

SBR im Zuckerrübenanbau

On-Farm-Streifenversuche als Grundlage für die Beratung

Workshop On-Farm-Experimente

28. November 2025

Dr. Andreas Büchse, Statistical Consultant

Achim Jesser, Südzucker AG, Landwirtschaftliche Forschung

Dr. Julia Wießner, Verband süddeutscher Zuckerrübenanbauer e.V.





Aufnahme im September 2023



SBR & Stolbur – Eine Herausforderung für die gesamte Zuckerwirtschaft

Problemstellung & Ausgangslage

- Massive Ertragsrückgänge bis –75 %
- Erschwerte Verarbeitung & Logistik
- Starke geographische Ausbreitung der Krankheit
- Zunahme der Befallsintensität in den Regionen
- Neuartiger Vektor und komplexe Erreger, in einer neuen ökologischen Nische
- Ohne bekannte Bekämpfungsmöglichkeit

**= Enormes Schadpotential.
Zuckerrübenanbau vor dem Aus**



Die Schilf-Glasflügelzikade - *Pentastiridius leporinus* (PNSTLE)

Problemstellung & Ausgangslage

- Angepasster Lebenszyklus an Zuckerrüben und die klassischen Rüben-Weizen Fruchtfolgen
 - Phloem-Sauger mit hoher Mobilität, langer Flugaktivität und starker Vermehrungsrate.
 - Vertikale Transmission des SBR-Erregers auf die nachfolgende Generation
- = Populationskontrolle zentraler Punkt einer zukünftigen Bekämpfungsstrategie**



Ein Krankheitskomplex – Zwei Erreger

Problemstellung & Ausgangslage

- Beide Erreger sind Phloem – Limitiert und werden beim Saugvorgang übertragen. Sie können nicht außerhalb der Pflanze kultiviert werden
- Erreger können einzeln oder gemeinsam in der Pflanze vorhanden sein.

ARSEPH “ SBR”

Candidatus

Arsenophonus phytopathogenicus

- Zuckerparasit
Ursache für die niedrigen Zuckergehalte
- Lange dominanter Erreger

PHYPSO “Stolbur”

Candidatus

Phytoplasma solani (16SrXII-P)

- Angriff auf die Zellstrukturen
Ursache für Ertragsverluste und verminderte Lagerfähigkeit



Lösungssuche zwischen Grundlagenforschung & Praxistauglichkeit

SBR im Versuchswesen Zuckerrübe

Grundlagen

- Etablierung einer Zucht für GH – Versuche
- Untersuchungen zur Populationsdynamik und Vermehrung der Zikaden
- Verständnis der Erreger und Interaktionen

Sorten

- Screening aktueller und alter Sorten in klassischen Sortenversuchen
- Erste Sorten verfügbar – eher allgemeine Toleranz als eine echte Resistenz gegen SBR
- bis ca. 10 % Mehrertrag

Pflanzenbau & -schutz

- Versuche zur Stärkung der Resilienz der Pflanze
- Insektizid - Versuche zur Populationskontrolle und Reduktion der Erregerübertragung
- Klassische Feldversuche in kleinen Parzellen und



V Versuchsergebnisse im klassischen Versuchsdesign

SBR im Versuchswesen Zuckerrübe

SBR-Mittelprüfung 2023	Standort 1		Standort 2	
	B. Zuckerertrag t/ha	rel.	B. Zuckerertrag t/ha	rel.
Varianten				
Kontrolle	8,25	100,0	12,18	100
Ekofertile	8,41	101,9	11,52	94,6
Bakterium SumiAgro+Squall	9,59	116,2	11,45	94
Zitronensäue/Silizium pro/Natrel top/Melasse/CaB	10,08	122,2	12,17	100
NutriPhite+Kantor Agroplanta	10,03	121,5	11,81	97
Bion	6,13	74,2	11,4	93,6
Pirimor/Mospilan/Danjiri/Teppeki/Carnadine+ Kantor	9,57	116,0	11,24	92,3
Moddus SC	9,17	111,2	11,68	95,9
Prüfmittel	9,00	109,0	11,61	95,3
Gesamtmittel	8,90	107,9	11,68	95,9
GD 5% (multipler t-Test)	1,10	13,3	0,49	4

Fazit: **Viele Versuche blieben ohne verwertbare Ergebnisse.**
Beratung auf dieser Grundlage unmöglich.

Faktor Umwelt & Witterung
Niederschläge, Hitze

Faktor Vektor & Erreger
Mobilität, Populationsdichte

Faktor Versuchsdesign
kleine Parzellen, limitierte Standorte,
einzelne Versuchsmittel



Lösungsansatz On Farm Streifenversuch

Warum der Wechsel auf On – Farm Versuche ?

SBR – Versuche als On – Farm Konzepte

**Oberste Priorität: Aussagekräftige, gesicherte Versuchsergebnisse
– die schnell in Praxis & Beratung genutzt werden können**

**Große
Behandlungsfläche**

**Viele Standorte
und Umwelten**

Hohe Praxisnähe

**Verteilung der
Arbeitsbelastung**

**Agilität &
Flexibilität**



Versuchsvarianten im koordinierten On – Farm Versuch

SBR – Versuche als On – Farm Konzepte

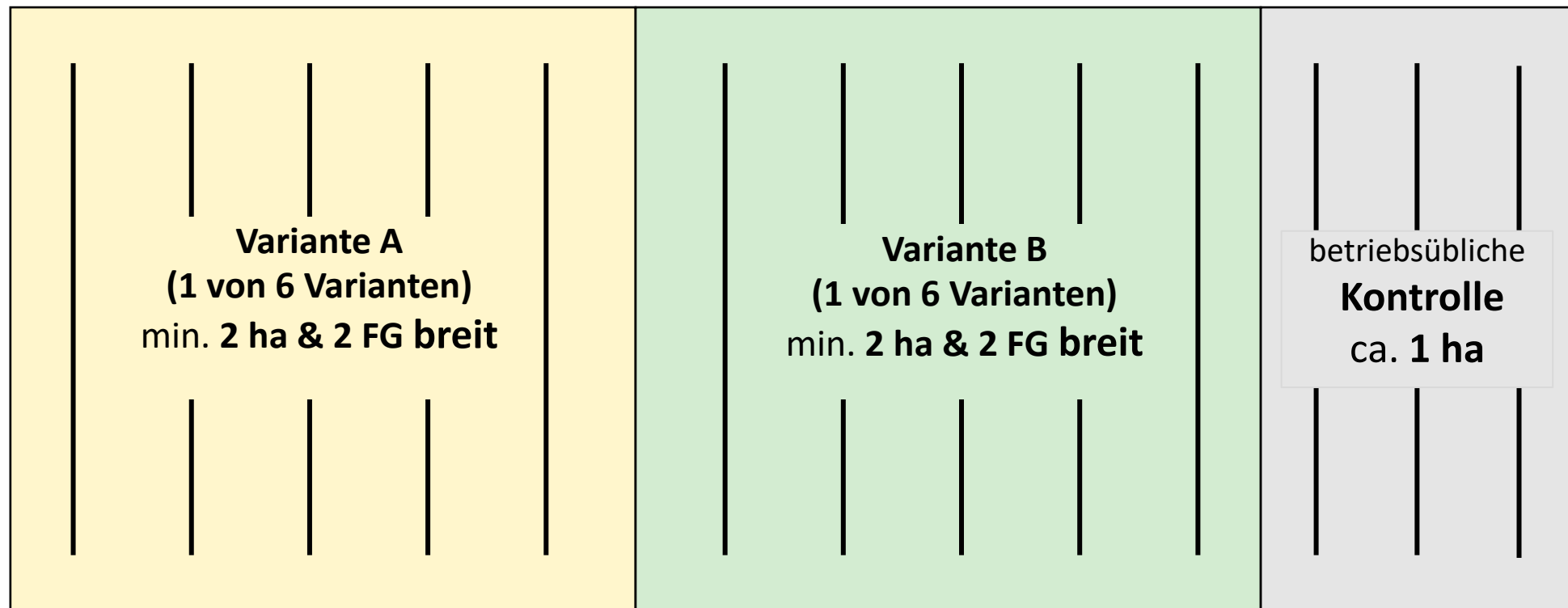
VG	Produkt	Produktart / Wirkungsweise	applikation	Anwendungen
1	Mospilan (Acetamiprid)	Insektizid, direkte Bekämpfung Zikade	Zum Hauptzuflug	3
2	Tepekki (Flonciamid)	Insektizid, direkte Bekämpfung Zikade	Zum Hauptzuflug	3
3	Karrikin	Biostimulant zur Förderung der Pflanzenentwicklung & Stressresilienz	Ab 3 NAK 4 – wöchig	6
4	Remedi Gold	Biostimulant zur Förderung der Pflanzenentwicklung & Stressresilienz	Ab Zuflug 4 – wöchig	4
5	Surround	Gesteinsmehl als Repellent, indirekte Kontrolle	Ab Flugbeginn 2 – wöchig	4
6	Schwefel	Düngung & repellente Wirkung	Ab Flugbeginn 4 – wöchig	2



