

## Checkbox für die Version vom 25. November 2022

Die gesamte Klausur beinhaltet aktuell in Summe **108** Fragen. Davon sind **50** Multiple Choice Fragen sowie **58** Rechen- und Textaufgaben.

## Frequently asked questions (FAQ)

**Was ist das hier?** Im Folgenden findet sich die Sammlung *aller* Klausurfragen der Bio Data Science über *alle* Veranstaltungen, die ich an der Fakultät für Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur anbiete.

**Sind aber ein bisschen viele Fragen...** Ja, das stimmt. Die Sortierung und Überlegung welche Fragen zur Veranstaltung passen obliegt dem Studierenden. Gerne stehe ich für Rückfragen bereit. Teilweise sind Fragen auch ähnlich.

**Sind die Fragen fix?** Ein klares Jein. Die Zahlen und die *Reihenfolge* der Aufgaben - auch im Multiple Choice Teil - werden sich ändern, da die Klausurfragen zufällig erstellt werden. Die *Aufgabenfragen* hindoch werden die gleichen Fragen bleiben.

**Okay, aber woher weiß ich jetzt welche Fragen zu meiner Veranstaltung gehören?** Das ist der Trick. Durch das Durchlesen und das selbstständige Sortieren der Fragen zu Themen und Inhalten merkt man ziemlich schnell, welche Inhalte zu der Veranstaltung gehören und welche nicht. Ist also alles Teil des Lernprozesses. *Und* wenn Unsicherheiten da sind, gerne in der Wiederholungsveranstaltung - letzte Vorlesung - einfach mich fragen.

**Wie sieht denn die finale Klausur aus?** Die Klausur hat am Ende 10 Multiple Choice Fragen mit jeweils 2 Punkten sowie Rechen- und Textaufgaben mit in Summe ca. 60 Punkten. Ich peile daher eine Klausur mit 80 Punkten an, wobei 40 Punkte zum Bestehen der Klausur notwendig sind. **Bei geteilten Veranstaltungen mit mehr als einem Dozenten ändert sich die Zusammensetzung der endgültigen Punkteanzahl!**

**Sind aber mehr als zehn Multiple Choice Fragen...** Ja, aber es werden in der finalen Klausur nur zehn Multiple Choice Fragen sein. Ich wähle die Fragen dann zufällig aus. Ich berücksichtige natürlich die Veranstaltung und das Lernniveau.

**Solange kann ich nicht warten...** Dann einfach eine Mail an mich schreiben:  
[j.kruppa@hs-onsabrueck.de](mailto:j.kruppa@hs-onsabrueck.de)

Ich versuche dann die Frage kurzfristig zu beantworten oder aber in der Vorlesung nochmal (anonym) aufzugreifen.

**Name:** \_\_\_\_\_

*Nicht bestanden:* ☐

**Vorname:** \_\_\_\_\_

**Matrikelnummer:** \_\_\_\_\_

**Endnote:** \_\_\_\_\_

# Klausurfragen der Bio Data Science

**Hochschule Osnabrück**

Prüfer: Prof. Dr. Jochen Kruppa  
Fakultät für Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur  
j.kruppa@hs-osnabrueck.de

Version vom 25. November 2022

## Erlaubte Hilfsmittel für die Klausur

- Normaler Taschenrechner ohne Möglichkeit der Kommunikation mit anderen Geräten - also ausdrücklich kein Handy!
- Eine DIN A4-Seite als beidseitig, selbstgeschriebene, handschriftliche Formelsammlung - keine digitalen Ausdrucke.

## Ergebnis der Klausur

\_\_\_\_\_ von 20 Punkten sind aus dem Multiple Choice Teil erreicht.  
\_\_\_\_\_ von 60 Punkten sind aus dem Rechen- und Textteil erreicht.  
\_\_\_\_\_ von 80 Punkten in Summe.

Es wird folgender Notenschlüssel angewendet.

| <b>Punkte</b> | <b>Note</b> |
|---------------|-------------|
| 78 - 80       | 1,0         |
| 75 - 77       | 1,3         |
| 70 - 74       | 1,7         |
| 65 - 69       | 2,0         |
| 59 - 64       | 2,3         |
| 54 - 58       | 2,7         |
| 49 - 53       | 3,0         |
| 44 - 48       | 3,3         |
| 41 - 43       | 3,7         |
| 40            | 4,0         |

Es ergibt sich eine Endnote von \_\_\_\_\_.

## Multiple Choice Aufgaben

- Pro Multiple Choice Frage ist *genau* eine Antwort richtig.
- **Übertragen Sie Ihre Kreuze in die Tabelle auf dieser Seite.**
- Es werden nur Antworten berücksichtigt, die in dieser Tabelle angekreuzt sind!

|            | A | B | C | D | E | ✓ |
|------------|---|---|---|---|---|---|
| 1 Aufgabe  |   |   |   |   |   |   |
| 2 Aufgabe  |   |   |   |   |   |   |
| 3 Aufgabe  |   |   |   |   |   |   |
| 4 Aufgabe  |   |   |   |   |   |   |
| 5 Aufgabe  |   |   |   |   |   |   |
| 6 Aufgabe  |   |   |   |   |   |   |
| 7 Aufgabe  |   |   |   |   |   |   |
| 8 Aufgabe  |   |   |   |   |   |   |
| 9 Aufgabe  |   |   |   |   |   |   |
| 10 Aufgabe |   |   |   |   |   |   |

- Es sind \_\_\_\_ von 20 Punkten erreicht worden.

## Rechen- und Textaufgaben

- Die Tabelle wird vom Dozenten ausgefüllt.

| Aufgabe | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|
| Punkte  |    |    |    |    |    |    |    |

- Es sind \_\_\_\_ von 60 Punkten erreicht worden.

## Multiple Choice Aufgaben

- Es wird nie mehr als fünfzig Multiple Choice Fragen geben.
- Im Laufe der Zeit werden einzelne Fragen durch andere Fragen *ersetzt*, bitte beachten Sie diesen Sachstand, wenn Sie eine *Wiederholungsklausur* im nächsten Semester schreiben.

### 1 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über die *confounder* Adjustierung ist richtig?

- A ☐ Die *confounder* Adjustierung wird meist ignoriert. Wenn die Annahmen an den statistischen Test richtig sind, kann auf eine Adjustierung verzichtet werden.
- B ☐ Die *confounder* Adjustierung wird durchgeführt um den Fehler 2. Art zu kontrollieren. Ohne diese Adjustierung würde der Fehler 2. Art nicht bei 80% liegen sondern sehr schnell gegen 0 laufen.
- C ☐ Die *confounder* Adjustierung wird durchgeführt um bei multiplen Vergleichen den Fehler 1. Art zu kontrollieren. Es wird die Irrtumswahrscheinlichkeit adjustiert, daher das  $\alpha$ -Niveau.
- D ☐ Die *confounder* ist notwendig um Effekte gegeneinander aufzurechnen. Ohne diese Adjustierung würde der eigentliche Effekt nicht richtig geschätzt. Daher handelt es sich um eine Adjustierung der Fehlerwahrscheinlichkeiten.
- E ☐ Die *confounder* Adjustierung wird durchgeführt um den Effekt von Interesse, meist die Behandlung, von anderen Effekten zu trennen. Daher eine Adjustierung auf den  $\beta$ -Werten einer Regression.

### 2 Aufgabe

(2 Punkte)

Sie haben folgende unadjustierten p-Werte gegeben: 0.21, 0.03, 0.34 und 0.02. Sie adjustieren die p-Werte nach Bonferroni. Welche Aussage ist richtig?

- A ☐ Nach der Bonferroni-Adjustierung ergeben sich die adjustierten p-Werte von 0.0525, 0.0075, 0.085 und 0.005. Die adjustierten p-Werte werden zu einem  $\alpha$ -Niveau von 1.25% verglichen.
- B ☐ Nach der Bonferroni-Adjustierung ergeben sich die adjustierten p-Werte von 0.84, 0.12, 1 und 0.08. Die adjustierten p-Werte werden zu einem  $\alpha$ -Niveau von 5% verglichen.
- C ☐ Nach der Bonferroni-Adjustierung ergeben sich die adjustierten p-Werte von 0.84, 0.12, 1 und 0.08. Die adjustierten p-Werte werden zu einem  $\alpha$ -Niveau von 1.25% verglichen.
- D ☐ Nach der Bonferroni-Adjustierung ergeben sich die adjustierten p-Werte von 0.84, 0.12, 1.36 und 0.08. Die adjustierten p-Werte werden zu einem  $\alpha$ -Niveau von 5% verglichen.
- E ☐ Nach der Bonferroni-Adjustierung ergeben sich die adjustierten p-Werte von 0.0525, 0.0075, 0.085 und 0.005. Die adjustierten p-Werte werden zu einem  $\alpha$ -Niveau von 5% verglichen.

### 3 Aufgabe

(2 Punkte)

Der Datensatz PLantGrowth enthält das Gewicht von Pflanzen, die unter einer Kontrolle und zwei verschiedenen Behandlungsbedingungen erzielt wurden. Nach der Berechnung einer einfaktoriellen ANOVA ergibt sich ein  $\eta^2 = 0.22$ . Welche Aussage ist richtig?

- A ☐ Die Berechnung von  $\eta^2$  ist ein Wert für die Interaktion.

- B** ☐ Das  $\eta^2$  ist die Korrelation der ANOVA. Mit der Ausnahme, dass 0 der beste Wert ist.
- C** ☐ Das  $\eta^2$  beschreibt den Anteil der Varianz, der von den Behandlungsbedingungen nicht erklärt wird. Somit der Rest an nicht erklärbarer Varianz.
- D** ☐ Das  $\eta^2$  ist ein Wert für die Güte der ANOVA. Je kleiner desto besser. Ein  $\eta^2$  von 0 bedeutet ein perfektes Modell mit keiner Abweichung. Die Varianz ist null.
- E** ☐ Das  $\eta^2$  beschreibt den Anteil der Varianz, der von den Behandlungsbedingungen erklärt wird. Das  $\eta^2$  ist damit mit dem  $R^2$  aus der linearen Regression zu vergleichen.

## 4 Aufgabe

(2 Punkte)

Die folgende Abbildung enthält die Daten aus einer Studie zur Bewertung der Wirkung von Vitamin C auf das Zahnwachstum bei Meerschweinchen. Der Versuch wurde an 60 Schweinen durchgeführt, wobei jedes Tier eine von drei Vitamin-C-Dosen (0.5, 1 und 2 mg/Tag) über eine von zwei Verabreichungsmethoden erhielt (Orangensaft oder Ascorbinsäure (eine Form von Vitamin C und als VC codiert). Die Zahnlänge wurde gemessen, und eine Auswahl der Daten ist unten dargestellt.

```
## Error in library("ggpubr"): there is no package called 'ggpubr'
## Error in ggline(data_tbl, x = "dose", y = "len", color = "supp", size = 2, : could
not find function "ggline"
```

Welche Aussage ist richtig im Bezug auf eine zweifaktorielle ANOVA?

- A** ☐ Ein signifikanter Effekt ist nicht zu erwarten. Durch das Kreuzen der OJ und VC Geraden an der dose Faktorstufe D2 ist eine Interaktion vorhanden.
- B** ☐ Ein signifikanter Effekt ist zwischen allen dose Faktorstufen nicht zu erwarten. Eine Interaktion liegt nicht vor. Der  $\eta^2$ -Wert sollte bei ca. 0 liegen.
- C** ☐ Der  $\eta^2$ -Wert sollte liegt bei 1, da eine Gerade zu beobachten ist. Dadurch ist die Interaktion zwischen den dose Faktorstufen nicht mehr signifikant. Der Faktor supp hat keinen Einfluss.
- D** ☐ Ein signifikanter Effekt ist zwischen allen dose Faktorstufen zu erwarten. Durch das Kreuzen der OJ und VC Geraden an der dose Faktorstufe D2 ist keine Interaktion vorhanden.
- E** ☐ Ein signifikanter Effekt ist zwischen mindestens einer dose Faktorstufen zu erwarten. Durch das Kreuzen der OJ und VC Geraden an der dose Faktorstufe D2 ist mit einem signifikanten Interaktionsterm zu rechnen.

## 5 Aufgabe

(2 Punkte)

Eine einfaktorielle ANOVA berechnet eine Teststatistik um zu die Nullhypothese abzulehnen. Welche Aussage über die Teststatistik der ANOVA ist richtig?

- A** ☐ Die ANOVA berechnet die T-Statistik indem den Mittelwertsunterschied der Gruppen simultan durch die Standardabweichung der Gruppen teilt. Wenn die T-Statistik größer als 1.96 ist, kann die Nullhypothese abgelehnt werden.
- B** ☐ Die ANOVA berechnet die T-Statistik aus der Multiplikation der MS Behandlung mit der MS der Fehler. Wenn die F-Statistik 0 ist, kann die Nullhypothese abgelehnt werden.
- C** ☐ Die ANOVA berechnet die F-Statistik indem die MS der Behandlung durch die MS des Fehlers geteilt werden. Wenn die F-Statistik sich der 0 annähert kann die Nullhypothese nicht abgelehnt werden.
- D** ☐ Die ANOVA berechnet die F-Statistik aus den SS Behandlung geteilt durch die SS Fehler.

- E** ☐ Die ANOVA berechnet die F-Statistik indem die MS des Fehlers durch die MS der Behandlung geteilt werden. Wenn die F-Statistik sich der 1 annähert kann die Nullhypothese nicht abgelehnt werden.

## 6 Aufgabe

(2 Punkte)

Sie haben das abstrakte Modell  $Y \sim X$  mit  $X$  als Faktor mit zwei Leveln vorliegen. Welche Aussage über  $s_1^2 = s_2^2$  ist richtig?

- A** ☐ Es handelt sich um abhängige Beobachtungen.  
**B** ☐ Es liegt Varianzhomogenität vor.  
**C** ☐ Es liegt Varianzheterogenität vor.  
**D** ☐ Es handelt sich um ein unbalanciertes Design  
**E** ☐ Es handelt sich um ein balanciertes Design.

## 7 Aufgabe

(2 Punkte)

Die Mindestanzahl an Beobachtungen für eine Zelle der Vierfeldertafel bei der Nutzung eines Chi-Quadrat-Testes ist...

- A** ☐ 5 Beobachtungen  
**B** ☐ 10 Beobachtungen  
**C** ☐ 0 Beobachtungen  
**D** ☐ 1 Beobachtung  
**E** ☐ 2 Beobachtungen

## 8 Aufgabe

(2 Punkte)

Berechnen Sie die Korrelation  $r$  zwischen  $x$  mit 18, 4, 7, 8 und 7 sowie  $y$  mit 13, 12, 17, 12 und 8. Nutzen Sie folgende Formel:

$$r_{x,y} = \frac{s_{x,y}}{s_x \cdot s_y}$$

- A** ☐ Es ergibt sich eine Korrelation von 0  
**B** ☐ Es ergibt sich eine Korrelation von 1.11  
**C** ☐ Es ergibt sich eine Korrelation von -0.11  
**D** ☐ Es ergibt sich eine Korrelation von 0.11  
**E** ☐ Es ergibt sich eine Korrelation von 0.01

## 9 Aufgabe

(2 Punkte)

Berechnen Sie die Kovarianz  $s_{x,y}$  und die Korrelation  $r$  zwischen  $x$  mit 5, 15, 4, 5 und 21 sowie  $y$  mit 18, 10, 16, 19 und 15.

$$r_{x,y} = \frac{s_{x,y}}{s_x \cdot s_y}$$

- A ☐ Es ergibt sich eine Kovarianz von -16.5 sowie eine Korrelation von 0.62
- B ☐ Es ergibt sich eine Kovarianz von -16.5 sowie eine Korrelation von -0.62
- C ☐ Es ergibt sich eine Kovarianz von -4492.12 sowie eine Korrelation von 0.62
- D ☐ Es ergibt sich eine Kovarianz von 16.5 sowie eine Korrelation von 0.38
- E ☐ Es ergibt sich eine Kovarianz von 272.25 sowie eine Korrelation von 0.38

## 10 Aufgabe

(2 Punkte)

Berechnen Sie den Mittelwert und Standardabweichung von  $y$  mit 11, 9, 5, 8 und 8.

- A ☐ Es ergibt sich 8.2 +/- 1.085
- B ☐ Es ergibt sich 8.2 +/- 4.7
- C ☐ Es ergibt sich 9.2 +/- 1.085
- D ☐ Es ergibt sich 8.2 +/- 2.17
- E ☐ Es ergibt sich 7.2 +/- 2.35

## 11 Aufgabe

(2 Punkte)

Berechnen Sie den Median und das IQR von  $x$  mit 24, 9, 9, 17, 20, 7, 22, 16, 2, 19 und 63.

- A ☐ Es ergibt sich 17 +/- 19
- B ☐ Es ergibt sich 17 [9, 19]
- C ☐ Es ergibt sich 17 +/- 9
- D ☐ Es ergibt sich 19 [9, 19]
- E ☐ Es ergibt sich 19 +/- 9

## 12 Aufgabe

(2 Punkte)

Eine der gängigsten Methode der Statistik um einen Fehler zu bestimmen ist...

- A ☐ ... die Methode des absoluten Abstands.
- B ☐ ... die Methode des absoluten, quadrierten Abstands.
- C ☐ ... die kleinste Quadrate Methode oder auch least square method genannt.
- D ☐ ... das Produkt der kleinsten Quadrate.
- E ☐ ... die Methode der aufaddierten, absoluten Abstände.



### 13 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über *ordinary mean* und *marginal mean* ist richtig?

- A ☐ Der Begriff *ordinary mean* beschreibt gewöhnliche Mittelwerte und wohingegen *marginal mean* kleine Mittelwerte beschreibt.
- B ☐ Der Begriff *ordinary mean* beschreibt einen einzelnen Mittelwert eines Levels eines Faktors wohingegen der *marginal mean* die unbedeutenden Mittelwerte beschreibt.
- C ☐ Der Begriff *ordinary mean* beschreibt einen unbedeutenden Mittelwert und *marginal mean* einen Randmittelwert.
- D ☐ Der Begriff *ordinary mean* beschreibt die Mittelwerte eines Faktors wohingegen der *marginal mean* die einzelnen Level betrachtet.
- E ☐ Der Begriff *ordinary mean* beschreibt die einzelnen Mittelwerte der Level eines Faktors wohingegen der *marginal mean* den Mittelwert über alle Level des Faktors wiedergibt.

### 14 Aufgabe

(2 Punkte)

Die empfohlene Mindestanzahl an Beobachtungen für einen Dotplot sind...

- A ☐ mindestens 20 Beobachtungen.
- B ☐ 10 Beobachtungen.
- C ☐ 5 und mehr Beobachtungen.
- D ☐ 2-5 Beobachtungen.
- E ☐ 1 Beobachtung.

### 15 Aufgabe

(2 Punkte)

Mit einem Dotplot wird Folgendes in der Statistik und der explorativen Datenanalyse hauptsächlich dargestellt.

- A ☐ Die Eigenschaften von Daten aufgeteilt nach zwei Gruppen eines Faktors x.
- B ☐ Die Eigenschaften von Daten anhand der fehlenden Werte und den Leveln eines Faktors x.
- C ☐ Die Verteilung von Daten. Meistens dem Outcome oder auch y genannt. Die Darstellung ist auch mit einer kleinen Fallzahl möglich.
- D ☐ Die Verteilung von Daten. Meistens dem Outcome oder auch y genannt. Hierbei ist eine große Fallzahl notwendig.
- E ☐ Die Verteilung von Daten. Auch 2 bis 5 Beobachtungen können noch dargestellt werden. Auch wenn es sich streng genommen um keine Darstellung einer Verteilung handelt.

### 16 Aufgabe

(2 Punkte)

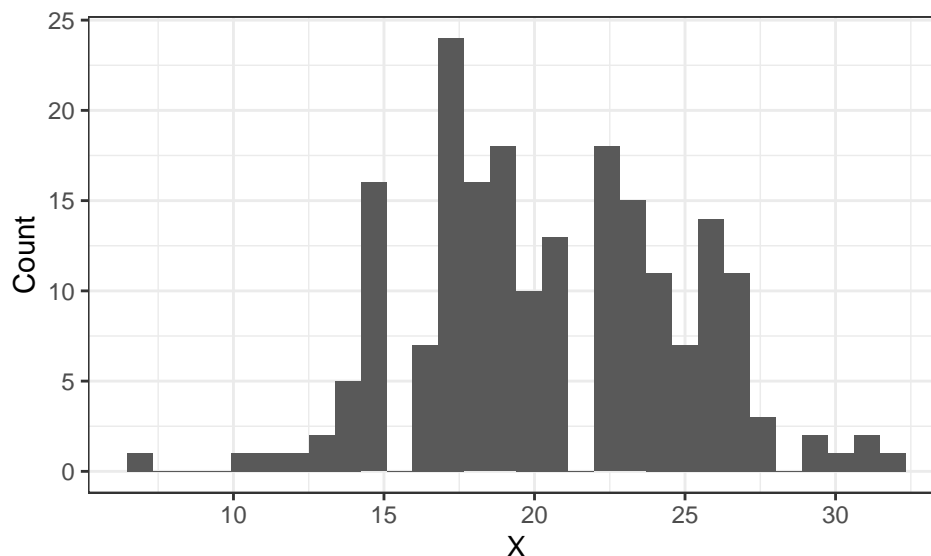
Price et al. (2016) untersuchte die Auswirkungen des Bergbaus und der Talauffüllung auf den Bestand und die Häufigkeit von Bachsalamandern. Um den Effekt zu Berechnen nutze Price et al. (2016) eine Poisson-Regression auf die Anzahl an aufgefundenen Bachsalamandern an den jeweiligen Suchorten. Welche Aussage zur Poisson-Regression auf Zähldaten ist richtig?

