

Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik für Biologen

Einführung: Deskriptive Statistik

Martin Hutzenthaler & Dirk Metzler

<http://evol.bio.lmu.de/StatGen.html>

20. und 23. April 2010

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

1 Einführung

- Konzept und Quellen

- Plan

2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik

3 Graphische Darstellungen

- Histogramme und Dichtepolygone
- Stripcharts
- Boxplots
- Beispiel: Ringeltaube
- Beispiel: Darwin-Finken

4 Statistische Kenngrößen

- Median und andere Quartile
- Mittelwert und Standardabweichung

5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten

- Beispiel: Wählerische Bachstelzen
- Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
- Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

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

Quellen

Wir danken Matthias Birkner für die intensive Zusammenarbeit beim Erstellen der ersten Version dieser Vorlesung sowie Brooks Ferebee, Gaby Schneider und Anton Wakolbinger für die Bereitstellung vieler Beispiele und Lehrmaterialien.

<http://joguinf.informatik.uni-mainz.de/~birkner/>

<http://www.math.uni-frankfurt.de/~wakolbin/statbio/>

<http://ismi.math.uni-frankfurt.de/schneider/statbio0708.html>

1 Einführung

- Konzept und Quellen
- **Plan**

2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik

3 Graphische Darstellungen

- Histogramme und Dichtepolygone
- Stripcharts
- Boxplots
- Beispiel: Ringeltaube
- Beispiel: Darwin-Finken

4 Statistische Kenngrößen

- Median und andere Quartile
- Mittelwert und Standardabweichung

5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten

- Beispiel: Wählerische Bachstelzen
- Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
- Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

- 1 Beschreibende Statistik

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

- 1 Beschreibende Statistik
- 2 Der Standardfehler

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

- 1 Beschreibende Statistik
- 2 Der Standardfehler
- 3 Der t-Test für gepaarte Stichproben

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

- 1 Beschreibende Statistik
- 2 Der Standardfehler
- 3 Der t-Test für gepaarte Stichproben
- 4 Der t-Test für unabhängige Stichproben

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

- 1 Beschreibende Statistik
- 2 Der Standardfehler
- 3 Der t-Test für gepaarte Stichproben
- 4 Der t-Test für unabhängige Stichproben
- 5 Häufigkeiten

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

- 1 Beschreibende Statistik
- 2 Der Standardfehler
- 3 Der t-Test für gepaarte Stichproben
- 4 Der t-Test für unabhängige Stichproben
- 5 Häufigkeiten
- 6 Der Chi-Quadrat Test

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

- 1 Beschreibende Statistik
- 2 Der Standardfehler
- 3 Der t-Test für gepaarte Stichproben
- 4 Der t-Test für unabhängige Stichproben
- 5 Häufigkeiten
- 6 Der Chi-Quadrat Test
- 7 Lineare Regression

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

- 1 Beschreibende Statistik
- 2 Der Standardfehler
- 3 Der t-Test für gepaarte Stichproben
- 4 Der t-Test für unabhängige Stichproben
- 5 Häufigkeiten
- 6 Der Chi-Quadrat Test
- 7 Lineare Regression
- 8 Korrelation

Plan der Vorlesung

Klassische Statistik

- 1 Beschreibende Statistik
- 2 Der Standardfehler
- 3 Der t-Test für gepaarte Stichproben
- 4 Der t-Test für unabhängige Stichproben
- 5 Häufigkeiten
- 6 Der Chi-Quadrat Test
- 7 Lineare Regression
- 8 Korrelation
- 9 Varianzanalyse (ANOVA)

Plan der Vorlesung

Weitere Themen

- Nichtparametrische Tests

Plan der Vorlesung

Weitere Themen

- Nichtparametrische Tests
- Diskriminanzanalyse

Plan der Vorlesung

Weitere Themen

- Nichtparametrische Tests
- Diskriminanzanalyse
- Grundbegriffe der
Wahrscheinlichkeitstheorie

Plan der Vorlesung

Weitere Themen

- Nichtparametrische Tests
- Diskriminanzanalyse
- Grundbegriffe der
Wahrscheinlichkeitstheorie
- Parameterschätzung

Plan der Vorlesung

Weitere Themen

- Nichtparametrische Tests
- Diskriminanzanalyse
- Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie
- Parameterschätzung
- Moderne Anwendung: Analyse von Genexpressionsdaten (vielleicht)

Plan der Vorlesung

Weitere Themen

- Nichtparametrische Tests
- Diskriminanzanalyse
- Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie
- Parameterschätzung
- Moderne Anwendung: Analyse von Genexpressionsdaten (vielleicht)
- R

Statistik-Software R

The R Project for Statistical Computing - Mozilla Firefox

Datel Bearbeiten Ansicht Chronik Lesezeichen Extras Hilfe

http://www.r-project.org/

Meistbesuchte Seiten Plug-in FAQ W Hauptseite - Wikipedia

The R Project for Statistical Computing

PCA 5 vars
pr1=pcor1, d=1, cor=c(0)

Fertility
Catholic
Agriculture
Consumption
Education
(1-3) 60%

Clustering 4 groups

Factor 1 [41%]
Factor 5 [16%]

Groups
28
16
1
2

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.

Fertig

<http://www.r-project.org>

Folien, R-Befehle, Quellen und Übungen

<http://evol.bio.lmu.de/statgen/StatBiol/10SS>

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 **Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik**
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

Beschreibende Statistik



Beschreibende Statistik



Beschreibende Statistik:
Ein erster Blick auf die Daten

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen**
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

Beispiel

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

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

Der Springkrebs

Galathea intermedia

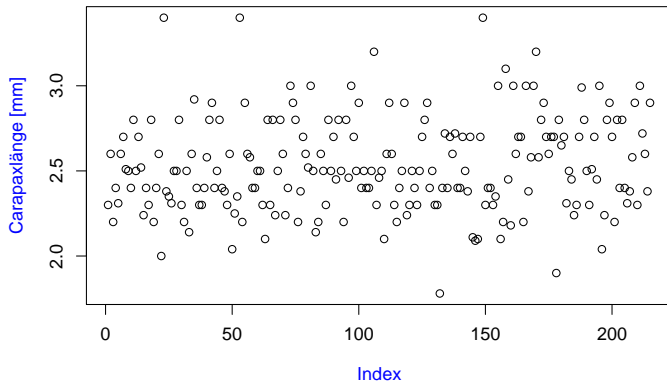


Helgoländer Tiefe Rinne, Fang vom 6.9.1988

Carapaxlänge (mm):

Nichteiertragende Weibchen ($n = 215$)

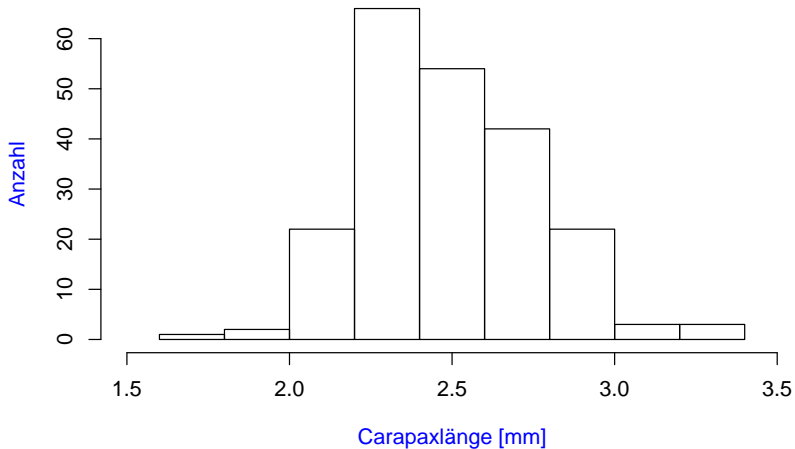
| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2,9 | 3,0 | 2,9 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 2,9 | 3,0 |
| 3,0 | 2,9 | 3,4 | 2,8 | 2,9 | 2,8 | 2,8 | 2,4 |
| 2,8 | 2,5 | 2,7 | 3,0 | 2,9 | 3,2 | 3,1 | 3,0 |
| 2,7 | 2,5 | 3,0 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,7 | 3,0 |
| 2,6 | 3,0 | 2,9 | 2,8 | 2,9 | 2,9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

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

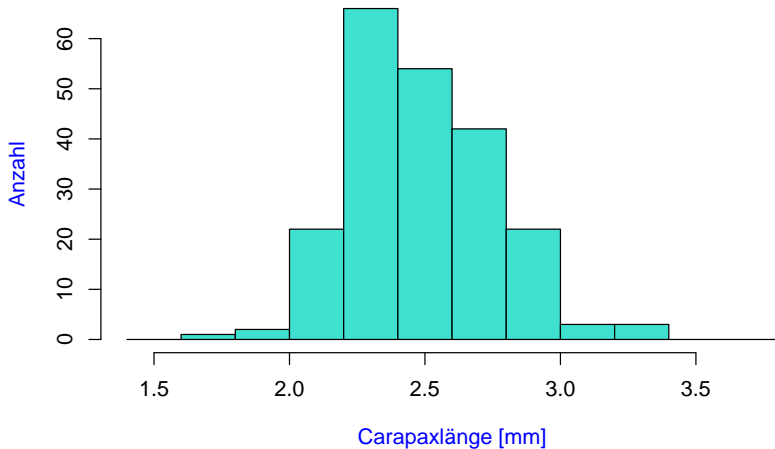
- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen**
 - Histogramme und Dichtepolygone**
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

Eine Möglichkeit der graphischen
Darstellung:
das Histogramm

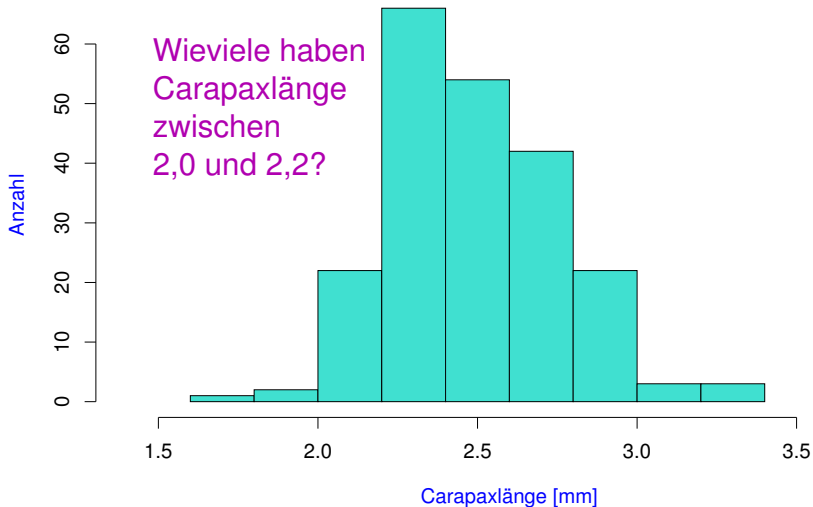
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



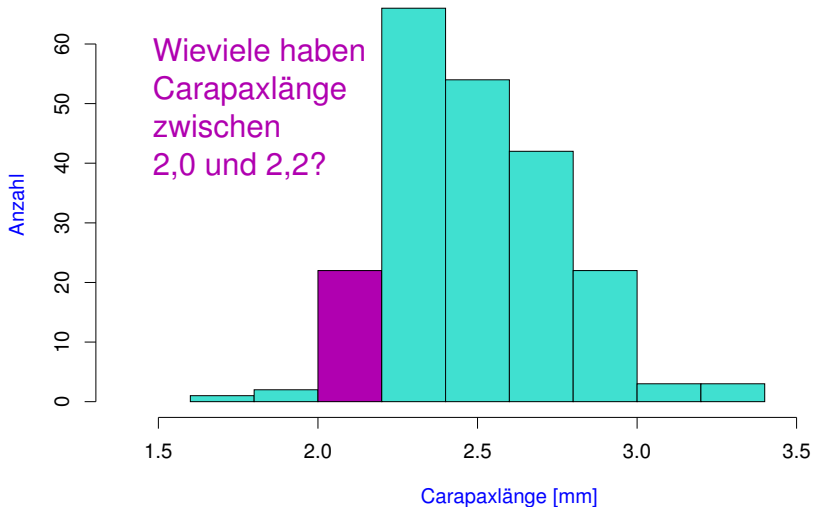
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



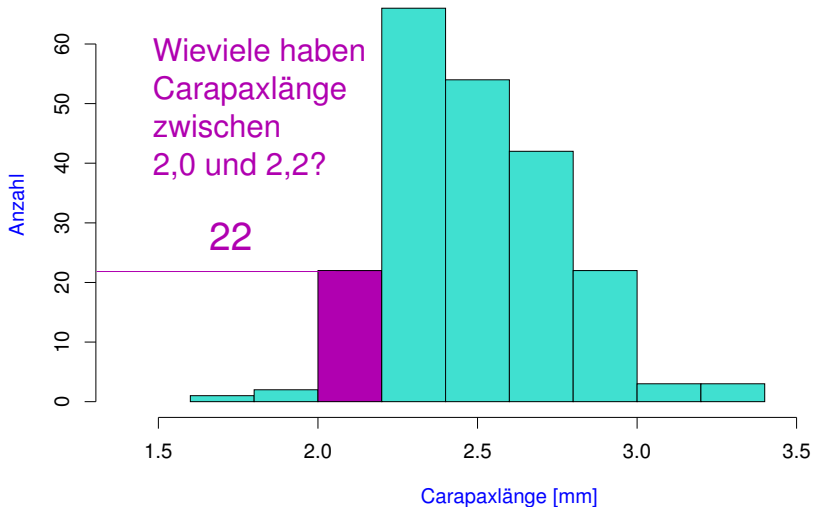
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



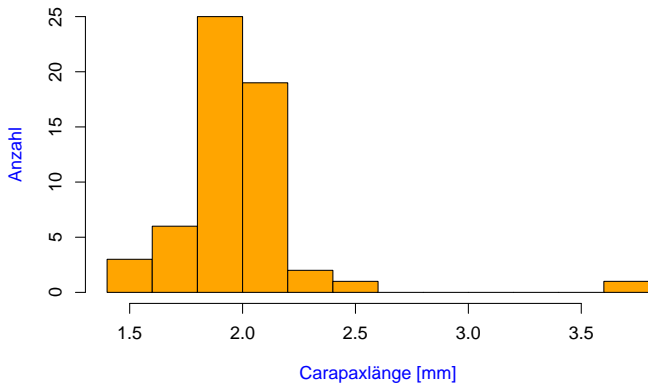
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



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

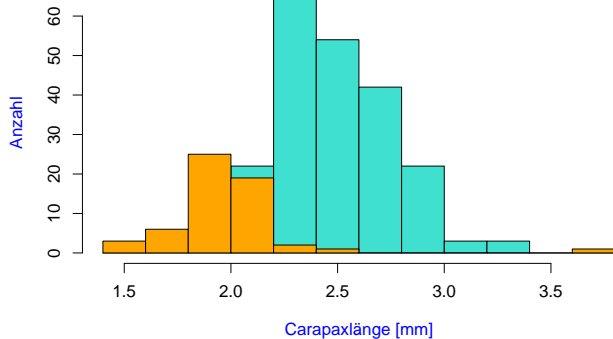


Analoge Daten zwei Monate später (3.11.88):

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

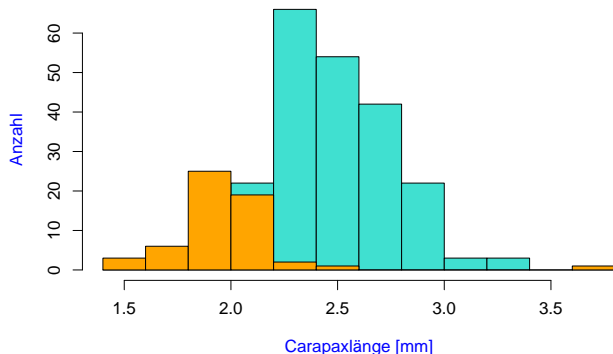
Vergleich der beiden Verteilungen

Nichteiertragende Weibchen



Vergleich der beiden Verteilungen

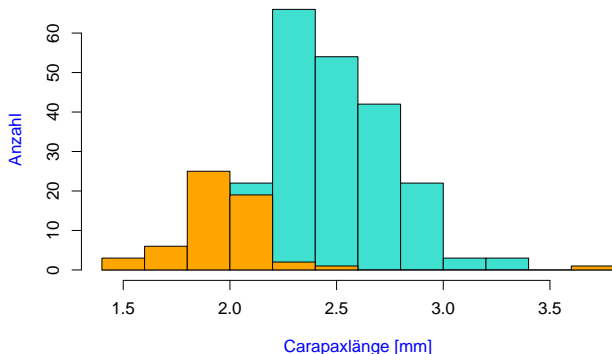
Nichteiertragende Weibchen



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

Vergleich der beiden Verteilungen

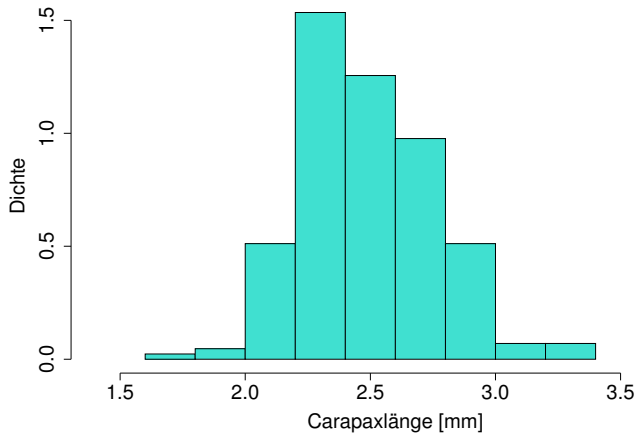
Nichteiertragende Weibchen



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

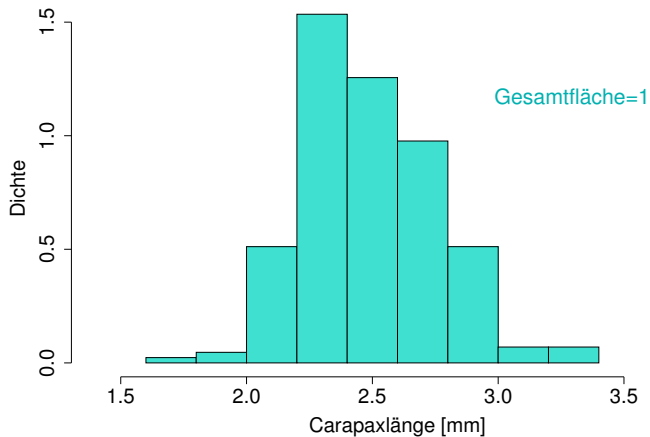
Idee: stauche vertikale Achse so, dass Gesamtfläche = 1.

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

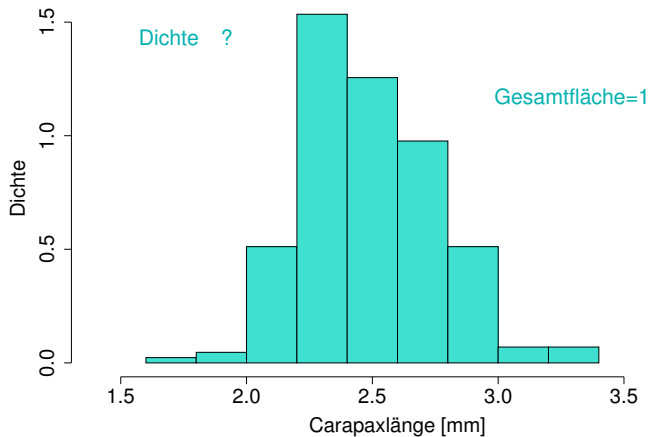


Die neue
vertikale Koordinate
ist jetzt eine
Dichte
(engl. **density**).