Versuchskonzept – Koordinierte Streifenversuche

SBR – Versuche als On – Farm Konzepte

Ziel: Einfaches Versuchsdesign – geringe Fehlerquote – hohe Praxisnähe



Vertrauen in die Ergebnisse – Verlässlichkeit & Genauigkeit

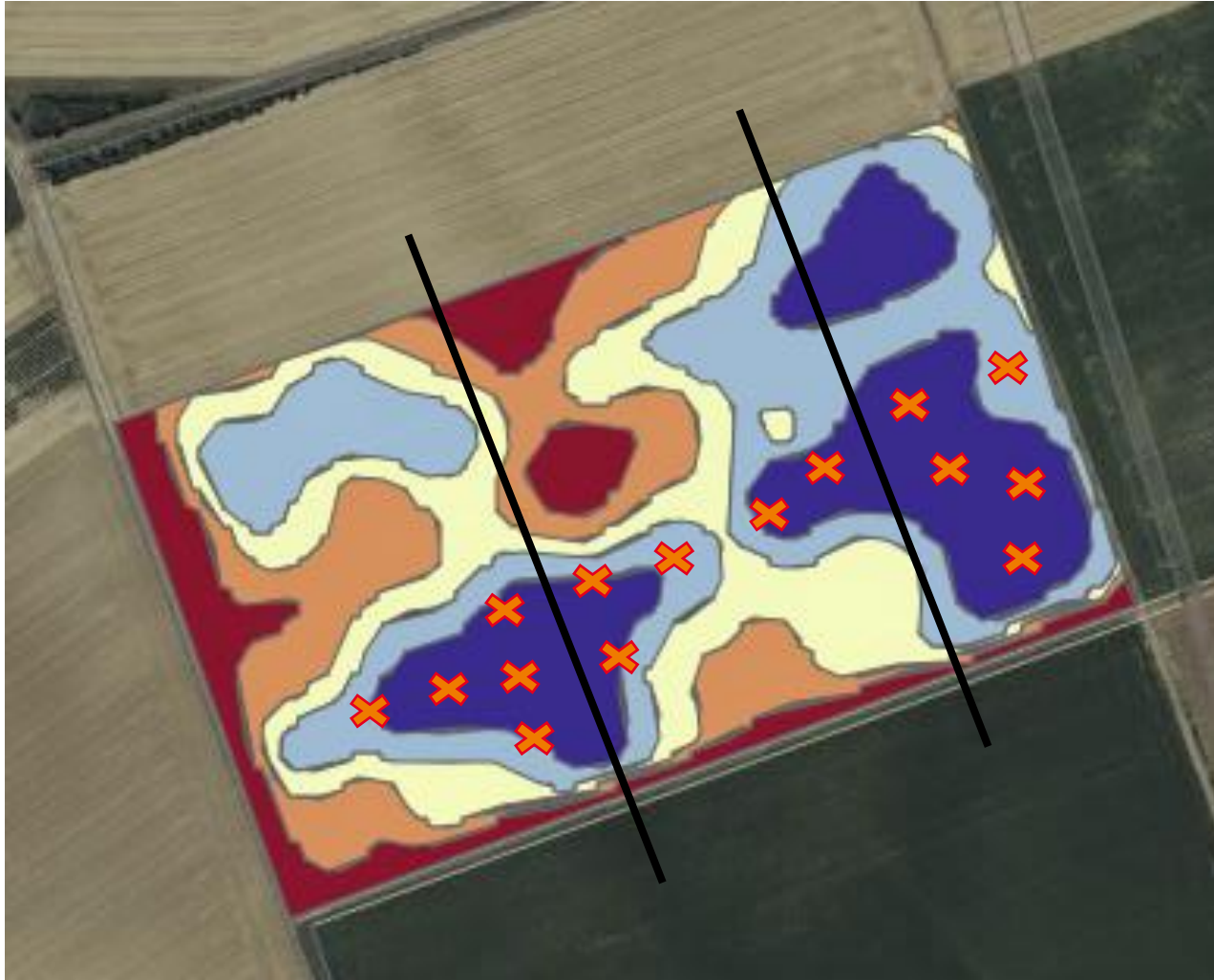
SBR – Versuche als On – Farm Konzepte

- **Ansprechpartner festlegen**
Direkter, persönlicher Kontakt zwischen Anbauern & Versuchskoordinatoren
- **Detaillierte Versuchsvorbereitung**
Versuchspläne & Versuchsmittel vorab bereitstellen
- **Einbindung externer Partner**
Für die Akzeptanz der Ergebnisse und Erlaubnis für Versuche
- **Enge Begleitung vor Ort und Handarbeit wo notwendig**
hoher Aufwand, um möglichst genaue Versuchsergebnisse zu erreichen



Vorletzte Etappe – Ernte: Umgang mit heterogenen Flächen & Beständen

SBR – Versuche als On – Farm Konzepte

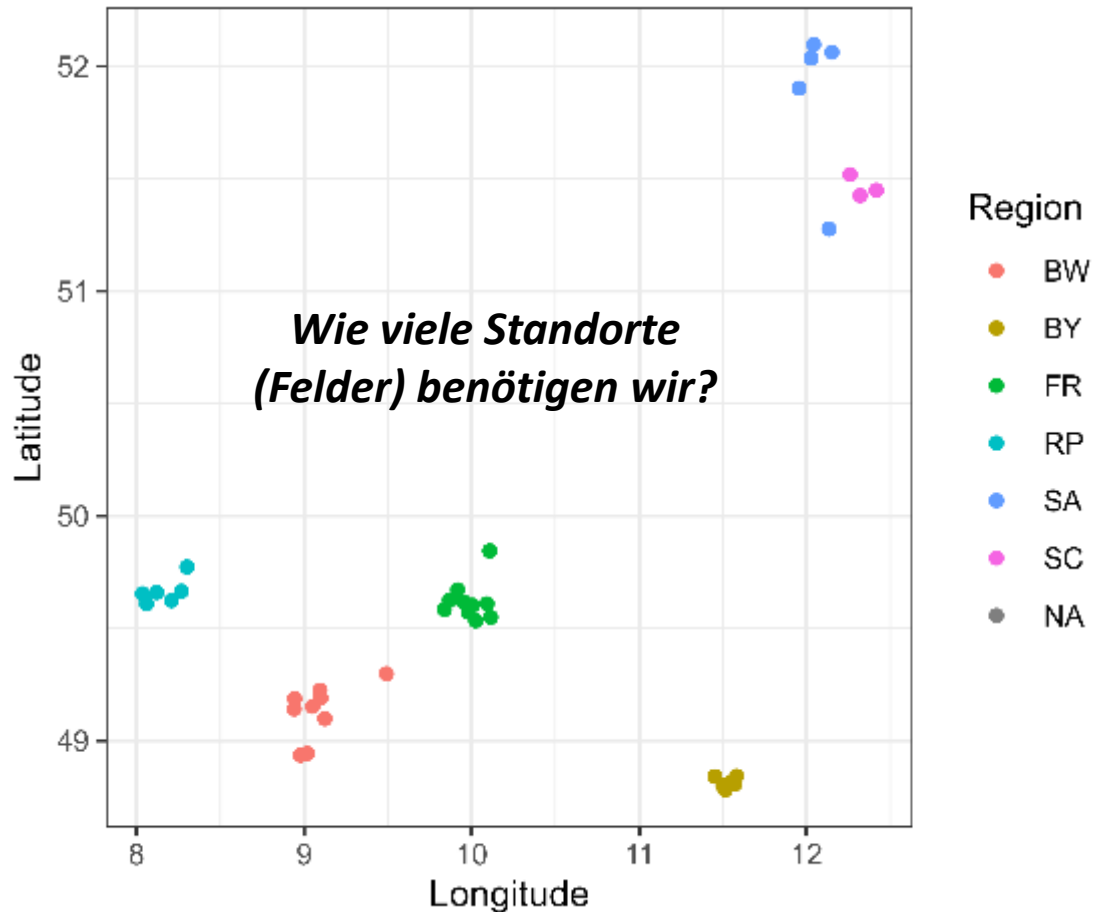


- 1. Mehrere kleine Ernteparzellen (5)**
in jeder Variante (5x 20 Rüben)
 - 2. Ertragskartierung der Gesamtfläche**
Ernteparzellen in Zonen gleicher Ertragsfähigkeit
 - 3. Festlegung der Ernteflächen vor Ort**
Finalisierung der Ernteparzellen bei Besichtigung. Flexible Lage im Feld
- = möglichst nahe an den
Behandlungseffekt & die Realität**



Statistische Versuchsplanung & Ergebnisse

Mögliche Standorte, Regionen

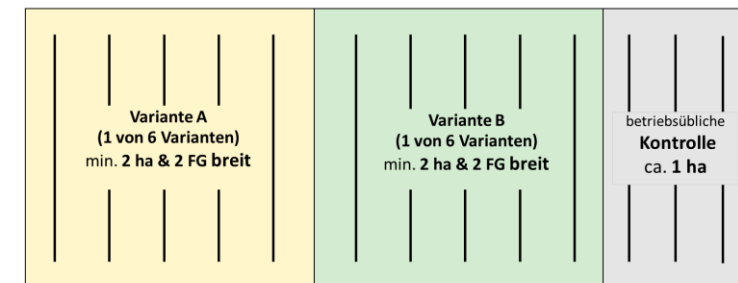


- Bundesweiter Versuch
- Regionale Gruppen von Standorten (ARGE, Züchter)
- Regionale Auswertungen sollen möglich sein
- Teilweise regionale Unterschiede in den Treatments
- Hierarchische Struktur
- Streulagenversuch mit unvollständigen Blocks. Funktioniert das?

Versuchskonzept – Koordinierte Streifenversuche

SBR – Versuche als On – Farm Konzepte

Ziel: Einfaches Versuchsdesign – geringe Fehlerquote – hohe Praxisnähe



Fragen und notwendige Informationen für Versuchsplanung



Andreas: Welchen Effekt erwarten die Versuchsansteller (Südzucker, Anbauerverband)?
Was soll als signifikanter Effekt nachgewiesen werden?



Achim + Julia: “ $\geq 10\%$ im Ertrag!?”

Andreas: Sollen die Blocks Kontrolle + 2 Treatments oder Kontrolle + 3 Treatments enthalten?

Achim + Julia: “kommt drauf an, was ist denn besser?”

Andreas: Welche Varianzen haben wir zwischen und innerhalb der Felder zu erwarten

Achim + Julia: “Gute Frage. Wir haben historische Daten aus ähnlichen Versuchen.”

Andreas: Welche und wie viele Standorte kommen in Frage?