- A** ☐ Die Poisson-Regression schätzt zwei Verteilungsparameter. Deshalb muss überprüft werden, ob Overdispersion vorliegt. Mit einer geschätzten Overdispersion von 3.01 liegt keine Overdispersion vor.
- B** ☐ Die Poisson-Regression schätzt drei Verteilungsparameter. Deshalb muss überprüft werden, ob Overdispersion vorliegt. Mit einer geschätzten Overdispersion von 3.01 liegt Overdispersion vor. Die Lösung ist die Nutzung von nur zwei der drei Verteilungsparameter:  $\gamma_1$  und  $\gamma_3$ .
- C** ☐ Die Poisson-Regression schätzt nur einen Verteilungsparameter. Deshalb muss überprüft werden, ob Overdispersion vorliegt. Mit einer geschätzten Overdispersion von 3.01 liegt Overdispersion vor. Die Lösung ist die Nutzung einer anderen Verteilungsfamilie wie die Quasipoisson Verteilung.
- D** ☐ Die Poisson-Regression schätzt nur einen Verteilungsparameter. Deshalb muss überprüft werden, ob Overdispersion vorliegt. Mit einer geschätzten Overdispersion von 3.01 liegt Overdispersion vor. Damit kann keine Poisson-Regression gerechnet werden. Die Lösung ist eine Gaussian Regression mit Nullanpassung.
- E** ☐ Die Poisson-Regression schätzt nur einen Verteilungsparameter. Deshalb muss überprüft werden, ob Overdispersion vorliegt. Mit einer geschätzten Overdispersion von 3.01 liegt keine Overdispersion vor. Overdispersion liegt vor, wenn die geschätzte Overdispersion unter 1 liegt.

## 17 Aufgabe

(2 Punkte)

In dem folgenden Histogramm von  $n = 200$  Pflanzen ist welche Verteilung mit welchen korrekten Verteilungsparametern dargestellt?



- A** ☐ Es handelt sich um eine Poisson-Verteilung mit  $\text{Pois}(20)$ .
- B** ☐ Eine rechtsschiefe, multivariate Normalverteilung.
- C** ☐ Es handelt sich um eine Normalverteilung mit  $N(20, 5)$ .
- D** ☐ Es handelt sich um eine Binomial-Verteilung mit  $\text{Binom}(10)$ .
- E** ☐ Eine Standardnormalverteilung mit  $N(0,1)$ .

## 18 Aufgabe

(2 Punkte)

Price et al. (2016) untersuchte die Auswirkungen des Bergbaus und der Talauffüllung auf den Bestand und die Häufigkeit von Bachsalamandern. Um den Effekt zu Berechnen nutze Price et al. (2016) eine Poisson-Regression auf die Anzahl an aufgefundenen Bachsalamandern an den jeweiligen Suchorten. Nach einer statistischen Beratung wurde Ihm nahegelegt auf Overdispersion zu achten, wenn er statistische Aussagen zur Signifikanz treffen will. Price et al. (2016) schätzt zwei Modelle. Modell 1 mit einer Poisson Verteilung und Modell 2 mit einer Quasi-Poisson Verteilung. Welche Aussage zu einer geschätzten Overdispersion von 2.48 ist richtig?

- A** ☐ Bei einer geschätzten Overdispersion höher als 1.5 ist von keiner Overdispersion in den Daten auszugehen. Dennoch sind die p-Werte zu klein, dass diese p-Werte natürlich entstanden sein könnten. Die p-Werte müssen adjustiert werden.
- B** ☐ Das vergleichen von verschiedenen Modellen muss erst über ein AIC Kriterium erfolgen. Die Abschätzung über die Overdispersion ist nicht notwendig. Die Varianzen werden später in einer ANOVA adjustiert. Die Confounder Adjustierung.
- C** ☐ Bei einer geschätzten Overdispersion höher als 1.5 ist von Overdispersion in den Daten auszugehen. Daher wird die Varianz systematisch überschätzt, was zu höheren p-Werten führt. Daher gibt es mehr signifikante Ergebnisse als es in Wirklichkeit gibt. Daher ist das Modell 1 die bessere Wahl
- D** ☐ Bei einer geschätzten Overdispersion höher als 1.5 ist von Overdispersion in den Daten auszugehen. Daher wird die Varianz systematisch unterschätzt, was zu kleineren p-Werten führt. Daher gibt es mehr signifikante Ergebnisse als es in Wirklichkeit gibt. Daher ist das Modell 2 die bessere Wahl.
- E** ☐ Bei einer geschätzten Overdispersion höher als 1.5 ist von Overdispersion in den Daten auszugehen. Daher wird die Varianz systematisch unterschätzt, was zu höheren p-Werten führt. Daher gibt es weniger signifikante Ergebnisse als es in Wirklichkeit gibt. Daher ist das Modell 1 die bessere Wahl.

## 19 Aufgabe

(2 Punkte)

In einem Zuchtexperiment messen wir die Ferkel verschiedener Sauen. Die Ferkel einer Muttersau sind daher im statistischen Sinne...

- A** ☐ Untereinander abhängig, wenn die Mütter ebenfalls miteinander verwandt sind. Erst die Abhängigkeit 2. Grades wird in der Statistik modelliert.
- B** ☐ Untereinander unabhängig. Sollten die Mütter verwandt sein, so ist die Varianzstruktur ähnlich und muss modelliert werden.
- C** ☐ Untereinander abhängig. Die Ferkel stammen von einem Muttertier und haben vermutlich eine ähnliche Varianzstruktur.
- D** ☐ Untereinander unabhängig. Die Ferkel sind eigenständig und benötigen keine zusätzliche Behandlung.
- E** ☐ Untereinander stark korreliert. Die Ferkel sind von einer Mutter und somit miteinander korreliert. Dies wird in der Statistik jedoch meist nicht modelliert.

## 20 Aufgabe

(2 Punkte)

Sie haben das abgestarte Modell  $Y \sim X$  vorliegen. Welche Aussage über Y ist richtig?

- A** ☐ Y beinhaltet mehrere Spalten. Die Spalten enthalten die Behandlung und weitere potenzielle Einflussvariablen

- B** ☐ Y beinhaltet eine Spalte. Die Spalte gibt nicht die Verteilungsfamilie vor.
- C** ☐ Y beinhaltet die Zeilen. Die Zeilen geben die Verteilungsfamilie vor.
- D** ☐ Y beinhaltet mehrere Spalten. Die Spalten geben die Verteilungsfamilie vor.
- E** ☐ Y beinhaltet eine Spalte. Die Spalte gibt die Verteilungsfamilie vor.

## 21 Aufgabe

(2 Punkte)

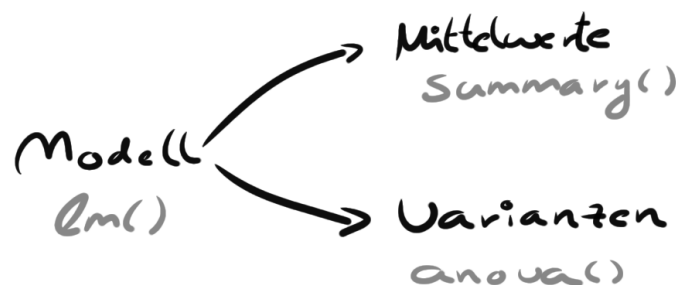
Sie haben das Modell  $Y \sim X$  vorliegen und wollen nun ein prädiktives Modell rechnen. Welche Aussage ist richtig?

- A** ☐ Ein prädiktives Modell wird auf einem Trainingsdatensatz trainiert und anschliessend über eine explorative Datenanalyse validiert. Signifikanzen über  $\beta_i$  können hier nicht festgestellt werden.
- B** ☐ Ein prädiktives Modell möchte die Zusammenhänge von X auf Y modellieren. Hierbei geht es um die Effekte von X auf Y. Man sagt, wenn X um 1 ansteigt ändert sich Y um einen Betrag  $\beta$ .
- C** ☐ Ein prädiktives Modell schliesst grundsätzlich lineare Modell aus. Es muss ein Graph gefunden werden, der alle Punkte beinhaltet. Erst dann kann das  $R^2$  berechnet werden.
- D** ☐ Ein prädiktives Modell benötigt mindestens eine Fallzahl von über 100 Beobachtungen und darf keine fehlenden Werte beinhalten. Die Varianzkomponenten müssen homogen sein.
- E** ☐ Ein prädiktives Modell basiert auf einem Trainingsdatensatz und einem Testdatensatz. Auf dem Trainingsdatensatz wird das Modell trainiert und auf dem Testdatensatz validiert.

## 22 Aufgabe

(2 Punkte)

In der folgenden Abbildung ist der Zusammenhang vom Modell zu der linearen Regression und der ANOVA skizziert.



Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- A** ☐ Die Effektschätzer aus einem Modell, in diesem Fall ein lineares Modell, erlauben es sowohl eine ANOVA zurechnen sowie auch eine Zusammenfassung der Mittelwerte zu betrachten.
- B** ☐ Die Effektschätzer aus einem Modell, erlauben es nur eine ANOVA zu rechnen.
- C** ☐ Die Effektschätzer aus einem Modell, erlauben es nur einen Mittelwertsvergleich zu rechnen.
- D** ☐ Die Effektschätzer aus einem Modell, in diesem Fall ein polynomes Modell, erlauben es sowohl eine ANOVA zurechnen sowie auch eine Zusammenfassung der Mittelwerte zu betrachten.
- E** ☐ Die Effektschätzer aus einem Modell, in diesem Fall ein lineares Modell, erlauben es nur eine ANOVA zurechnen oder eine Zusammenfassung der Mittelwerte zu betrachten. Beides ist nicht möglich.

## 23 Aufgabe

(2 Punkte)

In der Statistik werden die Daten  $D$  modelliert in dem ein Modell der Form  $Y \sim X$  aufgestellt wird. Welche statistische Kenngrösse wird modelliert?

- A ☐ Die  $X$  werden modelliert.
- B ☐ Die Varianz der  $X$  unabhängig vom  $Y$  wird modelliert.
- C ☐ Die Mittelwerte werden modelliert.
- D ☐ Die Varianzstruktur wird modelliert.
- E ☐ Die  $Y$  werden modelliert.

## 24 Aufgabe

(2 Punkte)

Sie führen ein Experiment zur Behandlung von Klaueninfektionen bei Kühen durch. Bei 4 Tieren finden Sie eine Erkrankung der Klauen vor und 7 Tiere sind gesund. Welche Aussage über den Risk ratio Effektschätzer ist richtig?

- A ☐ Es ergibt sich ein Risk ratio von 0.36, da es sich um ein Anteil handelt.
- B ☐ Es ergibt sich ein Risk ratio von 0.57, da es sich um eine Chancenverhältnis handelt.
- C ☐ Es ergibt sich ein Risk ratio von 1.75, da es sich um ein Anteil handelt.
- D ☐ Es ergibt sich ein Risk ratio von 0.57, da es sich um ein Anteil handelt.
- E ☐ Es ergibt sich ein Risk ratio von 0.36, da es sich um eine Chancenverhältnis handelt.

## 25 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über die nicht-parametrische Statistik ist richtig?

- A ☐ Die nicht-parametrische Statistik basiert auf Rängen. Daher wird jeder Zahl ein Rang zugeteilt. Nur auf den Rängen wird die Auswertung gerechnet. Daher gibt es auch keinen direkt zu interpretierenden Effektschätzer.
- B ☐ Die nicht-parametrische Statistik basiert auf dem Schätzen von Parametern aus einer a priori festgelegten Verteilung. Daher gibt es auch direkt zu interpretierenden Effektschätzer.
- C ☐ Die nicht-parametrische Statistik ist ein Vorgänger der parametrischen Statistik und wurde wegen dem Mangel an Effektschätzern nicht mehr ab 1960 genutzt.
- D ☐ Die nicht-parametrische Statistik basiert auf Rängen. Daher gibt es auch direkt zu interpretierenden Effektschätzer.
- E ☐ Die nicht-parametrische Statistik basiert auf dem Schätzen von Parametern aus einer festgelegten Verteilung. Daher gibt es auch direkt zu interpretierenden Effektschätzer.

## 26 Aufgabe

(2 Punkte)


Die Randomisierung von Beobachtungen bzw. Samples zu den Versuchseinheiten ist bedeutend in der Versuchsplanung. Welche der folgenden Aussagen ist richtig?



- A ☐ Randomisierung bringt starke Unstrukturiertheit in das Experiment und erlaubt erst von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit zurückzuschliessen.

- B** ☐ Randomisierung war bis 1952 bedeutend, wurde dann aber in Folge besserer Rechnerleistung nicht mehr verwendet. Aktuelle Statistik nutzt keine Randomisierung mehr.
- C** ☐ Randomisierung erlaubt erst die Varianzen zu schätzen. Ohne eine Randomisierung ist die Berechnung von Mittelwerten und Varianzen nicht möglich.
- D** ☐ Randomisierung sorgt für Strukturgleichheit und erlaubt erst von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit zurückzuschliessen.
- E** ☐ Randomisierung erlaubt erst die Mittelwerte zu schätzen. Ohne Randomisierung keine Mittelwerte.

## 27 Aufgabe

(2 Punkte)

Wenn Sie einen Datensatz erstellen, dann ist es ratsam die Spalten und die Einträge in englischer Sprache zu verfassen, wenn Sie später die Daten in  auswerten wollen. Welcher folgende Grund ist richtig?

- A** ☐ Alle Funktionen und auch Anwendungen sind in  in englischer Sprache. Die Nutzung von deutschen Wörtern ist nicht schick und das ist zu vermeiden.
- B** ☐ Es gibt keinen Grund nicht auch deutsche Wörter zu verwenden. Es ist ein Stilmittel.
- C** ☐ Im Allgemeinen haben Programmiersprachen Probleme mit Umlauten und Sonderzeichen, die in der deutschen Sprache vorkommen. Eine Nutzung der englischen Sprache umgeht dieses Problem auf einfache Art.
- D** ☐ Die Spracherkennung von  ist nicht in der Lage Deutsch zu verstehen.
- E** ☐ Programmiersprachen können nur englische Begriffe verarbeiten. Zusätzliche Pakete können zwar geladen werden, aber meist funktionieren diese Pakete nicht richtig. Deutsch ist International nicht bedeutend genug.

## 28 Aufgabe


(2 Punkte)

Bei der explorativen Datenanalyse (EDA) in  gibt es eine richtige Abfolge von Prozessschritten, auch *Circle of life* genannt. Wie lautet die richtige Reihenfolge für die Erstellung einer EDA?

- A** ☐ Wir lesen die Daten über eine generische Funktion `read()` ein und müssen dann die Funktion `ggplot()` nur noch installieren. Dann haben wir die Abbildungen als \*.png vorliegen.
- B** ☐ Wir lesen die Daten ein und mutieren die Daten. Dabei ist wichtig, dass wir nicht das Paket `tidyverse` nutzen, da dieses Paket veraltet ist. Über die Funktion `library(tidyverse)` schließen wir das Paket von der Analyse aus.
- C** ☐ Wir lesen als erstes die Daten über `read_excel()` ein, transformieren die Spalten über `mutate()` in die richtige Form und können dann abschließend über `ggplot()` uns die Abbildungen erstellen lassen.
- D** ☐ Wir transformieren die Spalten über `mutate()` in ein `tibble` und können dann abschließend über `ggplot()` uns die Abbildungen erstellen lassen. Dabei beachten wir das wir keine Faktoren in den Daten haben.
- E** ☐ Wir lesen als erstes die Daten über `read_excel()` ein, transformieren die Spalten über `mutate()` in die richtige Form und können dann abschließend über `ggplot()` uns die Abbildungen erstellen lassen. Wichtig ist, dass wir keine Faktoren sondern nur numerische Variablen vorliegen haben.

## 29 Aufgabe

(2 Punkte)

In einem Stallexperiment mit  $n = 97$  Ferkeln wurden verschiedene Outcomes gemessen: der Gewichtszuwachs, Überleben nach 21 Tagen sowie Anzahl Verletzungen pro 7 Tagen. Zwei Lichtregime wurden als Einflussfaktor gemessen. Sie erhalten den  Output der Funktion `tidy()` einer simplen *gaussian* linearen Regression. Welche Aussage über den **Effekt** ist richtig?

| term          | estimate | std.error |
|---------------|----------|-----------|
| (Intercept)   | 38.46    | 0.27      |
| light_binhigh | 3.37     | 0.41      |

- A** ☐ In einer gaussian Regression kann kein Effekt roh interpretiert werden. Es muss erst eine Confounderadjustierung durchgeführt werden.
- B** ☐ Eine gaussian Regression basiert auf dem maximum Likelihood Prinzip. Hierbei kann kein Effekt beschrieben werden. Im Zweifel hilft aber eine Quadrierung der Fehlerquadrate  $\epsilon$ .
- C** ☐ In einer gaussian Regression berechnet man das RR. Daher muss der Schätzer des Effektes  $\beta_1$  noch quadriert werden. Somit liegt das RR bei 11.33
- D** ☐ In einer gaussian Regression muss für die Interpretation des Effektes das  $\beta_1$  quadriert werden. Somit liegt das OR bei 11.33
- E** ☐ In einer gaussian Regression wird die Mittelwertsdifferenz betrachtet. Daher ist der Effekt zwischen den beiden Lichtregimen eine Gewichtsänderung von 3.37

## 30 Aufgabe

(2 Punkte)

In einer linearen Regression werden die  $\epsilon$  oder Residuen geschätzt. Welcher Verteilung folgen die Residuen bei einer optimalen Modellierung?

- A** ☐ Die Residuen sind normalverteilt mit  $\mathcal{N}(0, 1)$ .
- B** ☐ Die Residuen sind binomialverteilt.
- C** ☐ Die Residuen folgen einer Poissonverteilung mit  $\text{Pois}(0)$ .
- D** ☐ Die Residuen sind normalverteilt mit  $\mathcal{N}(0, s^2)$ .
- E** ☐ Die Residuen sind normalverteilt mit  $\mathcal{N}(\bar{y}, s^2)$ .

## 31 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über das *generalisierte lineare Modell (GLM)* ist richtig?

- A** ☐ Das GLM ist eine Vereinfachung des LM in R. Mit dem GLM lassen polygonale Regressionen rechnen.
- B** ☐ Das GLM erlaubt auch weitere Verteilungsfamilien für das Y bzw. das Outcome in einer linearen Regression zu wählen.
- C** ☐ Das GLM erlaubt auch nicht normalverteilte Residuen in der Schätzung der Regressionsgrade.
- D** ☐ Das GLM ist eine allgemeine Erweiterung der linearen Regression auf die Normalverteilung.
- E** ☐ Das GLM ist ein faktisch maschineller Lernalgorithmus, der selbstständig die Verteilungsfamilie für Y wählt.

### 32 Aufgabe

(2 Punkte)

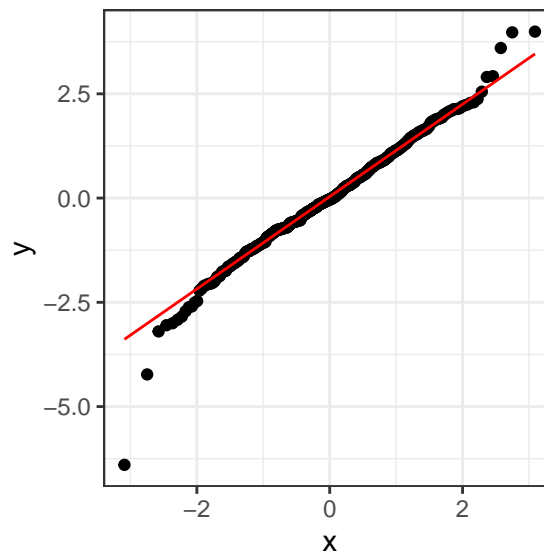
Sie rechnen in einer linearen Regression das Modell A und das Modell B. Nun stellt sich die Frage, welches der beiden Modelle das bessere Modell ist. Um die Modelle bewerten zu können berechnen Sie dafür das  $AIC_A$  für Modell A mit 653 und für das Modell B das  $AIC_B$  von 89. Welche Aussage über die beiden Modelle ist richtig?

- A** ☐ Da  $AIC_A > AIC_B$  ist das Modell B das bessere Modell.
- B** ☐ Da  $AIC_A > AIC_B$  ist das Modell A das bessere Modell.
- C** ☐ Da  $AIC_A < AIC_B$  ist das Modell A das bessere Modell.
- D** ☐ Da  $AIC_A < AIC_B$  ist das Modell B das bessere Modell.
- E** ☐ Da  $AIC_A > 0$  ist das Modell A das bessere Modell. Der AIC Wert für B wird verworfen.

