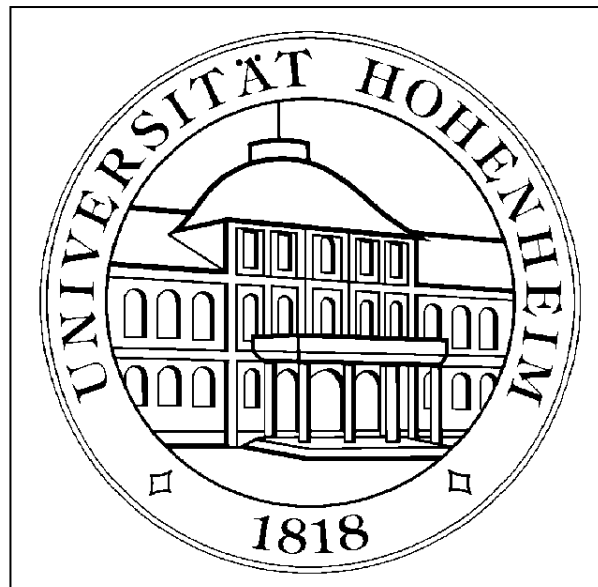


Prinzipien der Versuchsdurchführung und Konsequenzen deren Verletzung (Zu den Grundsätzen der Versuchsplanung)

Hans-Peter Piepho

Institut für Kulturpflanzen
Fachgebiet Bioinformatik
Universität Hohenheim



Die drei Grundsätze

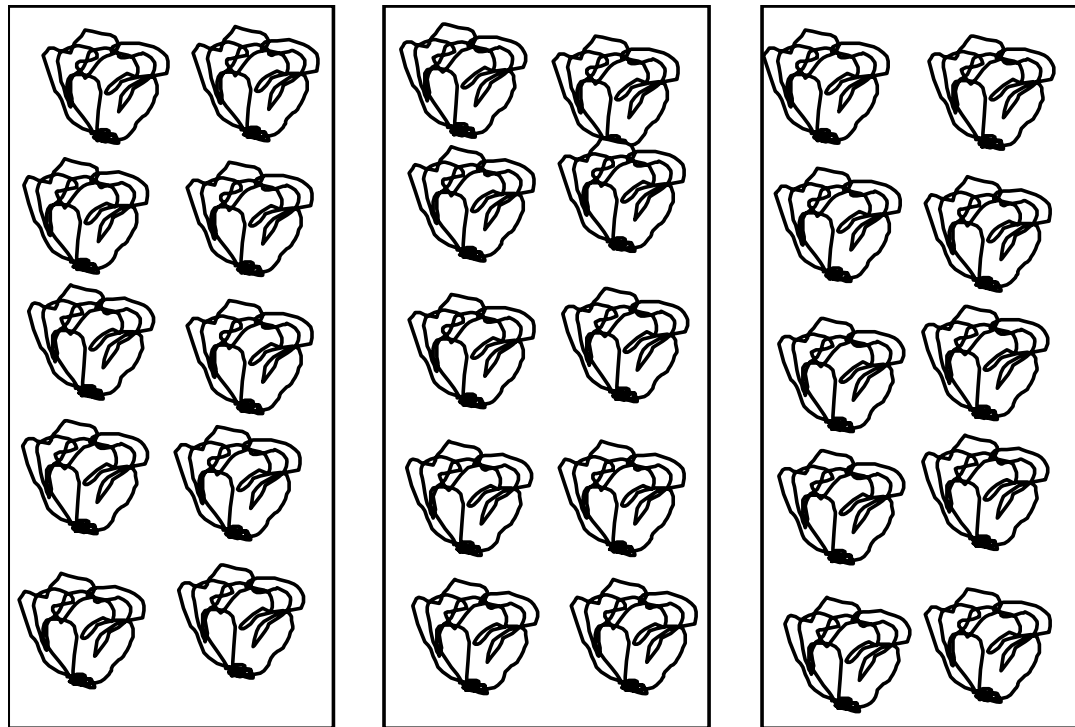
1. Wiederholung
2. Randomisation
3. Blockbildung

1. Wiederholung

- Ohne Wiederholungen kann die Fehlervarianz nicht geschätzt werden
- Keine Basis zur Durchführung von Tests (Varianzanalyse, t-Tests)
- Keine Basis zur Berechnung von Vertrauensintervallen

1. Wiederholung

Beispiel „unechte“ Wiederholungen (Pseudo-Replikate):