Achim + Julia: “bundesweite Serie wäre möglich. Regionale Versuchsansteller und Züchter”

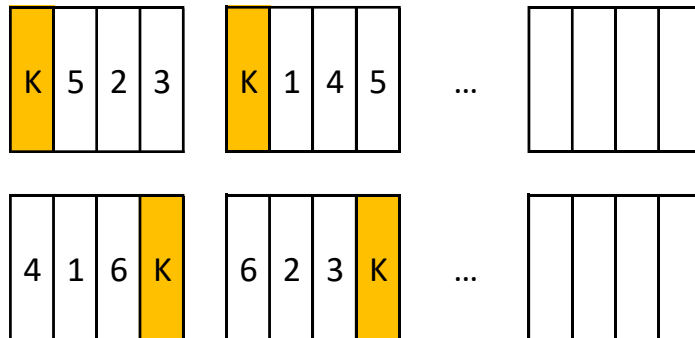
“Wir machen so viele Versuche wie nötig sind. Da muss was bei rauskommen!”



Felder in drei oder vier Streifen teilen?

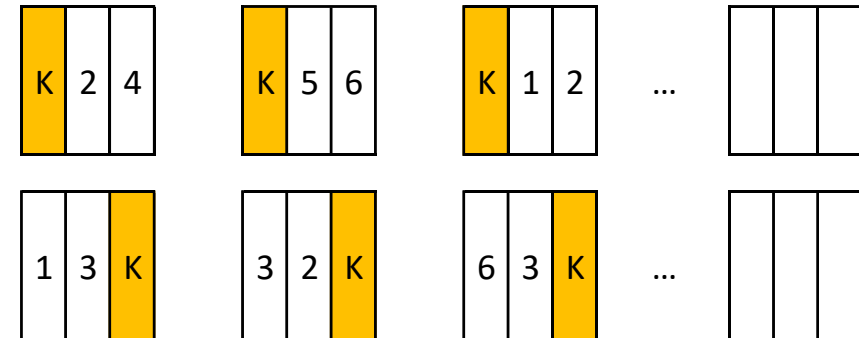
Sollen wir 2 oder 3 Strategien je Feld testen?

Design A



hat sicherlich statistische Vorteile

Design B



erlaubt maximal große Streifen

Wie viel effizienter ist Design A gegenüber Design B?



Simulationsstudie auf Basis vorjähriger Ergebnisse



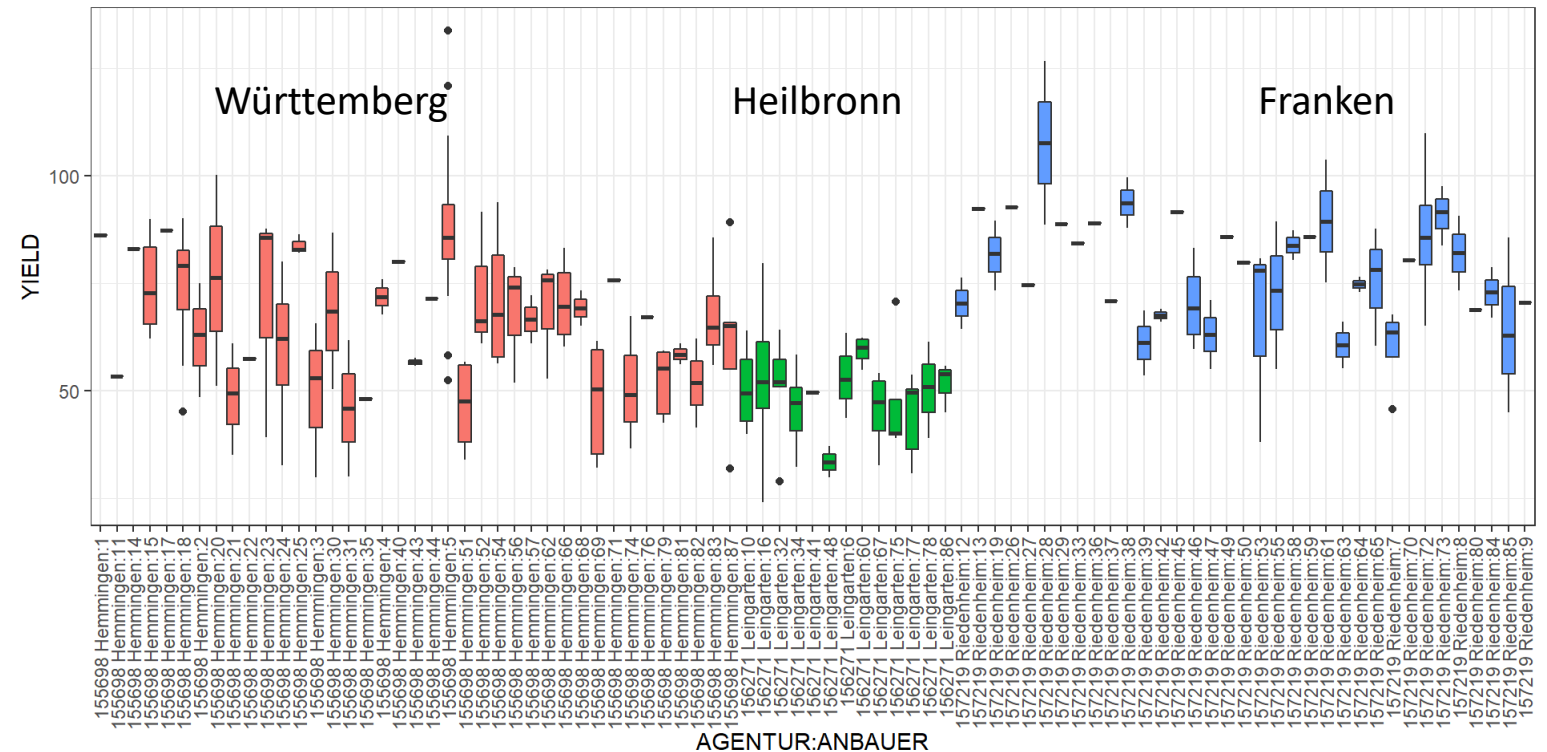
Daten aus Modellregionen 2022 – Jeweils ganze Felder

Drei Regionen (Agenturen), Ertrag und Qualität von 258 Zuckerrüben-Schlägen.

Information zu Anbauer, Feldgröße, Ertrag und Qualität

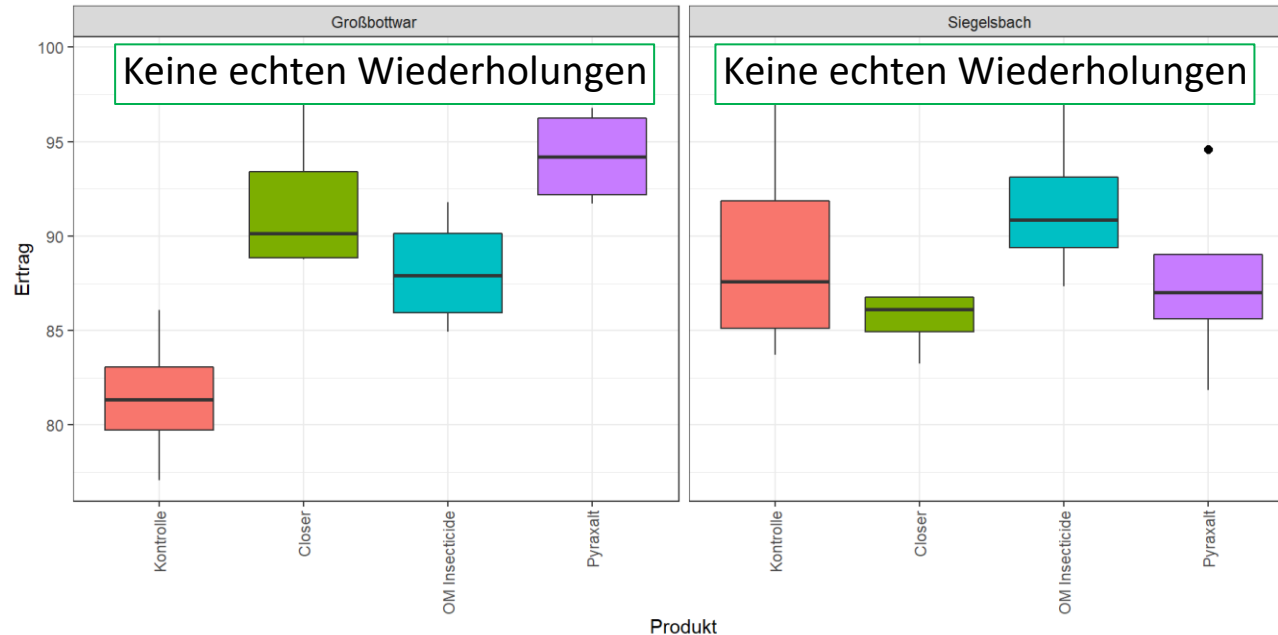
SURFACE	FIELDUSAGENO	AGENTUR	YIELD	BZG	BZE	POL	ANBAUER
3.52	1484582	157219 Riedenheim	73.3	15.95	11.7	17.72	19
8.85	1484591	157219 Riedenheim	75.1	15.27	11.5	16.97	61
5.50	1484600	157219 Riedenheim	68.7	14.90	10.2	16.68	39
13.27	1484566	157219 Riedenheim	87.4	16.23	14.2	17.93	72
3.00	1484569	157219 Riedenheim	91.6	15.56	14.3	17.26	45
2.55	1484565	157219 Riedenheim	109.8	15.94	17.5	17.67	72
4.33	1484590	157219 Riedenheim	103.6	15.89	16.5	17.64	61
6.18	1484584	157219 Riedenheim	81.8	15.58	12.7	17.42	19
1.36	1498896	157219 Riedenheim	38.0	16.23	6.2	18.10	53
2.03	1484583	157219 Riedenheim	89.5	15.63	14.0	17.31	19
4.84	1484589	157219 Riedenheim	88.6	15.83	14.0	17.52	28
4.00	1484574	157219 Riedenheim	73.3	14.54	10.7	16.38	55
2.36	1484601	157219 Riedenheim	79.8	14.95	11.9	16.97	50
5.00	1489524	157219 Riedenheim	87.3	14.97	13.1	16.76	58
4.91	1484561	157219 Riedenheim	97.5	16.31	15.9	17.97	73
0.80	1503197	157219 Riedenheim	89.0	15.14	13.5	17.00	36
4.00	1500936	157219 Riedenheim	70.8	14.26	10.1	16.00	37
2.96	1484594	157219 Riedenheim	44.9	15.20	6.8	17.04	85
1.37	1484575	157219 Riedenheim	89.3	14.51	13.0	16.46	55
7.45	1484595	157219 Riedenheim	84.3	14.49	12.2	16.12	33
1.50	1484576	157219 Riedenheim	55.1	14.37	7.9	16.16	55
4.04	1484599	157219 Riedenheim	53.6	15.77	8.4	17.76	39
3.50	1484598	157219 Riedenheim	68.9	16.15	11.1	18.02	80
4.79	1484556	157219 Riedenheim	85.8	15.38	13.2	17.04	59
5.06	1484603	157219 Riedenheim	87.7	15.46	13.6	17.16	65

Boxplot zeigt Variabilität zwischen Regionen und Anbauern und insbesondere zwischen Schlägen innerhalb eines Anbauers.



