

Professur: Datenmanagement, Landbau und Klimawandel

Landwirtschaftliches
Feldversuchswesen im Kontext
des Klimawandels –
von der Versuchsplanung bis
zur Datenauswertung

Probevorlesung: Anja Eggert

Wer bin ich?

Lebenslauf

- Uni Bremen
(Diplom Biologie)
- Uni Groningen, NL
(Promotion Meeresbio)
- Uni Rostock
(Angewandte Ökologie)
- Leibniz-Institut für Ostseeforschung (IOW)
- Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN)

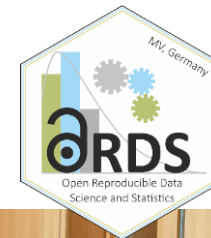
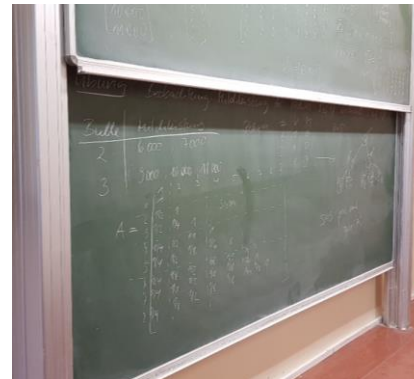
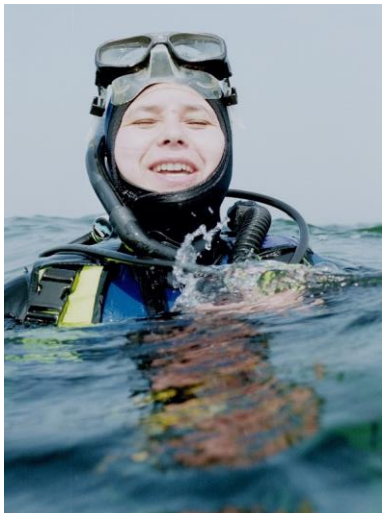
Forschung

- Meeresbiologin
- Programmiererin
(Ozeanmodelle)
- Statistikerin
(Nutztiere)
- Datenanalyse mit R



Lehre

- Statistische Modellierung
u. Versuchsplanung
(Master: Nachhaltige Agrarsysteme, Uni Rostock)
- Workshops/Seminare:
Statistik mit R (FBN)
- ORDS-MV Netzwerk: Offene
u. reproduzierbare
Wissenschaft



Wo sind wir im Modulplan?

Statistik
(Grundlagen)

Standortansprüche
von Pflanzenwachstum

Versuchsplanung,
Datenerhebung u.
-auswertung

Nutzung von
Geoinformationen
im Pflanzenbau

Aktuelle Aspekte
(Klimawandel) der
Pflanzenproduktion

1. Semester	AWB.22.101 Agrarstatistik und EDV (5 ECTS)	AWB.16.102 Botanik landwirtschaftlicher Kulturpflanzen (5 ECTS)	AWB.16.104 Agrarchemie - Biotechno- logie (7 ECTS)	AWB.22.105 Anatomie und Physiologie der Haustiere (7ECTS)	AWB.22.103 Grundlagen der Bodenkunde und des Pflanzenbau (5 ECTS)	AWB.22.106 Volkswirtschaftslehre (5 ECTS)	AWB.16.107 Fremdsprache I (3 ECTS)
2. Semester	AWB.22.201 Landtechnik (7 ECTS)	AWB.16.203 Ackerbau und Grünlandwirtschaft (5 ECTS)			AWB.16.204 Grundlagen der tierischen Erzeugung (5 ECTS)	AWB.16.205 Einführung in die landwirtschaftliche Betriebs- und Marktlehre (5 ECTS)	AWB.16.107 Fremdsprache I (3 ECTS) (optional)
	AWB.22.701 Praktikum I (10 ECTS)						
3. Semester	AWB.16.301 Grundlagen der Pflanzenernährung (5 ECTS)	AWB.22.302 Tierernährung und Futtermittelkunde (7 ECTS)	AWB.16.303 Nutztierzucht (5 ECTS)	AWB.16.304 Märkte pflanzlicher und tierischer Produkte (5 ECTS)	AWB.16.305 Landwirtschaftliche Betriebslehre (5 ECTS)		AWB.22.402 Wissenschaftliches Arbeiten/ Große Exkursion (5 ECTS)
4. Semester	AWB.22.408 Grundlagen der Phytomedizin (5 ECTS)	AWB.16.404 Unternehmensführung / Management (5 ECTS)	AWB.22.405 Agrarpolitik I (5 ECTS)	AWB.16.401 Interdisziplinäres Projektseminar I (5 ECTS)	Wahlpflicht 1	Wahlpflicht 2	
5. Semester	Wahlpflicht 3	Wahlpflicht 4	Wahlpflicht 5	Wahlpflicht 6	Wahlpflicht 7		
6. Semester	Wahlpflicht 8	Wahlpflicht 9	Wahlpflicht 10	Wahlpflicht 11	Wahlpflicht 12		
7. Semester	AWB.22.703 Praktikum II (17 ECTS)			AWB.16.702 Bachelor-Arbeit (12 ECTS)			

