

# Biostatistik, SS 2016

## Deskriptive Statistik

Matthias Birkner

<http://www.staff.uni-mainz.de/birkner/Biostatistik16/>

13.5.2016



JOHANNES GUTENBERG  
UNIVERSITÄT MAINZ

# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

*It is easy to lie with statistics.*

Andrejs Dunkels

*It is easy to lie with statistics.  
It is hard to tell the truth without it.*

Andrejs Dunkels



# Was ist Statistik?

Die Natur ist voller Variabilität.

# Was ist Statistik?

Die Natur ist voller Variabilität.

Wie geht man mit variablen Daten um?

# Was ist Statistik?

Die Natur ist voller Variabilität.

Wie geht man mit variablen Daten um?

Es gibt eine mathematische Theorie des

Zufalls:

die **Stochastik**.

# Idee der Statistik

Variabilität

durch

Zufall

modellieren.

# Idee der Statistik

Variabilität

(Erscheinung der Natur)

durch

Zufall

modellieren.

# Idee der Statistik

Variabilität

(Erscheinung der Natur)

durch

Zufall

(mathematische Abstraktion)

modellieren.

# Statistik

=

## Datenanalyse

mit Hilfe

## stochastischer Modelle

# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R



# Beispiel

Daten aus einer Diplomarbeit aus 2001 am  
Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt  
am Main

Crustaceensektion

*Leitung: Dr. Michael Türkay*



Charybdis acutidens TÜRKAY 1985

# Der Springkrebs

## *Galathea intermedia*



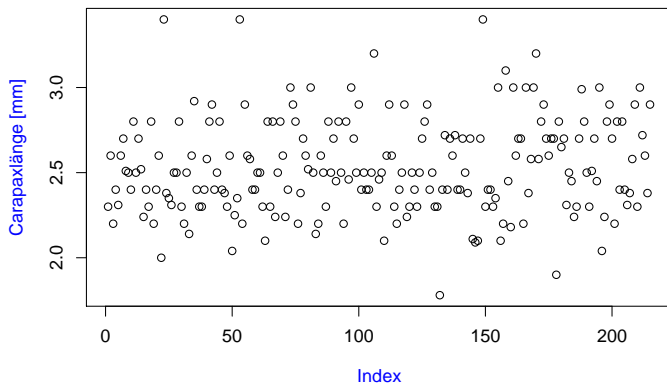
# Helgoländer Tiefe Rinne, Fang vom 6.9.1988

Carapaxlänge (mm):

Nichteiertragende Weibchen ( $n = 215$ )

2,9	3,0	2,9	2,5	2,7	2,9	2,9	3,0
3,0	2,9	3,4	2,8	2,9	2,8	2,8	2,4
2,8	2,5	2,7	3,0	2,9	3,2	3,1	3,0
2,7	2,5	3,0	2,8	2,8	2,8	2,7	3,0
2,6	3,0	2,9	2,8	2,9	2,9	2,3	2,7
2,6	2,7	2,5	.	.	.	.	.

## Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215

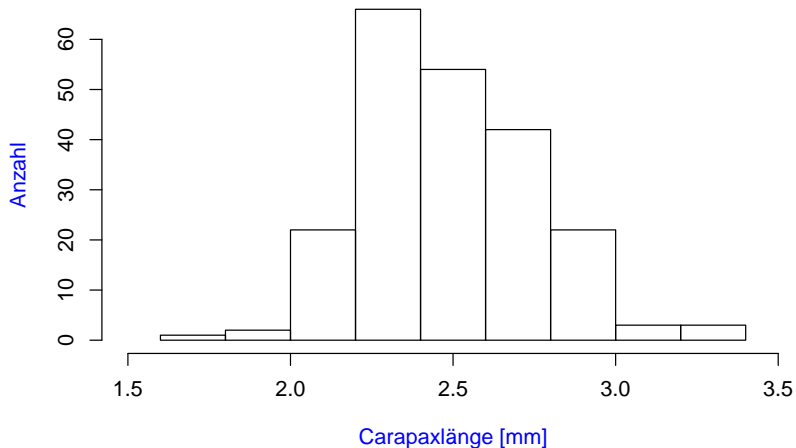


# Inhalt

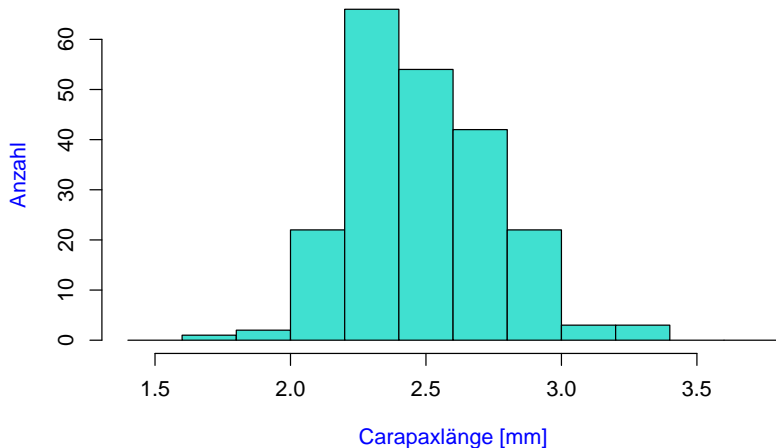
- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

Eine Möglichkeit der graphischen  
Darstellung:  
das Histogramm

## Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215

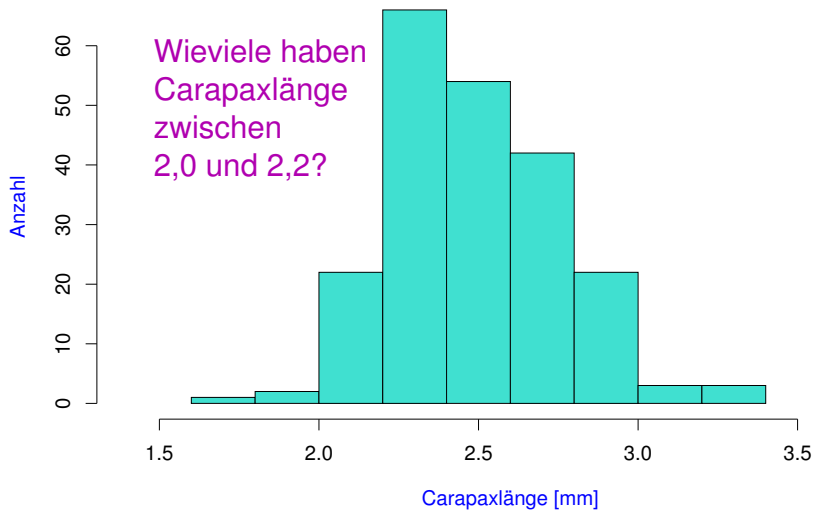


## Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215

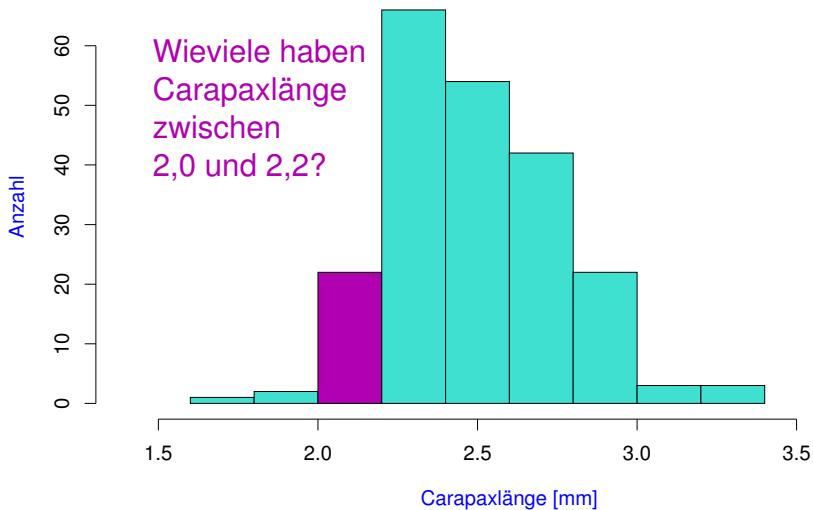




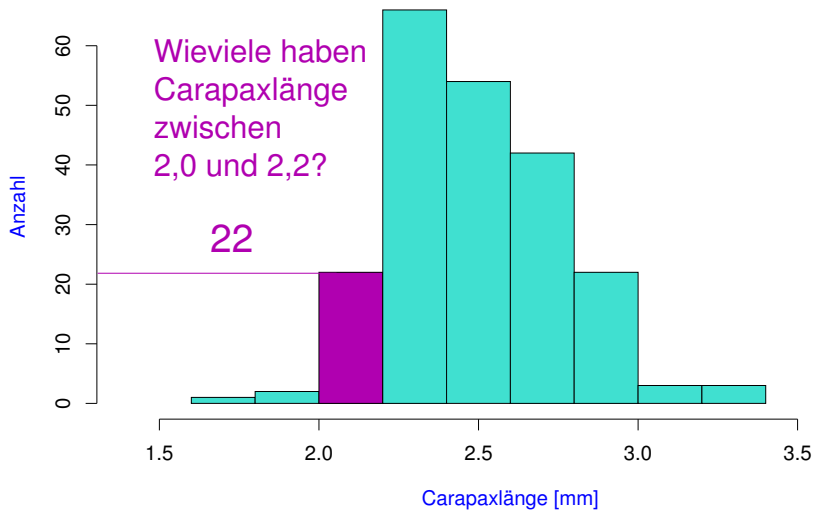
## Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



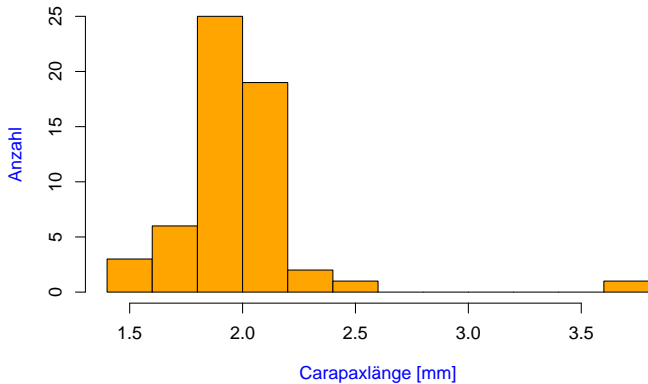
## Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



## Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215

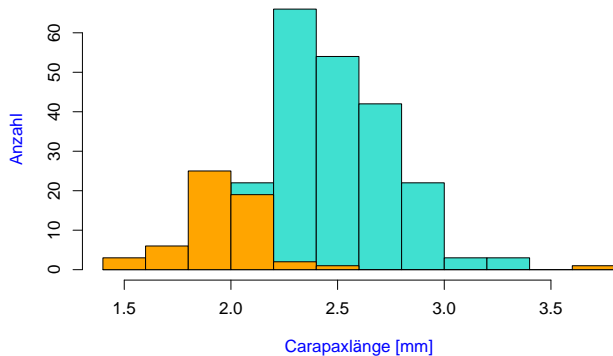


# Analoge Daten zwei Monate später (3.11.88):

**Nichteiertragende Weibchen am 3. Nov. '88, n=57**

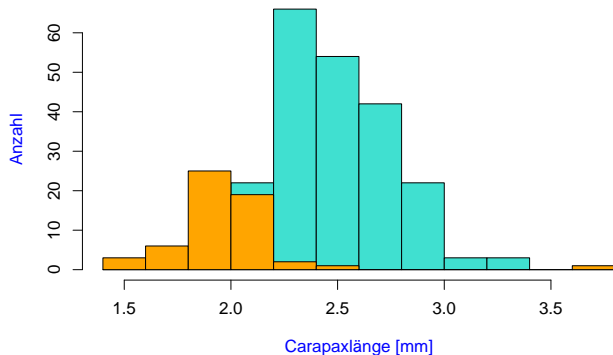
# Vergleich der beiden Verteilungen

## Nichteiertragende Weibchen



# Vergleich der beiden Verteilungen

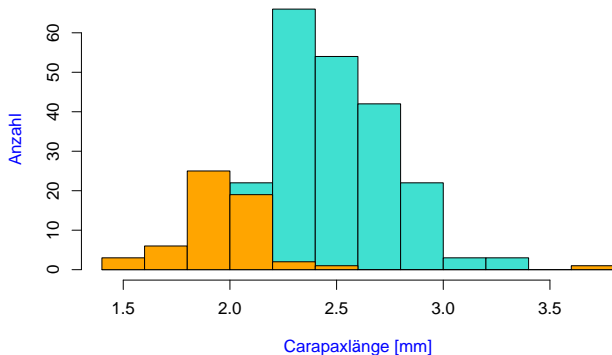
## Nichteiertragende Weibchen



Problem: ungleiche Stichprobenumfänge: 6.Sept:  $n = 215$   
3.Nov :  $n = 57$

# Vergleich der beiden Verteilungen

## Nichteiertragende Weibchen

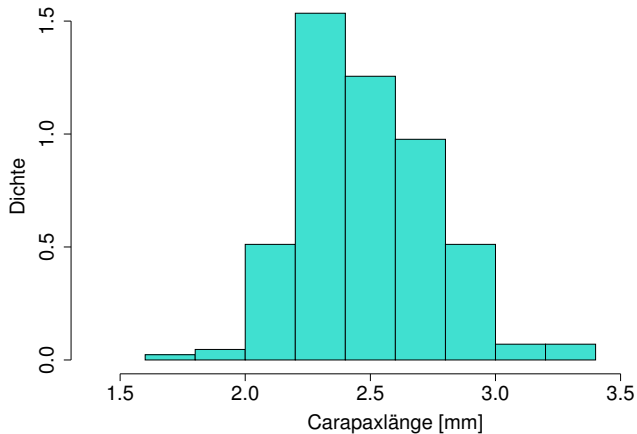


Problem: ungleiche Stichprobenumfänge: 6.Sept:  $n = 215$   
 3.Nov :  $n = 57$

Idee: stauche vertikale Achse so, dass Gesamtfläche = 1.

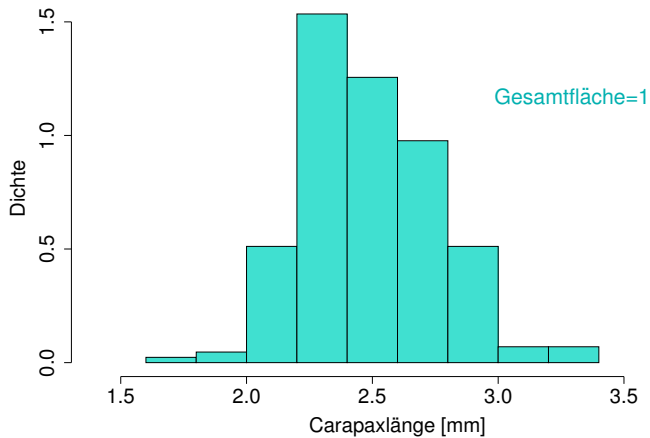


Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215

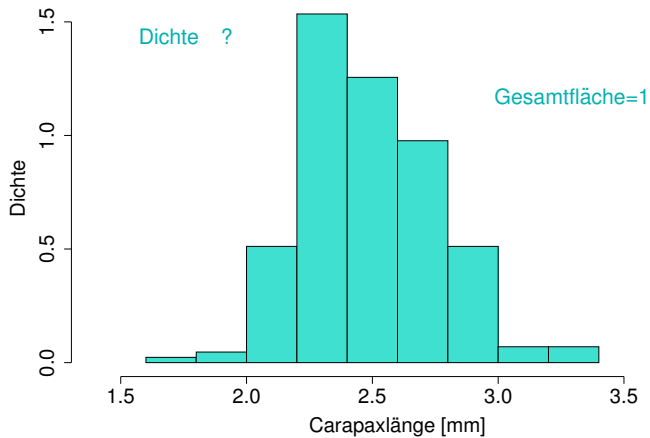


Die neue  
vertikale Koordinate  
ist jetzt eine  
**Dichte**  
(engl. **density**).

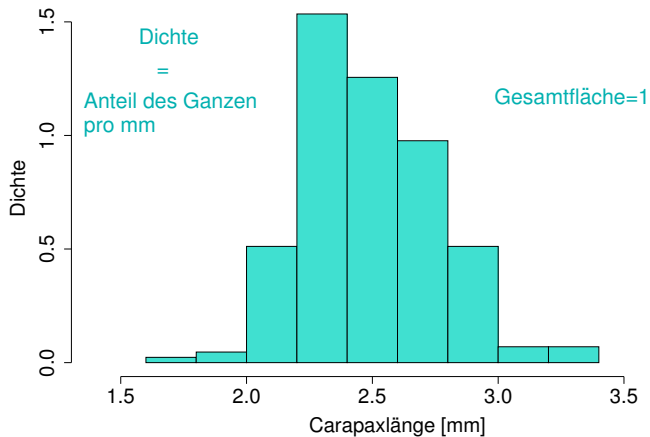
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



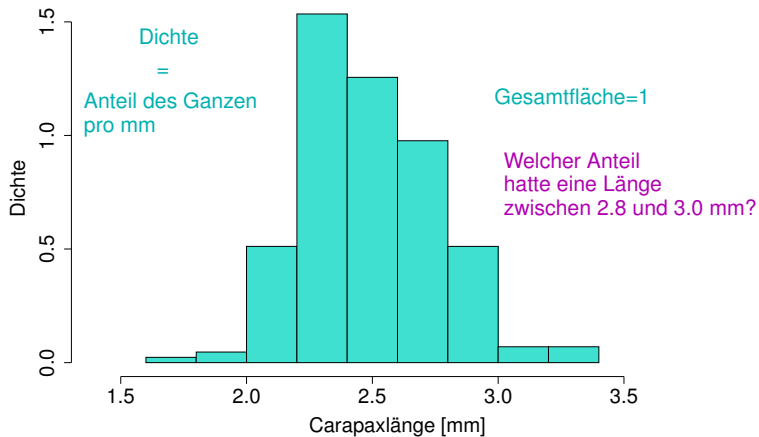
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



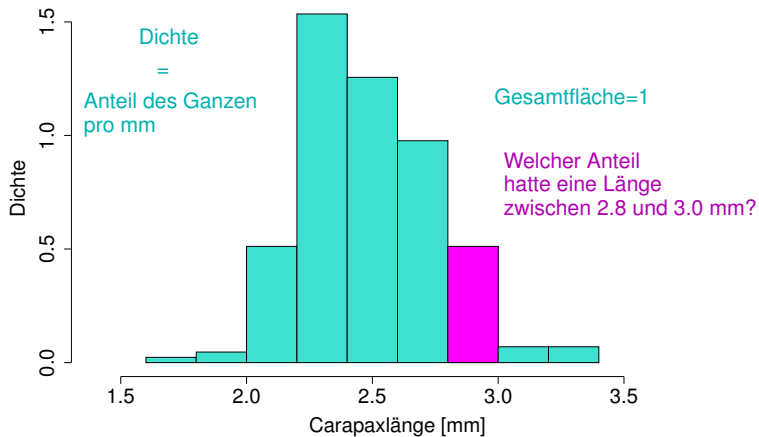
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



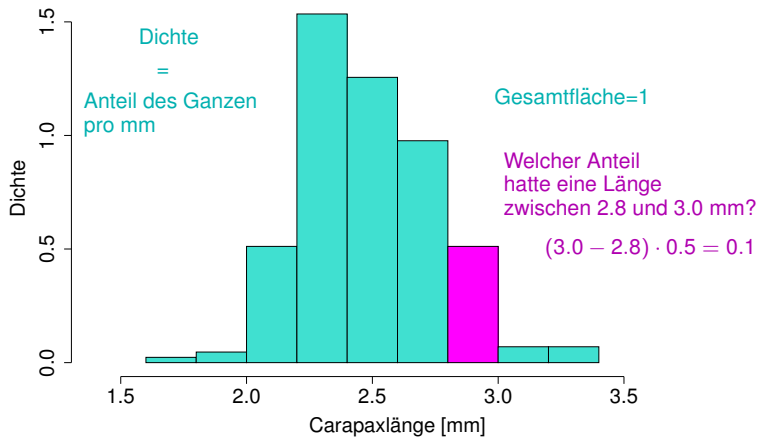
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215

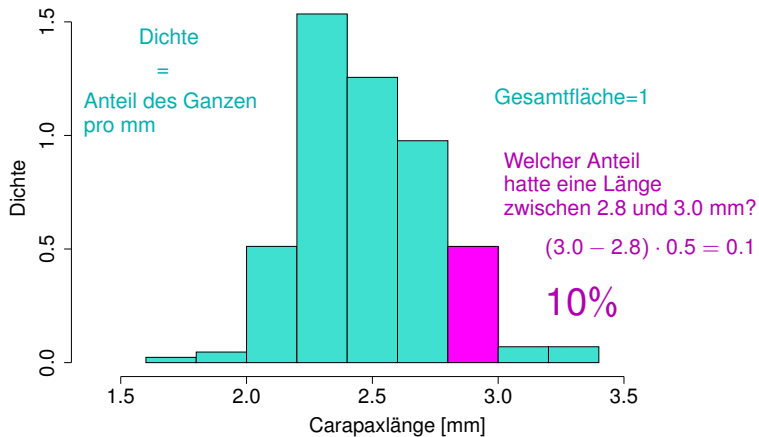


Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215





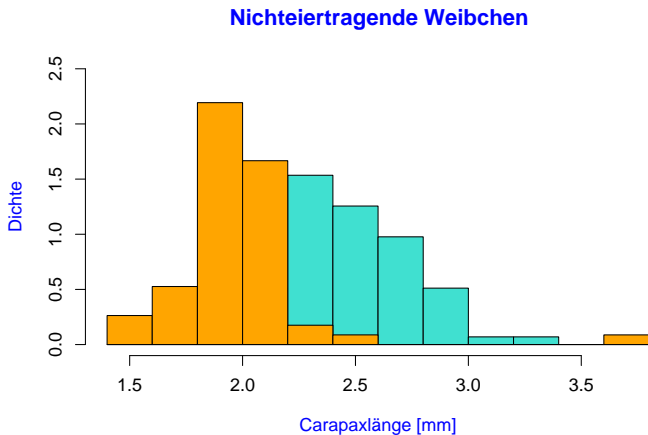
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



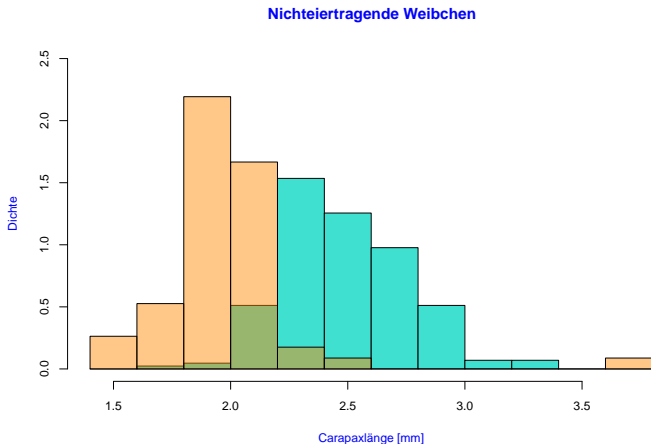
Die beiden Histogramme sind jetzt  
vergleichbar

Die beiden Histogramme sind jetzt  
vergleichbar  
(sie haben dieselbe Gesamtfläche).

