

Professur: Datenmanagement, Landbau und Klimawandel

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

Probevorlesung: Anja Eggert

# Wer bin ich?

## Lebenslauf

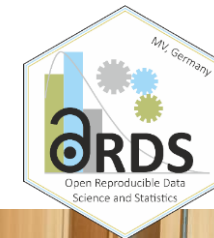
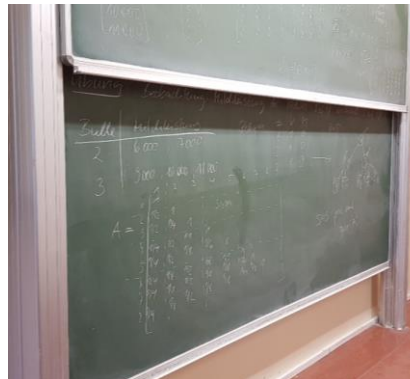
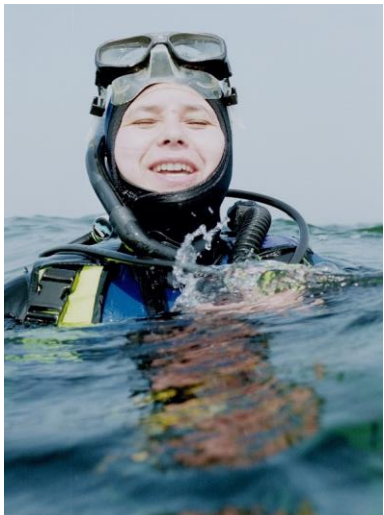
- Uni Bremen  
(Diplom Biologie)
- Uni Groningen, NL  
(Promotion Meeresbio)
- Uni Rostock  
(Angewandte Ökologie)
- Leibniz-Institut für Ostseeforschung (IOW)
- Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN)

## Forschung

- Arbeit im Labor
- Probennahme im Meer
- Messungen von Forschungsschiffen
- Programmiererin von Ozeanmodellen
- Statistikerin
- Data Scientist

## Lehre

- Statistische Modellierung u. Versuchsplanung  
(Master: Nachhaltige Agrarsysteme, Uni Rostock)
- Workshops/Seminare: Statistik mit R, SAS (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 Wissenschaftlich es Arbeiten/ Große Exkursion (5 ECTS)
4. Semester	AWB.22.408 Grundlagen der Phytomedizin (5 ECTS)	AWB.16.404 Unternehmens-führung / 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

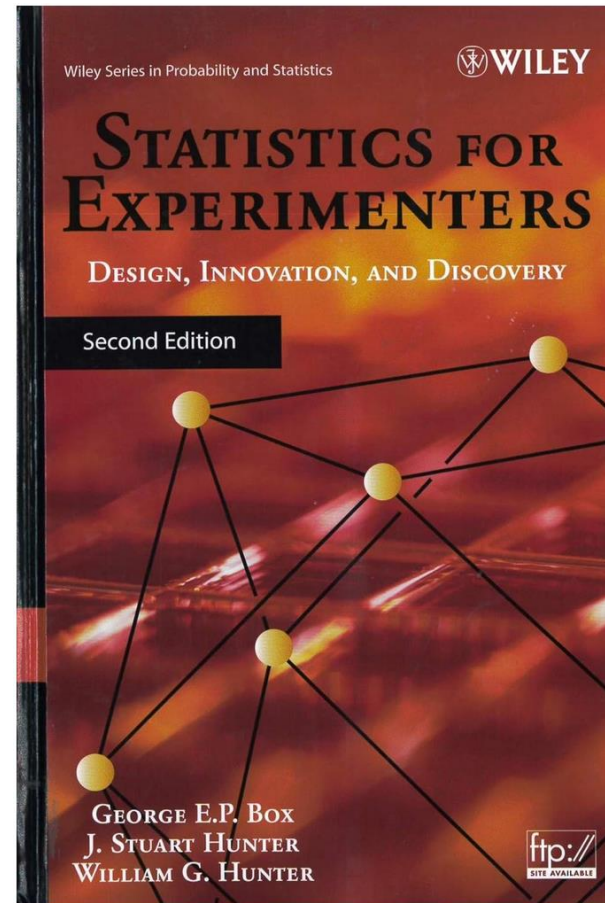
**Versuchsplanung**

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](#)

