

Qualität vor Quantität? - Die optimale Allokation von Qualitätsproben in Bayerischen Landessortenversuchen (LSV) von Deutschem Weidelgras

Anne-Katrin Gorn, Jens Hartung, Stephan Hartmann, Hans-Peter Piepho

Sommertagung der AG Landwirtschaftliches Versuchswesen
24. - 26. Juni 2026 | BASF Agricultural Center | Limburgerhof



Bild: Deutsches Weidelgras in Parzellenversuch, S. Hartmann, LfL

1. LSV von Deutschem Weidelgras in Bayern

- Wichtigstes Gras im Grünland
- Landessortenversuche für regionale Sortenempfehlung (Graf et al. 2009)
- Auswahlkriterium überwiegend Ertrag
- Qualitätsaspekte jedoch auch von Bedeutung
- Zusätzliche Probennahme zur Bestimmung von Qualitätsparametern
- Anzahl der Qualitätsproben pro Jahr für Laboranalyse begrenzt



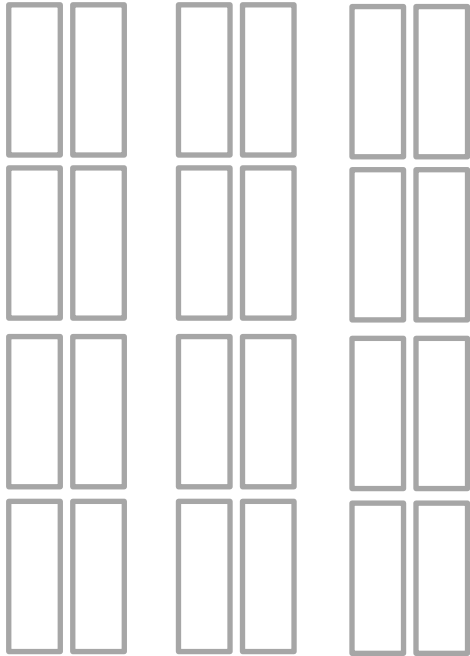
Bild: Deutsches Weidelgras in Parzellenversuch, S. Hartmann, LfL

1. LSV von Deutschem Weidelgras in Bayern

Ort	Versuch	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Osterseeon	1	Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1	Nutzungsjahr 2	Nutzungsjahr 3				
	2			Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1	Nutzungsjahr 2	Nutzungsjahr 3		
	3					Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1	Nutzungsjahr 2	Nutzungsjahr 3
	4							Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1
Steinach	5	Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1	Nutzungsjahr 2	Nutzungsjahr 3				
	6			Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1	Nutzungsjahr 2	Nutzungsjahr 3		
	7					Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1	Nutzungsjahr 2	Nutzungsjahr 3
	8							Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1
Spitalhof	9	Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1	Nutzungsjahr 2	Nutzungsjahr 3				
	10			Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1	Nutzungsjahr 2	Nutzungsjahr 3		
	11					Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1	Nutzungsjahr 2	Nutzungsjahr 3
	12							Ansaatjahr	Nutzungsjahr 1