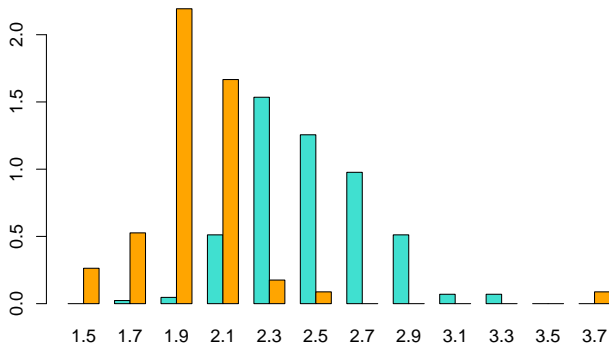
# Versuche, die Histogramme zusammen zu zeigen:



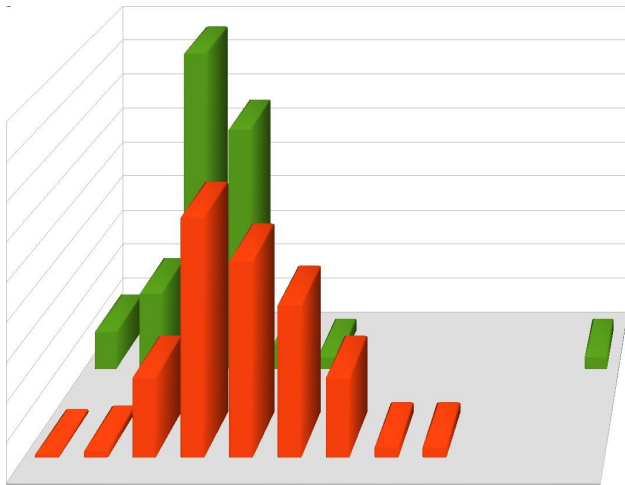
# Versuche, die Histogramme zusammen zu zeigen:



# Versuche, die Histogramme zusammen zu zeigen:



# Versuche, die Histogramme zusammen zu zeigen:



# Vorschlag

Total abgefahrene 3D-Plots können in der Werbung nützlich sein



# Vorschlag

Total abgefahrene 3D-Plots können in der Werbung nützlich sein,  
für die Wissenschaft sind einfache und klare 2D-Darstellungen  
meistens angemessener.

# Problem

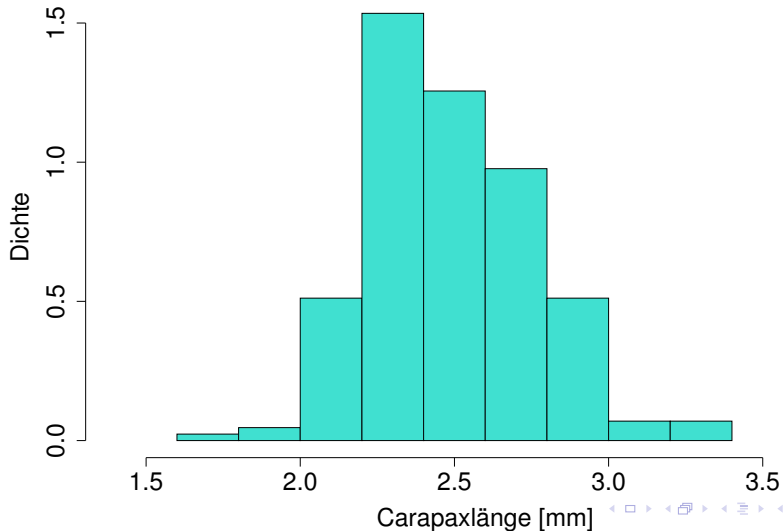
Histogramme kann man nicht ohne weiteres  
in demselben Graphen  
darstellen,

# Problem

Histogramme kann man nicht ohne weiteres  
in demselben Graphen  
darstellen,  
weil sie einander  
überdecken würden.

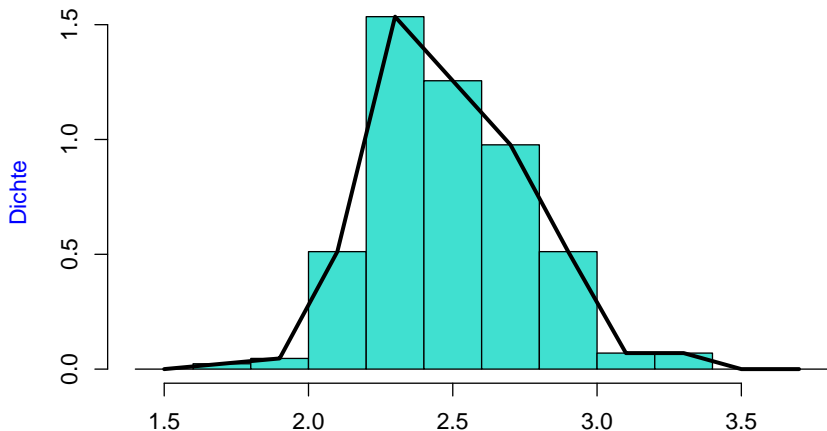
# Einfache und klare Lösung: Dichtepolygone

Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



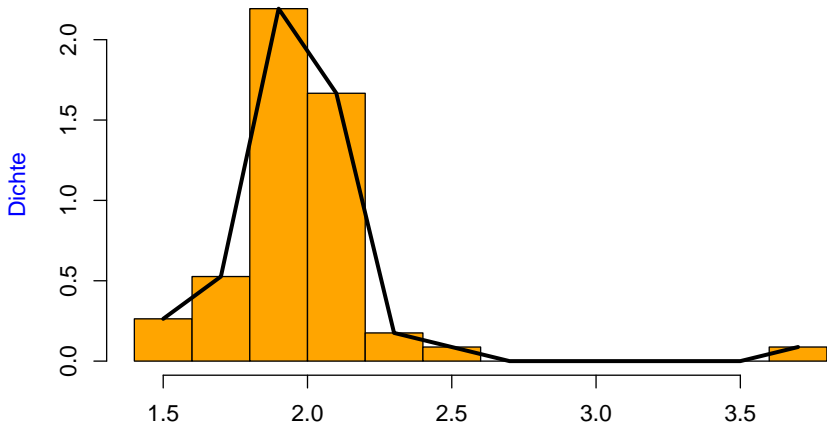
# Einfache und klare Lösung: Dichtepolygone

Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215

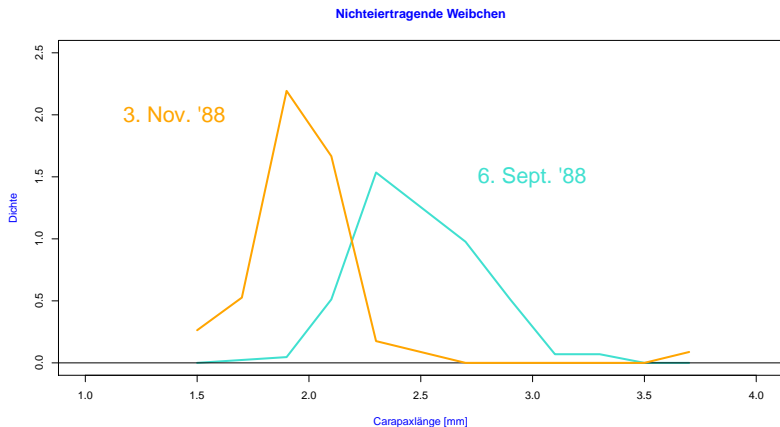


# Einfache und klare Lösung: Dichtepolygone

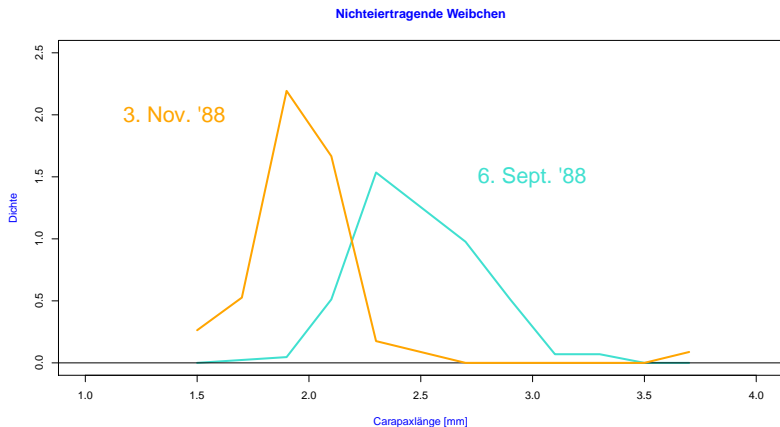
Nichteiertragende Weibchen am 3. Nov. '88, n=57



# Zwei und mehr Dichtepolygone in einem Plot

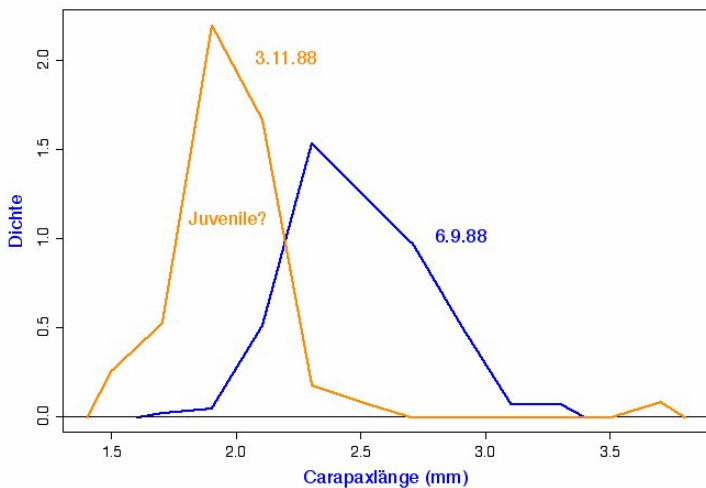


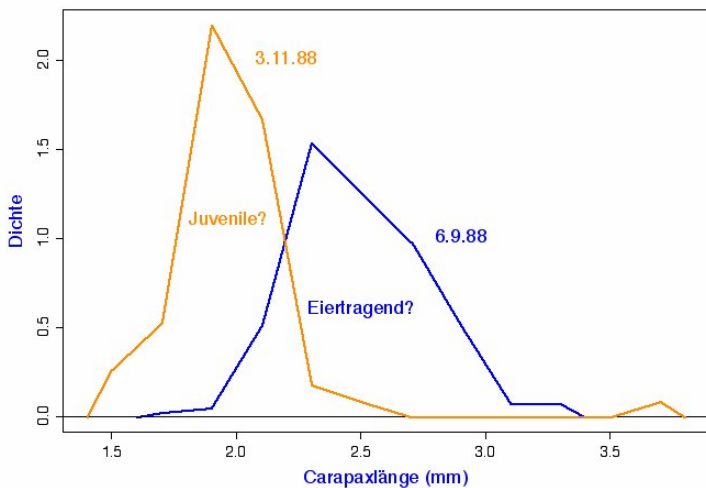
# Zwei und mehr Dichtepolygone in einem Plot

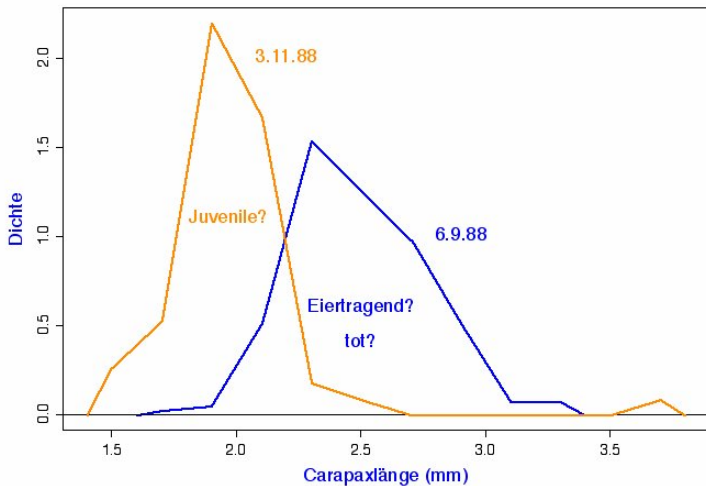


Biologische Interpretation der Verschiebung?

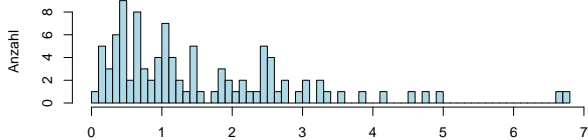


*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88 und 3.11.88*

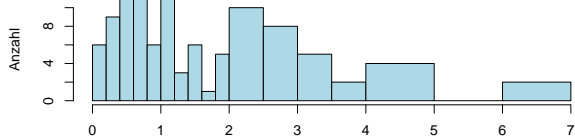
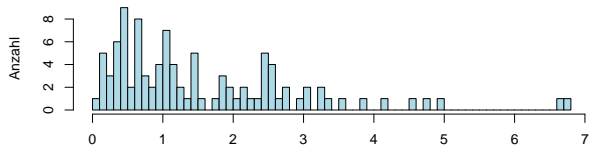
*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88 und 3.11.88*

*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88 und 3.11.88*

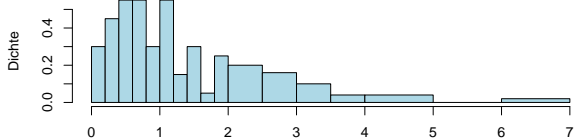
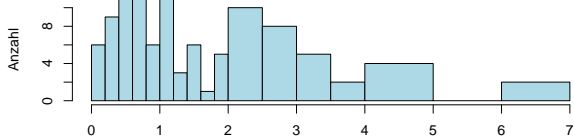
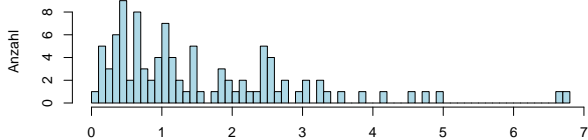
# Anzahl vs. Dichte



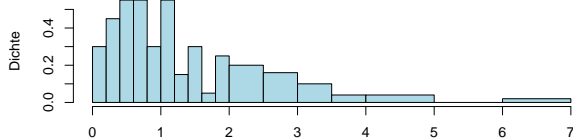
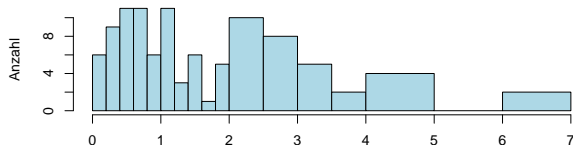
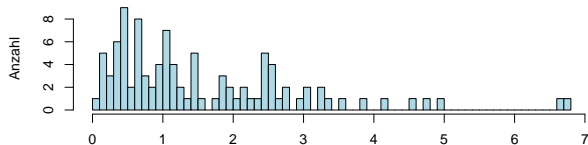
# Anzahl vs. Dichte



# Anzahl vs. Dichte



# Anzahl vs. Dichte



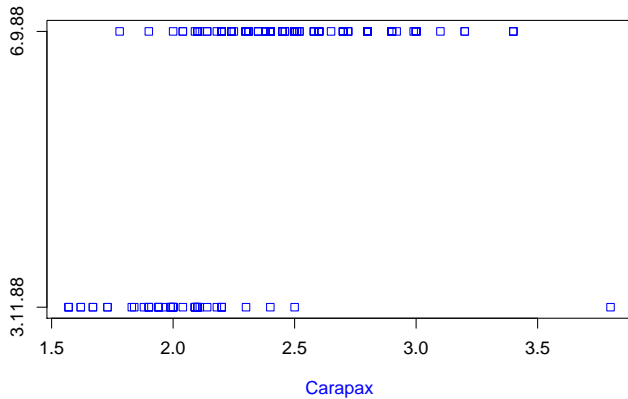
Also:

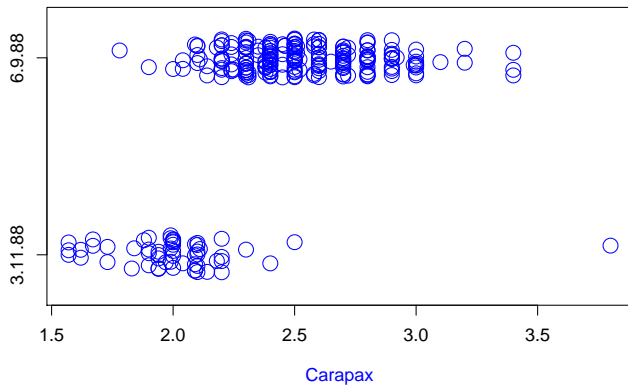
Bei Histogrammen  
mit ungleichmäßiger  
Unterteilung immer  
Dichten verwenden!

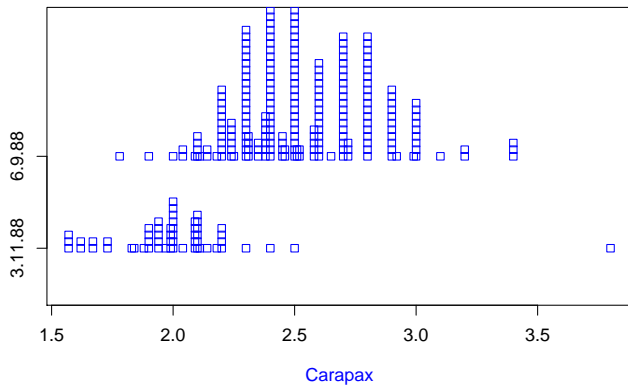
# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 **Graphische Darstellungen**
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - **Stripcharts**
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

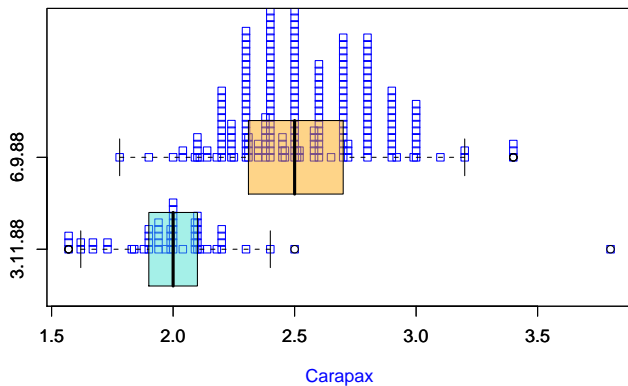




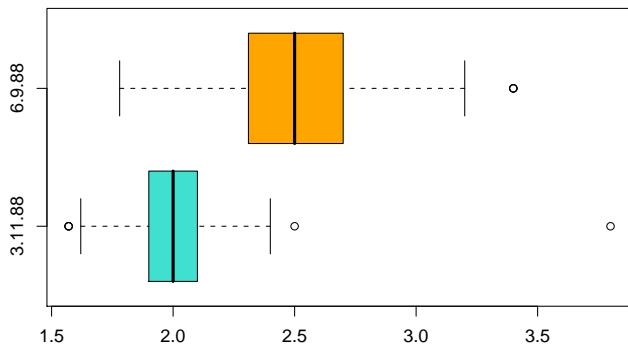




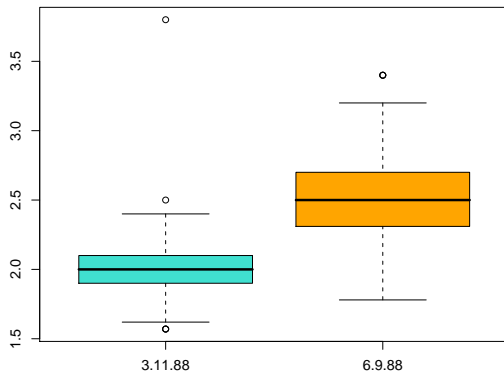
## Stripchart + Boxplots, horizontal



## Boxplots, horizontal



## Boxplots, vertikal



Histogramme und Dichtepolygone  
geben  
ein ausführliches Bild  
eines Datensatzes.

Histogramme und Dichtepolygone  
geben  
ein ausführliches Bild  
eines Datensatzes.

Manchmal zu ausführlich.



# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 **Graphische Darstellungen**
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - **Boxplots**
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

# Zu viel Information erschwert den Überblick



Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum

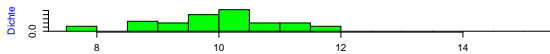
# Zu viel Information erschwert den Überblick

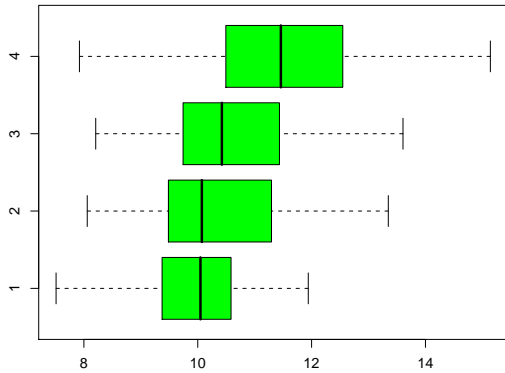


Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum

Wald?