slido

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

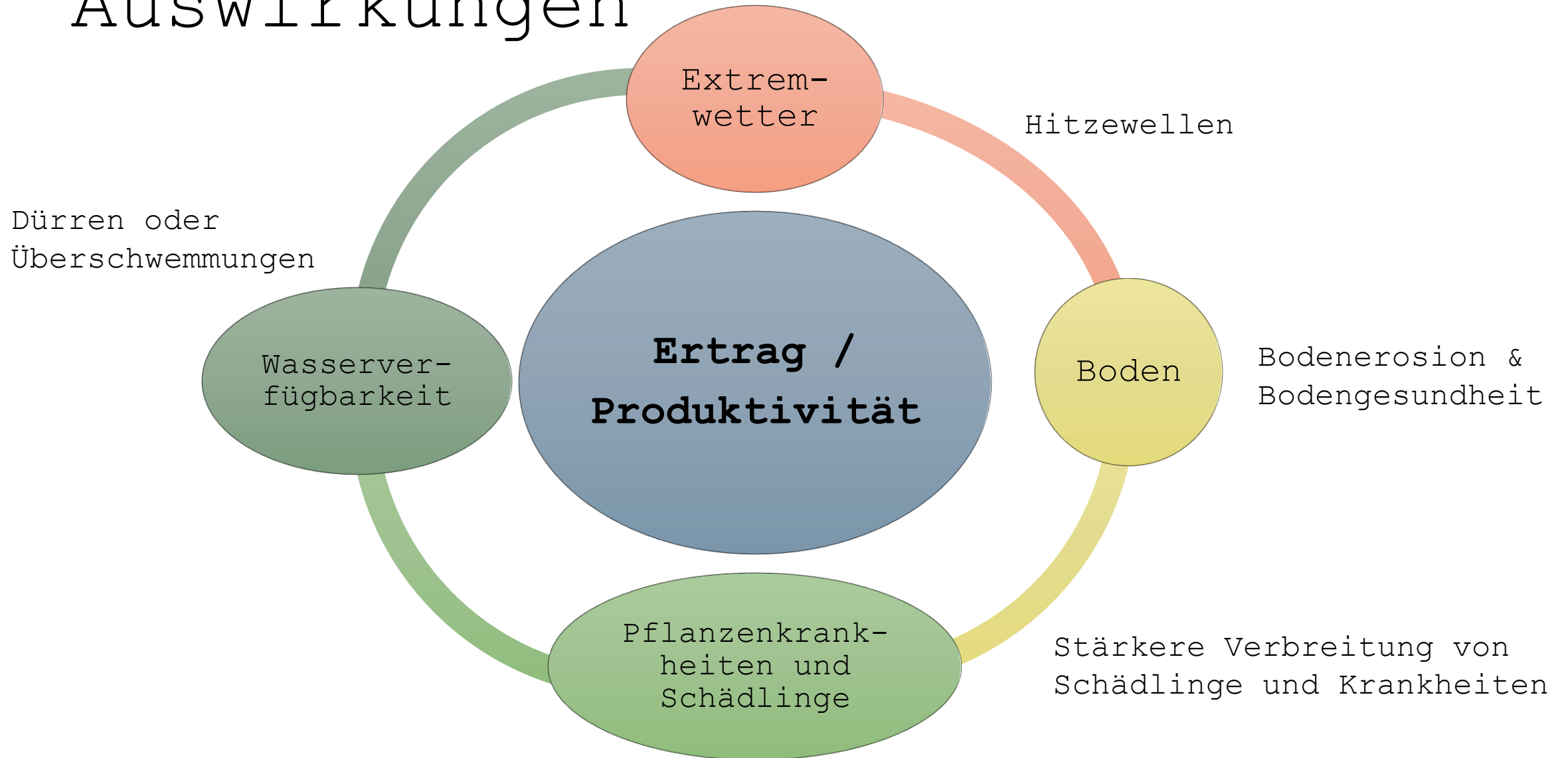


Wie wirkt sich der  
**Klimawandel** (schon heute)  
auf die **Landwirtschaft**  
(in Norddeutschland) aus?

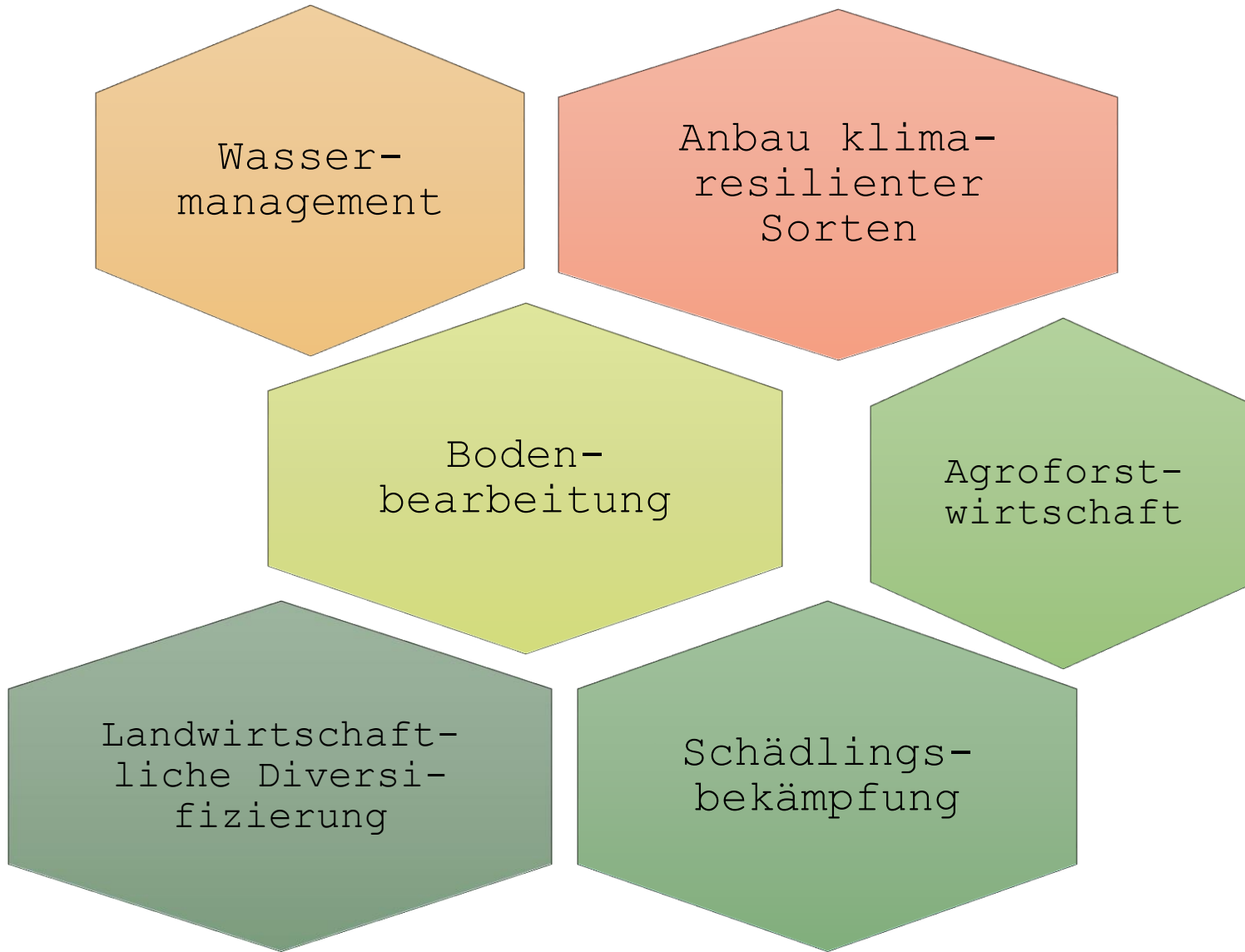
① Start presenting to display the poll results on this slide.