Diese Vorlesung

Klimawandel

© Leo Lintang, stock.adobe.com



Landwirtschaftliches Feldversuchswesen

Klimawandel -
Anpassungsstrategien

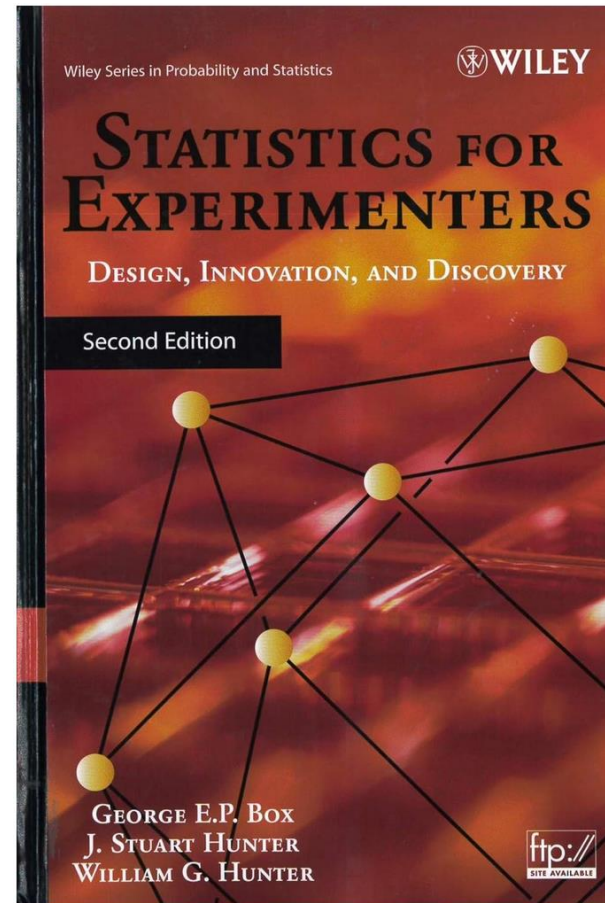
Versuchsplanung

Versuchsdurchführung

Datenauswertung

Beratung -
Landwirtschaft
& Politik

Literaturempfehlungen und online Ressourcen



<https://methodenlehre.github.io/einfuehrung-in-R/>

Einführung in R

AUTOR:INNEN
Andrew Ellis
Boris Mayer

VERÖFFENTLICHUNGSDATUM
26.03.24

Vorwort

Voraussetzungen

Bitte installieren Sie sowohl die aktuelle Version von R: [R: Version 4.3.2 \(2023-10-31\)](#)

als auch RStudio: [RStudio Desktop](#)

Wir verwenden für diese Vorlesung [RStudio](#), ein **integrated development environment (IDE)**, welches die Arbeit mit [R](#) sehr angenehm macht. Das [R](#) Programm muss separat installiert werden, wir werden aber nicht direkt damit arbeiten.

Was ist [R](#) ?

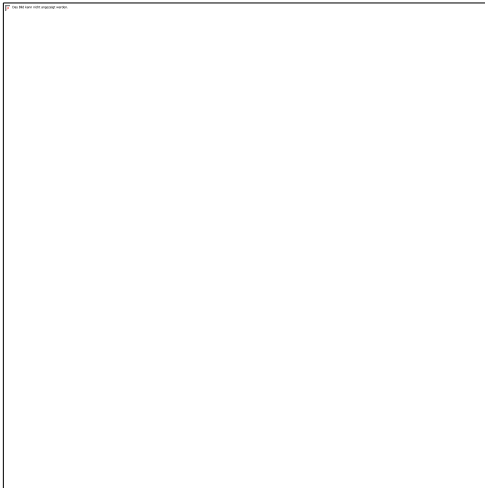
[R](#) ist sowohl eine [Programmiersprache](#) als auch eine Statistikumgebung. [R](#) ist open-source, d.h. der Source Code ist unter der GNU Public License frei verfügbar. Ausserdem ist [R](#) kostenlos.

Inhaltsverzeichnis

- [Vorwort](#)
- [Voraussetzungen](#)
- [Was ist \[R\]\(#\) ?](#)
- [Weiterführende Literatur](#)
- [Typographische Konventionen](#)
- [License](#)