Herbizid 1

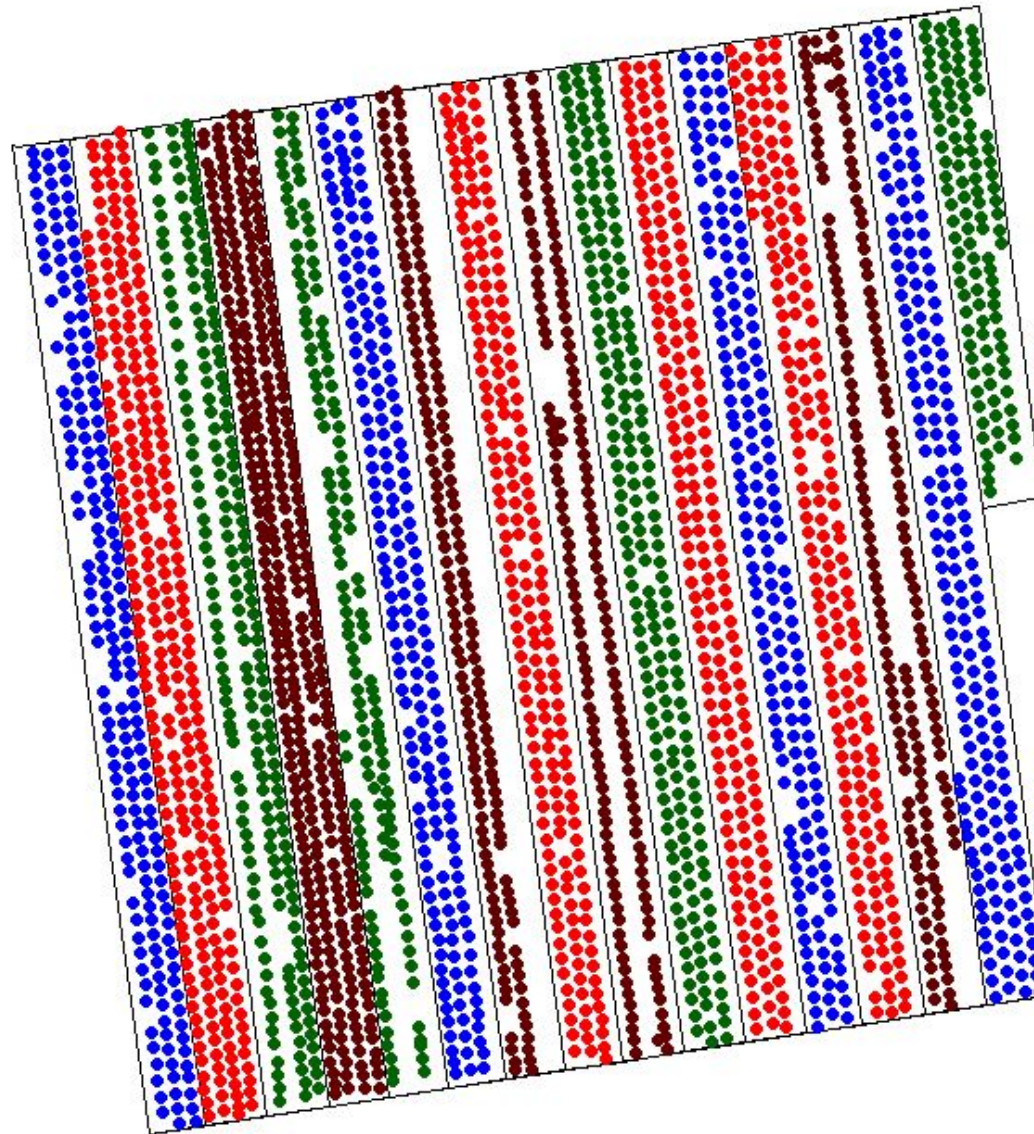
Herbizid 2

Herbizid 3

- Versuch mit Kopfsalat
- Drei Herbizide
- Für jede Behandlung eine Parzelle

Abb. 1: Ein Plan ohne echte Wiederholung.