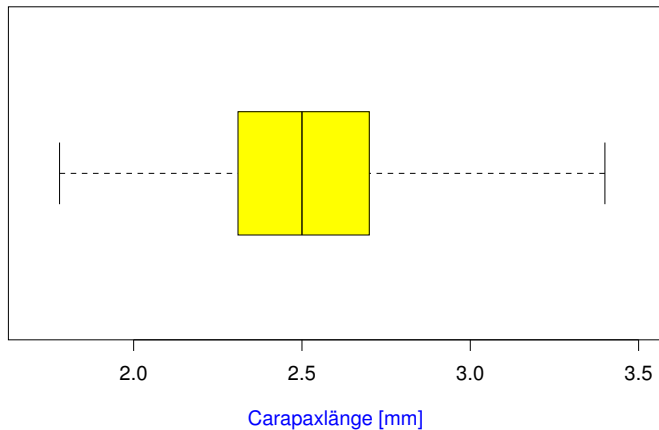
# Beispiel: Vergleich von mehreren Gruppen





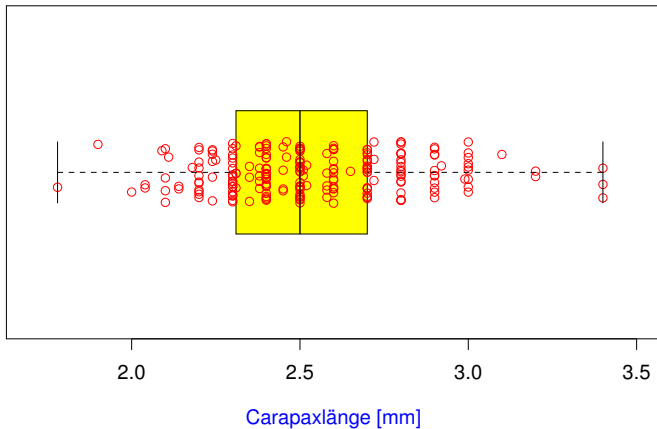
# Der Boxplot

## Boxplot, einfache Ausführung



# Der Boxplot

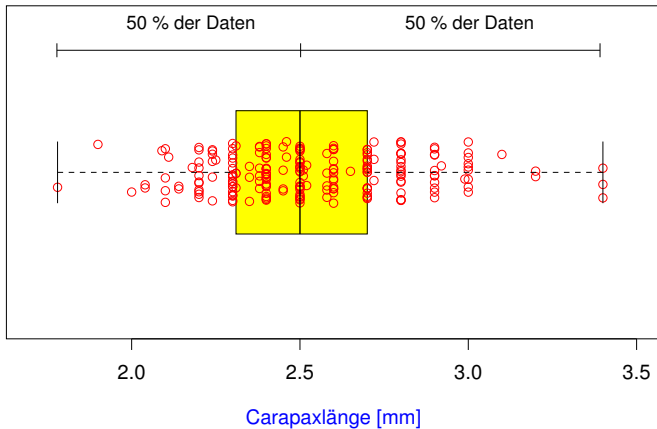
## Boxplot, einfache Ausführung





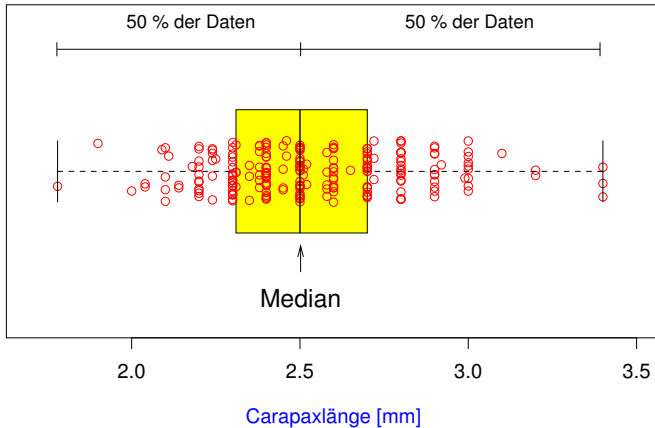
# Der Boxplot

## Boxplot, einfache Ausführung



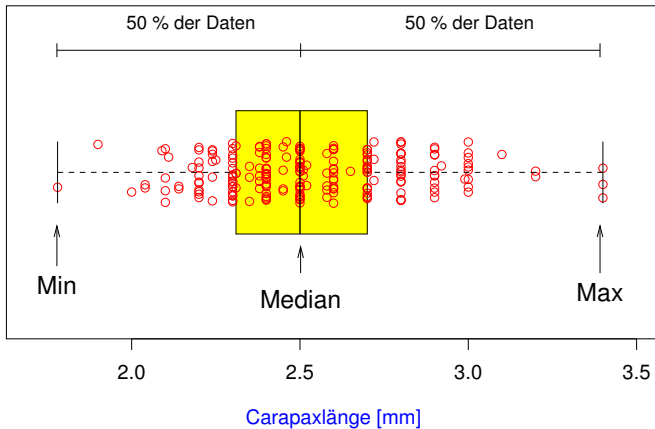
# Der Boxplot

## Boxplot, einfache Ausführung



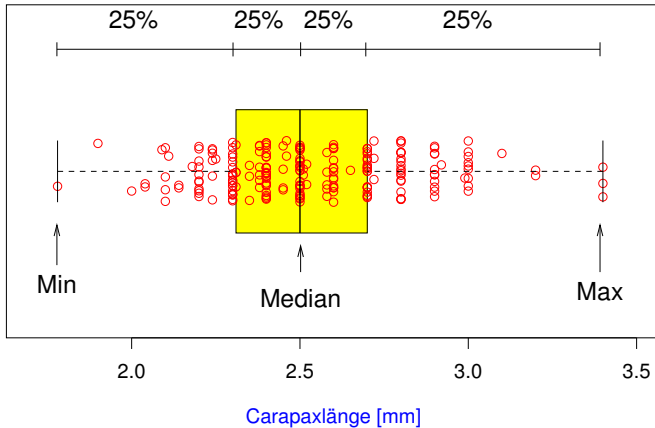
# Der Boxplot

## Boxplot, einfache Ausführung



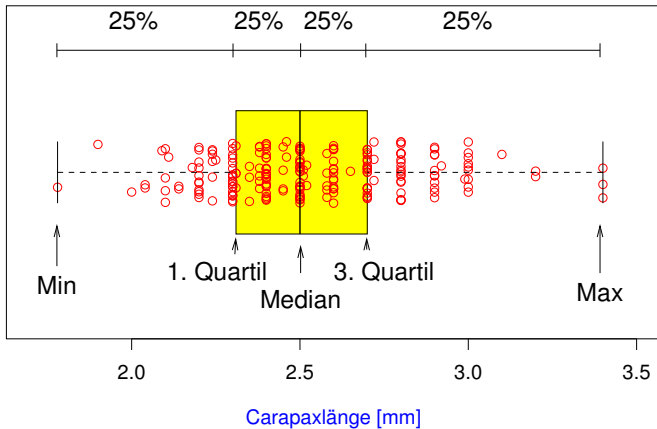
# Der Boxplot

## Boxplot, einfache Ausführung



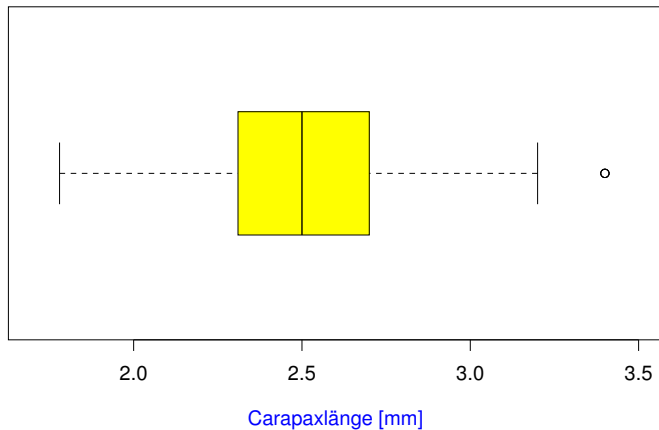
# Der Boxplot

## Boxplot, einfache Ausführung



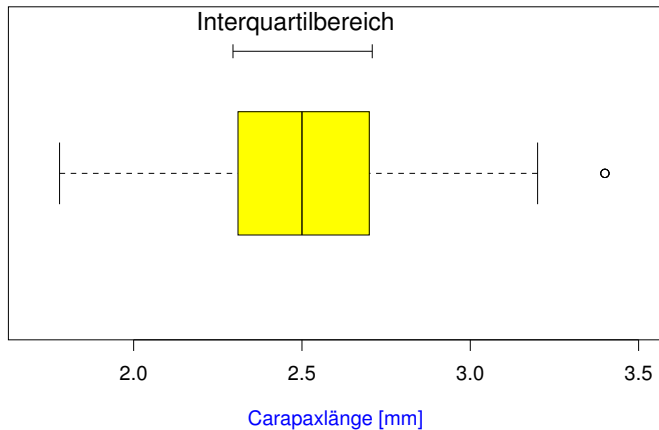
# Der Boxplot

## Boxplot, Standardausführung



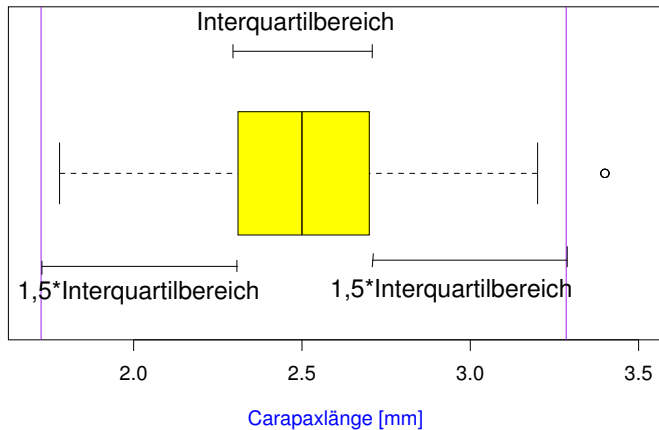
# Der Boxplot

## Boxplot, Standardausführung



# Der Boxplot

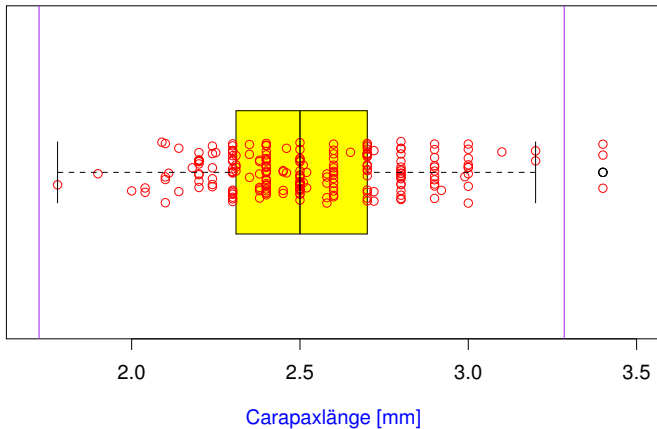
## Boxplot, Standardausführung





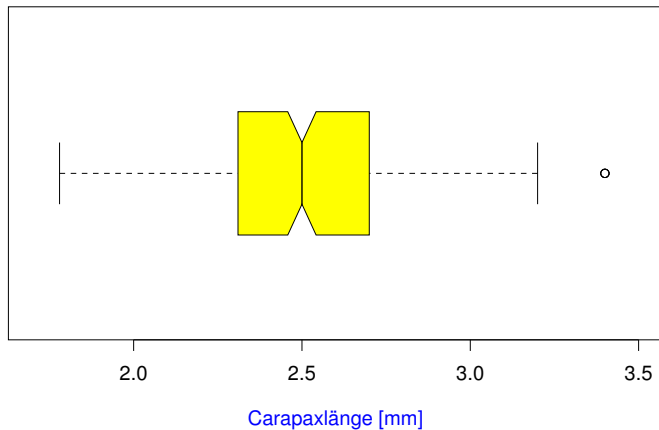
# Der Boxplot

## Boxplot, Standardausführung



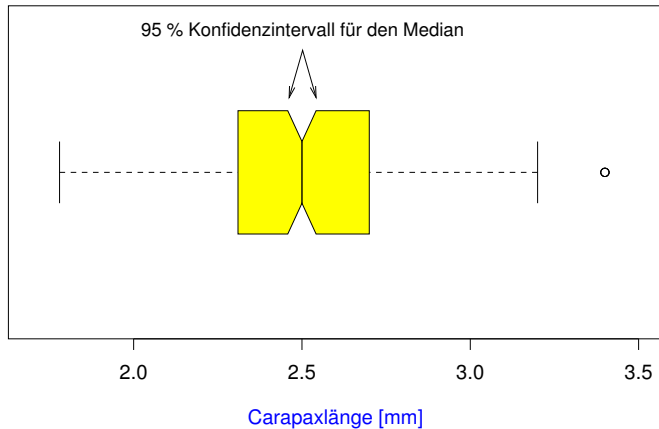
# Der Boxplot

## Boxplot, Profiausstattung



# Der Boxplot

## Boxplot, Profiausstattung



# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 **Graphische Darstellungen**
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - **Beispiel: Ringeltaube**
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

Beispiel:

Die Ringeltaube

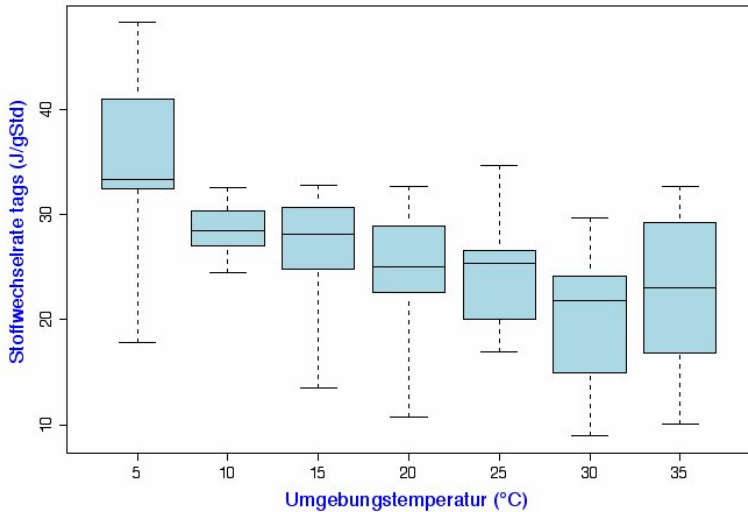
*Palumbus palumbus*



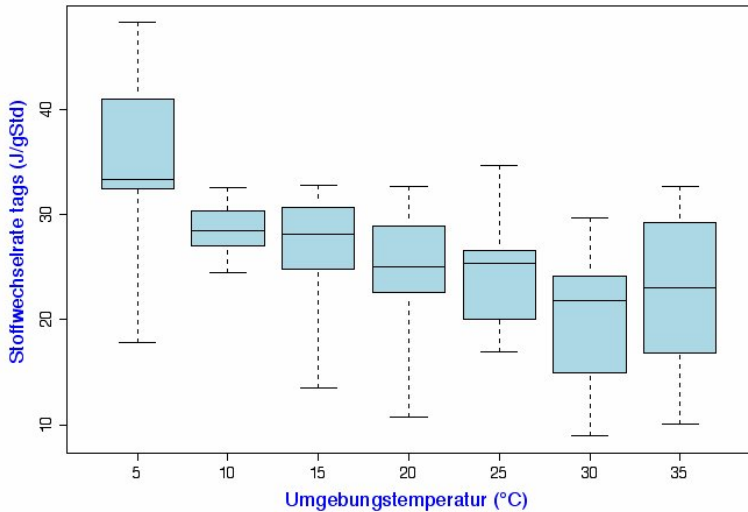
Wie hängt die Stoffwechselrate bei der Ringeltaube von der Umgebungstemperatur ab?

Daten  
aus dem  
AK Stoffwechselphysiologie  
Prof. Prinzinger  
Universität Frankfurt

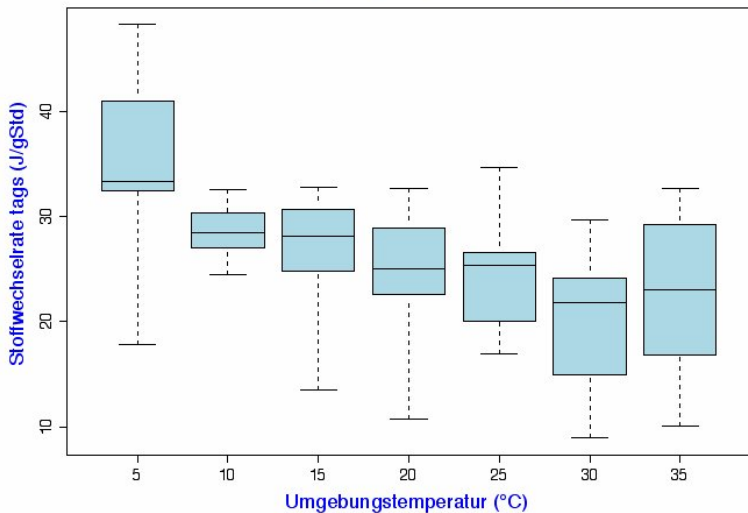


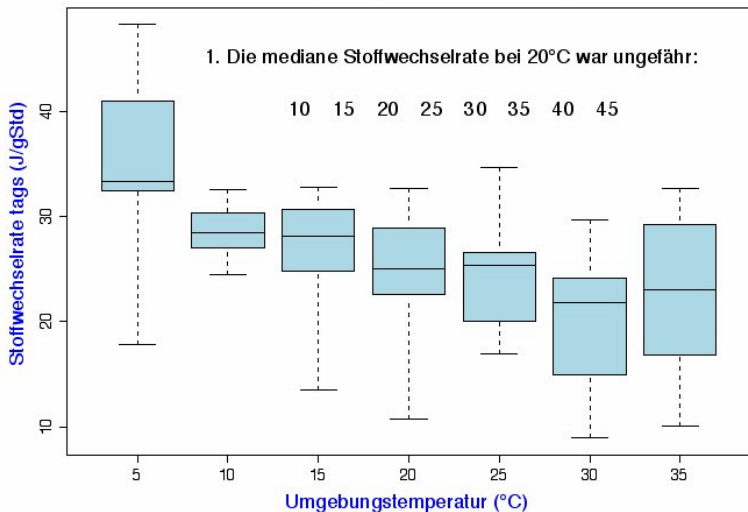
*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

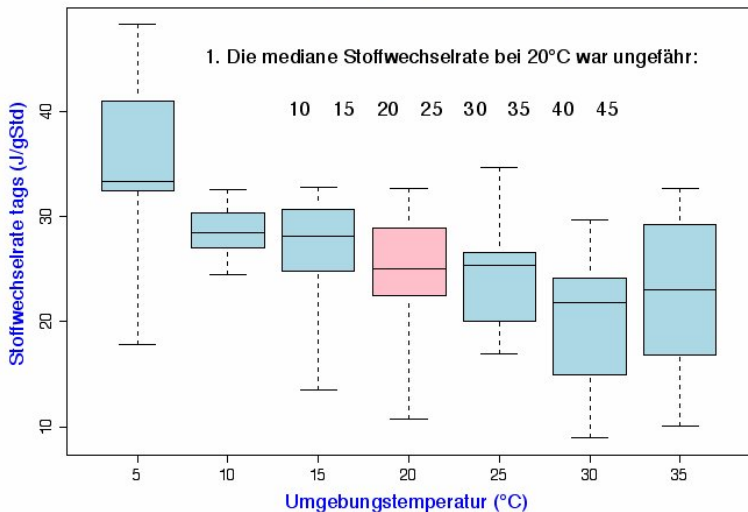
Klar:  
Stoffwechselrate  
höher  
bei  
tiefen Temperaturen

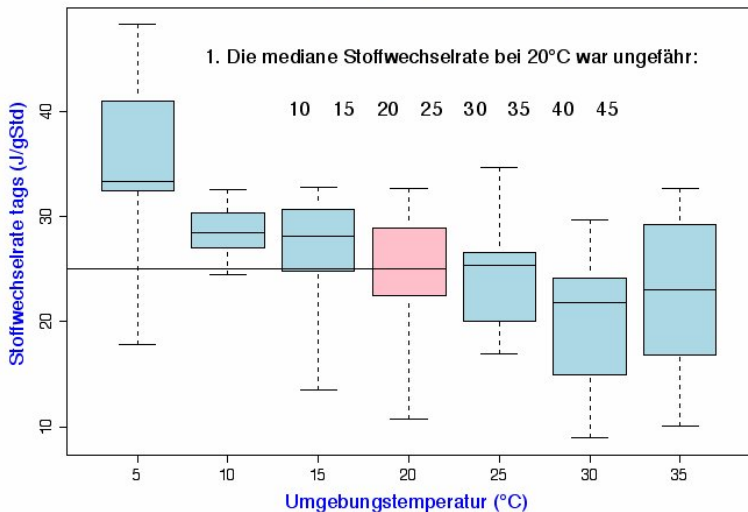
*Stoffwechselrate tags (J/gStd) und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

Vermutung:  
Bei **hohen** Temperaturen  
nimmt die Stoffwechselrate  
wieder zu  
(Hitzestress).

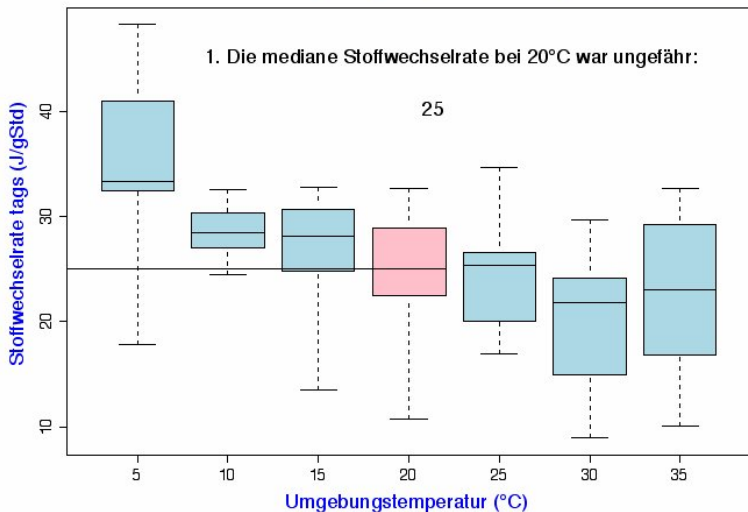
*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

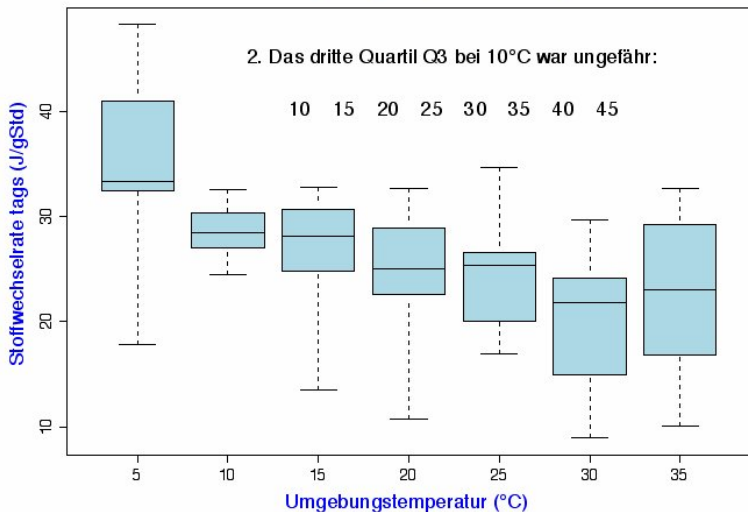
*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

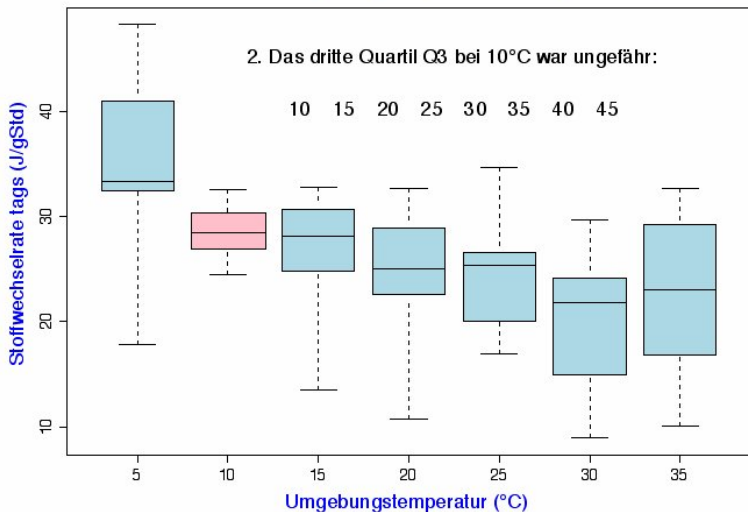
*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