1. LSV von Deutschem Weidelgras in Bayern

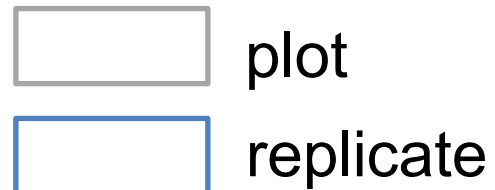
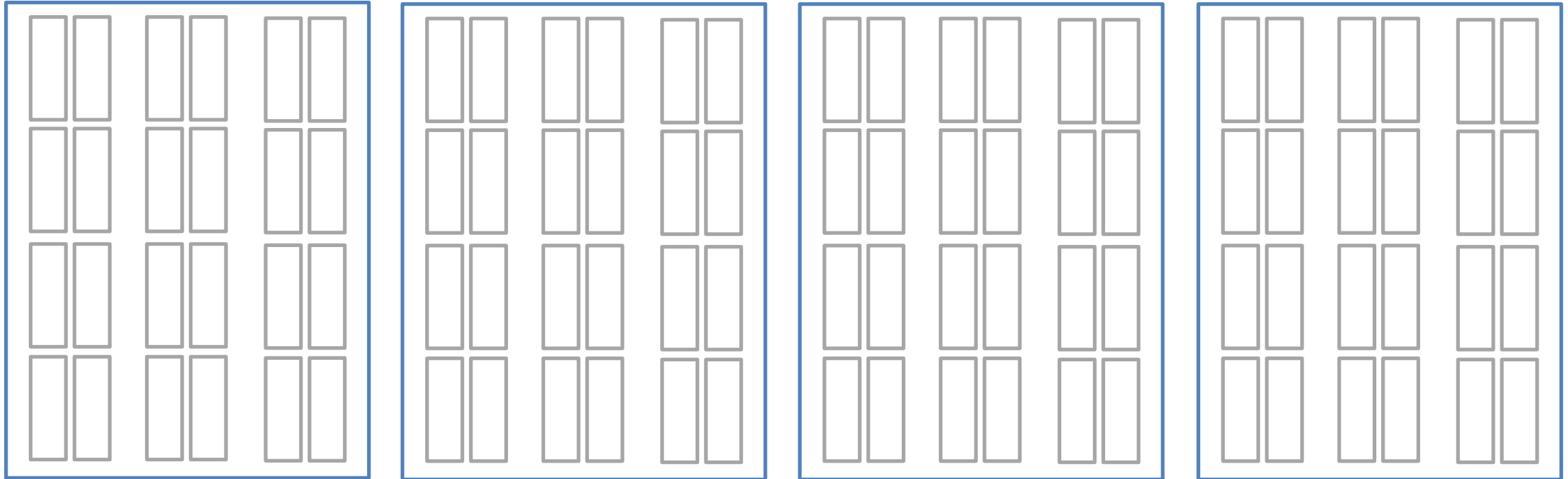
Versuchsdesign



 plot

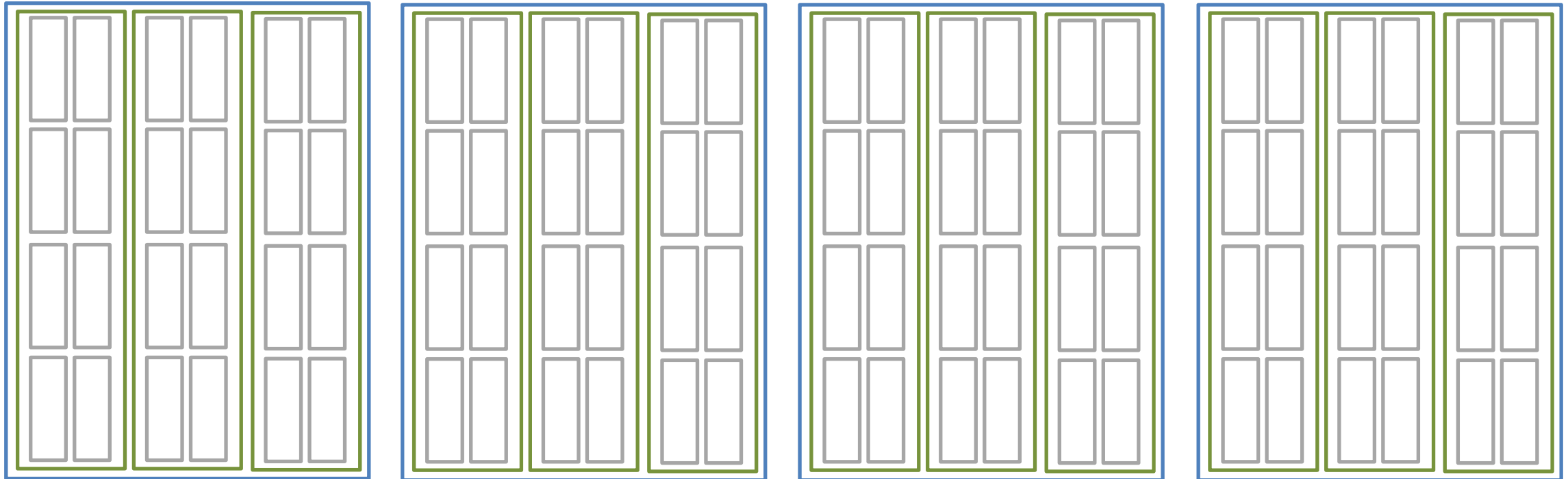
1. LSV von Deutschem Weidelgras in Bayern