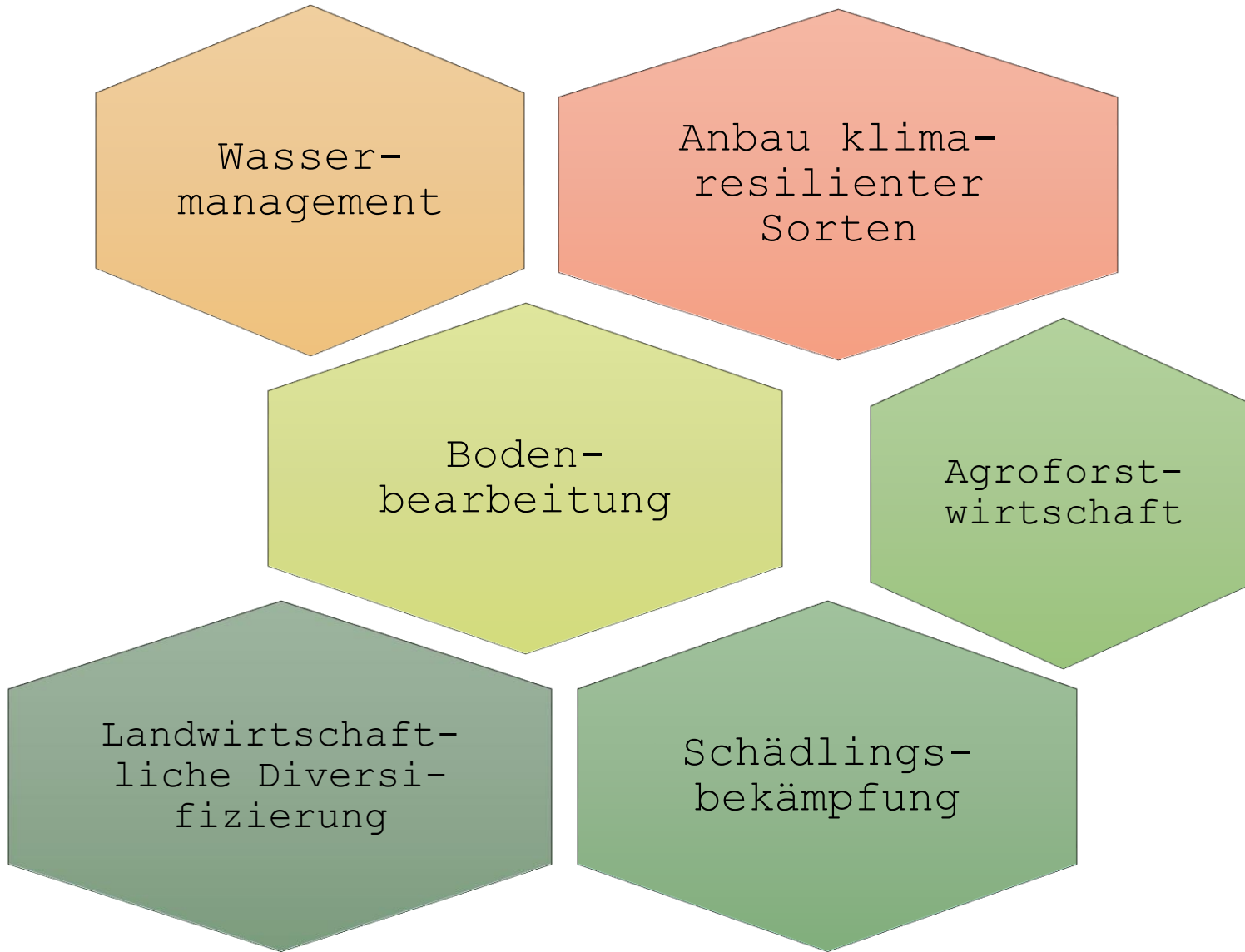
Please download and install
the Slido app on all
computers you use



**Wie wirkt sich der
Klimawandel (schon heute)
auf die Landwirtschaft
(in Norddeutschland) aus?**

① Start presenting to display the poll results on this slide.

