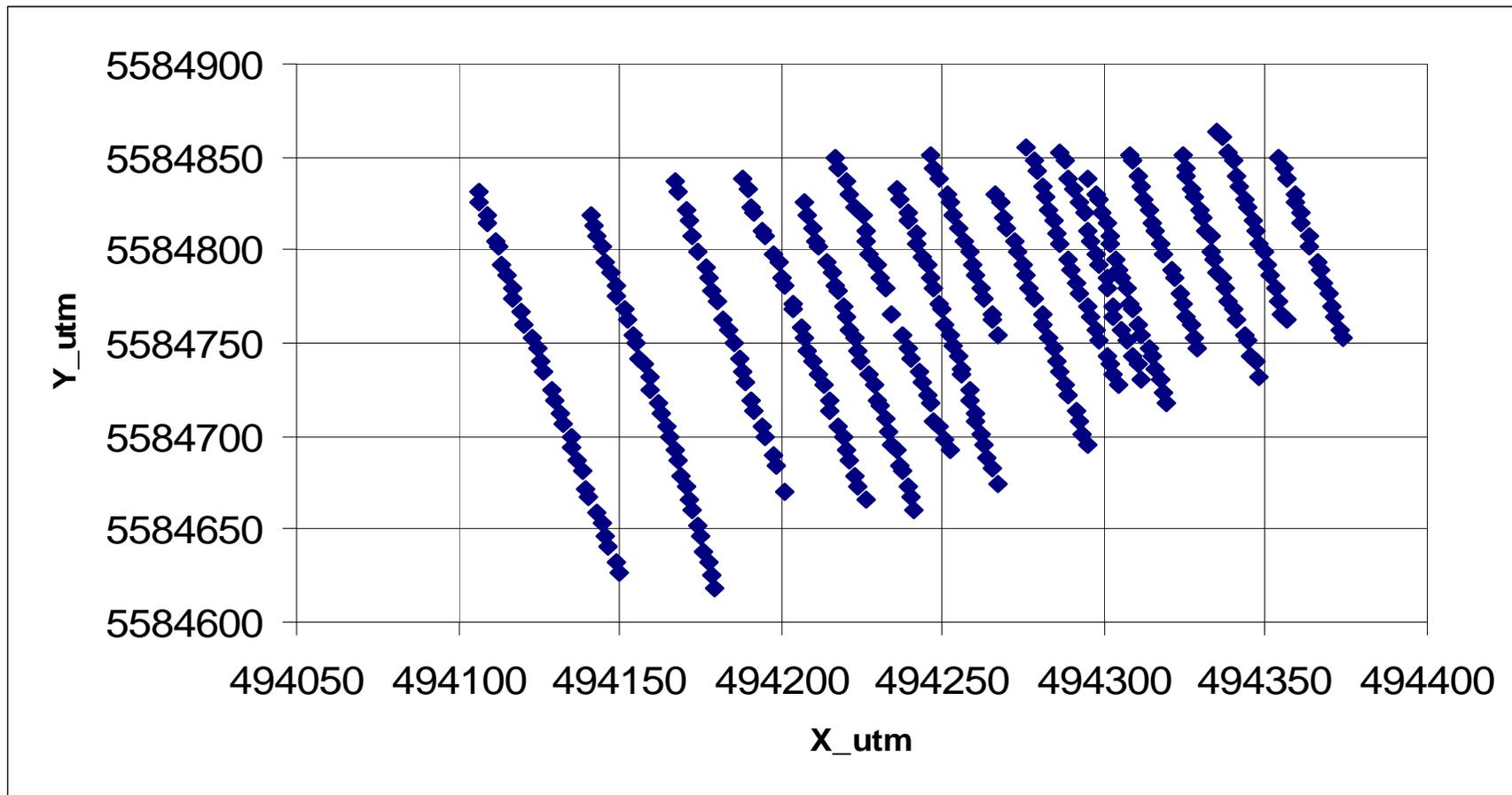
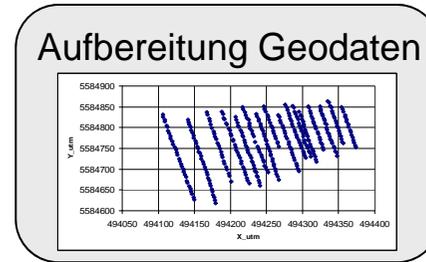