### 33 Aufgabe

(2 Punkte)

Sie rechnen in eine linearen Regression und erhalten folgenden QQ Plot. Welche Aussage ist richtig?



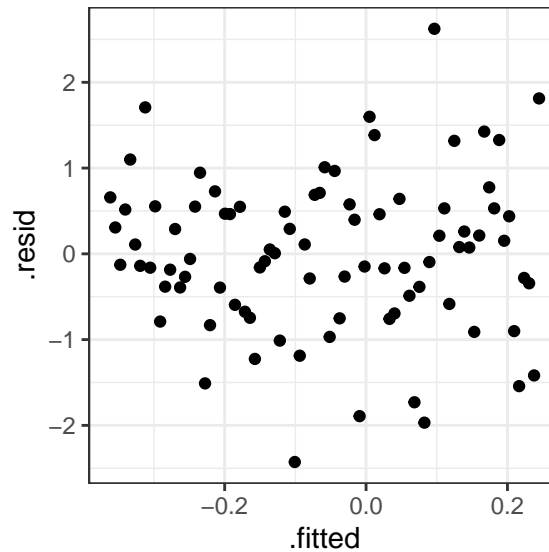
- A** ☐ Die Annahme der normalverteilten Residuen ist erfüllt. Die Punkte liegen zum überwiegenden Teil auf der Geraden.
- B** ☐ Die Annahme der normalverteilten Residuen ist erfüllt. Die Punkte liegen zum überwiegenden Teil nicht auf der Geraden.
- C** ☐ Die Annahme der normalverteilten Residuen ist nicht erfüllt. Die Punkte liegen zum überwiegenden Teil nicht auf der Geraden.
- D** ☐ Die Annahme der normalverteilten Residuen ist erfüllt. Die Punkte liegen zum überwiegenden Teil nicht auf der Geraden und Korrelation ist negativ.
- E** ☐ Die Annahme der normalverteilten Residuen ist nicht erfüllt. Die Punkte liegen zum überwiegenden Teil auf der Geraden.



### 34 Aufgabe

(2 Punkte)

Sie rechnen eine lineare Regression und erhalten folgenden Residual Plot. Welche Aussage ist richtig?



- ☐ A Die Annahme der normalverteilten Residuen ist nicht erfüllt. Es ist kein Muster zu erkennen.
- ☐ B Die Annahme der normalverteilten Residuen ist erfüllt. Die Punkte liegen zum überwiegenden Teil auf der Diagonalen.
- ☐ C Die Annahme der normalverteilten Residuen ist erfüllt. Es ist ein Muster zu erkennen.
- ☐ D Die Annahme der normalverteilten Residuen ist nicht erfüllt. Vereinzelt Punkte liegen oberhalb bzw. unterhalb der Geraden um die 0 Linie weiter entfernt. Ein klares Muster ist zu erkennen.
- ☐ E Die Annahme der normalverteilten Residuen ist erfüllt. Kein Muster ist zu erkennen und keine Outlier zu beobachten.

### 35 Aufgabe

(2 Punkte)

Sie wollen ein Feldexperiment mit zwei Düngestufen durchführen. Berechnen Sie die benötigte Fallzahl mit  $t_{1-\alpha/2} = 1.645$  und  $t_{1-\beta} = 1.282$  sowie  $s = 2$  und  $\delta_0 = 1$ . Es ergibt sich somit folgende Fallzahl.

- ☐ A Es ergibt sich eine Fallzahl von 68
- ☐ B Es ergibt sich eine Fallzahl von 35
- ☐ C Es ergibt sich eine Fallzahl von 136
- ☐ D Es ergibt sich eine Fallzahl von 69
- ☐ E Es ergibt sich eine Fallzahl von 138

### 36 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage zum mathematische Ausdruck  $Pr(D|H_0)$  ist richtig?

- ☐ A Die Wahrscheinlichkeit für die Nullhypothese, wenn die Daten wahr sind.

- B** ☐  $Pr(D|H_0)$  ist die Wahrscheinlichkeit der Alternativhypothese und somit  $1 - Pr(H_A)$
- C** ☐ Die Inverse der Wahrscheinlichkeit unter der die Nullhypothese nicht mehr die Alternativhypothese überdeckt.
- D** ☐ Die Wahrscheinlichkeit der Daten unter der Nullhypothese in der Grundgesamtheit.
- E** ☐  $Pr(D|H_0)$  ist die Wahrscheinlichkeit die Daten D zu beobachten wenn die Nullhypothese wahr ist.

### 37 Aufgabe

(2 Punkte)

Das Falsifikationsprinzip besagt...

- A** ☐ ... dass ein schlechtes Modell durch ein weniger schlechtes Modell ersetzt wird. Die Wissenschaft lehnt ab und verifiziert nicht.
- B** ☐ ... dass Modelle meist falsch sind und selten richtig.
- C** ☐ ... dass Fehlerterme in statistischen Modellen nicht verifiziert werden können.
- D** ☐ ... dass in der Wissenschaft immer etwas falsch sein muss. Sonst gebe es keinen Fortschritt.
- E** ☐ ... dass Annahmen an statistische Modelle meist falsch sind.

### 38 Aufgabe

(2 Punkte)

Der Fehler 1. Art oder auch Signifikanzniveau  $\alpha$  genannt, liegt bei 5%. Welcher der folgenden Gründe für diese Festlegung auf 5% ist richtig?

- A** ☐ Im Rahmen eines langen Disputs zwischen Neyman und Fischer wurde  $\alpha = 5\%$  festgelegt. Leider werden die Randbedingungen und Voraussetzungen an statistische Modelle heute immer wieder ignoriert.
- B** ☐ Der Wert ergab sich aus einer Auswertung von 1042 wissenschaftlichen Veröffentlichungen zwischen 1914 und 1948. Der Wert 5% wurde in 28% der Veröffentlichungen genutzt. Daher legte man sich auf diese Zahl fest.
- C** ☐ Der Begründer der modernen Statistik, R. Fischer, hat die Grenze simuliert und berechnet. Dadurch ergibt sich dieser optimale Cut-Off.
- D** ☐ Auf einer Statistikkonferenz in Genf im Jahre 1942 wurde dieser Cut-Off nach langen Diskussionen festgelegt. Bis heute ist der Cut Off aber umstritten, da wegen dem 2. Weltkrieg viele Wissenschaftler nicht teilnehmen konnten.
- E** ☐ Die Festlegung von  $\alpha = 5\%$  ist eine Kulturkonstante. Wissenschaftler benötigt eine Schwelle für eine statistische Testentscheidung, der Wert von  $\alpha$  wurde aber historisch mehr zufällig gewählt.

### 39 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über die Power ist richtig?

- A** ☐ Die Power  $1 - \beta$  wird auf 80% gesetzt. Damit liegt die Wahrscheinlichkeit für die  $H_0$  bei 20%.
- B** ☐ Die Power  $1 - \beta$  wird auf 80% gesetzt. Alle statistischen Tests sind so konstruiert, dass die  $H_A$  mit 80% "bewiesen wird".

- C** ☐ Die Power beschreibt die Wahrscheinlichkeit die  $H_A$  abzulehnen. Wir testen die Power jedoch nicht.
- D** ☐ Es gilt  $\alpha + \beta = 1$  und somit liegt  $\beta$  meist bei 95%.
- E** ☐ Die Power ist nicht in der aktuellen Testthorie mehr vertreten. Wir rechnen nur noch mit dem Fehler 1. Art.

## 40 Aufgabe

(2 Punkte)

Beim statistischen Testen wird `signal` mit `noise` zur Teststatistik `T` verrechnet. Welche der Formel berechnet korrekt die Teststatistik `T`?

- A** ☐ Es gilt  $T = \frac{noise}{signal}$
- B** ☐ Es gilt  $T = \frac{signal}{noise^2}$
- C** ☐ Es gilt  $T = \frac{signal}{noise}$
- D** ☐ Es gilt  $T = signal \cdot noise$
- E** ☐ Es gilt  $T = (signal \cdot noise)^2$

## 41 Aufgabe

(2 Punkte)

In der Theorie zur statistischen Testentscheidung kann „ $H_0$  beibehalten obwohl die  $H_0$  falsch ist“ in welche richtige Analogie gesetzt werden?

- A** ☐ In die Analogie eines Rauchmelders: *Fire without alarm*, dem  $\beta$ -Fehler.
- B** ☐ In die Analogie eines Rauchmelders: *Alarm with fire*.
- C** ☐ In die Analogie eines Feuerwehrautos: *Car without noise*.
- D** ☐ In die Analogie eines brennenden Hauses ohne Rauchmelder: *House without noise*.
- E** ☐ In die Analogie eines Rauchmelders: *Alarm without fire*, dem  $\alpha$ -Fehler.

## 42 Aufgabe

(2 Punkte)

Sie rechnen eine simple Poisson Regression. Welche Aussage betreffend der Konfidenzintervalle ist für die Poisson Regression richtig?

- A** ☐ Wenn die 0 im Konfidenzintervall enthalten ist, kann die Nullhypothese abgelehnt werden.
- B** ☐ Wenn die 0 im Konfidenzintervall enthalten ist, kann die Nullhypothese nicht abgelehnt werden.
- C** ☐ Wenn die Relevanzschwelle mit enthalten ist, kann die Nullhypothese abgelehnt werden.
- D** ☐ Wenn die Konfidenzintervalle den p-Wert der Regression enthalten, kann die Nullhypothese abgelehnt werden.
- E** ☐ Wenn die 1 im Konfidenzintervall enthalten ist, kann die Nullhypothese nicht abgelehnt werden.

### 43 Aufgabe

(2 Punkte)

In der Bio Data Science wird häufig mit sehr großen Datensätzen gerechnet. Historisch ergibt sich nun ein Problem bei der Auswertung der Daten und deren Bewertung hinsichtlich der Signifikanz. Welche Aussage ist richtig?

- A ☐ Relevanz und Signifikanz haben nichts miteinander zu tun. Daher gibt es auch keinen Zusammenhang zwischen hoher Fallzahl ( $n > 10000$ ) und einem signifikanten Test. Ein Effekt ist immer relevant und somit signifikant.
- B ☐ Aktuell werden immer grössere Datensätze erhoben. Eine erhöhte Fallzahl führt automatisch auch zu mehr signifikanten Ergebnissen, selbst wenn die eigentlichen Effekte nicht relevant sind.
- C ☐ Big Data ist ein Problem der parametrischen Statistik. Parameter lassen sich nur auf kleinen Datensätzen berechnen, da es sich sonst nicht mehr um eine Stichprobe im engen Sinne der Statistik handelt.
- D ☐ Aktuell werden zu grosse Datensätze für die gängige Statistik gemessen. Daher wendet man maschinelle Lernverfahren für kausale Modelle an. Hier ist die Relevanz gleich Signifikanz.
- E ☐ Aktuell werden immer grössere Datensätze erhoben. Dadurch wird auch die Varianz immer höher was automatisch zu mehr signifikanten Ergebnissen führt.

### 44 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche statistische Masszahl erlaubt es *Relevanz* mit *Signifikanz* zuverbinden? Welche Aussage ist richtig?

- A ☐ Das Konfidenzintervall. Durch die Visualisierung des Konfidenzintervalls kann eine Relevanzschwelle vom Anwender definiert werden. Zusätzlich erlaubt das Konfidenzintervall auch eine Entscheidung über die Signifikanz.
- B ☐ Das  $\Delta$ . Durch die Effektstärke haben wir einen Wert für die Relevanz, die vom Anwender bewertet werden muss. Da  $\Delta$  antiproportional zum p-Wert ist, bedeutet auch ein hohes  $\Delta$  ein sehr kleinen p-Wert.
- C ☐ Das OR. Als Chancenverhältnis gibt es das Verhältnis von Relevanz und Signifikanz wieder.
- D ☐ Der p-Wert. Durch den Vergleich mit  $\alpha$  lässt sich über die Signifikanz entscheiden und der  $\beta$ -Fehler erlaubt über die Power eine Einschätzung der Relevanz.
- E ☐ Die Teststatistik. Durch den Vergleich von  $T_c$  zu  $T_k$  ist es möglich die  $H_0$  abzulehnen. Die Relevanz ergibt sich aus der Fläche rechts vom dem  $T_c$ -Wert.

### 45 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über die frequentistischen Testtheorie ist richtig?

- A ☐ Wir machen Aussagen über Populationen!
- B ☐ Wir machen Aussagen über den Effekt!
- C ☐ Wir machen Aussagen über Individuen!
- D ☐ Wir machen keine Aussagen über Wahrscheinlichkeiten!
- E ☐ Wir machen Aussagen über die individuelle Wahrscheinlichkeit eines Effektes!

## 46 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über den  $p$ -Wert und dem Signifikanzniveau  $\alpha$  gleich 5% ist richtig?

- A ☐ Wir machen eine Aussage über die individuelle Wahrscheinlichkeit des Eintretens der Nullhypothese  $H_0$ .
- B ☐ Wir vergleichen mit dem  $p$ -Wert und dem Signifikanzniveau  $\alpha$  Wahrscheinlichkeiten und damit die absoluten Werte auf einem Zahlenstrahl, wenn die  $H_0$  gilt.
- C ☐ Wir vergleichen mit dem  $p$ -Wert und dem Signifikanzniveau  $\alpha$  absolute Werte auf einem Zahlenstrahl und damit den Unterschied der Teststatistiken, wenn die  $H_0$  gilt.
- D ☐ Wir vergleichen die Effekte des  $p$ -Wertes mit den Effekten der Signifikanzschwelle unter der Annahme der Nullhypothese.
- E ☐ Wir vergleichen mit dem  $p$ -Wert und dem Signifikanzniveau  $\alpha$  Wahrscheinlichkeiten und damit die Flächen unter der Kurve der Teststatistik, wenn die  $H_0$  gilt.

## 47 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über den t-Test ist richtig?

- A ☐ Der t-Test vergleicht die Mittelwerte von zwei Gruppen.
- B ☐ Der t-Test vergleicht die Varianzen von mindestens zwei oder mehr Gruppen
- C ☐ Der t-Test ist ein Vortest der ANOVA und basiert daher auf dem Vergleich von Streuungsparametern
- D ☐ Der t-Test testet generell zu einem erhöhten  $\alpha$ -Niveau von 20%.
- E ☐ Der t-Test vergleicht die Mittelwerte von zwei Gruppen unter der strikten Annahme von Varianzhomogenität. Sollte keine Varianzhomogenität vorliegen, so gibt es keine Möglichkeit den t-Test in einer Variante anzuwenden.

## 48 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über den Welch t-Test ist richtig?

- A ☐ Der Welch t-Test ist ein Post-hoc Test der ANOVA und basiert daher auf dem Vergleich der Varianz.
- B ☐ Der Welch t-Test vergleicht die Varianz von zwei Gruppen.
- C ☐ Der Welch t-Test wird angewendet, wenn Varianzheterogenität zwischen den beiden zu vergleichenden Gruppen vorliegt.
- D ☐ Der Welch t-Test vergleicht die Mittelwerte von zwei Gruppen unter der strikten Annahme von Varianzhomogenität.
- E ☐ Der Welch t-Test ist die veraltete Form des Student t-Test und wird somit nicht mehr verwendet.

## 49 Aufgabe

(2 Punkte)

Nach einem Experiment mit fünf Weizensorten ergibt eine ANOVA ( $p = 0.041$ ) einen signifikanten Unterschied für den Ertrag. Sie führen anschließend die paarweisen t-Tests für alle Vergleiche der verschiedenen Weizensorten durch. Nach der Adjustierung für multiples Testen ist kein p-Wert unter der  $\alpha$ -Schwelle. Sie schauen sich auch die rohen, unadjustierten p-Werte an und finden hier als niedrigsten p-Wert  $p_{3-2} = 0.053$ . Welche Aussage ist richtig?

- A** ☐ Die ANOVA testet auf der gesamten Fallzahl. Die einzelnen t-Tests immer nur auf einer kleineren Subgruppe. Da mit weniger Fallzahl weniger signifikante Ergebnisse zu erwarten sind, kann eine Diskrepanz zwischen der ANOVA und den paarweisen t-Tests auftreten.
- B** ☐ Die ANOVA testet auf der gesamten Fallzahl. Es wäre besser die ANOVA auf der gleichen Fallzahl wie die einzelnen t-Tests zu rechnen.
- C** ☐ Der Fehler liegt in den t-Tests. Wenn eine ANOVA signifikant ist, dann muss zwangsweise auch ein t-Test signifikant sein.
- D** ☐ Die adjustierten p-Werte deuten in die richtige Richtung. Zusammen mit den nicht signifikanten rohen p-Werten ist von einem Fehler in der ANOVA auszugehen.
- E** ☐ Es gibt einen Fehler in der Varianzstruktur. Daher kann die ANOVA nicht richtig sein und paarweise t-Tests liefern das richtige Ergebnis.

## 50 Aufgabe

(2 Punkte)

Welche Aussage über den gepaarten t-Test für verbundene Stichproben ist richtig?

- A** ☐ Der gepaarte t-Test nutzt die Varianz der Beobachtungen jeweils paarweise und bildet dafür eine verbundene Stichprobe. Dieser Datensatz  $d$  dient dann zur Differenzbildung.
- B** ☐ Beim gepaarten t-Test kombinieren wir die Vorteile des Student t-Test für Varianzhomogenität mit den Vorteilen des Welch t-Test für Varianzheterogenität. Wir bilden dafür die Differenz der Einzelbeobachtungen.
- C** ☐ Der gepaarte t-Test wird gerechnet, wenn die Beobachtungen nicht unabhängig voneinander sind. Wir messen wiederholt an dem gleichen Probanden oder Tier oder Pflanze. Wir bilden die Differenzen um den gepaarten t-Test rechnen zu können.
- D** ☐ Der gepaarte t-Test wird genutzt, wenn die Differenzen der Beobachtungen verbunden sind und wir dadurch die Unabhängigkeit nicht mehr vorliegen haben.
- E** ☐ Der gepaarte t-Test wird gerechnet, wenn die Beobachtungen abhängig voneinander sind. Wir messen jede Beobachtung nur einmal und berechnen dann die Differenz zu dem Mittel der anderen Beobachtungen.

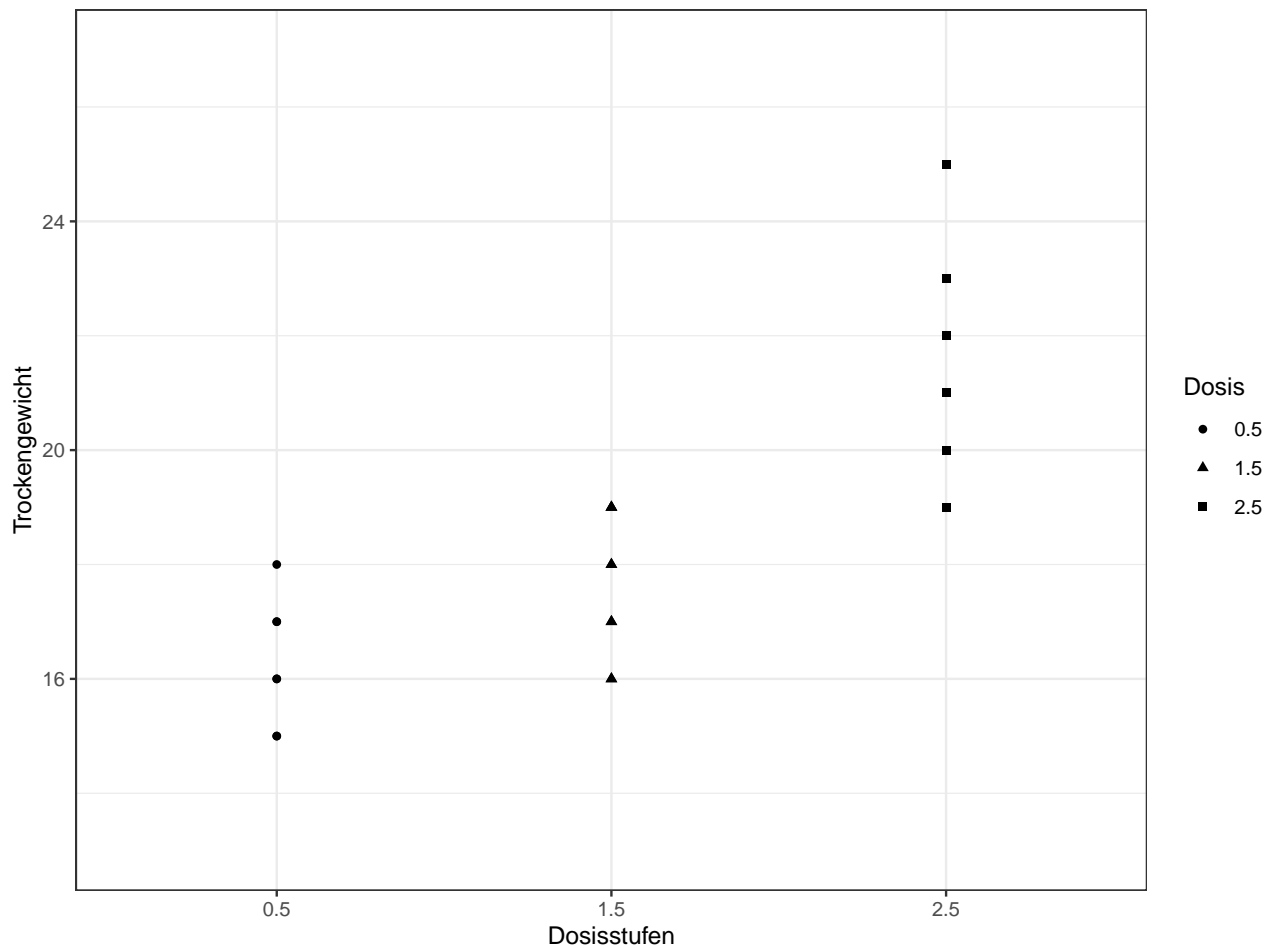
## Rechen- und Textaufgaben

- Die Zahlen und Abbildungen werden in *jeder* Version dieses Dokuments neu erstellt.
- Es kann daher sein, dass *seltsame* Ergebnisse oder Abbildungen entstehen. Im Falle der Klausur werde ich das nochmal korrigieren — hier lasse ich es so stehen.