Klimaanpassungsstrategien



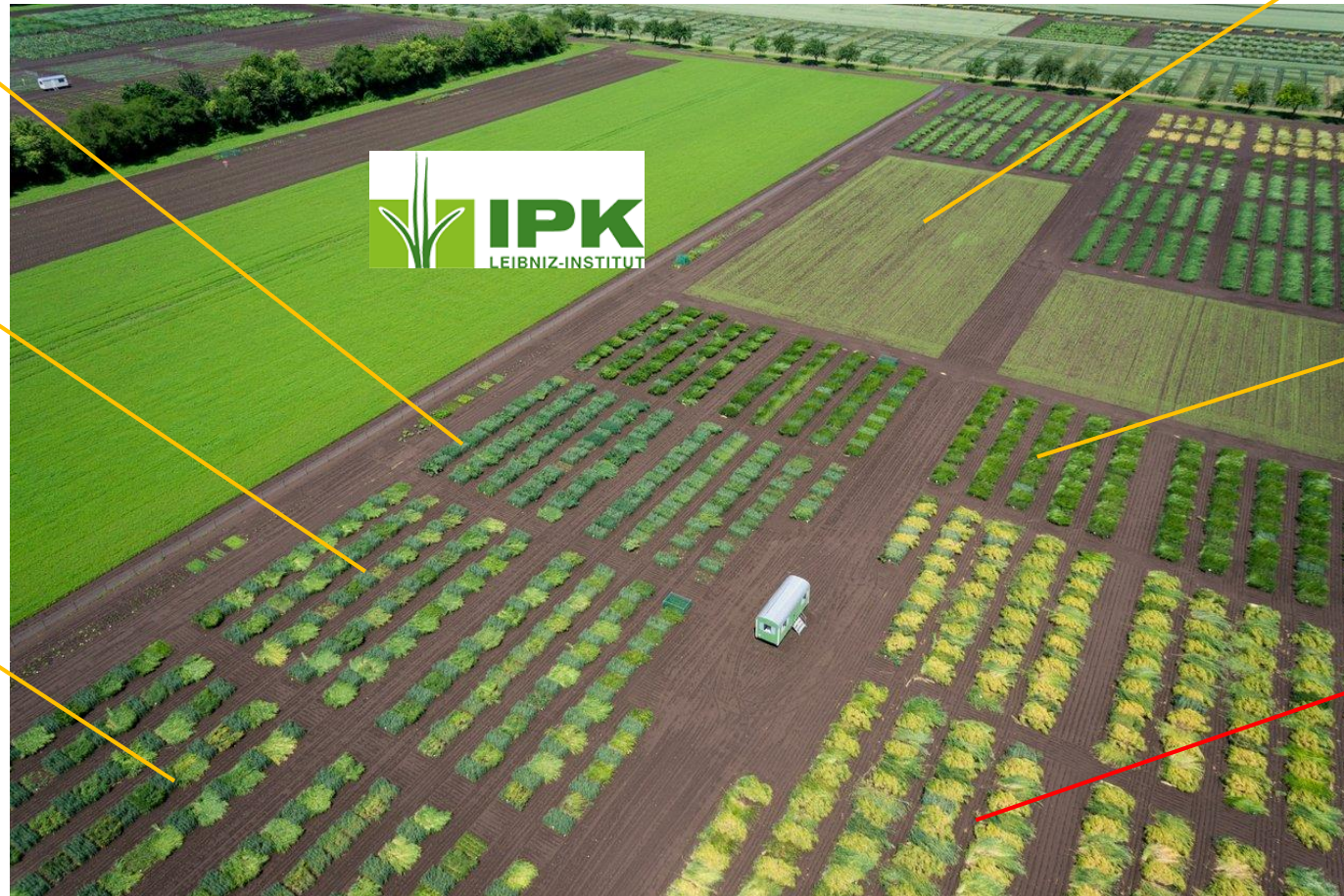
- Welche Maßnahme ist in der Region effektiv?
- Welche Maßnahme ist in der Praxis gut umsetzbar?
- **Landwirtschaftliche Feldversuche liefern wissenschaftliche Grundlagen für Entscheidungen!**

Feldversuche: praktische Fragestellungen wissenschaftlich untersuchen

Welche Sorte
ist geeignet?

Wie kann ich
effizient u.
nachhaltig
düngen?

Verbesserung der
Bodenfrucht-
barkeit durch
Fruchtfolge?



Wie
beeinflussen
Bodenbearbei-
tungsverfahren
den Ertrag?

Was ist eine gute
Bewässerungs-
strategie?

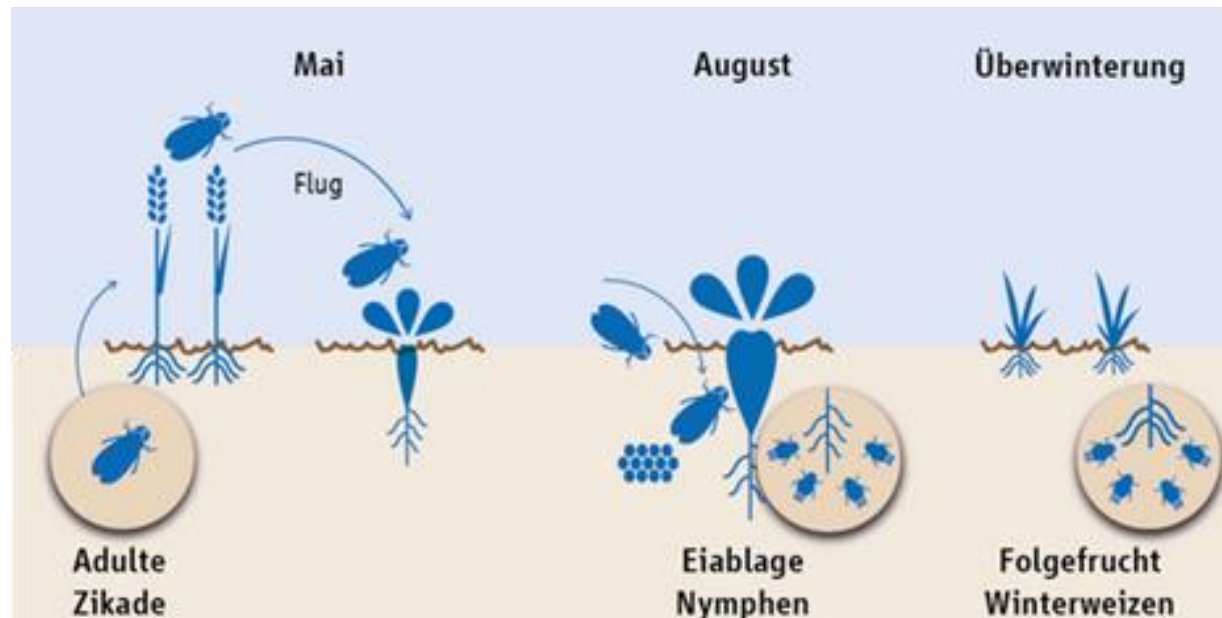
Welche
Pflanzenschutz-
maßnahme ist
effektiv?