Abb.: Messpunkte mit ursprünglichen UTM-Koordinaten

# Aufbereitung der Geo-Daten

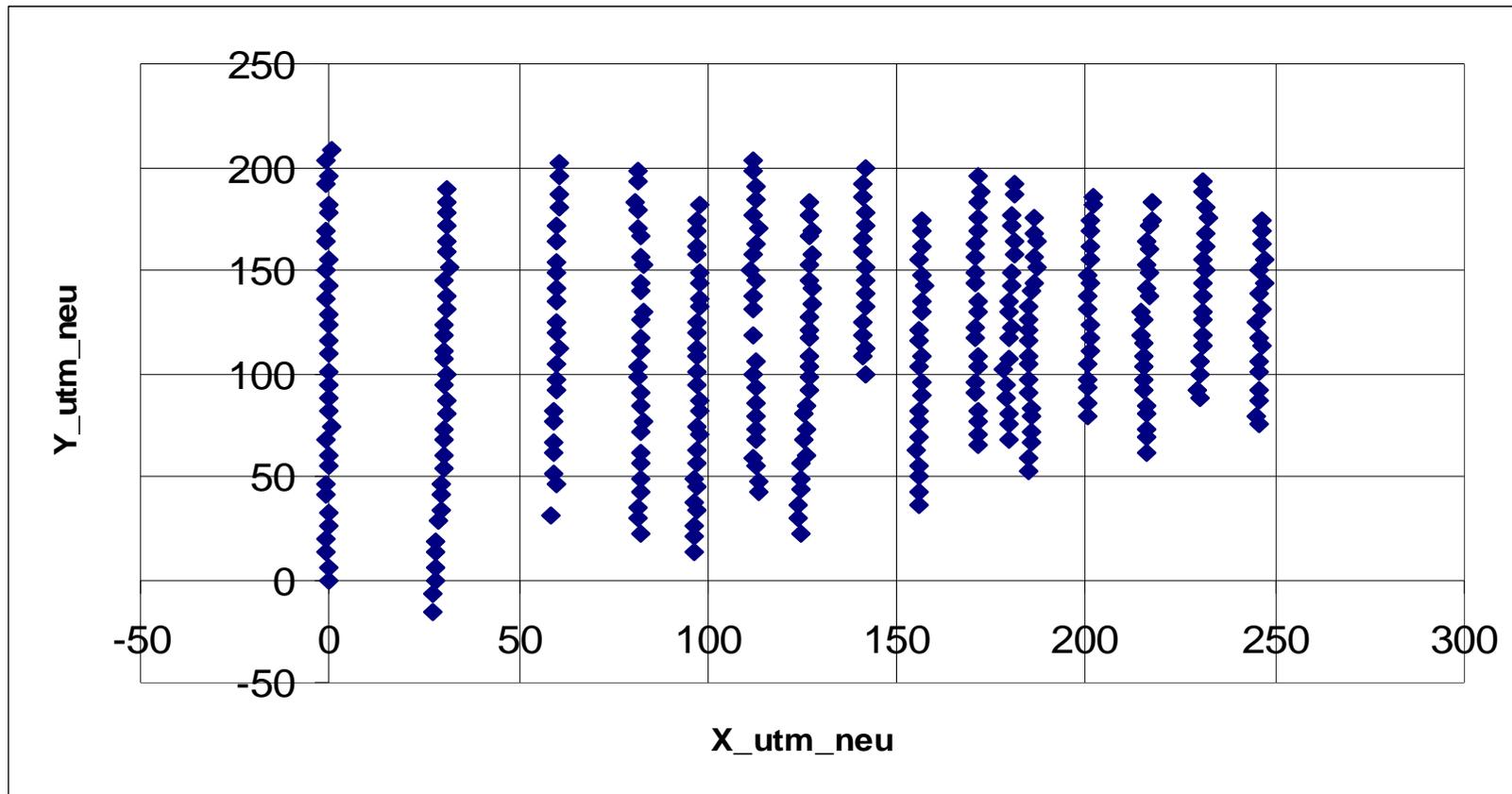
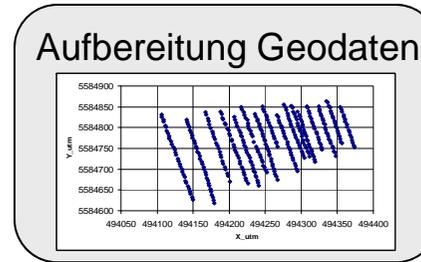
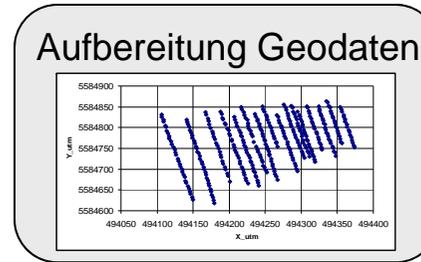
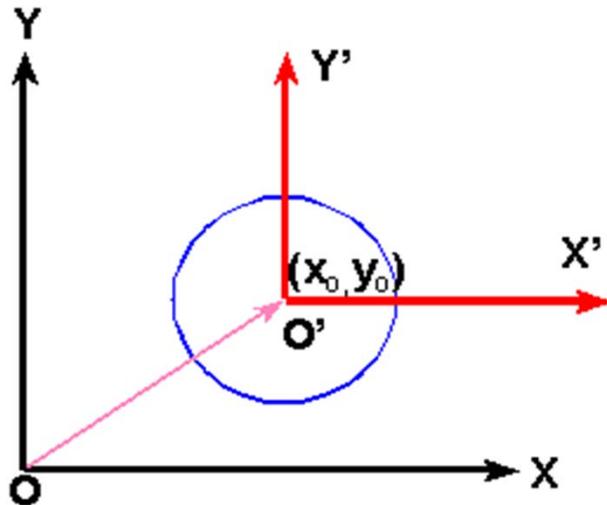


Abb.: Messpunkte nach Koordinaten-Transformation

# Aufbereitung der Geo-Daten



$$x' = x - x_0 ; y' = y - y_0$$



$$x' = x \cdot \cos\alpha + y \cdot \sin\alpha$$
$$y' = -x \cdot \sin\alpha + y \cdot \cos\alpha$$

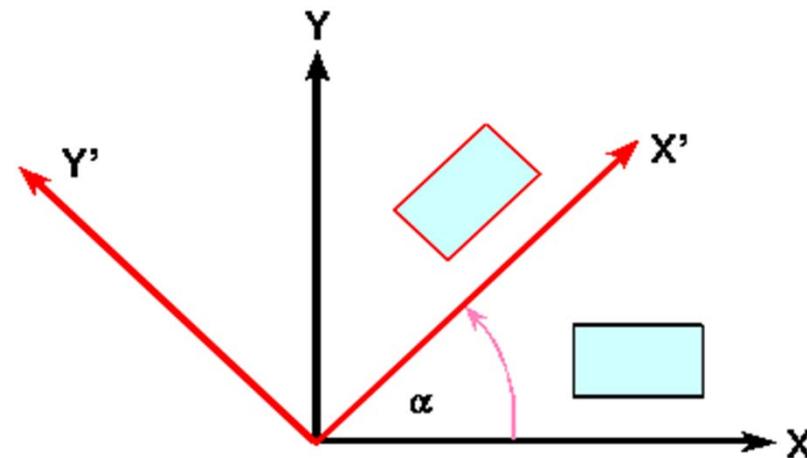
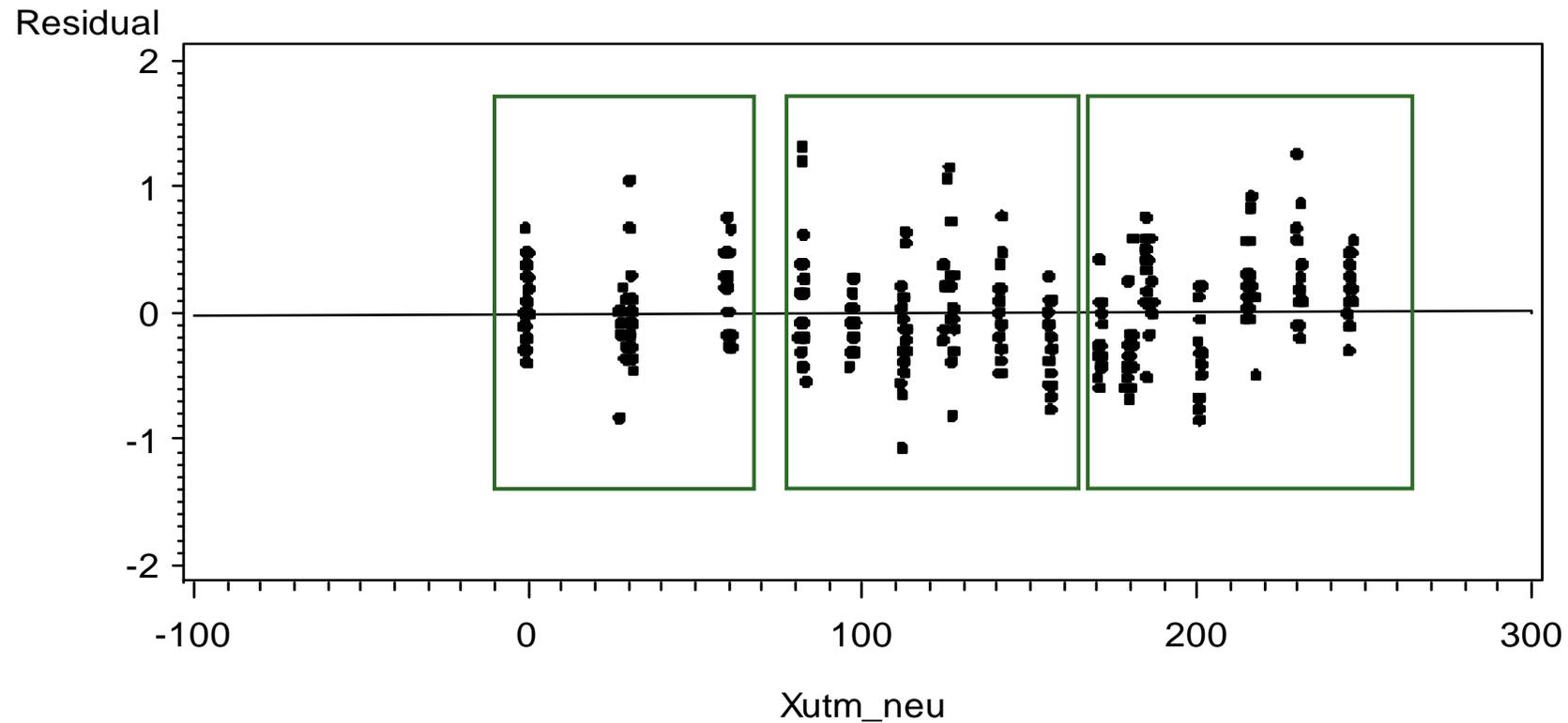