Versuchsdesign



1. LSV von Deutschem Weidelgras in Bayern

Versuchsdesign



plot



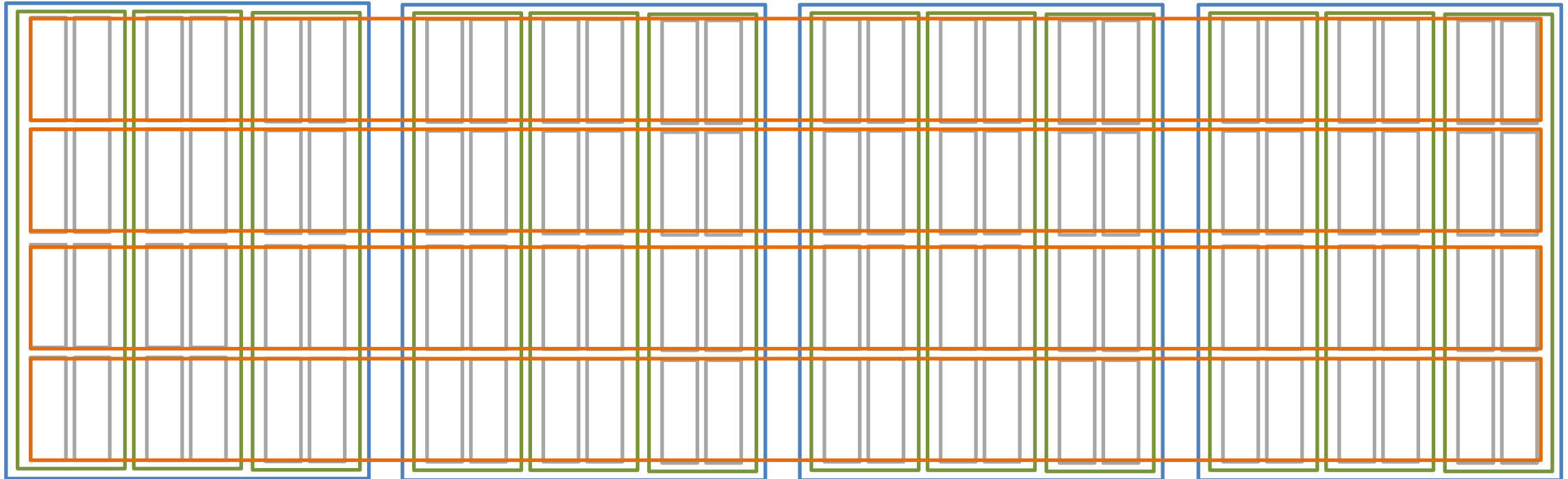
replicate



main plot

1. LSV von Deutschem Weidelgras in Bayern

Versuchsdesign



plot



row



replicate



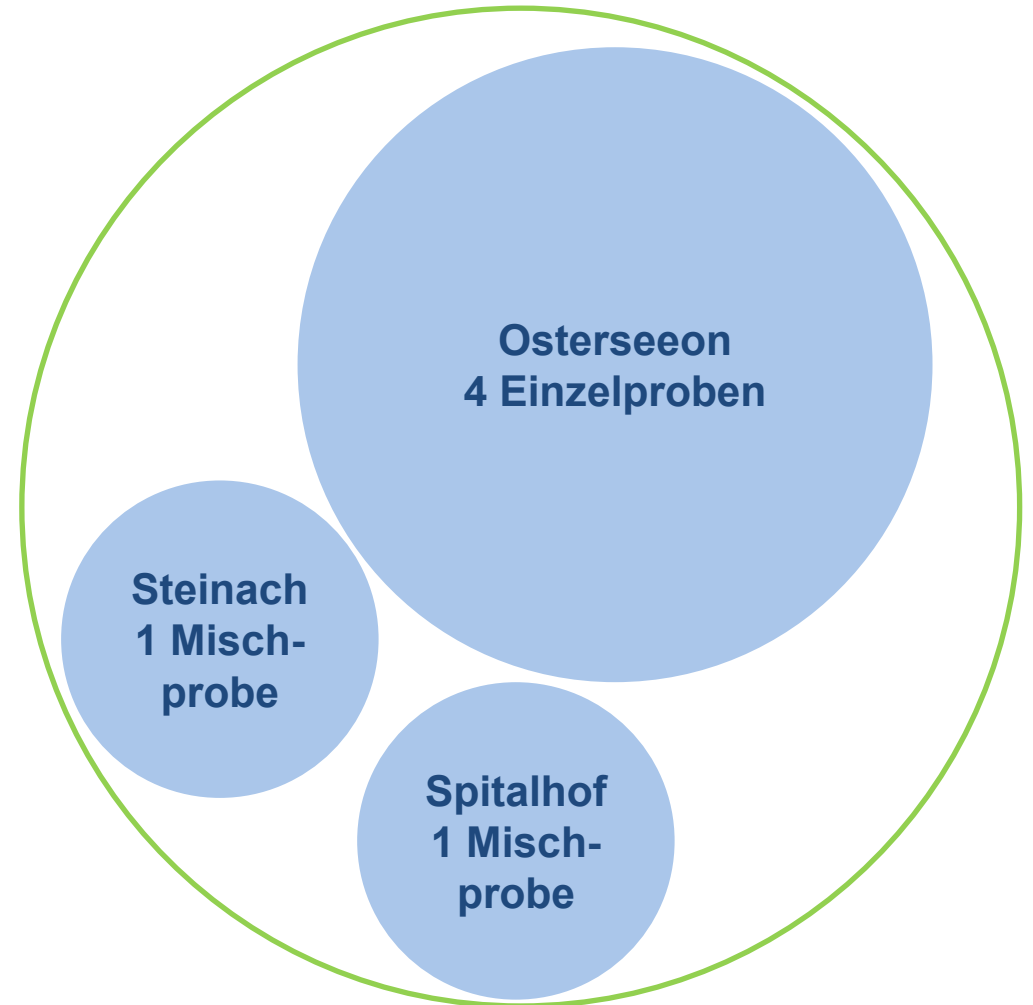