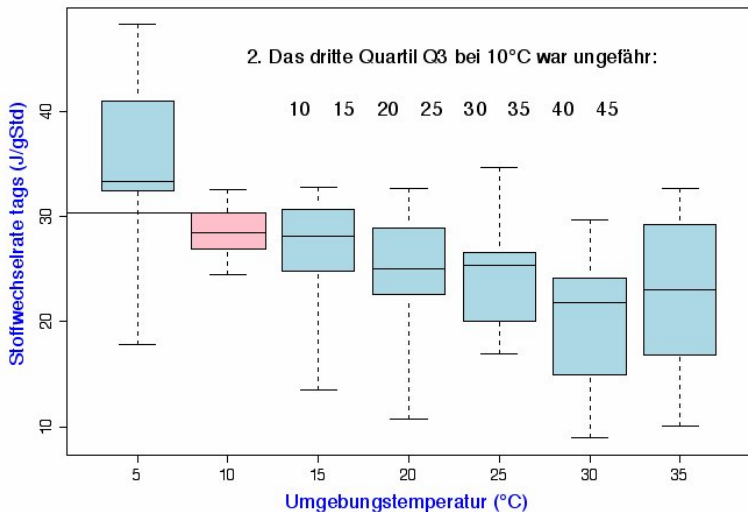


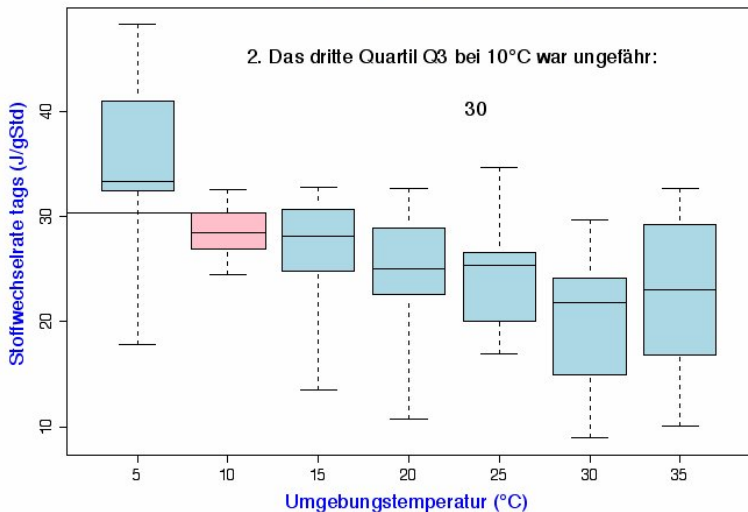
*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*



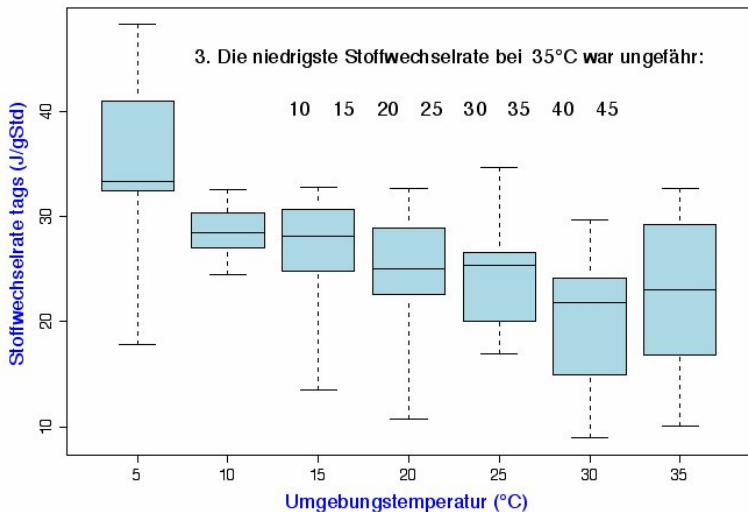
*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

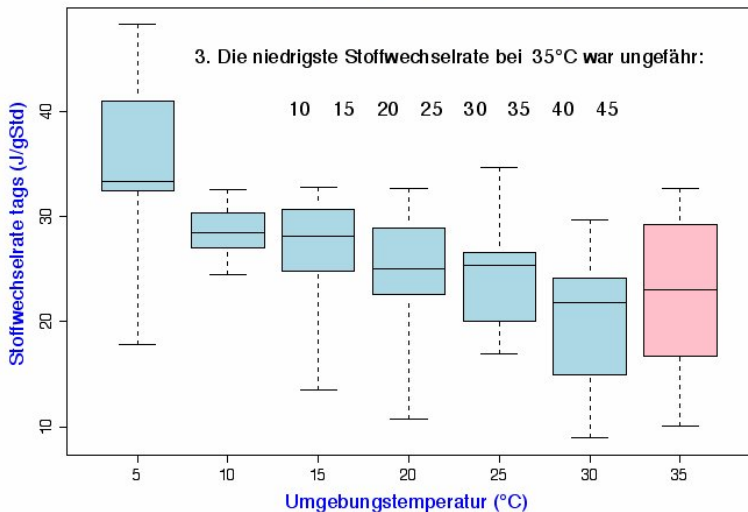
*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

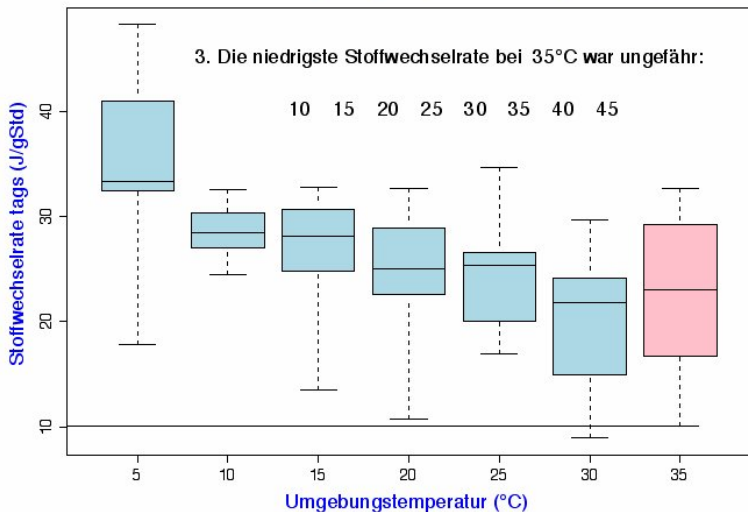
*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

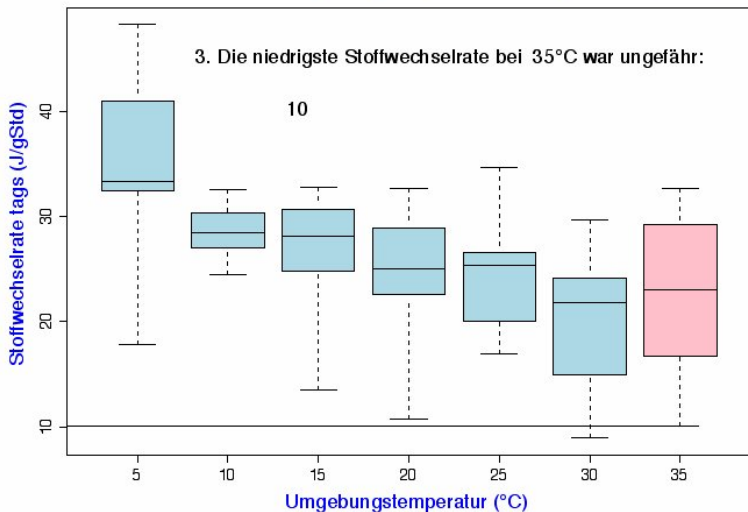


*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*



*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*

*Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)*



# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 **Graphische Darstellungen**
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - **Beispiel: Darwin-Finken**
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

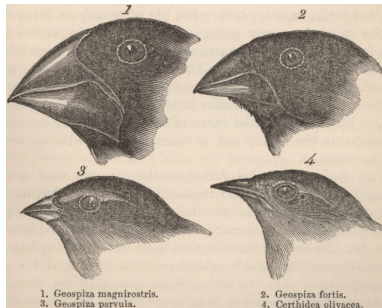
# Charles Robert Darwin (1809-1882)



# Charles Robert Darwin (1809-1882)



# Darwin-Finken



[http:](http://darwin-online.org.uk/graphics/Zoology_Illustrations.html)

[//darwin-online.org.uk/graphics/Zoology\\_Illustrations.html](http://darwin-online.org.uk/graphics/Zoology_Illustrations.html)



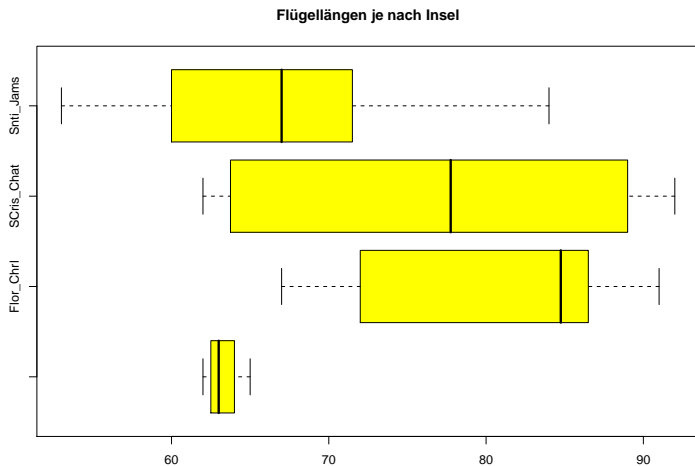
# Darwins Finken-Sammlung



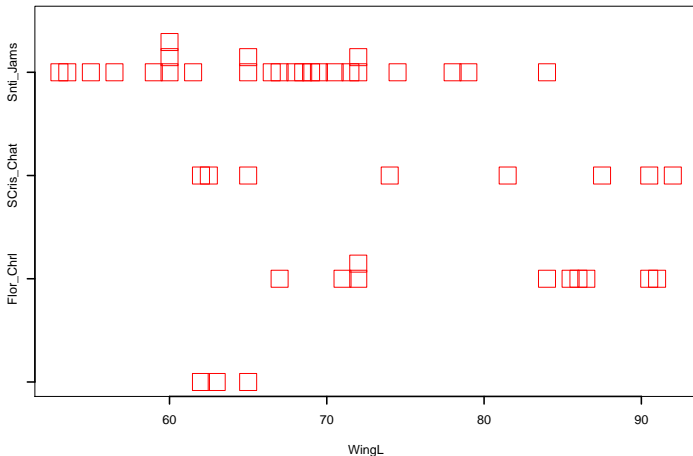
Sulloway, F.J. (1982) The Beagle collections of Darwin's Finches (Geospizinae). *Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology series* **43**: 49-94.

- ▶ <http://datadryad.org/repo/handle/10255/dryad.154>

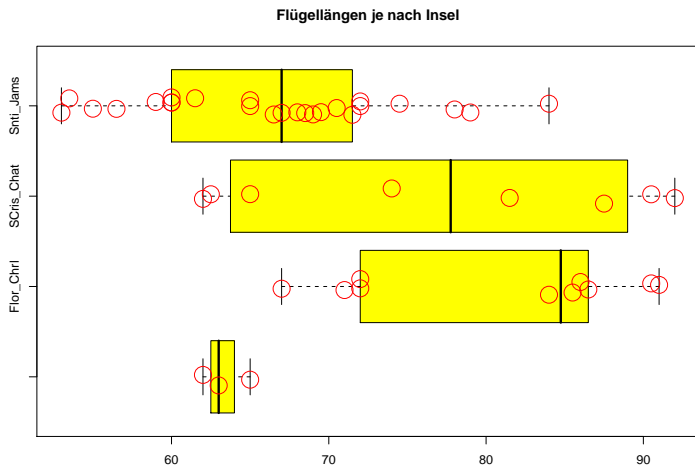
# Flügelängen der Darwin-Finken



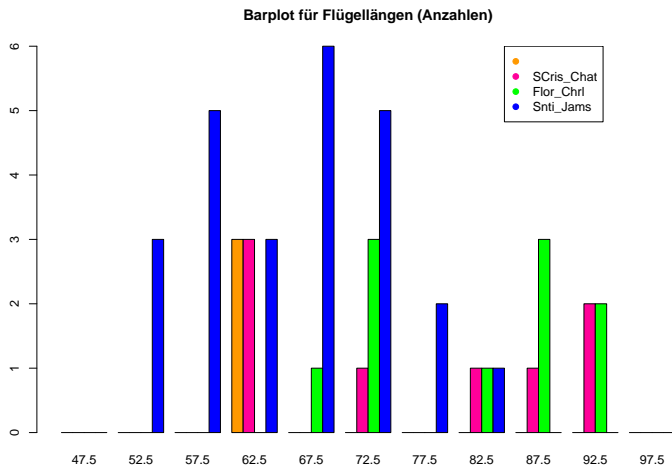
# Flügelängen der Darwin-Finken



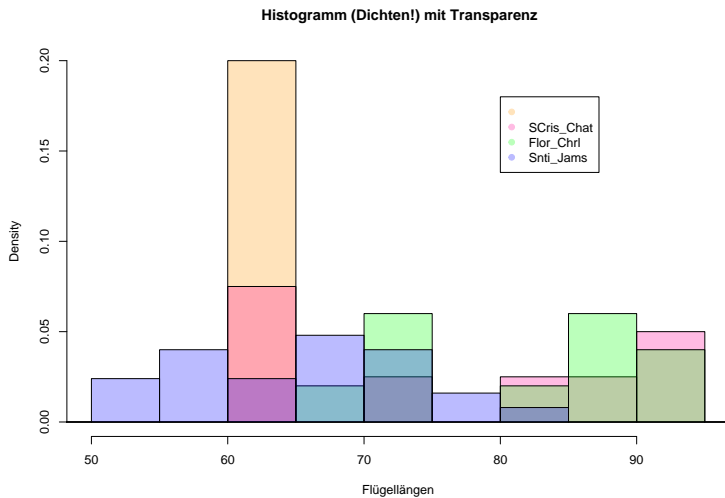
# Flügelängen der Darwin-Finken



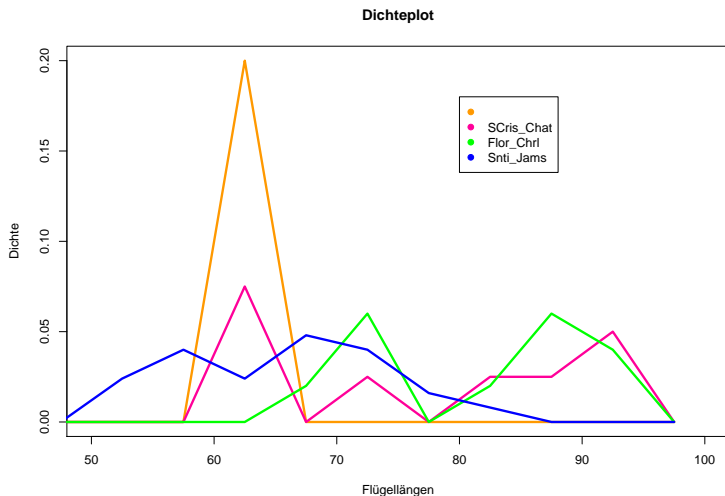
# Flügelängen der Darwin-Finken



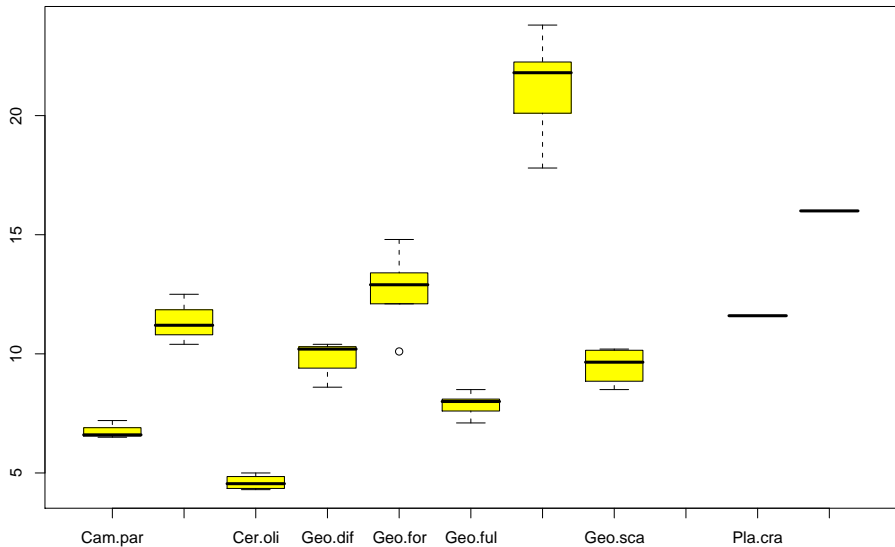
# Flügelängen der Darwin-Finken



# Flügelängen der Darwin-Finken

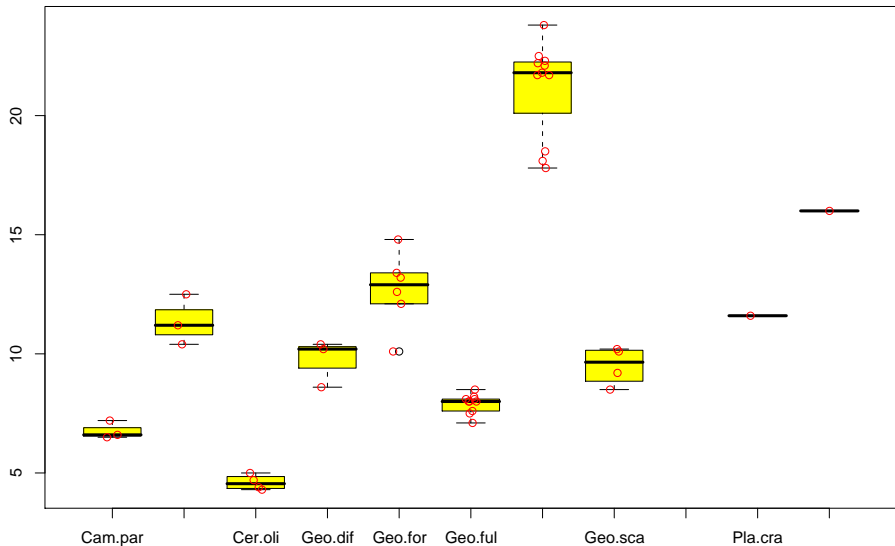


## Schnabelgröße je nach Art





## Schnabelgröße je nach Art



# Fazit

- 1 Histogramme erlauben einen detaillierten Blick auf die Daten

# Fazit

- 1 Histogramme erlauben einen detaillierten Blick auf die Daten
- 2 Dichtepolygone erlauben Vergleiche zwischen vielen Verteilungen

# Fazit

- 1 Histogramme erlauben einen detaillierten Blick auf die Daten
- 2 Dichtepolygone erlauben Vergleiche zwischen vielen Verteilungen
- 3 Boxplot können große Datenmengen vereinfacht zusammenfassen

# Fazit

- 1 Histogramme erlauben einen detaillierten Blick auf die Daten
- 2 Dichtepolygone erlauben Vergleiche zwischen vielen Verteilungen
- 3 Boxplot können große Datenmengen vereinfacht zusammenfassen
- 4 Bei kleinen Datenmengen eher Stripcharts verwenden

# Fazit

- 1 Histogramme erlauben einen detaillierten Blick auf die Daten
- 2 Dichtepolygone erlauben Vergleiche zwischen vielen Verteilungen
- 3 Boxplot können große Datenmengen vereinfacht zusammenfassen
- 4 Bei kleinen Datenmengen eher Stripcharts verwenden
- 5 Vorsicht mit Tricks wie 3D oder halbtransparenten Farben

# Fazit

- 1 Histogramme erlauben einen detaillierten Blick auf die Daten
- 2 Dichtepolygone erlauben Vergleiche zwischen vielen Verteilungen
- 3 Boxplot können große Datenmengen vereinfacht zusammenfassen
- 4 Bei kleinen Datenmengen eher Stripcharts verwenden
- 5 Vorsicht mit Tricks wie 3D oder halbtransparenten Farben
- 6 Jeder Datensatz ist anders; keine Patentrezepte

# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen**
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R



Es ist oft möglich,  
das Wesentliche  
an einer Stichprobe  
  
mit ein paar Zahlen  
zusammenzufassen.

Wesentlich:

1. Wie groß?

2. Wie variabel?

Wesentlich:

1. Wie groß?

Lageparameter

2. Wie variabel?

Wesentlich:

1. Wie groß?

Lageparameter

2. Wie variabel?

Streuungsparameter

Eine Möglichkeit  
kennen wir schon  
aus dem Boxplot:

# Lageparameter

## Der Median

Lageparameter

Der Median

Streuungsparameter

Lageparameter

Der Median

Streuungsparameter

Der Quartilabstand ( $Q_3 - Q_1$ )



# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen**
  - Median und andere Quartile**
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

## Der **Median**:

die Hälfte der Beobachtungen sind kleiner,  
die Hälfte sind größer\*.

## Der **Median**:

die Hälfte der Beobachtungen sind kleiner,  
die Hälfte sind größer\*.

Der Median ist  
das **50%-Quantil**  
der Daten.

\* Diese „Definition“ genügt für die meisten praktischen Fälle (und ist intuitiv sehr plausibel), die mathematisch präzise Definition siehe die folgende Folie.

## Nachtrag:

Der **Median**:

die Hälfte der Beobachtungen sind kleiner,  
die Hälfte sind größer\*.

Der Median ist das **50%-Quantil** der Daten.

\*Eine mathematisch präzise Definition:

Seien  $n$  der Größe nach geordnete Beobachtungswerte  $y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_n$  gegeben, dann ist (der/ein) Median  $m$  ein Wert, so dass höchstens  $n/2$  Werte  $\geq m$  und höchstens  $n/2$  Werte  $\leq m$  sind.

Falls  $n$  ungerade ist, sagen wir  $n = 2k + 1$ , so ist durch diese Forderung  $m = y_{k+1}$  eindeutig festgelegt, denn

$$\underbrace{y_1, y_2, \dots, y_k}_{k \text{ Werte}} \leq y_{k+1} \leq \underbrace{y_{k+1}, y_{k+2}, \dots, y_{2k+1}}_{k \text{ Werte}}$$

Falls  $n$  gerade ist, sagen wir  $n = 2k$ , so erfüllen  $y_k, y_{k+1}$  und ggfs. auch jeder Wert zwischen  $y_k$  und  $y_{k+1}$  diese Forderung. Wenn ein konkreter Wert verlangt wird, nimmt man dann oft pragmatisch  $(y_{k+1} + y_k)/2$  — so ist es beispielsweise in R implementiert.

# Die Quartile

Das erste Quartil,  $Q_1$ :

# Die Quartile

Das erste Quartil,  $Q_1$ :  
ein Viertel der Beobachtungen  
sind kleiner,  
drei Viertel sind größer\*.

# Die Quartile

Das erste Quartil,  $Q_1$ :  
ein Viertel der Beobachtungen  
sind kleiner,  
drei Viertel sind größer\*.

$Q_1$  ist das  
**25%-Quantil**  
der Daten.

\*

Auch hier: Diese „Definition“ genügt für die meisten praktischen Fälle (und ist intuitiv sehr plausibel), für eine mathematisch präzise Definition siehe die übernächste Folie.

# Die Quartile

Das dritte Quartil,  $Q_3$ :



# Die Quartile

Das dritte Quartil,  $Q_3$ :  
drei Viertel der Beobachtungen  
sind kleiner,  
ein Viertel sind größer\*.

# Die Quartile

Das dritte Quartil,  $Q_3$ :  
drei Viertel der Beobachtungen  
sind kleiner,  
ein Viertel sind größer\*.

$Q_3$  ist das  
75%-Quantil  
der Daten.

\*

Auch hier: Diese „Definition“ genügt für die meisten praktischen Fälle (und ist intuitiv sehr plausibel), für eine mathematisch präzise Definition siehe die folgende Folie.