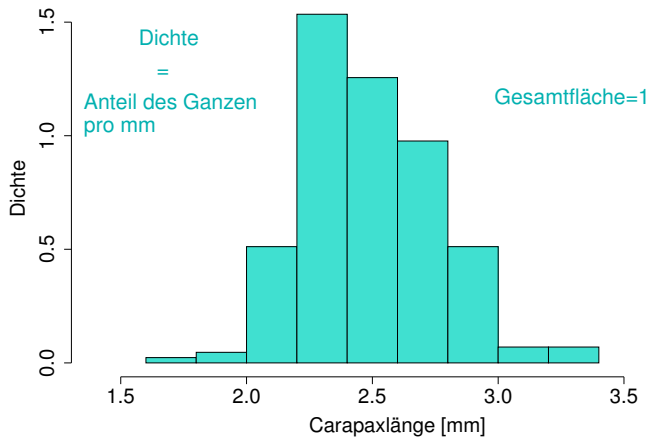
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



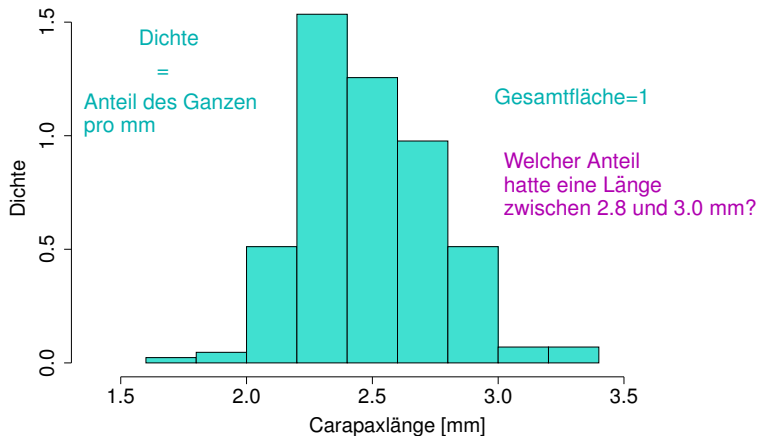
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



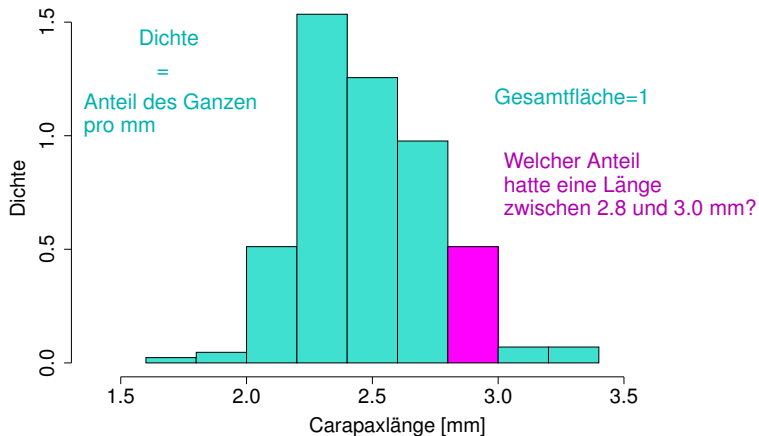
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



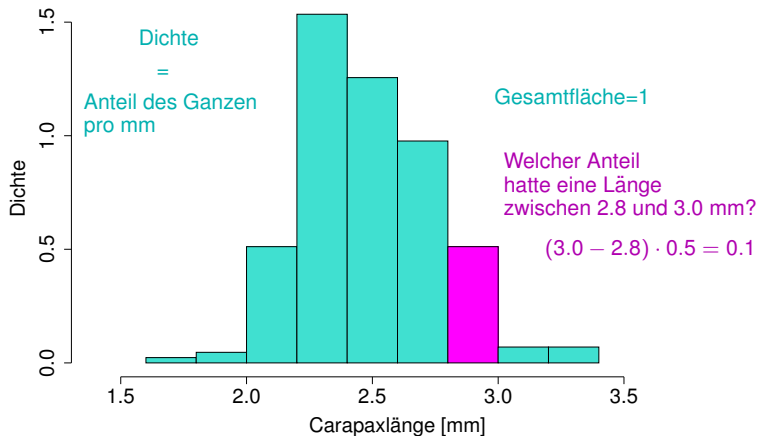
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



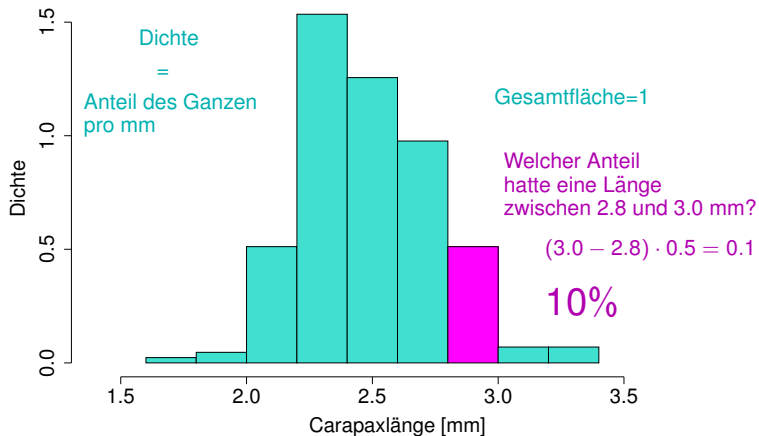
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



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



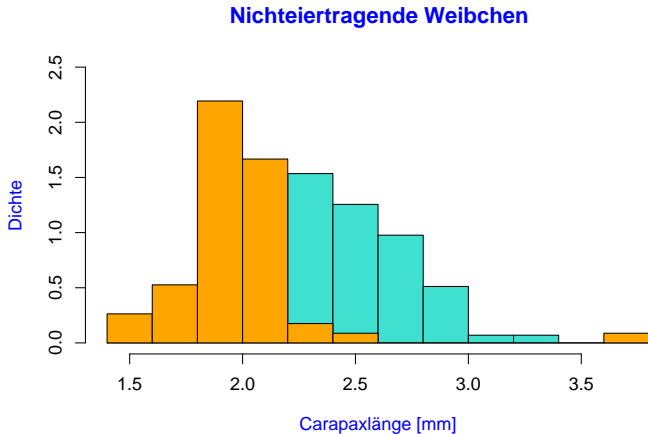
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



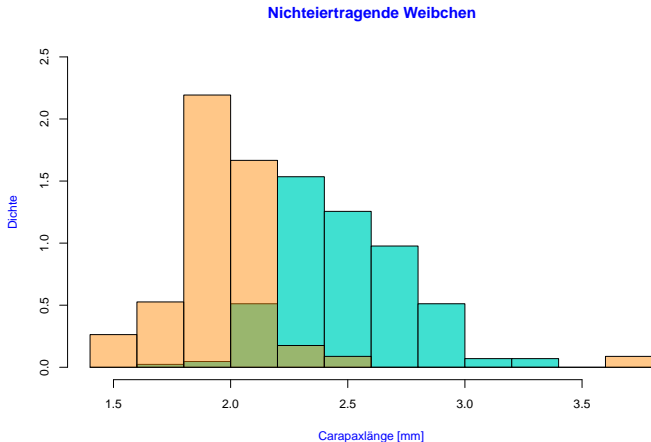
Die beiden Histogramme sind jetzt
vergleichbar

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

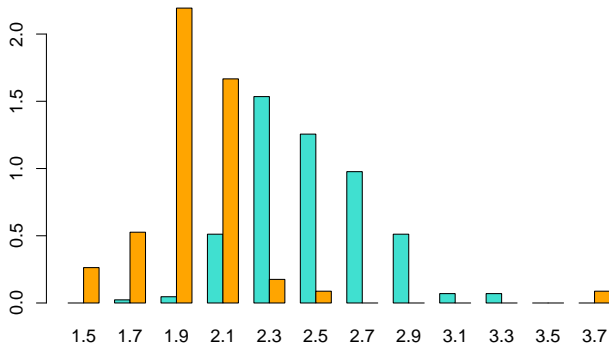
Versuche, die Histogramme zusammen zu zeigen:



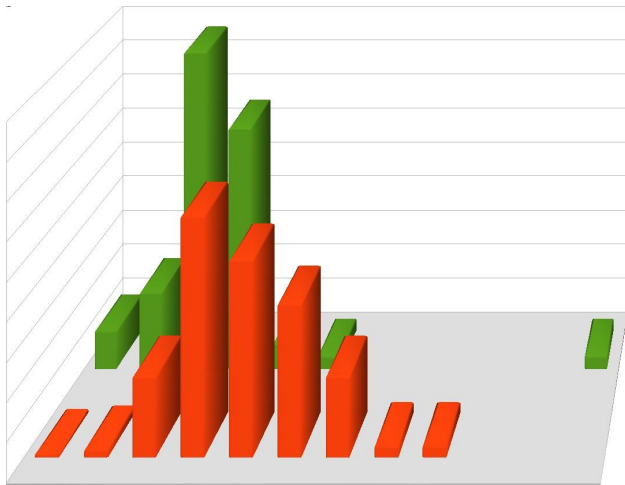
Versuche, die Histogramme zusammen zu zeigen:



Versuche, die Histogramme zusammen zu zeigen:



Versuche, die Histogramme zusammen zu zeigen:



Unser Rat an Sie:

Beeindrucken Sie Jung und Alt mit total abgefahreneren 3D-Plots!

Unser Rat an Sie:

Wenn Sie Schauwerbegestalter(in) sind:

Beeindrucken Sie Jung und Alt mit total abgefahrener 3D-Plots!

Unser Rat an Sie:

Wenn Sie Schauwerbegestalter(in) sind:

Beeindrucken Sie Jung und Alt mit total abgefahrener 3D-Plots!

Wenn Sie Wissenschaftler(in) werden wollen:

Unser Rat an Sie:

Wenn Sie Schauwerbegestalter(in) sind:

Beeindrucken Sie Jung und Alt mit total abgefahrener 3D-Plots!

Wenn Sie Wissenschaftler(in) werden wollen:

Bevorzugen Sie
einfache und klare 2D-Darstellungen.

Problem

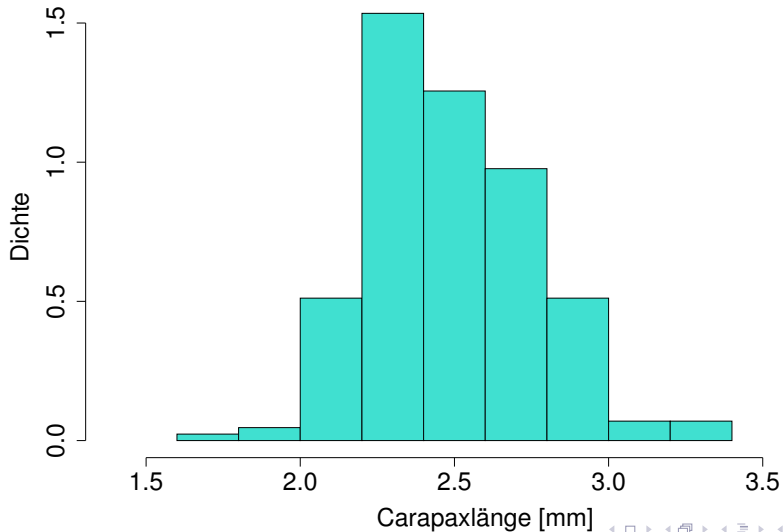
Histogramme kann man nicht ohne weiteres
in demselben Graphen
darstellen,

Problem

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

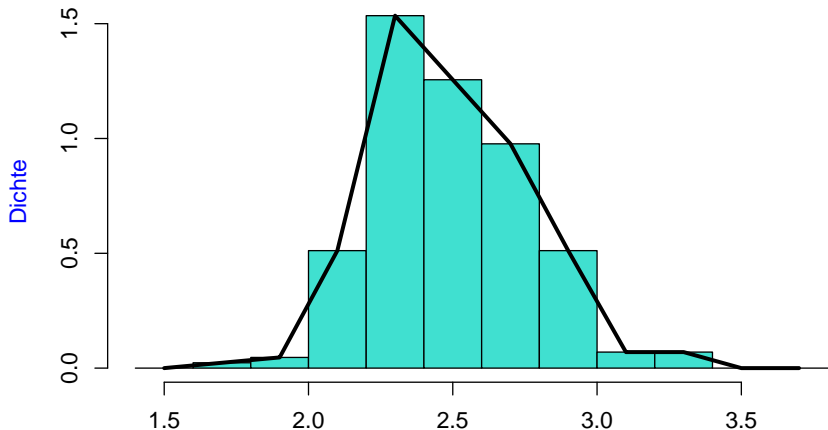
Einfache und klare Lösung: Dichtepolygone

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



Einfache und klare Lösung: Dichtepolygone

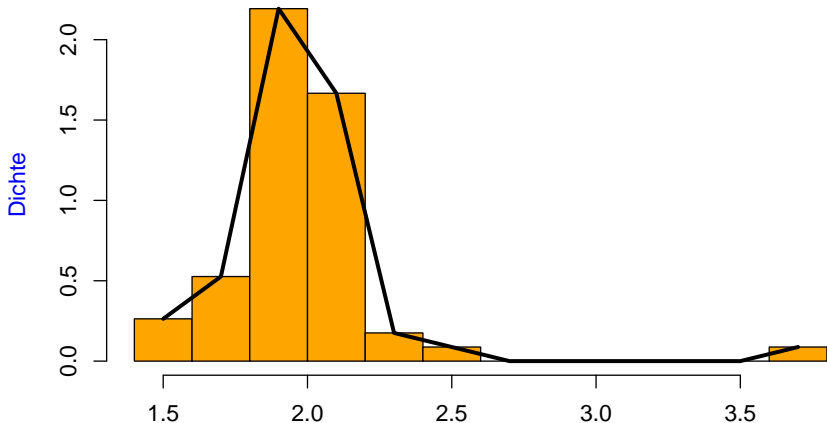
Nichteiertragende Weibchen am 6. Sept. '88, n=215



Carapaxlänge [mm]

Einfache und klare Lösung: Dichtepolygone

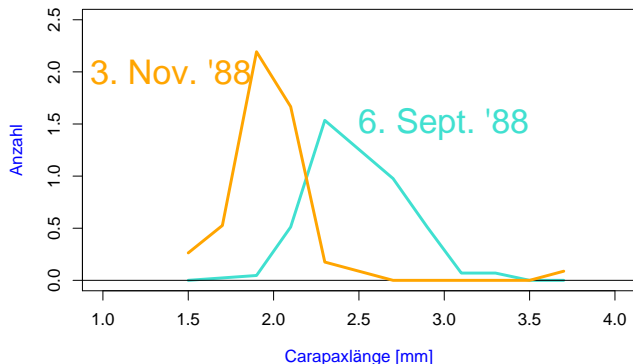
Nichteiertragende Weibchen am 3. Nov. '88, n=57



Carapaxlänge [mm]

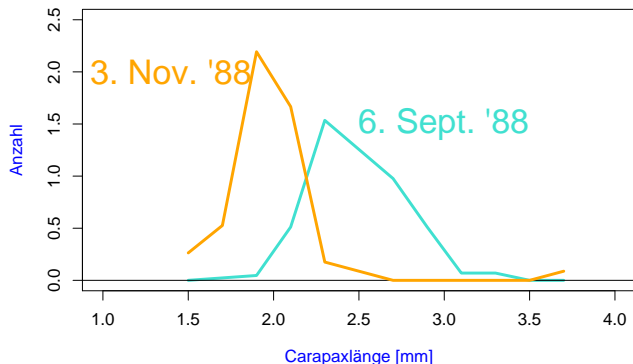
Zwei und mehr Dichtepolygone in einem Plot

Nichteiertragende Weibchen

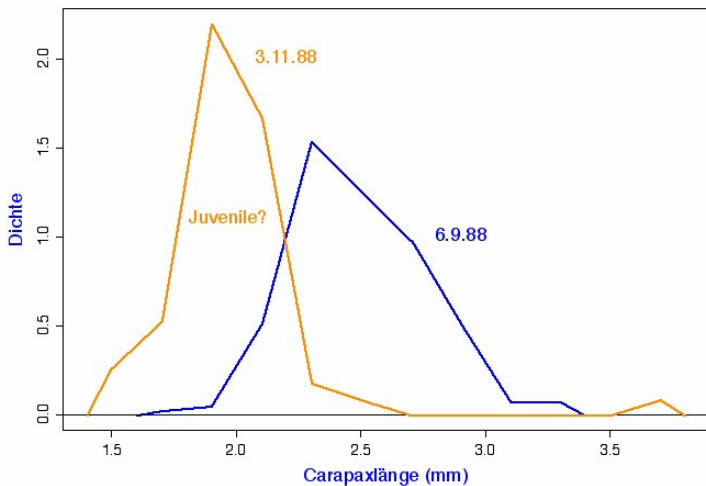


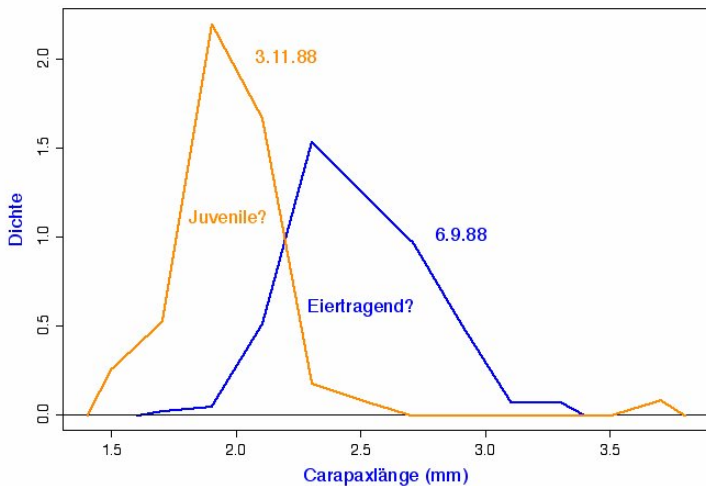
Zwei und mehr Dichtepolygone in einem Plot

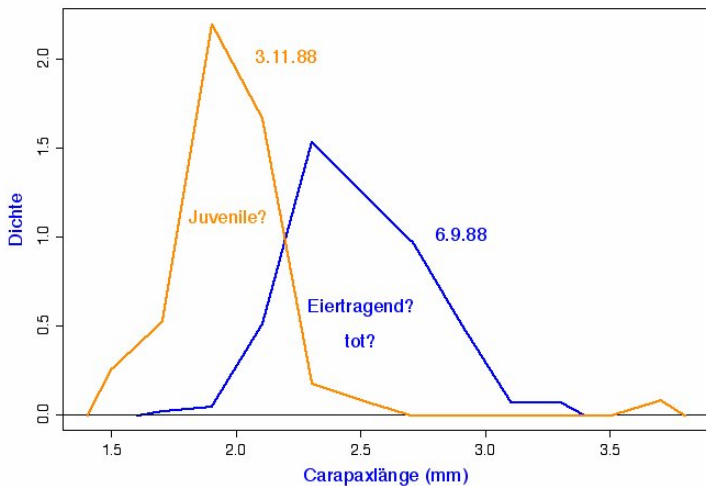
Nichteiertragende Weibchen



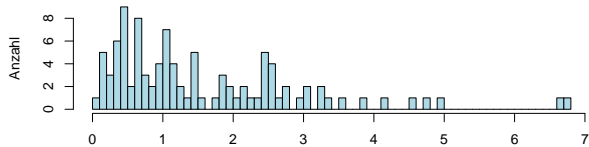
Biologische Interpretation der Verschiebung?

