

EIN ERBSENVERSUCH

**MIT VIELEN PRÜFGLIEDERN
UND ANDEREN PROBLEMEN**

RICHTER, CHRISTEL

**Fachgebiet Biometrie und Versuchswesen
Humboldt-Universität zu Berlin**

Ausgangsproblem

Herkunft (H) h = 8	Gemeinde (G) g = 3		
	G ₁ Reinsaaten	G ₂ Gemeinde 25 % Erbse	G ₃ Gemeinde 50 % Erbse
WE1 H ₁	H ₁ G ₁	H ₁ G ₂	H ₁ G ₃
WE2 H ₂	H ₂ G ₁	H ₂ G ₂	H ₂ G ₃
WE3 H ₃	H ₃ G ₁	H ₃ G ₂ } 75% WR	H ₃ G ₃ } 50% WR
WE4 H ₄	H ₄ G ₁	H ₄ G ₂	H ₄ G ₃
WE5 H ₅	H ₅ G ₁	H ₅ G ₂	H ₅ G ₃
WE6 H ₆	H ₆ G ₁	H ₆ G ₂	H ₆ G ₃
SE1 H ₇	H ₇ G ₁	H ₇ G ₂ } 75% Hafer	H ₇ G ₃ } 50% Hafer
SE2 H ₈	H ₈ G ₁	H ₈ G ₂	H ₈ G ₃

Prüfglied-Modell:

Herkunft x Gemeinde = Herkunft + Gemeinde + Herkunft • Gemeinde

Merkmale:

Grünmasseertrag (3 m x 1 m westlicher Teil der Anlageparzelle), Kornertrag (Restparzelle), ...

Interessierende Vergleiche: HG/H und HG/G

Probleme:

1. Nachbarwirkungen durch unterschiedliche Bestandesstruktur der Gemengearten
2. Nachbarwirkungen durch unterschiedliche Termine für Aussaat, Grünfütter- und Körnerernte: 3 verschiedene Termine in Abhängigkeit von der Herkunft

Termin	Herkunft (H)	Gemenge (G)		
		G ₁	G ₂	G ₃
T1	H ₁	H ₁ G ₁	H ₁ G ₂	H ₁ G ₃
	H ₂	H ₂ G ₁	H ₂ G ₂	H ₂ G ₃
	H ₃	H ₃ G ₁	H ₃ G ₂	H ₃ G ₃
	H ₄	H ₄ G ₁	H ₄ G ₂	H ₄ G ₃
T2	H ₅	H ₅ G ₁	H ₅ G ₂	H ₅ G ₃
	H ₆	H ₆ G ₁	H ₆ G ₂	H ₆ G ₃
T3	H ₇	H ₇ G ₁	H ₇ G ₂	H ₇ G ₃
	H ₈	H ₈ G ₁	H ₈ G ₂	H ₈ G ₃

3. Bodentrends in 2 Richtungen
4. Blockgröße bei gegenwärtiger Randbemessung und 24 Prüfgliedern = 912 m²

	3m		3m		3m
8m	17		18		19
2m					
8m	9		10		11
2m					
8m	1		2		3
		0,8m		0,8m	

1. Bodenheterogenität in einer Richtung

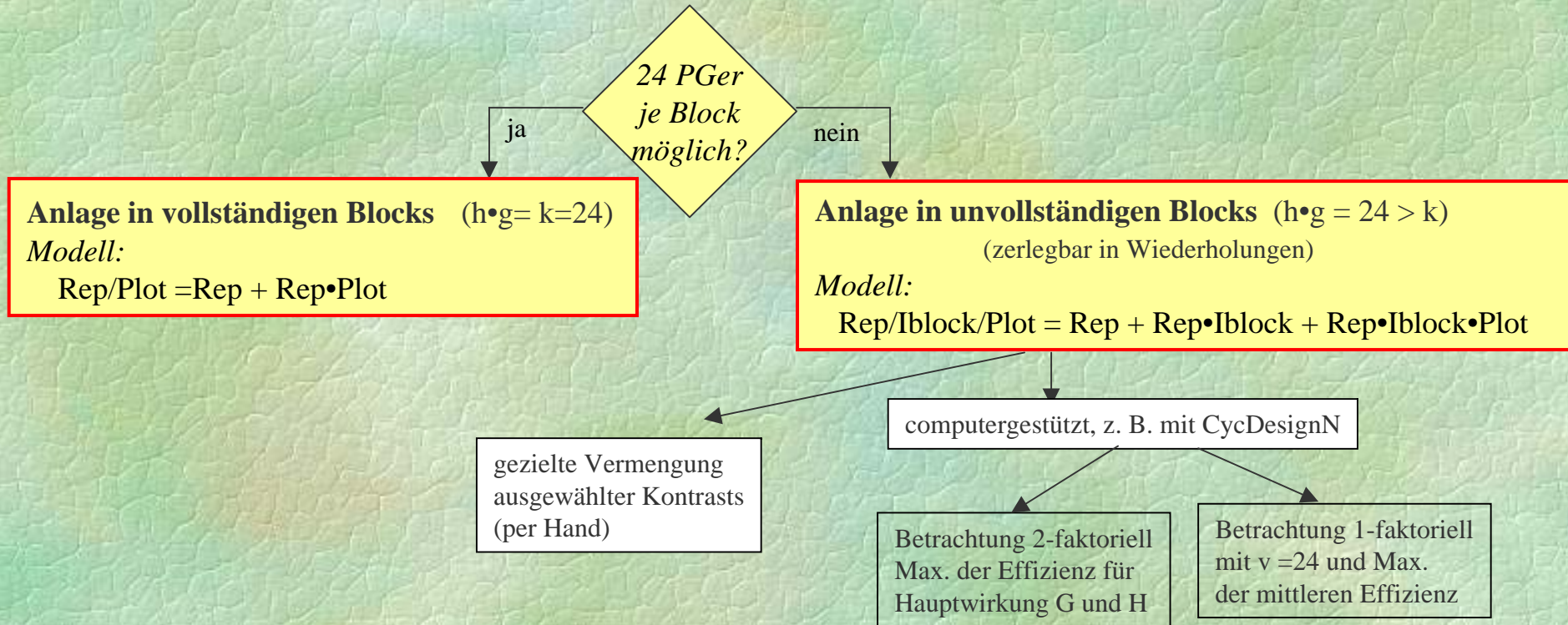
- 1.1 Nichtberücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin**
- 1.2 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemenge**
- 1.3 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Termin**
- 1.4 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin**

2. Bodenheterogenität in zwei Richtungen

- 2.1 Nichtberücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin**
- 2.2 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemenge**
- 2.3 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Termin**
- 2.4 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin**

1. Bodenheterogenität in einer Richtung

1.1 Nichtberücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin



k	b	b/r	2-faktoriell		1-faktoriell		
			HW H E _{real} (% E _{ob.Grenze})	HW G E _{real}	E _{real}	E _{ob.Grenze}	E _{real} (% E _{ob.Grenze})
12	8	2	99.9374	100	0.945205	0.945205	100
8	12	3	100	100	0.894308	0.894308	100
6	16	4	99.8875	100	0.84559	0.84732	99.865
4	24	8	99.7952	100	0.753342	0.756395	99.596
2	48	12	99.6853	100	0.417459	0.425051	98.214

