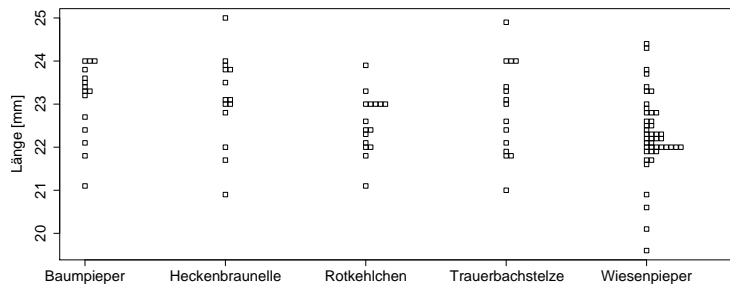


## ÜBUNGEN ZUR WAHRSCHEINLICHKEITSTHEORIE UND STATISTIK FÜR BIOLOGEN

## Blatt 9

**Aufgabe 1** Die Datei `Kuckuckseier.txt` enthält die Längen von Kuckuckseiern, die in Nestern verschiedener Wirtsspezies gefunden wurden (ein Teil des Datensatzes aus O.H. Latter, *The Egg of Cuculus Canorus ...*, *Biometrika* **1**, 164–176 (1902)). Führen Sie mit diesen Daten eine Varianzanalyse durch und prüfen Sie die Hypothese, dass die Länge nicht von der Wirtsspezies abhängt. Sie können von Hand rechnen oder R benutzen, geben Sie die Werte der Quadratsummen und der  $F$ -Statistik an. Wie ist  $F$  unter der Hypothese verteilt, dass die mittlere Länge bei allen Wirtsspezies gleich ist?



**Aufgabe 2** Eine Nutzpflanze wurde auf einer Versuchsfläche angebaut, die in 50 gleich große Abschnitte unterteilt war. Die Abschnitte wurden mit fünf verschiedenen Düngemitteln behandelt, je 10 Abschnitte mit dem selben Dünger. Die Erträge der einzelnen Abschnitte und die eingesetzten Düngemittel finden Sie in der Datei `duenger.txt`.

- Visualisieren Sie die Daten in angemessener Weise.
- Untersuchen Sie mittels einer Varianzanalyse, ob die Wahl des Düngemittels einen signifikanten Einfluss auf den Ertrag hat.
- Zwischen welchen Düngemitteln gibt es signifikante Unterschiede? Stellen Sie paarweise Vergleiche an.
- Verwenden Sie mindestens drei verschiedene Möglichkeiten, bei (b) die  $p$ -Werte in Hinblick auf das multiple Testen zu korrigieren, und Vergleichen Sie die Ergebnisse.

**Aufgabe 3** Aus drei verschiedenen Seen wurden jeweils fünf Welse gefangen. Es soll untersucht werden, ob es zwischen den Seen Unterschiede in Hinblick auf die Größe der Welse gibt. Die Datei `welse.txt` enthält die Gewichte der Welse in kg.

- Visualisieren Sie die Daten in angemessener Weise.
- Führen Sie Schritt für Schritt, also ohne Verwendung des R-Befehls `kruskal.test()`, einen Kruskal-Wallis-Test durch, um zu untersuchen, ob sich die Größenverteilungen der Welse in den Seen unterscheiden.
- Überprüfen Sie Ihr Ergebnis mit dem R-Befehl `kruskal.test()`.

- (d) Führen Sie nun auch eine Varianzanalyse durch und vergleichen Sie die Ergebnisse der beiden Tests. Wie lassen sich die Unterschiede erklären?
- (e) Welches Fazit ziehen Sie in Hinblick auf die Welse? Formulieren Sie Ihr Ergebnis in einem Satz.