# Vielfältige und komplexe Auswirkungen



# Klimaanpassungsstrategien



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

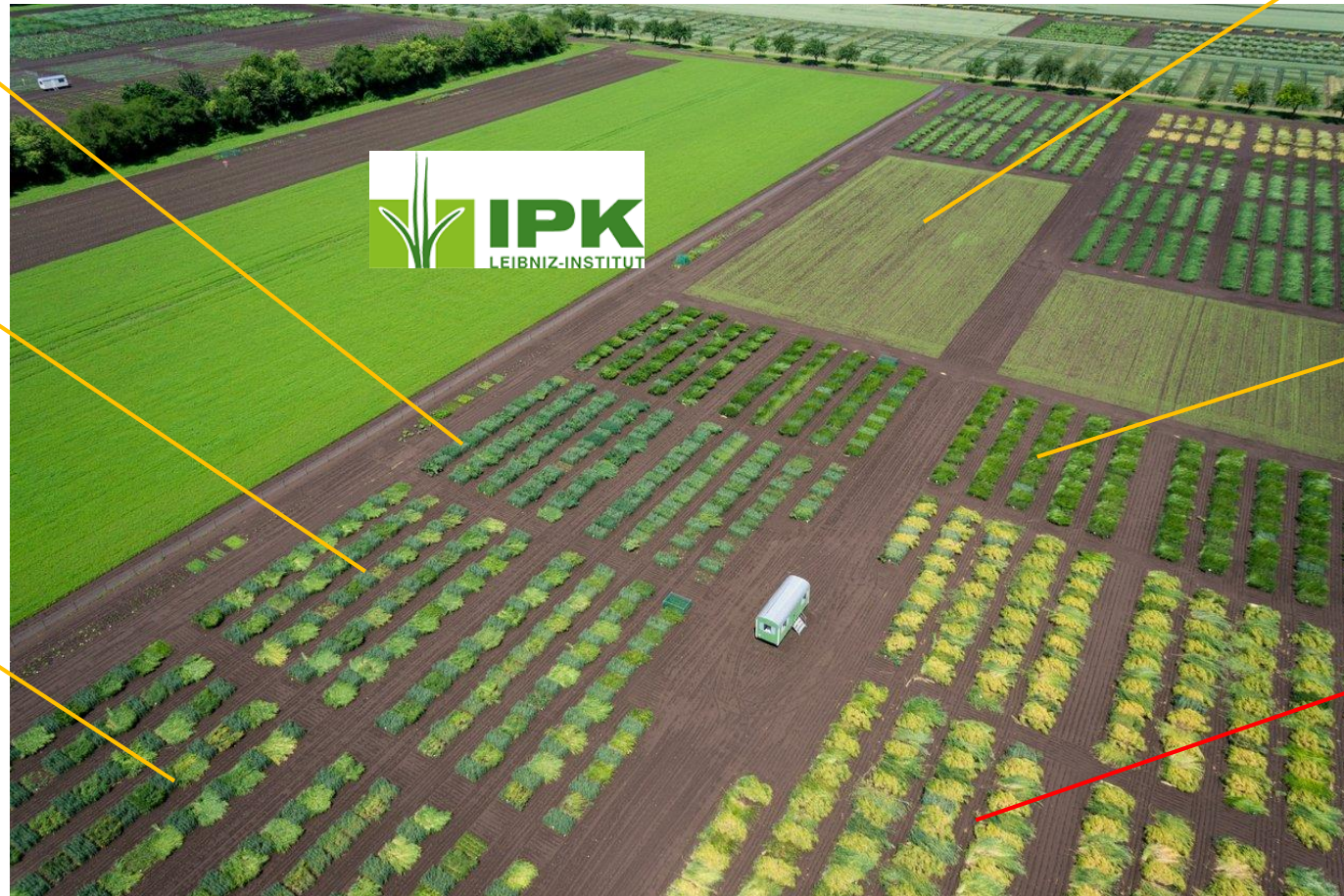


# Feldversuche: praktische Fragestellungen wissenschaftlich untersuchen

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?

# Zuckerrüben- anbau in MV

- 2023: Zuckerrüben stehen auf 32.500 Hektar.
- Anbauverband rechnet mit guter Erntebilanz in 2024.
- Landwirte können bis zu 1,7 Millionen Tonnen Zuckerrüben ernten.
- Zuckerfabrik Anklam: ~7% der Gesamtproduktion in Deutschland.

## Standorte des Zuckerrübenanbaus und der Zuckerfabriken in Deutschland



CLA Clauen  
NST Nordstemmen  
SLA Schladen  
UEL Uelzen  
WZL Klein Wanzleben



Pfeifer & Langen

APP Appeldorn  
EUS Euskirchen  
JÜL Jülich  
KÖN Könnern  
LAG Lage



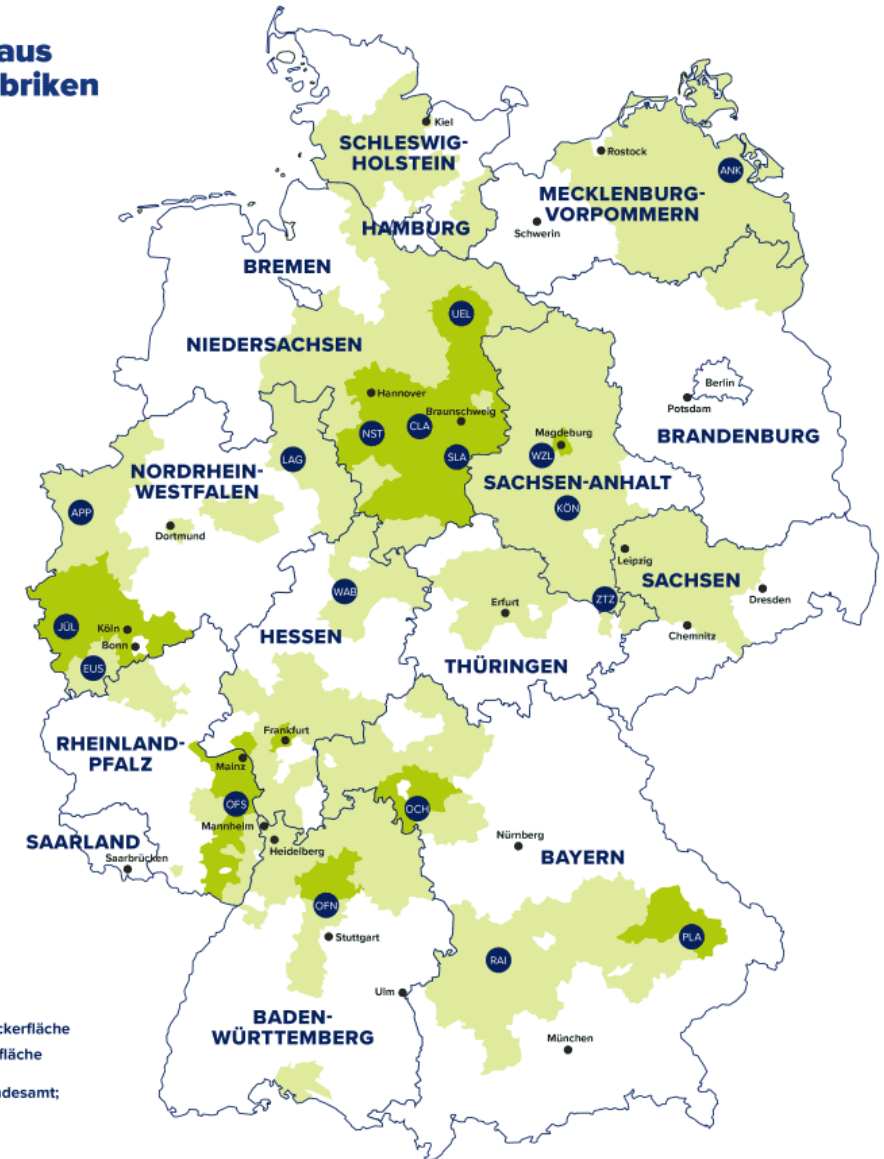
OCH Ochsenfurt  
OFN Offenau  
OFS Offstein  
PLA Plattling  
RAI Rain  
WAB Wabern  
ZTZ Zeitz