Nichteiertragende Weibchen 6.9.88 und 3.11.88

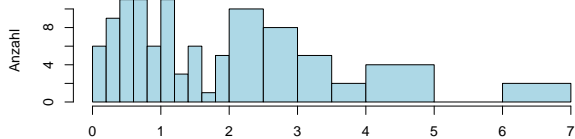
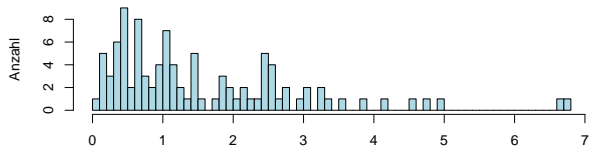
Nichteiertragende Weibchen 6.9.88 und 3.11.88

Nichteiertragende Weibchen 6.9.88 und 3.11.88

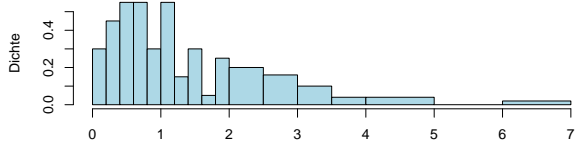
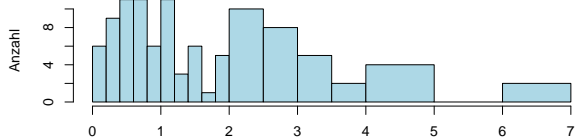
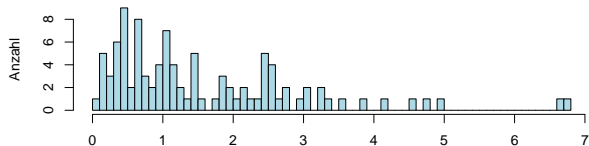
Anzahl vs. Dichte



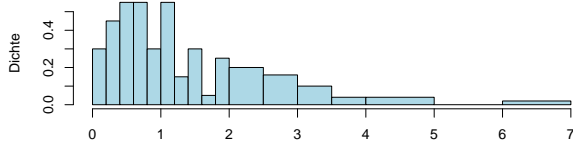
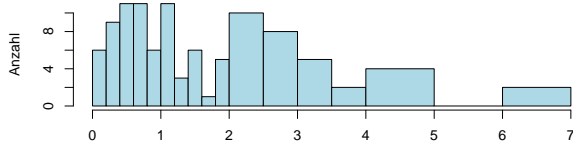
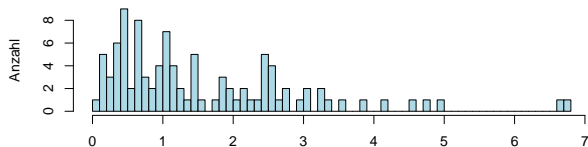
Anzahl vs. Dichte



Anzahl vs. Dichte

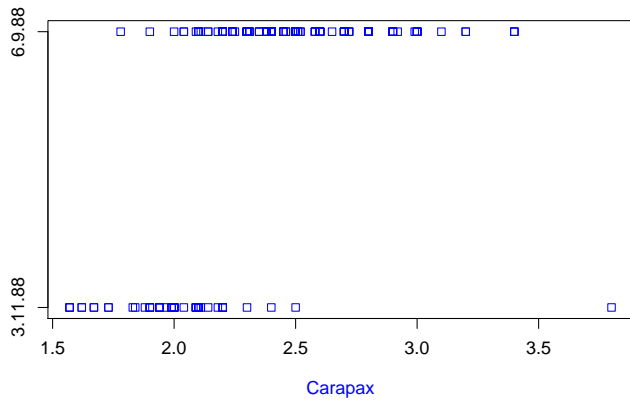


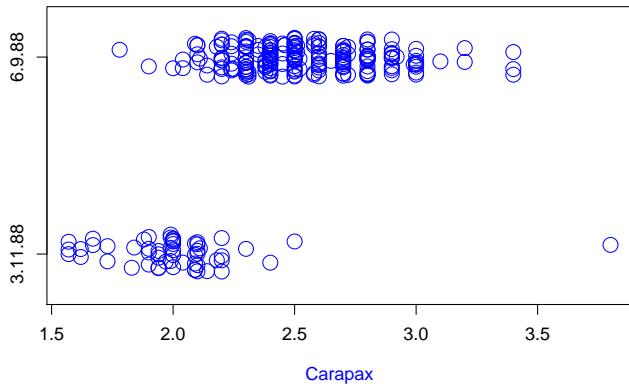
Anzahl vs. Dichte

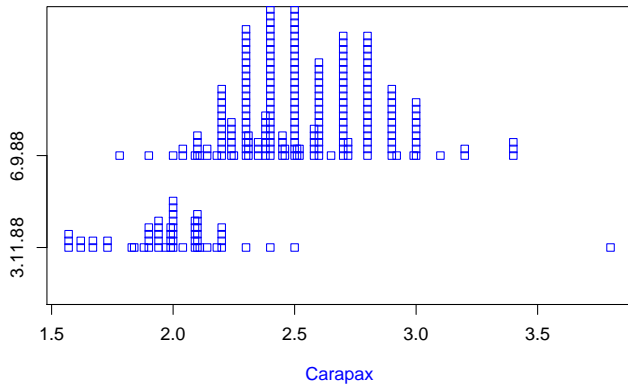


Also: Bei Histogrammen mit ungleichmäßiger Unterteilung immer Dichten verwenden!

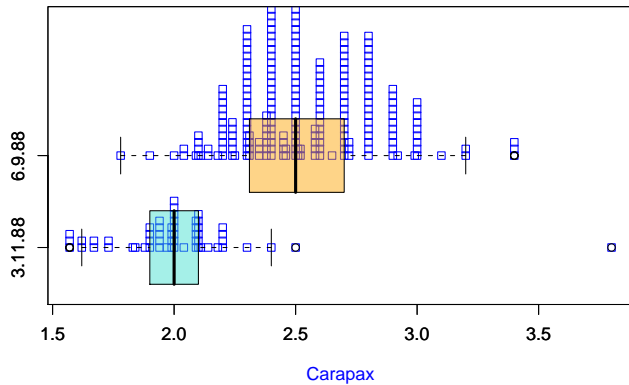
- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen**
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts**
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras



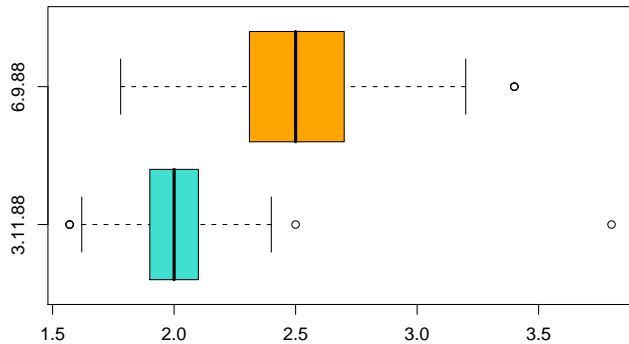


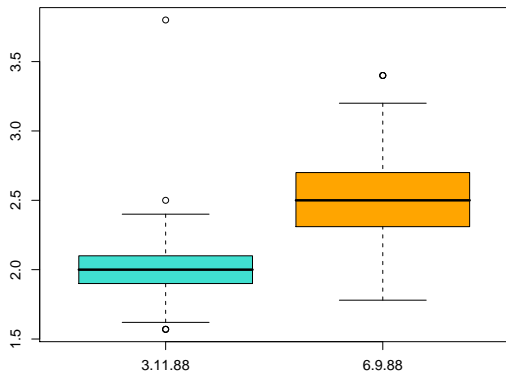


Stripchart + Boxplots, horizontal



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.

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen**
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots**
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

Zu viel Information erschwert den Überblick



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

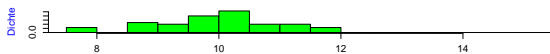
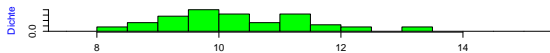
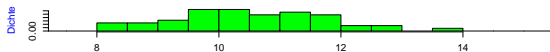
Zu viel Information erschwert den Überblick

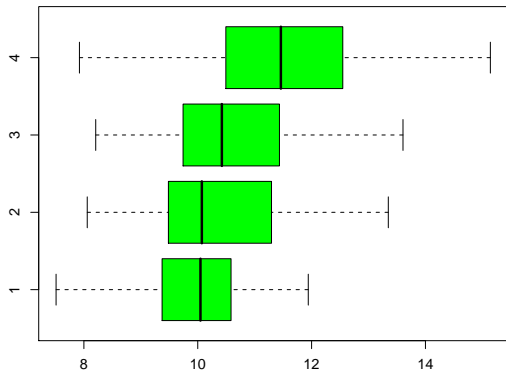


Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum Baum

Wald?

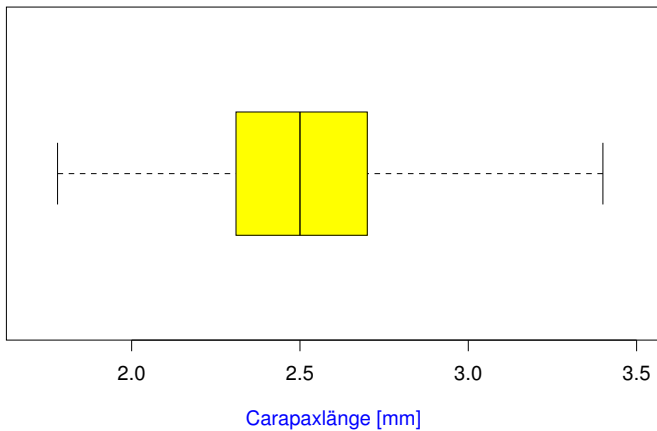
Beispiel: Vergleich von mehreren Gruppen





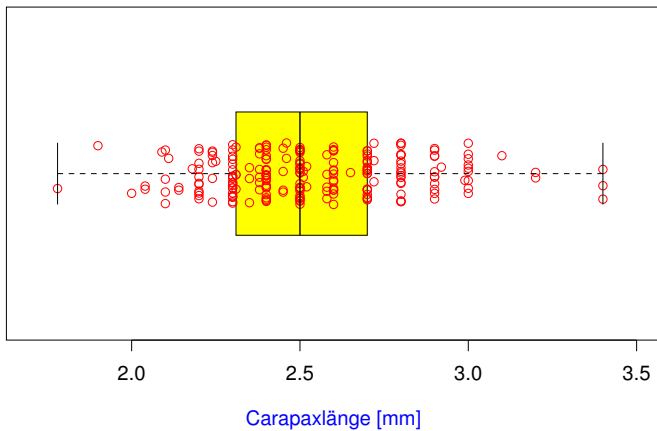
Der Boxplot

Boxplot, einfache Ausführung



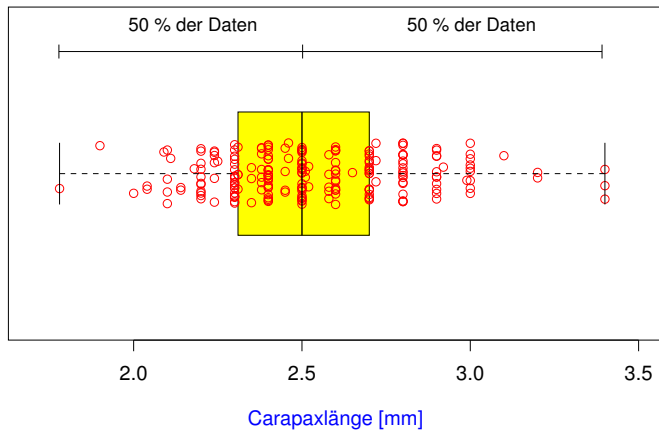
Der Boxplot

Boxplot, einfache Ausführung



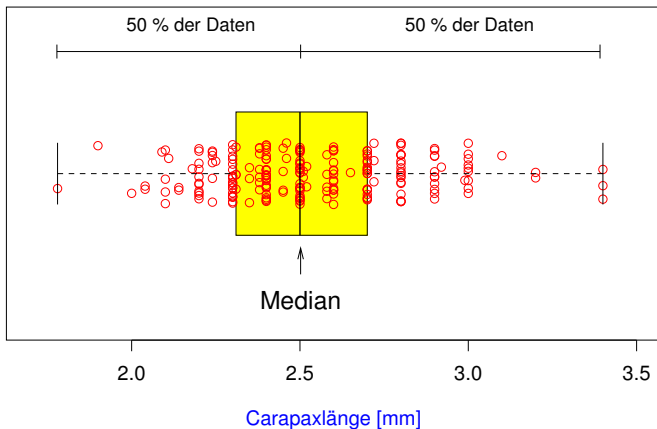
Der Boxplot

Boxplot, einfache Ausführung



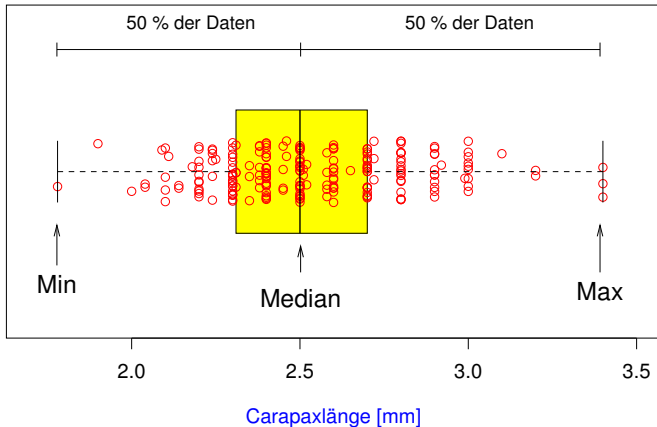
Der Boxplot

Boxplot, einfache Ausführung



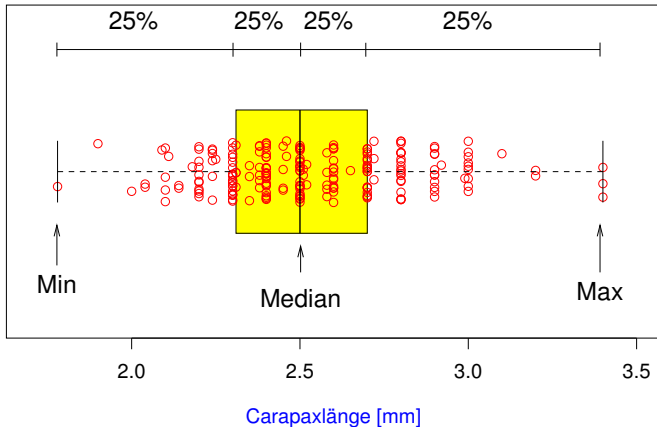
Der Boxplot

Boxplot, einfache Ausführung



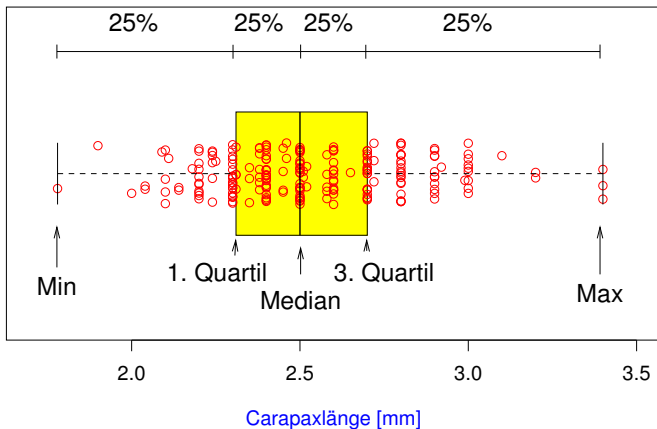
Der Boxplot

Boxplot, einfache Ausführung



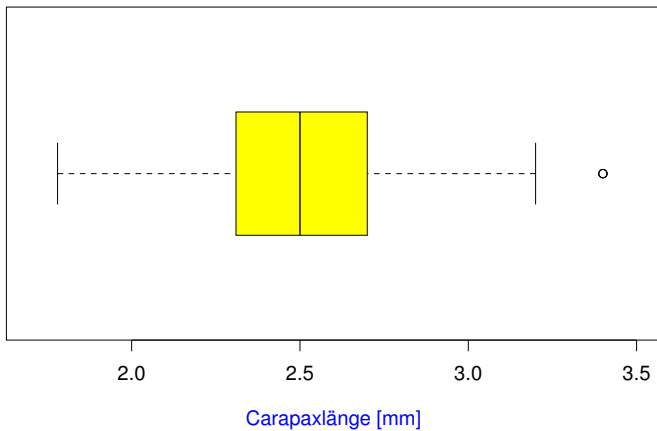
Der Boxplot

Boxplot, einfache Ausführung



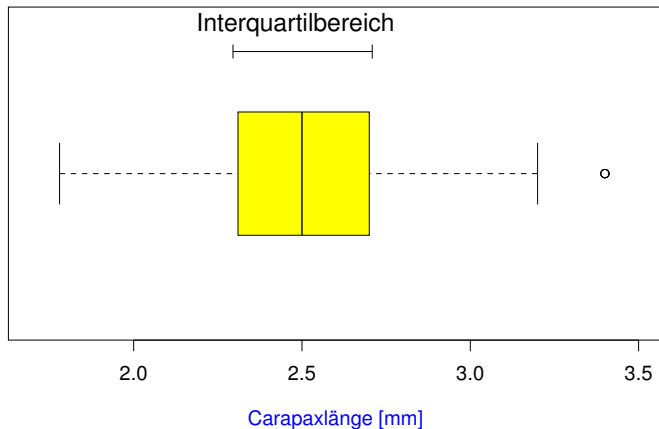
Der Boxplot

Boxplot, Standardausführung



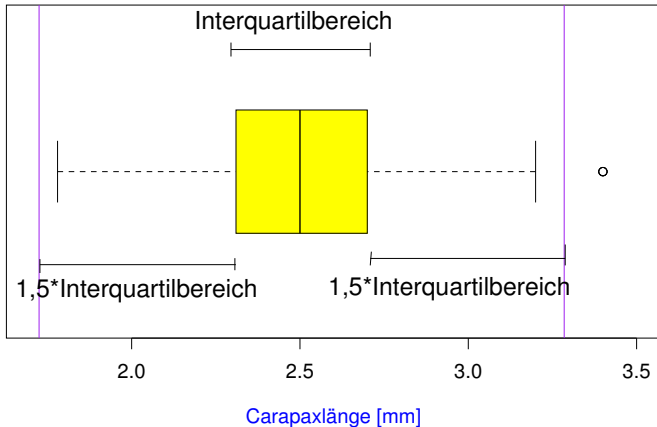
Der Boxplot

Boxplot, Standardausführung



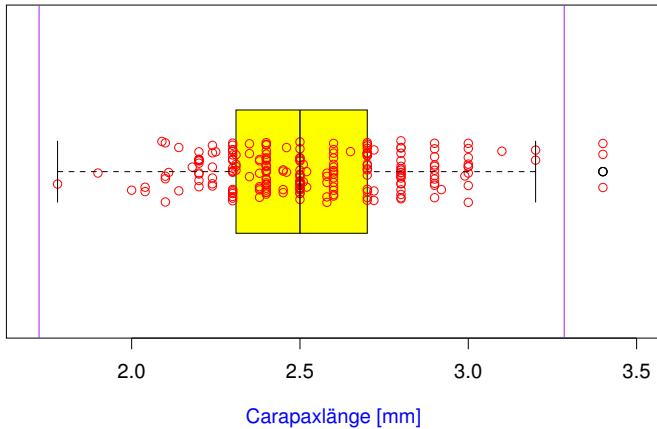
Der Boxplot

Boxplot, Standardausführung



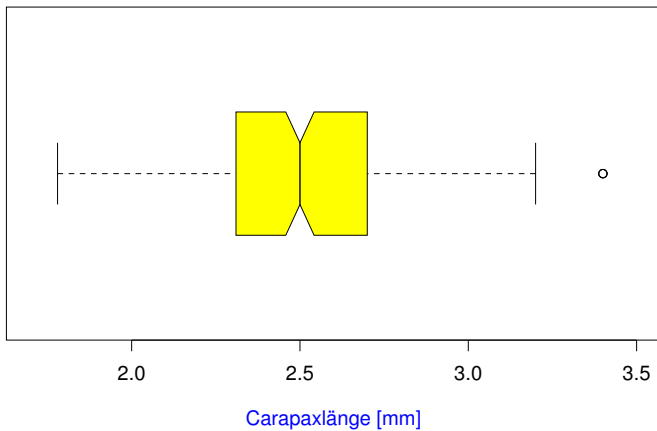
Der Boxplot

Boxplot, Standardausführung



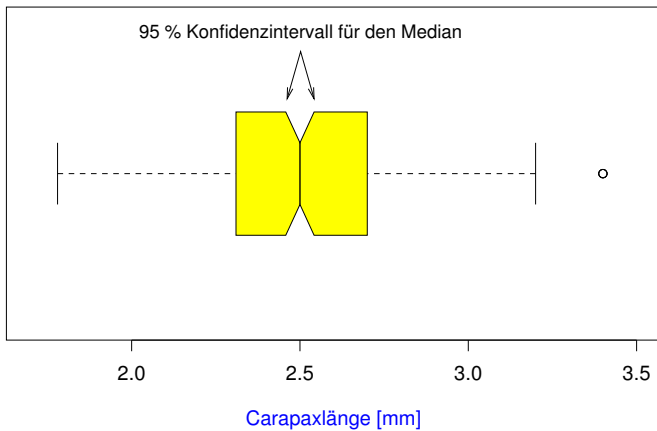
Der Boxplot

Boxplot, Profiausstattung



Der Boxplot

Boxplot, Profiausstattung



- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen**
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube**
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

Beispiel:

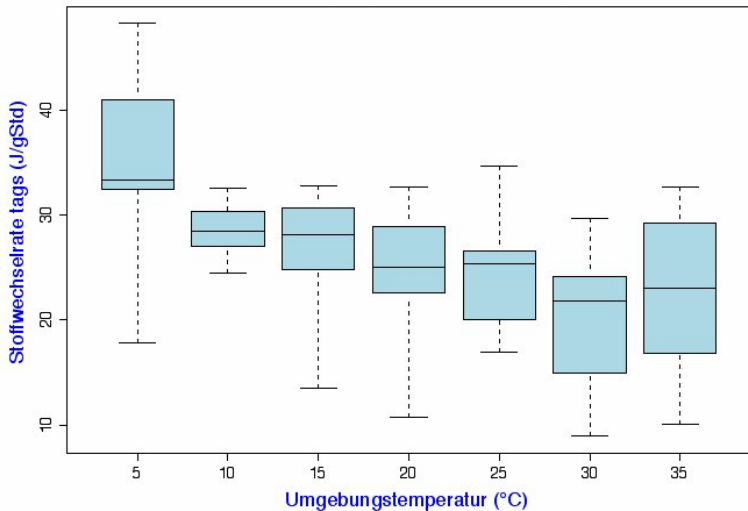
Die Ringeltaube

Palumbus palumbus

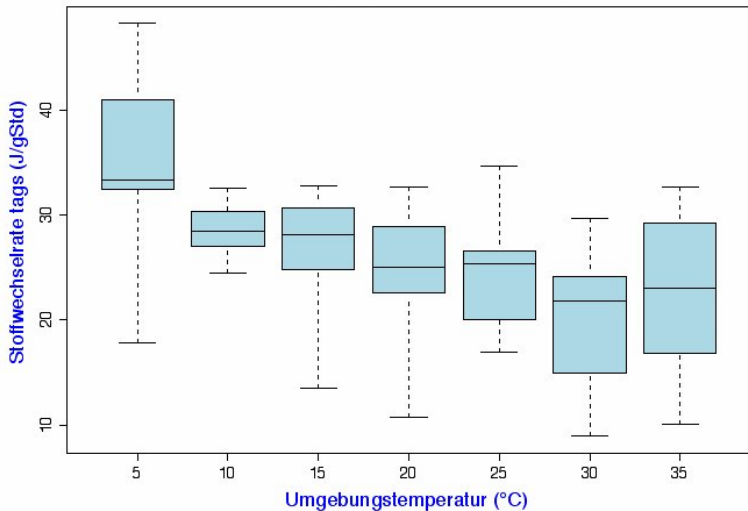


Wie hängt die Stoffwechselrate bei der Ringeltaube von der Umgebungstemperatur ab?