## 51 Aufgabe

(8 Punkte)

In einem Experiment wurde der Ertrag von Erbsen unter drei verschiedenen Pestizid-Dosen 0.5 g/l, 1.5 g/l und 2.5 g/l gemessen. Unten stehenden sehen Sie die Visualisierung des Datensatzes.



1. Zeichnen Sie folgende statistischen Masszahlen in die Abbildung ein! (6 Punkte)

- Total (grand) mean:  $\beta_0$
- Mittelwerte der Dosen:  $\bar{y}_{0.5}$ ,  $\bar{y}_{1.5}$  und  $\bar{y}_{2.5}$
- Effekt der einzelnen Level der Dosen:  $\beta_{0.5}$ ,  $\beta_{1.5}$ , und  $\beta_{2.5}$
- Residuen oder Fehler:  $\epsilon$

2. Schätzen Sie den p-Wert einer einfaktoriellen ANOVA ab. Liegt ein *vermutlicher* signifikanter Unterschied zwischen den Dosisstufen vor? Begründen Sie Ihre Antwort! (2 Punkte)



## 52 Aufgabe

(14 Punkte)

Der Datensatz PlantGrowth enthält das Gewicht der Pflanzen (*weight*), die unter einer Kontrolle und zwei verschiedenen Behandlungsbedingungen erzielt wurden – dem Faktor *group* mit den Faktorstufen *ctrl*, *trt1*, *trt2*.

1. Füllen Sie die unterstehende einfaktorielle ANOVA Ergebnistabelle aus mit den gegebenen Informationen von Df und Sum Sq! **(4 Punkte)**
2. Schätzen Sie den p-Wert der Tabelle mit der Information von  $F_{\alpha=5\%} = 3.35$  ab. Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

|                  | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|------------------|----|--------|---------|---------|--------|
| <b>group</b>     | 2  | 4.13   |         |         |        |
| <b>Residuals</b> | 27 | 11.07  |         |         |        |

3. Was bedeutet ein signifikantes Ergebnis in einer einfaktoriellen ANOVA im Bezug auf die möglichen Unterschiede zwischen den Gruppen? Beziehen Sie sich auf den obigen Fragetext bei Ihrer Antwort! **(2 Punkte)**
4. Berechnen Sie *einen* Student t-Test mit  $T = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_p \cdot \sqrt{2/n_g}}$  für den *vermutlich* signifikantesten Gruppenvergleich anhand der untenstehenden Tabelle mit  $T_k = 2.03$ . Begründen Sie Ihre Auswahl! **(4 Punkte)**

| group | n  | mean | sd   |
|-------|----|------|------|
| ctrl  | 10 | 5.01 | 0.59 |
| trt1  | 10 | 4.65 | 0.84 |
| trt2  | 10 | 5.55 | 0.42 |

5. Gegebenen der ANOVA Tabelle war das Ergebnis des t-Tests zu erwarten? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

## 53 Aufgabe

(16 Punkte)

Der Datensatz *ToothGrowth* enthält Daten aus einer Studie zur Bewertung der Wirkung von Vitamin C auf das Zahnwachstum bei Meerschweinchen. Der Versuch wurde an 60 Schweinen durchgeführt, wobei jedes Tier eine von drei Vitamin-C-Dosen *dose* (0.5 mg/Tag, 1 mg/Tag und 2 mg/Tag) über eine von zwei Verabreichungsmethoden *supp* erhielt (Orangensaft oder Ascorbinsäure). Die Zahnlänge wurde als normalverteiltes Outcome gemessen.

1. Füllen Sie die unterstehende zweifaktorielle ANOVA Ergebnistabelle aus mit den gegebenen Informationen von Df und Sum Sq! **(6 Punkte)**
2. Schätzen Sie den p-Wert der Tabelle mit der Information von den kritischen F-Werten mit  $F_{supp} = 4.02$  und  $F_{dose} = 3.17$  sowie  $F_{supp:dose} = 3.17$  ab. Begründen Sie Ihre Antwort! **(4 Punkte)**

|                  | Df | Sum Sq  | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|------------------|----|---------|---------|---------|--------|
| <b>supp</b>      | 1  | 205.68  |         |         |        |
| <b>dose</b>      | 2  | 2421.05 |         |         |        |
| <b>supp:dose</b> | 2  | 109.86  |         |         |        |
| <b>Residuals</b> | 54 | 717.91  |         |         |        |

3. Was bedeutet ein signifikantes Ergebnis in einer zweifaktoriellen ANOVA im Bezug auf die möglichen Unterschiede zwischen den Gruppen? Beziehen Sie sich dabei einmal auf den Faktor *supp* und einmal auf den Faktor *dose*! **(4 Punkte)**
4. Was sagt der Term *supp:dose* aus? Interpretieren Sie das Ergebnis des abgeschätzten p-Wertes! **(2 Punkte)**

## 54 Aufgabe

(8 Punkte)


Der Datensatz *Crop* enthält das Trockengewicht der Maispflanzen (*drymatter*), die unter drei verschiedenen Düngerbedingungen erzielt wurden – dem Faktor *trt* mit den Faktorstufen *low*, *mid*, *high*. Sie erhalten folgenden Output in .

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: drymatter
##          Df    Sum Sq  Mean Sq F value    Pr(>F)
## trt        2   3.94422   1.972110  4.48935 0.020739 *
## Residuals 27  11.86074   0.439287
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

1. Stellen Sie die statistische  $H_0$  und  $H_A$  Hypothese für die obige einfaktorielle ANOVA auf! **(2 Punkte)**
2. Interpretieren Sie das Ergebnis der einfaktoriellen ANOVA! **(2 Punkt)**
3. Berechnen Sie den Effektschätzer  $\eta^2$ . Was sagt Ihnen der Wert von  $\eta^2$  aus? **(2 Punkte)**
4. Skizzieren Sie eine Abbildung, der dem obigen Ergebnis der einfaktoriellen ANOVA näherungsweise entspricht! **(2 Punkte)**

## 55 Aufgabe

(8 Punkte)

Der Datensatz *PigGain* enthält Daten aus einer Studie zur Bewertung der Wirkung vom Vitamin Selen auf das Wachstum bei Mastschweinen. Der Versuch wurde an 67 Mastschweinen durchgeführt, wobei jedes Tier eine von drei Selen-Dosen (0.5 ng/Tag, 1 ng/Tag und 5 ng/Tag) über eine von zwei Verabreichungsmethoden erhielt (Wasser oder Festnahrung). Das Gewicht wurde als normalverteiltes Outcome gemessen. Sie erhalten folgenden Output in .

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: len
##      Df    Sum Sq  Mean Sq    F value    Pr(>F)
## supp     1    297.844    297.844    22.65782    0.000012311 ***
## dose      2   2796.492   1398.246   106.36853 < 0.000000000000000222 ***
## supp:dose  2     59.407     29.703     2.25962     0.11306
## Residuals 61    801.863     13.145
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

1. Stellen Sie die statistische  $H_0$  und  $H_A$  Hypothese für die obige zweifaktorielle ANOVA für den Faktor dose auf! **(2 Punkte)**
2. Interpretieren Sie das Ergebnis der zweifaktoriellen ANOVA. Gehen Sie im besonderen auf den Term *supp : dose* ein! **(3 Punkte)**
3. Zeichnen Sie eine Abbildung, der dem obigen Ergebnis der zweifaktoriellen ANOVA näherungsweise entspricht! **(3 Punkte)**

## 56 Aufgabe

(8 Punkte)

In einer ANOVA wird die F Statistik nach der Formel  $F_{calc} = \frac{MS_{treatment}}{MS_{error}}$  berechnet. In einem t-test berechnen wir die T Statistik nach der Formel  $T_{calc} = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{s_p \cdot \sqrt{2/n_g}}$ .

1. Erklären Sie den konzeptionellen Zusammenhang zwischen der  $F_{calc}$  Statistik und  $T_{calc}$  Statistik! **(2 Punkte)**
2. Visualisieren Sie eine nicht signifikante  $F_{calc}$  Statistik sowie eine signifikante  $F_{calc}$  Statistik! Beschriften Sie die Abbildung! **(2 Punkte)**
3. Erklären Sie an der Formel des F-Tests sowie an der Abbildung warum das Minimum der F-Statistik 0 ist! **(2 Punkte)**
4. Wenn die F-Statistik 0 ist, spricht dies eher für oder gegen die Nullhypothese? Begünden Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

## 57 Aufgabe

**(6 Punkte)**

Sie rechnen eine zweifaktorielle ANOVA und erhalten einen signifikanten Interaktionseffekt zwischen den beiden Faktoren  $f_1$  und  $f_2$ . Der Faktor  $f_1$  hat drei Level. Der Faktor  $f_2$  hat dagegen nur zwei Level.

1. Visualisieren Sie in zwei getrennten Abbildungen eine mittlere und eine starke Interaktion zwischen den Faktoren  $f_1$  und  $f_2$ ! **(2 Punkte)**
2. Erklären Sie den Unterschied zwischen Ihren beiden Zeichnungen! **(2 Punkte)**
3. Wenn Sie eine signifikante Interaktion in Ihren Daten vorliegen haben, wie ist dann Ihr weiteres Vorgehen bei dem Posthoc-Tests? **(2 Punkte)**

## 58 Aufgabe

(8 Punkte)

Sie rechnen eine einfaktorielle ANOVA mit einem Faktor  $f_1$  mit vier Leveln. Nachdem Sie die einfaktorielle ANOVA gerechnet haben, erhalten Sie einen p-Wert von 0.078 und eine F Statistik mit  $F_{calc} = 1.2$ . Als Sie sich die Boxplots der Behandlungen anschauen, stellen Sie fest, dass es eigentlich einen Mittelwertsunterschied zwischen dem ersten und zweiten Level geben müsste. Die *IQR*-Bereiche überlappen sich nicht und die Mediane liegen auch weit vom globalen Mittel entfernt.

1. Erklären Sie die Annahme der Normalverteilung und die Annahme der Varianzhomogenität an einer passenden Abbildung! **(2 Punkte)**
2. Visualisieren Sie die Berechnung von  $F_{calc}$  am obigen Beispiel! **(2 Punkte)**
3. Erklären Sie das Ergebnis der obigen einfaktoriellen ANOVA unter der Berücksichtigung der Annahmen an eine ANOVA! Geben Sie ein numerisches Beispiel! **(4 Punkte)**

## 59 Aufgabe

**(9 Punkte)**

Nach einem Gewächshausexperiment mit drei Bewässerungstypen (A, B und C) ergibt sich die folgende Datentabelle mit dem gemessenen Frischgewicht (*freshmatter*).

| water_type | freshmatter |
|------------|-------------|
| B          | 26          |
| B          | 20          |
| C          | 12          |
| A          | 26          |
| C          | 14          |
| A          | 24          |
| A          | 29          |
| C          | 12          |
| B          | 11          |
| B          | 21          |
| A          | 27          |
| A          | 23          |

1. Zeichnen Sie in *einer* Abbildung die Barplots für die Bewässerungstypen! Beschriften Sie die Achsen entsprechend! **(6 Punkte)**
2. Beschriften Sie *einen* Barplot mit den gängigen statistischen Maßzahlen! **(2 Punkte)**
3. Wenn Sie *keinen Effekt* zwischen der Bewässerungstypen erwarten würden, wie sehen dann die Barplots aus? **(1 Punkt)**



## 60 Aufgabe

(9 Punkte)

Nach einem Feldexperiment mit zwei Düngestufen (A und B) ergibt sich die folgende Datentabelle mit dem gemessenen Trockengewicht (*drymatter*).

| trt | drymatter |
|-----|-----------|
| A   | 12.9      |
| B   | 15.2      |
| B   | 13.3      |
| B   | 15.3      |
| B   | 20.3      |
| B   | 20.0      |
| B   | 21.0      |
| A   | 11.0      |
| A   | 8.2       |
| B   | 13.0      |
| A   | 12.7      |
| B   | 18.9      |
| A   | 10.9      |
| A   | 14.4      |
| B   | 16.5      |
| B   | 20.2      |
| B   | 12.6      |
| A   | 13.7      |

1. Zeichnen Sie in *einer* Abbildung die beiden Boxplots für die zwei Düngestufen A und B! Beschriften Sie die Achsen entsprechend! **(6 Punkte)**
2. Beschriften Sie *einen* der beiden Boxplots mit den gängigen statistischen Maßzahlen! **(2 Punkte)**
3. Wenn Sie *keinen Effekt* zwischen den Düngestufen erwarten würden, wie sehen dann die beiden Boxplots aus? **(1 Punkt)**

## 61 Aufgabe

**(9 Punkte)**

Nach einem Feldexperiment mit mehreren Düngestufen stellt sich die Frage, ob die Düngestufe *low* im Bezug auf das Trockengewicht normalverteilt sei. Sie erhalten folgende Datentabelle.

| fertilizer | drymatter |
|------------|-----------|
| low        | 11        |
| low        | 14        |
| low        | 17        |
| low        | 17        |
| low        | 16        |
| low        | 12        |
| low        | 16        |

1. Zeichnen Sie eine passende Abbildung in der Sie visuell überprüfen können, ob eine Normalverteilung des Trockengewichts vorliegt! **(4 Punkte)**
2. Beschriften Sie die Achsen und ergänzen Sie die statistischen Maßzahlen. **(3 Punkte)**
3. Entscheiden Sie, ob eine Normalverteilung vorliegt. Begründen Sie Ihre Antwort. **(2 Punkte)**

## 62 Aufgabe

(4 Punkte)

1. Zeichnen Sie über den untenstehenden Boxplot die entsprechende zugehörige Verteilung! (2 Punkte)
2. Zeichnen Sie unter den untenstehenden Boxplot die entsprechende zugehörige Beobachtungen! (2 Punkte)



## 63 Aufgabe

**(10 Punkte)**

Nach einem Experiment ergibt sich die folgende 2x2 Datentabelle mit einem Pestizid (ja/nein), dargestellt in den Zeilen. Im Weiteren mit dem infizierten Pflanzenstatus (ja/nein) in den Spalten. Insgesamt wurden  $n = 124$  Pflanzen untersucht.

|                 | Erkrankt (ja) | Erkrankt (nein) |  |
|-----------------|---------------|-----------------|--|
| Pestizid (ja)   | 38            | 11              |  |
| Pestizid (nein) | 23            | 52              |  |
|                 |               |                 |  |

1. Ergänzen Sie die Tabelle um die Randsummen! **(1 Punkt)**
2. Formulieren Sie die Fragestellung! **(1 Punkt)**
3. Formulieren Sie das Hypothesenpaar! **(2 Punkte)**
4. Berechnen Sie die Teststatistik eines Chi-Quadrat-Test auf der 2x2 Tafel. Geben Sie Formeln und Rechenweg mit an! **(4 Punkte)**
5. Treffen Sie eine Entscheidung im Bezug zu der Nullhypothese gegeben einem  $T_k = 3.841$ ! **(1 Punkt)**
6. Skizzieren Sie eine 2x2 Tabelle mit  $n = 34$  Pflanzen in dem *vermutlich* die Nullhypothese nicht abgelehnt werden kann! **(1 Punkt)**

## 64 Aufgabe

(7 Punkte)

Gegeben sind folgende Randsummen in einer 2x2 Kreuztabelle aus einem Experiment mit  $n = 149$  Sauen. In dem Experiment wurde gemessen, ob eine Sau nach einer Behandlung mit einem Medikament (ja/nein) mehr als 30 Ferkel pro Jahr bekommen konnte (ja/nein).

|                   | >30 Ferkel (ja) | ≤30 Ferkel (nein) |     |
|-------------------|-----------------|-------------------|-----|
| Medikament (ja)   |                 |                   | 62  |
| Medikament (nein) |                 |                   | 87  |
|                   | 89              | 60                | 149 |

1. Ergänzen Sie die Felder innerhalb der 2x2 Kreuztabelle in dem Sinne, dass *ein* signifikanter Effekt zu erwarten wäre! **(2 Punkte)**
2. Erklären und Begründen Sie Ihr Vorgehen an der Formel des Chi-Quadrat-Tests mit

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}.$$

Sie können dies an einem Beispiel erklären! **(2 Punkte)**

3. Was ist die Mindestanzahl an Beobachtungen je Zelle? Wenn in einer der Zellen weniger Beobachtungen auftreten, welchen Test können Sie anstatt des „normalen“ Chi-Quadrat-Tests anwenden? **(2 Punkte)**
4. Warum hat die obige Vierfeldertafel einen Freiheitsgrad von  $df = 1$ ? **(1 Punkt)**

## 65 Aufgabe

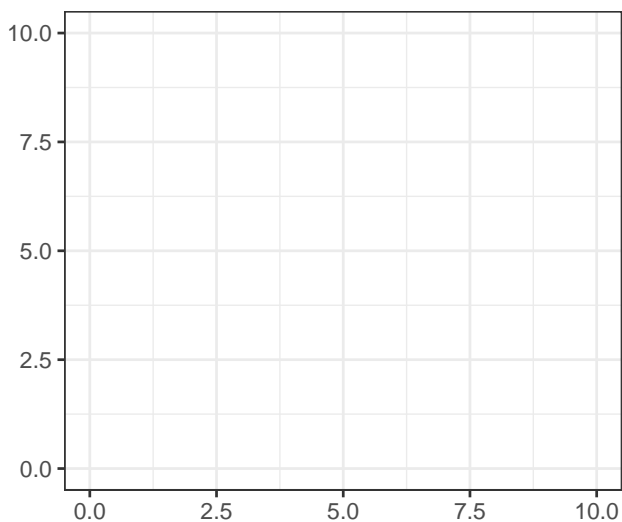
(9 Punkte)

Im folgenden sehen Sie drei leere Scatterplots. Füllen Sie diese Scatterplots nach folgenden Anweisungen.

1. Zeichnen Sie für die angegebene  $\rho$ -Werte eine Gerade in die entsprechende Abbildung! **(3 Punkte)**
2. Zeichnen Sie für die angegebenen  $R^2$ -Werte die entsprechende Punktwolke um die Gerade. **(3 Punkte)**
3. Sie rechnen ein statistisches Modell. Was sagen Ihnen die  $R^2$ -Werte über das jeweilige Modell? **(3 Punkte)**

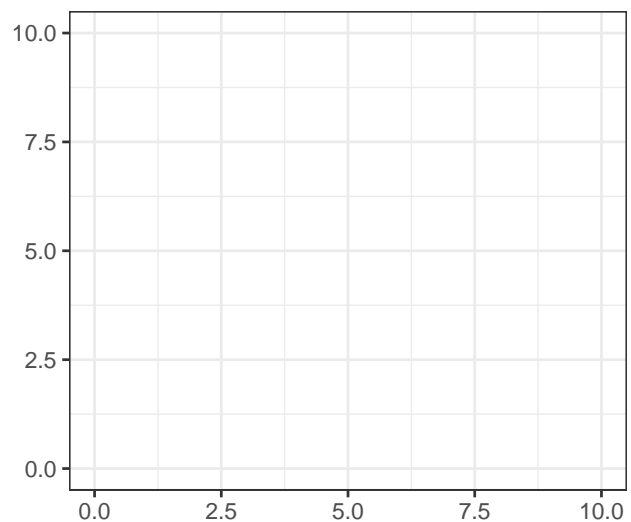
Pearsons  $\rho = -1$

$R^2 = 0.75$



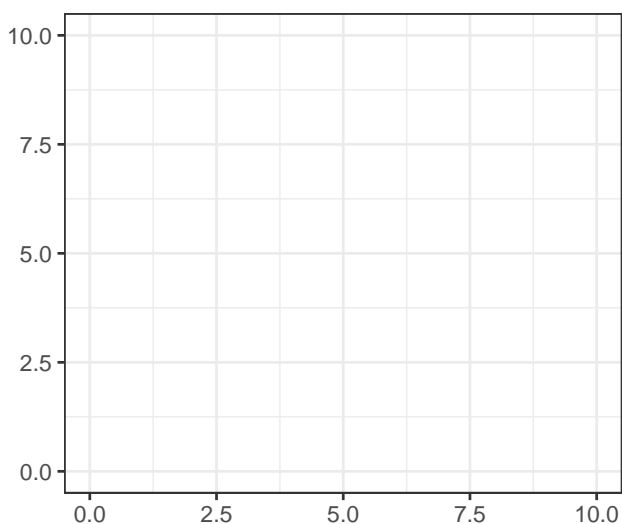
Pearsons  $\rho = 1$

$R^2 = 0.5$



Pearsons  $\rho = 0.75$

$R^2 = 1$



## 66 Aufgabe

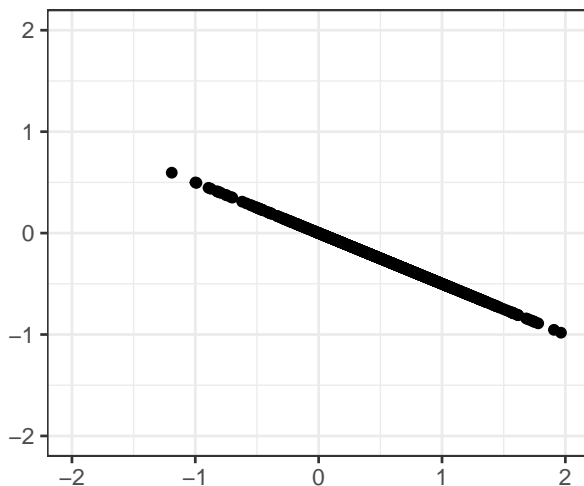
(10 Punkte)

Im folgenden sehen Sie vier Scatterplots. Ergänzen Sie die Überschriften der jeweiligen Scatterplots.