ANK Anklam

■ Rübenflächen  $\geq 2 < 10$  % der Ackerfläche  
■ Rübenflächen  $\geq 10$  % der Ackerfläche

Quelle: BLE & Statistisches Bundesamt;  
Landwirtschaftszählung 2020



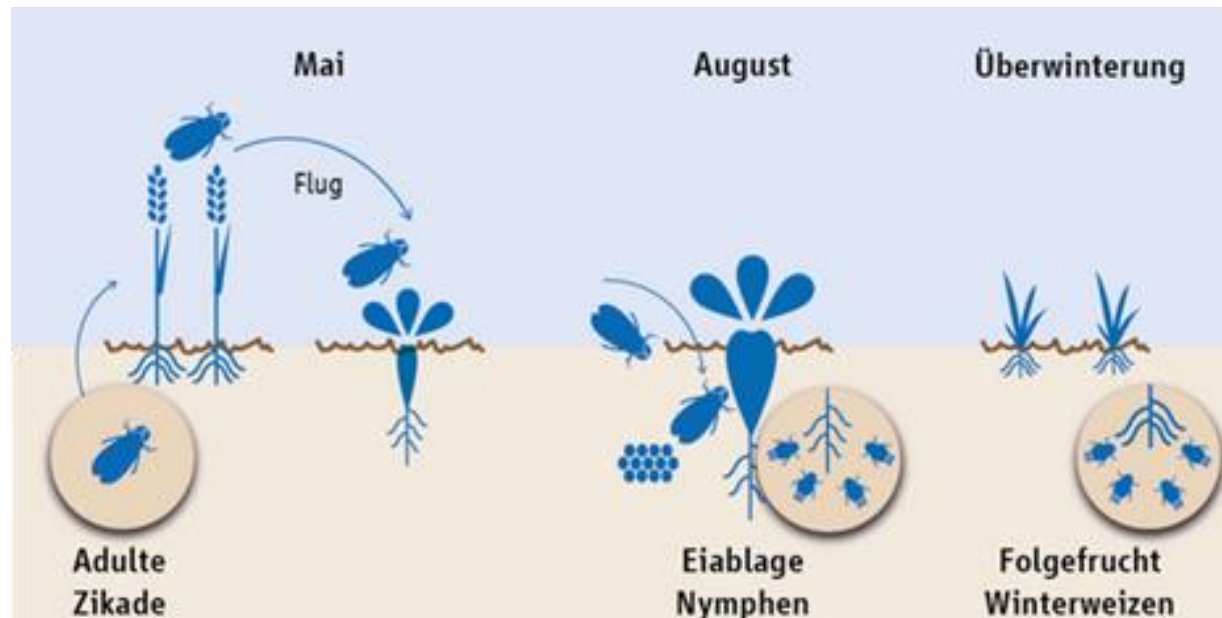


# Zuckerrübenkrankheit: Schilfglasflügelzikade

© <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

# Drei wichtige statistische Prinzipien

## 1. Wiederholungen (Pflicht)

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

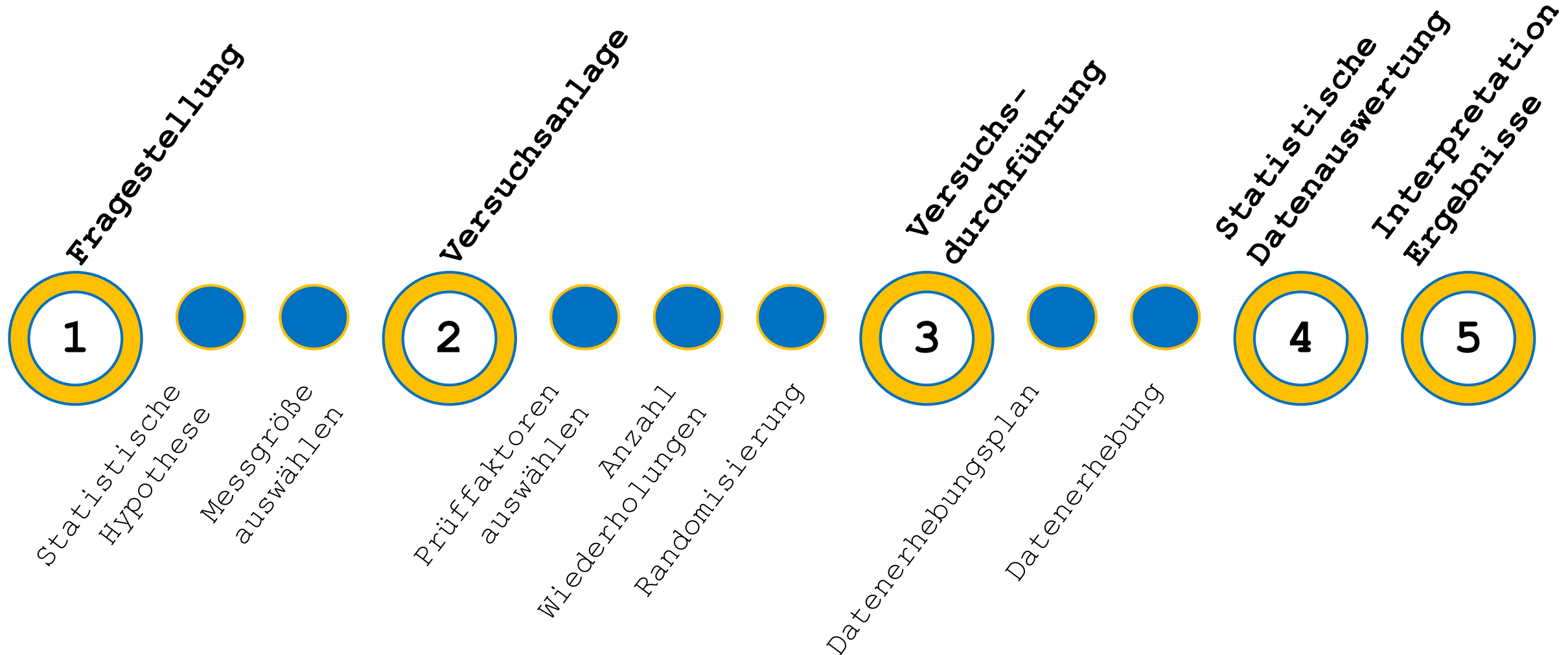
## 2. Randomisierung/Zufällige Anordnung (Pflicht)