main plot

2. Problemstellung

- 3 Orte mit jeweils 4 Wiederholungen pro Sorte und Schnitt
- Anzahl der Qualitätsproben pro Jahr für Laboranalyse begrenzt

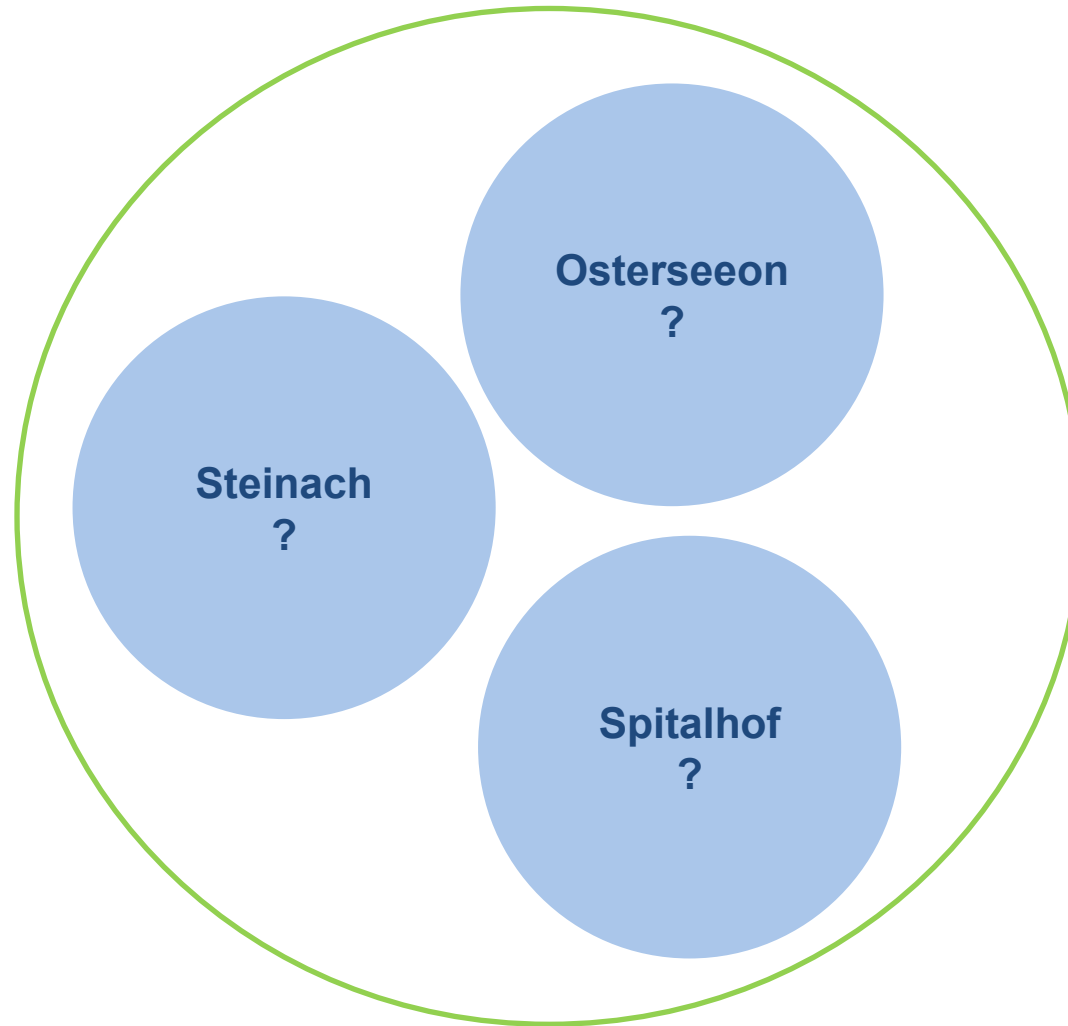
→ Teilweise Erstellung von Mischproben der 4 Parzellen pro Sorte und Schnitt