Abb.: Translation (links) und Rotation (rechts)



# Residuenplot gegen x-Richtung

Modellerweiterung um Trends  
⇒ Erwartungswertstruktur  
(fixes Modell)

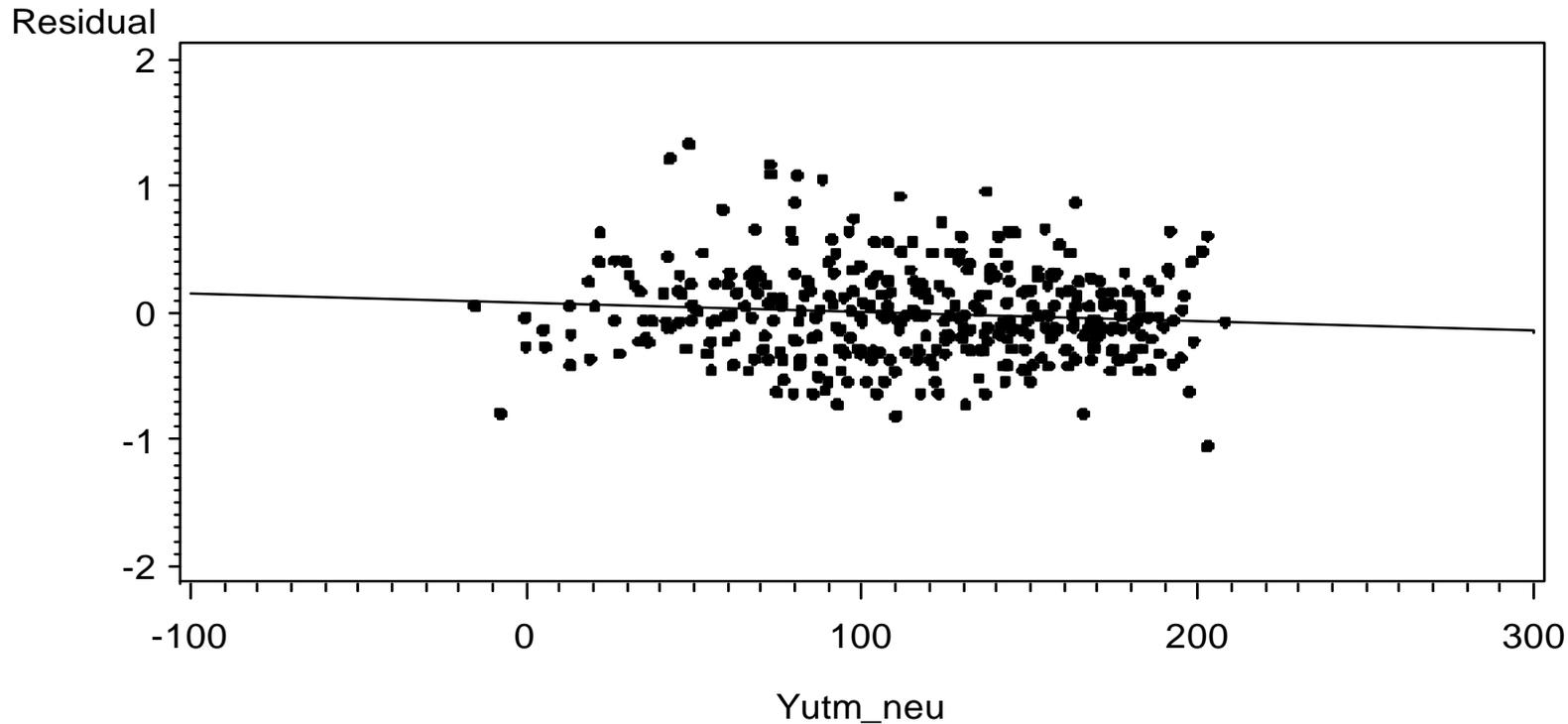


*Residuen aus Modell EW0 – (nur Variante) - gegen x-Koordinate*

**Entscheidung:** Kein Trend in x-Richtung notwendig

# Residuenplot gegen y-Richtung

Modellerweiterung um Trends  
⇒ Erwartungswertstruktur (fixes Modell)

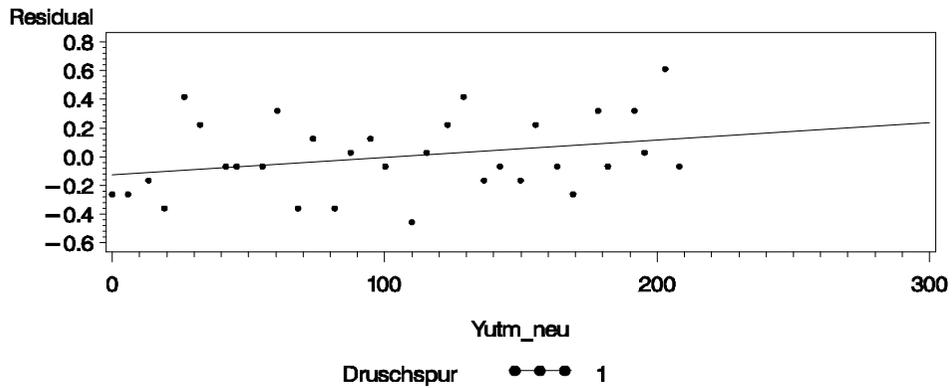


*Residuen aus Modell (EW 2) - gegen die y-Koordinate*  
**Entscheidung:** Schwacher Trend in y-Richtung vorhanden