Zuckerrübenkrankheit: Schilfglasflügelzikade

© <https://www.lfl.bayern.de/ips/blattfruechte/339679>



Entwicklungszyklus der Zikade (Vektor)



- Infektion mit Bakterium *Candidatus arsenophonus phytopathogenicus*
- Syndrome Basses Richesses (SBR)-Krankheit
- **Folgen einer Infektion:**
 - **Verminderte Mengenerträge**
 - **ein bis zu 40% reduzierter Zuckergehalt**
- Ausbreitung (noch) v.a. in Süddeutschland
- 2023: ~50.000 Hektar (von 392.000 Hektar) in Deutschland betroffen!

Zikaden als Überträger schwer zu bekämpfen

- Bisher sind in der Praxis keine wirksamen Bekämpfungsmöglichkeiten bekannt!
- Aktuell umfangreiche Forschung
 - Fruchtfolge
 - **Bodenbearbeitung**
 - Biologische Verfahren (entomophage* Nematoden)
 - **Selektion widerstandsfähiger Sorten (Fitis, Brabanter)**
 - RNAi Technologie



*entomophag, insektivor: Insekten fressend

Feldversuche: Schritt für Schritt planen und durchführen



Drei wichtige statistische Prinzipien

1. Wiederholungen (Pflicht)

- .. sind Voraussetzung um Fehlervarianz (Versuchsfehler) zu schätzen!

2. Randomisierung/zufällige Anordnung (Pflicht)

- .. ist wichtig, damit keine systematische Verzerrung durch Störgrößen passiert!

3. Blockbildung (oft sinnvoll)

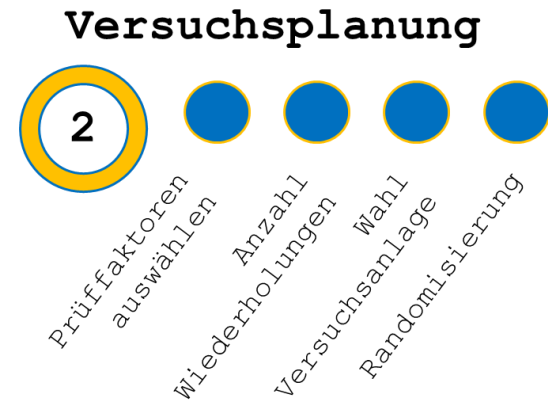
- .. erhöht die Genauigkeit eines Feldversuches, da der Einfluss von Störgrößen kontrolliert wird.



Prüffaktoren auswählen

- Fragestellung:
 - Welche der drei Zuckerrübensorten S1, S2, S3 ist am widerstandsfähigsten gegen die SBR-Krankheit?
 - Hat die Art der Bodenbearbeitung (B1, B2) einen Einfluss auf den Befall?
- Prüffaktoren:
 - Faktor 1: „Sorte“ (3 Faktorstufen: S1, S2, S3)
 - Faktor 2: „Boden“ (2 Faktorstufen: B1, B2)

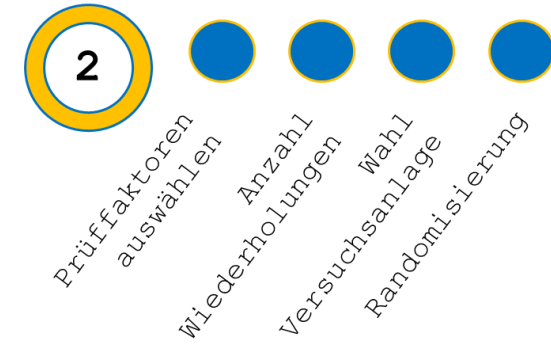
Anzahl der Wiederholungen



- Berechnung mit:
 - der nachzuweisenden **Effektstärke**
 - der festgelegten **Teststärke** (Power)
 - dem **Signifikanzniveau** (alpha)



„Für Aussagekraft ist es nötig, **mehrere Wiederholungen** anzulegen ... Die Zahl der Wiederholungen beträgt im allgemeinen **4**.“



2-faktorieller Versuch

- Die beiden Prüffaktoren sollen **kreuzklassifiziert** sein.
- Es gibt $3 \times 2 = 6$ **Kombinationen** der Prüffaktoren „Sorte“ und „Boden“
- Mit **4 Wiederholungen** pro Faktorkombination ergeben sich **24 Versuchseinheiten** (Parzellen) die im Feld angeordnet werden müssen.