1. Schätzen Sie die  $\rho$ -Werte in der entsprechenden Abbildung! **(4 Punkte)**
2. Schätzen Sie die  $R^2$ -Werte in der entsprechenden Punktwolke um die Gerade! **(4 Punkte)**
3. Sie rechnen ein statistisches Modell. Was sagen Ihnen die  $R^2$ -Werte über das jeweilige Modell? **(2 Punkte)**

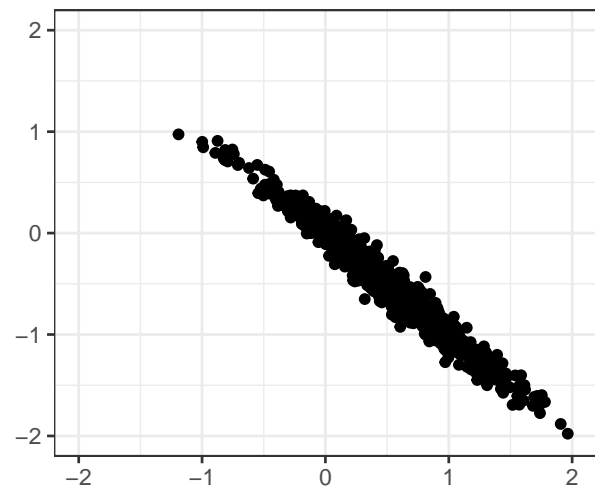
Pearsons  $\rho =$

$R^2 =$



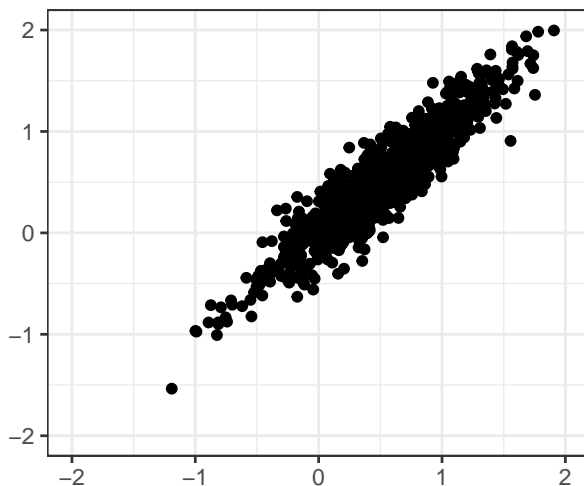
Pearsons  $\rho =$

$R^2 =$



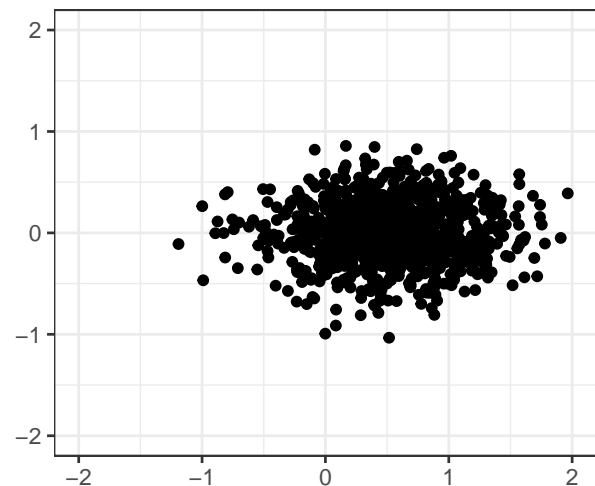
Pearsons  $\rho =$

$R^2 =$



Pearsons  $\rho =$

$R^2 =$

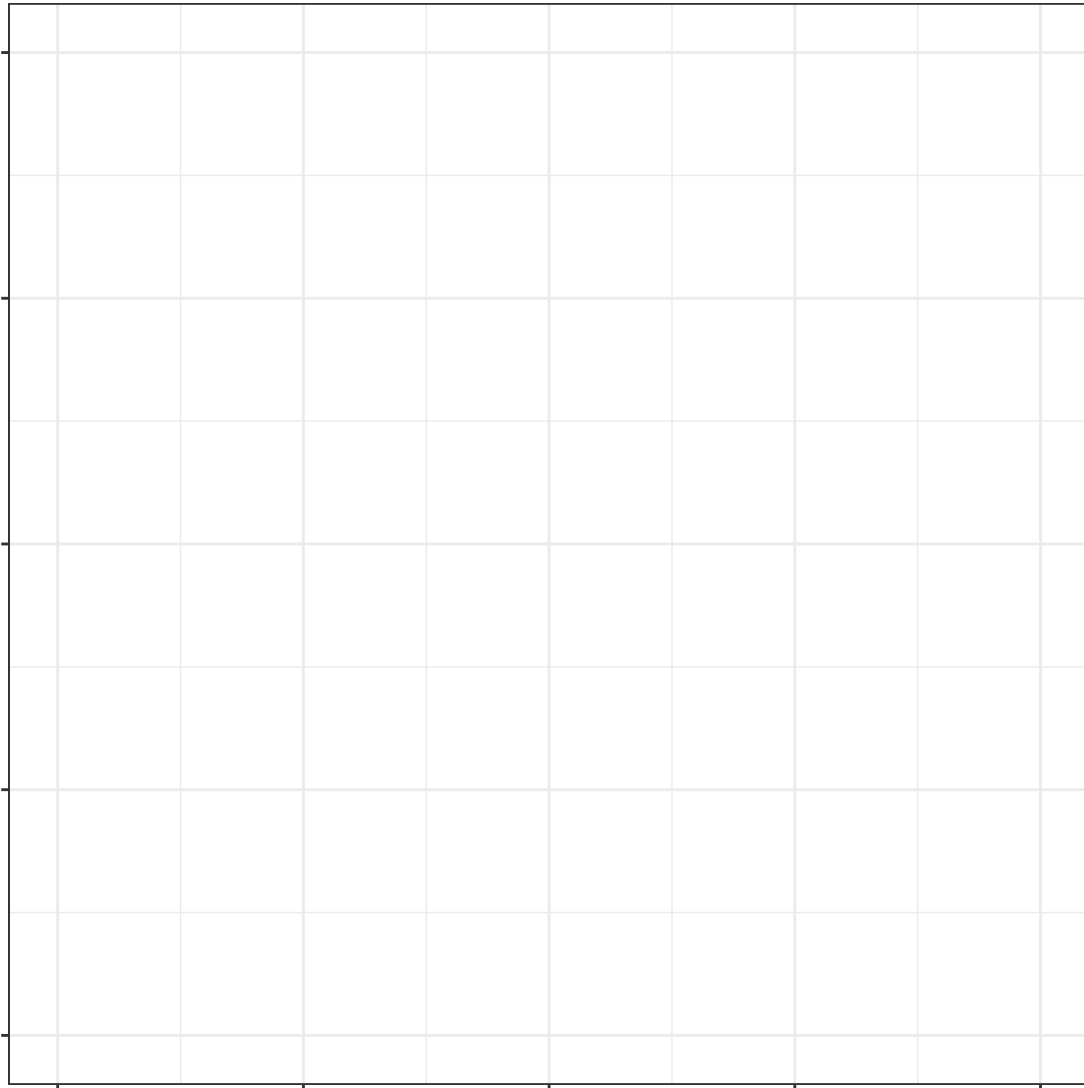


## 67 Aufgabe

(8 Punkte)

Sie haben folgende Zahlenreihe  $y$  vorliegen  $y = \{15, 14, 16, 18, 15, 13\}$ .

1. Visualisieren Sie den Mittelwert von  $y$  in der untenstehenden Abbildung! **(4 Punkte)**
2. Beschriften Sie die  $Y$  und  $X$ -Achse entsprechend! **(2 Punkte)**
3. Für die Berechnung der Varianz wird der Abstand der einzelnen Werte  $x_i$  zum Mittelwert  $\bar{x}$  quadriert. Warum muss der Abstand,  $x_i - \bar{x}$ , in der Varianzformel quadriert werden? Erklären Sie den Zusammenhang unter Berücksichtigung der Abbildung! **(2 Punkte)**





## 68 Aufgabe

**(10 Punkte)**

Sie haben folgende Zahlenreihe  $y$  vorliegen  $y = \{15, 19, 20, 18, 20, 15, 24\}$ . Berechnen Sie folgende deskriptive Maßzahlen. Geben Sie Formeln und Rechenwege mit an!

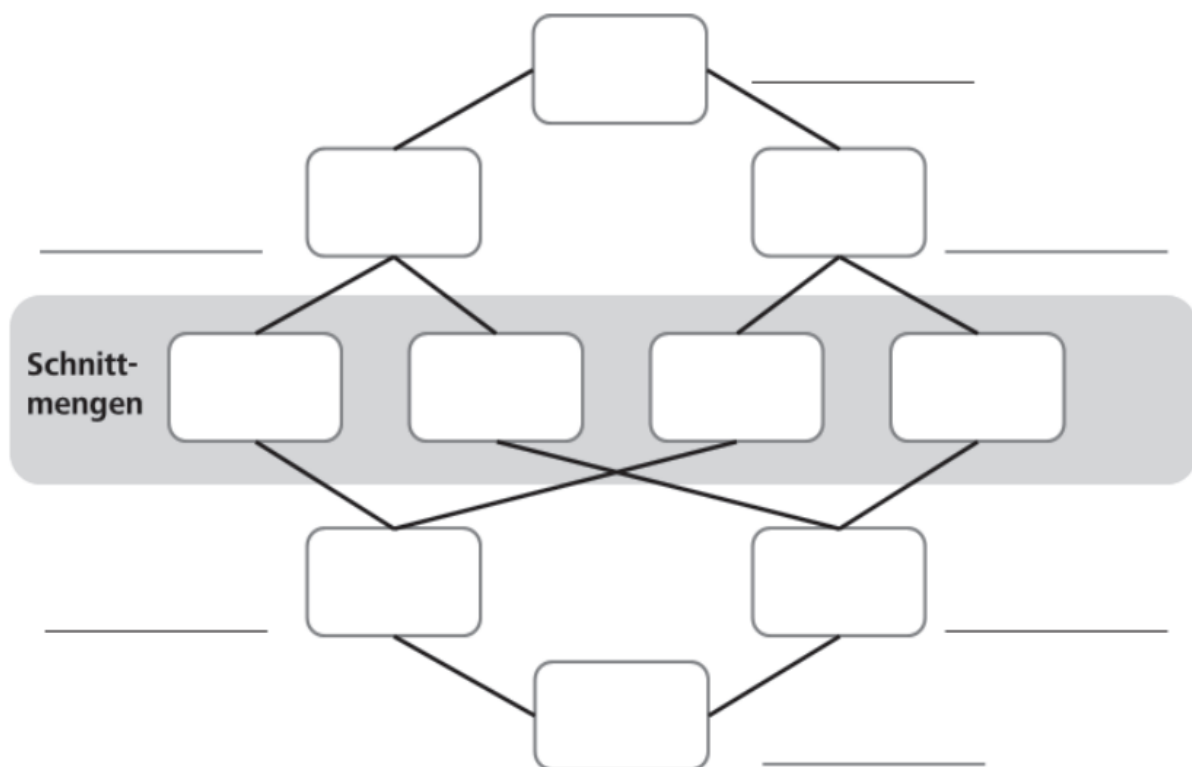
1. Den Median **(2 Punkte)**
2. Den Mittelwert **(2 Punkte)**
3. Die Standardabweichung **(2 Punkte)**
4. Die Varianz **(2 Punkte)**
5. Das 1st Quartile **(2 Punkte)**

## 69 Aufgabe

**(11 Punkte)**

Die Prävalenz von Klauenseuche bei Wollschweinen wird mit 2% angenommen. In 85% der Fälle ist ein Test positiv, wenn das Wollschwein erkrankt ist. In 8.5% der Fälle ist ein Test positiv, wenn das Wollschwein *nicht* erkrankt ist und somit gesund ist. Sie werten 2000 Wollschweine mit einem diagnostischen Test auf Klauenseuche aus.

1. Füllen und beschriften Sie den untenstehenden Doppelbaum! Beschriften Sie auch die Äste des Doppelbaumes, mit denen Ihnen bekannten Informationen! **(8 Punkte)**
2. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit  $Pr(K^+|T^+)$ ! **(2 Punkte)**
3. Was sagt Ihnen die Wahrscheinlichkeit  $Pr(K^+|T^+)$  aus? **(1 Punkt)**



## 70 Aufgabe

**(9 Punkte)**

Beim diagnostischen Testen erhalten Sie *True Positives (TP)*, *True Negatives (TN)*, *False Positives (FP)* und *False Negatives (FN)*. Erklären Sie den Zusammenhang wie folgt.

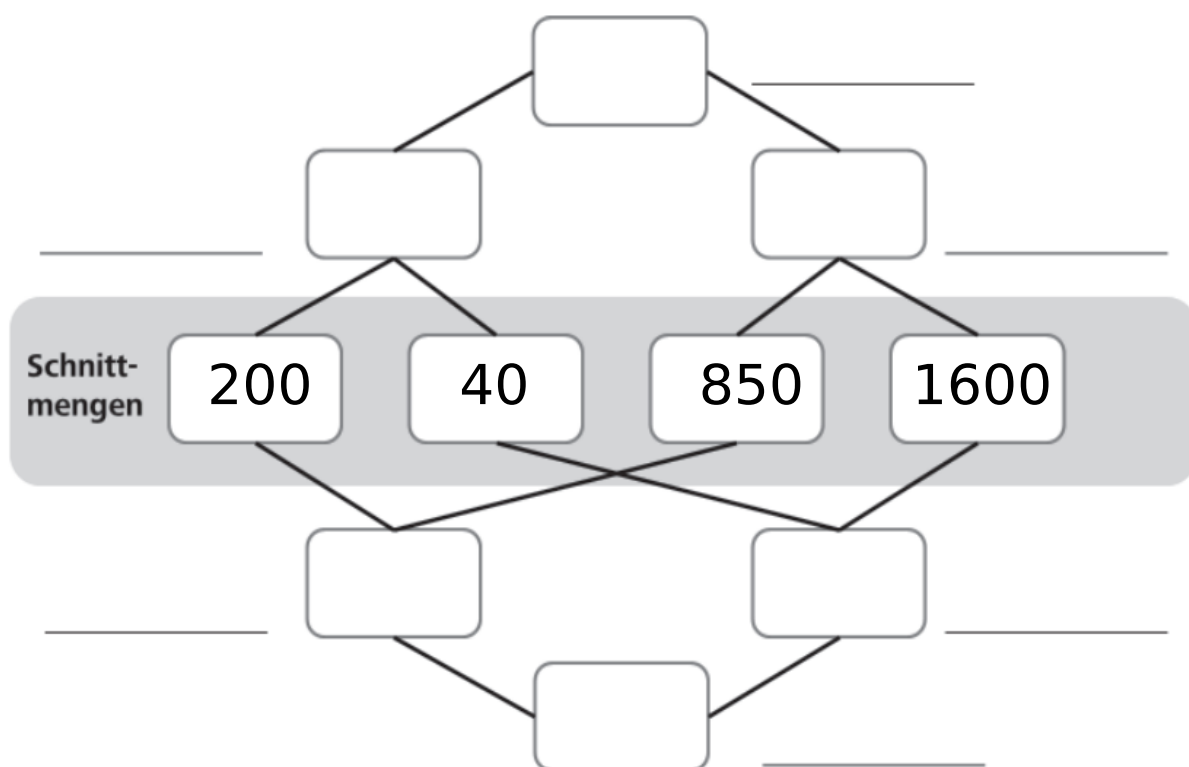
1. Visualisieren Sie *TP*, *TN*, *FP* und *FN* in einer Abbildung. Beschriften Sie die Abbildung und die Achsen entsprechend! **(6 Punkte)**
2. Tragen Sie *TP*, *TN*, *FP* und *FN* in eine 2x2 Kreuztabelle ein. Beschriften Sie die Tabelle entsprechend! **(3 Punkte)**

## 71 Aufgabe

(12 Punkte)

Folgender diagnostischer Doppelbaum nach der Testung auf Klauenseuche bei Fleckvieh ist gegeben.

1. Füllen und beschriften Sie den untenstehenden Doppelbaum! **(4 Punkte)**
2. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit  $Pr(K^+|T^+)$ ! **(2 Punkte)**
3. Berechnen Sie die Prävalenz für Klauenseuche! **(2 Punkte)**
4. Berechnen Sie die Sensitivität und Spezifität des diagnostischen Tests für Klauenseuche! Erstellen Sie dafür zunächst eine 2x2 Kreuztabelle aus dem ausgefüllten Doppelbaum! **(4 Punkte)**



## 72 Aufgabe

(7 Punkte)

Nach einer Bonitur von Schnittlauch mit einer Kontrolle und drei Pestiziden (ctrl, pestKill, roundUp, zeroX) ergibt sich die folgende Datentabelle mit den Boniturnoten (*grade*).

| pesticide | grade |
|-----------|-------|
| ctrl      | 6     |
| ctrl      | 5     |
| pestKill  | 1     |
| zeroX     | 3     |
| pestKill  | 5     |
| roundUp   | 6     |
| roundUp   | 4     |
| ctrl      | 5     |
| pestKill  | 4     |
| roundUp   | 5     |
| pestKill  | 2     |
| zeroX     | 0     |
| zeroX     | 0     |
| zeroX     | 2     |
| roundUp   | 6     |
| ctrl      | 5     |

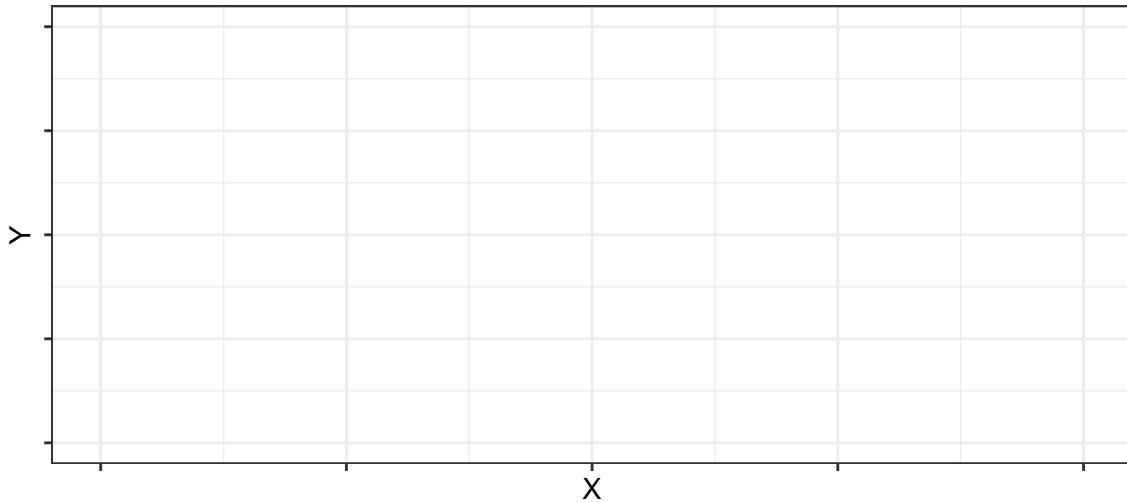
1. Zeichnen Sie in *einer* Abbildung die Dotplots für die vier Pestizidlevel! Beschriften Sie die Achsen entsprechend! **(4 Punkte)**
2. Ergänzen Sie die Dotplots mit einer gängigen statistischen Maßzahl. **(2 Punkte)**
3. Wenn Sie *keinen Effekt* zwischen den Pestizidlevel erwarten würden, wie sehen dann die Dotplots aus? **(1 Punkt)**

## 73 Aufgabe

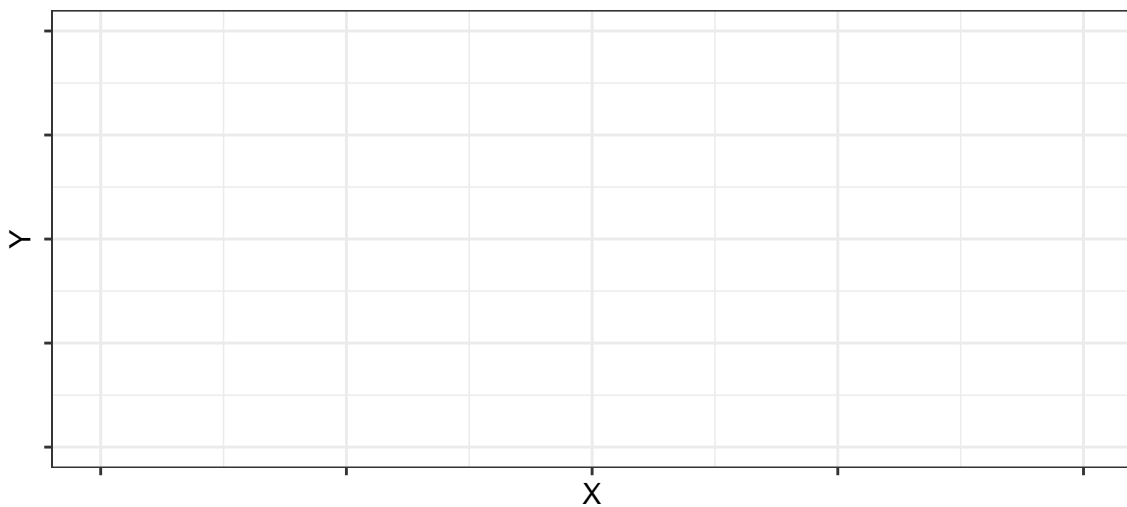
(6 Punkte)

1. Skizzieren Sie in die unten stehenden, freien Abbildungen die Verteilungen, die sich nach der Abbildungsüberschrift ergeben! **(4 Punkte)**
2. Achten Sie auf die entsprechende Skalierung der beiden Verteilungen in der ersten Abbildung! **(2 Punkte)**

$N(4, 2)$  und  $N(3, 3)$



$Pois(5)$



## 74 Aufgabe

**(6 Punkte)**

1. Skizzieren Sie 2 Normalverteilungen *in einer Abbildung* mit  $\mu_1 \neq \mu_2$  und  $s_1 = s_2$ ! **(2 Punkte)**
2. Beschriften Sie die Normalverteilungen mit den entsprechenden Parametern! **(2 Punkte)**
3. Liegt Varianzhomogenität oder Varianzheterogenität vor? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

## 75 Aufgabe

**(6 Punkte)**

Nach einem Experiment zählen Sie folgende Anzahl an Läsionen auf den Beobachtungen nach einer durchgestandenen Infektion.