1. Bodenheterogenität in einer Richtung

ohne Nachbarschaftseffekte

Beispiel mit $k = 12$ (analog für $k = 6$ möglich)

gezielte Vermengung:

z.B. Vermengung der Herkünfte nach TBUB (2) mit $k = 4$ und $r = 4$
 ($\lambda_1 = 2, n_1 = 6; \lambda_2 = 0, n_2 = 1$):

und Kombination jeder Herkunft mit jeder Gemengestufe:

Rep I 1 2 3 4 5 6 7 8

H3	H2	H1	H4	H3	H4	H2	H1	H2	H4	H3	H1
G1	G1	G3	G2	G2	G1	G3	G2	G2	G3	G3	G1

H8	H8	H7	H7	H7	H8	H5	H6	H6	H5	H5	H6
G2	G1	G2	G1	G3	G3	G1	G3	G2	G3	G2	G2

Rep II 6 3 5 4 1 7 2 8

H6	H6	H5	H6	H5	H5	H3	H4	H4	H3	H4	H3
G1	G2	G3	G3	G1	G2	G2	G1	G3	G1	G2	G3

H7	H2	H1	H7	H8	H2	H1	H8	H2	H7	H8	H1
G1	G2	G3	G2	G3	G1	G2	G2	G3	G3	G1	G1

Rep III 6 8 3 1 4 2 7 5

H8	H8	H3	H1	H1	H6	H3	H8	H6	H3	H1	H6
G2	G1	G3	G2	G3	G1	G2	G3	G3	G1	G1	G2

H4	H5	H4	H5	H5	H4	H7	H7	H2	H2	H7	H2
G3	G1	G2	G3	G2	G1	G1	G2	G3	G2	G3	G1

Rep IV 8 2 5 3 1 7 4 6

H8	H5	H5	H8	H8	H5	H3	H2	H3	H2	H3	H2
G2	G1	G3	G1	G3	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2

H4	H1	H1	H7	H4	H7	H4	H1	H6	H7	H6	H6
G3	G3	G2	G1	G2	G3	G1	G1	G1	G2	G3	G2

⇒ HG/G unvermengt $E_{\text{real}} = 1$

⇒ HG/H teilweise vermengt, je Herkunft 6-mal: $E_{\text{real}} = 0.947$
 und 1-mal: $E_{\text{real}} = 0.899$

über alle interessierenden Kontrasts:
 im Mittel = 0.952
 $SQ(\text{Varianzen}/\sigma^2) = 0.018$

ALTERNATIV: Vermengung der Herkünfte nach TBUB(3) mit $k = 4$ und $r = 4$ ($\lambda_1 = 1, n_1 = 3; \lambda_2 = 2, n_1 = 3, \lambda_2 = 3, n_1 = 1$)

⇒ gleiche Ergebnisse bzgl. Effizienz

Betrachtung 2-faktoriell bei Maximierung der Effizienz für Hauptwirkung G und H

über alle interessierenden Kontrasts:
 im Mittel = 0.936
 $SQ(\text{Varianzen}/\sigma^2) = 0.023$

1. Bodenheterogenität in einer Richtung

1.2 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemenge (Prüffaktor)

Herkunft (H)	Gemenge (G)		
	G ₁	G ₂	G ₃
H ₁	H ₁ G ₁	H ₁ G ₂	H ₁ G ₃
H ₂	H ₂ G ₁	H ₂ G ₂	H ₂ G ₃
H ₃	H ₃ G ₁	H ₃ G ₂	H ₃ G ₃
H ₄	H ₄ G ₁	H ₄ G ₂	H ₄ G ₃
H ₅	H ₅ G ₁	H ₅ G ₂	H ₅ G ₃
H ₆	H ₆ G ₁	H ₆ G ₂	H ₆ G ₃
H ₇	H ₇ G ₁	H ₇ G ₂	H ₇ G ₃
H ₈	H ₈ G ₁	H ₈ G ₂	H ₈ G ₃

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Gemenge*

1.2.1 Spaltanlage mit Gemenge als Großteilstückfaktor bzw. Anlage mit unvollständigen Blocks bei vollständiger Vermengung von Gemenge



Blockmodell der Spaltanlage:

Rep / Mainplot / Subplot
 = Rep + Rep • Mainplot + Rep • Mainplot • Subplot

= Rep / Gemenge / Herkunft
 = Rep + Rep • Gemenge + Rep • Gemenge • Herkunft

Blockmodell der unvollständigen Blockanlage:

Rep / IBlock / Plot
 = Rep + Rep • IBlock + Rep • IBlock • Plot

Iblock = Gemenge:

- nur Gemenge als Faktor (class gemenge ...)
 = Rep / Gemenge / Herkunft
 = Rep + Rep • Gemenge + Rep • Gemenge • Herkunft
 ⇒ Spaltanlage

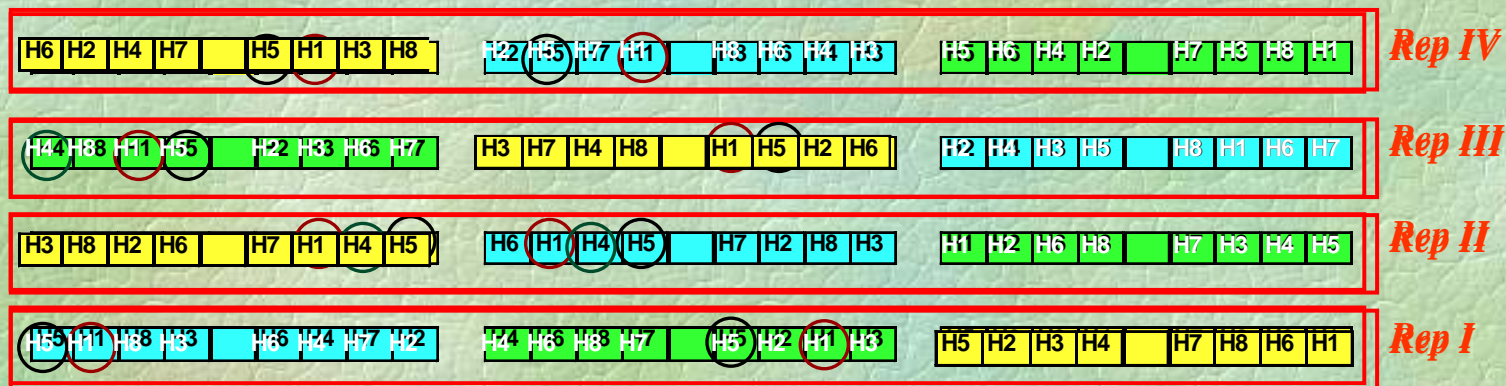
- Gemenge und Iblock als Faktor (class gemenge iblock...)
 ⇒ Gemenge und Iblock vollständig vermengt
 Rep • IBlock fix: Kontrasts zwischen Gemengen nicht schätzbar
 Rep • IBlock zufällig: Kontrasts zwischen Gemengen schätzbar