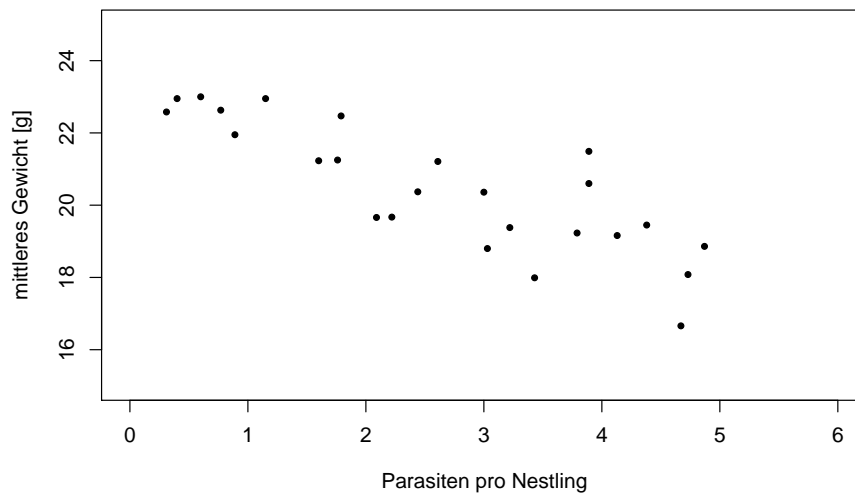
**Aufgabe 4** In einem Teich befindet sich eine unbekannte Anzahl  $N$  von Karpfen. Um  $N$  zu schätzen, wurden 50 Karpfen gefangen, markiert und wieder zurückgesetzt. Eine Woche später wurden 60 Karpfen gefangen, darunter waren 13 markierte.

a) Wie wahrscheinlich ist es, beim Fang von 60 Karpfen aus  $N - 50$  nicht-markierten und 50 markierten Fischen genau 13 markierte zu finden (wir nehmen dabei an, dass die markierten und die unmarkierten Fische sich wieder gut durchmischt haben)?

b) Schätzen Sie die Anzahl Karpfen  $N$  im Teich anhand der Informationen aus der Aufgabenstellung (bestimmen Sie beispielsweise den Maximum-Likelihood-Schätzer).

**Aufgabe 5** Nestlinge der Schwalbe *Hirundo pyrrhonota* werden oft von dem Parasiten *Oeciacus vicarius* befallen. In 25 Nestern mit Nestlingen im Alter von 10 Tagen wurde die Anzahl Parasiten pro Nestling und das mittlere Gewicht der Nestlinge bestimmt. Die Beziehung zwischen dem Gewicht  $G$  und der Parasitenzahl  $P$  scheint ungefähr linear zu sein:  $G = a + b \cdot P$ .

**Koerpergewicht und Parasitenbefall (25 Nester)**



- (a) Zeichnen Sie die Regressionsgerade nach Augenmaß ein.
- (b) Schätzen Sie nach Augenmaß den Achsenabschnitt  $a$ .
- (c) Was ist die biologische Bedeutung von  $a$ ? (z.B.: “ $a$  ist das mittlere Gewicht...” )
- (d) Schätzen Sie nach Augenmaß die Steigung  $b$ .
- (e) Was ist die biologische Bedeutung von  $b$ ? (z.B.: “Jeder zusätzliche Parasit...”)
- (f) Schätzen Sie (zur nächsten ganzen Zahl), den Standardfehler  $s$  der Regression.

- (g) In einem Nest mit leichtem Parasitenbefall gibt es 1.5 Parasiten pro Nestling. Schätzen Sie mit Hilfe Ihrer Schätzungen von  $a$  und  $b$  das mittlere Gewicht der Nestlingen. Mit einem wie großen typischen Fehler müssen Sie bei Ihrer Vorhersage rechnen?

### Aufgabe 6

$x$	$y$	
1.2	5.4	Berechnen Sie mit Papier, Bleistift und Taschenrechner die Regressionsgerade für die in der Tabelle gegebenen vier Wertepaare für Merkmal $x$ und Zielgröße $y$ und fertigen Sie eine Skizze an. Hängt $y$ signifikant von $x$ ab?
2.3	2.1	
3.4	3.1	
5.0	3.2	

### Anhang

#### 95%-Quantil der $\chi^2$ -Verteilung in Abhängigkeit der Anzahl Freiheitsgrade

Freiheitsgrade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Quantil	3.84	5.99	7.81	9.49	11.07	12.59	14.07	15.51	16.92	18.31	19.68	21.03

#### 99%-Quantil der $\chi^2$ -Verteilung in Abhängigkeit der Anzahl Freiheitsgrade

Freiheitsgrade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Quantil	6.63	9.21	11.34	13.28	15.09	16.81	18.48	20.09	21.67	23.21	24.72	26.22