5, 5, 3, 11, 1, 5, 1, 3, 4, 4, 6, 2, 1, 1, 3

1. Zeichnen Sie ein Histogramm um die Verteilung der Daten zu visualisieren. **(3 Punkte)**
2. Beschriften Sie die Achsen der Abbildung! **(2 Punkte)**
3. Wie unterscheidet sich eine Poissonverteilung von einer Normalverteilung dargestellt in einem Histogramm? **(1 Punkt)**

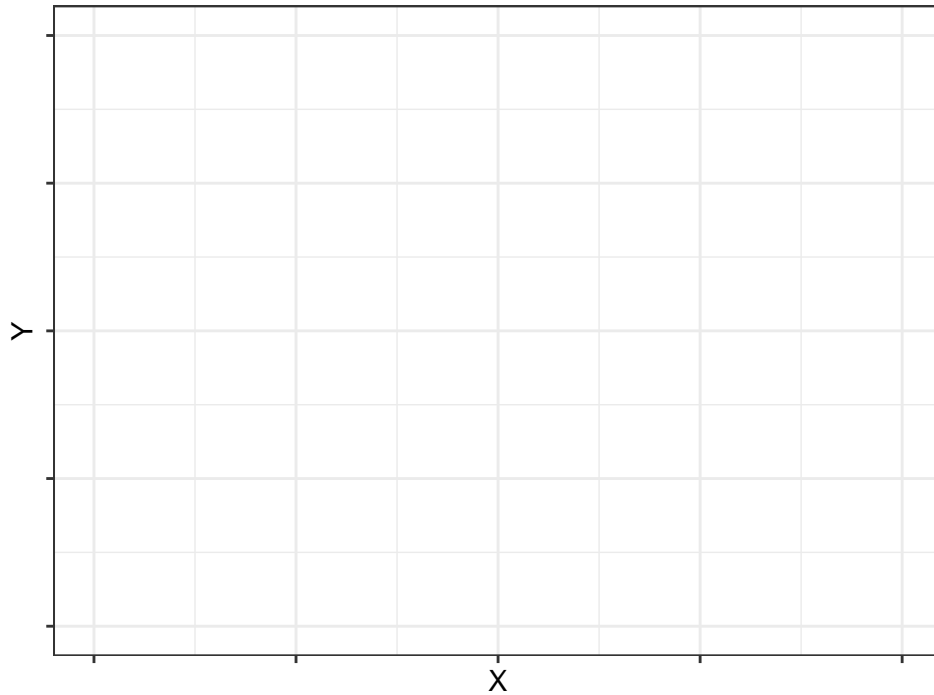


## 76 Aufgabe

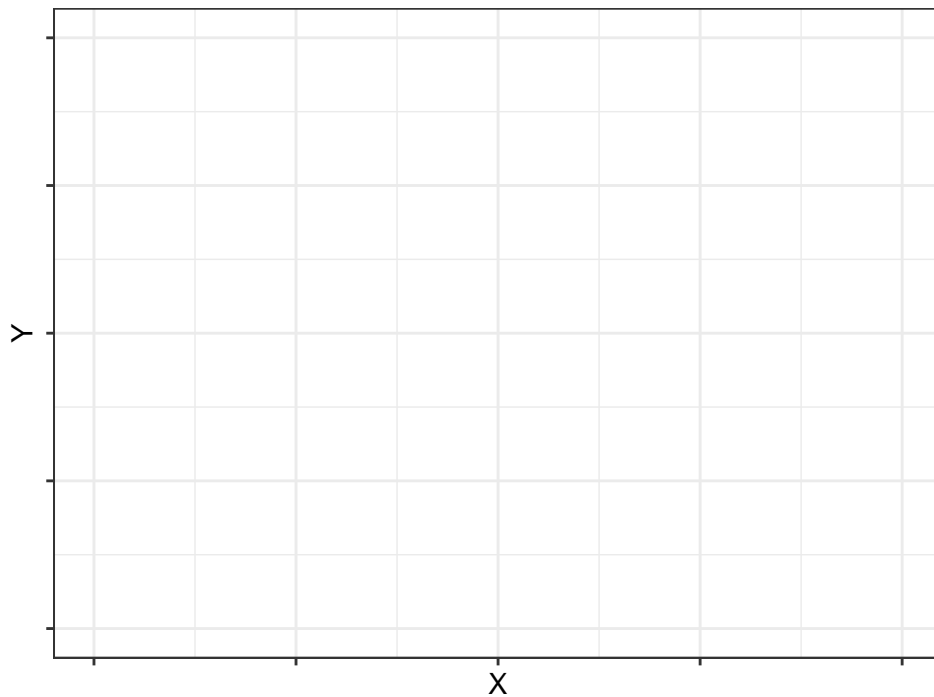
(6 Punkte)

1. Skizzieren Sie in die unten stehenden, freien Abbildungen ein kausales und ein prädiktives Modell mit  $n = 9$  Beobachtungen! **(4 Punkte)**
2. Beachten Sie bei der Erstellung der Skizze, ob ein Effekt von X vorliegt oder nicht! **(2 Punkte)**

Causal model with effect of X





Predictive model with effect of X



## 77 Aufgabe

(9 Punkte)

Ein Feldexperiment wurde mit  $n = 200$  Pflanzen durchgeführt. Folgende Einflussvariablen ( $x$ ) wurden erhoben: fertilizier, center und N. Als mögliche Outcomevariablen stehen Ihnen nun folgende gemessene Endpunkte zu Verfügung: drymatter, yield, count, quality\_score und dead.

1. Wählen Sie ein Outcome was zu der Verteilungsfamilie *Gaussian* gehört! **(1 Punkt)**
2. Schreiben Sie das Modell in der Form  $y \sim x$  wie es in  üblich ist *ohne Interaktionsterm*! **(2 Punkte)**
3. Schreiben Sie das Modell in der Form  $y \sim x$  wie es in  üblich ist und ergänzen Sie *einen* Interaktionsterm nach Wahl! **(2 Punkte)**
4. Zeichnen Sie eine *starke* Interaktion in die Abbildung unten für den Endpunkt *yield*. Ergänzen Sie eine aussagekräftige Legende. Wie erkennen Sie eine Interaktion? Begründen Sie Ihre Antwort! **(4 Punkte)**



## 78 Aufgabe

(8 Punkte)

Nach einem Feldexperiment mit zwei Pestiziden (*RoundUp* und *OutEx*) ergibt sich die folgende Datentabelle mit dem jeweiligen beobachteten Infektionsstatus.

| pesticide | infected |
|-----------|----------|
| RoundUp   | yes      |
| RoundUp   | no       |
| RoundUp   | no       |
| OutEx     | no       |
| OutEx     | no       |
| OutEx     | no       |
| OutEx     | no       |
| RoundUp   | yes      |
| OutEx     | yes      |
| OutEx     | yes      |
| RoundUp   | yes      |
| RoundUp   | yes      |
| RoundUp   | no       |
| OutEx     | no       |
| OutEx     | no       |
| OutEx     | yes      |
| RoundUp   | no       |
| RoundUp   | no       |

1. Stellen Sie in einer 2x2 Tafel den Zusammenhang zwischen dem Pestizid und dem Infektionsstatus dar! **(4 Punkte)**
2. Zeichnen Sie den zugehörigen Mosaic-Plot. Berechnen Sie das Verhältnis pro Spalte! **(2 Punkte)**
3. Wenn das Pestizid keine Auswirkung auf den Infektionsstatus hätte, wie sehe dann der Mosaic-Plot aus? **(2 Punkte)**

## 79 Aufgabe

(6 Punkte)

In einem Experiment zur Dosiswirkung wurden verschiedene Dosisstufen mit einer Kontrollgruppe verglichen. Es wurden vier t-Test für den Mittelwertsvergleich gerechnet und es ergab sich folgende Tabelle mit den rohen p-Werten.

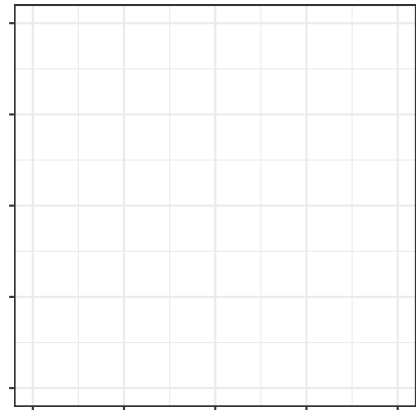
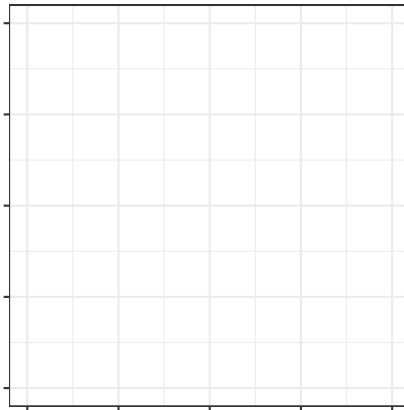
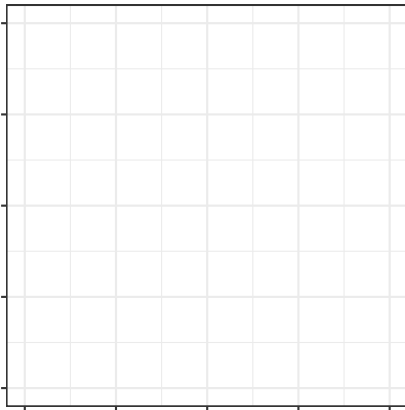
| Vergleich      | Raw p-val | Adjusted p-val | Reject $H_0$ |
|----------------|-----------|----------------|--------------|
| dose 10 - ctrl | 0.020     |                |              |
| dose 15 - ctrl | 0.012     |                |              |
| dose 20 - ctrl | 0.001     |                |              |
| dose 40 - ctrl | 0.760     |                |              |

1. Füllen Sie die Spalte „adjustierte p-Werte“ mit den adjustierten p-Werten nach Bonferroni aus! **(2 Punkte)**
2. Entscheiden Sie, ob nach der Adjustierung die Nullhypothese weiter abgelehnt werden kann. Tragen Sie Ihre Entscheidung in die obige Tabelle ein. Begründen Sie Ihre Antwort! **(4 Punkte)**

## 80 Aufgabe


(10 Punkte)

1. Zeichnen Sie in die drei untenstehenden, leeren Abbildungen die Zeile des Regressionskreuzes der Normalverteilung. Wählen Sie die Beschriftung der y-Achse sowie der x-Achse entsprechend aus! **(6 Punkte)**
2. Welchen Effektschätzer erhalten Sie aus der entsprechend linearen Regression? Geben Sie ein Beispiel! **(2 Punkte)**
3. Wenn Sie keinen Effekt erwarten, welchen *Zahlenraum* nimmt dann der Effektschätzer ein? Geben Sie ein Beispiel! **(2 Punkte)**



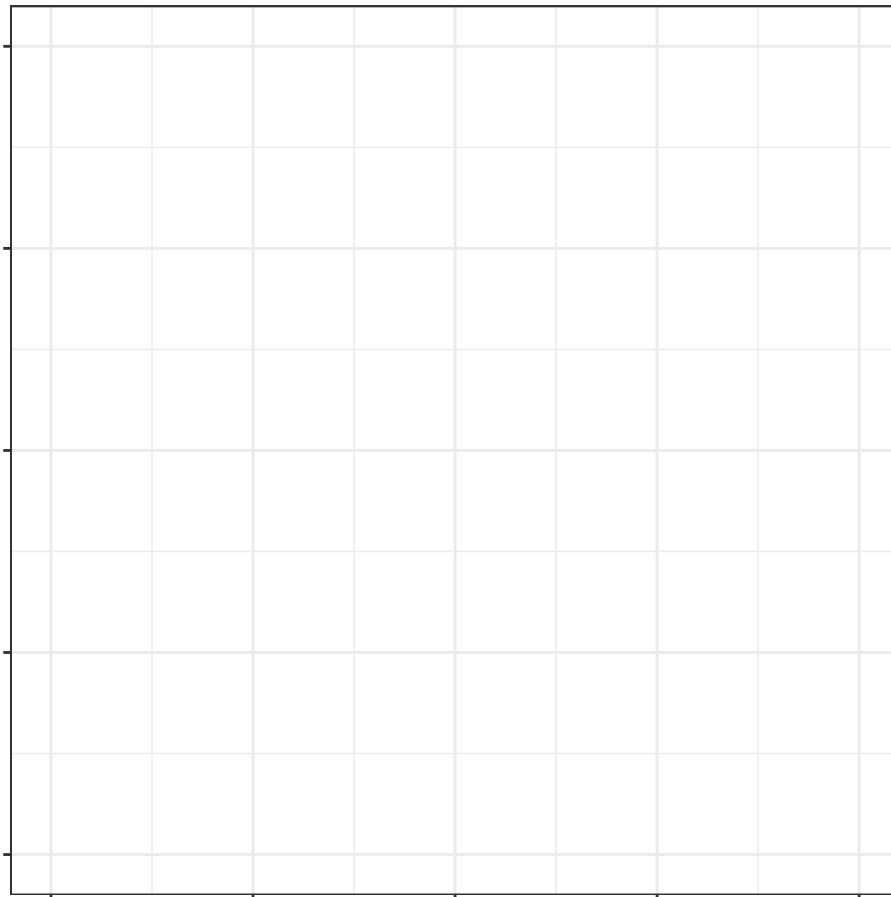
## 81 Aufgabe

(10 Punkte)

In einem Stallexperiment mit  $n = 111$  Ferkeln wurde der Gewichtszuwachs unter bestimmten Lichtverhältnissen gemessen. Sie erhalten den  Output der Funktion `tidy()` einer simplen Gaussian linearen Regression sieben Wochen nach der ersten Messung.

| term        | estimate | std.error | t statistic | p-value |
|-------------|----------|-----------|-------------|---------|
| (Intercept) | 25.28    | 0.84      |             |         |
| light       | 1.49     | 0.08      |             |         |

1. Berechnen Sie die t Statistik für *(Intercept)* und *light*! **(2 Punkte)**
2. Schätzen Sie den p-Wert für *(Intercept)* und *light* mit  $T_k = 1.96$  ab. Was sagt Ihnen der p-Wert aus? Begründen Sie Ihre Antwort! **(3 Punkte)**
3. Zeichnen Sie die Gerade aus der obigen Tabelle in die untenstehende Abbildung! **(1 Punkt)**
4. Beschriften Sie die Abbildung und die Gerade mit den statistischen Kenngrößen! **(2 Punkte)**
5. Formulieren Sie die Regressionsgleichung! **(2 Punkte)**

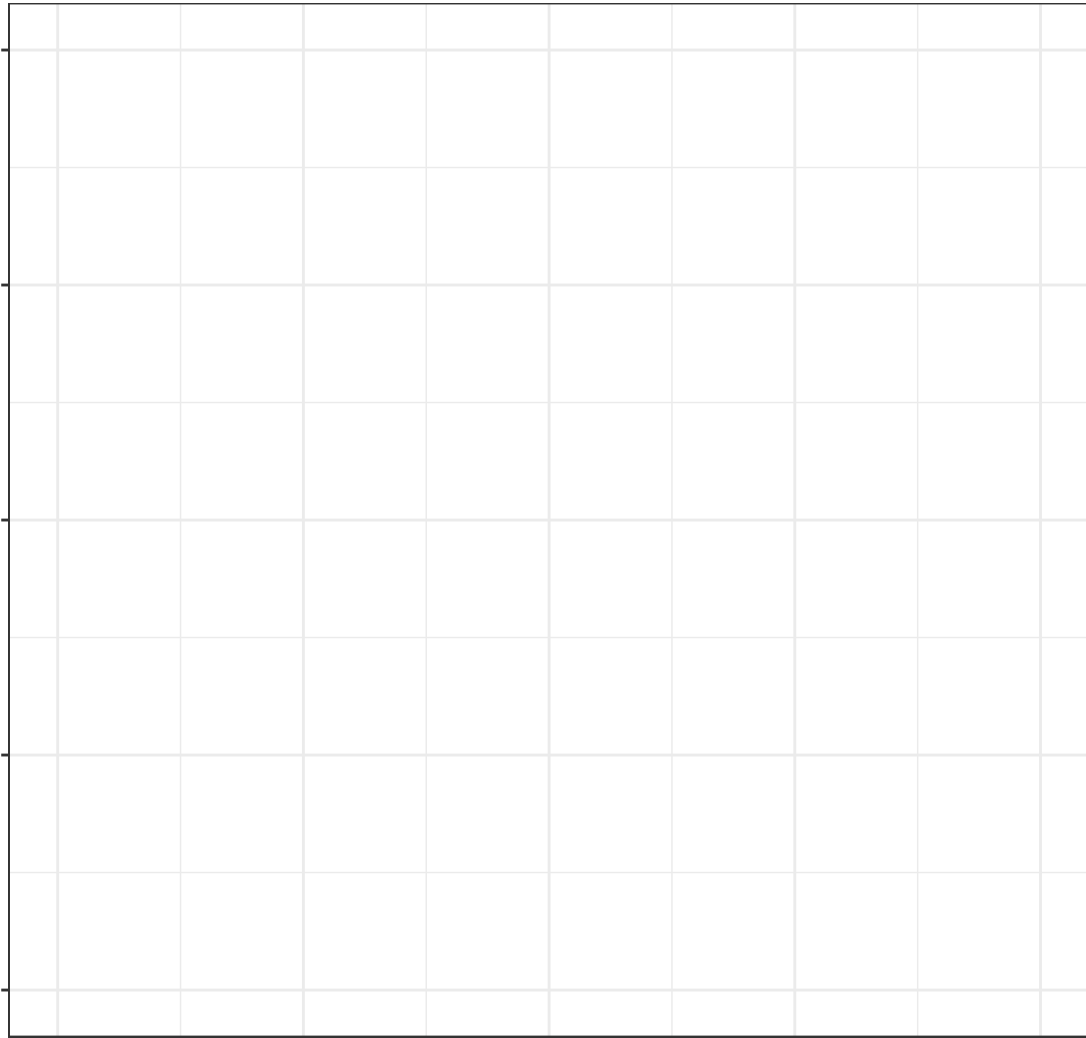


## 82 Aufgabe

(4 Punkte)

1. Skizzieren Sie in die unten stehende, freie Abbildung die Abbildung, die sich nach der Überschrift ergibt! **(2 Punkte)**
2. Beschriften Sie die Achsen entsprechend! **(2 Punkte)**

Residual plot with 2 outlier fulfilling the normality assumption.