Wahl der Versuchsanlage

1. Vollständig randomisierte Anlage

- *Completely Randomized Design* (**CRD**)

2. Randomisierte vollständige Blockanlage

- *Randomized Complete Block Design* (**RCBD**)

3. Spaltanlage

- *Split-Plot Design* (**SPD**)



Randomisierungsschritte in allen Versuchsanlagen

- Würfeln
- Karten ziehen
- Excel mit ZUFALLSZAHN()
- R benutzen

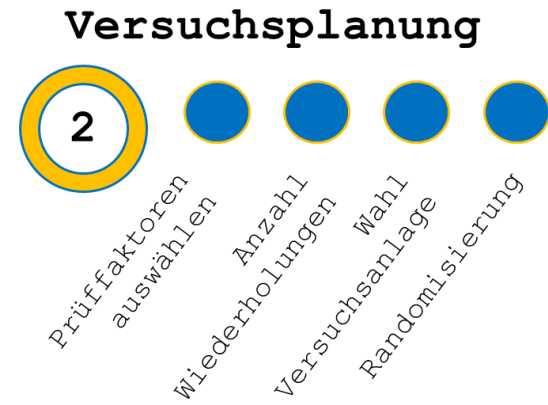
```
library(agricolae)  
library(desplot)
```

Package ‘agricolae’

October 22, 2023



Homogenes Versuchsfeld –CRD–



- Die Versuchseinheiten werden auf dem Feld völlig uneingeschränkt und zufällig angeordnet.
- (+) Einfaches Design, einfaches statistisches Modell
- (-) Wenn Bedingungen nicht homogen sind, ist die statistische Teststärke reduziert

S1xB2	S1xB1	S3xB1	S3xB1	S2xB1	S1xB1	S1xB1	S3xB2
S3xB1	S3xB2	S1xB2	S2xB2	S2xB2	S3xB2	S1xB1	S2xB1
S1xB2	S2xB2	S3xB2	S1xB2	S3xB1	S2xB2	S2xB1	S2xB1



Gradient auf dem Versuchsfeld –RCBD–

- Auf einem großen Versuchsfeld gibt es oft Gradienten, wodurch auf dem Feld keine homogene Bedingungen sind:
 - Bodenfeuchte
 - Nährstoffe
 - Sonneneinstrahlung
 - ...

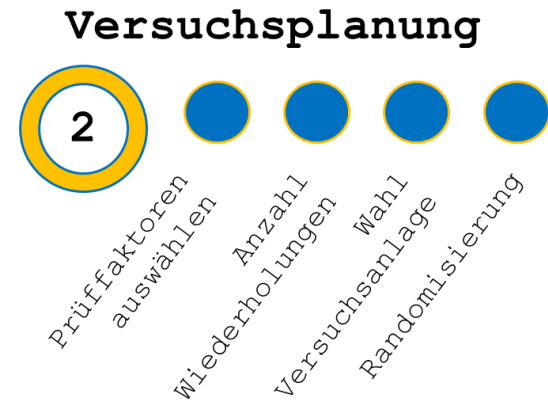


Darum Blockbildung!

"Block what you can and randomize what you cannot."*

- Unterteilung des heterogenen Versuchsfeldes in homogene Untereinheiten (Blöcke).
- Wachstumsbedingungen sind innerhalb der Blöcke möglichst homogen.
- Gradient eines Störfaktors ist maximal zwischen den Blöcken.

Gradient auf dem Versuchsfeld –RCBD–



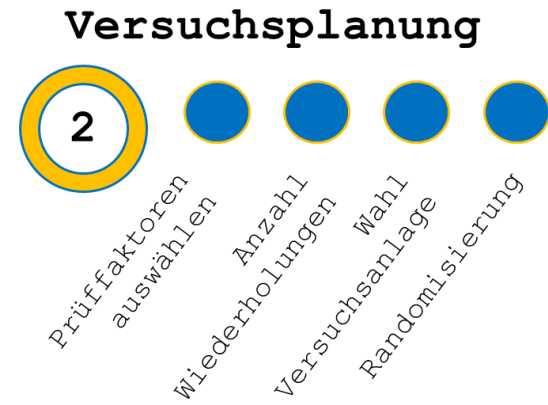
- Die Versuchseinheiten werden innerhalb der Blöcke vollständig und zufällig angeordnet.

(+) Gradient des Störfaktors fließt nicht in den Restfehler ein!