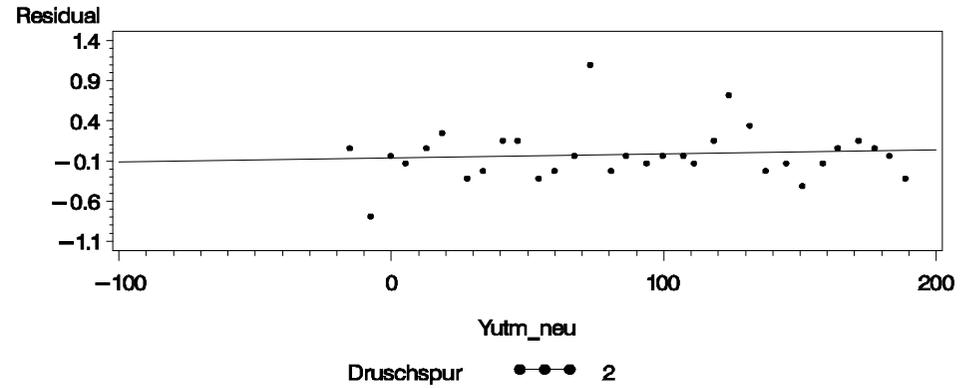
# Residuenplots gegen die y-Richtung (Parz. 1-4)

Modellerweiterung um Trends  
⇒ Erwartungswertstruktur  
(fixes Modell)

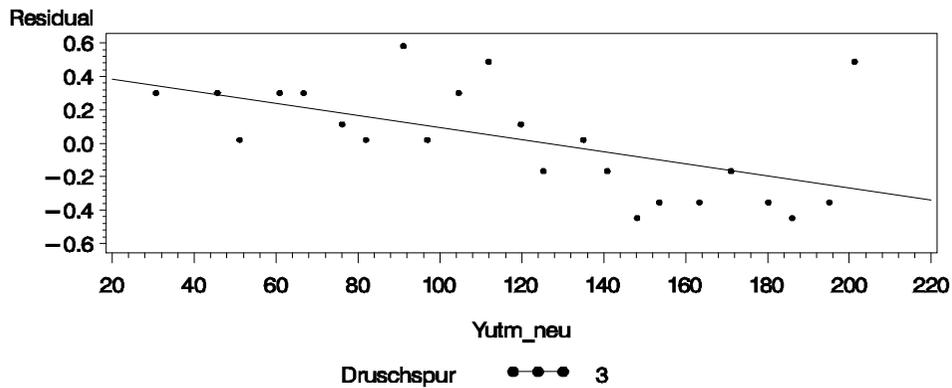
Parzelle = 1



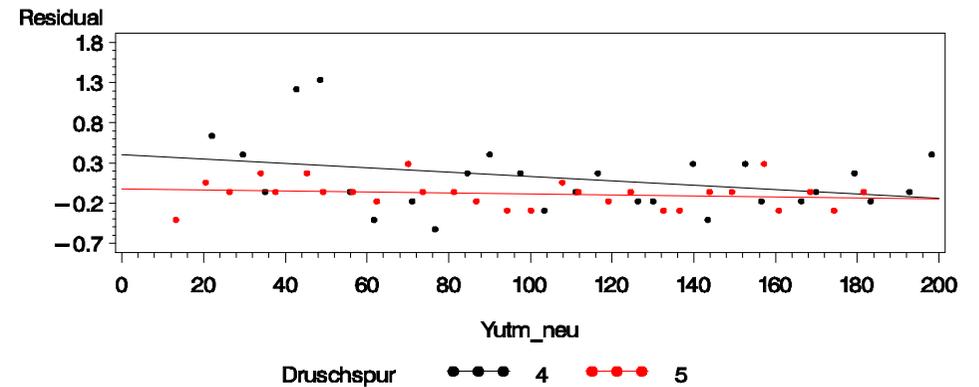
Parzelle = 2



Parzelle = 3



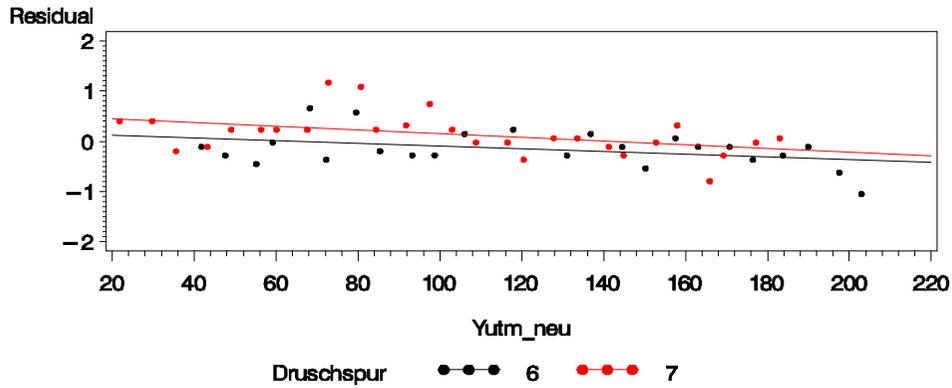
Parzelle = 4



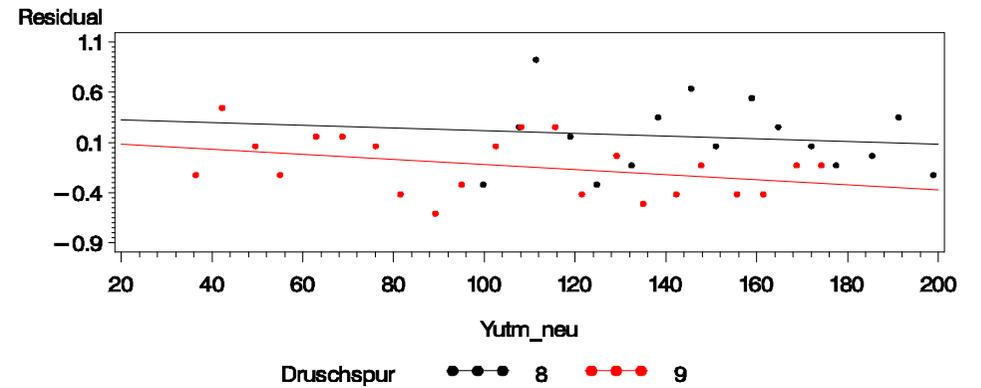
# Residuenplots gegen die y-Richtung (Parz. 5-8)

Modellerweiterung um Trends  
⇒ Erwartungswertstruktur (fixes Modell)