→ Anordnung der Mischproben gut für Bewertung der Sorten?



= 6 Proben pro Sorte und Schnitt

2. Problemstellung



≤ 6 Proben pro Sorte und Schnitt

3. Methoden

1. Schätzen der
Varianzkomponenten



2. Simulation
alternativer Designs



3. Vergleich alternativer
Designs

3.1. Schätzen der Varianzkomponenten

1. Schätzen der Varianzkomponenten



2. Simulation alternativer Designs



3. Vergleich alternativer Designs

- Gemischtes Lineares Modell pro Ort und Schnitt
- Schwierigkeit hierbei die Autokorrelation durch Mehrjährigkeit
- Trennung der Effekte von **Ansaatjahr, Nutzungsjahr** und **Kalenderjahr** (Piepho und Eckl 2014)



Welche Jahreseffekte sind überhaupt schätzbar?

- **Einzelne Jahreseffekte?**
- **Umwelten?**

3.1.1. Strategie für die Jahreseffekte in perennierenden Kulturen

Welche Effekte sind schätzbar?

- ANOVA
- Freiheitsgrade
 - = 0: raus aus dem Modell
 - ≥ 1 : Effekt bleibt im Modell

Fest oder zufällig?

- Analogie zwischen Block- und Jahreseffekten
- Entscheidung über Nutzung der inter-year Information mit Kenward und Roger (1997) Methode
- Interaktionen basierend auf Status des Haupteffekts

Jahres- oder Umwelteffekte?

- Vergleich der Modelle mit separaten Jahres- und Umwelteffekten
- Selektionskriterium: AIC