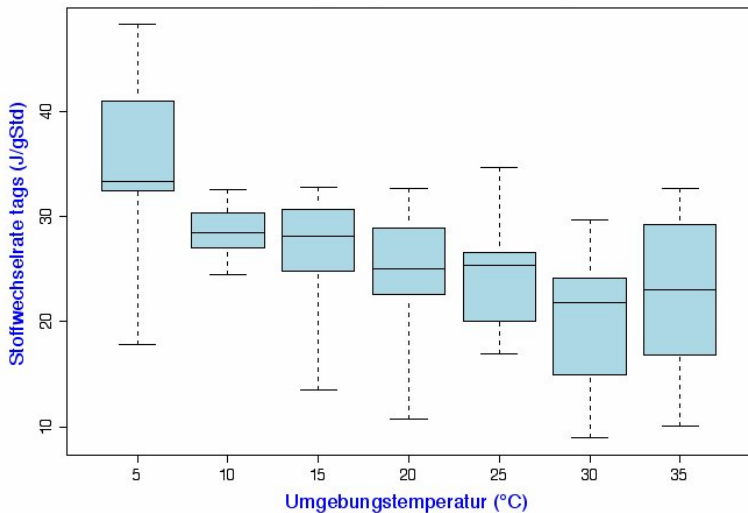
Daten
aus dem
AK Stoffwechselphysiologie
Prof. Prinzinger
Universität Frankfurt

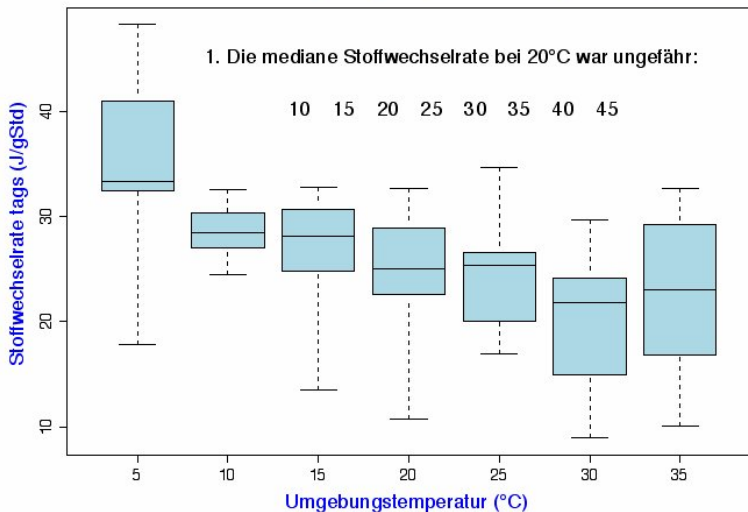
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)

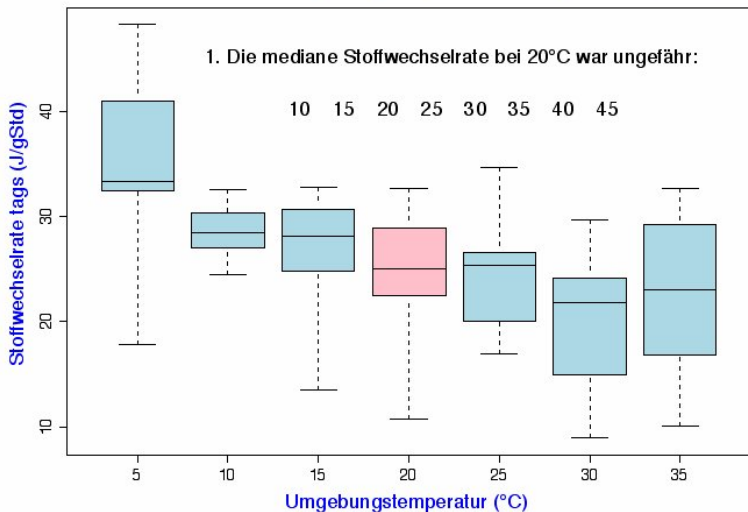
Klar:
Stoffwechselrate
höher
bei
tiefen Temperaturen

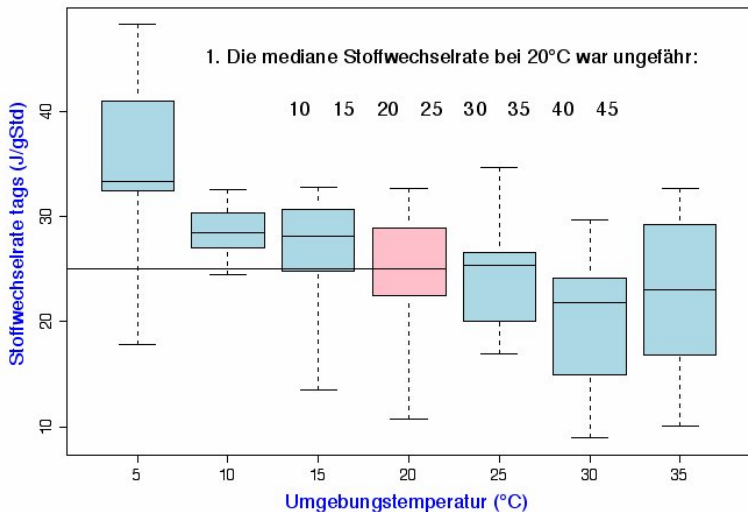
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)

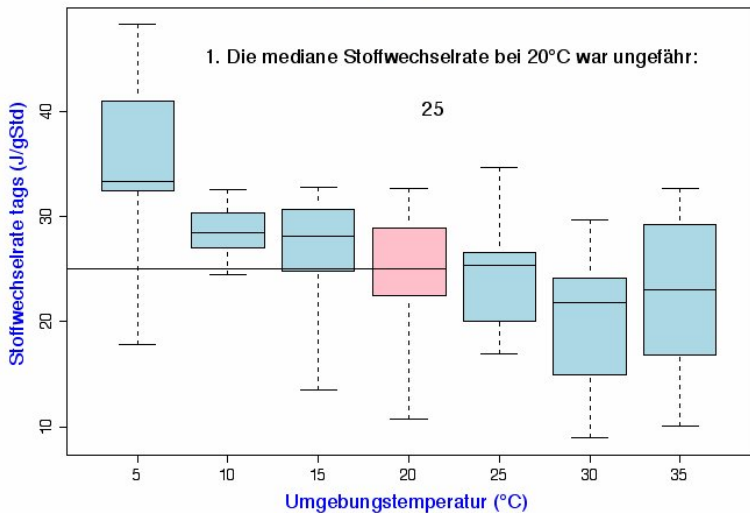
Vermutung:
Bei **hohen** Temperaturen
nimmt die Stoffwechselrate
wieder zu
(Hitzestress).

Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)

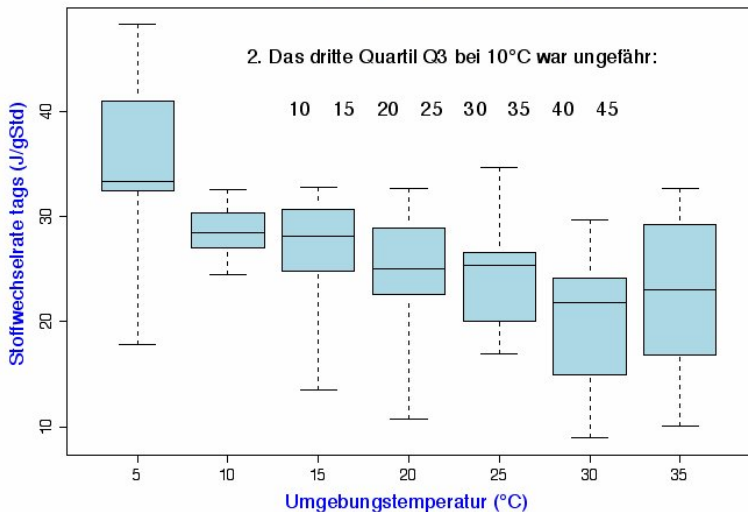
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)

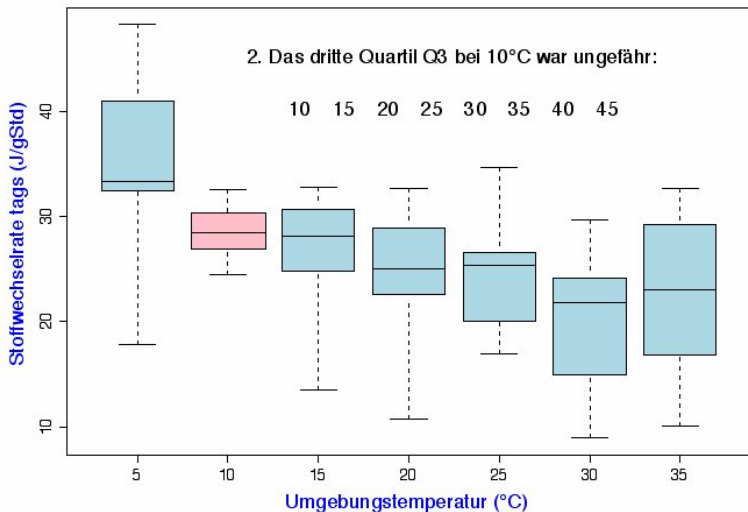
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)

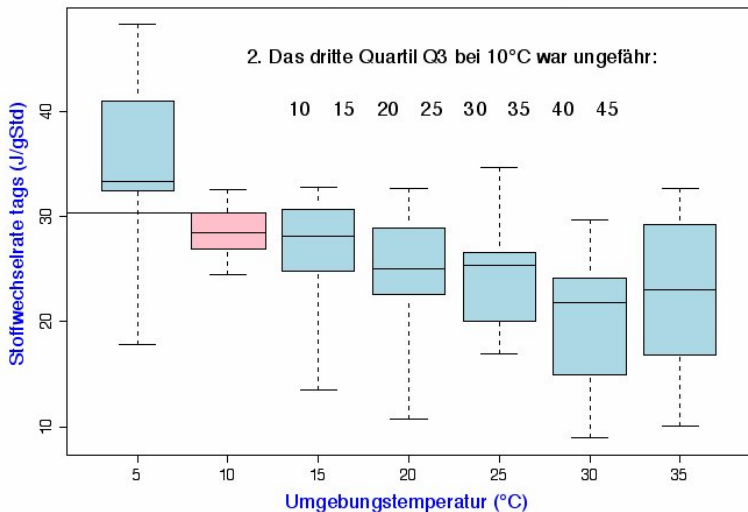
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)

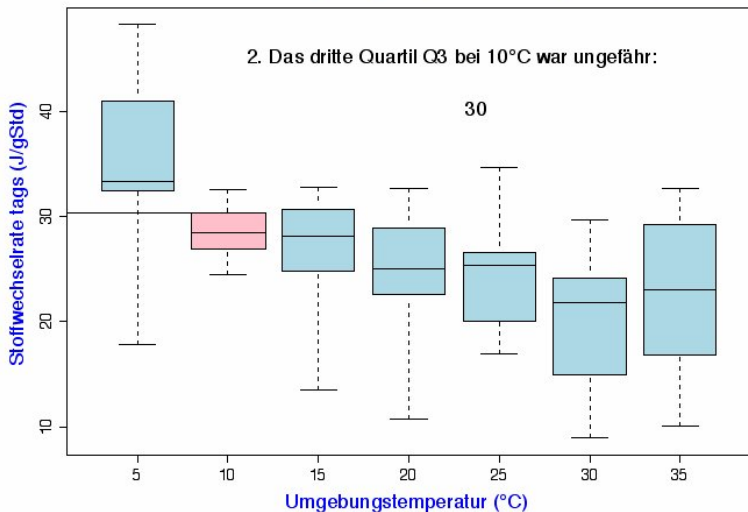
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)



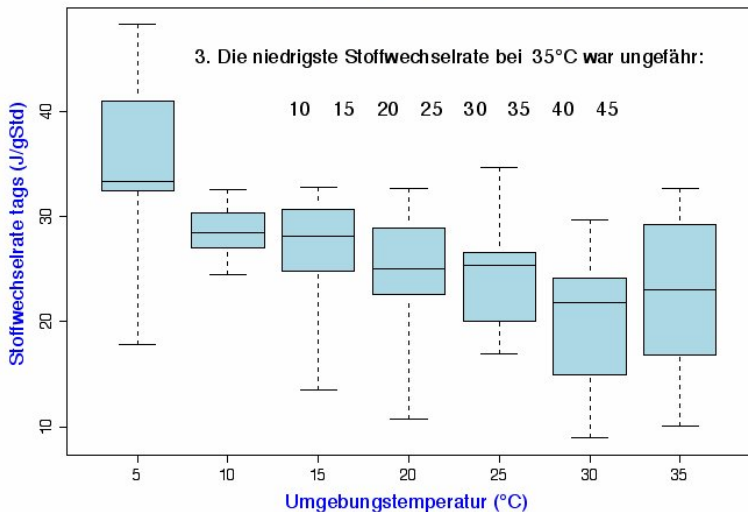
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)

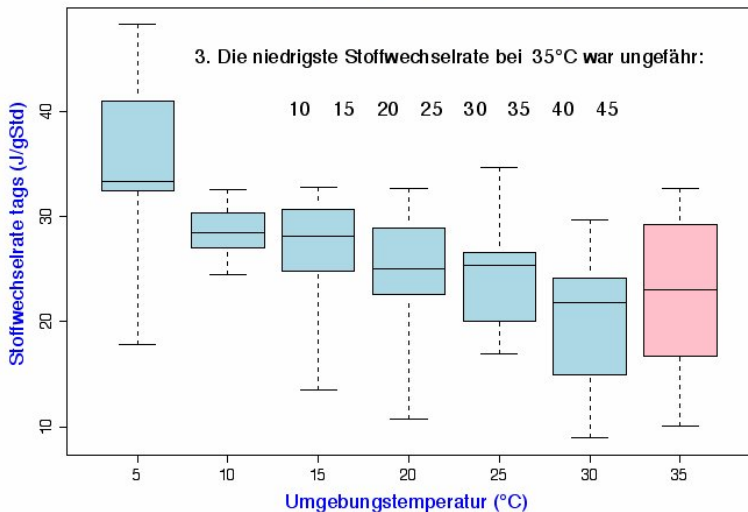
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)

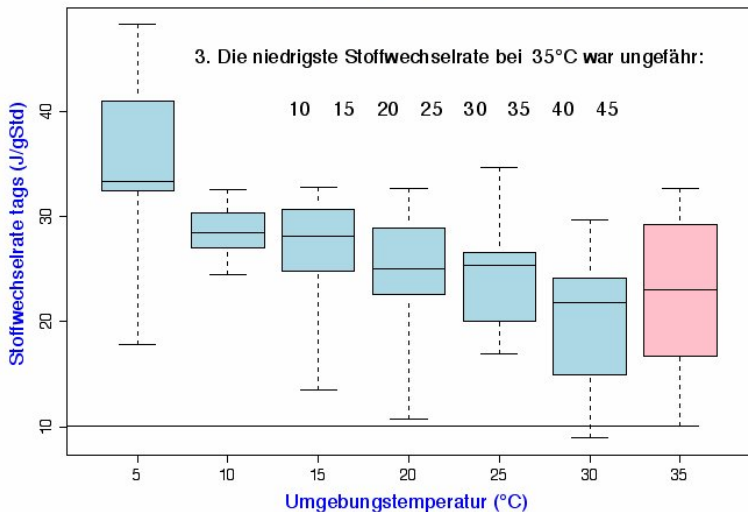
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)

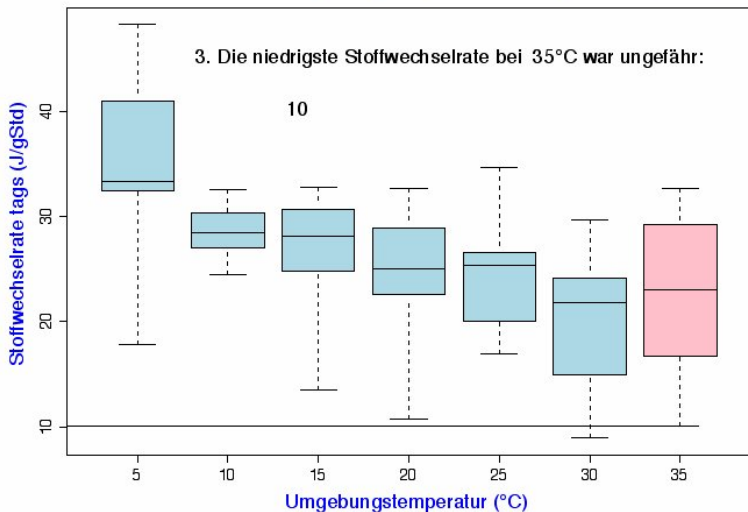
Stoffwechselrate und Umgebungstemperatur bei Ringeltauben (n=90)



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)



- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen**
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken**
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

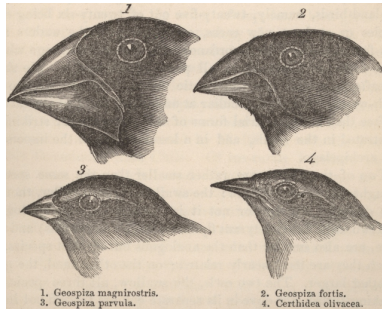
Charles Robert Darwin (1809-1882)



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)

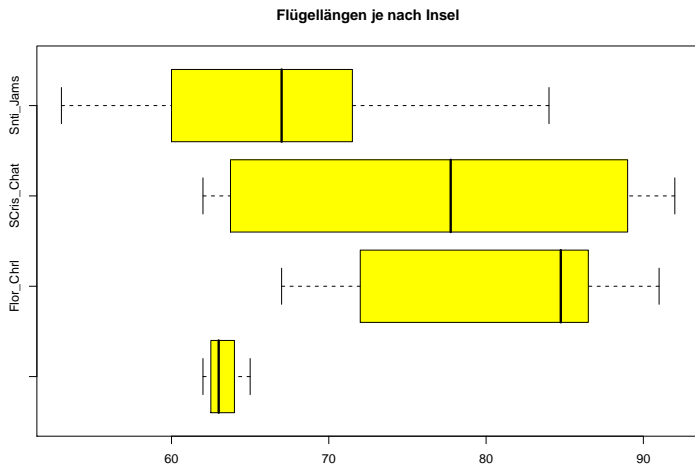
Darwins Finken-Sammlung



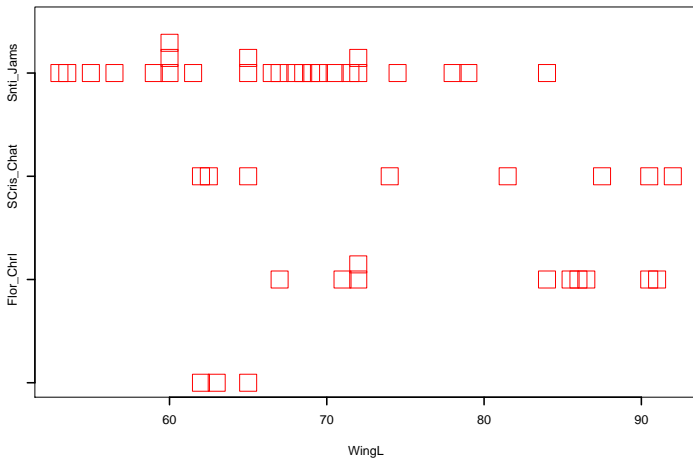
Sulloway, F.J. (1982) The Beagle collections of Darwin's Finches (Geospizinae). *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, *Zoology series* **43**: 49-94.