- .. ist wichtig, um zufällige Effekte tatsächlich zufällig auf die Versuchseinheiten bzw. Parzellen zu verteilen!

## 3. Blockbildung (oft sinnvoll)

- .. erhöht die Genauigkeit eines Feldversuches, wenn sich benachbarte Parzellen ähnlicher sind als weit entfernte.

# Feldversuche: Schritt für Schritt planen und durchführen

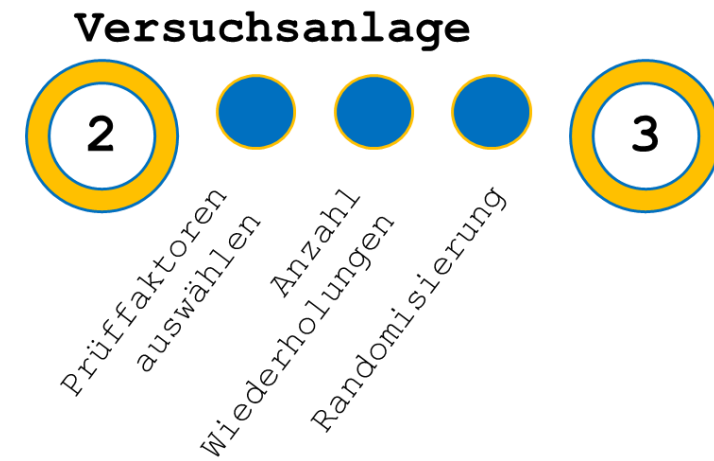




# Feldversuche: Schritt für Schritt planen und durchführen

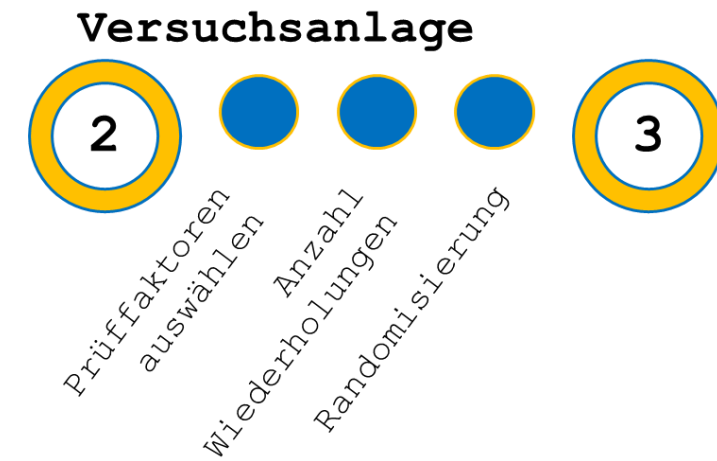


# Prüffaktoren auswählen



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

# Anzahl der Wiederholungen

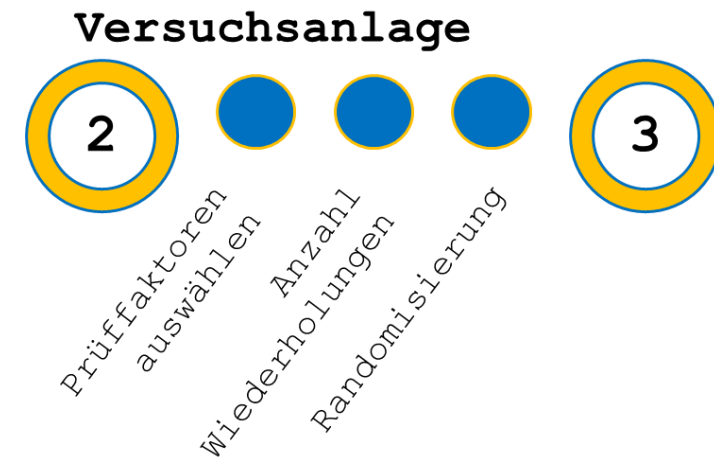


- Berechnung mit:
  - der nachzuweisenden **Effektstärke**
  - der festgelegten **Teststärke** (Power)
  - dem **Signifikanzniveau** (alpha)



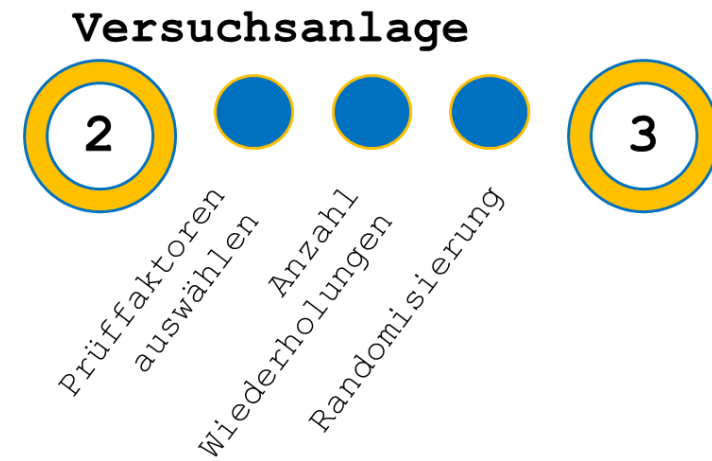
„Für Aussagekraft ist es nötig, **mehrere Wiederholungen** anzulegen sowie die Prüfglieder innerhalb der Wiederholungen **zufällig anzuordnen**. ... Die Zahl der Wiederholungen beträgt im allgemeinen **4**.“

# 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 Parzellen** (Versuchseinheit) die im Feld angeordnet werden müssen.