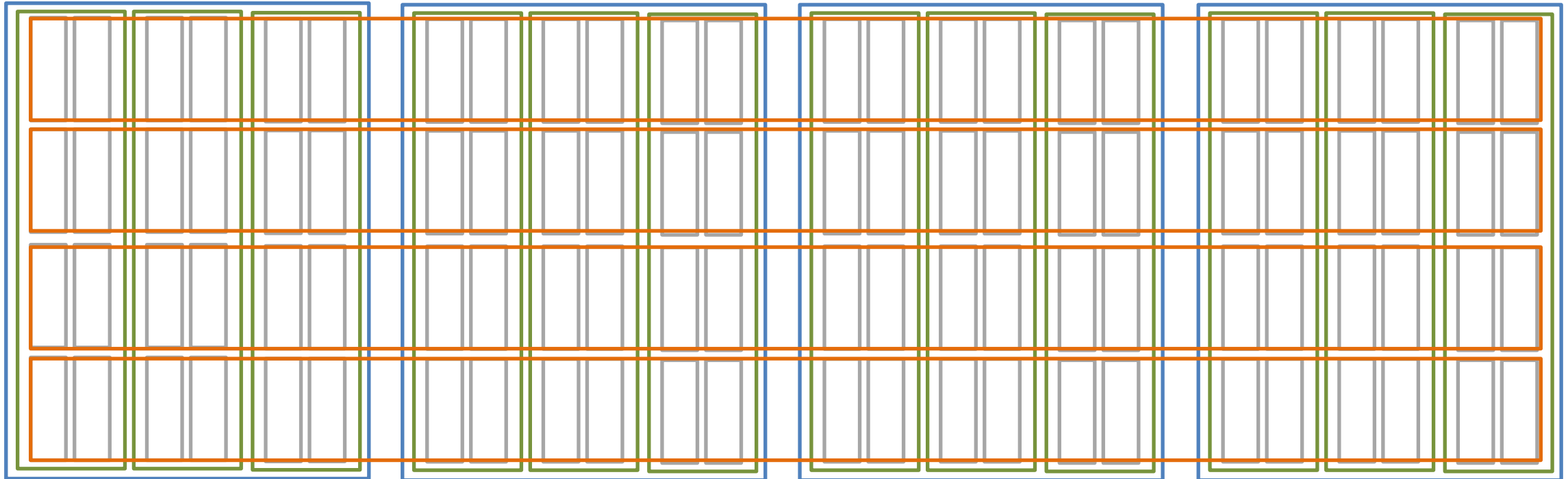
3.1. Schätzen der Varianzkomponenten

$$M = \mu + (HG/C) \times HY \times T + e$$

mit	
M	ME in MJ kg ⁻¹ einer bestimmten Sorte geschachtelt in der Erntegruppe in einem bestimmten Versuch, Schnitt und Nutzungsjahr
μ	Gesamteffekt
(HG/C)	Fester Haupteffekt für Sorte geschachtelt in Erntegruppe
HY	Fester Haupteffekt für Nutzungsjahr
T	Fester Haupteffekt für Versuch
e	Zufälliger Restfehlereffekt von M, $N(0, \sigma_e^2)$

3.1. Schätzen der Varianzkomponenten

Versuchsdesign



plot



row



replicate



main plot

3.1. Schätzen der Varianzkomponenten

$$M = \mu + (HG/C) \times HY \times T : T \cdot \text{ROW} \cdot HY + T \cdot \text{REP} \cdot HY + T \cdot \text{REP} \cdot \text{MP} \cdot HY + e$$

mit
M ME in MJ kg⁻¹ einer bestimmten Sorte geschachtelt in der Erntegruppe in einer bestimmten Wiederholung, Versuch, Schnitt und Nutzungsjahr

μ Gesamteffekt

(HG/C) Fester Haupteffekt für Sorte geschachtelt in Erntegruppe

HY Fester Haupteffekt für Nutzungsjahr

T Fester Haupteffekt für Versuch

$T \cdot \text{ROW} \cdot HY$ Zufälliger Effekt der Reihe geschachtelt in Versuch und Nutzungsjahr, $N(0, \sigma_{row}^2)$

$T \cdot \text{REP} \cdot HY$ Zufälliger Effekt der Wiederholung geschachtelt in Versuch und Nutzungsjahr, $N(0, \sigma_{rep}^2)$

$T \cdot \text{REP} \cdot \text{MP} \cdot HY$ Zufälliger Effekt der Erntegruppe geschachtelt in Wiederholung, Versuch und Nutzungsjahr, $N(0, \sigma_{hg}^2)$

e Zufälliger Effekt des Restfehlers von M, $N(0, \sigma_e^2)$

3.1. Schätzen der Varianzkomponenten – Schnitt 2

Ort	Effect	Estimate
Osterseeon	T · ROW · HY	0.1492
Osterseeon	T · REP · HY	0.01834
Osterseeon	T · REP · MP · HY	0.01693
Osterseeon	e	0.8539
Spitalhof	T · ROW · HY	0
Spitalhof	T · REP · HY	0.09767
Spitalhof	T · REP · MP · HY	0.1166
Spitalhof	e	1.8967
Steinach	T · ROW · HY	0.06765
Steinach	T · REP · HY	0
Steinach	T · REP · MP · HY	0
Steinach	e	1.0372