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

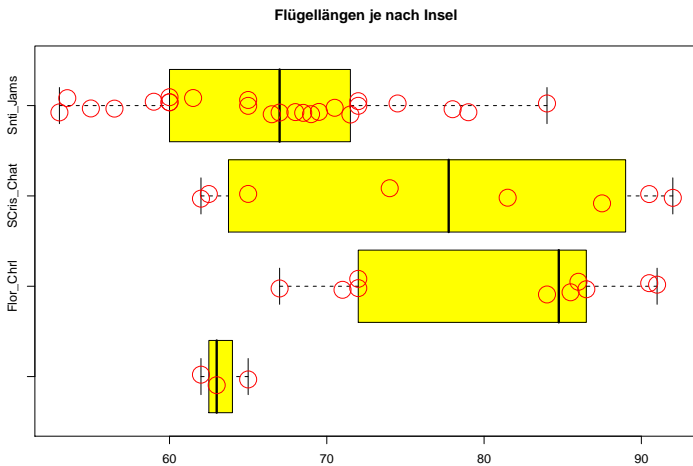
Flügelängen der Darwin-Finken



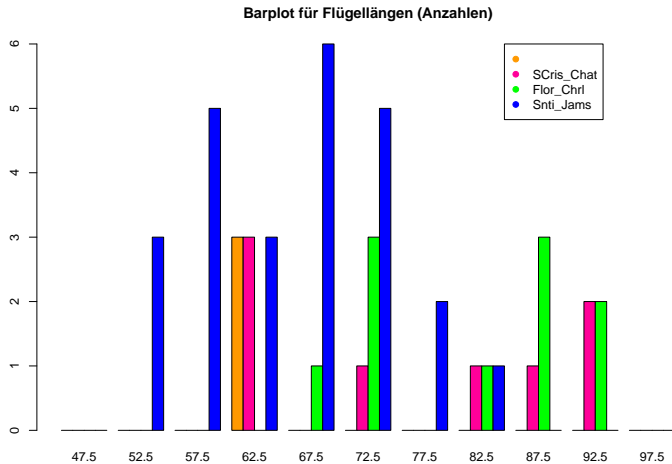
Flügelängen der Darwin-Finken



Flügelängen der Darwin-Finken

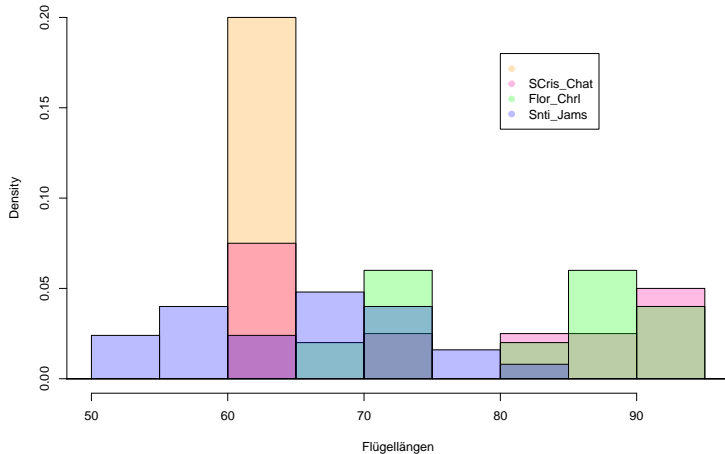


Flügelängen der Darwin-Finken

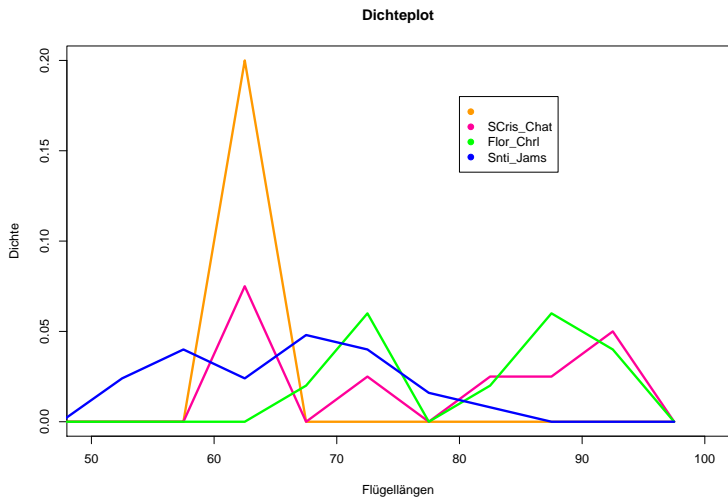


Flügelängen der Darwin-Finken

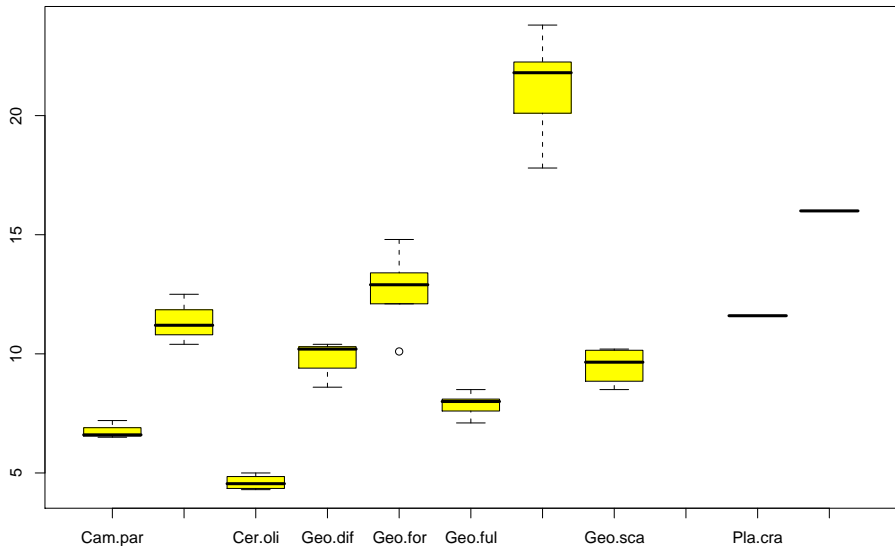
Histogramm (Dichten!) mit Transparenz



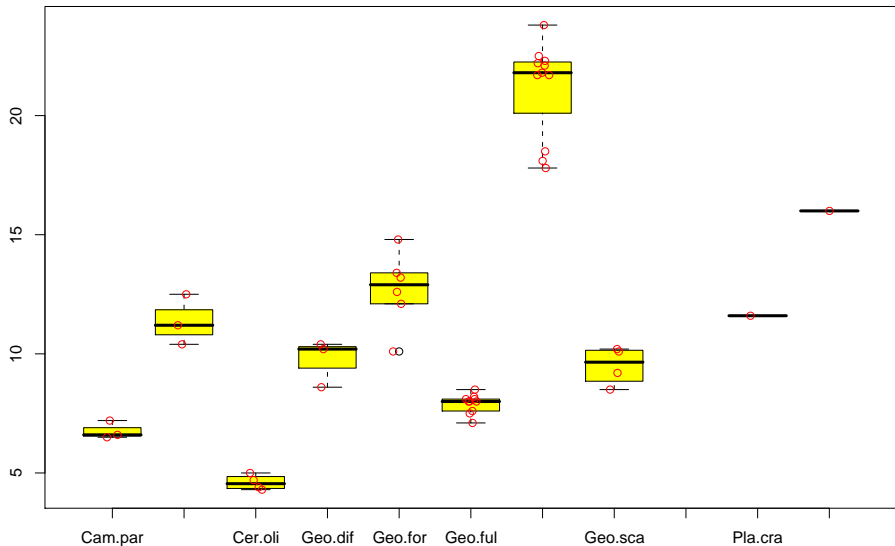
Flügelängen der Darwin-Finken



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

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen**
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

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 ($Q_3 - Q_1$)

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen**
 - Median und andere Quartile**
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

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.

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.

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.

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 **Statistische Kenngrößen**
 - Median und andere Quartile
 - **Mittelwert und Standardabweichung**
- 5 Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

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

=

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

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:

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

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

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

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:

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

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

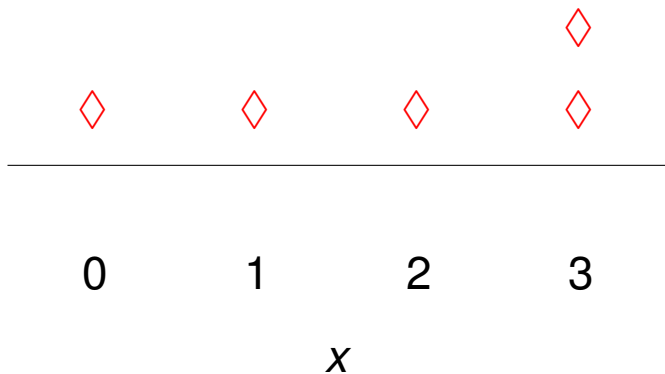
$$\bar{x} = (3 + 0 + 2 + 3 + 1)/5$$

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

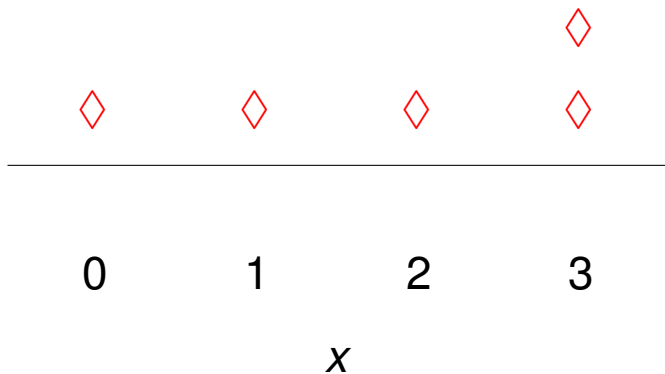
$$\bar{x} = 1,8$$

Geometrische Bedeutung des Mittelwerts: Der Schwerpunkt

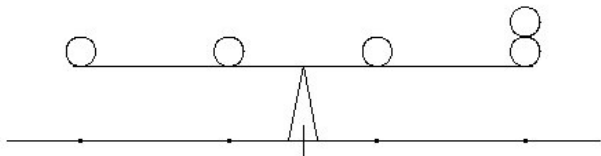
Wir stellen uns die Beobachtungen als gleich schwere Gewichte auf einer Waage vor:



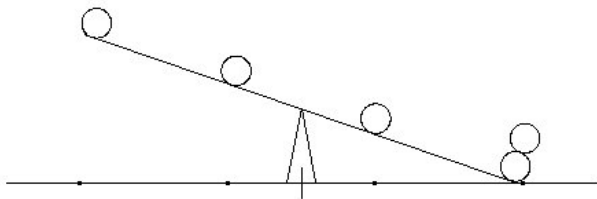
Wo muß der Drehpunkt sein, damit die Waage im Gleichgewicht ist?



$$m = 1,5 ?$$

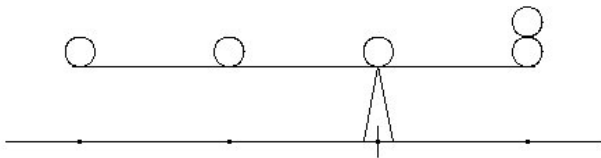


$$m = 1,5 ?$$

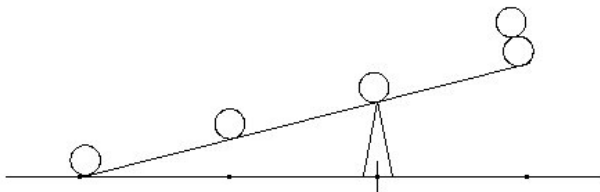


zu klein

$$m = 2 ?$$

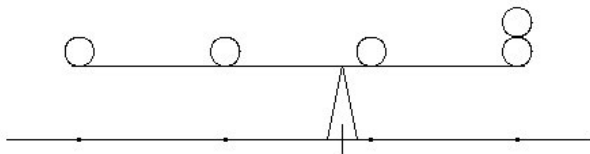


$$m = 2 ?$$

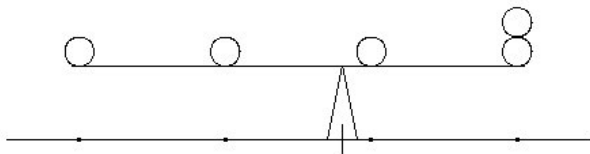


zu groß

$$m = 1,8 ?$$



$$m = 1,8 ?$$



richtig

Beispiel: *Galathea intermedia*

„Rundlichkeit“

:=

Abdominalbreite / Carapaxlänge

Beispiel: *Galathea intermedia*

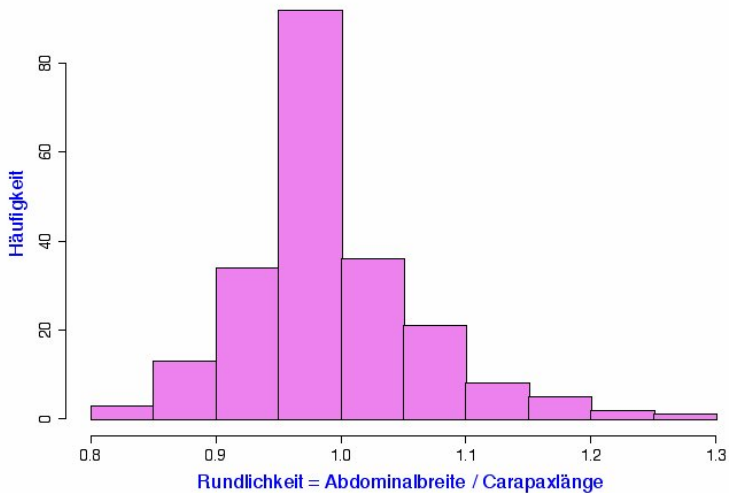
„Rundlichkeit“

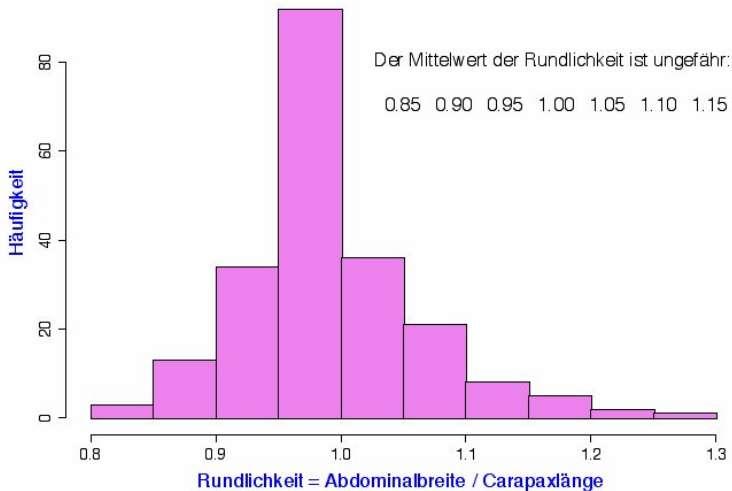
:=

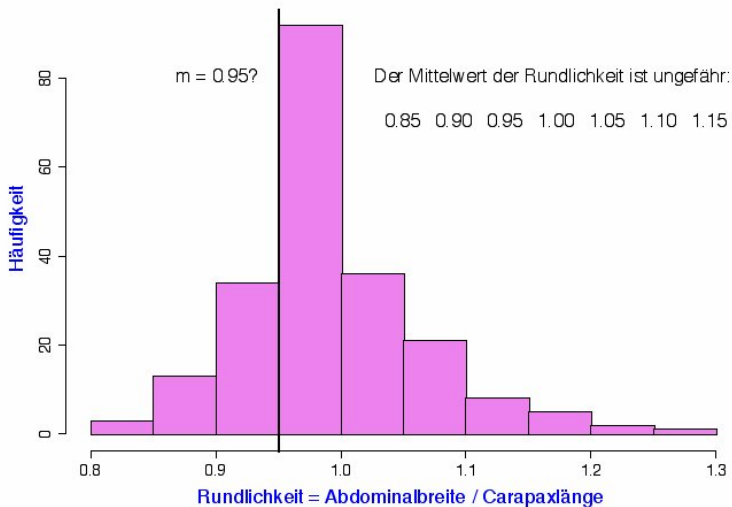
Abdominalbreite / Carapaxlänge

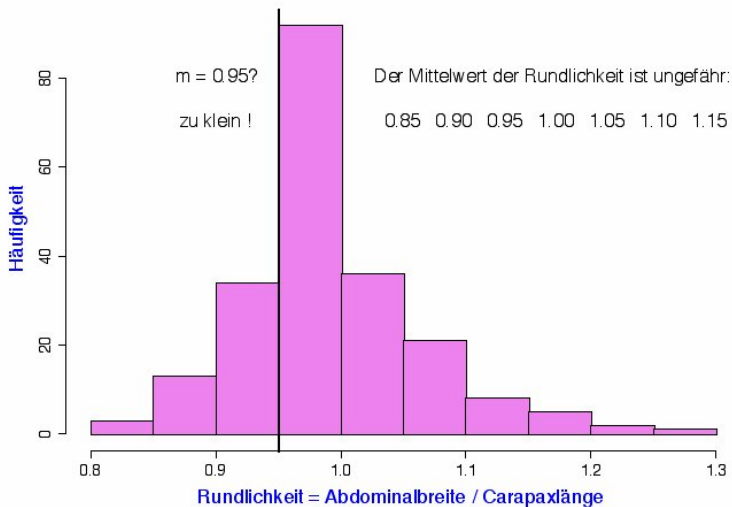
Vermutung:

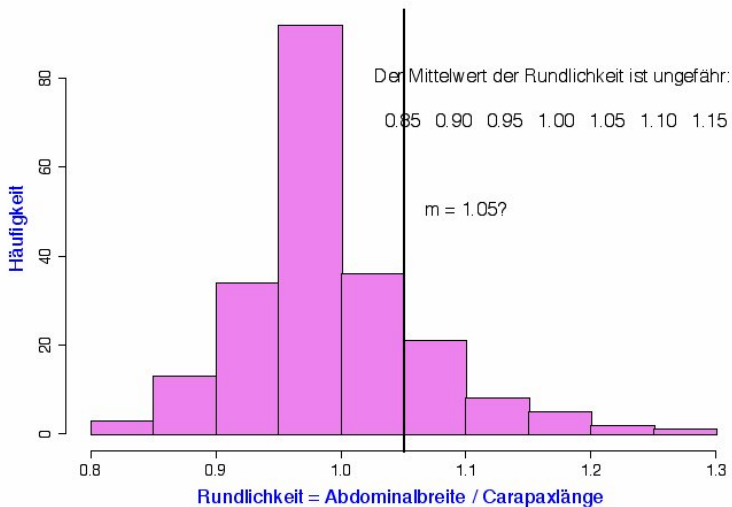
Rundlichkeit nimmt
bei Geschlechtsreife zu