Daten aus Streifenversuchen 2023 – Mit 4 Ernteparzellen je Streifen

*Insektizidversuch: 32 Werte, 2 Standorte, 4 Treatments, je Standort*Treatment 1 Streifen mit 4 Subsamples*



```
## Random effects:
```

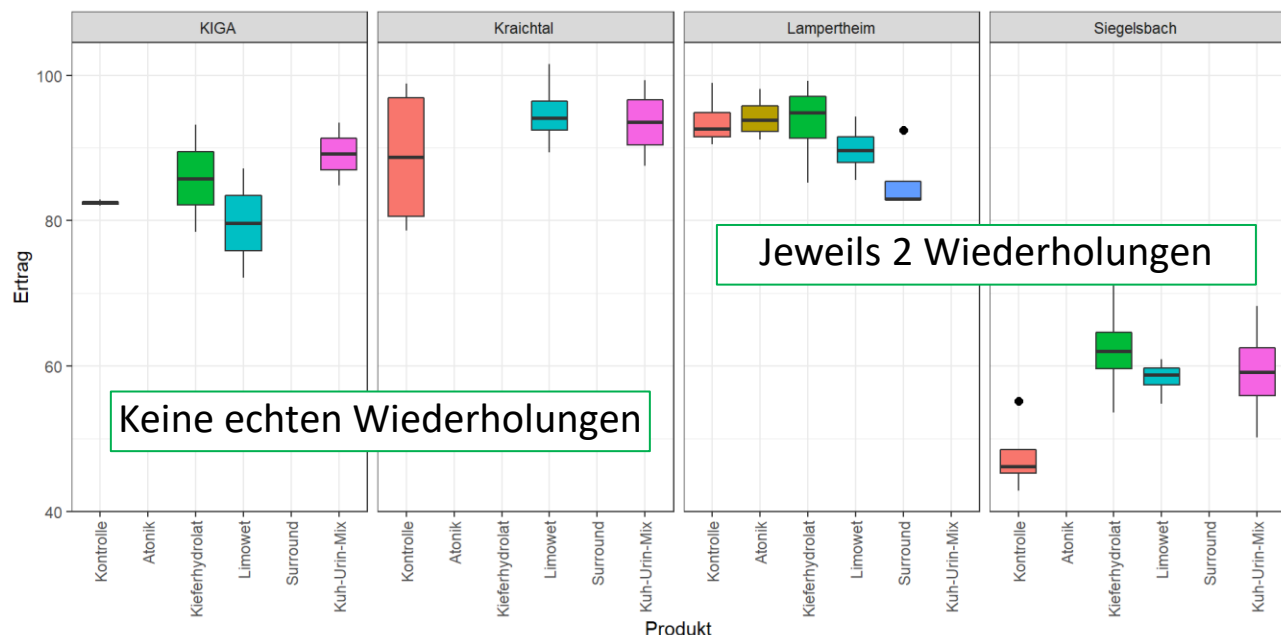
```
## Groups          Name      Variance Std.Dev.
## Standort:Produkt (Intercept) 15.55   3.943
## Standort         (Intercept)  0.00   0.000
## Residual                18.46   4.297
```

```
## Number of obs: 32, groups: Standort:Produkt, 8; Standort, 2
```

**Variabilität zwischen Subsamples
(Ernteparzellen) innerhalb eines
behandelten Streifens**



Daten aus Streifenversuchen 2023 – Mit 4 Ernteparzellen je Streifen



*Repellentversuch: 56 Werte, 4 Standorte, 6 Treatments (Standortspezifisch), an Standort Siegelsbach und Lampertheim je Standort*Treatment 2 Streifen mit jeweils 2 Subsamples; Blockanlage, Standort KIGA und Kraichtal nur jeweils 1 Streifen mit 2 bzw. 4 subsamples*

Random effects:

##	Groups	Name	Variance	Std.Dev.
##	Standort:Wdhl:Produkt	(Intercept)	0.000	0.000
##	Standort:Produkt	(Intercept)	6.246	2.499
##	Standort:Wdhl	(Intercept)	0.000	0.000
##	Standort	(Intercept)	292.103	17.091
##	Residual		35.924	5.994

Variabilität zwischen Subsamples (Ernteparzellen) innerhalb eines behandelten Streifens

Number of obs: 56, groups:

Standort:Wdhl:Produkt, 25; Standort:Produkt, 16; Standort:Wdhl, 6; Standort, 4



Schätzwerte für Varianzkomponenten in Anlehnung an Versuche 2022 und 2023

Varianzkomponenten für Rübenenertrag [t/ha], (erwartetes mittleres Ertragsniveau 80 t/ha):

		Varianz	StdAbw	CV
σ^2_{Region}	zwischen Regionen	200	14.1	18%
$\sigma^2_{\text{Anbauer}}$	zwischen Anbauern der gleichen Region	50	7.1	9%
σ^2_{Feld}	zwischen Feldern des gleichen Anbauers	150	12.2	15%
$\sigma^2_{\text{Streifen}}$	zwischen großen Streifen innerhalb eines Feldes	50	7.1	9%
$\sigma^2_{\text{Subsample}}$	Ernteparzellen in den Streifen	25	5.0	6%

Wenn Feld direkt unter Region und keine Hierarchie hinsichtlich Anbauer und Feld,
dann $\sigma^2_{\text{Feld}} = 150 + 50 = 200$. StdAbw = 14.1

Wenn 5 Ernteparzellen je Streifen, dann $\sigma^2_{\text{Streifen}} = 50 + 25/5 = 55$. StdAbw = 7.4



Versuchsplanung Schritt 1: Erstellen der Designs - R-Paket “blocksdesign”

Edmondson, R.N. Multi-level Block Designs for Comparative Experiments. *JABES* **25**, 500–522 (2020).

<https://doi.org/10.1007/s13253-020-00416-0>,

blocksdesign berücksichtigt Hierarchie Region/Feld/Streifen

```
## Setze Designparameter##
Anzahl_Treatments = 6          ##exclusive Kontrolle
Anzahl_Regionen    = 6
Anzahl_Felder      = 24        #muss mehrfaches der Regionen sein
Anzahl_Streifen_je_Feld = 4    #Inklusive Streifen fuer Kontrolle
Anzahl_Felder_je_Region = Anzahl_Felder / Anzahl_Regionen
Gesamtzahl_Streifen    = Anzahl_Felder*Anzahl_Streifen_je_Feld
Gesamtzahl_Streifen_Trt = Anzahl_Felder*(Anzahl_Streifen_je_Feld-1)
Wiederholungen_Trt     = Gesamtzahl_Streifen_Trt/Anzahl_Treatments

require(blocksdesign)
d <- blocks(treatments = Anzahl_Treatments, replicates = Wiederholungen_Trt,
            blocks=list(Anzahl_Regionen, Anzahl_Felder_je_Region))
Design <- d$Design
```



Versuchsplanung Schritt 2: Zuordnung von simulierten Ertragseffekten zum Design

Anzahl_Simulationslaeufe = 1000

Mittlerer_Ertrag = 80

sigma_Region = 14.1

sigma_Feld = 14.1

sigma_Streifen = 7.4

[...]

Effekt_Region <- data.frame(rnorm(Anzahl_Regionen, mean = 0, sd = sigma_Region))

[...]

Effekt_Feld <- data.frame(rnorm(Anzahl_Felder, mean = 0, sd = sigma_Feld))

[...]

Effekt_Streifen <- data.frame(rnorm(Anzahl_Streifen, mean = 0, sd = sigma_Streifen))

[...]