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Gemenge*

1.2.2 Anlage mit unvollständigen Blocks für $k = 4$ (auch $k = 2$) bei vollständiger Vermengung von Gemenge

2 Möglichkeiten der Konstruktion:

1. Konstruktion eines unvollständigen verbundenen und zerlegbaren Blockplans für $g = 8$ Herkünfte, $r = 4$ und $k = 4$
 ($\lambda_1 = 1, n_1 = 3; \lambda_2 = 2, n_1 = 3, \lambda_2 = 3, n_1 = 1, E_{\text{real}} = E_{\text{ob.Grenze}} = 0.84$) für Gemenge 1 und erneute Randomisation für Gemenge 2 und 3:



gemeinsames Auftreten der Herkünfte (über alle Gemenge) im ungünstigsten Fall: 3 ... 9 (im Beispiel: 3 ... 8)

ALTERNATIV: TBUB (2) mit $k = 4$ und $r = 4$ ($\lambda_1 = 2, n_1 = 6; \lambda_2 = 0, n_2 = 1$) \Rightarrow im ungünstigsten Fall: 0 ... 6

2. besser: gezielte Vermengung der Herkünfte (8 Herkünfte = 2^3 -Versuch mit Pseudofaktoren A, B und C) mit $r = 4$ und $k = 4$
 z.B.

	G1	G2	G3
Rep. IV	ABC	AB	AC
Rep. III	A	C	AB
Rep. II	B	ABC	BC
Rep. I	BC	AC	A

gemeinsames Auftreten der Herkünfte (über alle Gemenge): 4 ... 6

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Gemenge*

2 Möglichkeiten der Anlage:

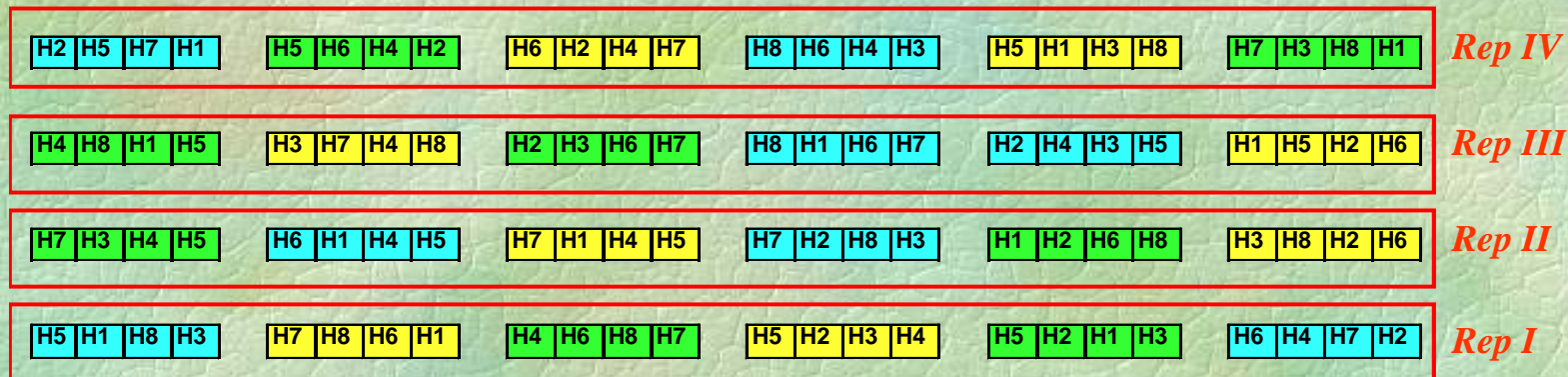
1. Gemenge als Großteilstückfaktor:

Blockmodell:

$$\text{Rep/Iblock1/Iblock2/Plot} = \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Iblock1} + \text{Rep} \bullet \text{Iblock1} \bullet \text{Iblock2} + \text{Rep} \bullet \text{Iblock1} \bullet \text{Iblock2} \bullet \text{Plot}$$

$$\text{Rep/Gemenge/Iblock2/Plot} = \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Gemenge} + \text{Rep} \bullet \text{Gemenge} \bullet \text{Iblock2} + \text{Rep} \bullet \text{Gemenge} \bullet \text{Iblock2} \bullet \text{Plot}$$

2. unvollständige Blocks je Wiederholung randomisieren:



Blockmodell:

$$\text{Rep/Iblock/Plot} = \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Iblock} + \text{Rep} \bullet \text{Iblock} \bullet \text{Plot}$$

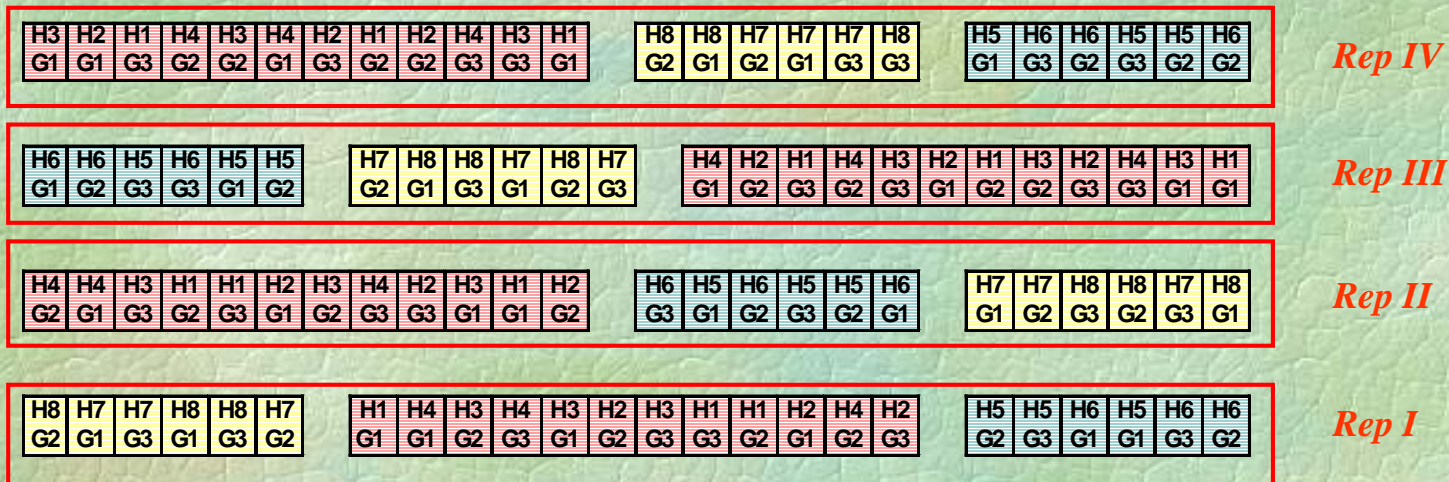
1. Bodenheterogenität in einer Richtung

1.3 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Termin (Klassifikationsfaktor)