## Nachtrag:

**Erstes Quartil,  $Q_1$** : drei Viertel der Beobachtungen sind kleiner, ein Viertel sind größer\*.

**Drittes Quartil,  $Q_3$** : drei Viertel der Beobachtungen sind kleiner, ein Viertel sind größer†.

\*Präziser kann man Folgendes fordern:  $Q_1$  ist eine Zahl, so dass

- höchstens 25% der Beobachtungswerte  $< Q_1$  und
- höchstens 75% der Beobachtungswerte  $> Q_1$  sind.

†Präziser kann man Folgendes fordern:  $Q_3$  ist eine Zahl, so dass

- höchstens 75% der Beobachtungswerte  $< Q_3$  und
- höchstens 25% der Beobachtungswerte  $> Q_3$  sind.

Ähnlich wie beim Median kann es hier prinzipiell vorkommen, dass verschiedene Zahlen in Frage kommen, die alle diese Bedingungen erfüllen. In der Literatur gibt es verschiedene Konventionen, welche man dann genau nehmen sollte (sie beispielsweise die Online-Hilfe von R zum Befehl `quantile`), in den meisten „realistischen“ Datensätzen unterscheiden sich die Antworten aber kaum.

# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen**
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung**
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

Am häufigsten werden benutzt:

Lageparameter

Der Mittelwert  $\bar{x}$

Am häufigsten werden benutzt:

Lageparameter

Der Mittelwert  $\bar{x}$

Streuungsparameter

Die Standardabweichung  $s$

# Der Mittelwert

(engl. *mean*)

# NOTATION:

Wenn die Beobachtungen

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

heißen,

schreibt man oft

$$\bar{x}$$

für den Mittelwert.



# DEFINITION:

Mittelwert

=

Summe der Messwerte  

---

Anzahl der Messwerte

# DEFINITION:

Mittelwert

=

$$\frac{\text{Summe}}{\text{Anzahl}}$$

# DEFINITION:

Der Mittelwert von  $x_1, x_2, \dots, x_n$  als Formel:

# DEFINITION:

Der Mittelwert von  $x_1, x_2, \dots, x_n$  als Formel:

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n$$

# DEFINITION:

Der Mittelwert von  $x_1, x_2, \dots, x_n$  als Formel:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i\end{aligned}$$

Beispiel:

$$x_1 = 3, x_2 = 0, x_3 = 2, x_4 = 3, x_5 = 1$$

Beispiel:

$$x_1 = 3, x_2 = 0, x_3 = 2, x_4 = 3, x_5 = 1$$

$$\bar{x} = \text{Summe} / \text{Anzahl}$$

## Beispiel:

$$x_1 = 3, x_2 = 0, x_3 = 2, x_4 = 3, x_5 = 1$$

$$\bar{x} = \text{Summe/Anzahl}$$

$$\bar{x} = (3 + 0 + 2 + 3 + 1)/5$$



## Beispiel:

$$x_1 = 3, x_2 = 0, x_3 = 2, x_4 = 3, x_5 = 1$$

$$\bar{x} = \text{Summe} / \text{Anzahl}$$

$$\bar{x} = (3 + 0 + 2 + 3 + 1) / 5$$

$$\bar{x} = 9 / 5$$

## Beispiel:

$$x_1 = 3, x_2 = 0, x_3 = 2, x_4 = 3, x_5 = 1$$

$$\bar{x} = \text{Summe/Anzahl}$$

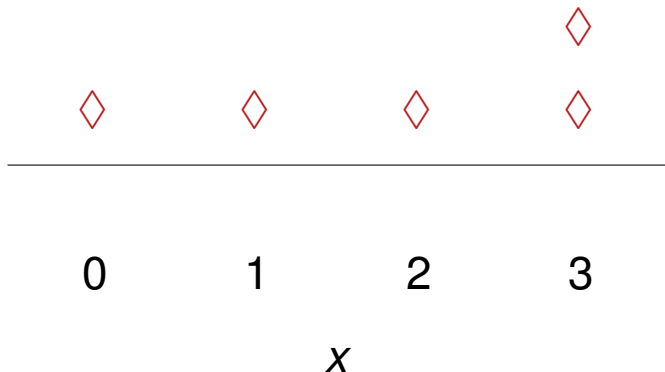
$$\bar{x} = (3 + 0 + 2 + 3 + 1)/5$$

$$\bar{x} = 9/5$$

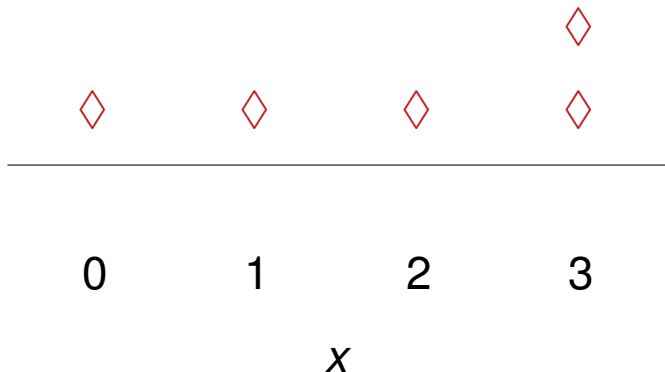
$$\bar{x} = 1,8$$

# Geometrische Bedeutung des Mittelwerts: Der Schwerpunkt

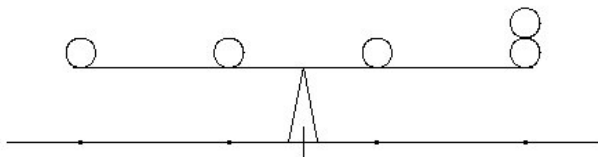
Wir stellen uns die Beobachtungen als gleich schwere Gewichte auf einer Waage vor:



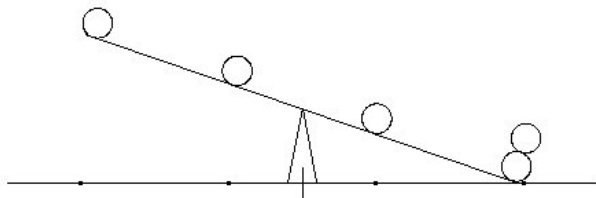
Wo muß der Drehpunkt sein, damit die Waage im Gleichgewicht ist?



$$m = 1,5 ?$$

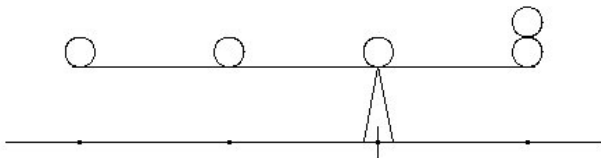


$$m = 1,5 ?$$



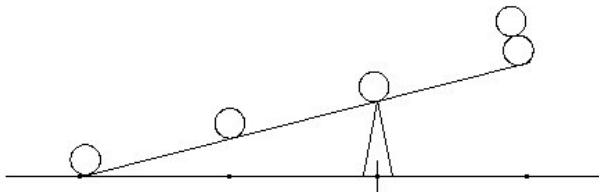
zu klein

$$m = 2 ?$$



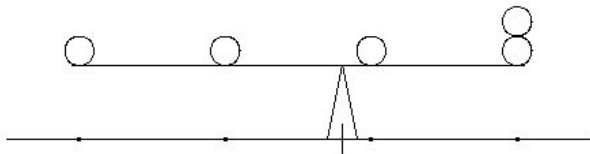


$$m = 2 ?$$

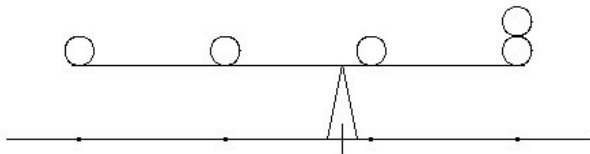


zu groß

$$m = 1,8 ?$$



$$m = 1,8 ?$$



richtig

Beispiel: *Galathea intermedia*

„Rundlichkeit“

:=

Abdominalbreite / Carapaxlänge

Beispiel: *Galathea intermedia*

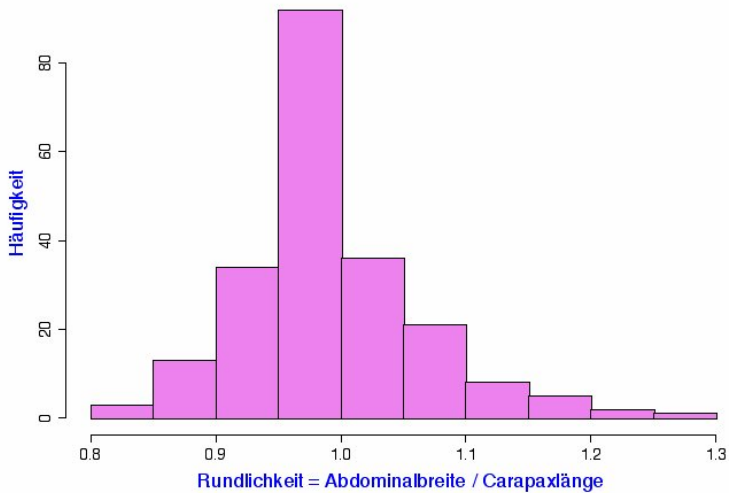
„Rundlichkeit“

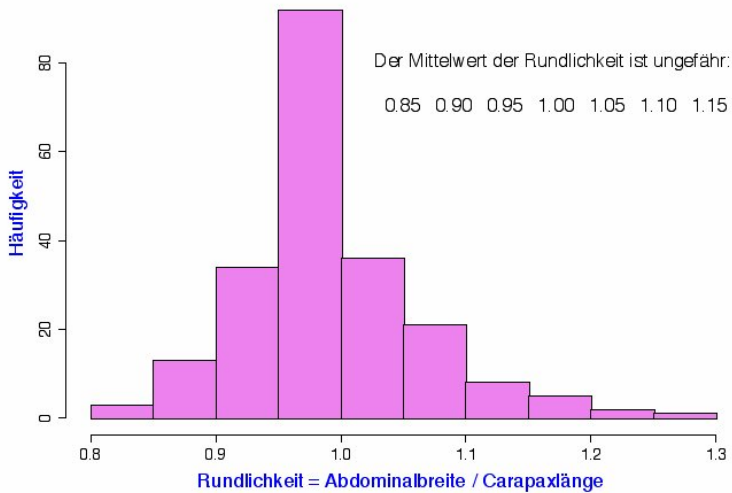
:=

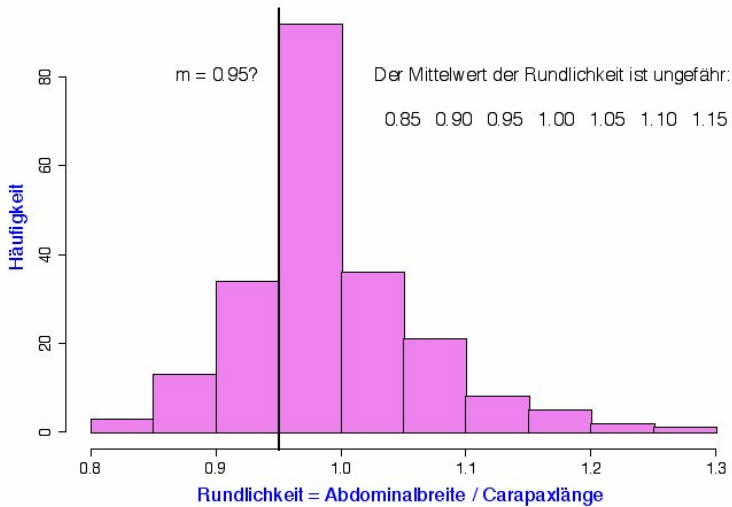
Abdominalbreite / Carapaxlänge

Vermutung:

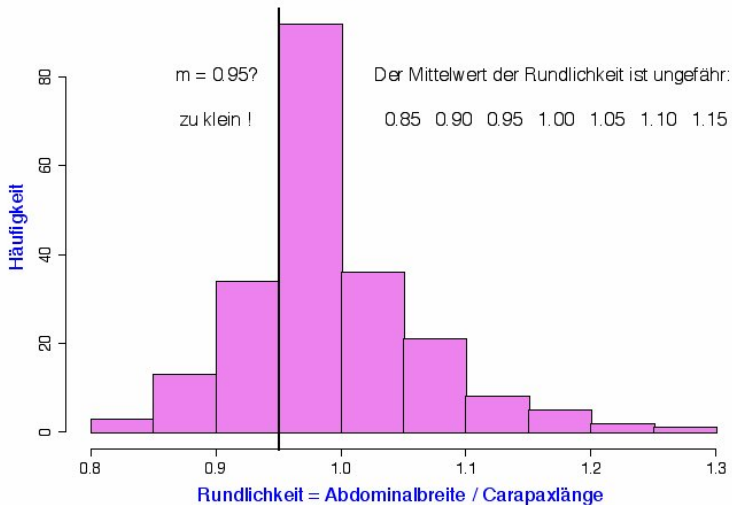
Rundlichkeit nimmt  
bei Geschlechtsreife zu

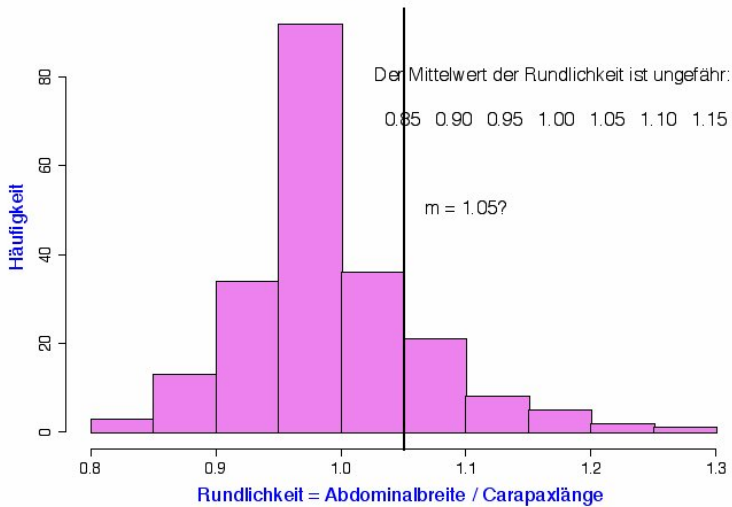
*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88*

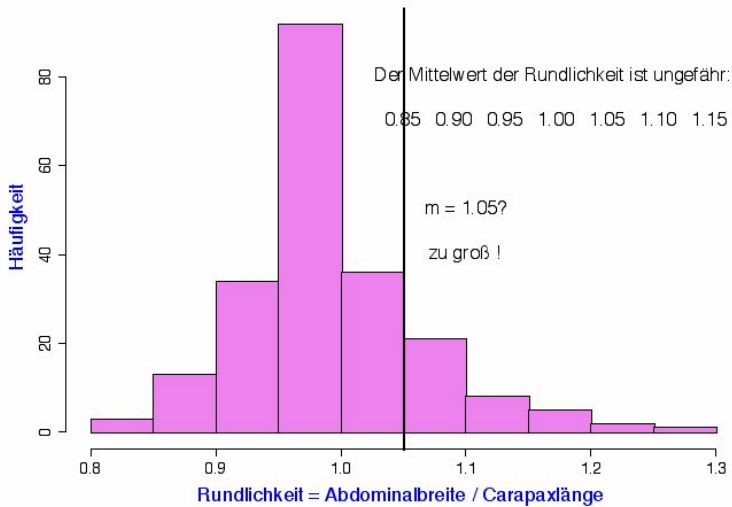
*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88*

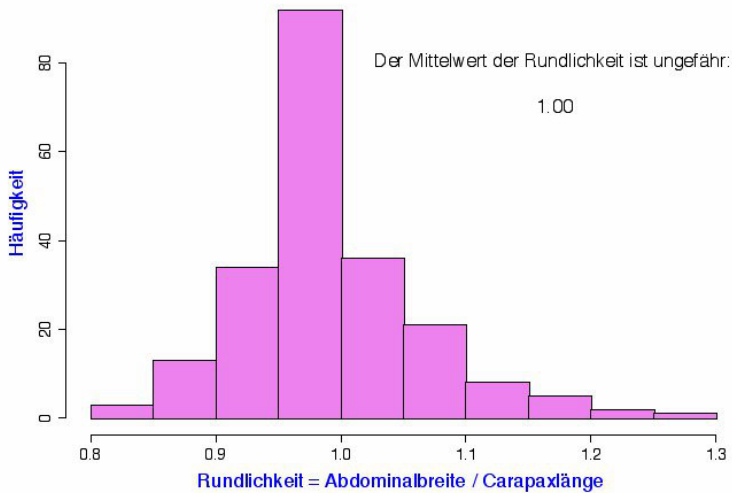
*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88*

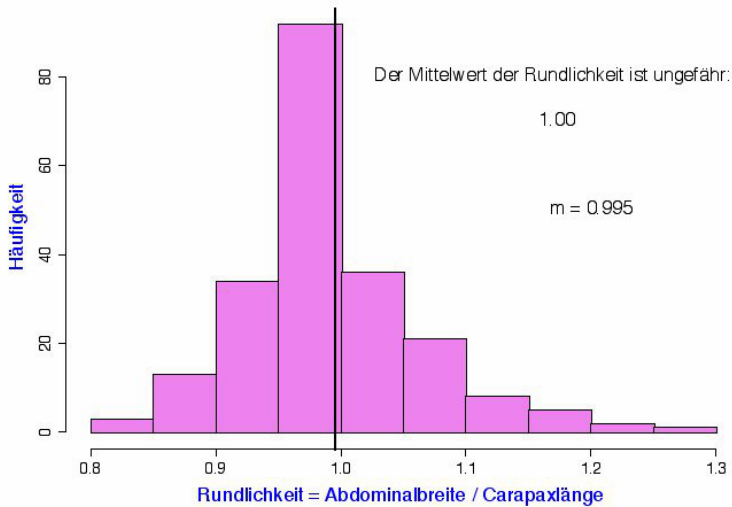


*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88*

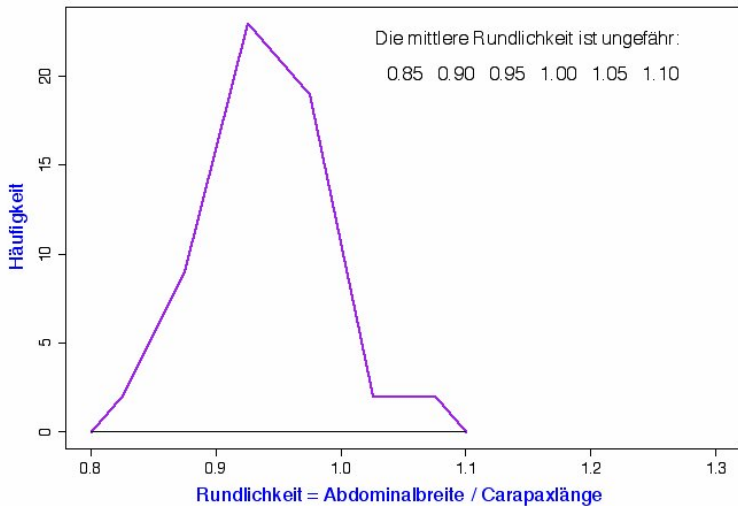
*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88*

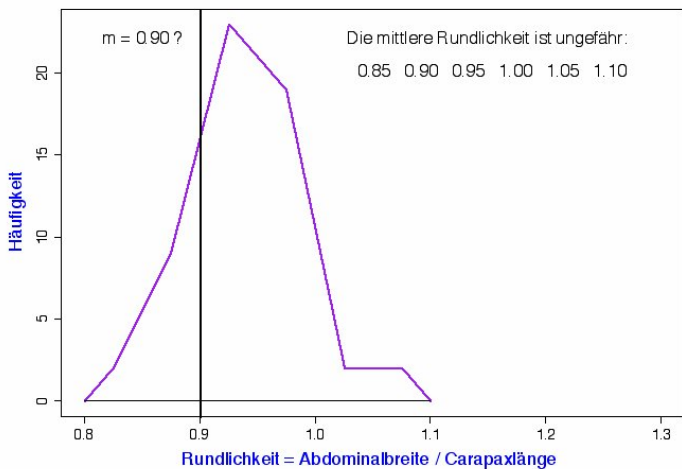
*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88*