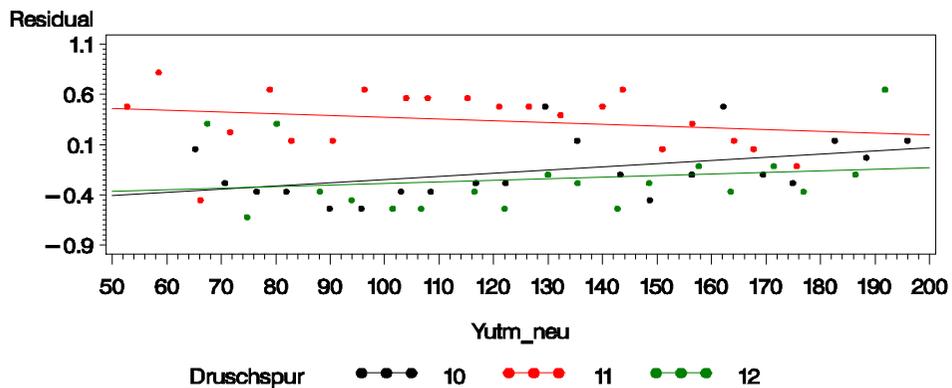
Parzelle=5



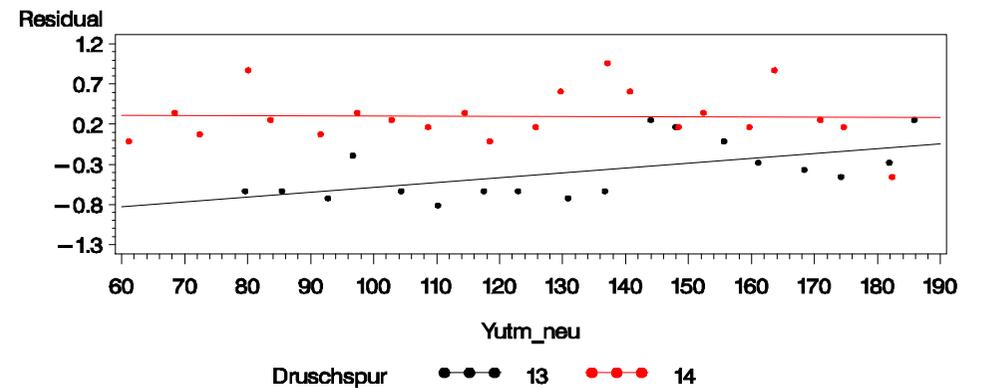
Parzelle=6



Parzelle=7



Parzelle=8



## Erweitern des Modells mit Kovariablen

Modellerweiterung um Trends  
⇒ Erwartungswertstruktur  
(fixes Modell)

Druschspuren verhalten sich bezüglich Trend in y-Richtung sehr unterschiedlich

- zufällige Spureffekte?
- systematische Druschrichtungseffekte?

Wir erweitern Modell (EW 3) um folgende Kovariablen:

- Allgemeiner Effekt der Druschrichtung
- Allgemeine Steigung in Richtung y-Koordinate
- Interaktion Druschrichtung\*y-Koordinate
- Spurspezifische Steigung in y-Richtung

Um zu entscheiden, welche der Kovariablen in das Modell aufgenommen werden sollen, wurde Modell (EW 3) herangezogen und im fixen Teil des Modells erweitert. Die Schätzung erfolgte mit PROC MIXED mit der Methode ML. Dann wurde der AIC und BIC verglichen.

## Modellvergleich unter Max. Likelihood

Modellerweiterung um Trends  
⇒ Erwartungswertstruktur  
(fixes Modell)

	EW3										
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Dr.-richtung		x		x	x		x		x		
y-Koordinate			x	x	x			x	x	x	
y*Dr.-richt.					x				x	x	x
y-Koord.* Spur						x	x	x	x	x	x
AIC (method=ML)	276.3	277.1	274.8	275.9	277.9	261.0	262.8	261.0	260.8	259.0	257.0
BIC (method=ML)	277.7	278.7	276.4	277.7	279.9	265.3	267.3	265.3	265.1	263.1	260.9

Modelle mit spurspezifischem Einfluss der y-Koordinate sind klar überlegen.

**Entscheidung:** Integriere spurspezifische Regression in Modell

Als zufälliger Effekt, da die Spuren direkt mit den Zufallseffekten „Parzelle“ bzw. „Spur“ vermengt sind! (DISKUSSIONSPUNKT!) -> Modell EW4

# Random Regression

Optimiere  
Kovarianz-  
struktur  
(zufällige Effekte,  
Autokorrelation)

## *EW4: Blockanlage mit Messwiederholung mit Random Regression*

Blocks, Parzellen, Druschspuren und einzelne Messpunkte innerhalb der Druschspuren\*.

Es werden spurspezifische Trends in Richtung der y-Koordinate berücksichtigt.

```
data raps2; set raps;  
y = yutm_neu / 100;  
Class VARIANTE BLOCK PARZELLE DRUSCHSPUR RICHTUNG  
model Ertrag_Feuchtekorrigiert = VARIANTE BLOCK  
random PARZELLE  
random int y / subject=PARZELLE*DRUSCHSPUR type=un
```

\* Für alle Paare von Messpunkten wird unabhängig von der Distanz die gleiche Korrelation angenommen.

# Modellvergleich unter REML

Optimiere  
Kovarianz-  
struktur  
(zufällige Effekte,  
Autokorrelation)

Modell	AIC	BIC	$S^2_{\text{Parzelle}}$	$S^2_{\text{Druschspur*Parzelle}}$	$S^2_{\text{Fehler}}$
Blockanlage mit Messwiederholung (EW2)	344.8	345.2	0.1379		0.0224
Blockanlage mit hierarchischer Struktur der Messwiederholung (EW3)	278.8	279.2	0	0.0613	0.1085
Blockanlage mit hierarchischer Struktur der Messwiederholung (EW3) mit nobound option	280.6	281.2	-0.0101	0.0673	0.1085
Random Regression (EW 4)	259.4	260.2	0	0.3380	0.0993

**Entscheidung:** Integriere spurspezifische Regression als zufälligen Effekt ins Modell

Optimiere  
 Kovarianz-  
 struktur  
 (zufällige Effekte,  
 Autokorrelation)

# F-Test für weitere Kovariablen

Covariance Parameter Estimates					
Cov Parm	Subject	Estimate	Standard Error	Z Value	Pr > Z
Parzelle		0	.	.	.
UN(1,1)	Parzelle*Druschspur	0.3536	0.16680	2.12	0.0170
UN(2,1)	Parzelle*Druschspur	-0.1470	0.07390	-1.99	0.0466
UN(2,2)	Parzelle*Druschspur	0.0600	0.03371	1.78	0.0376
Residual		0.0993	0.00765	12.99	<.0001

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
VARIANTE	2	6.56	67.84	<.0001
BLOCK	2	5.24	7.67	0.0277
Richtung	1	11	0.41	0.5341
Yutm_neu	1	12.2	0.75	0.4021
Yutm_neu*Richtung	1	11.5	0.25	0.6235

**Entscheidung:** Keine weiteren Kovariablen (Trends) berücksichtigen



# Räumliche Korrelationsstruktur: Autokorrelation

Optimiere  
Kovarianz-  
struktur  
(zufällige Effekte,  
Autokorrelation)