1. Wiederholung



Versuch Goldbach 2010
(A. Kunick, Agri Con GmbH)

2. Randomisation

- Zufällsmäßige Zuordnung der Behandlungen zu den Versuchseinheiten
- Grundlage dafür, dass die Fehler e im linearen Modell
$$y = X\beta + e$$
als stochastisch unabhängig betrachtet werden können
- Bodenunterschiede und sonstige Umwelteinflüsse werden „gerecht“ verteilt

2. Randomisation

Beispiel:

- Versuch mit 5 Sorten (A, B, C, D, E)
- 4 Wiederholungen
- vollständig randomisierte Anlage
- 20 Parzellen (Versuchseinheiten, Feldstücke)

2. Randomisation

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20

2. Randomisation

1 B	2 D	3 D	4 E
5 C	6 E	7 A	8 B
9 A	10 C	11 E	12 A
13 D	14 D	15 A	16 B
17 B	18 C	19 E	20 C

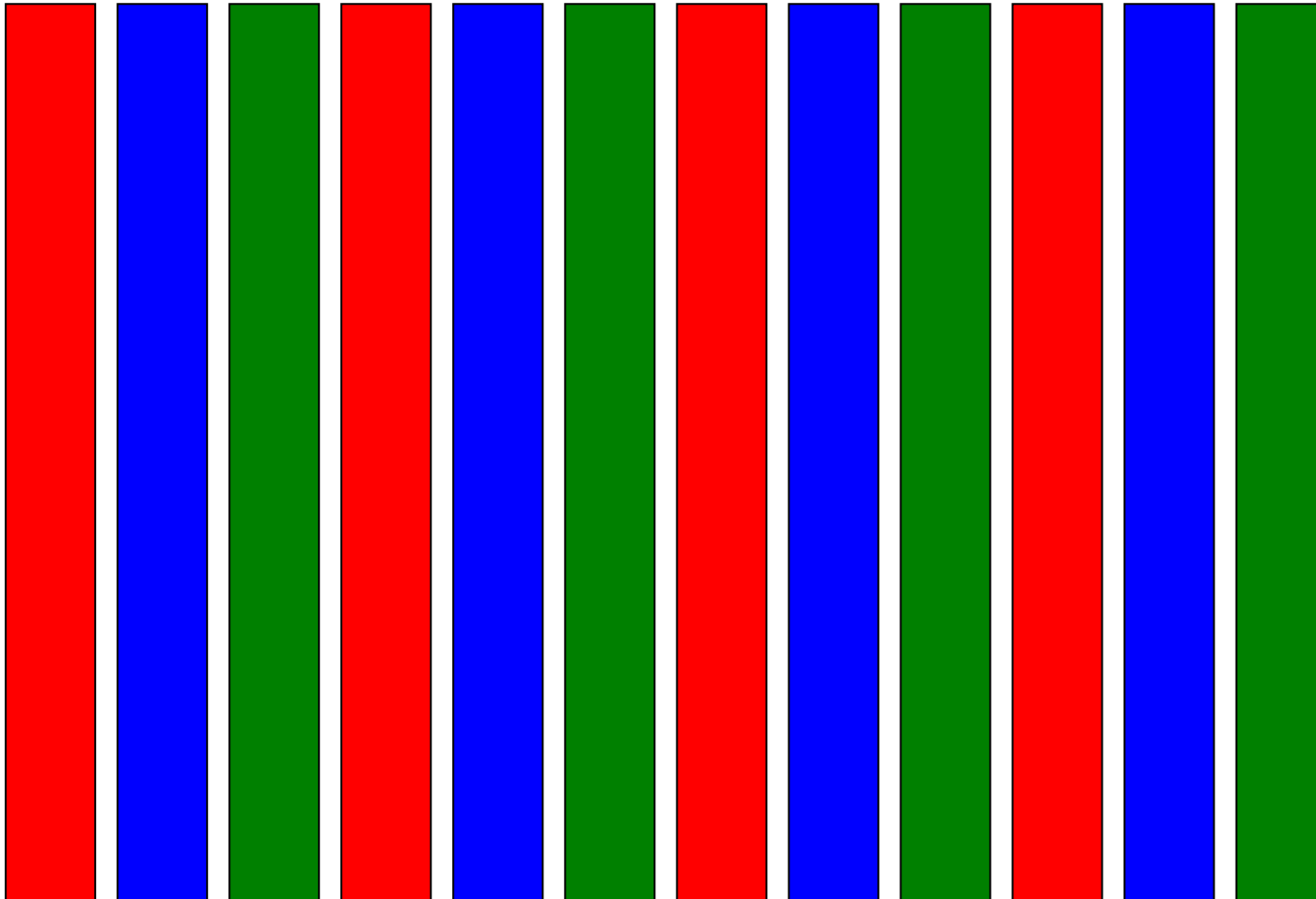
2. Randomisation

1 A	2 A	3 A	4 A
5 B	6 B	7 B	8 B
9 C	10 C	11 C	12 C
13 D	14 D	15 D	16 D
17 E	18 E	19 E	20 E

Systematische Anlage

2. Randomisation

Systematische „Block-Anlage“ für drei Varianten



2. Randomisation

Selbe Vergleichssorte auf allen Parzellen ("Blindversuch")