Daten\$Ertrag = Mittlerer_Ertrag + Daten\$Effekt_Region + Daten\$Effekt_Feld + Daten\$Effekt_Streifen
head(Daten, 10)

1000 Simulationsläufe

Run	Region	Feld	Streifen	Trt	Effekt_Region	Effekt_Feld	Effekt_Streifen	Ertrag
1	1	1	1.1	0	4.362594	-16.615230	9.0160587	76.76342
2	1	1	1.1	6	4.362594	-16.615230	-7.7423704	60.00499
3	1	1	1.1	3	4.362594	-16.615230	5.5914633	73.33883
4	1	1	1.1	2	4.362594	-16.615230	-6.4346439	61.31272
5	1	1	1.2	0	4.362594	9.570381	-12.5041356	81.42884
6	1	1	1.2	1	4.362594	9.570381	-0.6867379	93.24624
7	1	1	1.2	2	4.362594	9.570381	-6.8665673	87.06641
8	1	1	1.2	5	4.362594	9.570381	-0.5566126	93.37636
9	1	1	1.3	0	4.362594	-13.194647	-9.2018308	61.96612
10	1	1	1.3	5	4.362594	-13.194647	6.9194042	78.08735



Versuchsplanung Schritt 3: Auswertung mittels R-Funktion „lmer“

Lineares Gemischtes Modell

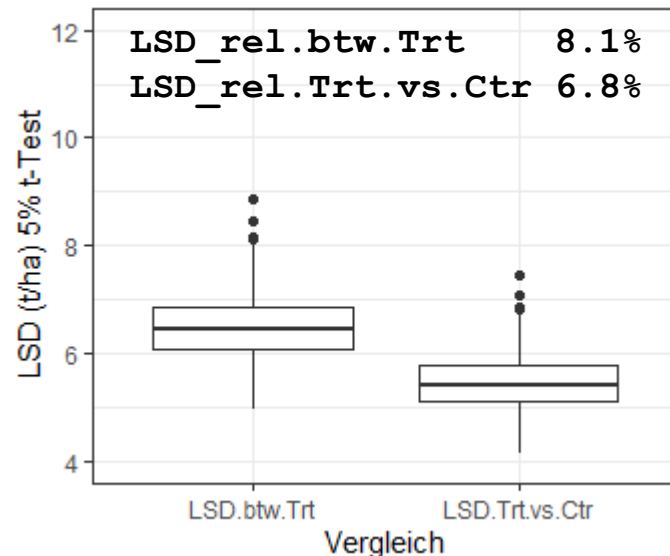
- Vergleich Design mit 3 Streifen vs. Design mit 4 Streifen
- 24 Felder in 6 Regionen; Kontrolle mit n=24 geprüft, Treatments mit durchschnittlich n=12 oder n=8

Fixer Effekt

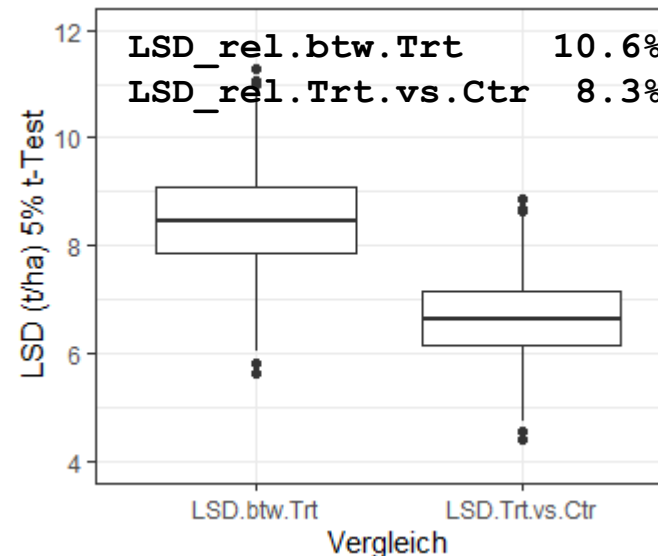
Zufällige Effekte

```
lmer1 <- lmer(Ertrag ~ Trt + (1|Region) + (1|Region:Feld), data = dat)
lsmeans <- emmeans(lmer1, pairwise ~ Trt, adjust="none") # t-test
```

A: 4 Streifen je Feld



B: 3 Streifen je Feld



Design B mit nur drei Streifen je Feld hat eine geringere Präzision.

Aber nicht *so viel* geringer.

Design B hat aber andere Vorteile. Mit Design B kann man vermutlich mehr Landwirte zum Mitmachen gewinnen. Also nehmen wir B 😊



Design B: 3 Streifen je Feld, Notwendige Zahl Felder für 6 Treatments + Kontrolle

Tab.: Grenzdifferenz relativ [%] für Vergleich Treatment vs. Kontrolle. Auf jedem Feld 1 Streifen mit Kontrolle und 2 Streifen mit Treatment, jeweils 5 Subsamples je Streifen. Jeweils Median aus 1000 Simulationsläufen.

Anzahl Schläge	Allokation	Anzahl Felder je Treatment	GD_rel für Vergleich zwischen einem Trt und Kontrolle	GD_rel für Vergleich zwischen Treatments
24	6 Regionen mit jeweils 4 Schlägen	8	8.3 %	10.6 %
30	6 Regionen mit jeweils 5 Schlägen	10	7.4 %	9.3 %
36	6 Regionen mit jeweils 6 Schlägen	12	6.8 %	8.6 %
42	6 Regionen mit jeweils 7 Schlägen	14	6.2 %	8.0 %

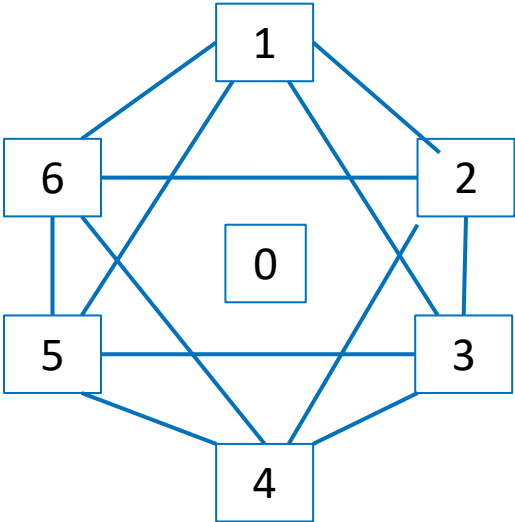
Empfehlung: Anzahl Felder sollte ≥ 36 sein. SBR-Taskforce schaffte es, 41 Felder zu akquirieren!

Zuordnung der Treatments dann wieder mit R-Paket **blocksdesign**, interaktiv unter Berücksichtigung regionaler Besonderheiten (z.B. nicht alle 6 Treatments in allen Regionen)



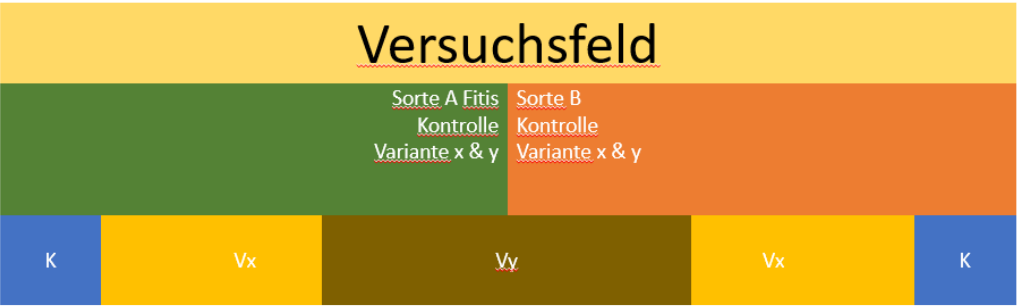
Felder mit zwei Sorten

Gruppe	Region	ID	Name	Versuchsansteller	Var_x	Var_y	2. Sorte	Blockstruktur
A	BW	22	BW_HI_1	DLF/Hilleshög	3	1	Ja	Vollständige Wiederholung, 6 Varianten
A	BW	23	BW_HI_2	DLF/Hilleshög	6	5	Ja	
A	BY	41	BY_HI_5	DLF/Hilleshög	4	2	Ja	
B	BW	37	BW_HI_4	DLF/Hilleshög	6	1	Ja	Vollständige Wiederholung, 6 Varianten
B	BW	26	BW_STR_2	Strube	2	3	Ja	
B	BW	27	BW_STR_3	Strube	5	4	Ja	
C	FR	33	FR_KWS_1	KWS	5	1	Ja	Vollständige Wiederholung, 6 Varianten
C	FR	34	FR_KWS_2	KWS	2	6	Ja	
C	RP	35	RP_KWS_3	KWS	4	3	Ja	
D	FR	25	FR_STR_1	Strube	3	5	Ja	Vollständige Wiederholung, 6 Varianten
D	FR	28	FR_STR_4	Strube	6	4	Ja	
D	RP	29	RP_STR_5	Strube	1	2	Ja	



FR_KWS_2 war nicht wertbar

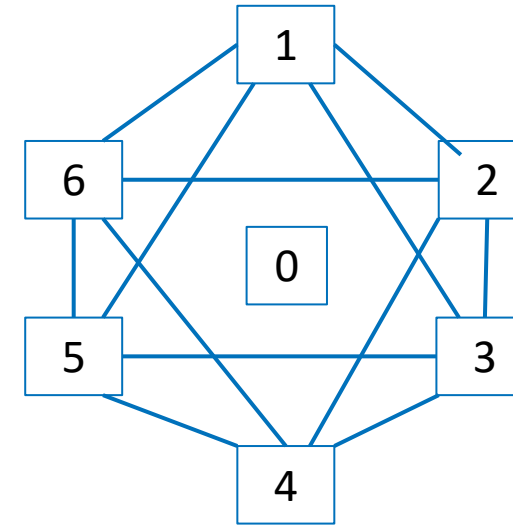
Versuchsanlage - Option mit 2 Genotypen für Züchter