# Wahl der Versuchsanlage



1. Vollständig randomisierte Anlage

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

2. Randomisierte vollständige Blockanlage

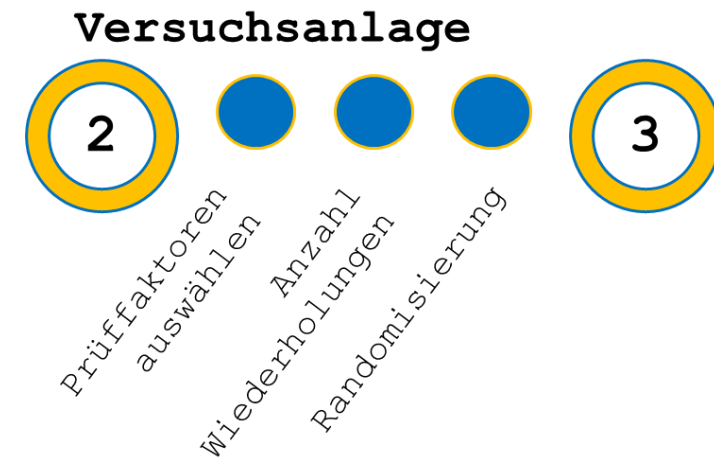
- *Randomized Complete Block Design* (**RCBD**)

3. Spaltanlage

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

# Randomisierung

- Würfeln
- Karten ziehen
- Excel mit ZUFALLSZAHLEN()
- R (oder Python, SAS) benutzen



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

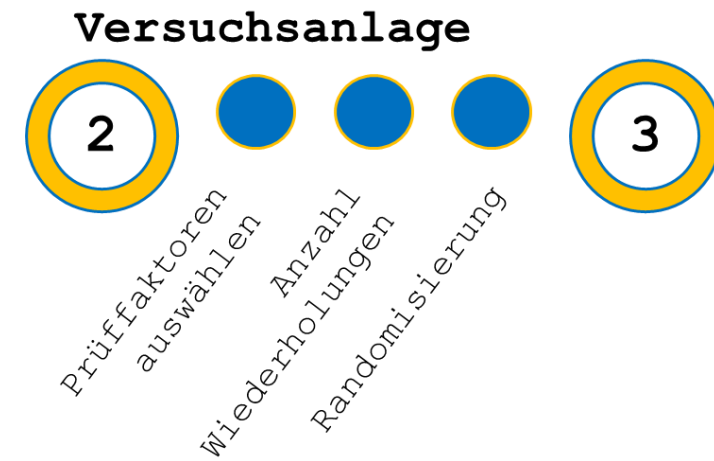
**Package ‘agricolae’**

October 22, 2023





# Homogenes Versuchsfeld –CRD–

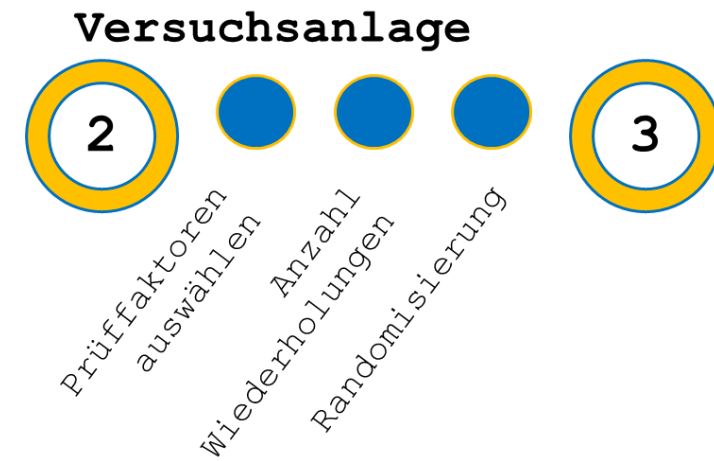


- Die Behandlungen werden den Versuchseinheiten völlig uneingeschränkt und zufällig zugeordnet.
- (+) Einfaches Design, maximale Anzahl Freiheitsgrade, einfaches statistisches Modell
- (-) Wenn Bedingungen nicht homogen sind, ist die statistische Teststärke reduziert

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

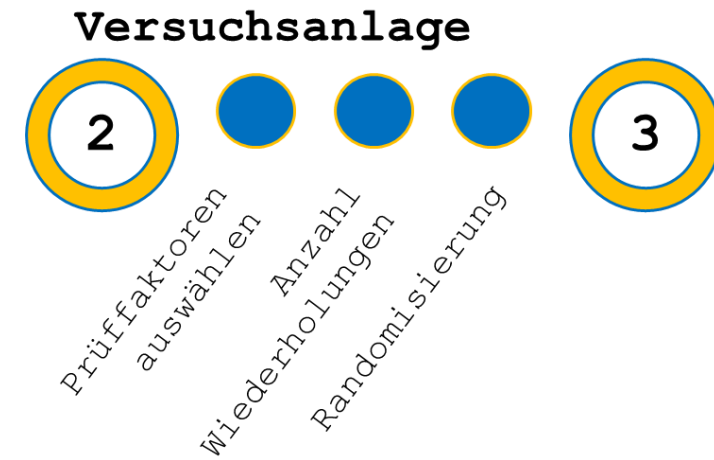
# Gradient auf dem Versuchsfeld –RCBD–

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



# Darum Blockbildung!

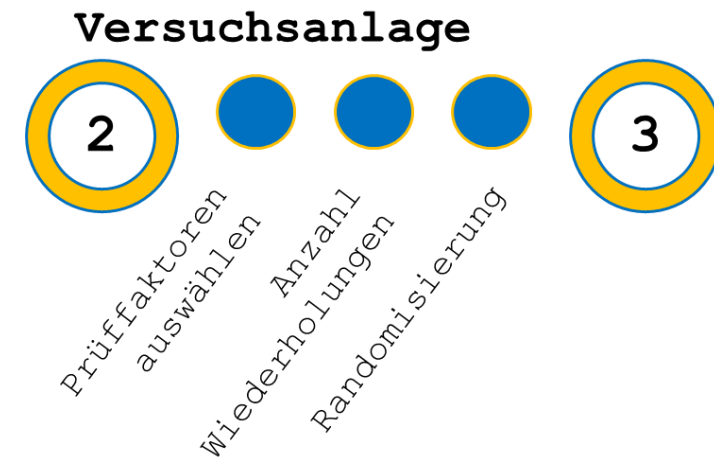
"Block what you can and randomize what you cannot."\*