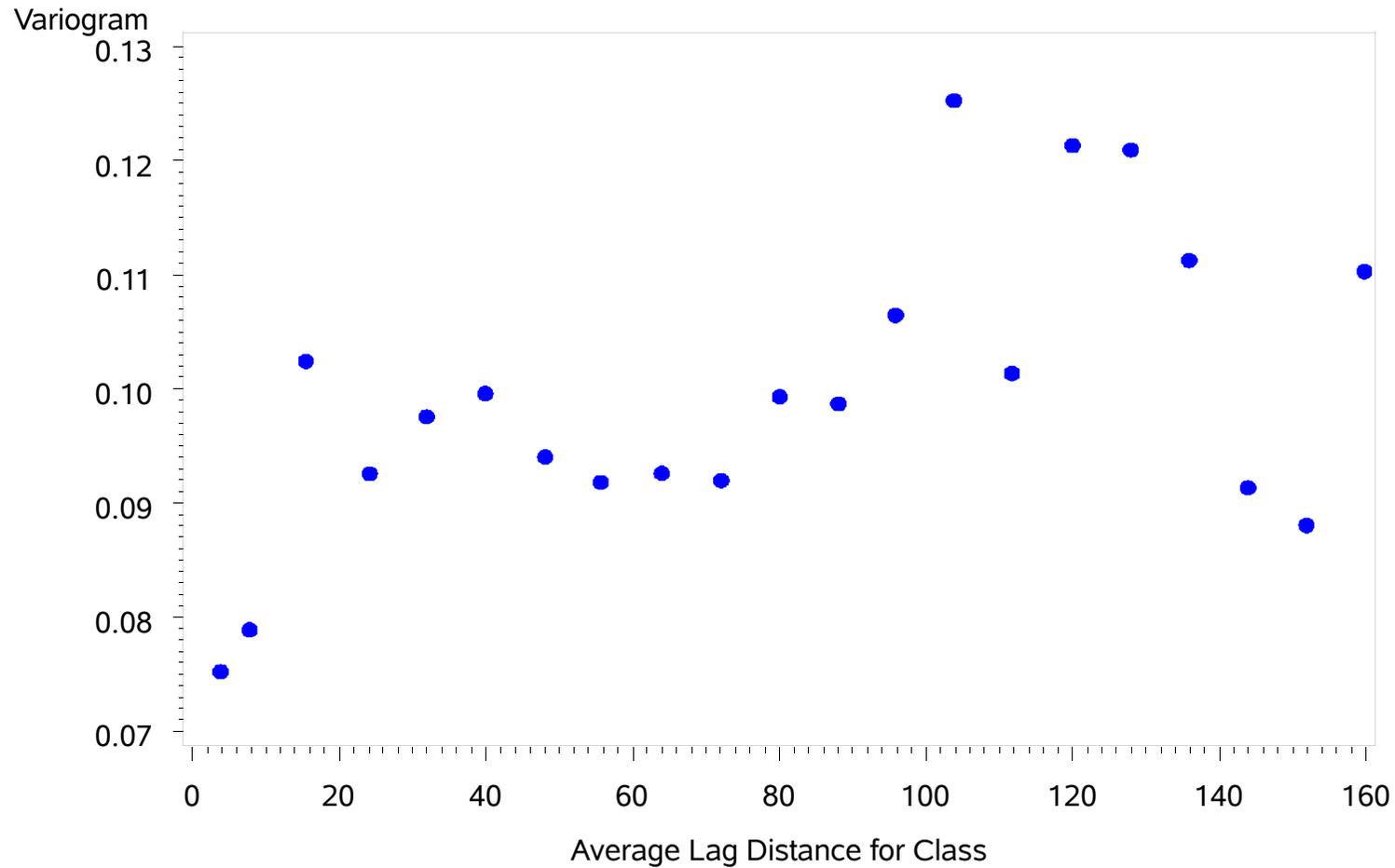


Abb.: Variogramm für Residuen von Modell EW4 in Drusrichtung

# Räumliche Korrelationsstruktur: Autokorrelation

Optimiere  
Kovarianz-  
struktur  
(zufällige Effekte,  
Autokorrelation)

Tab.: Vergleich verschiedener räumlicher Korrelationsstrukturen in y-Richtung für Modell EW4

	Typ der räumlichen Korrelationsstruktur (alle Strukturen isotrop)	AIC <sup>1</sup>	BIC <sup>1</sup>
(EW4)	keine räumliche Struktur	259.4	262.5
(EW4 - power)	Power + nugget Effekt	n.c.	n.c.
(EW4 - exp)	Exponentiell + nugget Effekt	248.4	253.1
(EW4 - gau)	Gaussian + nugget Effekt	246.5	251.2
(EW4 - sph)	Sphärisch + nugget Effekt	255.6	260.2
(EW4 - lin)	Linear + nugget Effekt	n.c.	n.c.

<sup>1</sup> „smaller is better“; n.c. = no convergence.

**Entscheidung:** Modell *EW4-gau* ist Siegermodell

# Modellvergleich

Optimiere  
 Kovarianz-  
 struktur  
 (zufällige Effekte,  
 Autokorrelation)

<i>Modellname</i>	<i>Feste Effekte</i>	<i>Zufällige Effekte</i>	<i>AIC</i>
EW2	Variante Block	Parzelle	344.0
EW3	Variante Block	Parzelle Parzelle*Druschspur	278.8
EW4	Variante Block	Parzelle Parzelle*Druschspur Spurspezifischer Trend in y-Richtung (Rand. Regression)	259.4
EW4 (gau)	Variante Block	Parzelle Parzelle*Druschspur Spurspezifischer Trend in y-Richtung (Rand. Regression) Räumliche Kovarianz innerhalb einer Druschspur nach Struktur „gaussian“ mit nugget effect	246.5

## Code für das Siegermodell

Optimiere  
Kovarianz-  
struktur  
(zufällige Effekte,  
Autokorrelation)

Berechne  
Mittelwerte  
und  
Standard-  
fehler

SPALT-SPALT-ANLAGE mit Spureffekten und Trend und Korrelationsstruktur  
Gaussian

```
PROC MIXED data= work.raps2 lognote ;  
  class VARIANTE BLOCK RICHTUNG Druschspur Parzelle;  
  model Ertrag_Feuchtekorrigiert = BLOCK VARIANTE  
    /ddfm=kr(firstorder) htype=3 htype=1 outp=RES;  
  * random Parzelle; /*Wird ignoriert*/  
  random int yutm_neu / subject=Druschspur*Parzelle type=un ;  
  repeated/subject=Druschspur*Parzelle type=sp(gau)(yutm_neu) local ;  
  lsmeans VARIANTE Block/ pdiff cl ;  
  ods output lsmeans=lsmeans diffs=diffs;  
run;
```

Berechne  
 Mittelwerte  
 und  
 Standard-  
 fehler

# Mittelwerte und Differenzen

<i>VARIANTE</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std Error</i>	<i>DF</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
1 - Proline	5.61	0.079	2.16	5.29	5.92
2 - Harvesan	5.61	0.084	9.16	5.42	5.80
3 - unbehandelt	4.50	0.068	7.78	4.35	4.66