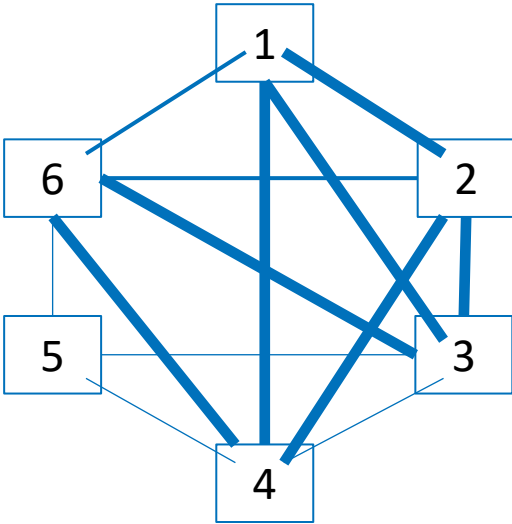
Standardfehler Felder mit zwei Sorten

Results are averaged over the levels of: Region
Degrees-of-freedom method: kenward-roger

contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
Var_Nr0 - Var_Nr1	-0.6360	0.677	17.0	-0.940	0.3606
Var_Nr0 - Var_Nr2	-1.1712	0.774	16.7	-1.513	0.1488
Var_Nr0 - Var_Nr3	-1.1489	0.676	17.0	-1.699	0.1075
Var_Nr0 - Var_Nr4	0.3096	0.677	16.8	0.457	0.6532
Var_Nr0 - Var_Nr5	-1.0759	0.676	16.7	-1.591	0.1303
Var_Nr0 - Var_Nr6	-0.4415	0.775	17.3	-0.570	0.5762
Var_Nr1 - Var_Nr2	-0.5352	0.927	16.9	-0.577	0.5715
Var_Nr1 - Var_Nr3	-0.5129	0.860	17.6	-0.596	0.5587
Var_Nr1 - Var_Nr4	0.9455	0.905	17.8	1.045	0.3101
Var_Nr1 - Var_Nr5	-0.4399	0.862	17.4	-0.511	0.6161
Var_Nr1 - Var_Nr6	0.1945	0.927	17.5	0.210	0.8363
Var_Nr2 - Var_Nr3	0.0223	0.920	16.8	0.024	0.9810
Var_Nr2 - Var_Nr4	1.4807	0.925	17.3	1.600	0.1277
Var_Nr2 - Var_Nr5	0.0953	0.984	17.1	0.097	0.9240
Var_Nr2 - Var_Nr6	0.7297	1.060	17.5	0.691	0.4986
Var_Nr3 - Var_Nr4	1.4585	0.862	17.3	1.693	0.1084
Var_Nr3 - Var_Nr5	0.0730	0.863	17.3	0.085	0.9335
Var_Nr3 - Var_Nr6	0.7074	0.983	18.1	0.720	0.4808
Var_Nr4 - Var_Nr5	-1.3854	0.862	16.9	-1.608	0.1263
Var_Nr4 - Var_Nr6	-0.7511	0.928	17.0	-0.810	0.4293
Var_Nr5 - Var_Nr6	0.6344	0.920	17.4	0.689	0.4998



Felder mit einer Sorte



Variante 5 (OCC) nur in BW und FR geprüft.

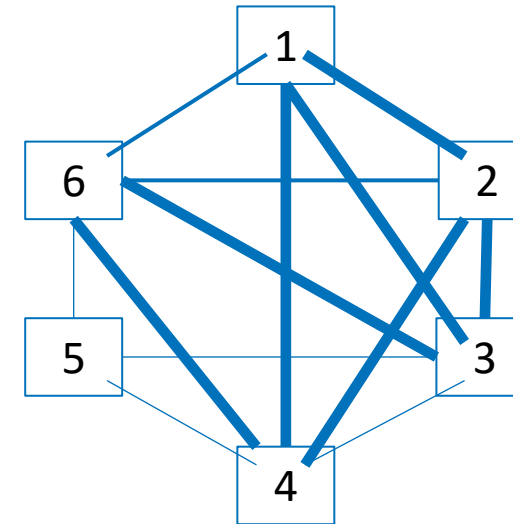
Gruppe	Region	ID	Name	Versuchsansteller	Var_x	Var_y	2. Sorte	Blockstruktur
1	BW	17	BW_ARGE SW_4	Arge Südwest	3	5	Nein	6 Varianten jeweils dreifach wiederholt
1	BW	30	BW_BTS_1	Betaseed	2	4	Nein	
1	BW	31	BW_BTS_2	Betaseed	6	3	Nein	
1	BW	32	BW_BTS_3	Betaseed	4	1	Nein	
2	FR	9	FR_ARGE_1	Arge Franken	5	4	Nein	
2	FR	10	FR_ARGE_2	Arge Franken	6	1	Nein	
2	FR	13	FR_ARGE_3	Arge Franken	2	1	Nein	
2	FR	14	FR_ARGE_4	Arge Franken	2	3	Nein	
3	FR	38	FR_SES_2	SesVanderHave	5	6	Nein	
3	FR	39	FR_SES_3	SesVanderHave	3	1	Nein	
3	FR	40	FR_SES_4	SesVanderHave	4	6	Nein	
								Ausgleich für Gruppe 7
								Ausgleich für Gruppe 6
4	BY	1	BY_ARGE_1	Arge Regensburg	4	3	Nein	5 Varianten jeweils zweifach wiederholt
4	BY	2	BY_ARGE_2	Arge Regensburg	6	2	Nein	
4	BY	3	BY_ARGE_3	Arge Regensburg	2	1	Nein	
4	BY	4	BY_ARGE_4	Arge Regensburg	3	1	Nein	
4	BY	5	BY_ARGE_5	Arge Regensburg	6	4	Nein	
5	RP	6	RP_ARGE SW_1	Arge Südwest	1	4	Nein	5 Varianten jeweils zweifach wiederholt
5	RP	7	RP_ARGE SW_2	Arge Südwest	4	2	Nein	
5	RP	8	RP_ARGE SW_3	Arge Südwest	1	6	Nein	
5	RP	36	RP_SES_1	SesVanderHave	3	2	Nein	
5	RP	42	RP_ARGE SW_4	Arge Südwest	3	6	Nein	
6	SA	11	SA_NZ_1	Nordzucker	6	2	Nein	5 Varianten, Nr. 4 und 6 nur einfach wiederholt
6	SA	12	SA_NZ_2	Nordzucker	1	3	Nein	
6	SA	15	SA_PL_1	Pfeifer & Langen	2	3	Nein	
6	SA	16	SA_PL_2	Pfeifer & Langen	4	1	Nein	
7	SC	19	SC_ARGE_ZZ_2	Arge Zeitz	1	2	Nein	5 Varianten, Nr. 1 und 3 nur einfach wiederholt
7	SC	20	SC_ARGE_ZZ_3	Arge Zeitz	4	2	Nein	
7	SC	21	SC_ARGE_ZZ_4	Arge Zeitz	3	6	Nein	
7	SA	18	SA_ARGE_ZZ_1	Arge Zeitz	4	6	Nein	



Standardfehler Felder mit einer Sorte

Results are averaged over the levels of: Region
Degrees-of-freedom method: kenward-roger

contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
Var_Nr0 - Var_Nr1	-0.3977	0.360	46.5	-1.104	0.2754
Var_Nr0 - Var_Nr2	-0.1874	0.355	41.8	-0.528	0.6002
Var_Nr0 - Var_Nr3	-0.5862	0.353	41.3	-1.660	0.1046
Var_Nr0 - Var_Nr4	-0.2111	0.423	47.1	-0.499	0.6201
Var_Nr0 - Var_Nr5	-3.0333	0.634	47.4	-4.783	<.0001
Var_Nr0 - Var_Nr6	-0.2831	0.362	47.3	-0.783	0.4375
Var_Nr1 - Var_Nr2	0.2104	0.447	44.9	0.471	0.6399
Var_Nr1 - Var_Nr3	-0.1885	0.456	44.8	-0.413	0.6813
Var_Nr1 - Var_Nr4	0.1866	0.504	47.5	0.370	0.7128
Var_Nr1 - Var_Nr5	-2.6355	0.710	47.9	-3.713	0.0005
Var_Nr1 - Var_Nr6	0.1146	0.452	47.7	0.254	0.8008
Var_Nr2 - Var_Nr3	-0.3989	0.440	40.2	-0.906	0.3701
Var_Nr2 - Var_Nr4	-0.0237	0.501	45.7	-0.047	0.9624
Var_Nr2 - Var_Nr5	-2.8459	0.707	46.6	-4.025	0.0002
Var_Nr2 - Var_Nr6	-0.0958	0.458	45.4	-0.209	0.8352
Var_Nr3 - Var_Nr4	0.3751	0.512	45.6	0.733	0.4672
Var_Nr3 - Var_Nr5	-2.4470	0.685	46.5	-3.572	0.0008
Var_Nr3 - Var_Nr6	0.3031	0.448	45.5	0.676	0.5022
Var_Nr4 - Var_Nr5	-2.8222	0.713	47.3	-3.958	0.0003
Var_Nr4 - Var_Nr6	-0.0720	0.517	48.2	-0.139	0.8897
Var_Nr5 - Var_Nr6	2.7501	0.688	47.7	4.000	0.0002



Variante 5 (OCC) nur in BW und FR geprüft.



Datenanalyse Ernte SBR-TF 2024



Prüfung Datenqualität



41 Standorte
geplant

37 Standorte
beerntet

36 Standorte
verwendbar

1) Am Standort SA_ARGE_ZZ_1 gab es Probleme bei der Ernte. Von den Varianten "Kontrolle" und "Schwefel" konnte jeweils nur eine Ernteparzelle mit 20 Rüben geerntet werden. Für die Variante "Surround" konnten vier Parzellen a 20 Rüben geerntet werden. Der Standort wurde aufgrund des zu geringen Stichprobenumfangs von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

2) Am Standort SES_RP_1 wurde die Ernte an zwei Terminen (11.10.2024 und 07.11.2024) durchgeführt. Es zeigte sich eine signifikante Wechselwirkung zwischen Variante und Termin. Es wurde entschieden, alle Ergebnisse von beiden Terminen in die Auswertung zu nehmen.