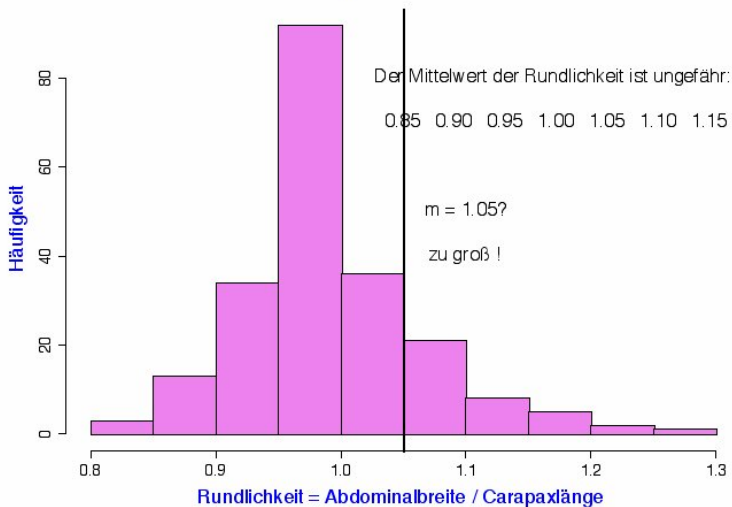
Nichteiertragende Weibchen 6.9.88

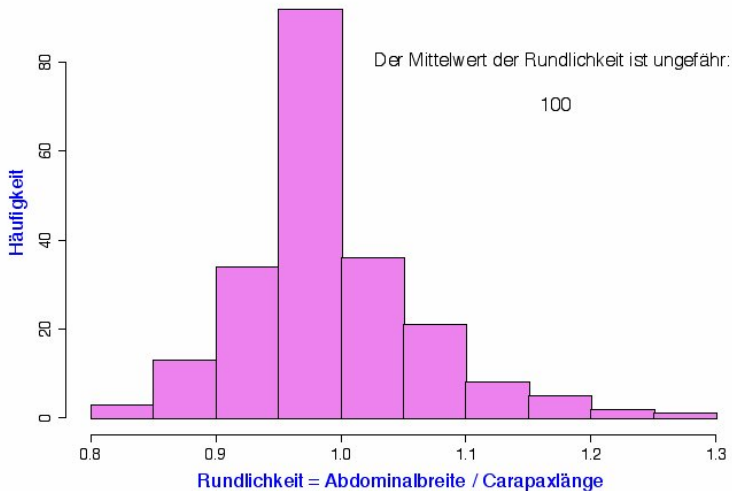
Nichteiertragende Weibchen 6.9.88

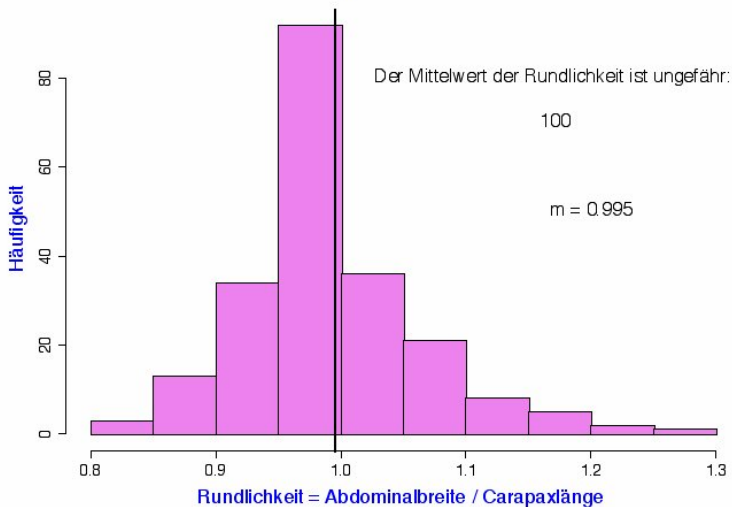
Nichteiertragende Weibchen 6.9.88

Nichteiertragende Weibchen 6.9.88

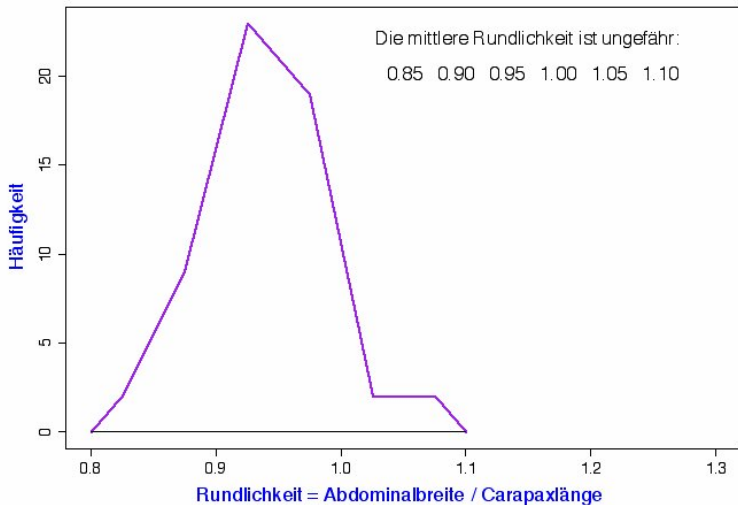
Nichteiertragende Weibchen 6.9.88

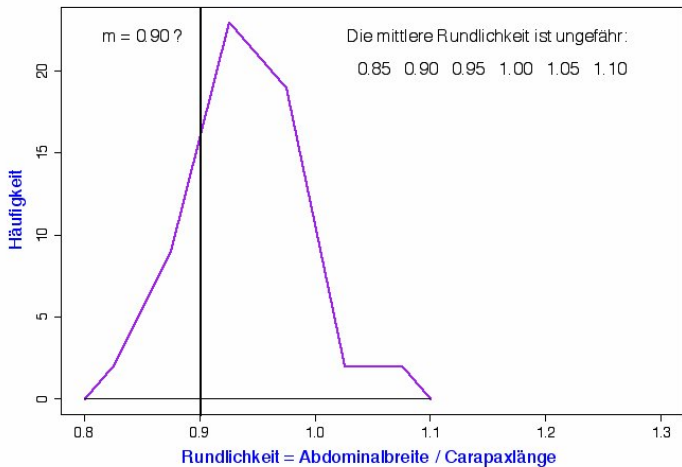
Nichteiertragende Weibchen 6.9.88

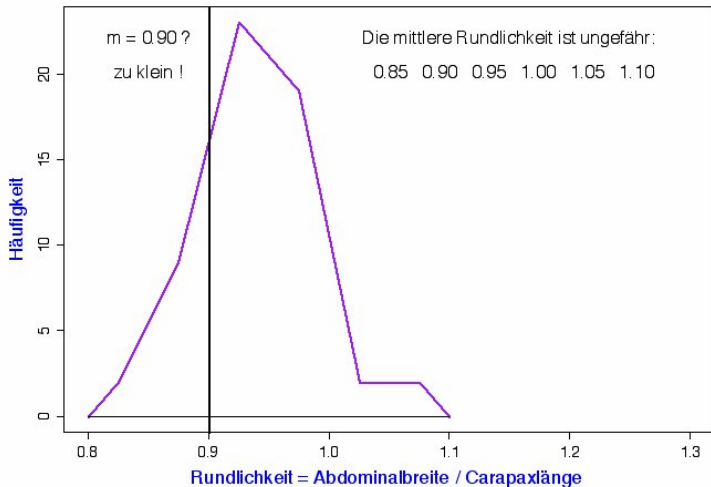
Nichteiertragende Weibchen 6.9.88

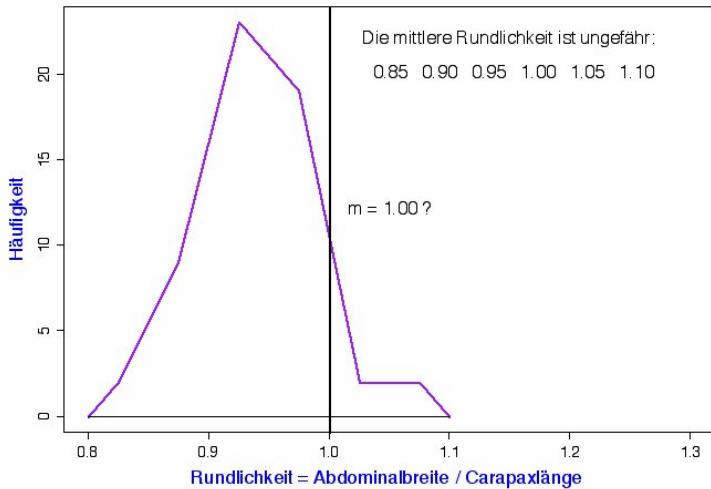
Nichteiertragende Weibchen 6.9.88

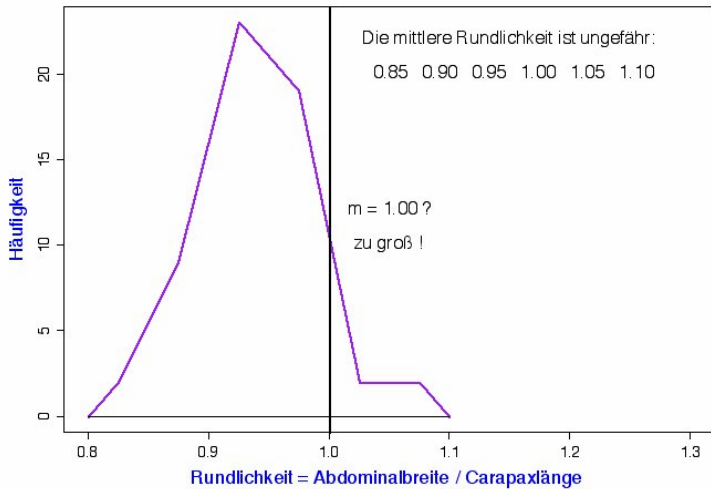
Beispiel:
3.11.88

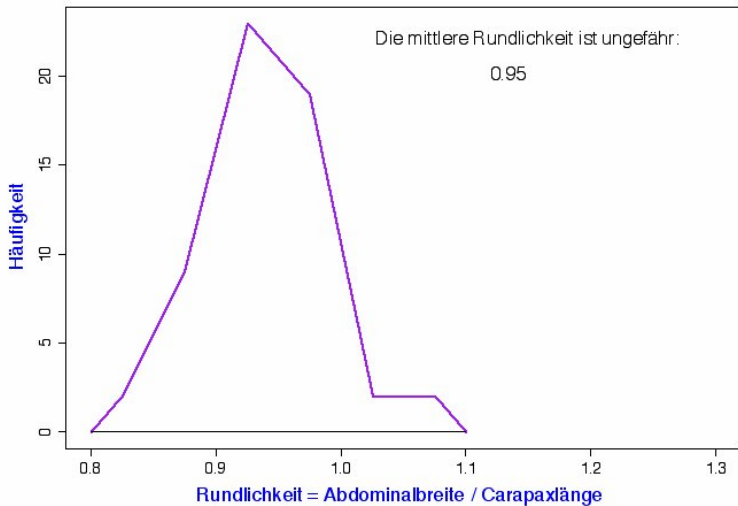
Nichteiertragende Weibchen 3.11.88

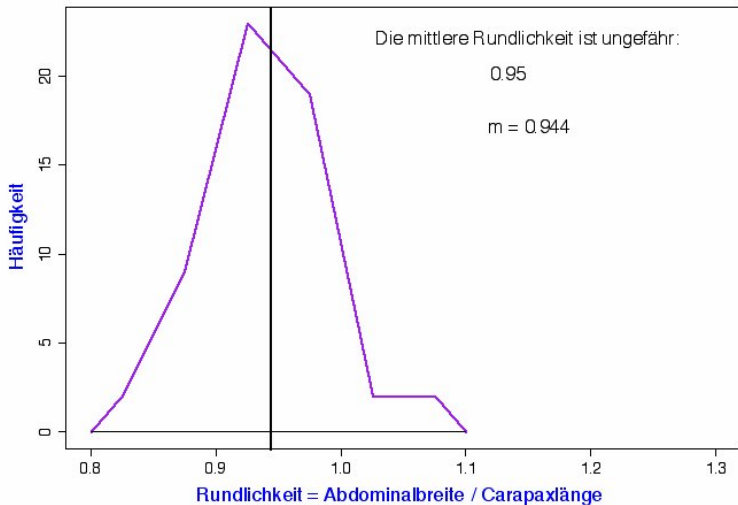
Nichteiertragende Weibchen 3.11.88

Nichteiertragende Weibchen 3.11.88

Nichteiertragende Weibchen 3.11.88

Nichteiertragende Weibchen 3.11.88

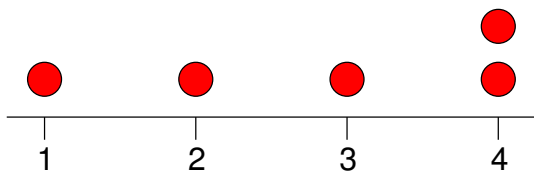
Nichteiertragende Weibchen 3.11.88

Nichteiertragende Weibchen 3.11.88

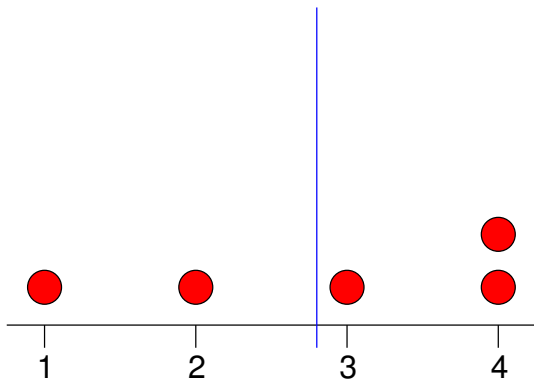
Die Standardabweichung

Die Standardabweichung

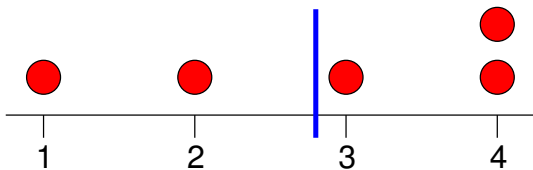
Wie weit weicht
eine typische Beobachtung
vom
Mittelwert
ab ?



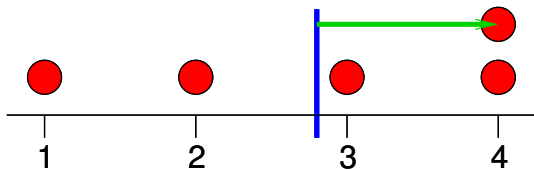
Mittelwert=2,8



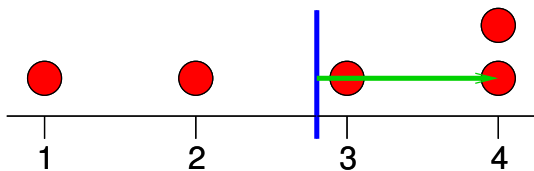
typische
Abweichung =?



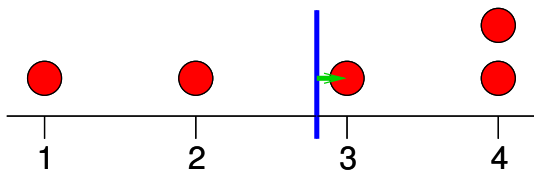
$$\text{Abweichung} = 4 - 2,8 = 1,2$$



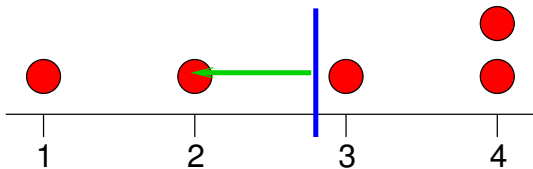
$$\text{Abweichung} = 4 - 2,8 = 1,2$$



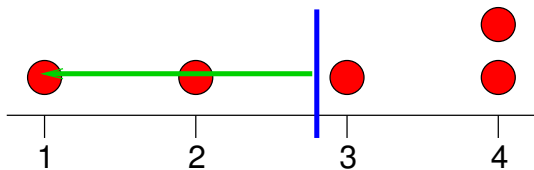
$$\text{Abweichung} = 3 - 2,8 = 0,2$$



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



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



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

Die **Standardabweichung** σ (“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:

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

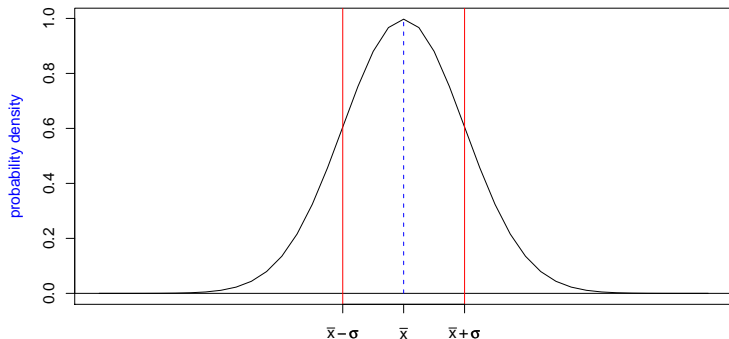
Die **Standardabweichung** von x_1, x_2, \dots, x_n
als Formel:

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

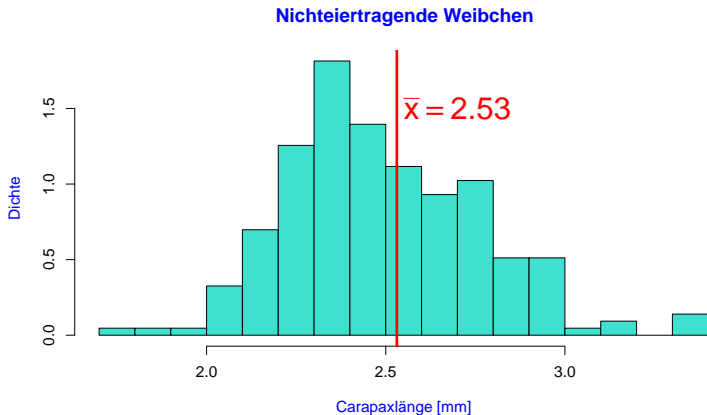
$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ heißt **Varianz**.

Faustregel für die Standardabweichung

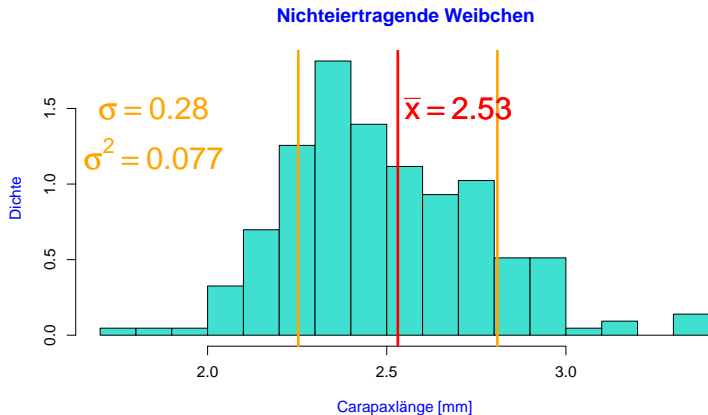
Bei ungefähr glockenförmigen (also eingipfligen und symmetrischen) Verteilungen liegen ca. 2/3 der Verteilung zwischen $\bar{x} - \sigma$ und $\bar{x} + \sigma$.



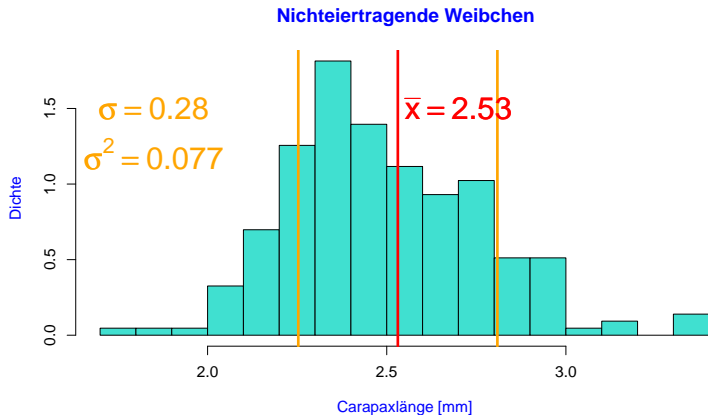
Standardabweichung der Carapaxlängen nichteiertragender Weibchen vom 6.9.88



Standardabweichung der Carapaxlängen nichteierttragender 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 nichteierttragender 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 σ_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 σ_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 σ_X^2 in der ganzen Population verwenden?