Termin	Herkunft (H)	Gemenge (G)		
		G ₁	G ₂	G ₃
T1	H ₁	H ₁ G ₁	H ₁ G ₂	H ₁ G ₃
	H ₂	H ₂ G ₁	H ₂ G ₂	H ₂ G ₃
	H ₃	H ₃ G ₁	H ₃ G ₂	H ₃ G ₃
	H ₄	H ₄ G ₁	H ₄ G ₂	H ₄ G ₃
T2	H ₅	H ₅ G ₁	H ₅ G ₂	H ₅ G ₃
	H ₆	H ₆ G ₁	H ₆ G ₂	H ₆ G ₃
T3	H ₇	H ₇ G ₁	H ₇ G ₂	H ₇ G ₃
	H ₈	H ₈ G ₁	H ₈ G ₂	H ₈ G ₃

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Termin*

1.3.1 Anlage mit unvollständigen Blocks bei vollständiger Vermengung von Termin = Spaltanlage mit hierarchischer Prüfgliedstruktur und ungleicher PG-Anzahl je Großteilstück (Büchse)



$$\text{Rep / IBlock / Plot} = \text{Rep} + \text{Rep} \cdot \text{IBlock} + \text{Rep} \cdot \text{IBlock} \cdot \text{Plot}$$

$$= \text{Rep / Termin / Plot} = \text{Rep} + \text{Rep} \cdot \text{Termin} + \text{Rep} \cdot \text{Termin} \cdot \text{Plot}$$

Probleme:

1. vollständige Vermengung von Termin \Rightarrow vollständige Vermengung bestimmter Kontrasts der Herkünfte
2. ungleiche Größen der unvollständigen Blocks \Rightarrow Varianz-Kovarianz-Modell !

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Termin*

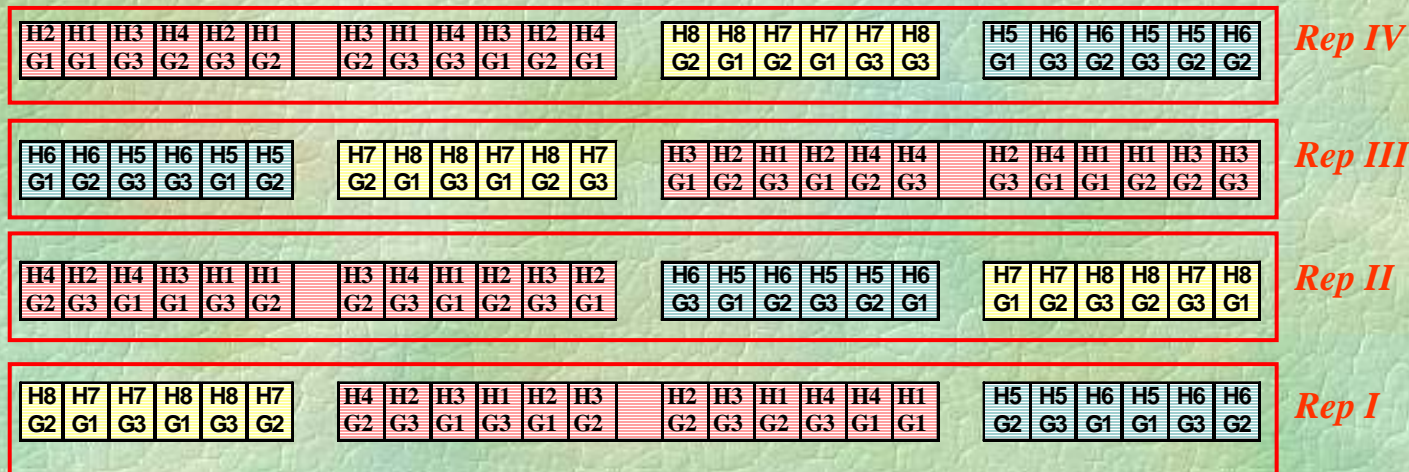
1.3.2 Anlage mit unvollständigen Blocks für $k = 6$ bei vollständiger Vermengung von Termin

2 Möglichkeiten der Anlage:

1. Termin als Großteilstückfaktor = Spaltanlage mit hierarchischer Prüfgliedstruktur und Gitterstruktur der Kleinparzellen (Büchse)

Konstruktion eines unvollständigen verbundenen und zerlegbaren Blockplans für 12 Kombinationen des 1. Termins mit $k = 6$ und $r = 4$:

$$E_{\text{real}} = E_{\text{ob.Grenze}} = 0.891892$$

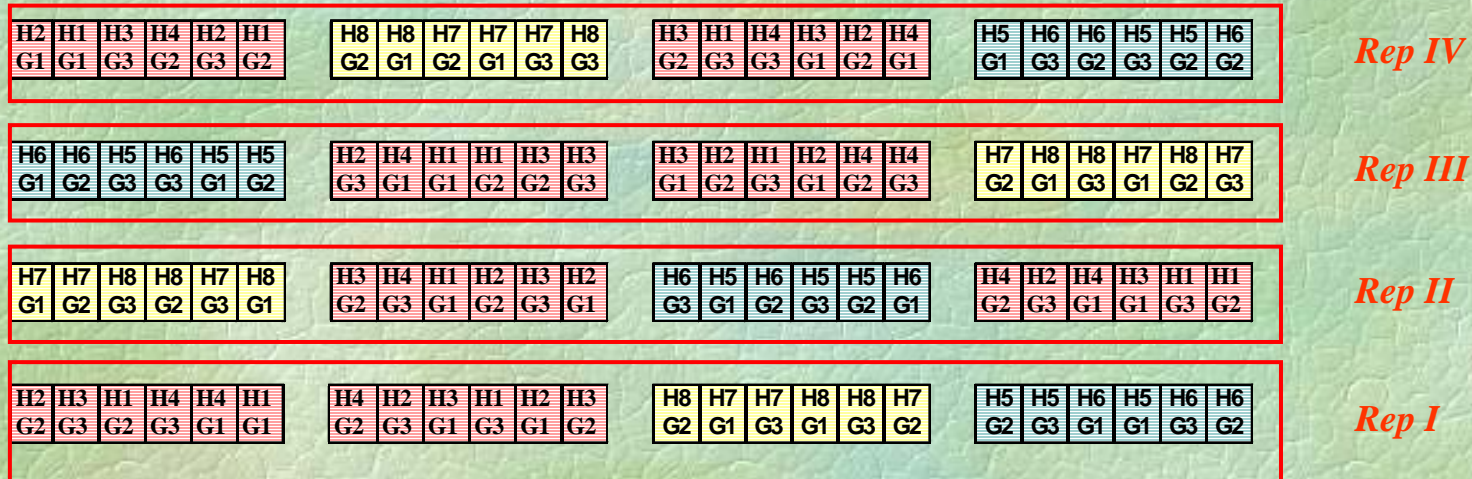


$$\text{Rep/Iblock1/Iblock2/Plot} = \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Iblock1} + \text{Rep} \bullet \text{Iblock1} \bullet \text{Iblock2} + \text{Rep} \bullet \text{Iblock1} \bullet \text{Iblock2} \bullet \text{Plot}$$

$$\text{Rep/Termin/Iblock2/Plot} = \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Termin} + \text{Rep} \bullet \text{Termin} \bullet \text{Iblock2} + \text{Rep} \bullet \text{Termin} \bullet \text{Iblock2} \bullet \text{Plot}$$