715
Ernteparzellen
von 36 Standorten



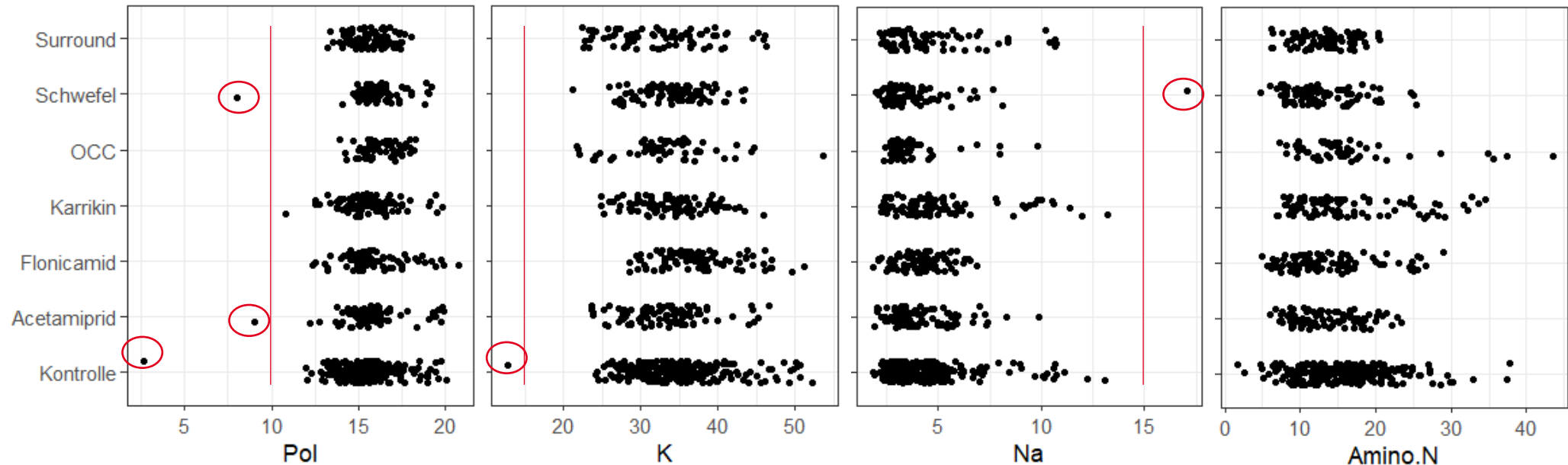
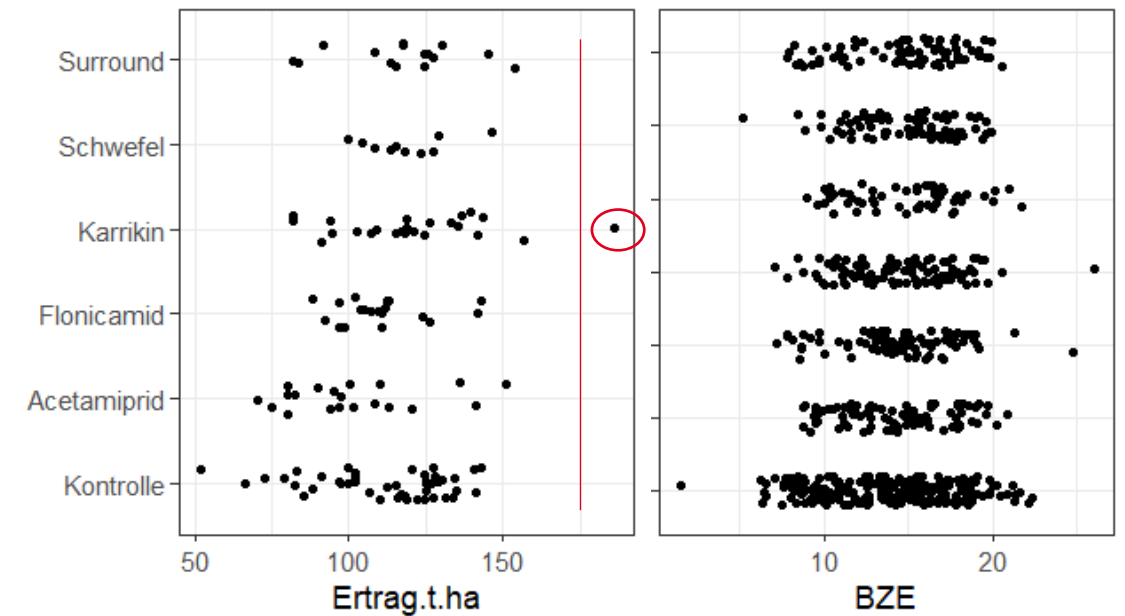
Univariate Ausreißer

Von der weiteren statistischen Analyse wurden ausgeschlossen:

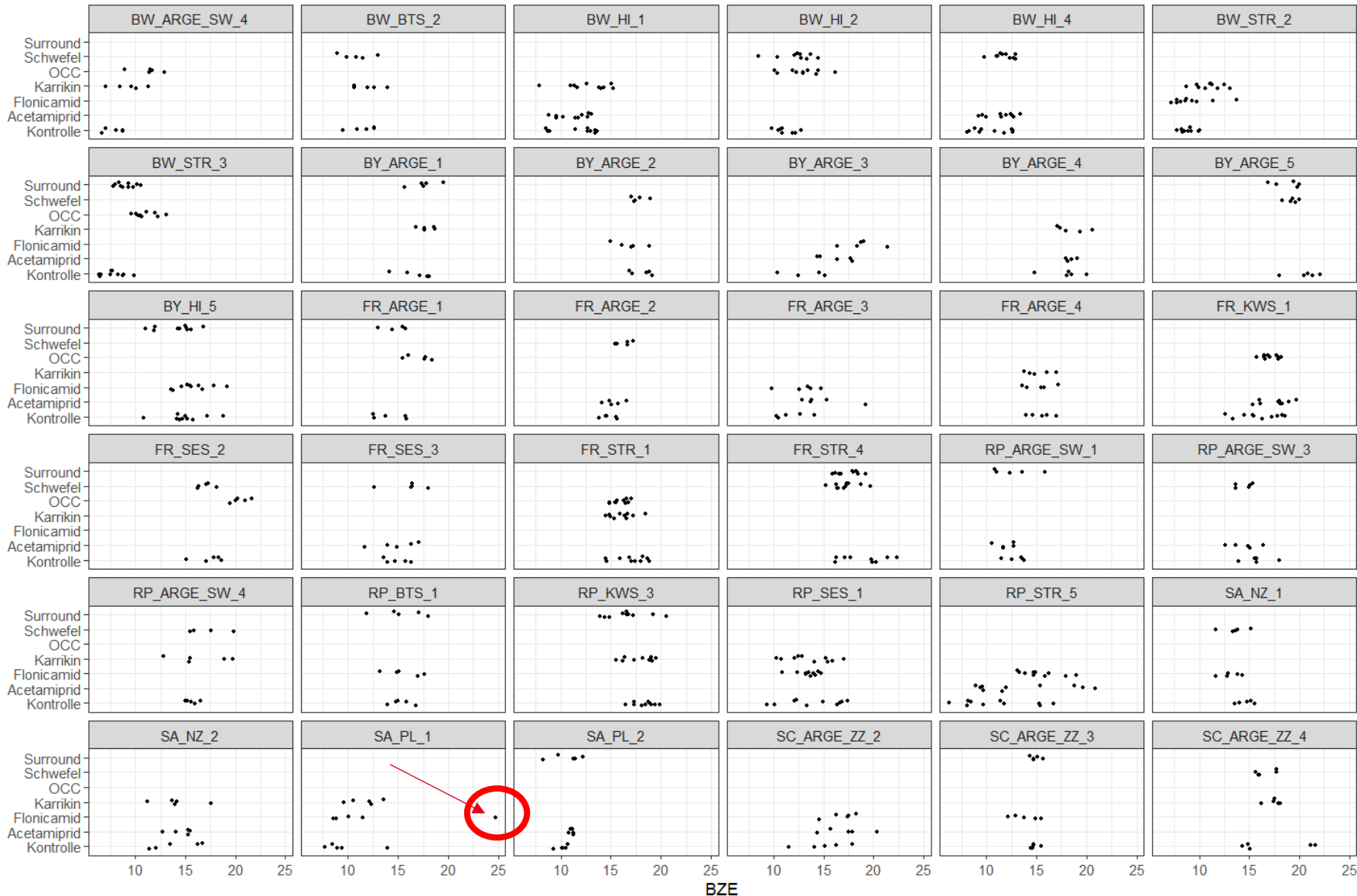
Ertrag = NA, Ertrag = 0; Ertrag > 175; Pol < 10; Na > 15; K < 15

Die Entscheidung erfolgte auf Basis der univariaten grafischen Exploration. Es wurden zunächst 5 von 726 beernteten Parzellen komplett ausgeschlossen (rowwise outlier).

Probenummer: 994141, 994274, 994478, 994646, 994678



Übersicht Standorte – Bereinigter Zuckerertrag



- An jedem Standort wurde die Kontrolle geprüft plus 2 weitere von insgesamt 6 Varianten.
- Die Variante „OCC“ wurde nur in Franken und Baden-Württemberg geprüft.
- Jeder Standort stellt einen unvollständigen Block dar.
- An Züchterstandorten wurden 2 unterschiedliche Sorten eingesetzt (Standardsorte + Züchtersorte).
- Es fällt ein weiterer Ausreißer am Standort SA_PL_1 auf. Dieser Wert (Probenummer 994220) wird ebenfalls von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.



Lineares Gemischtes Modell

```
Imm1 <- lme4::lmer(BZE ~ Region + Variante + Region:Variante + (1 | Standort:Region) +  
(1 | Standort:Region:Variante) + (1 | Standort:Region:Sorte) + (1 | Standort:Region:Sorte:Variante))
```

fixe Effekte: Region, Variante

Zufällige Effekte: Standort:Region, Sorte:Standort:Region, Wechselwirkungen mit Standort

Für den Restfehler wird Normalverteilung und Varianzhomogenität postuliert $e \sim N(0, \sigma^2)$.