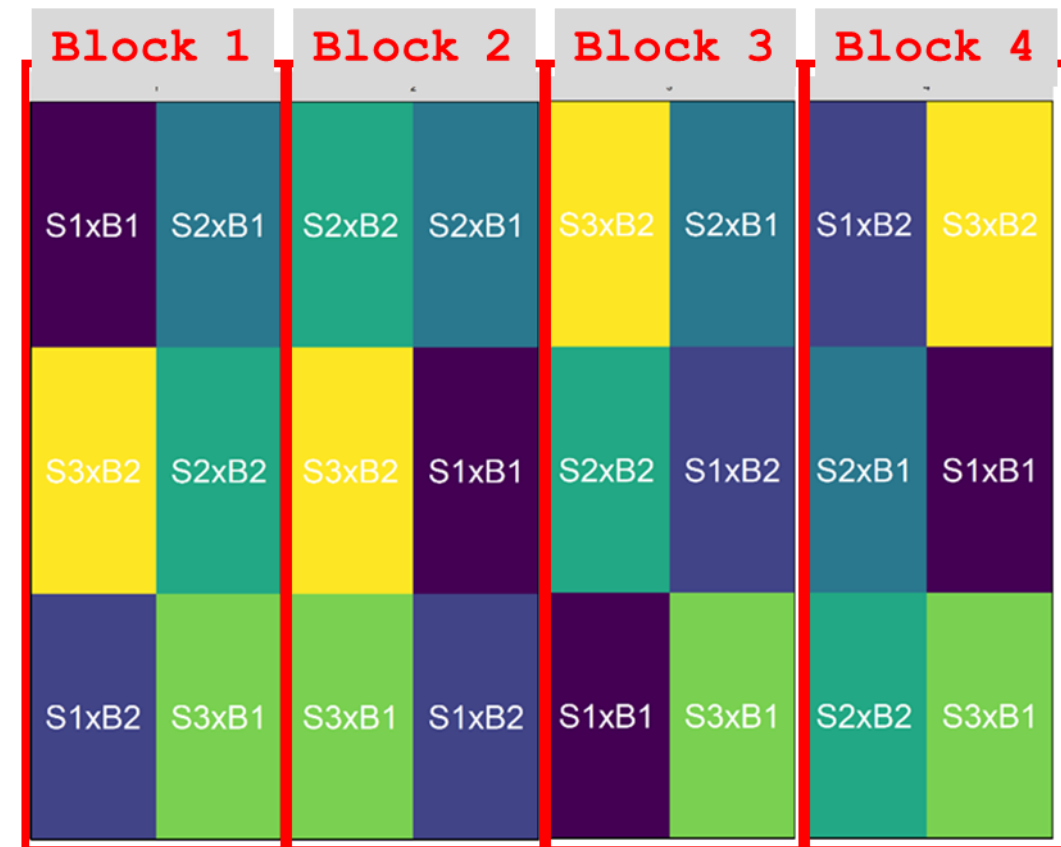
- Unterteilung der heterogenen Versuchsanlage in homogene Untereinheiten (Blöcke, "Mini-Experimente").
- Wachstumsbedingungen sind innerhalb der Blöcke möglichst homogen.
- Gradient eines Störfaktors ist maximal zwischen den Blöcken.

\*Box, G., Hunter, W., and Hunter, J. (2005)

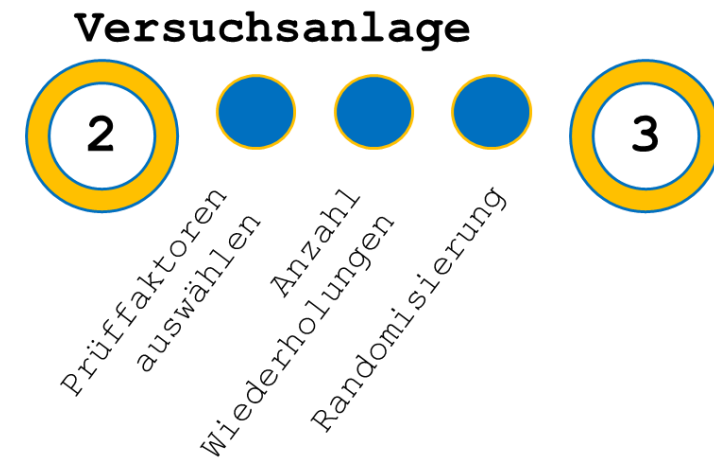
# Gradient auf dem Versuchsfeld –RCBD–



- Die Behandlungen sind innerhalb der Blöcke vollständig und zufällig zugeordnet.
- (+) Bodenunterschiede zwischen Blöcken fließen nicht in den Restfehler ein!
- (-) Blöcke kosten  $(k-1)$  Freiheitsgrade



# & 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 Parzellen innerhalb der Streifen
- (+) Einfache Anlage auf dem Feld
- (-) Statistische Analyse wird komplizierter (Lineares gemischtes Modell)