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Termin*

2. unvollständige Blocks je Wiederholung randomisieren:



$$\text{Rep/Iblock/Plot} = \text{Rep} + \text{Rep} \cdot \text{Iblock} + \text{Rep} \cdot \text{Iblock} \cdot \text{Plot}$$

auch möglich: Anlage mit unvollständigen Blocks für $k = 3$ oder 2 bei vollständiger Vermengung von Termin

dazu Konstruktion unvollständiger verbundener und zerlegbarer Blockpläne für $r = 4$ und für:

	12 Kombinationen des 1. Termins			6 Kombinationen des 2. und 3. Termins		
	E_{real}	$E_{\text{ob.Grenze}}$	$E_{\text{real}} (\% E_{\text{ob.Grenze}})$	E_{real}	$E_{\text{ob.Grenze}}$	$E_{\text{real}} (\% E_{\text{ob.Grenze}})$
$k = 3$	0.709677	0.709677	100	0.769231	0.769231	100
$k = 2$	0.479253	0.480583	99.723	0.524476	0.524476	100

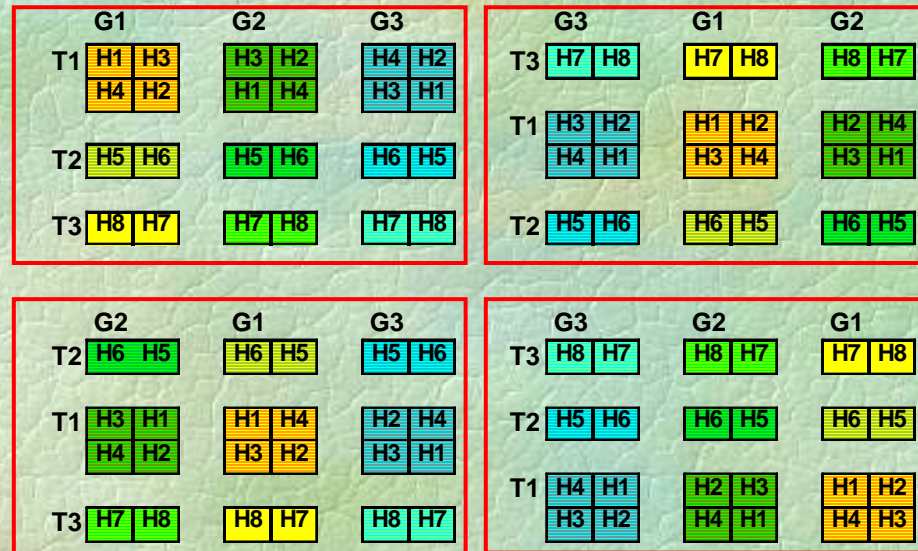
1. Bodenheterogenität in einer Richtung

1.4 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemeinde und Termin

Termin	Herkunft (H)	Gemeinde (G)		
		G1	G2	G3
T1	H1	H ₁ G ₁	H ₁ G ₂	H ₁ G ₃
	H2	H ₂ G ₁	H ₂ G ₂	H ₂ G ₃
	H3	H ₃ G ₁	H ₃ G ₂	H ₃ G ₃
	H4	H ₄ G ₁	H ₄ G ₂	H ₄ G ₃
T2	H5	H ₅ G ₁	H ₅ G ₂	H ₅ G ₃
	H6	H ₆ G ₁	H ₆ G ₂	H ₆ G ₃
T3	H7	H ₇ G ₁	H ₇ G ₂	H ₇ G ₃
	H8	H ₈ G ₁	H ₈ G ₂	H ₈ G ₃

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin*

„Streifenanlage mit hierarchischer Prüfgliedstruktur“ und ungleicher PG-Anzahl je Mittelteilstück



Rep / (Mainrow x Maincol) / Plot

= Rep + Rep•Mainrow + Rep•Maincol + Rep•Mainrow•Maincol + Rep•Mainrow•Maincol•Plot

Rep / (Termin x Gemenge) / Plot

= Rep + Rep•Termin + Rep•Gemenge + Rep•Termin•Gemenge + Rep•Termin•Gemenge•Plot

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin*

„*Streifenanlage mit hierarchischer Prüfgliedstruktur*“ und gleicher PG-Anzahl je Mittelteilstück

2 Möglichkeiten der Konstruktion:

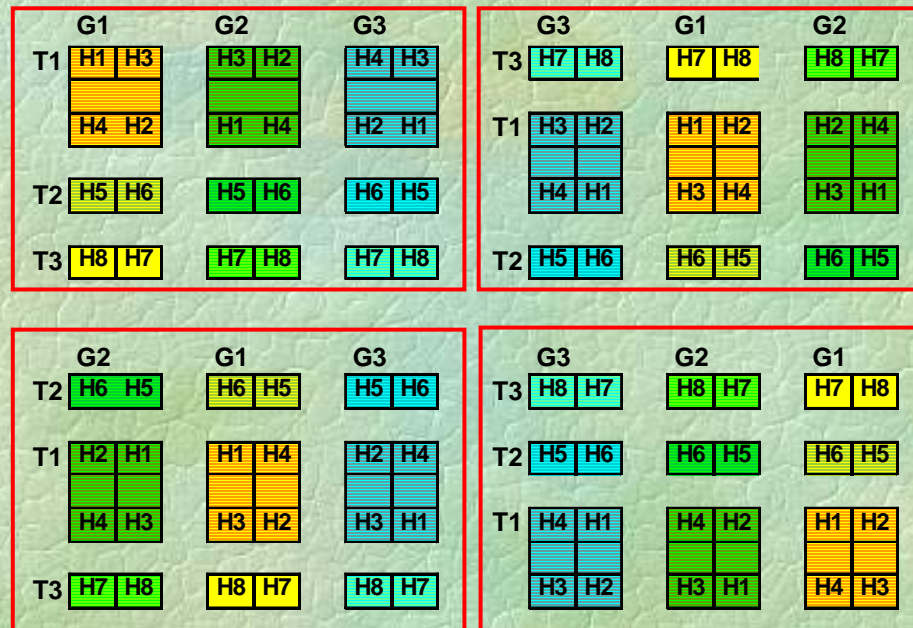
1. Konstruktion eines unvollständigen verbundenen und zerlegbaren Blockplans für die 4 Kombinationen des 1. Termins und 1. Gemenge

mit $k=2$ und $r=4$:

$$E_{\text{real}} = E_{\text{ob.Grenze}} = 0.642857$$

und

erneute Randomisation
des Grundplanes
für 2. und 3. Gemenge



2. besser: gezielte Vermengung der Herkünfte in den 4 Wiederholungen und 3 Gemengen (4 Herkünfte = 2^2 -Versuch mit Pseudofaktoren A und B)

	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Rep. IV
G1T1	B	A	AB	A
G2T1	AB	B	A	B
G3T1	A	AB	B	AB

Rep / (Mainrow x Maincol) / Iblock / Plot = Rep + Rep• Mainrow + Rep• Maincol + Rep• Mainrow • Maincol
+ Rep• Mainrow • Maincol • Iblock + Rep• Mainrow • Maincol • Iblock • Plot

Rep / (Termin x Gemenge) / Iblock/Plot = Rep + Rep• Termin + Rep• Gemenge + Rep• Termin • Gemenge
+ Rep• Termin • Gemenge • Iblock + Rep• Termin • Gemenge • Iblock • Plot

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin*

*Spaltanlage mit Gemenge als Großteilstückfaktor
Termin als Mittelteilstückfaktor(hierarchische Prüfgliedstruktur)*

*Spaltanlage mit Termin als Großteilstückfaktor
Gemenge als Mittelteilstückfaktor(hierarchische Prüfgliedstruktur)*

Randomisation der Termine je Großteilstück!