3. Methoden

1. Schätzen der
Varianzkomponenten



2. Simulation
alternativer Designs

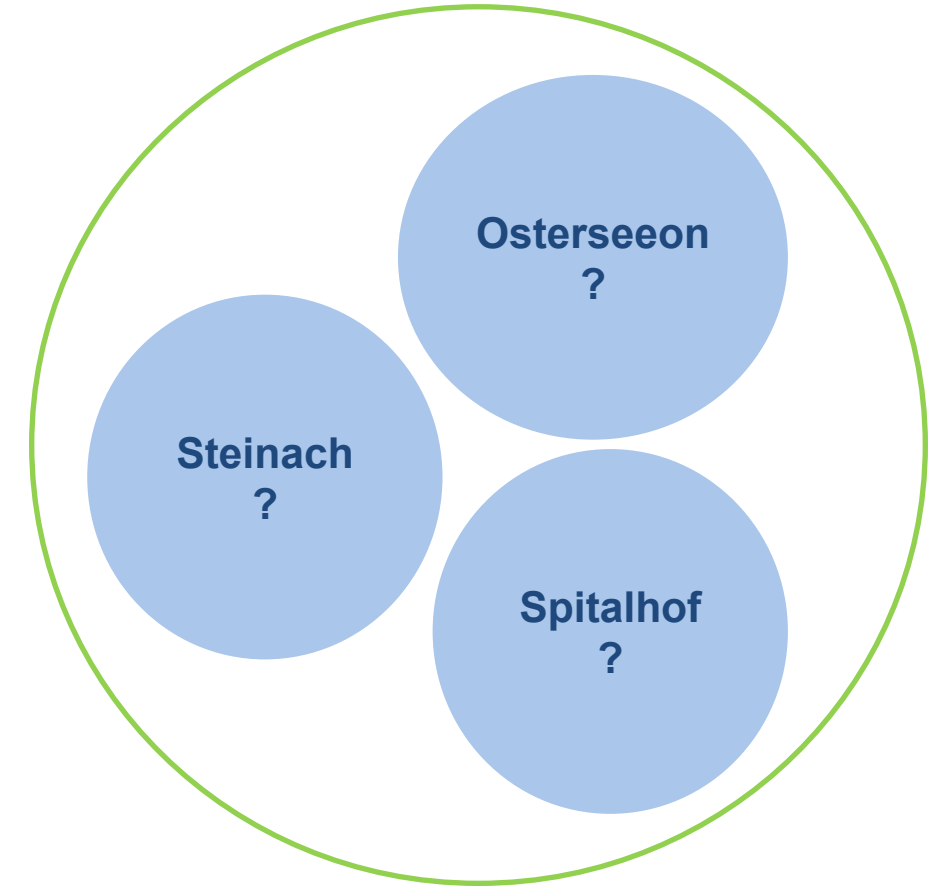


3. Vergleich alternativer
Designs

- Alternative Designs werden simuliert
- Statistische Power und average s.e.d. werden ermittelt, wobei geschätzte Varianzkomponenten aus Schritt 1 festgehalten werden

3.2. Simulation alternativer Designs

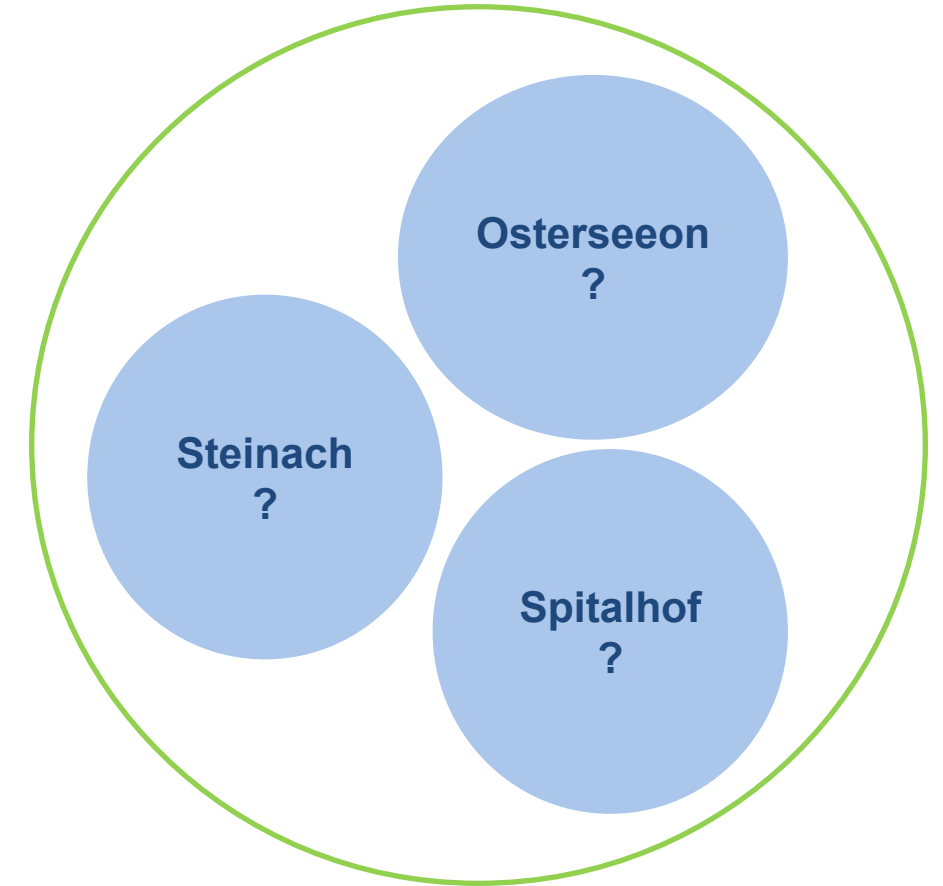
Osterseeon	Spitalhof	Steinach	Summe
4	1	1	6
3	1	2	6
3	2	1	6
2	1	3	6
2	2	2	6
2	3	1	6
1	1	4	6
1	2	3	6
1	3	2	6
1	4	1	6
3	1	1	5
2	1	2	5
2	2	1	5
1	1	3	5
1	2	2	5
1	3	1	5
2	1	1	4
1	1	2	4
1	2	1	4
1	1	1	3