*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88*

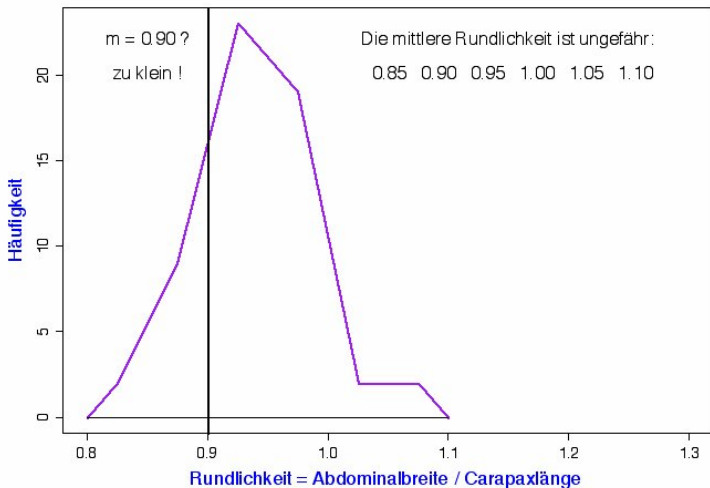
*Nichteiertragende Weibchen 6.9.88*

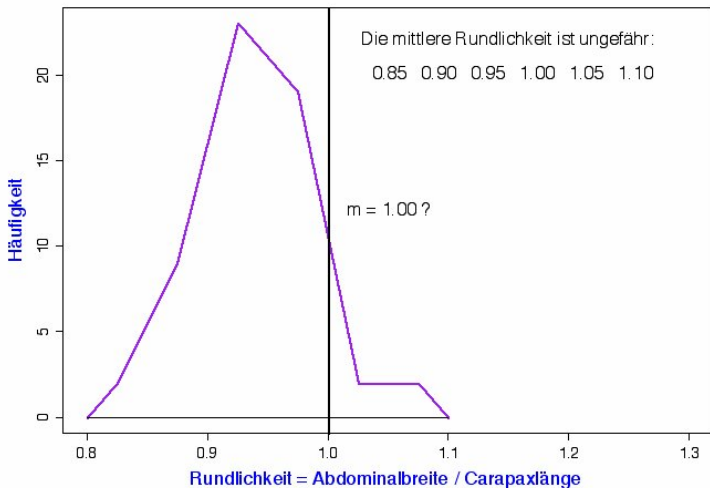
Beispiel:  
3.11.88

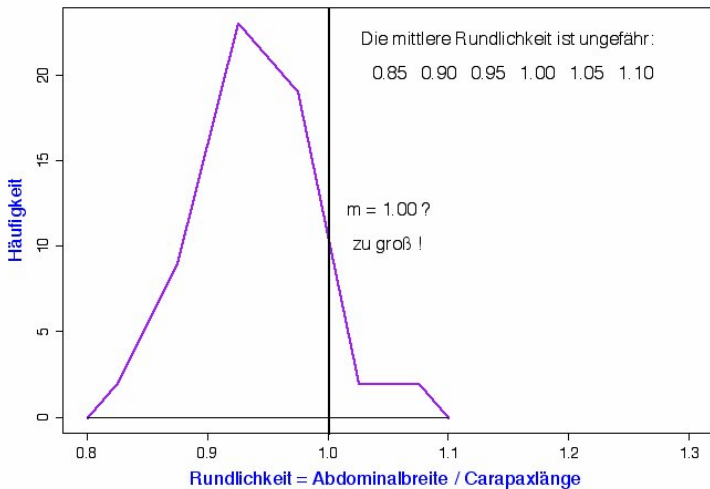
*Nichteiertragende Weibchen 3.11.88*

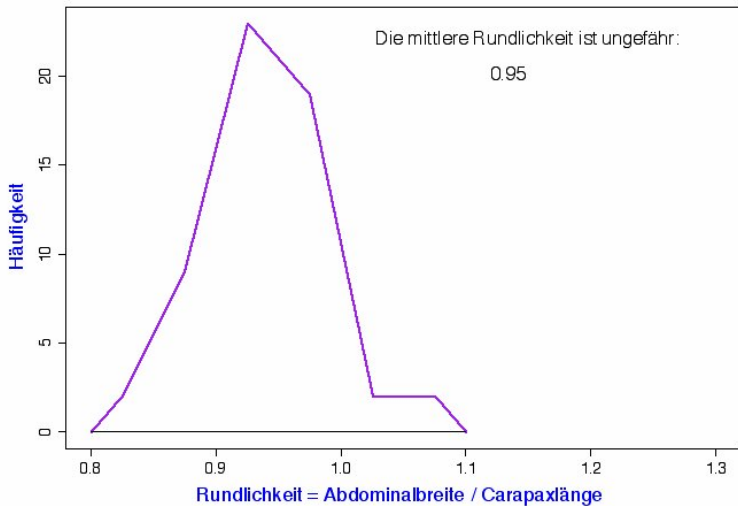
*Nichteiertragende Weibchen 3.11.88*

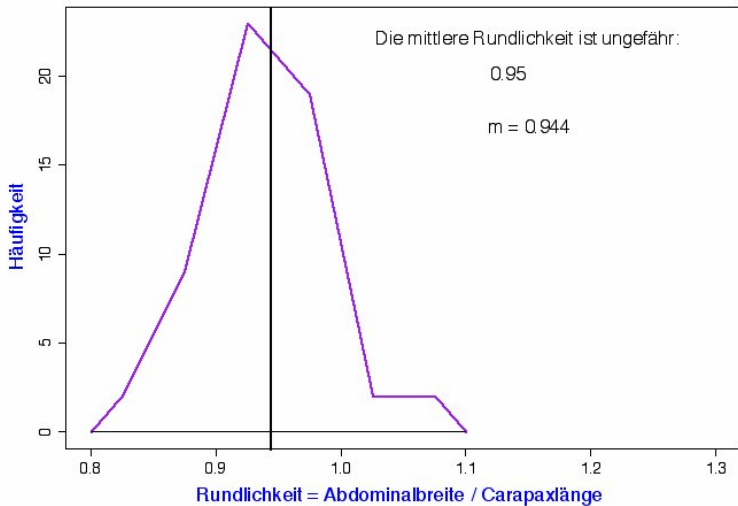


*Nichteiertragende Weibchen 3. 11. 88*

*Nichteiertragende Weibchen 3. 11. 88*

*Nichteiertragende Weibchen 3.11.88*

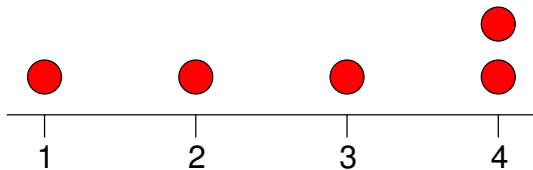
*Nichteiertragende Weibchen 3.11.88*

*Nichteiertragende Weibchen 3.11.88*

# Die Standardabweichung

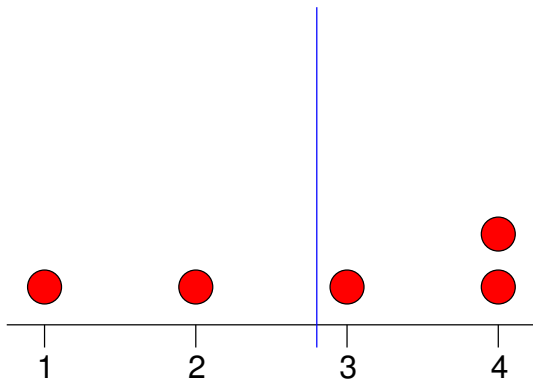
# Die Standardabweichung

Wie weit weicht  
eine typische Beobachtung  
vom  
Mittelwert  
ab ?

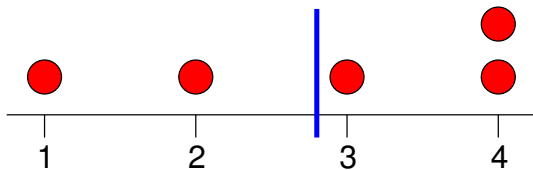




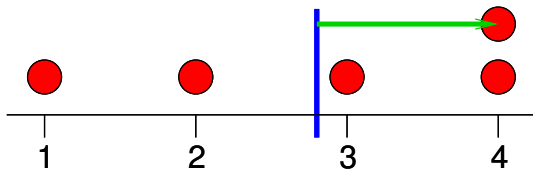
Mittelwert=2,8



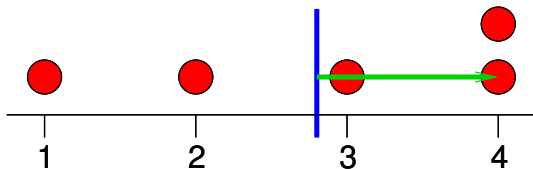
typische  
Abweichung =?



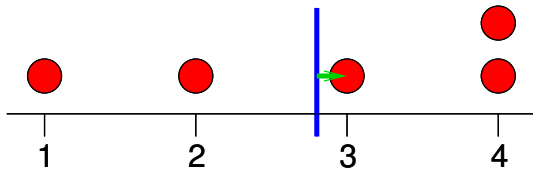
$$\text{Abweichung} = 4 - 2,8 = 1,2$$



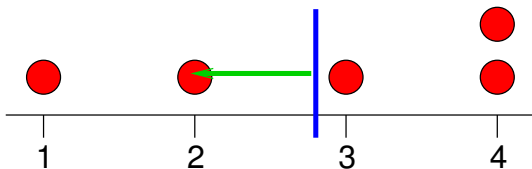
$$\text{Abweichung} = 4 - 2,8 = 1,2$$



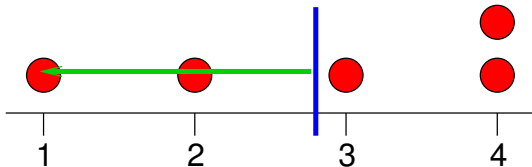
$$\text{Abweichung} = 3 - 2,8 = 0,2$$



$$\text{Abweichung} = 2 - 2,8 = -0,8$$



$$\text{Abweichung} = 1 - 2,8 = -1,8$$



Die **Standardabweichung**  $\sigma$  (“sigma”)  
[auch *SD* von engl. *standard deviation*]  
ist ein  
etwas komisches  
gewichtetes Mittel  
der Abweichungsbeträge



Die **Standardabweichung**  $\sigma$  (“sigma”)  
[auch *SD* von engl. *standard deviation*]  
ist ein

etwas komisches

gewichtetes Mittel  
der Abweichungsbeträge  
und zwar

$$\sigma = \sqrt{\text{Summe}(\text{Abweichungen}^2)/n}$$

Die **Standardabweichung** von  $x_1, x_2, \dots, x_n$   
als Formel:

Die **Standardabweichung** von  $x_1, x_2, \dots, x_n$   
als Formel:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

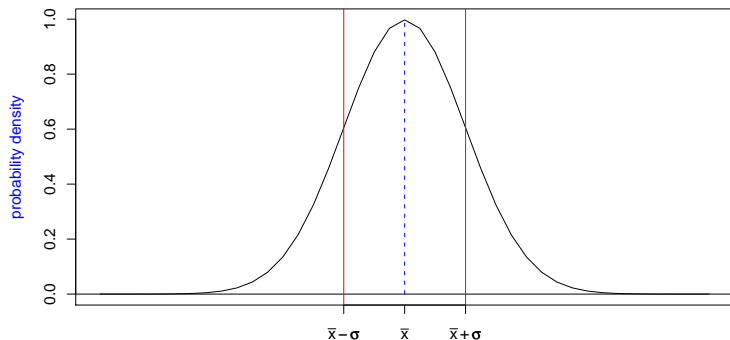
Die **Standardabweichung** von  $x_1, x_2, \dots, x_n$   
als Formel:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

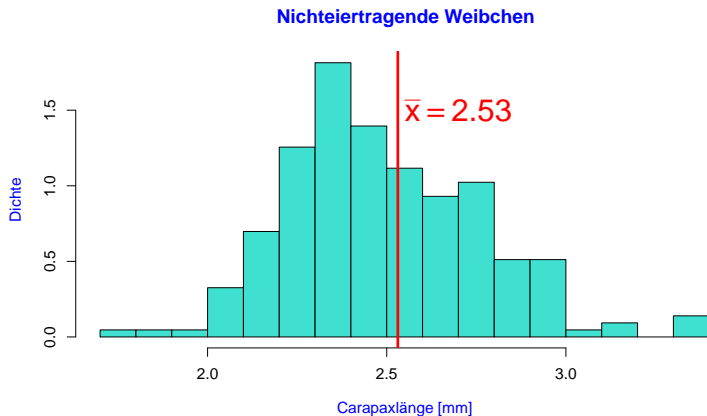
$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$  heißt **Varianz**.

# Faustregel für die Standardabweichung

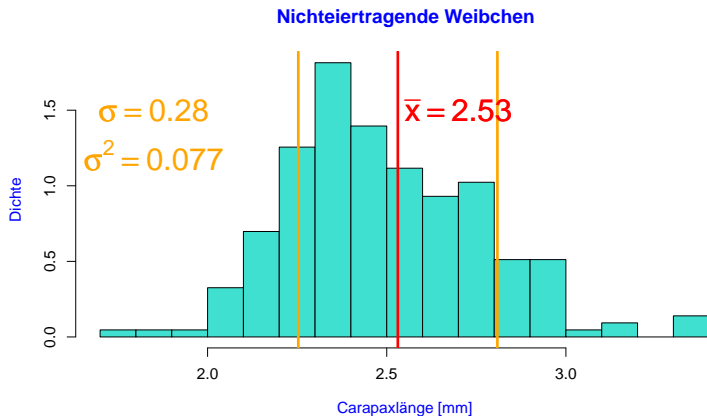
Bei ungefähr glockenförmigen (also eingipfligen und symmetrischen) Verteilungen liegen ca. 2/3 der Verteilung zwischen  $\bar{x} - \sigma$  und  $\bar{x} + \sigma$ .



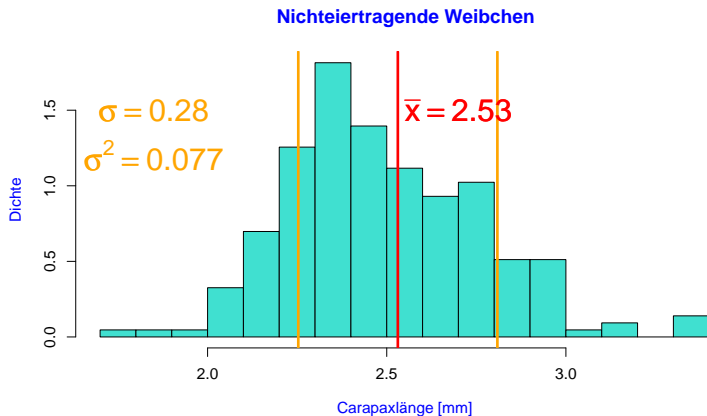
# Standardabweichung der Carapaxlängen nichteiertragender Weibchen vom 6.9.88



# Standardabweichung der Carapaxlängen nichteiertragender Weibchen vom 6.9.88



# Standardabweichung der Carapaxlängen nichteiertragender Weibchen vom 6.9.88



Hier liegt der Anteil zwischen  $\bar{x} - \sigma$  und  $\bar{x} + \sigma$  bei 72%.



# Varianz der Carapaxlängen nichtteiertragender Weibchen vom 6.9.88

Alle Carapaxlängen im Meer:  $\mathcal{X} = (X_1, X_2, \dots, X_N)$ .

# Varianz der Carapaxlängen nichtteiertragender Weibchen vom 6.9.88

Alle Carapaxlängen im Meer:  $\mathcal{X} = (X_1, X_2, \dots, X_N)$ .

Carapaxlängen in unserer Stichprobe:  $\mathcal{S} = (S_1, S_2, \dots, S_{n=215})$

# Varianz der Carapaxlängen nichteiertragender Weibchen vom 6.9.88

Alle Carapaxlängen im Meer:  $\mathcal{X} = (X_1, X_2, \dots, X_N)$ .

Carapaxlängen in unserer Stichprobe:  $\mathcal{S} = (S_1, S_2, \dots, S_{n=215})$

Stichprobenvarianz:

$$\sigma_S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{215} (S_i - \bar{S})^2 \approx 0,0768$$

# Varianz der Carapaxlängen nichtteiertragender Weibchen vom 6.9.88

Alle Carapaxlängen im Meer:  $\mathcal{X} = (X_1, X_2, \dots, X_N)$ .

Carapaxlängen in unserer Stichprobe:  $\mathcal{S} = (S_1, S_2, \dots, S_{n=215})$

Stichprobenvarianz:

$$\sigma_S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{215} (S_i - \bar{S})^2 \approx 0,0768$$

Können wir 0,0768 als Schätzwert für die Varianz  $\sigma_X^2$  in der ganzen Population verwenden?

# Varianz der Carapaxlängen nichtteiertragender Weibchen vom 6.9.88

Alle Carapaxlängen im Meer:  $\mathcal{X} = (X_1, X_2, \dots, X_N)$ .

Carapaxlängen in unserer Stichprobe:  $\mathcal{S} = (S_1, S_2, \dots, S_{n=215})$

Stichprobenvarianz:

$$\sigma_S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{215} (S_i - \bar{S})^2 \approx 0,0768$$

Können wir 0,0768 als Schätzwert für die Varianz  $\sigma_X^2$  in der ganzen Population verwenden?

Ja, können wir machen.

# Varianz der Carapaxlängen nichtteiertragender Weibchen vom 6.9.88

Alle Carapaxlängen im Meer:  $\mathcal{X} = (X_1, X_2, \dots, X_N)$ .

Carapaxlängen in unserer Stichprobe:  $\mathcal{S} = (S_1, S_2, \dots, S_{n=215})$

Stichprobenvarianz:

$$\sigma_S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{215} (S_i - \bar{S})^2 \approx 0,0768$$

Können wir 0,0768 als Schätzwert für die Varianz  $\sigma_X^2$  in der ganzen Population verwenden?

Ja, können wir machen. Allerdings ist  $\sigma_S^2$  im Durchschnitt um den Faktor  $\frac{n-1}{n}$  ( $= 214/215 \approx 0,995$ ) kleiner als  $\sigma_X^2$ .

# Varianzbegriffe

Varianz in der Population:  $\sigma_X^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$

Stichprobenvarianz:  $\sigma_S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2$

# Varianzbegriffe

Varianz in der Population:  $\sigma_X^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$

Stichprobenvarianz:  $\sigma_S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2$

korrigierte Stichprobenvarianz:

$$s^2 = \frac{n}{n-1} \sigma_S^2$$



# Varianzbegriffe

Varianz in der Population:  $\sigma_X^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$

Stichprobenvarianz:  $\sigma_S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2$

korrigierte Stichprobenvarianz:

$$\begin{aligned} s^2 &= \frac{n}{n-1} \sigma_S^2 \\ &= \frac{n}{n-1} \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2 \end{aligned}$$

# Varianzbegriffe

Varianz in der Population:  $\sigma_X^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$

Stichprobenvarianz:  $\sigma_S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2$

korrigierte Stichprobenvarianz:

$$\begin{aligned} s^2 &= \frac{n}{n-1} \sigma_S^2 \\ &= \frac{n}{n-1} \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2 \\ &= \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2 \end{aligned}$$

Mit “Standardabweichung von  $S$ ” ist meistens das korrigierte  $s$  gemeint.

# Beispiel

# Die Daten

$x$	1	3	0	5	1
-----	---	---	---	---	---

$$\bar{x} = ?$$

Summe

$x$	1	3	0	5	1	10
-----	---	---	---	---	---	----

$$\bar{x} = 10/5 = 2$$

Summe

$x$	1	3	0	5	1	10
-----	---	---	---	---	---	----

$x - \bar{x}$

$$\bar{x} = 10/5 = 2$$

Summe

$x$	1	3	0	5	1	10
-----	---	---	---	---	---	----

$x - \bar{x}$	-1	1	-2	3	-1	0
---------------	----	---	----	---	----	---

$$\bar{x} = 10/5 = 2$$

Summe

$x$	1	3	0	5	1	10
-----	---	---	---	---	---	----

$x - \bar{x}$	-1	1	-2	3	-1	0
---------------	----	---	----	---	----	---

$$(x - \bar{x})^2$$



$$\bar{x} = 10/5 = 2$$

Summe

$x$	1	3	0	5	1	10
$x - \bar{x}$	-1	1	-2	3	-1	0
$(x - \bar{x})^2$	1	1	4	9	1	16

$$\bar{x} = 10/5 = 2$$

Summe

$x$	1	3	0	5	1	10
$x - \bar{x}$	-1	1	-2	3	-1	0
$(x - \bar{x})^2$	1	1	4	9	1	16

$$s^2 = \text{Summe}((x - \bar{x})^2) / (n - 1)$$

$$\bar{x} = 10/5 = 2$$

Summe

$x$	1	3	0	5	1	10
$x - \bar{x}$	-1	1	-2	3	-1	0
$(x - \bar{x})^2$	1	1	4	9	1	16

$$\begin{aligned}s^2 &= \text{Summe}((x - \bar{x})^2) / (n - 1) \\ &= 16 / (5 - 1)\end{aligned}$$

$$\bar{x} = 10/5 = 2$$

Summe

$x$	1	3	0	5	1	10
$x - \bar{x}$	-1	1	-2	3	-1	0
$(x - \bar{x})^2$	1	1	4	9	1	16

$$\begin{aligned}s^2 &= \text{Summe}((x - \bar{x})^2) / (n - 1) \\ &= 16 / (5 - 1) = 4\end{aligned}$$

$$\bar{x} = 10/5 = 2$$

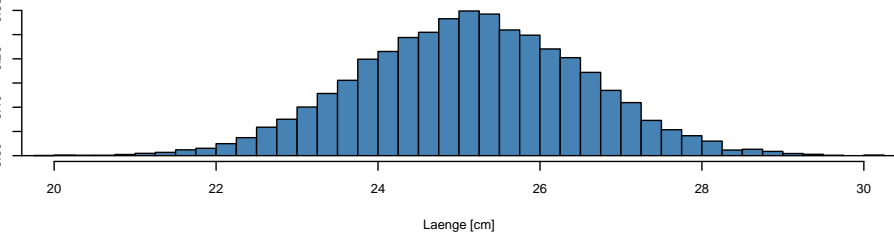
Summe

$x$	1	3	0	5	1	10
$x - \bar{x}$	-1	1	-2	3	-1	0
$(x - \bar{x})^2$	1	1	4	9	1	16

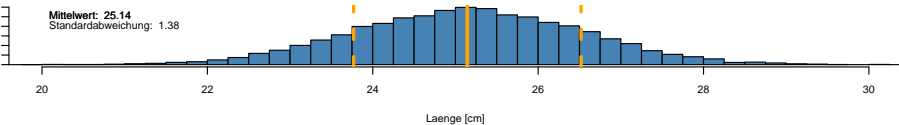
$$\begin{aligned}s^2 &= \text{Summe}((x - \bar{x})^2) / (n - 1) \\ &= 16 / (5 - 1) = 4\end{aligned}$$

$$s = 2$$

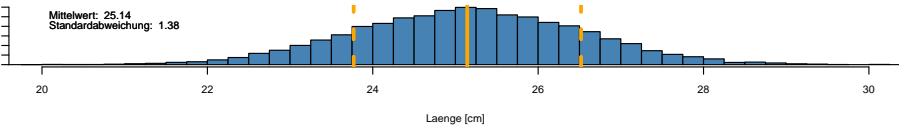
## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)

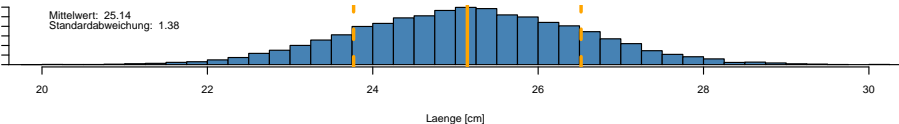


## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)





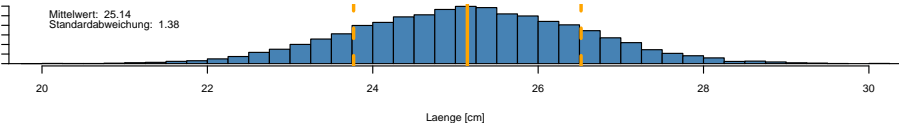
## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



## Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



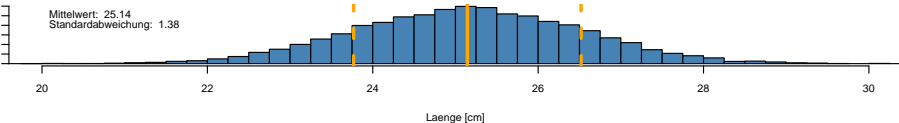
## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



## Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



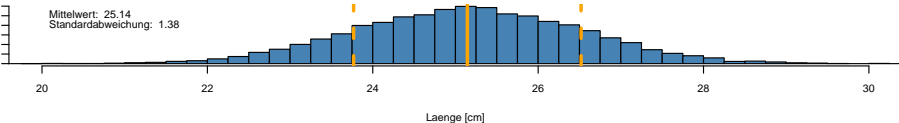
## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



## Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



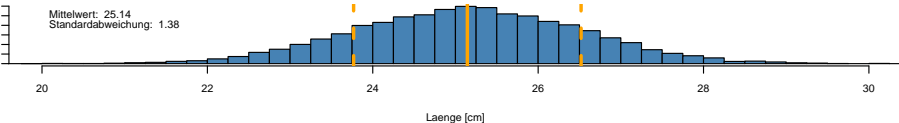
## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



## Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



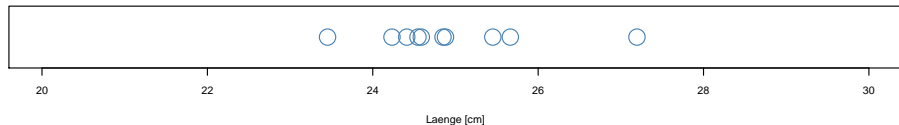
## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



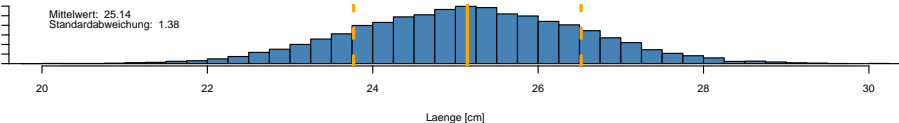
## Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