	G1	G2	G3
T1	H1 H3 H4 H2	H3 H2 H1 H4	H4 H2 H3 H1
T2	H5 H6	H5 H6	H6 H5
T3	H8 H7	H7 H8	H7 H8

	G3	G1	G2
T3	H7 H8	H7 H8	H8 H7
T1	H3 H2 H4 H1	H1 H2 H3 H4	H2 H4 H3 H1
T2	H5 H6	H6 H5	H6 H5

Randomisation der Gemenge je Großteilstück!

	G1	G2	G3
T1	H1 H3 H4 H2	H3 H2 H1 H4	H4 H2 H3 H1
T2	H5 H6	H5 H6	H6 H5
T3	H8 H7	H7 H8	H7 H8

	G3	G1	G2
T3	H7 H8	H7 H8	H8 H7
T1	H3 H2 H4 H1	H1 H2 H3 H4	H2 H4 H3 H1
T2	H5 H6	H6 H5	H6 H5

	G2	G1	G3
T2	H6 H5	H6 H5	H5 H6
T1	H3 H1 H4 H2	H1 H4 H3 H2	H2 H4 H3 H1
T3	H7 H8	H8 H7	H8 H7

	G3	G2	G1
T3	H8 H7	H8 H7	H7 H8
T2	H5 H6	H6 H5	H6 H5
T1	H4 H1 H3 H2	H2 H3 H4 H1	H1 H2 H4 H3

	G2	G1	G3
T2	H6 H5	H6 H5	H5 H6
T1	H3 H1 H4 H2	H1 H4 H3 H2	H2 H4 H3 H1
T3	H7 H8	H8 H7	H8 H7

	G3	G2	G1
T3	H8 H7	H8 H7	H7 H8
T2	H5 H6	H6 H5	H6 H5
T1	H4 H1 H3 H2	H2 H3 H4 H1	H1 H2 H4 H3

$$\text{Rep / Mainplot / Subplot / Plot} = \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Mainplot} + \text{Rep} \bullet \text{Mainplot} \bullet \text{Subplot} + \text{Rep} \bullet \text{Mainplot} \bullet \text{Subplot} \bullet \text{Plot}$$

$$\begin{aligned} &\text{Rep / Gemenge / Termin / Plot} \\ &= \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Gemenge} + \text{Rep} \bullet \text{Gemenge} \bullet \text{Termin} \\ &\quad + \text{Rep} \bullet \text{Gemenge} \bullet \text{Termin} \bullet \text{Plot} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Rep / Termin / Gemenge / Plot} \\ &= \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Termin} + \text{Rep} \bullet \text{Termin} \bullet \text{Gemenge} \\ &\quad + \text{Rep} \bullet \text{Termin} \bullet \text{Gemenge} \bullet \text{Plot} \end{aligned}$$

1. Bodenheterogenität in einer Richtung - *Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin*

unvollständige Blockanlage mit vollständiger Vermengung von Termin und Gemenge

Randomisation der Kombinationen Gemenge x Termin je Wiederholung!

	G1	G2	G3	G3	G1	G2
T1	H1 H3 H4 H2	H3 H2 H1 H4	H4 H2 H3 H1	H7 H8	H7 H8	H8 H7
T2	H5 H6	H5 H6	H6 H5	H3 H2 H4 H1	H1 H2 H3 H4	H2 H4 H3 H1
T3	H8 H7	H7 H8	H7 H8	H5 H6	H6 H5	H6 H5
	G2	G1	G3	G3	G2	G1
T2	H6 H5	H6 H5	H5 H6	H8 H7	H8 H7	H7 H8
T1	H3 H1 H4 H2	H1 H4 H3 H2	H2 H4 H3 H1	H5 H6	H6 H5	H6 H5
T3	H7 H8	H8 H7	H8 H7	H4 H1 H3 H2	H2 H3 H4 H1	H1 H2 H4 H3

Rep / Iblock / Plot = Rep + Rep•Iblock + Rep•Iblock•Plot

Iblock = Gemenge x Termin

2. Bodenheterogenität in zwei Richtungen

2.1 Überblick

Zeilen-Spalten-Anlagen

zerlegbare ZSA

nichtzerlegbare ZSA

nicht-lateinisierte
ZSA

lateinisierte ZSA

Blockmodell:

$$\begin{aligned} \text{Rep} / (\text{Row} \times \text{Col}) \\ = \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Row} \\ + \text{Rep} \bullet \text{Col} \\ + \text{Rep} \bullet \text{Row} \bullet \text{Col} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lcol} \times (\text{Rep}/\text{Row}) \\ = \text{Lcol} + \text{Rep} + \text{Rep} \bullet \text{Row} \\ + \text{Lcol} \bullet \text{Rep} \\ + \text{Lcol} \bullet \text{Rep} \bullet \text{Row} \end{aligned}$$

$$\text{Row} \times \text{Col} = \text{Row} + \text{Col} + \text{Row} \bullet \text{Col}$$

Vertreter:

Gitterquadrate
(unvollständige
Blocks und
Säulen)

Anlage mit
vollständigen
Blocks und
unvollständigen
Säulen
Lcol = RepD1
Rep = RepD2

lateinisches Quadrat
(vollständige Blocks
und Säulen)
Row = RepD1
Col = RepD2

lateinisches Rechteck
(in mindestens einer
Richtung unvollständig)

Youden-Anlage
(vollständige Blocks
und unvollständige
Säulen als BUB)
Row = Rep

Anlage mit
vollständigen Blocks
und unvollständigen
Säulen als TPUB
Row = Rep

Mudra:
 $(\text{Row} \times \text{Col}) / \text{Plot} =$
 $(\text{RepD1} \times \text{RepD2}) / \text{Plot}$
Thöni:
 $\text{Row} \times (\text{MainCol} / \text{SubCol}) =$
 $\text{RepD1} \times (\text{RepD2} / \text{SubCol})$

2. Bodenheterogenität in zwei Richtungen

2.1 *Nichtberücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin*

Lateinisches Quadrat: $v = 24 \Rightarrow r = 24$!!!