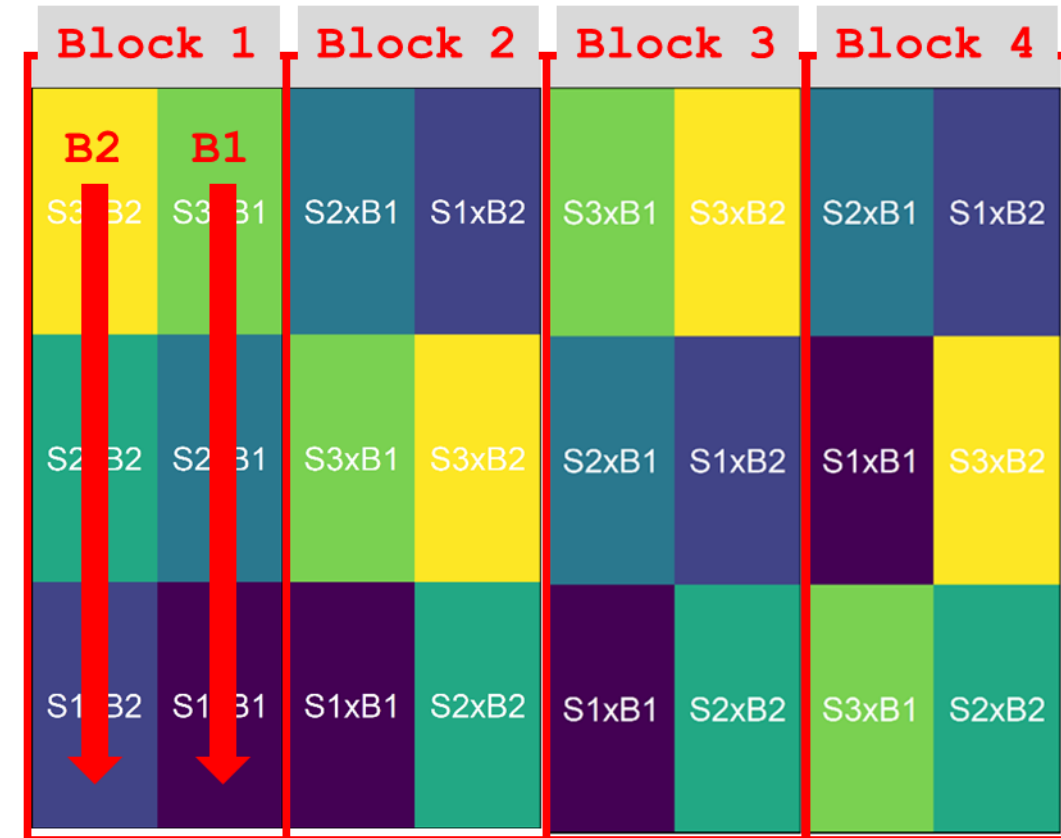
(-) Blöcke kosten $(k-1)$ Freiheitsgrade

Block 1		Block 2		Block 3		Block 4	
S1xB1	S2xB1	S2xB2	S2xB1	S3xB2	S2xB1	S1xB2	S3xB2
S3xB2	S2xB2	S3xB2	S1xB1	S2xB2	S1xB2	S2xB1	S1xB1
S1xB2	S3xB1	S3xB1	S1xB2	S1xB1	S3xB1	S2xB2	S3xB1

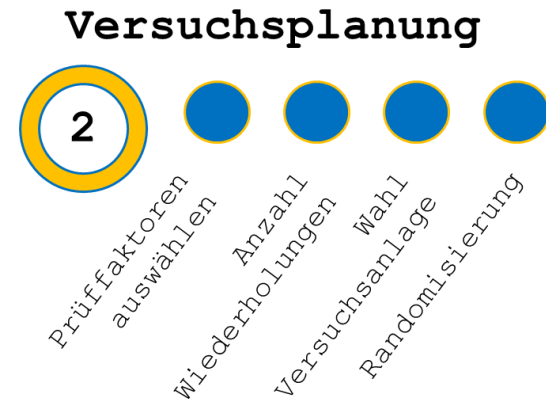
& schwer veränderbarer Faktor (Praxis) –SPD–



- Keine homogenen Bedingungen auf dem Versuchsfeld & Bodenbearbeitung nur in Streifen möglich
- **Zwei Randomisierungsschritte:**
Anordnung der Spalten innerhalb der Blöcke und der Versuchseinheiten innerhalb der Streifen
- (+) Einfache Anlage auf dem Feld
- (-) Statistische Analyse wird komplizierter (Lineares gemischtes Modell)



Versuchsanlagen im Vergleich: CRD-RCBD-SPD



S1xB2	S1xB1	S3xB1	S3xB1	S2xB1	S1xB1	S1xB1	S3xB2
S3xB1	S3xB2	S1xB2	S2xB2	S2xB2	S3xB2	S1xB1	S2xB1
S1xB2	S2xB2	S3xB2	S1xB2	S3xB1	S2xB2	S2xB1	S2xB1

CRD:

alle 6 Kombinationen mit 4 Wiederholungen sind auf dem Feld vollständig randomisiert.

Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
S1xB1 S2xB1	S2xB2 S2xB1	S3xB2 S2xB1	S1xB2 S3xB2
S3xB2 S2xB2	S3xB2 S1xB1	S2xB2 S1xB2	S2xB1 S1xB1
S1xB2 S3xB1	S3xB1 S1xB2	S1xB1 S3xB1	S2xB2 S3xB1

RCBD:

alle 6 Kombinationen sind innerhalb von 4 Blöcken/Wiederholungen vollständig randomisiert.

Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
B2 S3xB2	B1 S3xB1	S2xB1 S1xB2	S3xB1 S3xB2
S2xB2 S2xB1	S3xB1 S3xB2	S2xB1 S1xB2	S1xB1 S3xB2
S1xB2 S1xB1	S1xB1 S2xB2	S3xB1 S2xB2	S2xB1 S2xB2

SPD:

die 6 Kombinationen sind innerhalb von 4 Blöcken/Wiederholungen **NICHT** vollständig randomisiert.

Feldversuche: Schritt für Schritt planen und durchführen



Ausblick: Statistische Modelle für CRD-RCBD-SPD

S1xB2	S1xB1	S3xB1	S3xB1	S2xB1	S1xB1	S1xB1	S3xB2
S3xB1	S3xB2	S1xB2	S2xB2	S2xB2	S3xB2	S1xB1	S2xB1
S1xB2	S2xB2	S3xB2	S1xB2	S3xB1	S2xB2	S2xB1	S2xB1

- **CRD:** Lineares Modell

$$y_{ijk} = \mu + S_i + B_j + \varepsilon_{ijk}$$

Effekt
Sorte

Effekt
Boden

Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
S1xB1 S2xB1	S2xB2 S2xB1	S3xB2 S2xB1	S1xB2 S3xB2
S3xB2 S2xB2	S3xB2 S1xB1	S2xB2 S1xB2	S2xB1 S1xB1
S1xB2 S3xB1	S3xB1 S1xB2	S1xB1 S3xB1	S2xB2 S3xB1

- **RCBD:** Lineares Modell

$$y_{ijhk} = \mu + \text{Block}_h + S_i + B_j + \varepsilon_{ijhk}$$

Blockeffekt

Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
B2 B1 S3xB2 S3xB1	S2xB1 S1xB2	S3xB1 S3xB2	S2xB1 S1xB2
S2xB2 S2xB1	S3xB1 S3xB2	S2xB1 S1xB2	S1xB1 S3xB2
S1xB2 S1xB1	S1xB1 S2xB2	S3xB1 S2xB2	S2xB2

- **SPD:** Lineares gemischtes Modell

2. zufälliger Effekt

$$y_{ijhk} = \mu + \text{Block}_h + S_i + B_j + \delta_{ih} + \varepsilon_{ijhk}$$

Ausblick: Statistische Datenanalyse in R

Lineares Modell anpassen: CRD

```
Modell <- lm(Ertrag ~ Sorte + Boden)
```

Lineares Modell anpassen: RCBD

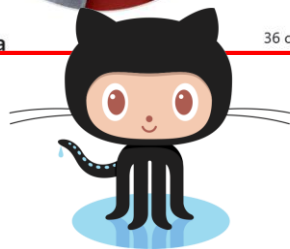
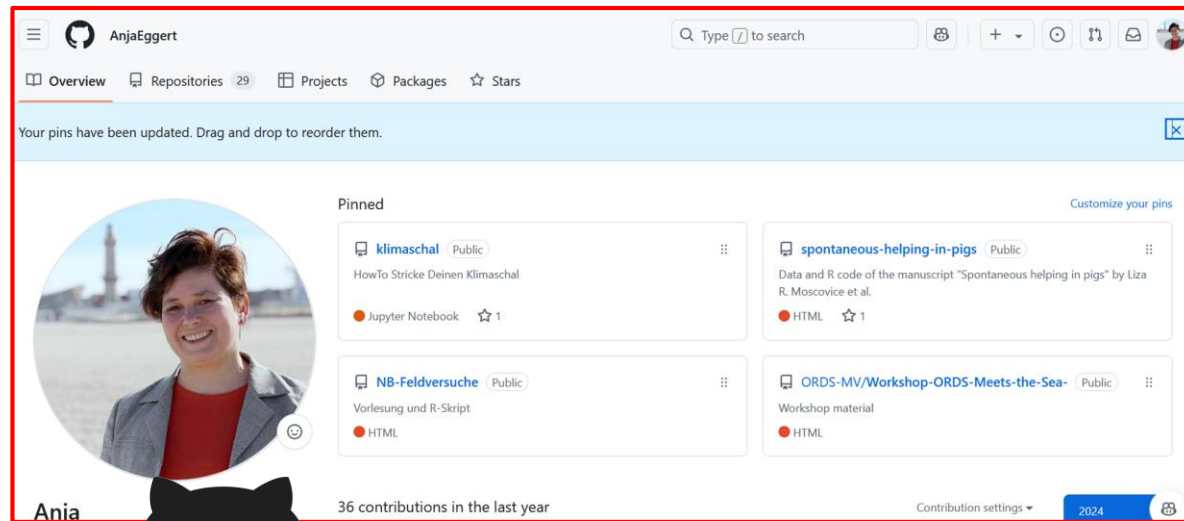
```
Modell <- lm(Ertrag ~ Sorte + Boden + Block)
```

Lineares gemischtes Modell anpassen: SPD

```
Modell <- lmer(Ertrag ~ Sorte + Boden + Block + (1|Block:Boden))
```

Praktische Übungen mit R

- **Open Educational Resources:** frei zugängliche, kostenfreie Lehr- und Lernmaterialien



GitHub