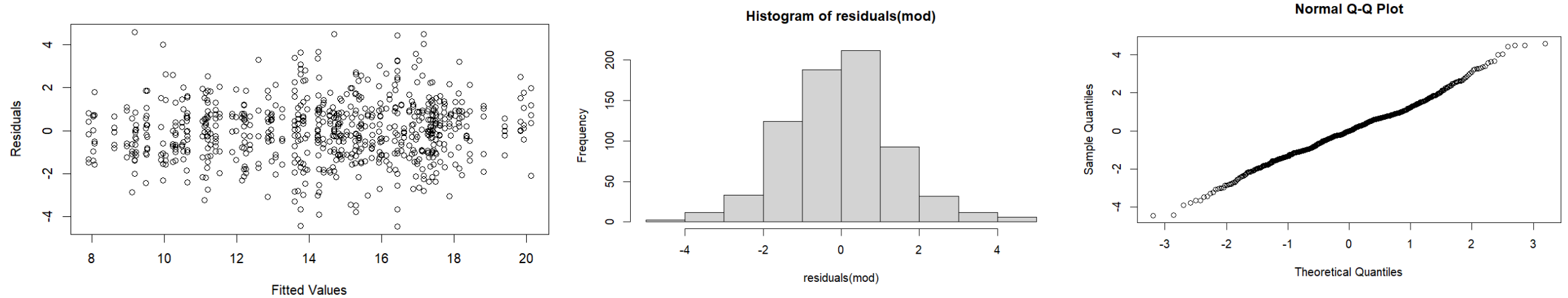
Da die Züchtersorten zwischen den Standorten wechseln, wurde der Faktor Sorte für die Gesamtauswertung als zufällig und geschachtelt innerhalb Standort modelliert. Sorte fungiert dort also als zufälliger Blockeffekt. Für die spezifische Auswertung einzelner Züchterserien kann der Faktor „Sorte“ als fixer Effekt modelliert werden, um Sorteneffekte zu prüfen (KWS, STR, Hilleshög).

*Der Test von Varianteneffekten erfolgt im Wesentlichen gegen die Wechselwirkung Variante*Standort und benötigt daher ein ausreichend großes Set von Standorten. Aussagen zu Varianteneffekten für Einzelstandorte sind nicht statthaft!*



Residuen aus Linearem Gemischtem Modell: BZE

```
Imm1 <- lmer(BZE ~ Region + Variante + Region:Variante + (1|Standort:Region) + (1|Standort:Region:Variante) +  
(1|Standort:Region:Sorte) + (1|Standort:Region:Sorte:Variante))
```



Residuendiagnostik

Die Residuen sind etwas breiter verteilt als aufgrund Normalverteilung zu erwarten, zu beiden Seiten gibt es etwas mehr extreme Werte. Die Verteilung ist symmetrisch. Es besteht keine Beziehung zwischen Erwartungswert und Varianz. Pro Standort und Sorten waren in der Regel 5 Ernteparzellen verfügbar. Damit stützt der Zentrale Grenzwertsatz unsere Modellannahmen. Für Mittelwerte von Varianten, Sorten, Orten kann Normalverteilung postuliert werden.

Fazit: Die Modellvoraussetzungen sind gegeben.



Vergleich der Varianten



Ergebnis Bereinigter Zuckerertrag

Modell mit Wechselwirkung Region:Variante

Random effects:			
Groups	Name	Variance	Std.Dev.
Standort:Region:Sorte:Variante	(Intercept)	0.81073	0.9004
Standort:Region:Variante	(Intercept)	0.09536	0.3088
Standort:Region:Sorte	(Intercept)	1.67144	1.2928
Standort:Region	(Intercept)	2.42113	1.5560
Residual		2.30872	1.5194

Type III Analysis of Variance Table with Kenward-Roger's method						
	Sum Sq	Mean Sq	NumDF	DenDF	F value	Pr(>F)
Region	87.058	21.7645	4	30.919	9.4233	4.224e-05 ***
Variante	39.604	6.6007	6	43.733	2.8558	0.01956 *
Region:Variante	28.502	1.3573	21	40.598	0.5874	0.90367

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Missing cells for: RegionBY:VarianteOCC, RegionOst:VarianteOCC, RegionRP:VarianteOCC. Interpret type III hypotheses with care.

Modell ohne Wechselwirkung Region:Variante

Random effects:				
Groups	Name	Variance	Std.Dev.	
Standort:Region:Sorte:Variante	(Intercept)	0.6356	0.7972	
Standort:Region:Variante	(Intercept)	0.1804	0.4248	
Standort:Region:Sorte	(Intercept)	1.7393	1.3188	
Standort:Region	(Intercept)	2.0201	1.4213	
Residual		2.3103	1.5200	

Type III Analysis of Variance Table with Kenward-Roger's method						
	Sum Sq	Mean Sq	NumDF	DenDF	F value	Pr(>F)
Region	101.307	25.327	4	30.668	10.9572	1.231e-05 ***
Variante	44.802	7.467	6	61.277	3.2308	0.008002 **

Die Wechselwirkung Region:Variante ist statistisch nicht signifikant (F = 0.59, p = 0.90).
Der Varianteneffekt ist in beiden Modellen signifikant (p < 0.05).

Für eine Auswertung über alle Regionen wurde ein Modell ohne Wechselwirkung Region:Variante verwendet.

Adjustierte Mittelwerte Bereinigter Zuckerertrag – alle Regionen

Variante	Mittelwert (Least Square Mean) [t/ha]	Relativ zu Kontrolle	Grenzdifferenz (t-test, 5%) für Vergleich gegen Kontrolle (relativ)	Grenzdifferenz (t-test, 5%) für Vergleich gegen OCC (relativ)	Grenzdifferenz (t-test, 5%) für Vergleich gegen Karrikin (relativ)	Mittelwerte mit gleichem Buchstaben unterschieden sich nicht signifikant
Kontrolle	14,26	100,0	-	6,4	4,9	C
Acetamiprid	14,76	103,5	5,0	7,5	6,3	BC
Flonicamid	14,80	103,8	5,2	7,9	6,3	BC
Karrikin	15,09	105,8	4,9	7,4	-	AB
OCC	15,93	111,7	6,4	-	7,4	A
Schwefel	14,64	102,7	5,2	7,5	6,5	BC
Surround	14,16	99,3	5,4	7,7	6,7	BC

OCC und Karrikin sind der unbehandelten Kontrolle statistisch signifikant überlegen (Mehrertrag 12% bzw.6%).

OCC unterscheidet sich signifikant von allen anderen Behandlungen außer Karrikin.

Alle übrigen Differenzen liegen innerhalb der statistischen Unsicherheit.

Bemerkung: Die Versuchsplanung ist aufgegangen! Ziel war Effekte von >10% statistisch gesichert nachweisen zu können.

Wir können sogar einen Effekt von 5.8% nachweisen.



Adjustierte Mittelwerte Bereinigter Zuckerertrag – Region BW (Befallsstärke Boniturnote 8-9)

Variante	Mittelwert (Least Square Mean) [t/ha]	Relativ zu Kontrolle	Grenzdifferenz (t-test, 5%) für Vergleich gegen Kontrolle (relativ)	Grenzdifferenz (t-test, 5%) für Vergleich gegen OCC (relativ)	Grenzdifferenz (t-test, 5%) für Vergleich gegen Karrikin (relativ)	Mittelwerte mit gleichem Buchstaben unterschieden sich nicht signifikant
Kontrolle	10,46	100	-	9,3	8,4	C
Acetamiprid	10,79	103,1	10,6	13,4	11,7	BC
Flonicamid	10,71	102,4	11,5	14,1	12,6	BC
Karrikin	11,96	114,3	8,4	11,3	-	AB
OCC	12,99	124,1	9,3	-	11,3	A
Schwefel	11,41	109,1	9,3	11,5	11,2	BC
Surround	11,10	106,1	11,6	12,8	13,6	BC

OCC und Karrikin sind der unbehandelten Kontrolle statistisch signifikant überlegen (Mehrertrag 24% bzw. 14%).
OCC unterscheidet sich signifikant von allen anderen Behandlungen außer Karrikin.
Alle übrigen Differenzen liegen innerhalb der statistischen Unsicherheit.



Zusammenfassung

- Es waren Daten von 36 Standorten wertbar, je Standort in der Regel drei Feldstücke mit jeweils einer Variante (Kontrolle + 2 Behandlungen). An 11 Standorten wurden zwei Sorten parallel geprüft. Je Standort*Behandlung wurden 5 Ernteparzellen mit jeweils 20 Rüben geerntet, so dass je Standort, Sorte und Variante 100 Rüben geerntet wurden. Insgesamt verblieben nach fehlerkritischer Ausreißerkontrolle 714 Ernteparzellen.
- Die Auswertung erfolgte mit einem Linearen Gemischten Modell in der Software R. **Die erhaltenen Grenzdifferenzen für Variantenvergleiche entsprachen der im Rahmen der Statistischen Versuchsplanung angestrebten Größenordnung.**
- **Bei Auswertung über alle 36 Standorte zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt der Variante OCC von +12% BZE und der Variante Karrikin von +6% BZE gegenüber der unbehandelten Kontrolle.** Die Grenzdifferenz nach t-Test auf Signifikanzniveau $\alpha=0.05$ betrug hierbei für den Vergleich Kontrolle zu OCC 6.4% und Kontrolle zu Karrikin 4.9%. Die übrigen Behandlungen zeigten einen schwach positiven Effekt von relativ 0-5% gegenüber der Kontrolle. Diese Effekte waren aufgrund der hohen Fehlervarianz in diesen Großparzellenversuchen nicht statistisch absicherbar.
- Positive Behandlungseffekte insbesondere durch OCC bestanden sowohl für den Ertrag als auch für die Rübenqualität.
- **Regionenspezifische Auswertungen wiesen aufgrund geringerer Standortzahl höhere Grenzdifferenzen auf.** Unter stärkstem Befall in der Region BW konnte aber dennoch gegenüber der unbehandelten Kontrolle ein signifikanter Effekt von OCC (+24%BZE) und Karrikin (+14%) auf den BZE nachgewiesen werden. In der Region Franken zeigte OCC einen nicht signifikanten Effekt von +8% auf BZE sowie einen signifikanten Effekt auf den Zuckergehalt.
- **Für mäßigen bis schweren Befall können die Produkte OCC und Karrikin damit empfohlen werden.**





Danke für Ihre Aufmerksamkeit