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

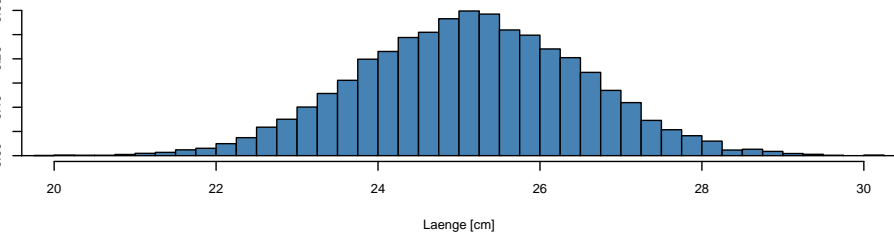
| | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|----|
| $(x - \bar{x})^2$ | 1 | 1 | 4 | 9 | 1 | 16 |
|-------------------|---|---|---|---|---|----|

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

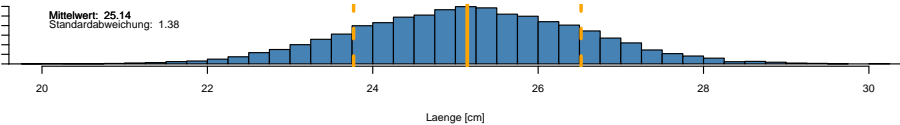
$$= 16 / (5 - 1) = 4$$

$$s = 2$$

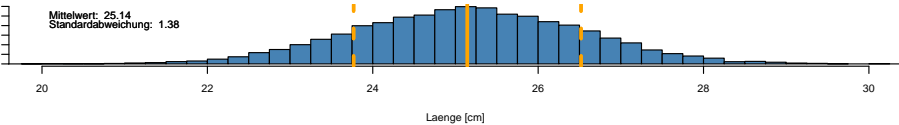
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



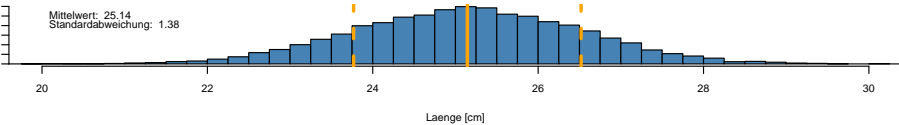
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



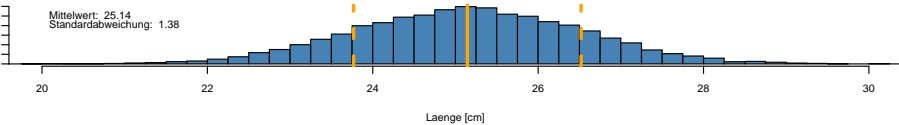
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



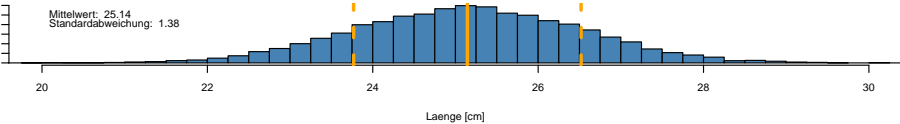
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



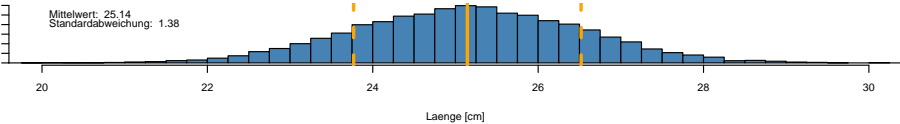
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



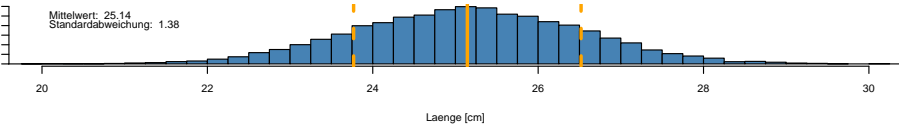
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



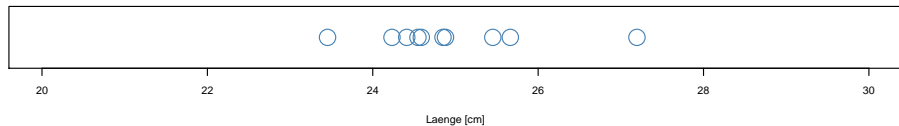
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



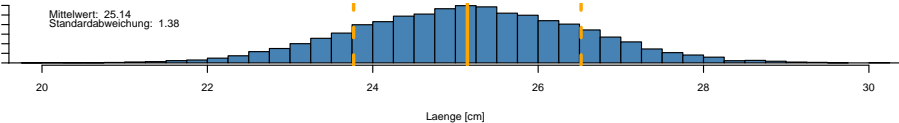
Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



Noch eine Stichprobe aus der Population (n=10)



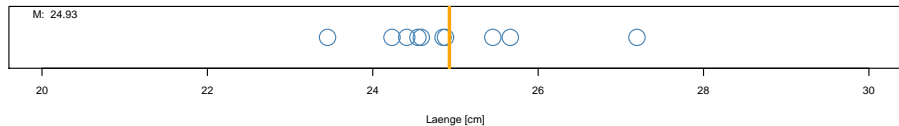
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



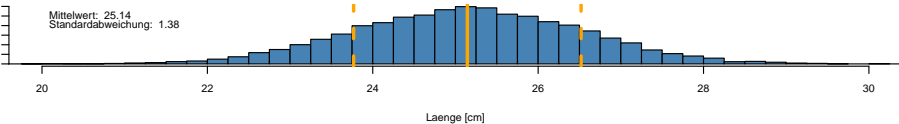
Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



Noch eine Stichprobe aus der Population (n=10)



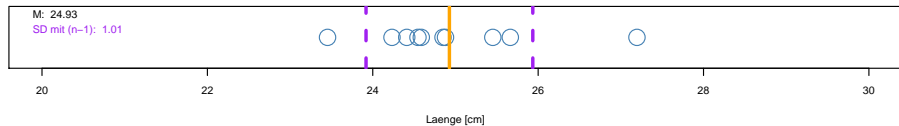
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)



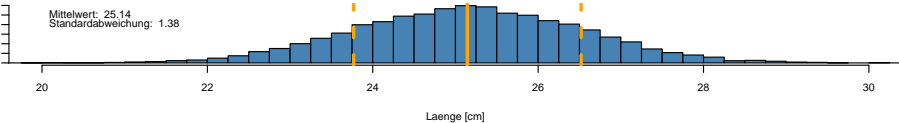
Eine Stichprobe aus der Population (n=10)



Noch eine Stichprobe aus der Population (n=10)



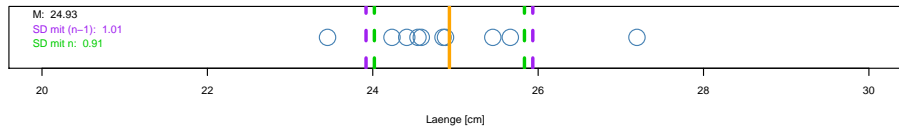
Eine simulierte Fischpopulation (N=10000 adulte)

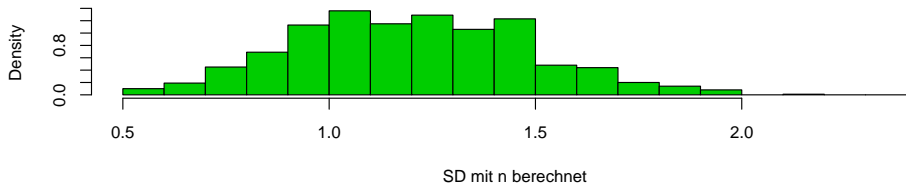
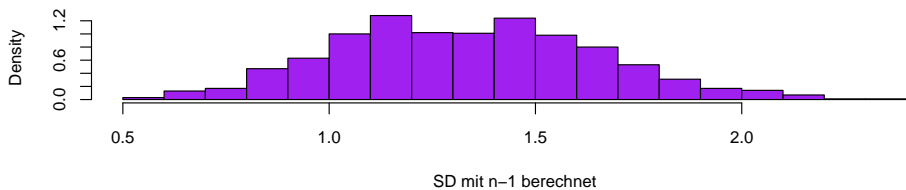


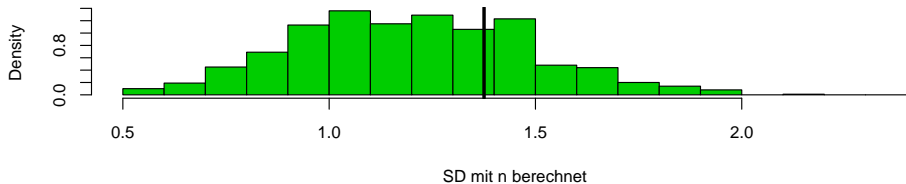
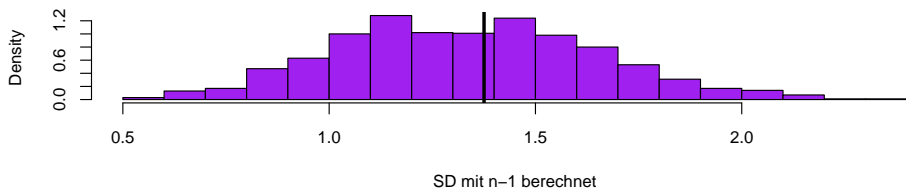
Eine Stichprobe aus der Population (n=10)

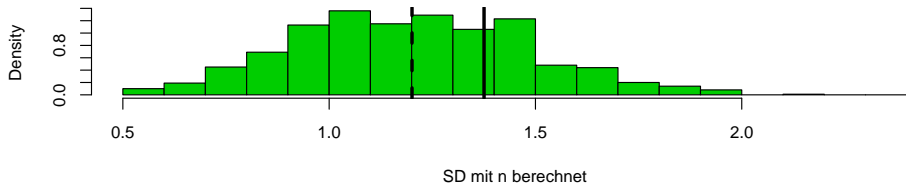
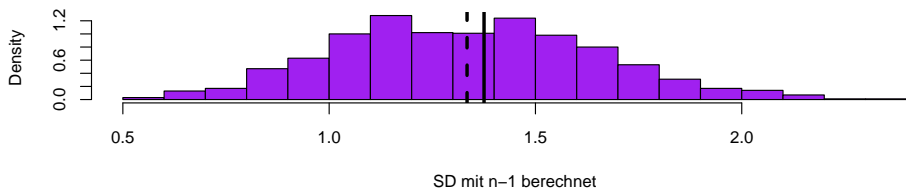


Noch eine Stichprobe aus der Population (n=10)



1000 Stichproben, jeweils vom Umfang $n=10$ 

1000 Stichproben, jeweils vom Umfang $n=10$ 

1000 Stichproben, jeweils vom Umfang $n=10$ 

σ mit n oder $n - 1$ berechnen?

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

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

σ mit n oder $n - 1$ berechnen?

Die Standardabweichung σ 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.

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 **Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten**
 - **Beispiel: Wählerische Bachstelzen**
 - **Beispiel: Spiderman & Spiderwoman**
 - **Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras**

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. Glauben Sie uns also nicht alle Datenpunkte.

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 **Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten**
 - **Beispiel: Wählerische Bachstelzen**
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras

Bachstelzen fressen Dungfliegen

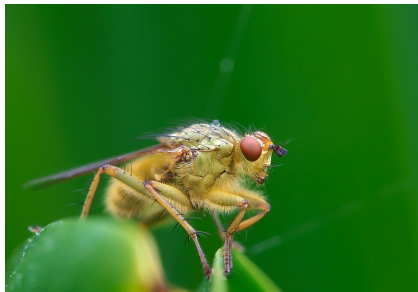
Räuber



Bachstelze (White Wagtail)
Motacilla alba alba

image (c) by Artur Mikołajewski

Beute



Gelbe Dungfliege
Scatophaga stercoraria

image (c) by Viatour Luc

Vermutung

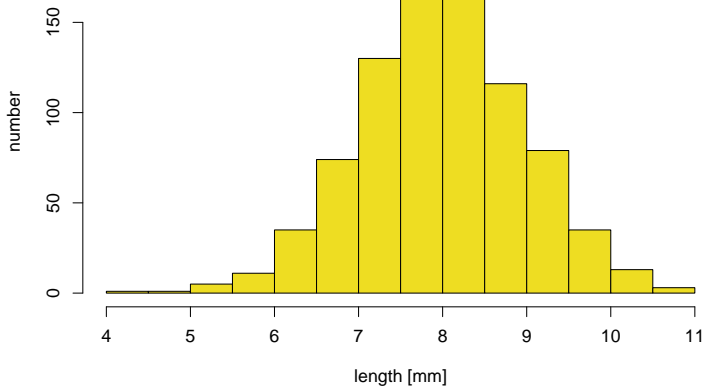
- Die Fliegen sind unterschiedlich groß
- Effizienz für die Bachstelze = Energiegewinn / Zeit zum Fangen und fressen
- Laborexperimente lassen vermuten, dass die Effizienz bei 7mm großen Fliegen maximal ist.



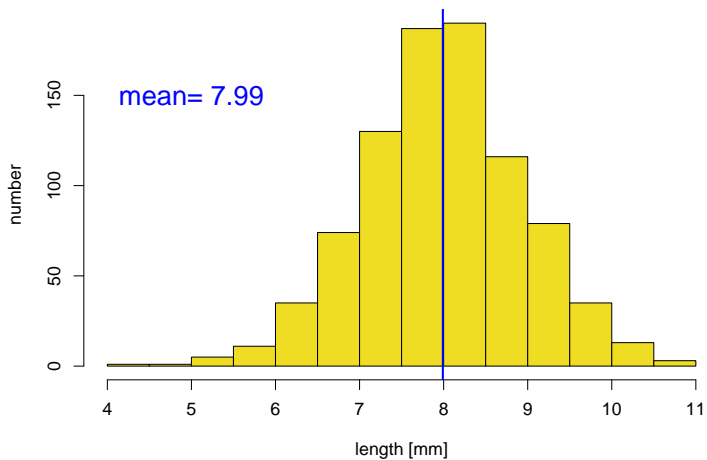
N.B. Davies.

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

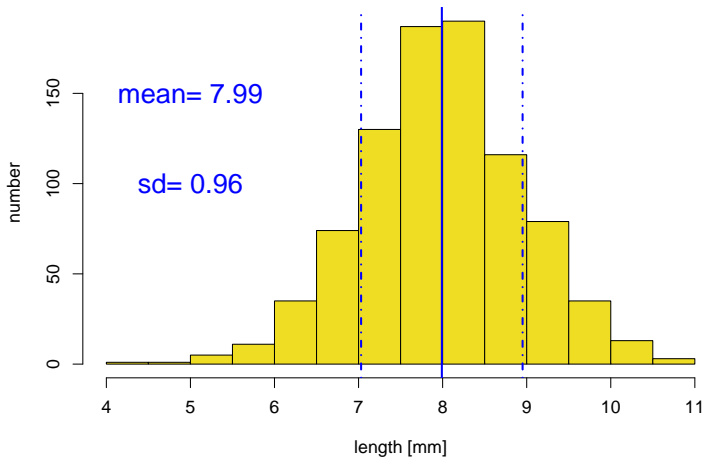
J. Anim. Ecol., 46:37–57, 1977.

available dung flies

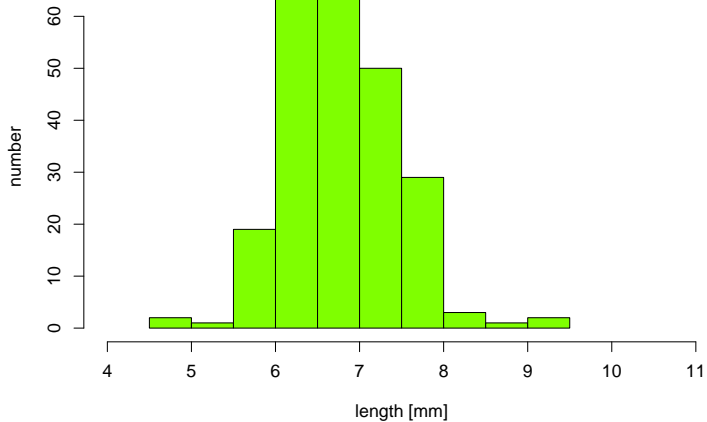
available dung flies



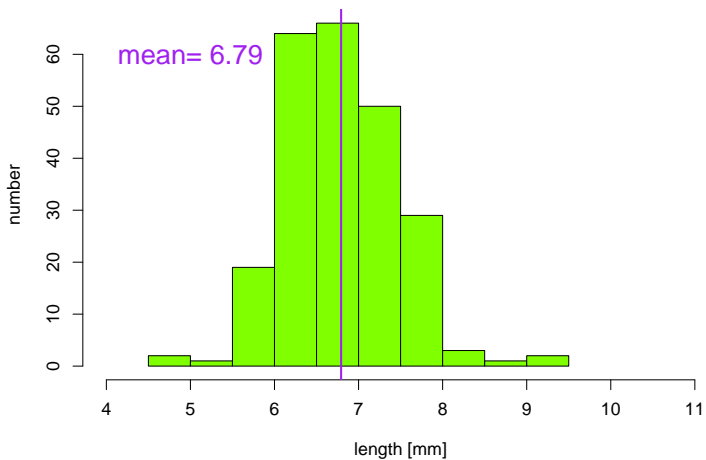
available dung flies

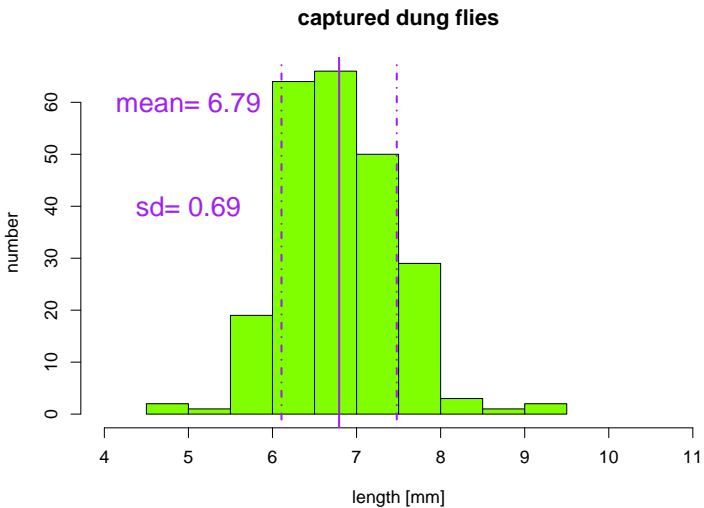


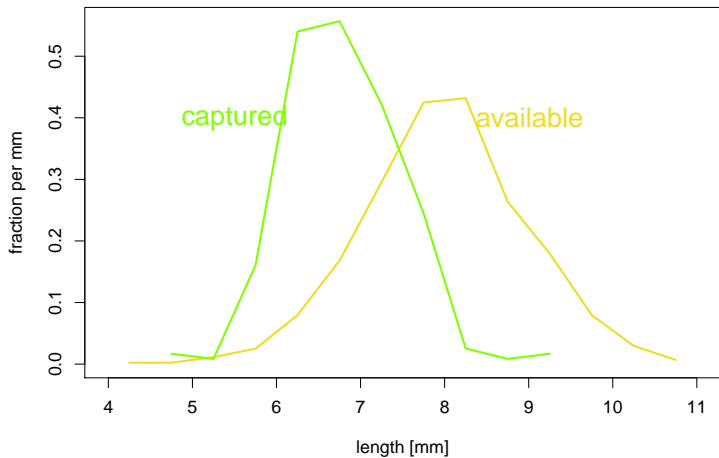
captured dung flies



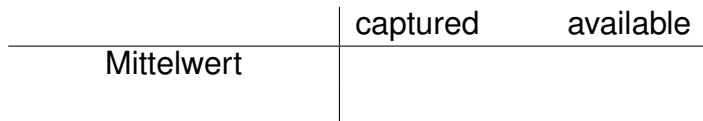
captured dung flies



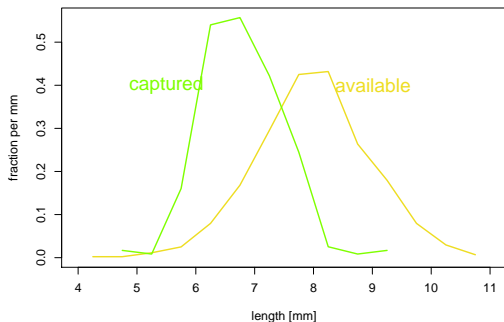


dung flies: available, captured

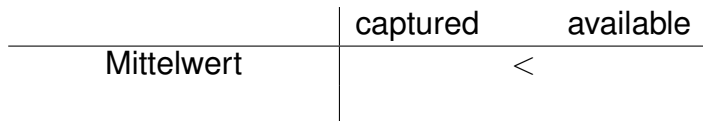
Vergleich der Größenverteilungen



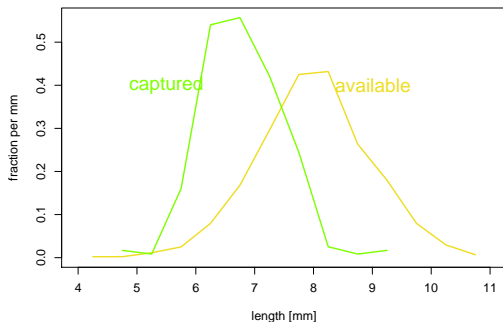
dung flies: available, captured



Vergleich der Größenverteilungen



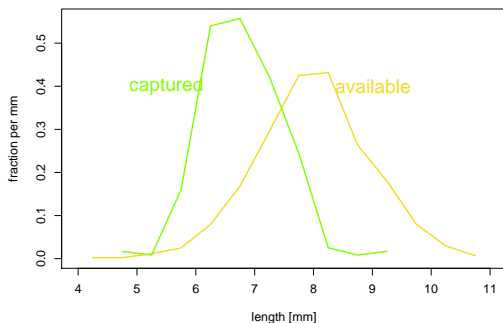
dung flies: available, captured



Vergleich der Größenverteilungen

| | captured | | available |
|------------|----------|---|-----------|
| Mittelwert | 6.29 | < | 7.99 |