Lateinisches Rechteck LR(v, k, s):

- Anlageschema:
- Matrix(k,s) mit v verschiedenen Elementen
 - jede Zeile und Spalte enthält jedes Element höchstens einmal
 - $2 \leq k \leq v$ und $2 \leq s \leq v$, s und/oder $k < v$
 - $r \cdot v = k \cdot s$

Youden-Anlage „Incomplete Latin Square“:

vollständige Blockanlage in einer Richtung, in anderer Richtung symmetrische BUB ($b = v$)
BUB mit $b = v = 24$ existiert nicht

Anlage mit vollständigen Blocks und unvollständigen Säulen als TBUB(2):

vollständige Blockanlage in einer Richtung, in anderer Richtung symmetrische TBUB(2) ($b = v$)
TBUB mit $b = v = 24$ existiert für $r = k = 9$!

2. Bodenheterogenität in zwei Richtungen -

ohne Nachbarschaftseffekte

Spalten-lateinisierte ZSA : hier mit **vollständigen** Spalten (Annahme: 24 Prüfglieder je Long-Column möglich)

Betrachtung 2-faktoriell - Maximierung der Effizienz für Hauptwirkung G und H

Rep =RepD2	Row in Rep	Long-column =RepD1			
		1	2	3	4
I	1	H2G3	H7G1	H1G3	H3G2
	2	H7G2	H8G2	H6G1	H4G3
	3	H6G3	H3G3	H4G2	H1G1
	4	H1G2	H4G1	H5G2	H7G3
	5	H3G1	H5G3	H8G1	H2G2
	6	H8G3	H6G2	H2G1	H5G1
II	1	H1G3	H2G1	H3G2	H5G2
	2	H4G3	H1G2	H5G3	H7G1
	3	H5G1	H3G1	H6G3	H8G2
	4	H2G2	H8G3	H4G1	H6G1
	5	H8G1	H4G2	H7G2	H3G3
	6	H6G2	H7G3	H1G1	H2G3
III	1	H4G1	H5G1	H7G1	H6G3
	2	H1G1	H7G2	H8G3	H5G3
	3	H3G3	H6G1	H2G2	H1G2
	4	H8G2	H1G3	H4G3	H2G1
	5	H5G2	H2G3	H3G1	H4G2
	6	H7G3	H3G2	H6G2	H8G1
IV	1	H2G1	H4G3	H3G3	H7G2
	2	H7G1	H6G3	H1G2	H8G3
	3	H5G3	H2G2	H8G2	H1G3
	4	H6G1	H5G2	H7G3	H3G1
	5	H3G2	H8G1	H2G3	H4G1
	6	H4G2	H1G1	H5G1	H6G2

*beides
nicht
optimal*

Betrachtung 1-faktoriell mit v =24 und Maximierung der mittleren Effizienz

Rep =RepD2	Row in Rep	Long-column = RepD1			
		1	2	3	4
I	1	23	20	14	9
	2	10	24	17	15
	3	19	1	8	22
	4	4	7	21	18
	5	16	11	2	5
	6	6	13	12	3
II	1	22	17	5	11
	2	15	16	24	6
	3	20	3	10	21
	4	2	8	13	19
	5	7	9	4	14
	6	12	23	18	1
III	1	24	19	9	2
	2	18	21	16	13
	3	14	5	1	10
	4	3	12	22	7
	5	11	4	6	17
	6	8	15	20	23
IV	1	1	2	3	4
	2	5	6	7	8
	3	9	10	11	12
	4	13	14	15	16
	5	17	18	19	20
	6	21	22	23	24

$E_{\text{real}} \text{ gesamt} = 0.723$

E_{real} über alle *interessierenden* Kontrasts: im Mittel **0.702**

$SQ(\text{Varianzen}/\sigma^2) = 0.076$

$L_{\text{col}} \times (\text{Rep}/\text{Row}) = L_{\text{col}} + \text{Rep} + \text{Rep} \cdot \text{Row} + L_{\text{col}} \cdot \text{Rep} + L_{\text{col}} \cdot \text{Rep} \cdot \text{Row}$

$= \text{RepD1} \times (\text{RepD2} / \text{Row}) = \text{RepD1} + \text{RepD2} + \text{RepD2} \cdot \text{Row} + \text{RepD1} \cdot \text{RepD2} + \text{RepD1} \cdot \text{RepD2} \cdot \text{Row}$

2. Bodenheterogenität in zwei Richtungen

2.2 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemeinde (Prüffaktor)

Lateinisches Quadrat: für $g = 3$ Gemeinde und Herkünfte an den Kreuzungspunkten zufällig zuordnen, nur 3 Wiederholungen!

H2	H5	H1	H7	H3	H1	H8	H2	H6	H4	H3	H7
H4	H8	H3	H6	H7	H5	H6	H4	H5	H8	H1	H2
H6	H3	H1	H4	H8	H2	H3	H5	H2	H4	H1	H8
H2	H5	H8	H7	H7	H1	H6	H4	H7	H5	H6	H3
H5	H8	H3	H6	H1	H6	H7	H3	H4	H1	H7	H5
H1	H4	H2	H7	H5	H4	H2	H8	H6	H3	H8	H2

$(\text{Row} \times \text{Col}) / \text{Plot} = (\text{RepD1} \times \text{RepD2}) / \text{Herkunft}$

$= \text{RepD1} + \text{RepD2} + \text{RepD1} \cdot \text{RepD2} + \text{RepD1} \cdot \text{RepD2} \cdot \text{Herkunft}$

Kombination zweier Youden-Quadrate:

Für $g = 3$ Gemeinde existiert ein BUB mit $b = 3$ Blocks und $r = 2$

1. Youden-Quadrat: $G_2 \ G_3 \ G_1$
 $G_1 \ G_2 \ G_3$

und Herkünfte an den Kreuzungspunkten zufällig zuordnen

$\text{Rep} \times \text{Col} = \text{Rep} + \text{Col} + \text{Rep} \cdot \text{Col}$

$(\text{Rep} \times \text{Col}) / \text{Plot} = (\text{Rep} \times \text{Col}) / \text{Herkunft}$

Kombination zweier Youden-Quadrate ($r = 4$):

$G_2 \ G_3 \ G_1 \mid G_3 \ G_2 \ G_1$
 $G_1 \ G_2 \ G_3 \mid G_2 \ G_1 \ G_3$

oder:

$G_2 \ G_3 \ G_1 \mid G_2 \ G_1 \ G_3$
 $G_1 \ G_2 \ G_3 \mid G_3 \ G_2 \ G_1$

H5	H8	H6	H3	H8	H2	H1	H6	H2	H4	H4	H1
H1	H4	H2	H5	H7	H1	H5	H4	H7	H5	H6	H3
H3	H6	H1	H4	H3	H5	H7	H3	H1	H8	H7	H5
H2	H7	H8	H7	H6	H4	H2	H8	H6	H3	H8	H2
H2	H5	H3	H1	H5	H3	H8	H3	H1	H7	H6	H4
H4	H8	H7	H5	H8	H1	H4	H2	H3	H8	H5	H8
H1	H7	H8	H2	H6	H7	H7	H1	H5	H6	H3	H7
H3	H6	H6	H4	H4	H2	H5	H6	H4	H2	H1	H2

2. Bodenheterogenität in zwei Richtungen

2.3 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Termin

Lateinisches Quadrat für $t = 3$ Termine und terminabhängig Gemenge x Herkünfte an den Kreuzungspunkten zufällig zuordnen
 = „lateinisches Quadrat mit hierarchischer Kleinteilstückstruktur“
 ⇒ seitens Geometrie der Anlage nicht möglich
 ⇒ nur 3 Wiederholungen!