1 31	2 23	3 17	4 13
5 46	6 29	7 22	8 10
9 53	10 47	11 38	12 21
13 68	14 57	15 43	16 32
17 72	18 61	19 56	20 44

2. Randomisation

Systematische Zuordnung der Sortenbezeichnungen A, B, C, D und E

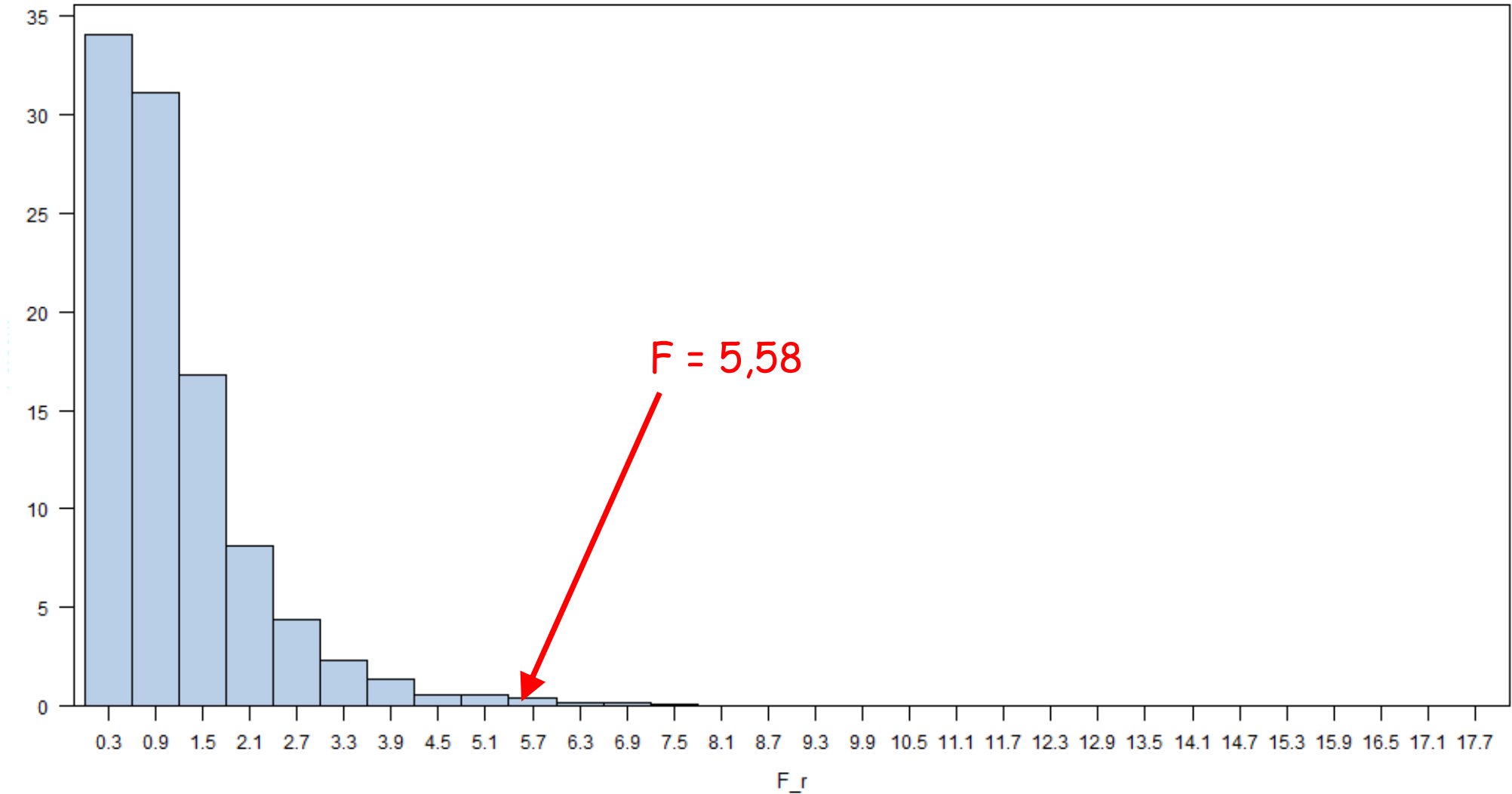
1 31	2 23	3 17	4 13	21.00
5 46	6 29	7 22	8 10	26.75
9 53	10 47	11 38	12 21	39.75
13 68	14 57	15 43	16 32	50.00
17 72	18 61	19 56	20 44	58.25