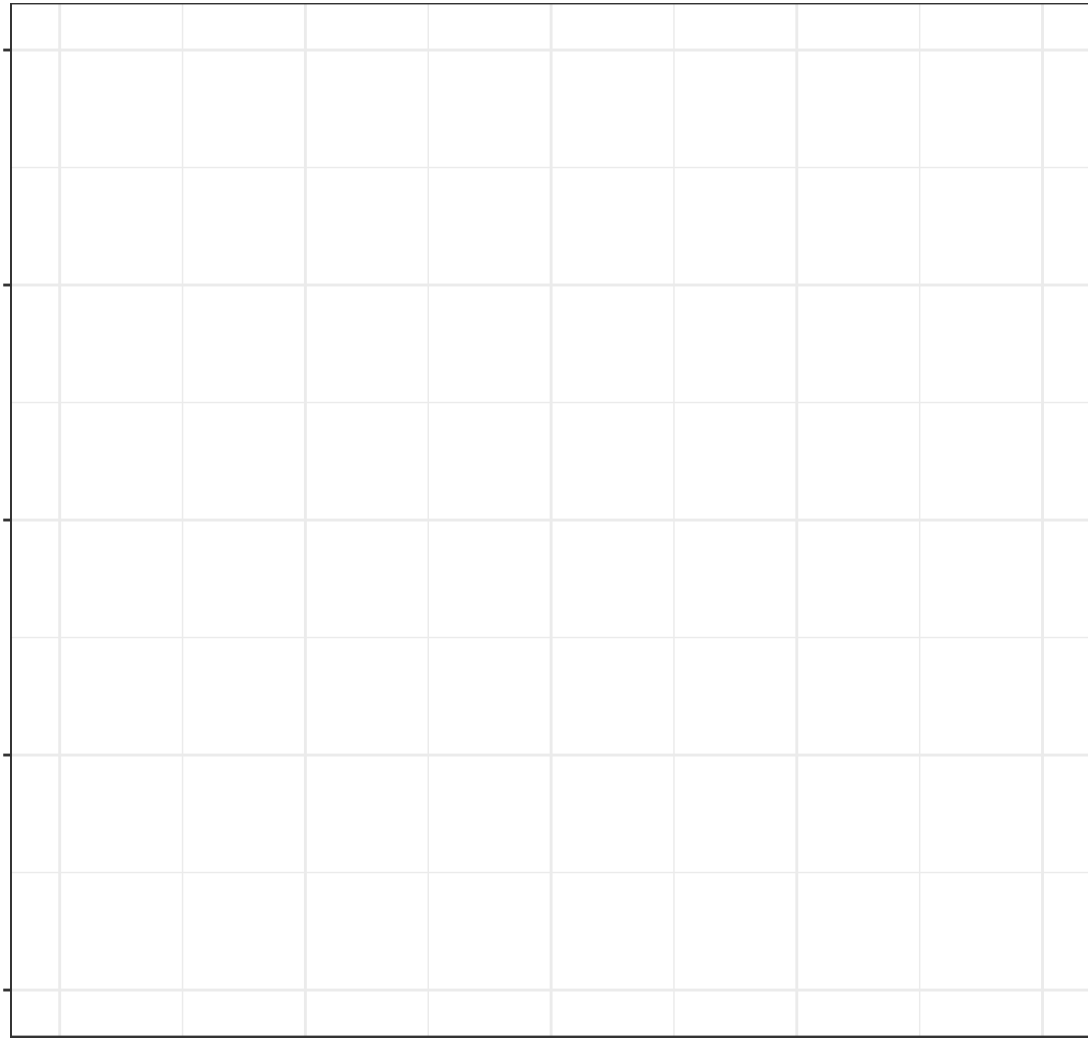


### 83 Aufgabe

(4 Punkte)

1. Skizzieren Sie in die unten stehende, freie Abbildung die Abbildung, die sich nach der Überschrift ergibt! **(2 Punkte)**
2. Beschriften Sie die Achsen entsprechend! **(2 Punkte)**

QQ plot with residuals validating the normality assumption.





## 84 Aufgabe

**(10 Punkte)**

Sie rechnen eine lineare Regression um nach einem Feldexperiment den Zusammenhang zwischen Trockengewicht  $\text{kg/m}^2$  (*drymatter*) und Wassergabe  $\text{l/m}^2$  (*water*) bei Spargel zu bestimmen. Sie erhalten folgende Datentabelle.

| .id | drymatter | water | .fitted | .resid |
|-----|-----------|-------|---------|--------|
| 1   | 17.4      | 6.1   | 19.3    |        |
| 2   | 21.7      | 6.7   | 20.3    |        |
| 3   | 29.7      | 11.0  | 26.8    |        |
| 4   | 26.7      | 10.3  | 25.8    |        |
| 5   | 26.5      | 9.7   | 24.8    |        |
| 6   | 33.8      | 16.0  | 34.6    |        |
| 7   | 24.2      | 9.4   | 24.4    |        |
| 8   | 23.8      | 10.7  | 26.4    |        |
| 9   | 21.9      | 8.8   | 23.5    |        |


1. Ergänzen Sie die Werte in der Spalte `.resid` in der obigen Tabelle. Geben Sie den Rechenweg und Formel mit an! **(4 Punkte)**
2. Zeichnen Sie den sich aus der obigen Tabelle ergebenden Residualplot. Beschriften Sie die Abbildung! **(4 Punkte)**
3. Gibt es auffällige Werte anhand des Residualplots? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

## 85 Aufgabe



(8 Punkte)

In verschiedenen Flüssen (*stream*) wurde die Anzahl an Knochenhechten (*longnose*) gezählt. Daneben wurden noch andere Eigenschaften der entsprechenden Flüsse gemessen. Es ergibt sich folgender Auszug aus den Daten.

| stream        | longnose | acorage | maxdepth | no3  | do2 |
|---------------|----------|---------|----------|------|-----|
| CONOWINGO_CR  | 112      | 27350   | 65       | 6.95 | 8.5 |
| BLUE_LICK_RUN | 1        | 2217    | 46       | 1.20 | 8.5 |
| BEAR_CR       | 54       | 19611   | 96       | 0.99 | 8.3 |
| BENNETT_CR    | 2        | 583     | 51       | 2.26 | 9.2 |

Sie rechnen nun eine Poisson lineare Regression auf den Daten und erhalten folgenden  Output.

```
##
## Call:
## glm(formula = reformulate(response = "longnose", termlabels = wanted_vec),
##      family = quasipoisson, data = data_tbl)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -8.8724  -3.9026  -1.4817   1.7128  18.1798
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  0.802092253  1.309042229   0.6127  0.542887
## acorage      0.000030822  0.000012283   2.5094  0.015448 *
## maxdepth     0.005969459  0.004484483   1.3311  0.189305
## no3          0.215956806  0.063463043   3.4029  0.001337 **
## do2          0.163522222  0.129663315   1.2611  0.213234
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for quasipoisson family taken to be 30.331989)
##
## Null deviance: 1901.97  on 53  degrees of freedom
## Residual deviance: 1231.62  on 49  degrees of freedom
## AIC: NA
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 5
```


1. Warum wurde hier eine Poisson bzw. Quasipoisson-Verteilung gewählt? Begründen Sie Ihre Antwort mit dem  Output! **(2 Punkte)**
2. Können Sie die *Estimate* der einzelnen Einflussvariablen direkt interpretieren? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**
3. Interpretieren Sie die *nicht signifikanten* Effekte auf die Anzahl an Knochenhechten! **(2 Punkte)**
4. Erklären Sie am  Output wie sich die *t value* Spalte errechnet! **(2 Punkte)**

## 86 Aufgabe


(10 Punkte)

Auf einer Erdbeerplantage treten unerwartet häufig infizierte Erdbeerpflanzen auf. In einem Versuch sollen verschiedene Einflussfaktoren auf den Infektionsstatus betrachtet werden. Dafür wurde für jede Erdbeerpflanze gemessen, wieviel Wasser die Pflanze erhalten hat oder ob die Pflanze ein neuartiges Lichtregime erhalten hatte. Zusätzlich wurde die Anzahl an Nematoden im Boden bestimmt. Es ergibt sich folgender Auszug aus den Daten.

|   | infected | water | light | nematodes |
|---|----------|-------|-------|-----------|
| 0 |          | 9.27  | 1     | 1         |
| 0 |          | 11.45 | 0     | 0         |
| 1 |          | 12.18 | 0     | 6         |
| 1 |          | 13.52 | 0     | 4         |

Sie rechnen nun eine logistische lineare Regression auf den Daten und erhalten folgenden  Output.

```
## # A tibble: 3 x 4
##   term          std.error statistic p.value
##   <chr>          <dbl>      <dbl>   <dbl>
## 1 (Intercept)    0.352    -0.550  0.582
## 2 nematodes      0.129     0.896  0.370
## 3 light          0.438     0.420  0.674
```


1. Die Spalte *estimate* wurde gelöscht. Berechnen Sie die Werte der Spalte *estimate* aus den  Output! **(2 Punkte)**
2. Welche Einflussfaktoren sind protektiv, welche ein Risiko? Berechnen Sie hierfür zunächst das OR aus der Spalte *estimate*! **(4 Punkte)**
3. Interpretieren Sie die Spalte *estimate* im Bezug auf den Infektionsstatus der Erdbeerpflanzen! **(2 Punkte)**
4. Was ist der Unterschied zwischen einem OR und einem RR? Geben Sie ein numerisches Beispiel! **(2 Punkte)**

## 87 Aufgabe

(7 Punkte)

Maispflanzen sollen auf die ertragssteigernde Wirkung von verschiedenen Einflussfaktoren untersucht werden. Gemessen wurde als Outcome die Trockenmasse in  $\text{kg/m}^2$ . Dafür wurde für jede Maispflanze gemessen wieviel Wasser ( $\text{l/m}^2$ ) die Pflanze erhalten hat oder ob die Pflanze ein neuartiges Lichtregime (0 = alt, 1 = neu) erhalten hatte. Zusätzlich wurde die Anzahl an Nematoden im Boden bestimmt sowie der Eisen- und Phosphorgehalt ( $\mu\text{g/kg}$ ) des Bodens. Es ergibt sich folgender Auszug aus den Daten.

| water | light | P     | Fe     | drymatter | nematodes |
|-------|-------|-------|--------|-----------|-----------|
| 12.44 | 1     | 11.86 | 103.41 | 73.73     | 9         |
| 10.68 | 0     | 7.48  | 100.87 | 73.27     | 11        |
| 11.19 | 0     | 10.45 | 104.95 | 76.03     | 9         |
| 12.18 | 0     | 8.09  | 102.51 | 73.27     | 7         |

Sie rechnen nun eine Gaussian lineare Regression auf den Daten und erhalten folgenden  Output.

```
##
## Call:
## lm(formula = reformulate(response = "drymatter", termlabels = wanted_vec),
##     data = data_tbl)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -5.51087 -1.51663 -0.05024  1.61380  5.16077
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value      Pr(>|t|)
## (Intercept)  0.045082   7.493507  0.0060    0.9952129
## nematodes    0.084345   0.075281  1.1204    0.2654626
## Fe           0.751842   0.071030 10.5849 < 0.00000000000000022 ***
## P           -0.674200   0.168424 -4.0030    0.0001265 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 2.3552 on 92 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.59507, Adjusted R-squared:  0.58187
## F-statistic: 45.067 on 3 and 92 DF, p-value: < 0.00000000000000022
```


1. Welche der Einflussfaktoren sind signifikant? Begründen Sie Ihre Antwort! **(3 Punkte)**
2. Interpretieren Sie die Spalte *estimate* im Bezug auf den Ertrag in Trockenmasse der Maispflanzen! **(2 Punkte)**
3. Sind die Residuals approximativ Normalverteilt? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

## 88 Aufgabe

(6 Punkte)

Sie erhalten folgende R Ausgabe der Funktion `lm()`.

```
##
## Call:
## lm(formula = rsp ~ trt, data = data_tbl)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -6.22222 -1.47222 -0.68254  1.10714  9.77778
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value    Pr(>|t|)
## (Intercept)   19.2222     1.3640  14.0928 0.000000001158 ***
## trtB          -4.0794     2.0621  -1.9782   0.06793 .
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 4.0919 on 14 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.21846, Adjusted R-squared:  0.16264
## F-statistic: 3.9134 on 1 and 14 DF,  p-value: 0.067927
```

1. Ist die Annahme der Normalverteilung an das Outcome *rsp* erfüllt? Begründen Sie die Antwort! **(2 Punkte)**
2. Wie groß ist der Effekt des *Trt*? Liegt ein signifikanter Effekt vor? Geben Sie die Formel und den Rechenweg mit an! **(2 Punkte)**
3. Schreiben Sie das Ergebnis der  Ausgabe in einen Satz nieder, der die Information zum Effekt und der Signifikanz enthält! **(2 Punkte)**

## 89 Aufgabe

(11 Punkte)

In einem Experiment zur Steigerung der Milchleistung (*gain*) von Kühen wurden zwei Arten von Musik in den Ställen gespielt. Zum einen ruhige Musik (*calm*) und eher flotte Musik (*pop*). Die Messungen wurden an jeder Kuh (*subject*) wiederholt durchgeführt. Darüber hinaus wurden verschiedene Ställe (*barn*) mit der Musik bespielt.

```
## Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']
## Formula: gain ~ attitude + (1 | subject) + (1 | barn)
## Data: data_tbl
##
## REML criterion at convergence: 800.4
##
## Scaled residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -2.12705 -0.67506 -0.07411  0.49472  3.50365
##
## Random effects:
## Groups   Name      Variance Std.Dev.
## barn     (Intercept) 208.90   14.453
## subject  (Intercept) 3941.34   62.780
## Residual                    715.38   26.747
## Number of obs: 83, groups:  barn, 7; subject, 6
##
## Fixed effects:
##              Estimate Std. Error t value
## (Intercept) 203.7805    26.5286  7.6815
## attitudepop -20.7171     5.8768 -3.5253
##
## Correlation of Fixed Effects:
##              (Intr)
## attitudepop -0.109
```

1. Ist die Annahme der Normalverteilung an das Outcome *gain* erfüllt? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**
2. Wie groß ist der Effekt der Musikart *attitude*? Liegt ein signifikanter Effekt vor? Schätzen Sie den p-Wert mit einem kritischen t-Wert von  $T_k = 1.96$  ab. Begründen und visualisieren Sie Ihre Antwort und Entscheidung! **(3 Punkte)**
3. Was ist der Unterschied zwischen einem „random“ und „fixed“ Effekt. Gehen Sie in der Begründung Ihrer Antwort auf dieses konkrete Beispiel ein! **(3 Punkte)**
4. Wie groß ist die Varianz, die durch die zufälligen Effekte erklärt wird? **(1 Punkt)**
5. Schreiben Sie das Ergebnis der  Ausgabe in einen Satz nieder, der die Information zum Effekt und der Signifikanz enthält! **(2 Punkte)**

## 90 Aufgabe

(9 Punkte)

Nach einem Pilotversuch können Sie für vier Düngestufen die jeweiligen Erträge ermitteln. Für den Hauptversuch wollen Sie nun die benötigte Fallzahl abschätzen.

1. Skizzieren Sie den zugehörigen Boxplot für die vier Düngestufen mit folgenden Informationen.

| treatment | mean  | median | min | max | quartile_1st | quartile_3rd | var   |
|-----------|-------|--------|-----|-----|--------------|--------------|-------|
| A         | 16.00 | 15     | 12  | 22  | 13           | 18           | 11.50 |
| B         | 18.00 | 18     | 11  | 24  | 17           | 22           | 19.50 |
| C         | 12.11 | 12     | 8   | 20  | 9            | 15           | 16.61 |
| D         | 12.67 | 13     | 8   | 17  | 13           | 14           | 8.50  |

Beschriften Sie die Achsen entsprechend! (4 Punkte)

2. Berechnen Sie die benötigten Fallzahlen für die Gruppenvergleiche mit

$$n_{Gruppe} = \frac{2 \cdot (1.96 + 0.77)^2}{\left( \frac{\Delta}{s_{pool}} \right)^2}$$

Nutzen Sie hierfür das gepoolte  $s_{pool}$  mit  $s_{pool} = (s_1 + s_2)/2$ ! (4 Punkte)

3. Was ist die Fallzahl, die Sie für den Versuch benötigen? (1 Punkte)

## 91 Aufgabe

**(10 Punkte)**

In einem Feldexperiment für die Bodendurchlässigkeit wurde der Niederschlag pro Parzelle sowie der durchschnittliche Ertrag gemessen. Es ergibt sich folgende Datentabelle.

| water | drymatter |
|-------|-----------|
| 18    | 23        |
| 20    | 25        |
| 27    | 21        |
| 25    | 28        |
| 18    | 23        |

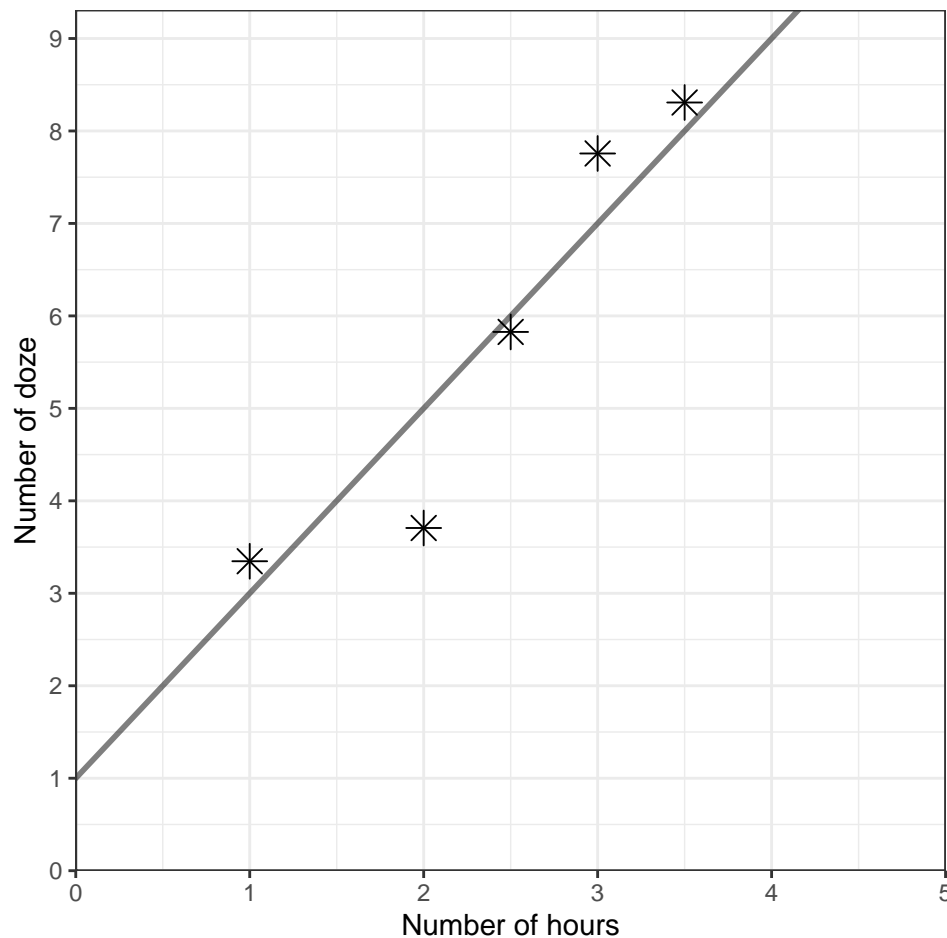
1. Erstellen Sie den Scatter-Plot für die Datentabelle. Beschriften Sie die Achsen entsprechend! **(4 Punkte)**
2. Zeichnen Sie eine Gerade durch die Punkte! **(1 Punkt)**
3. Beschriften Sie die Gerade mit den gängigen statistischen Maßzahlen! **(3 Punkte)**
4. Wenn kein Effekt von dem Niederschlag auf das Trockengewicht vorhanden wäre, wie würde die Gerade verlaufen und welche Werte würden die statistischen Maßzahlen annehmen? **(2 Punkt)**



## 92 Aufgabe

(7 Punkte)

In einer Studie zur „Arbeitssicherheit auf dem Feld“ wurde gemessen wie viele Stunden auf einem Feld gefahren wurden und wie oft der Fahrer dabei drohte einzunicken. Es ergab sich folgende Abbildung.