Um zu geeigneter Geometrie zu kommen, müssen je Termin gleiche PG-Anzahlen vorliegen
 ⇒ Zerlegung von T1 in T11 und T12 mit je 6 Prüfgliedern ⇒ lateinisches Quadrat mit 4 PGern und $r = 4$

T11: G1H1 G1H2
 G2H1 G2H3
 G3H2 G3H4
 T12: G1H3 G1H4
 G2H2 G2H4
 G3H1 G3H3

	T11					T12				
				T11					T12	
	T12									T11
				T12		T11				

(Row x Col) / Plot = (RepD1 x RepD2) / Plot

2. Bodenheterogenität in zwei Richtungen

2.4 Berücksichtigung der Nachbarschaftseffekte von Gemeinde und Termin

Termin	Herkunft (H)	Gemeinde (G)		
		G1	G2	G3
T1	H1	H ₁ G ₁	H ₁ G ₂	H ₁ G ₃
	H2	H ₂ G ₁	H ₂ G ₂	H ₂ G ₃
	H3	H ₃ G ₁	H ₃ G ₂	H ₃ G ₃
T2	H4	H ₄ G ₁	H ₄ G ₂	H ₄ G ₃
	H5	H ₅ G ₁	H ₅ G ₂	H ₅ G ₃
T3	H6	H ₆ G ₁	H ₆ G ₂	H ₆ G ₃
	H7	H ₇ G ₁	H ₇ G ₂	H ₇ G ₃
	H8	H ₈ G ₁	H ₈ G ₂	H ₈ G ₃

2. Bodenheterogenität in zwei Richtungen- *Nachbarschaftseffekte von Gemenge und Termin*

Konstruktion einer zerlegbaren ZSA

für 12 Prüfglieder

z.B. Anz. Zeilen = 3, Anz. Spalten = 4, $r=4$

Zuordnung der Kombinationen aus Gemenge, Termin und Herkünften:

Rep I

Col	1	2	3	4
Row				
1	10	4*	6*	9
2	7	12	3*	2*
3	8	5*	1*	11

Rep II

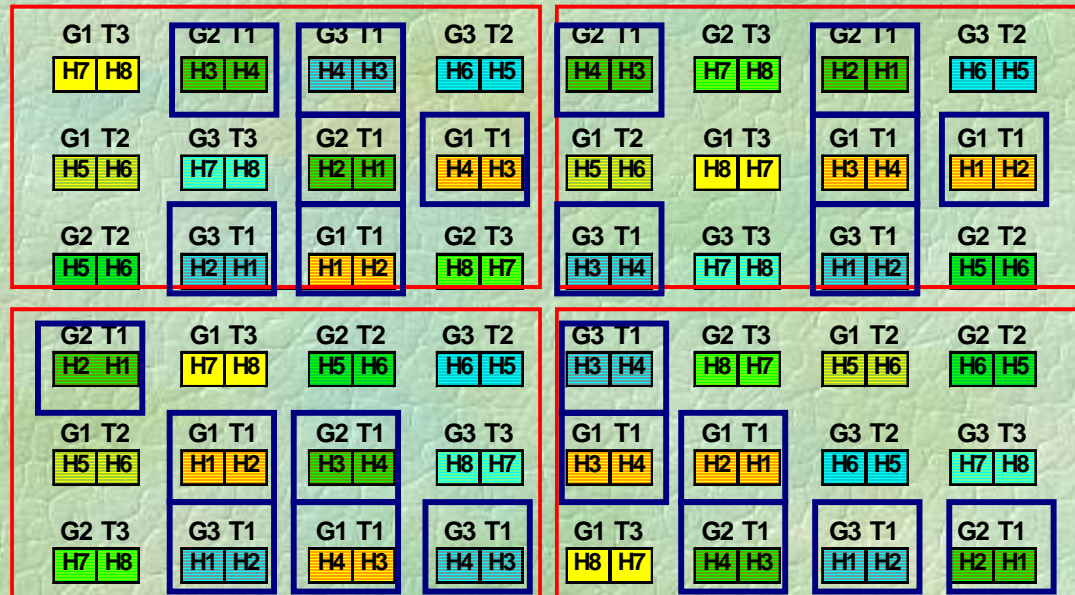
Col	1	2	3	4
Row				
1	4*	11	3*	9
2	7	10	2*	1*
3	6*	12	5*	8

Rep III

Col	1	2	3	4
Row				
1	3*	10	8	9
2	7	1*	4*	12
3	11	5*	2*	6*

Rep IV

Col	1	2	3	4
Row				
1	6*	11	7	8
2	2*	1*	9	12
3	10	4*	5*	3*



Verbesserung der Balanciertheit der Herkünfte zum 1. Termin und je Gemengestufe:

z.B. für G1T1:	Rep I	1 2	3 4	Rep II	1 3	2 4
	Rep III	1 4	2 3	Rep IV	1 2	3 4
für G2T1:	Rep I	1 2	3 4	Rep II	1 3	2 4
	Rep III	1 4	2 3	Rep IV	1 3	2 4
für G3T1:	Rep I	1 2	3 4	Rep II	1 3	2 4
	Rep III	1 4	2 3	Rep IV	1 4	2 3

Literatur

Büchse, A.:

Verminderung von Nachbarwirkungen in landwirtschaftlichen Sortenprüfungen durch Bildung von Teilsortimenten. Vortrag 49. Biometrisches Kolloquium, Wuppertal 2003.

Büchse, A.; Thomas, E.; Guiard, V.:

Bildung von Teilsortimenten zur Vermeidung von Nachbarschaftseffekten in Sortenversuchen. Landwirtschaftliches Versuchswesen. Gülzow 2001.

John, J.A.; Williams, E.R.:

Cyclic and Computer Generated Designs. Chapman & Hall, 1995.

Piepho, H.P.; Büchse, A. Emrich, K.:

A Hitchhiker's Guide to Mixed Models for Randomized Experiments. J. Agronomy & Crop Science 189, 310-322, 2003.

Rasch, D.; Herrendörfer, G.; Bock, J.; Victor, N.; Guiard, V. :

Verfahrensbibliothek Versuchsplanung und -auswertung; Band I, Oldenburg 1996.

Raghavarao, D.:

Constructions and Combinatorial Problems in Designs of Experiments, Wiley 1971.

Thöni, H.:

Lateinische „Rechtecke“? Vortrag 45. Biometrisches Kolloquium, Dortmund 1999.