≤ 6 Proben pro Sorte und Schnitt

3.2. Simulation alternativer Designs

Osterseeon	Spitalhof	Steinach	Summe
4	1	1	6
3	1	2	6
3	2	1	6
2	1	3	6
2	2	2	6
2	3	1	6
1	1	4	6
1	2	3	6
1	3	2	6
1	4	1	6
3	1	1	5
2	1	2	5
2	2	1	5
1	1	3	5
1	2	2	5
1	3	1	5
2	1	1	4
1	1	2	4
1	2	1	4
1	1	1	3



≤ 6 Proben pro Sorte und Schnitt

3. Methoden

1. Schätzen der
Varianzkomponenten



2. Simulation
alternativer Designs



3. Vergleich alternativer
Designs

- Vergleich aller Designs

4. Ergebnisse - Schnitt 2

Osterseeon	Spitalhof	Steinach	Summe	Power	Average s.e.d.
1	1	1	3	0.17591	0.5402
4	4	4	12	0.99989	0.2725
2	2	2	6	0.97880	0.3831
4	1	1	6	0.87177	0.4928
1	3	2	6	0.97243	0.3941

4. Ergebnisse - Schnitt 2

Osterseeon	Spitalhof	Steinach	Summe	Power	Average s.e.d.
1	1	1	3	0.17591	0.5402
4	4	4	12	0.99989	0.2725
2	2	2	6	0.97880	0.3831
4	1	1	6	0.87177	0.4928
1	3	2	6	0.97243	0.3941

5. Fazit

- Untersuchung der effizientesten Verteilung von Qualitätsproben in Landessortenversuchen von Deutschem Weidelgras in Bayern
- Design 2-2-2 am effizientesten
- Wo Varianzen groß sind, lohnen sich mehr Proben
- Die Ergebnisse ermöglichen eine Einbindung von Qualitätsaspekten in der Sortenbeurteilung ohne Überschreitung der gegebenen Probenlimits.



Bild: Deutsches Weidelgras in Parzellenversuch, S. Hartmann, LfL

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Bild: Deutsches Weidelgras in Parzellenversuch, S. Hartmann, LfL

Referenzen

- Gorn, A.-K., Hartung, J., Hartmann, S., & Piepho, H.-P. (2026). Year in, year out – A general strategy for modelling multi-environment trial data in perennial crops, manuscript under review.
- Gorn, A.-K., Hartung, J., Hartmann, S., & Piepho, H.-P. (2026). Quality over quantity? The optimal allocation of quality samples of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in Bavarian post-registration trials, manuscript under review.
- Graf, R., Michel, V., Roßberg, D., & Neukampf, R. (2009). Definition pflanzenartspezifischer Anbaugebiete für ein regionalisiertes Versuchswesen im Pflanzenbau. *Journal für Kulturpflanzen* 61(7), 247–253.
- Kenward, M. G., & Roger, J. H. (1997). Small sample inference for fixed effects from restricted maximum likelihood. *Biometrics*, 53(3), 983.
- Loughin, T. M. (2006). Improved experimental design and analysis for long-term experiments. *Crop Science*, 46(6), 2492–2502.
- Piepho, H.-P., & Eckl, T. (2014). Analysis of series of variety trials with perennial crops. *Grass and Forage Science*, 69(3), 431–440.
- Stroup, W. W. (2002). Power analysis based on spatial effects mixed models: A tool for comparing design and analysis strategies in the presence of spatial variability. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 7(4), 491–511.