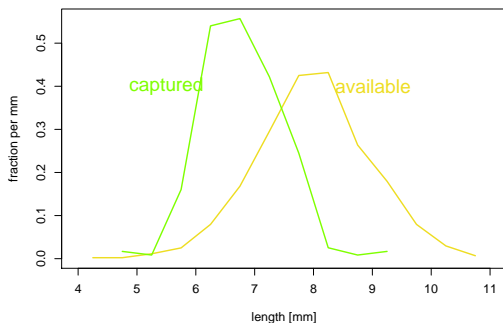
dung flies: available, captured



Vergleich der Größenverteilungen

| | captured | < | available |
|--------------------|----------|---|-----------|
| Mittelwert | 6.29 | | 7.99 |
| Standardabweichung | | | |

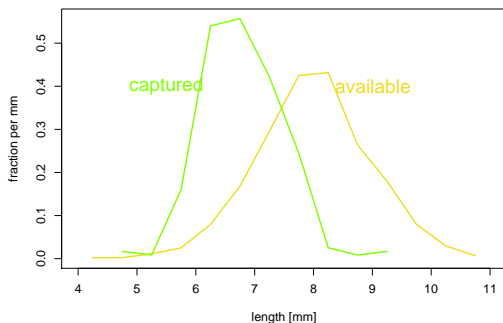
dung flies: available, captured



Vergleich der Größenverteilungen

| | captured | | available |
|--------------------|----------|---|-----------|
| Mittelwert | 6.29 | < | 7.99 |
| Standardabweichung | | < | |

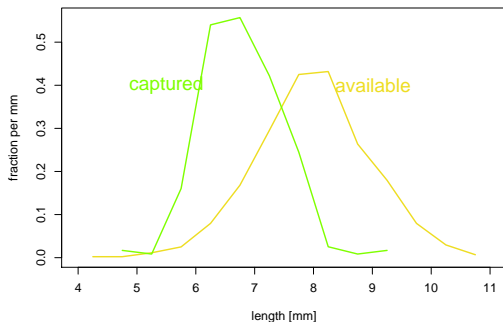
dung flies: available, captured



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.

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 **Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten**
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - **Beispiel: Spiderman & Spiderwoman**
 - Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras



Nephila madagascariensis

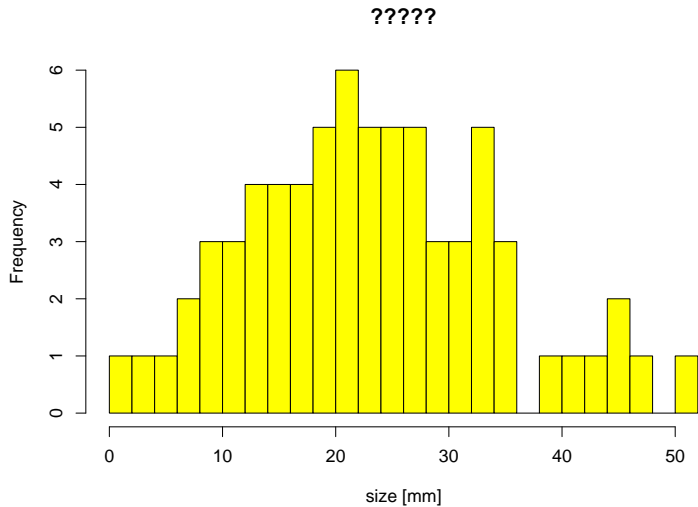
image (c) by Bernard Gagnon

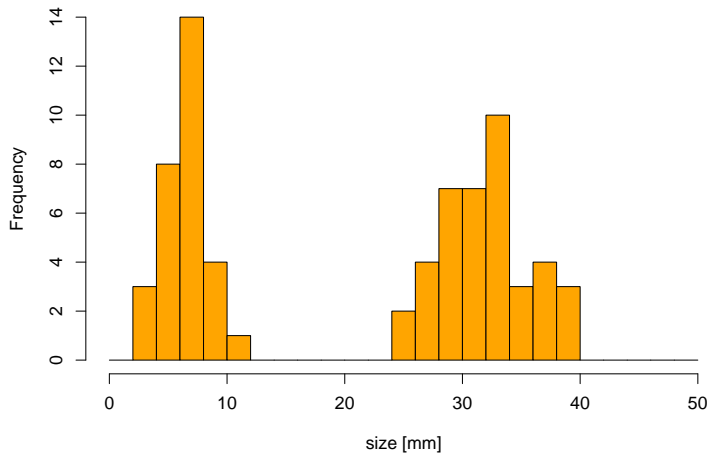
Simulated Data:

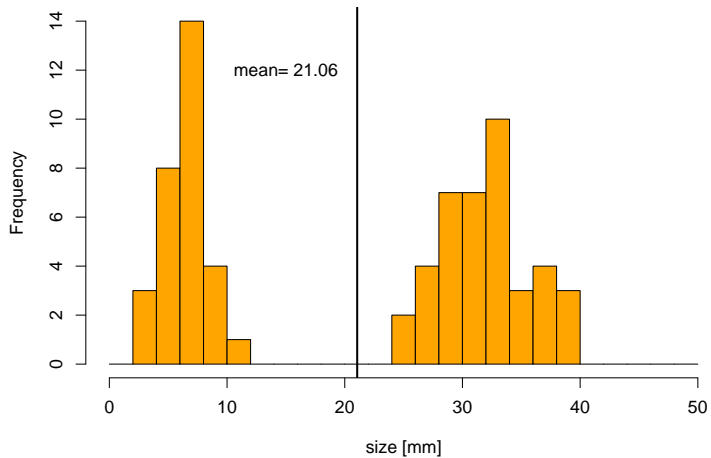
Eine Stichprobe von 70 Spinnen

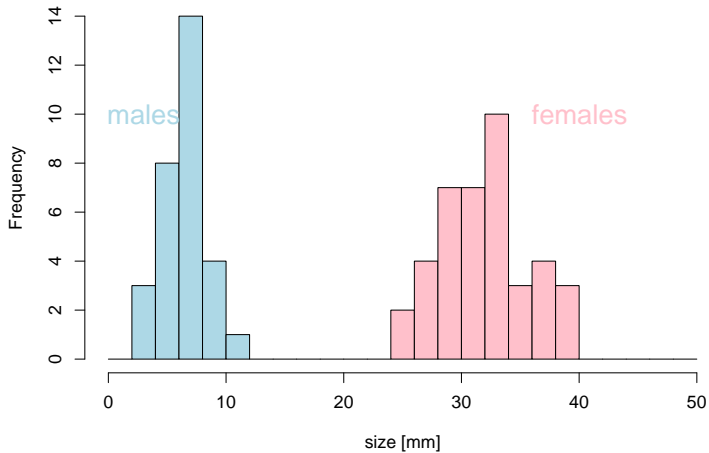
Mittlere Größe: 21,06 mm

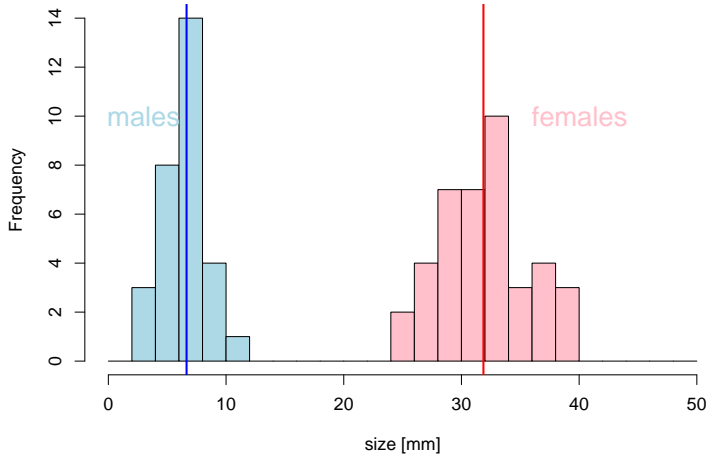
Standardabweichung der Größe: 12,94 mm



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.

- 1 Einführung
 - Konzept und Quellen
 - Plan
- 2 Ziele der deskriptiven (d.h. beschreibenden) Statistik
- 3 Graphische Darstellungen
 - Histogramme und Dichtepolygone
 - Stripcharts
 - Boxplots
 - Beispiel: Ringeltaube
 - Beispiel: Darwin-Finken
- 4 Statistische Kenngrößen
 - Median und andere Quartile
 - Mittelwert und Standardabweichung
- 5 **Vom Sinn und Unsinn von Mittelwerten**
 - Beispiel: Wählerische Bachstelzen
 - Beispiel: Spiderman & Spiderwoman
 - **Beispiel: Kupfertoleranz beim Roten Straußgras**

Kupfertolerantes Rotes Straußgras



Rotes Straugras
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?

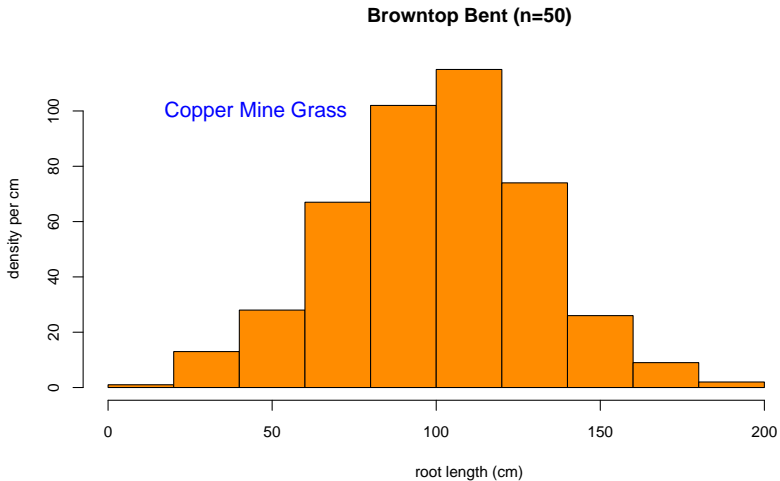
- Pflanzen, denen das Kupfer schadet, haben kürzere Wurzeln.
- Die Wurzellängen von Pflanzen aus der Umgebung von Kupferminen wird gemessen.

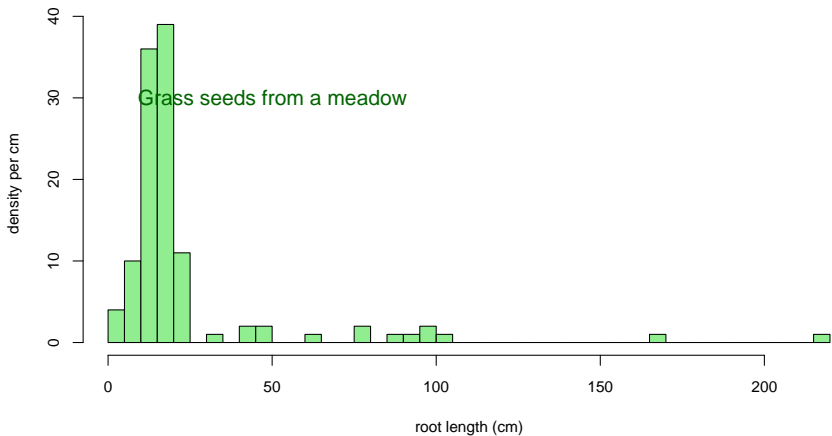
Anpassung an Kupfer?

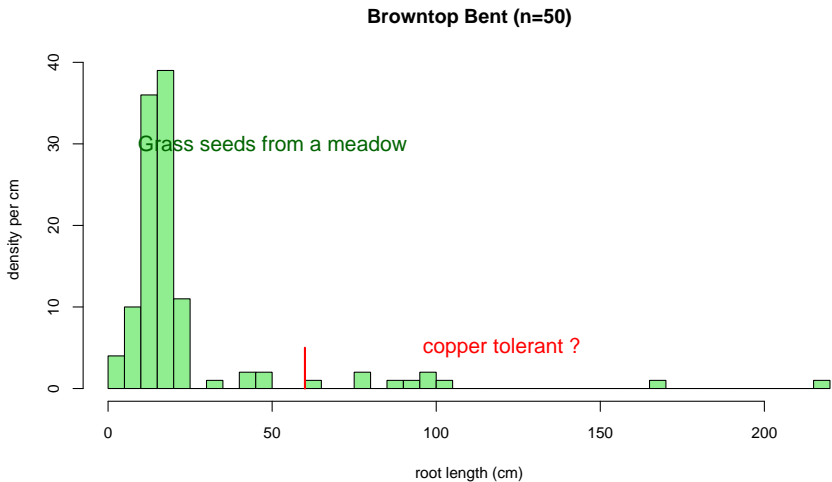
- Pflanzen, denen das Kupfer schadet, haben kürzere Wurzeln.
- Die Wurzellängen von Pflanzen aus der Umgebung von Kupferminen wird gemessen.
- Samen von unbelasteten Wiesen werden bei Kupferminen eingesäht.

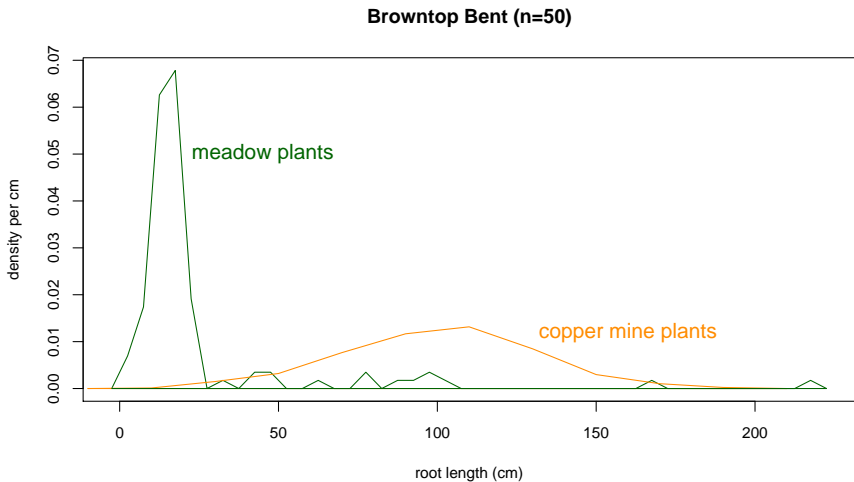
Anpassung an Kupfer?

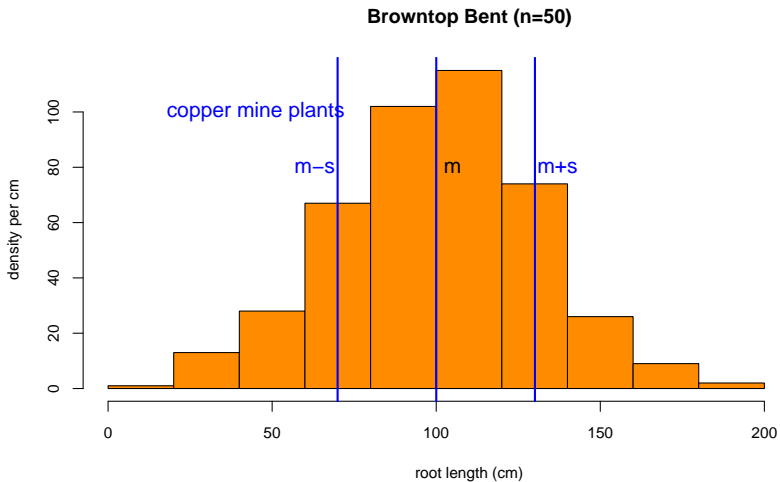
- Pflanzen, denen das Kupfer schadet, haben kürzere Wurzeln.
- Die Wurzellängen von Pflanzen aus der Umgebung von Kupferminen wird gemessen.
- Samen von unbelasteten Wiesen werden bei Kupferminen eingesäht.
- Die Wurzellängen dieser “Wiesenpflanzen” werden gemessen.

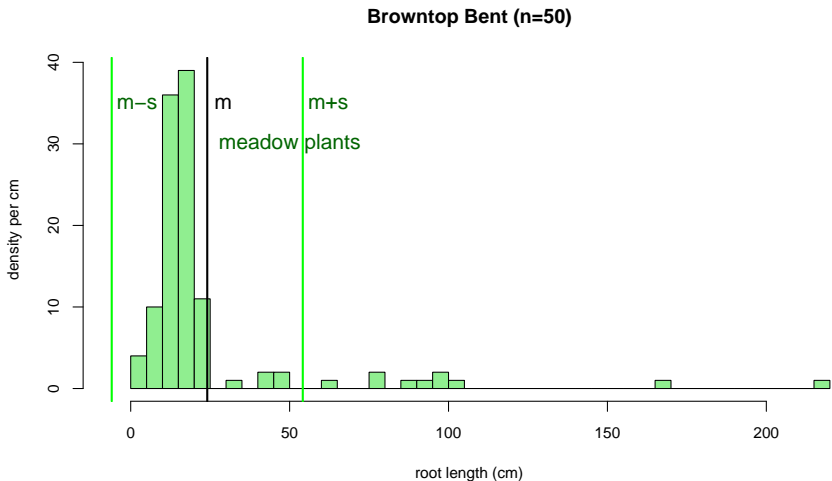


Browntop Bent (n=50)









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

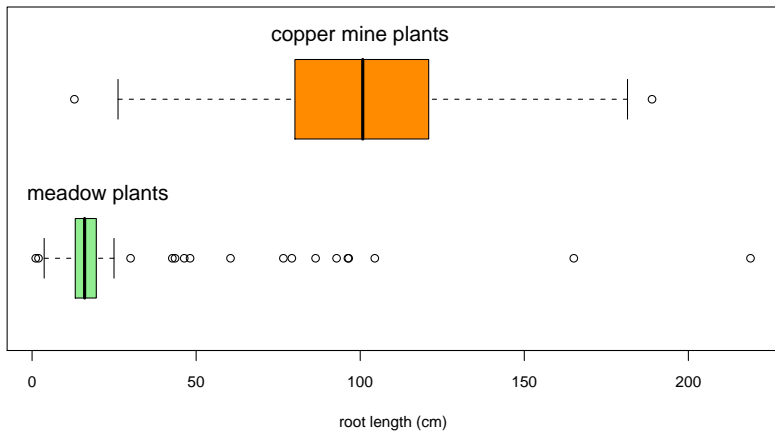
Fazit des Straußgras-Beispiels

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!