Mittelwerte

- Hier simuliert: H_0 : Es gibt in Wirklichkeit keine echten Sortenunterschiede!
- Aber: $F = 5.58$ ($p = 0.0059$)
z.B. Differenz Sorte 1 – Sorte 5 = -37.25 ($p = 0.0011$)

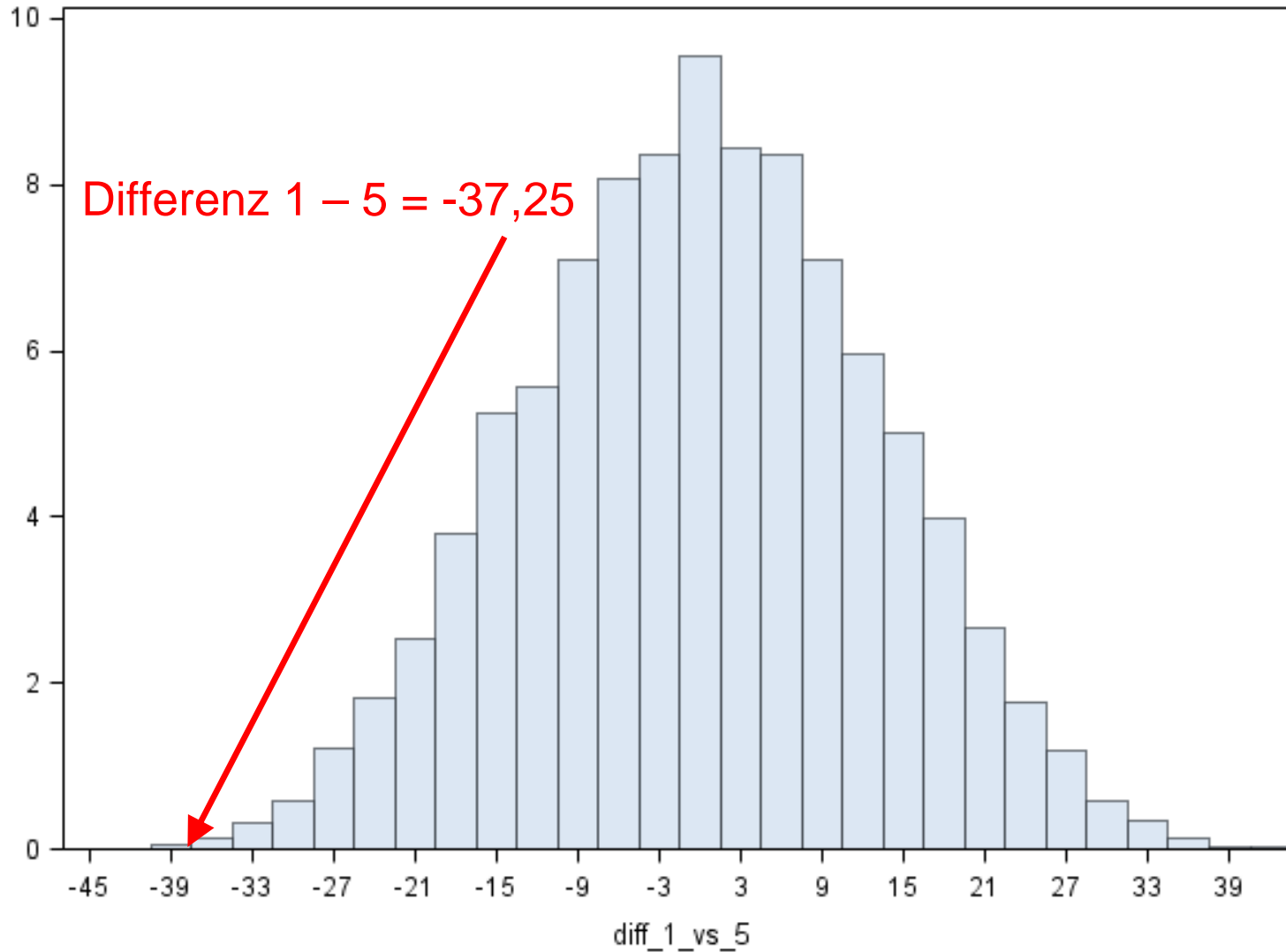
2. Randomisation

Randomisationsverteilung der F-Statistik der Varianzanalyse



2. Randomisation

Randomisationsverteilung der Mittelwertdifferenz der Sorten 1 und 5



2. Randomisation

Randomisationsbasierte Auswertung

- Brauche für jede Randomisationseinheit einen Fehlerterm (Parzellenfehler, Groß- und Kleinteilstückfehler etc.)
- Kann **zusätzlich** Geostatistik für wiederholte Messungen innerhalb Parzelle draufsetzen