# 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.



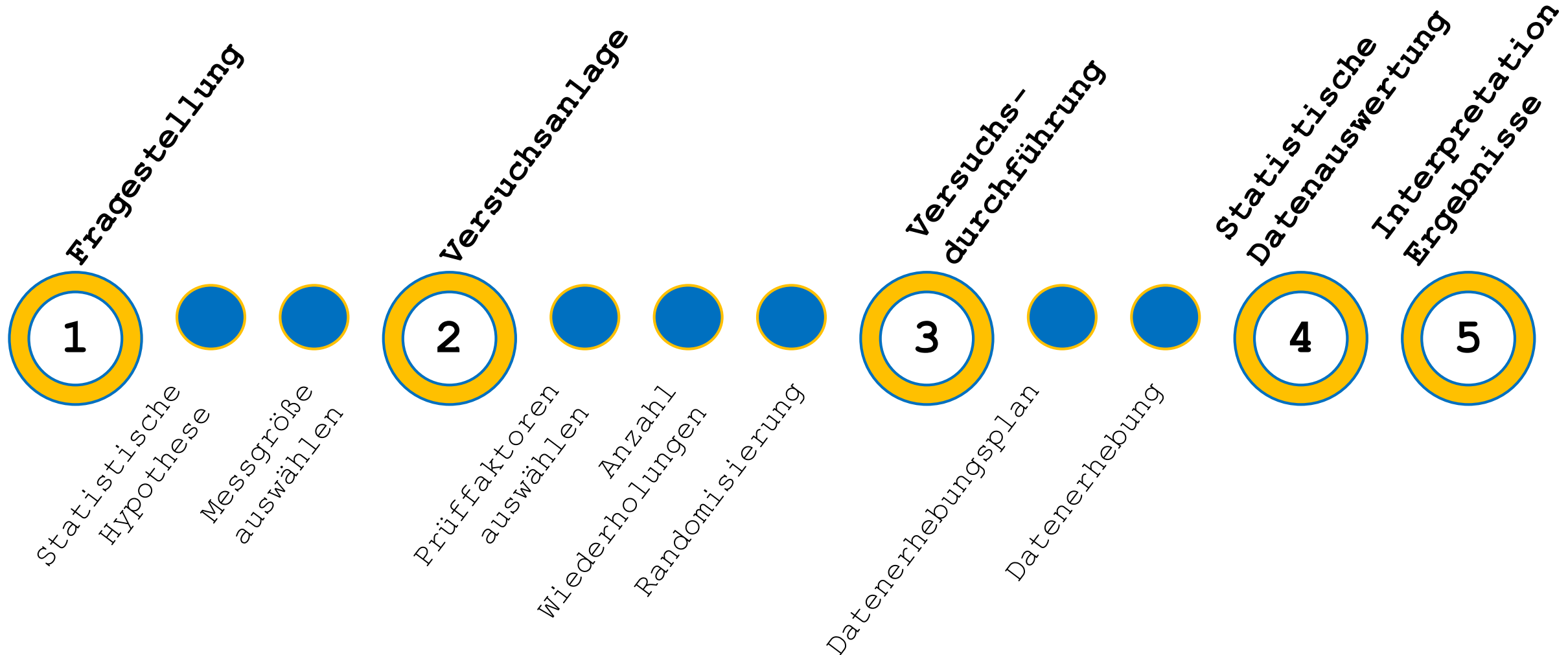
Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
B2 B1 S1xB2 S3xB1	S2xB1 S1xB2	S3xB1 S3xB2	S2xB1 S1xB2
S2xB2 S2xB1	S3xB1 S3xB2	S2xB1 S1xB2	S1xB1 S3xB2
S1xB2 S1xB1	S1xB1 S2xB2	S1xB1 S2xB2	S3xB1 S2xB2

## SPD:

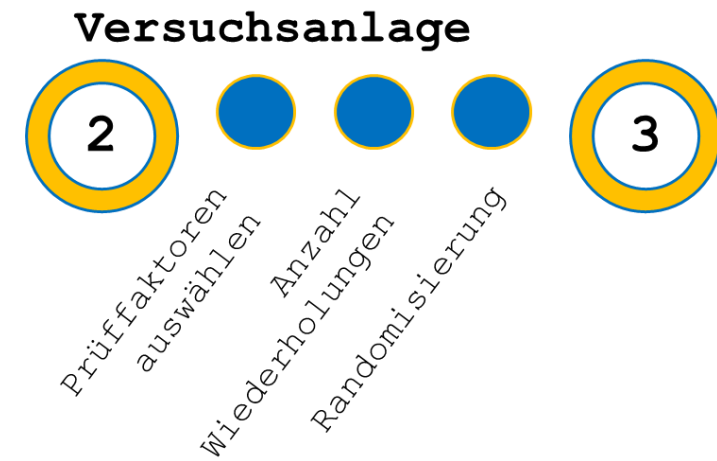
die 6 Kombinationen  
sind innerhalb von 4  
Blöcken/Wiederholungen  
**NICHT** vollständig  
randomisiert.



# Feldversuche: Schritt für Schritt planen und durchführen



# Statistische Modelle: 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 S3xB2 B1 S3xB1	S2xB1 S1xB2	S3xB1 S3xB2	S2xB1 S1xB2
S2xB2 S2xB1	S3xB1 S3xB2	S2xB1 S1xB2	S1xB1 S3xB2
S1xB2 S1xB1	S1xB1 S2xB2	S1xB1 S2xB2	S3xB1 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

**# Lineares Modell anpassen: CRD**

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

**# Lineares Modell anpassen: RCBD**

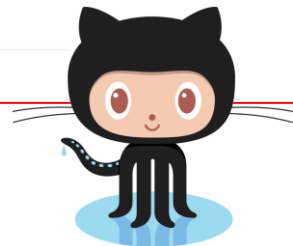
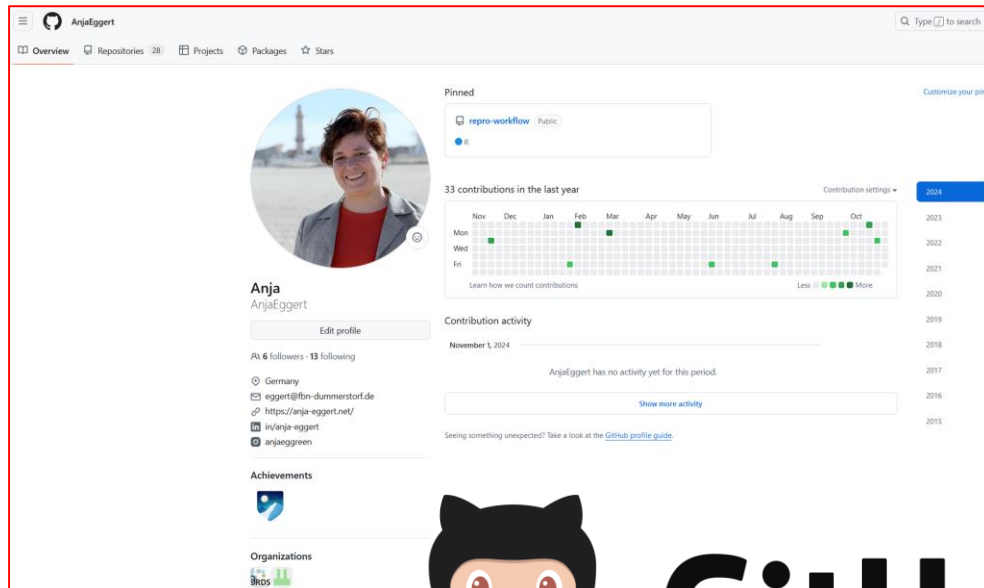
```
Modell <- lm(Ertrag ~ Sorte + Boden + Block)
```

**# 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