1. Erstellen Sie die Regressionsgleichung aus der obigen Abbildung in der Form  $y \sim \beta_0 + \beta_1 \cdot x$ ! **(2 Punkte)**
2. Beschriften Sie die Gerade mit den Parametern der linearen Regressionsgleichung! **(2 Punkte)**
3. Liegt ein Zusammenhang zwischen der Anzahl an gefahrenen Runden und der Müdigkeit vor? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**
4. Wenn kein Zusammenhang zu beobachten wäre, wie würde die Gerade aussehen? **(1 Punkt)**

## 93 Aufgabe

**(6 Punkte)**

1. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen Stichprobe und Grundgesamtheit an einem Schaubild! **(3 Punkte)**
2. Was ist der Unterschied zwischen  $\mu$  und  $\sigma$  und  $\bar{x}$  und  $s$  im Kontext der Stichprobe und Grundgesamtheit? **(2 Punkte)**
3. Warum müssen wir überhaupt zwischen einer Stichprobe und einer Grundgesamtheit unterscheiden? **(1 Punkt)**

## 94 Aufgabe

(6 Punkte)

Geben ist folgende 2x2 Kreuztabelle.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

1. Tragen Sie folgende Fachbegriffe korrekt in die 2x2 Kreuztabelle ein! (6 Punkte)

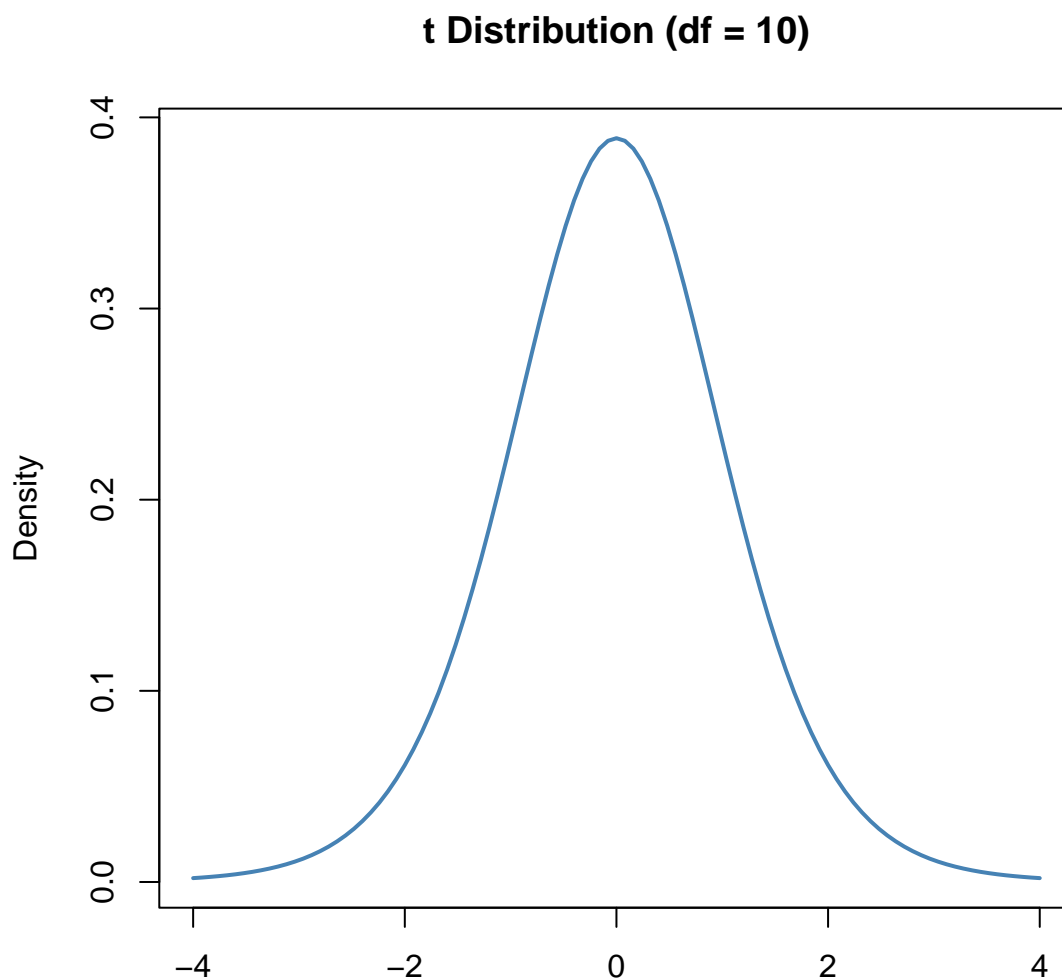
- (Unbekannte) Wahrheit
- $H_0$  wahr
- $H_0$  falsch
- $H_0$  abgelehnt
- $H_0$  beibehalten
- Testentscheidung
- $\alpha$ -Fehler
- $\beta$ -Fehler
- Richtige Entscheidung
- 5%
- 20%

## 95 Aufgabe

(6 Punkte)

Im folgenden ist eine t-Verteilung mit 10 Freiheitsgraden abgebildet. Ergänzen Sie die Abbildung wie folgt.

1. Zeichnen Sie das einseitige  $\alpha$  Niveau in die Abbildung! **(2 Punkte)**
2. Zeichnen Sie einen nicht signifikant p-Wert in die Abbildung! **(1 Punkt)**
3. Ergänzen Sie „ $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ “! **(1 Punkt)**
4. Ergänzen Sie „ $H_0$  ist wahr“! **(1 Punkt)**
5. Ergänzen Sie eine t-Verteilung mit 5 Freiheitsgraden. Zeichnen Sie im Zweifel über den Rand der Abbildung! **(1 Punkte)**



## 96 Aufgabe

(8 Punkte)

Sie rechnen einen t-Test. Sie schätzen einen Mittelwertsunterschied.

1. Beschriften Sie die untenstehende Abbildung mit der Signifikanzschwelle! **(1 Punkt)**
2. Ergänzen Sie eine Relevanzschwelle! **(1 Punkt)**
3. Skizzieren Sie in die untenstehende Abbildung fünf einzelne Konfidenzintervalle (a-e) mit den jeweiligen Eigenschaften! **(6 Punkte)**
  - (a) Ein signifikantes, nicht relevantes Konfidenzintervall
  - (b) Ein signifikantes, relevantes Konfidenzintervall
  - (c) Ein nicht signifikantes, relevantes Konfidenzintervall
  - (d) Ein Konfidenzintervall mit höherer Varianz  $s_p$  in der Stichprobe als der Rest der Konfidenzintervalle
  - (e) Ein Konfidenzintervall mit niedriger Varianz  $s_p$  in der Stichprobe als der Rest der Konfidenzintervalle



## 97 Aufgabe

(6 Punkte)

Gegeben ist die vereinfachte Formel für den Zweistichproben t-Test mit der gepoolten Standardabweichung  $s_p$  und gleicher Gruppengrösse  $n_g$  der beiden Sample.

$$T = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{s_p \cdot \sqrt{\frac{2}{n_g}}}$$

Welche Auswirkung hat die Änderungen der jeweiligen statistischen Masszahl auf den T-Wert und damit auf die *vermutliche* Signifikanz? Füllen Sie hierzu die untenstehende Tabelle aus! **(6 Punkte)**

|                   | T Statistik | $Pr(D H_0)$ | $KI_{1-\alpha}$ |                     | T Statistik | $Pr(D H_0)$ | $KI_{1-\alpha}$ |
|-------------------|-------------|-------------|-----------------|---------------------|-------------|-------------|-----------------|
| $\Delta \uparrow$ |             |             |                 | $\Delta \downarrow$ |             |             |                 |
| $s \uparrow$      |             |             |                 | $s \downarrow$      |             |             |                 |
| $n \uparrow$      |             |             |                 | $n \downarrow$      |             |             |                 |

## 98 Aufgabe

(8 Punkte)

Sie haben folgende Aussage gegeben.

### **Bin ich im Sommer?**

1. Erklären Sie den Gedankengang der Testtheorie sowie des Falsifikationsprinzips an der Aussage! **(4 Punkte)**
2. Erklären Sie Ihre Entscheidung zu der Aussage! **(3 Punkte)**
3. Schätzen Sie den p-Wert zu der Aussage ab! **(1 Punkt)**

## 99 Aufgabe

**(8 Punkte)**

»Ohne ausreichende Zufuhr von Vitamin C stellen sich nach 73 Tagen die ersten Symptome ein; die ersten Toten sind nach 101 Tagen zu beklagen; nach 121 Tagen rafft die Skorbut eine ganze Schiffsbesatzung dahin.«

1. Stellen Sie den Verlauf der Skorbuterkrankung auf einem Schiff mit einer typischen Anzahl an Matrosen dar. Welche Annahmen haben Sie getroffen? Beschriften Sie die Achsen entsprechend! **(4 Punkte)**
2. Schifffarzt James Lind (1716-1794) ist dem Phänomen Skorbut systematisch nachgegangen. Wie würden Sie solch ein Experiment planen und welche (ethischen) Probleme sehen Sie? **(4 Punkte)**



## 100 Aufgabe

**(11 Punkte)**

Der Wissenschaftler Pettenkofer arbeitete streng naturwissenschaftlich-experimentell und gilt als Begründer der experimentellen Hygiene ("Konditionalhygiene"). Auch seine Untersuchungen zu Kleidung, Heizung, Lüftung, Kanalisation und Wasserversorgung trugen experimentelle Züge. Pettenkofer war ein Positivist, das heißt, er erkannte ausschließlich sichtbare, zum Beispiel in Experimenten gewonnene Tatsachen als Erkenntnisquelle an.

Pettenkofer unterlief ein Irrtum, der bis heute nachwirkt, indem viele Menschen glauben, es gebe eine "Atmende Wand": Er stellte bei frühen Luftwechsel-Messungen in einem Zimmer fest, dass sich nach dem vermeintlichen Abdichten sämtlicher Fugen die Luftwechselrate weniger als erwartet verminderte. Daraus schlussfolgerte er einen erheblichen Luftaustausch durch die Ziegelwände hindurch. Vermutlich kam er nicht darauf, den Kamin eines im Raum befindlichen Ofens abzudichten. Luftaustausch durch die Zimmerwände hindurch sei, so Pettenkofer, ein wesentlicher Beitrag zur Reinigung der Raumluft.

1. Bestimmen Sie das  $y$  bzw. den Endpunkt/Outcome für das Experiment "Atmende Wand". Wie messen Sie den Endpunkt? **(1 Punkt)**
2. Bestimmen Sie mögliche Einflussfaktoren auf den Endpunkt! Begründen Sie Ihre Entscheidung! **(2 Punkt)**
3. Beschreiben Sie das Modell in der Form  $y \sim x$ ! **(1 Punkt)**
4. Wie realisieren Sie Wiederholung in dem Experiment? Skizzieren Sie das Experiment! **(2 Punkte)**
5. Wie könnten Sie das Experiment graphisch darstellen? Was befindet sich auf der x-Achse und was auf der y-Achse? Beschriften Sie die Achsen entsprechend! **(2 Punkte)**
6. Basiert die heutige Wissenschaft auch auf dem Positivismus? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

## 101 Aufgabe

(12 Punkte)

Nach einem Experiment mit zwei Pestiziden (*RoundUp* und *GoneEx*) ergibt sich die folgende Datentabelle mit dem gemessenen Trockengewicht (*drymatter*) von Weizen.

| pesticide | drymatter |
|-----------|-----------|
| GoneEx    | 16        |
| GoneEx    | 16        |
| RoundUp   | 20        |
| GoneEx    | 16        |
| RoundUp   | 22        |
| GoneEx    | 16        |
| GoneEx    | 14        |
| RoundUp   | 20        |
| RoundUp   | 16        |
| RoundUp   | 19        |
| RoundUp   | 17        |
| GoneEx    | 15        |

1. Formulieren Sie die wissenschaftliche Fragestellung! **(1 Punkt)**
2. Formulieren Sie das statistische Hypothesenpaar! **(2 Punkte)**
3. Bestimmen Sie die Teststatistik  $T_{calc}$  eines Student t-Tests für den Vergleich der beiden Pestizide. Geben Sie den Rechenweg und die Formeln mit an! **(5 Punkte)**
4. Treffen Sie mit  $T_{\alpha=5\%} = 2.04$  und dem berechneten  $T_{calc}$  eine Aussage zur Nullhypothese! **(2 Punkte)**
5. Wenn Sie keinen Unterschied zwischen den beiden Pestiziden erwarten würden, wie große wäre dann die Teststatistik  $T_{calc}$ ? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

## 102 Aufgabe

**(13 Punkte)**


Das Gewicht von Küken wurde vor der Behandlung mit STARTex und 1 Woche nach der Behandlung gemessen. Es ergibt sich die folgende Datentabelle.

| animal_id | before | after |
|-----------|--------|-------|
| 1         | 13     | 15    |
| 2         | 15     | 7     |
| 3         | 13     | 22    |
| 4         | 15     | 11    |
| 5         | 12     | 16    |
| 6         | 11     | 11    |
| 7         | 15     | 21    |
| 8         | 11     | 20    |

1. Formulieren Sie die Fragestellung! **(1 Punkt)**
2. Formulieren Sie das statistische Hypothesenpaar! **(2 Punkte)**
3. Bestimmen Sie die Teststatistik  $T_{calc}$  eines gepaarten t-Tests für den Vergleich der beiden Zeitpunkte. Geben Sie den Rechenweg und die Formeln mit an! **(4 Punkte)**
4. Treffen Sie mit  $T_{\alpha=5\%} = 2.04$  und dem berechneten  $T_{calc}$  eine Aussage zur Nullhypothese! **(2 Punkte)**
5. Wenn Sie keinen Unterschied zwischen den beiden Zeitpunkten erwarten würden, wie große wäre dann die Teststatistik  $T_{calc}$ ? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**
6. Schätzen Sie  $Pr(D|H_0)$  ab. Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

## 103 Aufgabe

(10 Punkte)


Sie erhalten folgende  Ausgabe der Funktion `t.test()`.

```
##  
## Two Sample t-test  
##  
## data: waterintake by infusion  
## t = -3.21159, df = 8, p-value = 0.012395  
## alternative hypothesis: true difference in means between group high and group low is not equal to 0  
## 95 percent confidence interval:  
## -6.5285009 -1.0714991  
## sample estimates:  
## mean in group high mean in group trt2  
## 15.4 19.2
```

1. Formulieren Sie die wissenschaftliche Fragestellung! **(2 Punkte)**
2. Liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**
3. Skizzieren Sie eine Abbildung in der Sie  $T_{calc}$ ,  $Pr(D|H_0)$ ,  $A = 0.95$ , sowie  $T_{\alpha=5\%} = |2.31|$  einzeichnen! **(4 Punkte)**
4. Beschriften Sie die Abbildung und den Graphen entsprechend! **(2 Punkte)**

## 104 Aufgabe

(8 Punkte)


Sie erhalten folgende  Ausgabe der Funktion `t.test()`.

```
##  
## Two Sample t-test  
##  
## data: waterintake by infusion  
## t = -3.55371, df = 8, p-value = 0.0074689  
## alternative hypothesis: true difference in means between group high and group low is not equal to 0  
## 95 percent confidence interval:  
## -11.5423014 -2.4576986  
## sample estimates:  
## mean in group ctrl mean in group low  
## 14.8 21.8
```

1. Formulieren Sie das statistische Hypothesenpaar! **(2 Punkte)**
2. Liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**
3. Skizzieren Sie das sich ergebende Konifidenzintervall! **(2 Punkte)**
4. Beschriften Sie die Abbildung und den Graphen entsprechend! **(2 Punkte)**

## 105 Aufgabe

(8 Punkte)

Sie erhalten folgende  Ausgabe der Funktion `t.test()`.

```
##  
## Two Sample t-test  
##  
## data: weight by group  
## t = 0.162938, df = 12, p-value = 0.87328  
## alternative hypothesis: true difference in means between group high and group low is not equal to 0  
## 95 percent confidence interval:  
## -3.5348761 4.1063046  
## sample estimates:  
## mean in group ctrl mean in group trt1  
## 15.571429 15.285714
```

1. Formulieren Sie das statistische Hypothesenpaar! **(2 Punkte)**
2. Liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**
3. Skizzieren Sie die sich ergebenden Boxplots! Welche Annahmen an die Daten haben Sie getroffen? Begründen Sie Ihre Antwort! **(4 Punkte)**

## 106 Aufgabe

(12 Punkte)

Die Anzahl an Nematoden wurde vor und nach einer Behandlung mit einem bioaktiven Dünger gezählt. Es ergibt sich folgende Datentabelle.

| Vorher | Nachher | Differenz | Vorzeichen | Rang | Positiv Rang | Negativ Rang |
|--------|---------|-----------|------------|------|--------------|--------------|
| 11     | 14      |           |            |      |              |              |
| 9      | 15      |           |            |      |              |              |
| 11     | 14      |           |            |      |              |              |
| 12     | 10      |           |            |      |              |              |
| 12     | 10      |           |            |      |              |              |
| 14     | 10      |           |            |      |              |              |
| 11     | 15      |           |            |      |              |              |
| 9      | 16      |           |            |      |              |              |
| 9      | 13      |           |            |      |              |              |
| 9      | 12      |           |            |      |              |              |
| 7      | 11      |           |            |      |              |              |
| 9      | 9       |           |            |      |              |              |
| 5      | 12      |           |            |      |              |              |
| 8      | 14      |           |            |      |              |              |
| 11     | 7       |           |            |      |              |              |

1. Ergänzen Sie die obige Tabelle mit den notwendigen Informationen, die Sie benötigen um einen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zu rechnen! **(4 Punkte)**
2. Bestimmen Sie die Teststatistik  $W$  mit  $W = \min(T_-; T_+)$  und berechnen Sie den erwarteten Wert  $\mu_W = \frac{n \cdot (n + 1)}{4}$ ! **(2 Punkte)**
3. Berechnen Sie anschließend den z-Wert mit  $z = \frac{W - \mu_W}{\sigma_W}$ ! **(2 Punkte)**
4. Liegt mit einer Signifikanzschwelle von  $\alpha = 0.05$  ein Unterschied zwischen den beiden Zeitpunkten vor? Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**
5. Berechnen Sie die Effektstärke mit  $r = \frac{z}{\sqrt{n}}$  und interpretieren Sie die Effektstärke! **(2 Punkte)**

## 107 Aufgabe

(8 Punkte)

Nach einer Behandlung mit RootsGoneX wurde die mittlere Anzahl an Wurzeln an der invasiven Lupine (*Lupinus polyphyllus*) gezählt. Es ergab sich folgender Datensatz an mittleren Wurzelanzahl.

| Treatment  | Count |
|------------|-------|
| RootsGoneX | 12.8  |
| RootsGoneX | 6.5   |
| RootsGoneX | 13.1  |
| RootsGoneX | 7.6   |
| RootsGoneX | 7.6   |
| RootsGoneX | 14.5  |
| RootsGoneX | 9.4   |
| Kontrolle  | 12.7  |
| Kontrolle  | 11.0  |
| Kontrolle  | 17.4  |
| Kontrolle  | 10.2  |
| Kontrolle  | 11.2  |
| Kontrolle  | 13.5  |
| Kontrolle  | 15.2  |

Rechnen Sie einen Mann-Whitney-U-Test auf den obigen Daten.

1. Bestimmen Sie hierfür  $U_c$  mit  $U_c = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$ ! **(4 Punkte)**

2. Geben Sie eine Aussage über die Signifikanz von  $U_c$  durch  $z = \frac{U_c - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}$  und dem kritischen Wert von  $z = 1.96$ . Begründen Sie Ihre Antwort! **(2 Punkte)**

3. Berechnen Sie die Effektstärke mit  $r = |\frac{z}{\sqrt{n}}|$  und interpretieren Sie die Effektstärke! **(2 Punkte)**



## 108 Aufgabe

(9 Punkte)

Die Anzahl an Blüten der Vanillepflanze pro Box wurde nach der Gabe von zusätzlichen Phosphorlösung (Kontrolle, Dosis 20 und Dosis 40) bestimmt. Es ergeben sich folgende nach der Anzahl der Blüten geordnete Daten.

| Treatment | Count | Rang Kontrolle | Rang Dosis 20 | Rang Dosis 40 |
|-----------|-------|----------------|---------------|---------------|
| Dosis 20  | 4.7   |                |               |               |
| Kontrolle | 6.1   |                |               |               |
| Dosis 20  | 7.3   |                |               |               |
| Dosis 20  | 8.1   |                |               |               |
| Kontrolle | 8.6   |                |               |               |
| Kontrolle | 8.7   |                |               |               |
| Kontrolle | 8.9   |                |               |               |
| Kontrolle | 10.8  |                |               |               |
| Dosis 20  | 10.9  |                |               |               |
| Dosis 20  | 11.0  |                |               |               |
| Kontrolle | 11.7  |                |               |               |
| Dosis 40  | 12.8  |                |               |               |
| Kontrolle | 14.2  |                |               |               |
| Dosis 20  | 15.0  |                |               |               |
| Dosis 40  | 15.0  |                |               |               |
| Dosis 40  | 16.0  |                |               |               |
| Dosis 40  | 16.3  |                |               |               |
| Dosis 40  | 19.5  |                |               |               |

Rechnen Sie einen Kruskal-Wallis-Test auf den obigen Daten.

- Bestimmen Sie hierfür  $H_c$  mit  $H_c = \frac{12}{n(n+1)} \left( \frac{R_1^2}{n_1} + \frac{R_2^2}{n_2} + \frac{R_3^2}{n_3} \right) - 3(n+1)!$  (6 Punkte)
- Geben Sie eine Aussage über die Signifikanz von  $H_c$  durch den kritischen Wert von  $H = 5.99!$  (1 Punkt)
- Wie lautet die Nullhypothese die Sie mit dem Kruskal-Wallis-Test überprüfen? (1 Punkt)
- Was sagt ein signifikantes Ergebnis des Kruskal-Wallis-Test in Bezug auf die einzelnen Gruppenvergleiche aus? (1 Punkt)