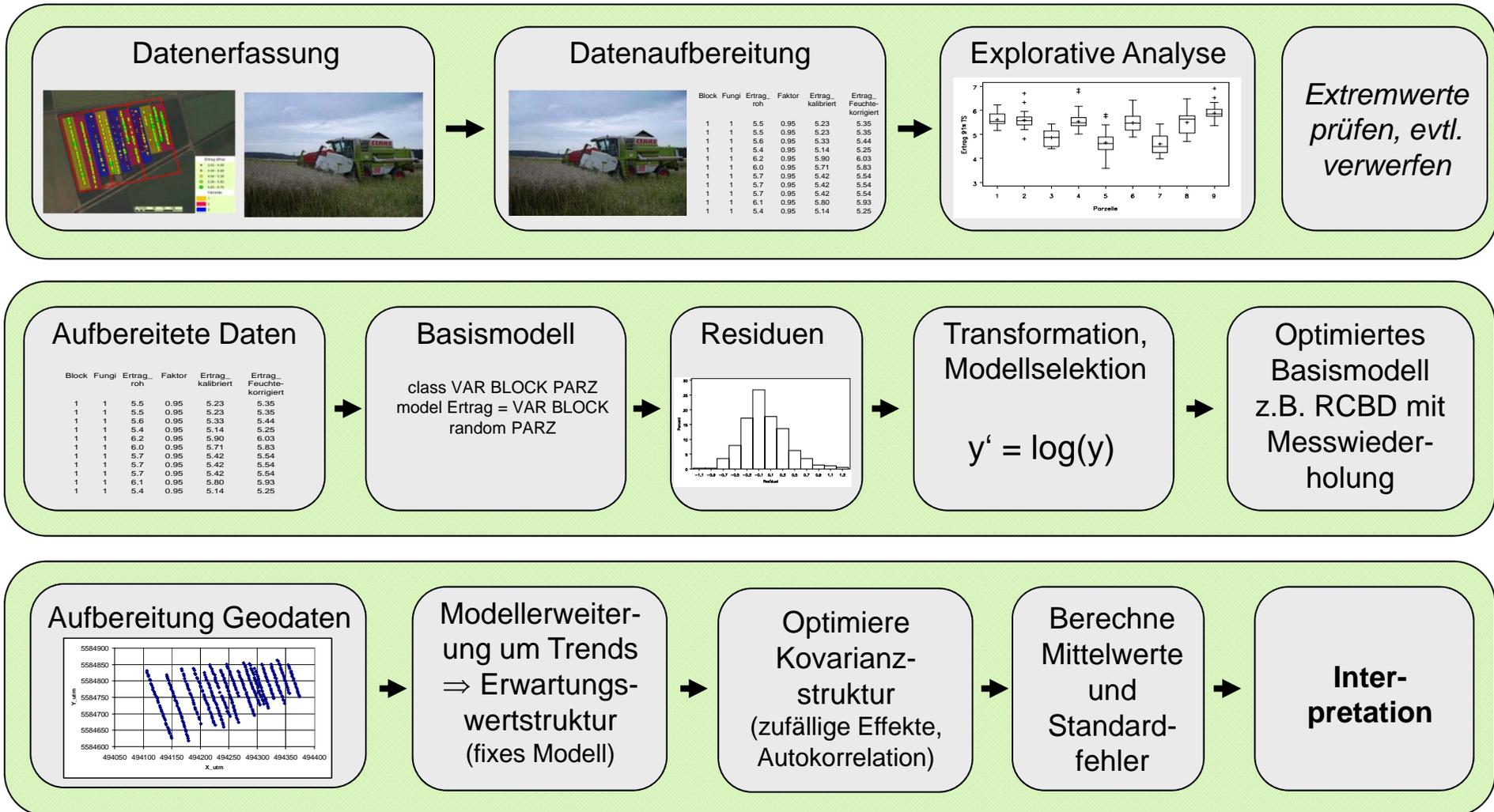
<i>VARIANTE</i>	<i>VARIANTE</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std Error</i>	<i>DF</i>	<i>t Value</i>	<i>Pr &gt;  t </i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	<i>LSD<sub>5%</sub></i>
1	2	-0.005	0.122	3.84	-0.04	0.97	-0.35	0.34	0.34
1	3	1.106	0.105	4.58	10.58	0.0002	0.83	1.38	0.28
2	3	1.111	0.109	8.63	10.18	<.0001	0.86	1.36	0.25

LSD<sub>5%</sub> nach Sieger-Modell EW4 = 0.25 – 0.34 t/ha

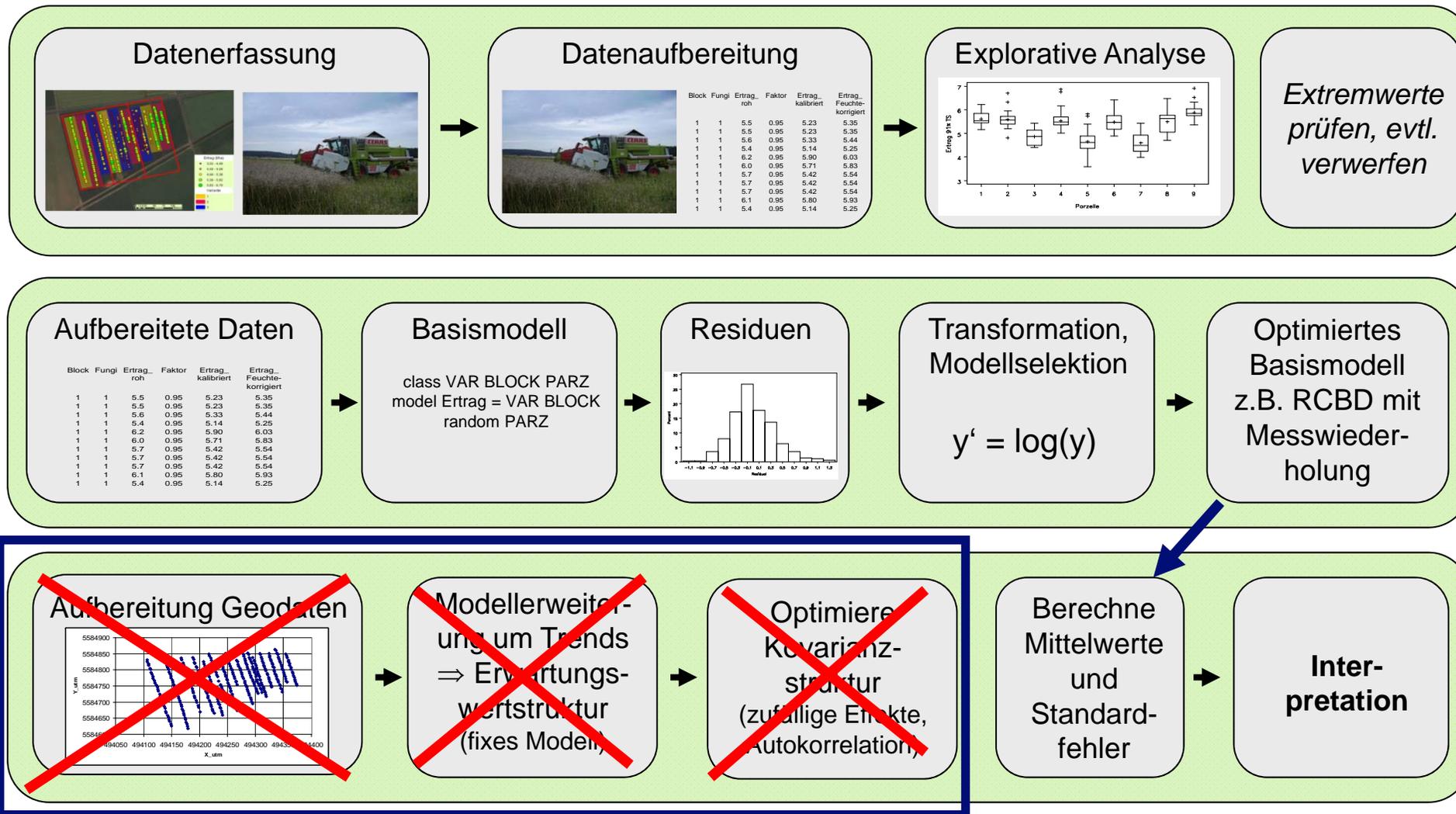
LSD<sub>5%</sub> nach Modell EW1 (Parzellenmittelwerte) = 0.37 t/ha