Aber: **Geostatistik kann keine fehlende Randomisation heilen!!**

2. Randomisation

Elementare Auswertung

- Berechne Mittelwerte pro Randomisationseinheit (Parzelle, Schlag, Streifen etc.)
- Klassische Varianzanalyse der Mittelwerte pro Randomisationseinheit

Wenn diese Art der Auswertung nicht möglich ist wegen fehlender Wiederholungen, dann ist der Versuchsplan inadäquat!

⇒ Lackmus-Test für OFE Versuchsplan

2. Randomisation

Modellierung für Messwiederholungen pro Randomisationseinheit

- Da Messwiederholungen in selber Parzelle nicht randomisiert werden können, muss die **positive Korrelation** der Beobachtungen von derselben Parzelle berücksichtigt werden

2 Fälle:

- Räumliche Koordinaten der Messwiederholungen nicht bekannt
⇒ gemischtes Modell mit konstanter Korrelation innerhalb Parzelle
(entspricht Modell mit zufälligem Parzelleneffekt)
- Räumliche Koordinaten der Messwiederholungen bekannt
⇒ kann zusätzlich Geostatistik einbauen

2. Randomisation

Drei Möglichkeiten für geostatistische Modellierung für Messwiederholungen pro Randomisationseinheit

- Nur Korrelation von Messpunkten innerhalb derselben Parzelle
- Nur Korrelation von Messpunkten innerhalb desselben Blocks
- Korrelation von allen Messpunkten

Anmerkungen

- Modellierung der Korrelation über die Parzelle (Randomisationseinheit) hinaus erhöht den Aufwand (Modellselektion etc.)
- Designeffekte für Randomisationseinheiten sollten auf jeden Fall im Modell bleiben (Können aber auf Null geschätzt werden!)

3. Blockbildung

Block 1	5	4	6	2	1	3
Block 2	4	5	6	3	2	1
Block 3	2	6	4	3	1	5
Block 4	6	1	4	2	3	5

↑
G
R
A
D
I
E
N
T

4. Fazit

- Die drei Grundsätze der Versuchsplanung sind universell gültig
- Sie sollten grundsätzlich auch in On-Farm Versuchen beachtet werden
- Wiederholte Messungen innerhalb derselben Randomisationseinheit (Schlag, Parzelle etc.) sind Pseudoreplikate
- Wenn Messwiederholungen pro Randomisationseinheit analysiert werden, muss die Abhängigkeit von wiederholten Messungen innerhalb derselben Randomisationseinheit unbedingt berücksichtigt werden. Minimum: zufälliger Effekt für Randomisationseinheit
- Geostatistik kann fehlende Randomisation nicht ersetzen
- Lackmus-Test: Analyse von Mittelwerten pro Randomisationseinheit muss möglich sein

Statistical aspects of on-farm experimentation

Hans-Peter Piepho^{A,F}, Christel Richter^B, Joachim Spilke^C, Karin Hartung^A, Arndt Kunick^D, and Heinrich Thöle^E

^AUniversity of Hohenheim, Institute of Crop Science, Fruwirthstrasse 23, 70599 Stuttgart, Germany.

^BHumboldt-Universität zu Berlin, Faculty of Agriculture and Horticulture, Department of Crop and Animal Sciences, 10115 Berlin, Germany.

^CMartin-Luther-University Halle-Wittenberg, Institute of Agricultural and Nutritional Sciences, Biometrics and Informatics in Agriculture Group, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Str. 4, 06120 Halle, Germany.

^DAgri Con GmbH, Precision Farming Company, Im Wiesengrund 4, 04749 Jahna, Germany.

^EJulius-Kühn-Institut, Institute for Biosafety of Genetically Modified Plants, Messeweg 11712, 38104 Braunschweig, Germany.

^FCorresponding author. Email: piepho@uni-hohenheim.de