## Noch eine Stichprobe aus der Population (n=10)



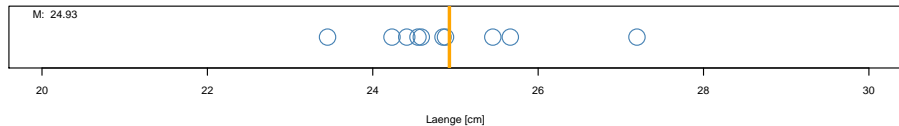
## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



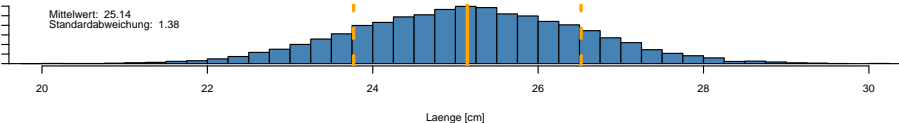
## Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



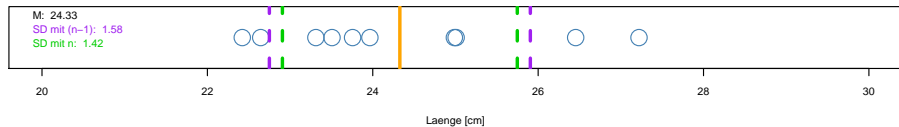
## Noch eine Stichprobe aus der Population (n=10)



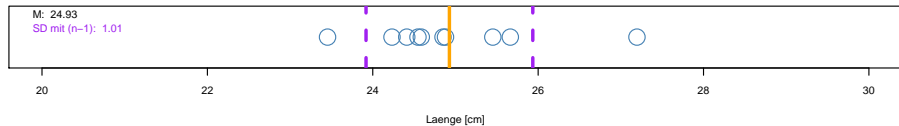
## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



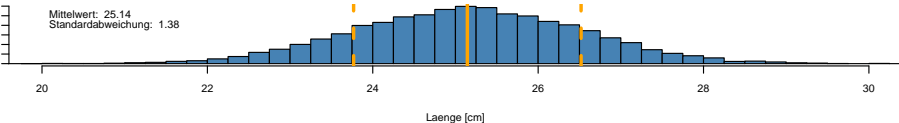
## Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



## Noch eine Stichprobe aus der Population (n=10)



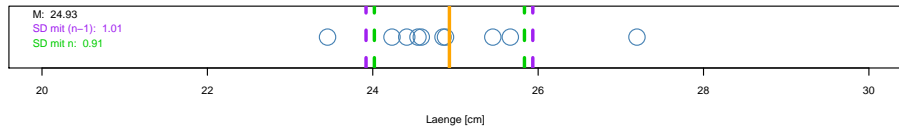
## Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



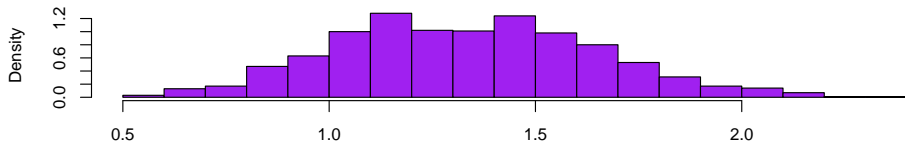
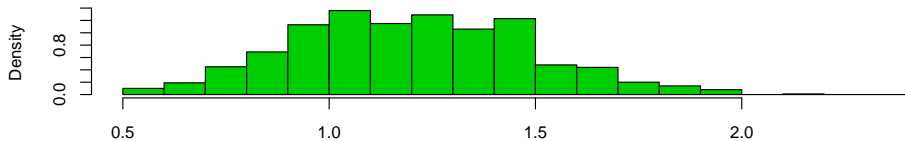
## Eine Stichprobe aus der Population (n=10)

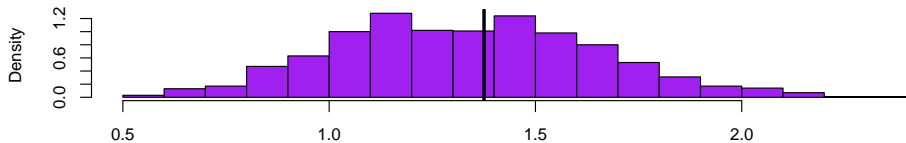
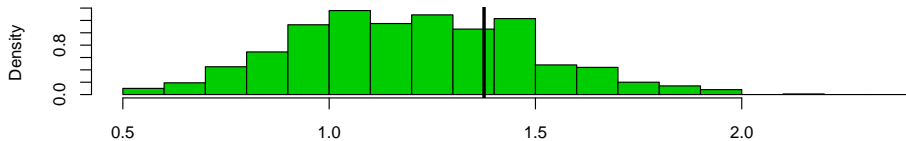


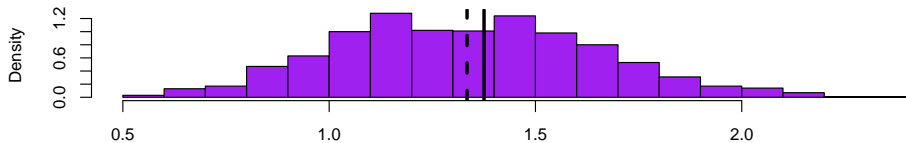
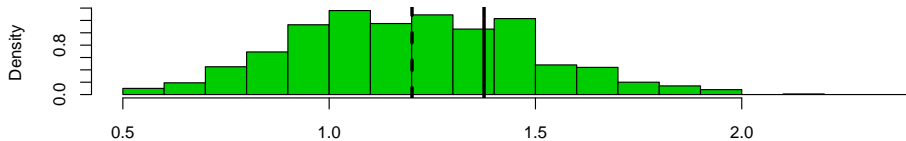
## Noch eine Stichprobe aus der Population (n=10)





1000 Stichproben, jeweils vom Umfang  $n=10$ SD mit  $n-1$  berechnetSD mit  $n$  berechnet

1000 Stichproben, jeweils vom Umfang  $n=10$ SD mit  $n-1$  berechnetSD mit  $n$  berechnet

1000 Stichproben, jeweils vom Umfang  $n=10$ SD mit  $n-1$  berechnetSD mit  $n$  berechnet

## $\sigma$ mit $n$ oder $n - 1$ berechnen?

Die Standardabweichung  $\sigma$  eines Zufallsexperiments mit  $n$  gleichwahrscheinlichen Ausgängen  $x_1, \dots, x_n$  (z.B. Würfelwurf) ist klar definiert durch

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}.$$

## $\sigma$ mit $n$ oder $n - 1$ berechnen?

Die Standardabweichung  $\sigma$  eines Zufallsexperiments mit  $n$  gleichwahrscheinlichen Ausgängen  $x_1, \dots, x_n$  (z.B. Würfelwurf) ist klar definiert durch

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}.$$

Wenn es sich bei  $x_1, \dots, x_n$  um eine Stichprobe handelt (wie meistens in der Statistik), sollten Sie die Formel

$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}$$

verwenden.

# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 **Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten**
  - **Beispiel: Wählerische Bachstelzen**
  - **Beispiel: Spiderman & Spiderwoman**
  - **Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras**
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

## Mittelwert und Standardabweichung. . .

- charakterisieren die Daten gut, falls deren Verteilung glockenförmig ist

## Mittelwert und Standardabweichung. . .


- charakterisieren die Daten gut, falls deren Verteilung glockenförmig ist
- und müssen andernfalls mit Vorsicht interpretiert werden.



## Mittelwert und Standardabweichung. . .

- charakterisieren die Daten gut, falls deren Verteilung glockenförmig ist
- und müssen andernfalls mit Vorsicht interpretiert werden.


Wir betrachten dazu einige Lehrbuch-Beispiele aus der Ökologie, siehe z.B.

 M. Begon, C. R. Townsend, and J. L. Harper.  
*Ecology: From Individuals to Ecosystems.*  
Blackell Publishing, 4 edition, 2008.

## Mittelwert und Standardabweichung. . .

- charakterisieren die Daten gut, falls deren Verteilung glockenförmig ist
- und müssen andernfalls mit Vorsicht interpretiert werden.

Wir betrachten dazu einige Lehrbuch-Beispiele aus der Ökologie, siehe z.B.

 M. Begon, C. R. Townsend, and J. L. Harper.  
*Ecology: From Individuals to Ecosystems.*  
Blackell Publishing, 4 edition, 2008.

Im Folgenden verwenden wir zum Teil simulierte Daten, wenn die Originaldaten nicht verfügbar waren.

(Nehmen Sie also nicht alle Datenpunkte wörtlich.)

# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 **Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten**
  - **Beispiel: Wählerische Bachstelzen**
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

# Bachstelzen fressen Dungfliegen

Räuber



Bachstelze (White Wagtail)  
*Motacilla alba alba*

image (c) by Artur Mikolajewski

Beute



Gelbe Dungfliege  
*Scatophaga stercoraria*

image (c) by Viatour Luc

# Vermutung

- Die Fliegen sind unterschiedlich groß
- Effizienz für die Bachstelze = Energiegewinn / Zeit zum Fangen und fressen
- Laborexperimente lassen vermuten, dass die Effizienz bei 7mm großen Fliegen maximal ist.

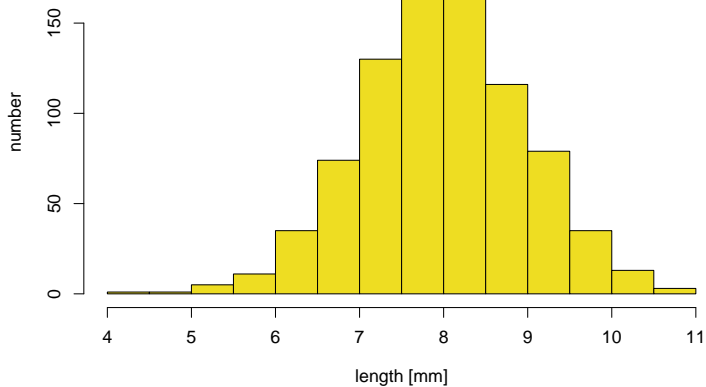


N.B. Davies.

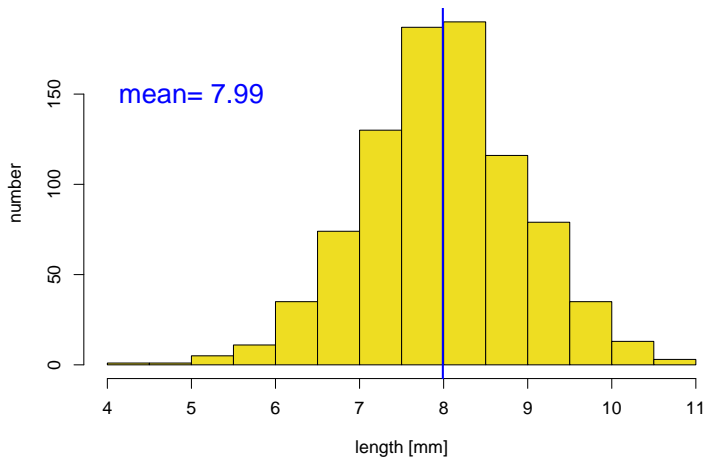
Prey selection and social behaviour in wagtails (Aves: Motacillidae).

*J. Anim. Ecol.*, 46:37–57, 1977.

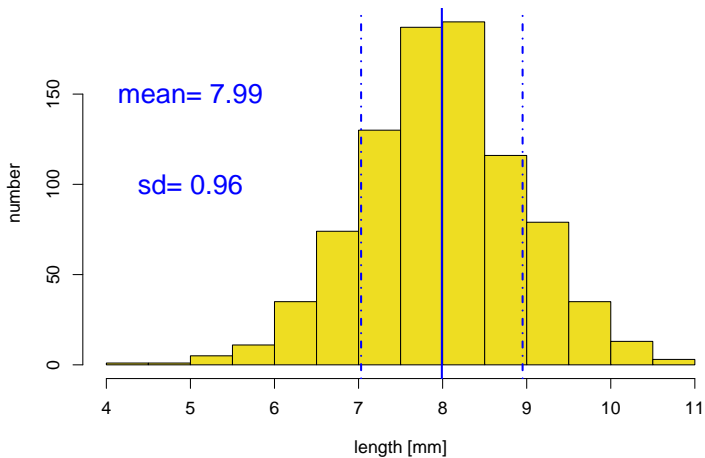
## available dung flies



## available dung flies

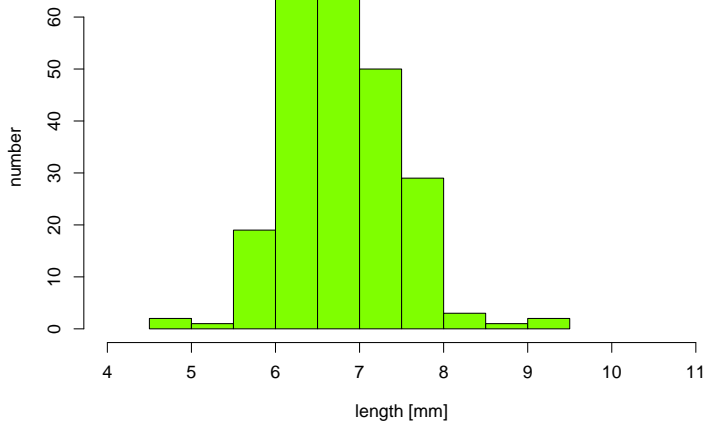


## available dung flies

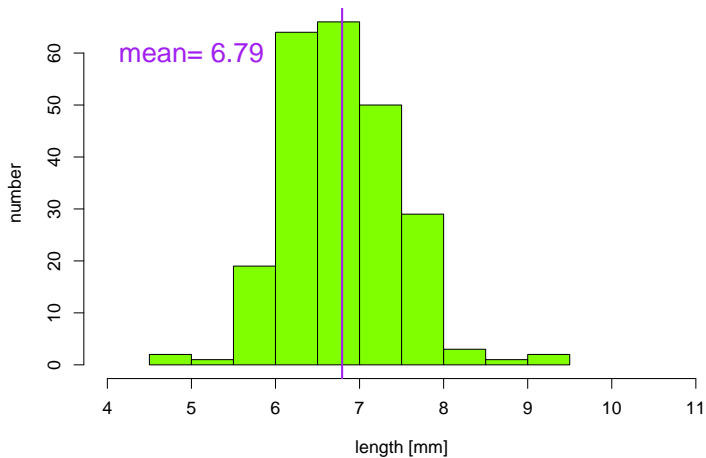




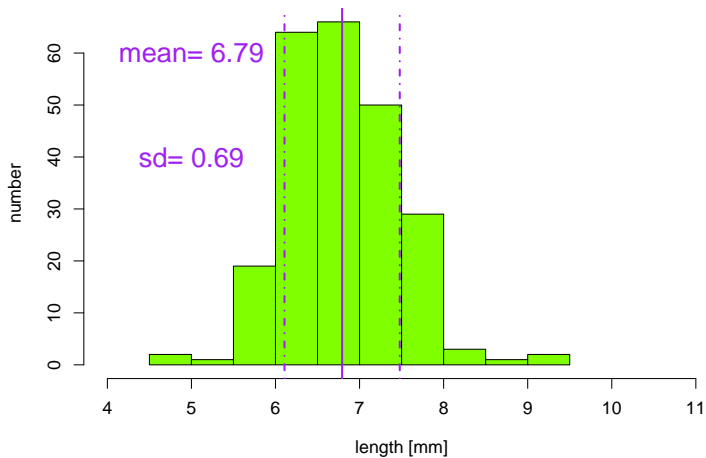
## captured dung flies



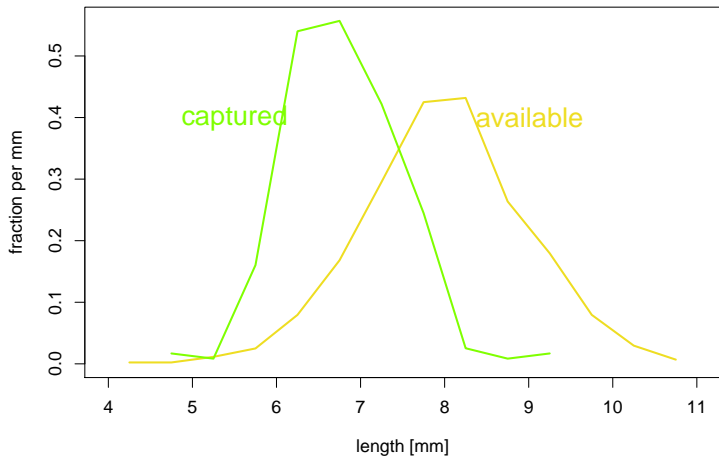
## captured dung flies



## captured dung flies



## dung flies: available, captured



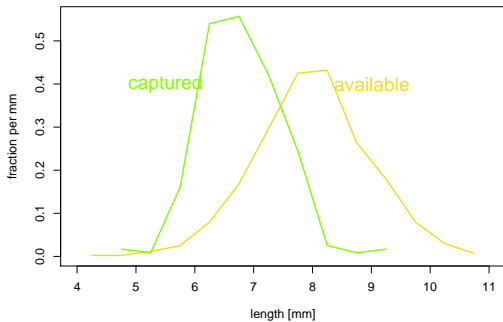
# Vergleich der Größenverteilungen

Mittelwert

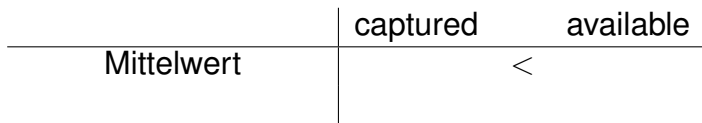
captured

available

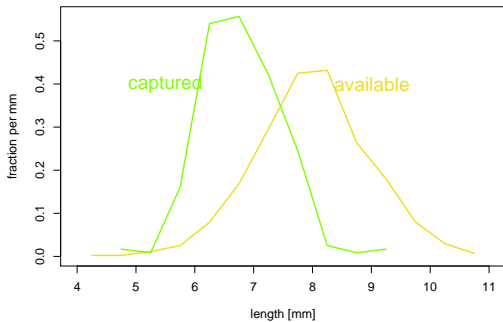
dung flies: available, captured



# Vergleich der Größenverteilungen



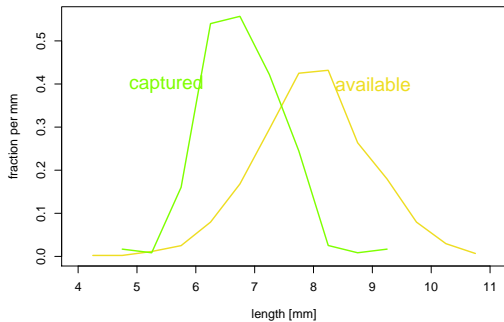
dung flies: available, captured



# Vergleich der Größenverteilungen

	captured		available
Mittelwert	6.29	<	7.99

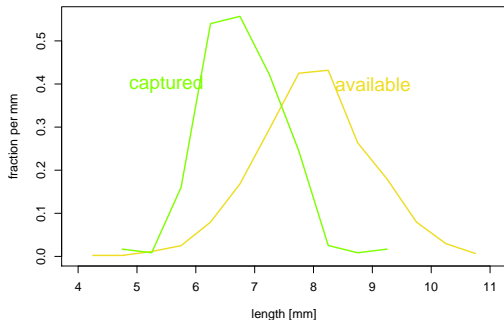
dung flies: available, captured



# Vergleich der Größenverteilungen

	captured	<	available
Mittelwert	6.29		7.99
Standardabweichung			

dung flies: available, captured

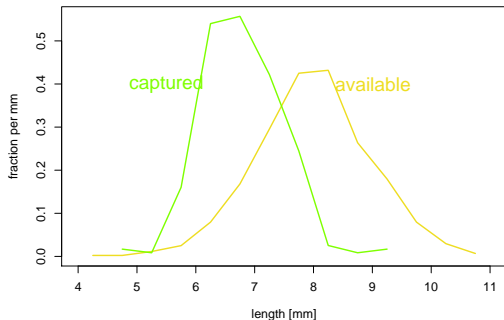




# Vergleich der Größenverteilungen

	captured		available
Mittelwert	6.29	<	7.99
Standardabweichung		<	

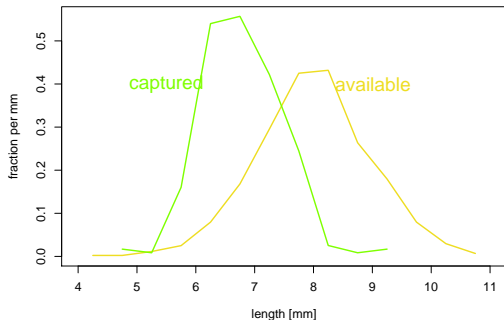
dung flies: available, captured



# Vergleich der Größenverteilungen

	captured		available
Mittelwert	6.29	<	7.99
Standardabweichung	0.69	<	0.96

dung flies: available, captured



# Interpretation

Die Bachstelzen bevorzugen Dungfliegen, die etwa 7mm groß sind.

# Interpretation

Die Bachstelzen bevorzugen Dungfliegen, die etwa 7mm groß sind.

Hier waren die Verteilungen glockenförmig und es genügten 4 Werte (die beiden Mittelwerte und die beiden Standardabweichungen), um die Daten adäquat zu beschreiben.

# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 **Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten**
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - **Beispiel: Spiderman & Spiderwoman**
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R



*Nephila madagascariensis*

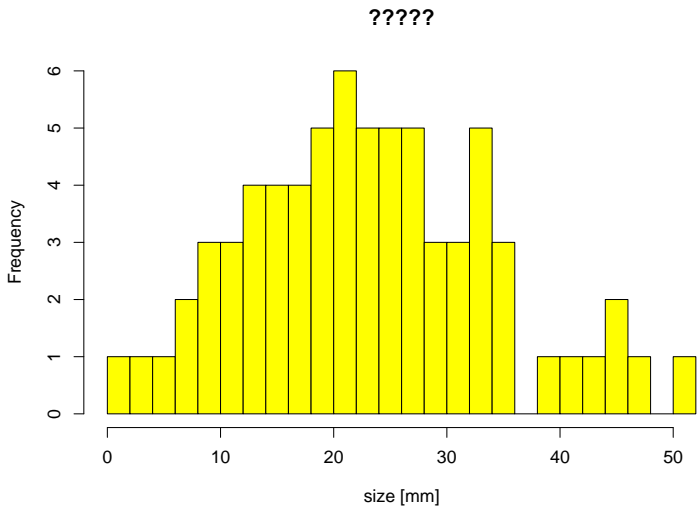
image (c) by Bernard Gagnon

## Simulated Data:

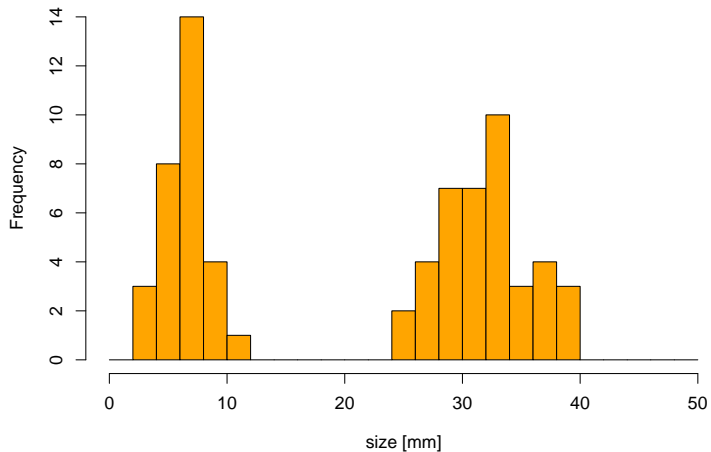
Eine Stichprobe von 70 Spinnen

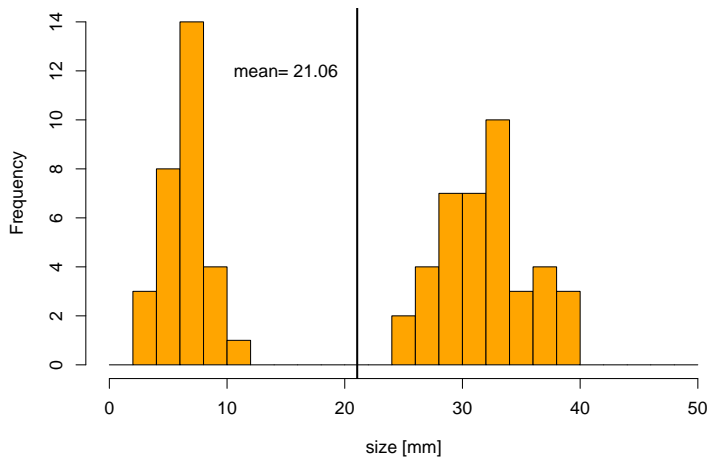
Mittlere Größe: 21,06 mm

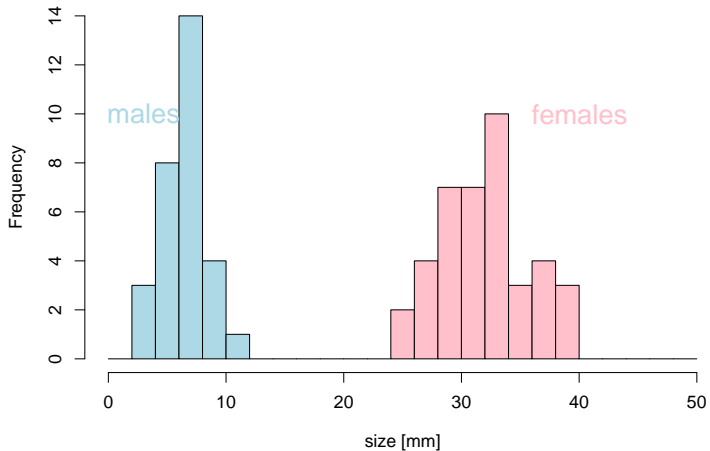
Standardabweichung der Größe: 12,94 mm

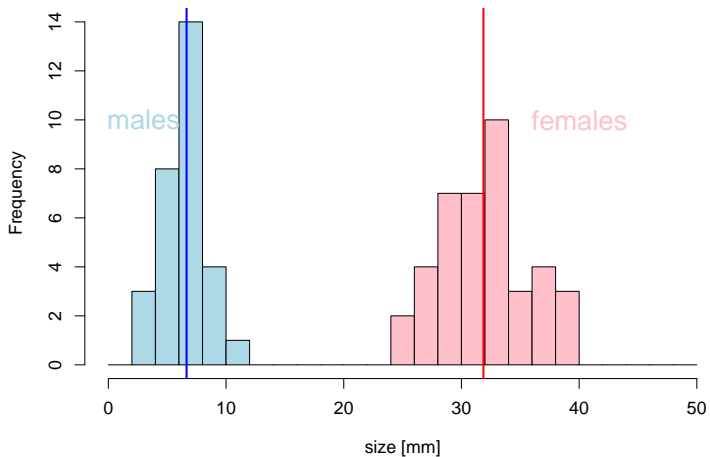




**Nephila madagascariensis (n=70)**

***Nephila madagascariensis* (n=70)**

***Nephila madagascariensis* (n=70)**

***Nephila madagascariensis* (n=70)**



*Nephila madagascariensis*

image (c) by Arthur Chapman

# Fazit des Spinnenbeispiels

Wenn die Daten aus verschiedenen Gruppen zusammengesetzt sind, die sich bezüglich des Merkmals deutlich unterscheiden, kann es sinnvoll sein, Kenngrößen wie den Mittelwert für jede Gruppe einzeln zu berechnen.

# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 **Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten**
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - **Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras**
- 5 Das Statistikpaket R
  - Deskriptive Statistik mit R

# Kupfertolerantes Rotes Straußgras



Rotes Straußgras  
*Agrostis tenuis*

image (c) Kristian Peters



Kupfer  
*Cuprum*

Hendrick met de Bles





A.D. Bradshaw.

Population Differentiation in *agrostis tenuis* Sibth. III.  
populations in varied environments.

*New Phytologist*, 59(1):92 – 103, 1960.



T. McNeilly and A.D Bradshaw.

Evolutionary Processes in Populations of Copper Tolerant  
*Agrostis tenuis* Sibth.

*Evolution*, 22:108–118, 1968.



A.D. Bradshaw.

Population Differentiation in *agrostis tenuis* Sibth. III.  
populations in varied environments.

*New Phytologist*, 59(1):92 – 103, 1960.



T. McNeilly and A.D Bradshaw.

Evolutionary Processes in Populations of Copper Tolerant  
*Agrostis tenuis* Sibth.

*Evolution*, 22:108–118, 1968.

Wir verwenden hier wieder simulierte Daten, da die  
Originaldaten nicht zur Verfügung stehen.

# Anpassung an Kupfer?

- Pflanzen, denen das Kupfer schadet, haben kürzere Wurzeln.

# Anpassung an Kupfer?

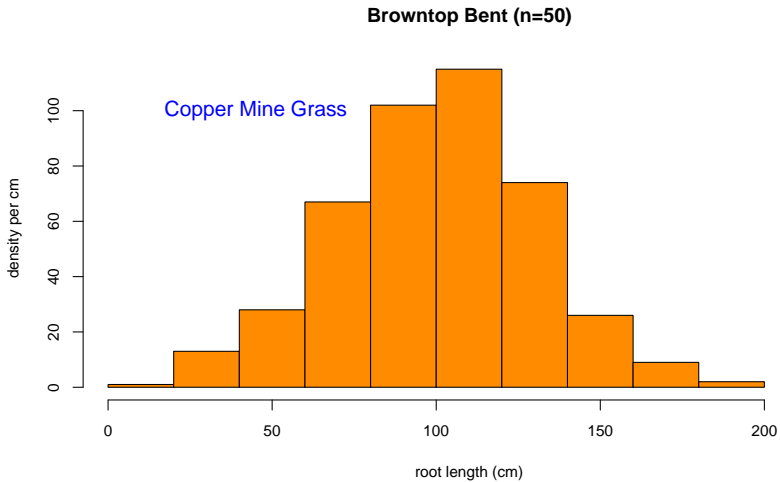
- Pflanzen, denen das Kupfer schadet, haben kürzere Wurzeln.
- Die Wurzellängen von Pflanzen aus der Umgebung von Kupferminen wird gemessen.

# Anpassung an Kupfer?

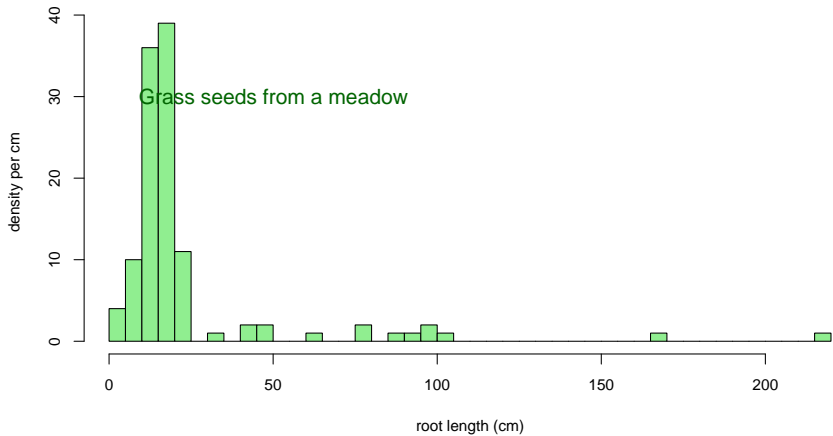
- Pflanzen, denen das Kupfer schadet, haben kürzere Wurzeln.
- Die Wurzellängen von Pflanzen aus der Umgebung von Kupferminen wird gemessen.
- Samen von unbelasteten Wiesen werden bei Kupferminen eingesät.

# Anpassung an Kupfer?

- Pflanzen, denen das Kupfer schadet, haben kürzere Wurzeln.
- Die Wurzellängen von Pflanzen aus der Umgebung von Kupferminen wird gemessen.
- Samen von unbelasteten Wiesen werden bei Kupferminen eingesät.
- Die Wurzellängen dieser “Wiesenpflanzen” werden gemessen.

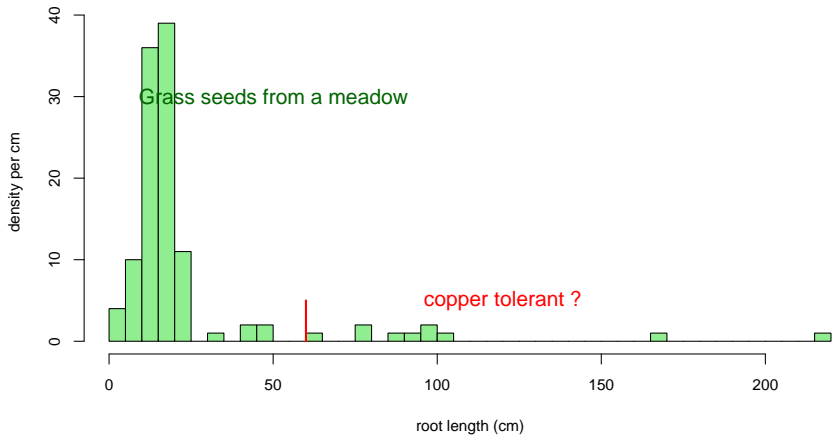


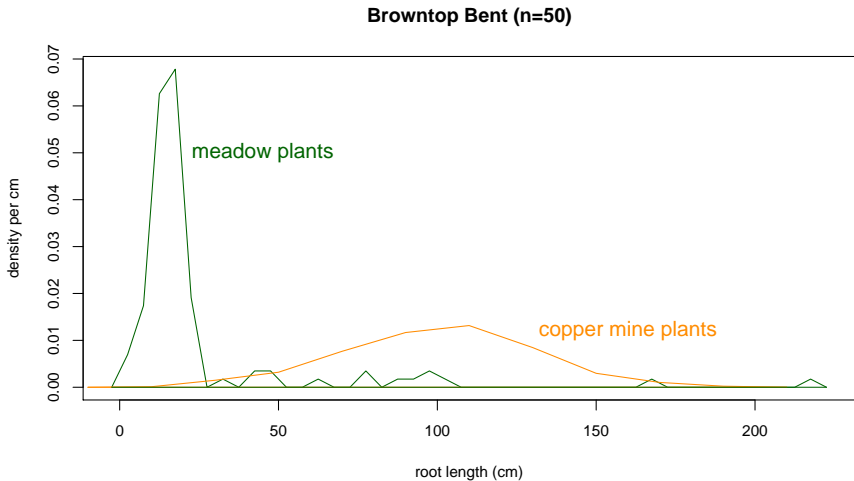
## Browntop Bent (n=50)

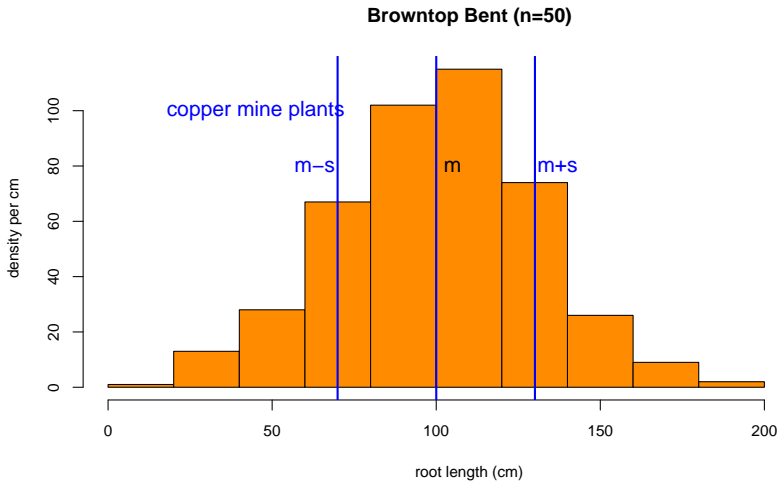


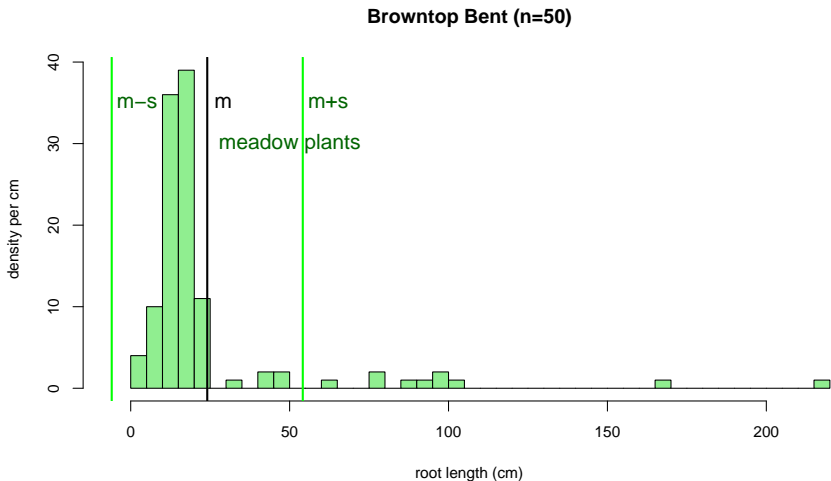


## Browntop Bent (n=50)









2/3 der Wurzellängen innerhalb  $[m-sd, m+sd]$ ???? **Nein!**

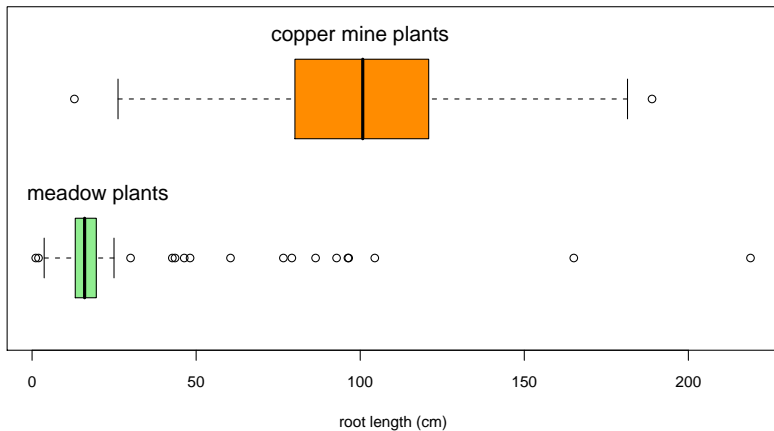
# Fazit des Straußgras-Beispiels

Manche Verteilungen können nur mit mehr als zwei Variablen angemessen beschrieben werden.

# Fazit des Straußgras-Beispiels

Manche Verteilungen können nur mit mehr als zwei Variablen angemessen beschrieben werden.

z.B. mit den fünf Werten der Boxplots:  
min,  $Q_1$ , median,  $Q_3$ , max

**Browntop Bent n=50+50**

# Schlussfolgerung

In der Biologie sind viele Datenverteilungen annähernd glockenförmig und können durch den **Mittelwert** und die **Standardabweichung** hinreichend beschrieben werden.



# Schlussfolgerung

In der Biologie sind viele Datenverteilungen annähernd glockenförmig und können durch den **Mittelwert** und die **Standardabweichung** hinreichend beschrieben werden.

Es gibt aber auch Ausnahmen. Also:  
**Immer** die Daten erst mal graphisch untersuchen!

# Schlussfolgerung

In der Biologie sind viele Datenverteilungen annähernd glockenförmig und können durch den **Mittelwert** und die **Standardabweichung** hinreichend beschrieben werden.

Es gibt aber auch Ausnahmen. Also:  
**Immer** die Daten erst mal graphisch untersuchen!

Verlassen sie sich **niemals** allein auf numerische Kenngrößen!

# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 **Das Statistikpaket R**
  - **Deskriptive Statistik mit R**

# Was ist R?

- Wir verwenden R in dieser Vorlesung als (sehr mächtigen) „Statistik-Taschenrechner.“

# Was ist R?

- Wir verwenden R in dieser Vorlesung als (sehr mächtigen) „Statistik-Taschenrechner.“

(R ist eine für die Statistik und für stochastische Simulation entwickelte Programmiersprache, zudem sind viele statistische Standardverfahren bereits in R implementiert oder als Zusatzpaket verfügbar.)

# Was ist R?

- Wir verwenden R in dieser Vorlesung als (sehr mächtigen) „Statistik-Taschenrechner.“  
(R ist eine für die Statistik und für stochastische Simulation entwickelte Programmiersprache, zudem sind viele statistische Standardverfahren bereits in R implementiert oder als Zusatzpaket verfügbar.)
- R hat eine sehr aktive Benutzer- und Entwicklergemeinde (die nahezu alle Bereiche der Statistik und viele Anwendungsbereiche (z.B. Populationsgenetik, Finanzmathematik) überdeckt).

# Was ist R?

- Wir verwenden R in dieser Vorlesung als (sehr mächtigen) „Statistik-Taschenrechner.“  
(R ist eine für die Statistik und für stochastische Simulation entwickelte Programmiersprache, zudem sind viele statistische Standardverfahren bereits in R implementiert oder als Zusatzpaket verfügbar.)
- R hat eine sehr aktive Benutzer- und Entwicklergemeinde (die nahezu alle Bereiche der Statistik und viele Anwendungsbereiche (z.B. Populationsgenetik, Finanzmathematik) überdeckt).
- R ist frei verfügbar unter der GNU general public license, für (nahezu) alle Rechnerarchitekturen erhältlich:  
<http://www.r-project.org/>
- R ist auf ZDV-Rechnern installiert.

# R installieren, starten, anhalten

Installation: Windows, Mac OS: Binaries von <http://www.r-project.org/> (siehe Link Download, Packages, CRAN dort)

Linux: Für die meisten Distributionen gibt es fertige Pakete  
Fragen oder Probleme: In der Übung ansprechen

R starten: Windows, Mac OS: Icon (ggf. aus Menu) anklicken,  
Linux/Unix: `> R` auf einer Konsole  
(oder mit ESS aus Emacs heraus, oder aus `rstudio`, ...).

R beenden: `q()` (fragt, ob Daten gespeichert werden sollen)

laufende Rechnungen unterbrechen: `CTRL-C`



# Inhalt

- 1 Wozu Statistik?
- 2 Graphische Darstellungen
  - Histogramme und Dichtepolygone
  - Stripcharts
  - Boxplots
  - Beispiel: Ringeltaube
  - Beispiel: Darwin-Finken
- 3 Statistische Kenngrößen
  - Median und andere Quartile
  - Mittelwert und Standardabweichung
- 4 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
  - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
  - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
  - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras
- 5 Das Statistikpaket R
  - **Deskriptive Statistik mit R**

## Datensatz `x` in R eingeben

```
x <- c( 53,52,41,41,42,58,40,43,42,38,43,49,34,51,45,  
       39,41,45,45,39,37,36,42,44,47,43,46,43,43,45,  
       42,52,49,44,50,40,47,46,50,50,41,51,41,47,42,  
       52,36,46,42,56,39,40,36,42,36,36,47,45,47,49 )
```

(aus Datei einlesen: `x <- scan('Dateiname')`)

Mittelwert (`mean`), Standardabweichung (`sd`), Median, und

Quantile

```
mean(x)
```

```
sd(x)
```

```
median(x)
```

```
quantile(x, 0.25, type=1)
```

```
quantile(x, 0.75, type=1)
```

```
summary(x)
```

Boxplot, Histogramm

```
boxplot(x)
```

```
hist(x)
```

# Nur zur Information: Literatur zu R

Wir werden im Zusammenhang der Vorlesung nur wenige R-Befehle verwenden, so dass Sie i.A. keine über die Folien hinausgehende Literatur benötigen werden.

- „Standardreferenz“:

W.N. Venables et al, *An Introduction to R*,  
<http://cran.r-project.org/manuals.html>

- Günther Sawitzki, *Einführung in R*,  
<http://sintro.r-forge.r-project.org/>
- William N. Venables, Brian D. Ripley, *Modern applied statistics with S* („Standardlehrbuch“, UB Lehrbuchsammlung)
- Lothar Sachs and Jürgen Hedderich, *Angewandte Statistik – Methodensammlung mit R* (E-Book, UB)
- Christine Duller, *Einführung in die nichtparametrische Statistik mit SAS und R : ein anwendungsorientiertes Lehr- und Arbeitsbuch* (E-Book, UB)
- Helge Toutenburg, Christian Heumann, *Deskriptive Statistik : Eine Einführung in Methoden und Anwendungen mit R und SPSS* (E-Book, UB)
- Uwe Ligges, *Programmieren mit R* (E-Book, UB)

The R Project for Statistical Computing - Mozilla Firefox

The R Project for Statistical Co...  
www.r-project.org

Meistbesucht Getting Started Latest Headlines

## The R Project for Statistical Computing

About R  
[What is R?](#)  
[Contributors](#)  
[Screenshots](#)  
[What's new?](#)

Download, Packages  
[CRAN](#)

R Project  
[Foundation](#)  
[Members & Donors](#)  
[Mailing Lists](#)  
[Bug Tracking](#)  
[Developer Page](#)  
[Conferences](#)  
[Search](#)

Documentation  
[Manuals](#)  
[FAQs](#)  
[The R Journal](#)  
[Wiki](#)  
[Books](#)  
[Certification](#)  
[Other](#)

Misc  
[Bioconductor](#)  
[Related Projects](#)  
[User Groups](#)  
[Links](#)

PCA 5 vars  
`plot(pcaobj[,c("data", "cat", "var")])`

Clustering: 4 groups

Factor 1 [41%]      Factor 3 [19%]

Getting Started:

- R is a free software environment for statistical computing and graphics. It compiles and runs on a wide variety of UNIX platforms, Windows and MacOS. To [download R](#), please choose your preferred [CRAN mirror](#).
- If you have questions about R like how to download and install the software, or what the license terms are, please read our [answers to frequently asked questions](#) before you send an email.

News:

- R version 3.0.2** (Frisbee Sailing) has been released on 2013-09-25.
- useR! 2013**, took place at the University of Castilla-La Mancha, Albacete, Spain, July 10-12 2013.
- The R Journal Vol.5/1** is available.
- R version 2.15.3** (Security Blanket) has been released on 2013-03-01.

This server is hosted by the [Institute for Statistics and Mathematics](#) of [WU \(Wirtschaftsuniversität Wien\)](#).