LSD<sub>5%</sub> für Daten Radlastwaage (Parzellenmittelwerte) = 0.36 t/ha

# Prozess der Datenanalyse für georeferenzierte Ertragserfassung



# Prozess der Datenanalyse ohne georeferenzierte Ertragserfassung



## Zusammenfassung

Auswertung OFE unterscheidet sich nicht grundsätzlich von anderen landwirtschaftlichen Versuchsanlagen

Datenaufbereitung, Sensorkalibrierung usw. ist wichtig

Schwierige Modellselektion für Trends und Kovariablen (z.B. Bodengüte) sowie Kovarianzstruktur

Anlage der (sehr großen!) Parzellen als randomisierte Blockanlage oder vollständig randomisierte Anlage günstig, um alternative Auswertung mit Basismodell zu ermöglichen



# BACKUP

Ergebnisse 2010 und 2011

# Versuch 2010



## Ergebnis 2010

Höherer Versuchsfehler als 2009, keine signifikanten Behandlungseffekte

Kalibrierwerte einheitlicher, 0.54 bis 0.59

Ähnliches Siegermodell wie 2009

- Spuren wieder sehr bedeutsam
- Druschrichtung signifikant!

$LSD_{\text{Radlastwaage}} = 0.21 \text{ t/ha}$

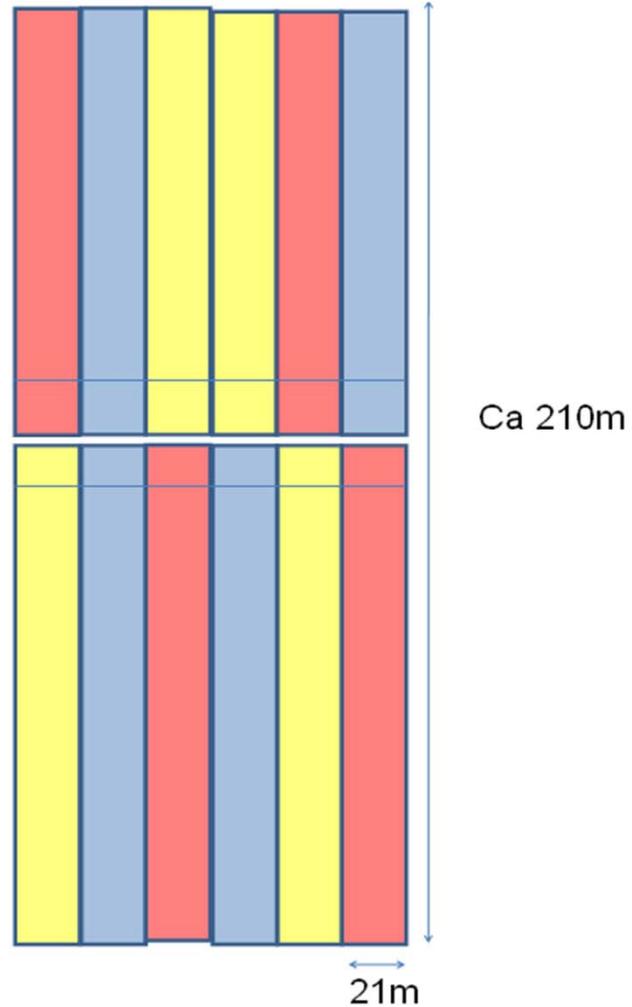
$LSD_{\text{Geostatistik}} = 0.26 \text{ t/ha}$

# Versuch 2011

Auswertung:  
1) Geostatistisch  
2) Radlastwaage  
3) Parzellendrusch

Fungiversuch Raps  
2011 (Fläche: G. Kopp)

-  0,7 l/ha Proline (nach Skleroempfehlung)\* (3)
-  0,8 l/ha Harvesan (65)\* (2)
-  Kontrolle (1)



## Ergebnis 2011

Hohe Variabilität, aber keine Extremwerte

keine Behandlungseffekte

Kalibrierwerte einheitlicher, 0.48 bis 0.63

Genereller räumlicher Trend in Aussaatrichtung

Spuren wieder sehr bedeutsam

Großer Einfluss der Druschrichtung

$LSD_{\text{Radlastwaage}} = 0.19 \text{ t/ha}$

$LSD_{\text{Geostatistik}} = 0.45 \text{ t/ha}$

## Überblick 2009-2011 - Bewertung

Die sachgemäße Kalibrierung der Ertragsmessung ist unverzichtbar. Wenn diese auf Parzellenebene oder nach einer Druschspur erfolgt, so induziert das zwangsläufig eine starke Korrelation zwischen Messungen in einer Parzelle bzw. in einer Spur.

Die Druschrichtung kann unter Umständen einen sehr großen Einfluss haben. Dieses gilt in besonderem Maße in lagernden Beständen und/oder bei hängigem Gelände. Es ist daher sehr wichtig, dass die Druschrichtungen gleichmäßig auf alle Varianten verteilt werden, z.B. indem in jeder Parzelle einmal hoch und einmal runter gefahren wird.

Wenn der Versuch als randomisierte Blockanlage mit sehr großen Parzellen angelegt wurde, so bringt eine geostatistische Modellierung über Parzellengrenzen hinaus nur selten Vorteile, da die wesentlichen Kovarianzen innerhalb der Parzellen und Blöcke liegen. Eine Mittelwertbildung auf Parzellenebene bildet diese starken Kovarianzen bereits ab. Auch für große Parzellen ist damit die randomisierte Anlage und die Nutzung von Blocks eine sehr effiziente Form des Versuchsdesigns.

Geostatistik lohnt sich dann wenn vorhandene Trends durch Blocks nicht erfasst werden und/oder weitere georeferenzierte Parameter gemessen wurden .

Die Schätzung von Trends und räumlichen Korrelationen in den geostatistischen Modellen ist bezüglich der Standardfehler für Mittelwerte und Differenzen kostspielig. Die Grenzdifferenzen können höher liegen als bei einer klassischen Auswertung über Parzellenmittelwerte.

Für Versuchsfragen der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung und/oder wenn die technischen Voraussetzungen für Kleinparzellenversuchen nicht gegeben sind, stellen OFE eine interessante Alternative zu diesen dar.