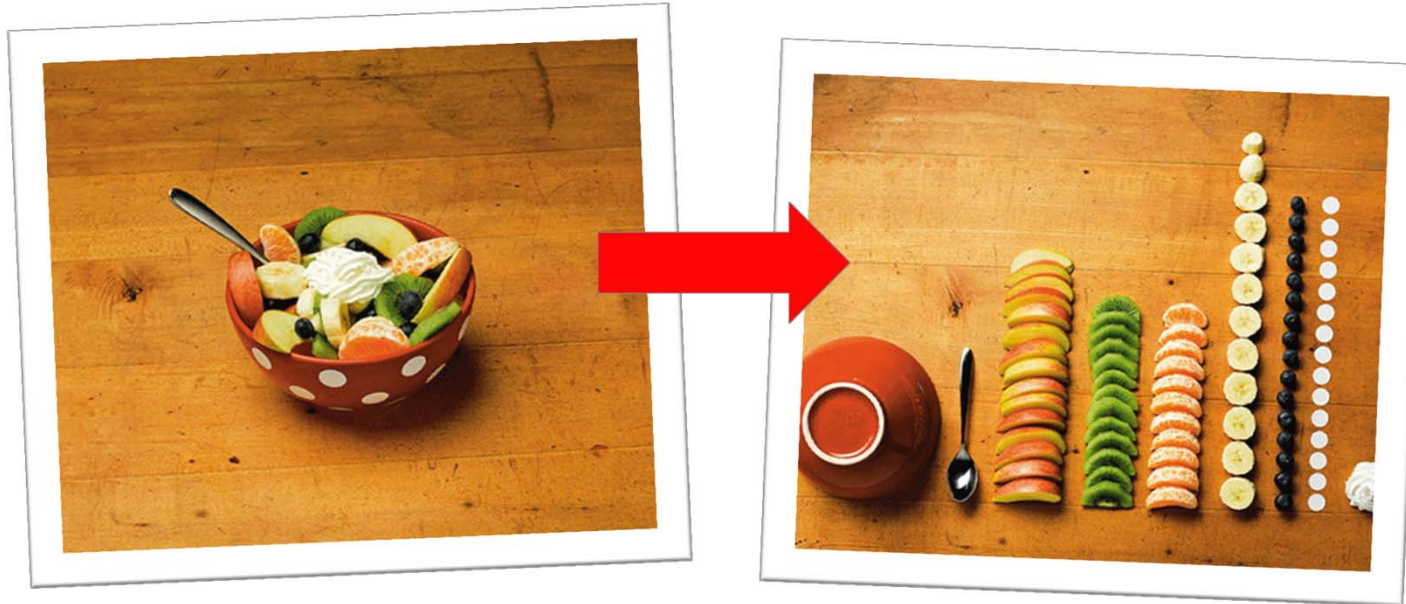




Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik: Ziele

- Daten **zusammenfassen** durch **numerische Kennzahlen**.
- **Grafische Darstellung** der Daten.



Quelle: Ursus Wehrli, Kunst aufräumen

Modell vs. Daten

- Bis jetzt haben wir nur **Modelle (Verteilungen)** angeschaut.
- Jetzt betrachten wir (erstmal) **reale Daten**.
- Vorerst treffen wir aber **keine Annahmen**, dass diese von einer bestimmten Verteilung kommen! D.h. wir legen uns **nicht** auf ein Modell fest.
- Basierend auf den Daten können wir diverse **Kennzahlen** berechnen bzw. die Daten **grafisch darstellen**.

Kennzahlen: Überblick

Wir haben n beobachtete Datenpunkte x_1, x_2, \dots, x_n (z.B. das Verkehrsaufkommen an n verschiedenen Tagen oder Orten).

Wir unterscheiden zwischen

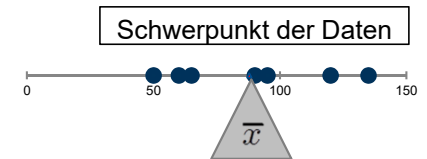
- **Lageparameter** («Wo liegen die Beobachtungen auf der Mess-Skala?»)
 - arithmetisches Mittel («Durchschnitt»)
 - empirischer Median
 - empirische Quantile

- **Streuungsparameter** («Wie streuen die Daten um ihre mittlere Lage?»)
 - empirische Varianz
 - empirische Standardabweichung
 - empirische Quartilsdifferenz

Arithmetisches Mittel und empirische Varianz

- Arithmetisches Mittel
(empir. Pendant des Erwartungswerts μ)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$



- Empirische Varianz
(empir. Pendant der Varianz σ^2)

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

- Empirische Standardabweichung
(empir. Pendant der Standardabweichung σ)

$$s = \sqrt{s^2}$$

Geordnete Stichprobe

- Wir ordnen unseren Datensatz in aufsteigender Reihenfolge und bezeichnen die **geordneten Daten** mit $x_{(i)}$, d.h.

$$x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$$

- Die Position einer Beobachtung in der geordneten Stichprobe bezeichnet man als **Rang** (die kleinste Beobachtung hat also Rang 1, die grösste Beobachtung Rang n).
- Sind Beobachtungen gleich gross, so teilt man ihnen in der Regel ihren durchschnittlichen Rang zu.

Empirische Quantile

- Das empirische $(\alpha \times 100)\%$ -Quantil ($0 < \alpha < 1$) ist ein Wert q_α , so dass etwa $\alpha \times 100\%$ der Datenpunkte kleiner sind als q_α .
- Genauer:
 - Falls $\alpha n \notin \mathbb{N}$, dann: $q_\alpha = x_{([\alpha n])}$, wobei $[\alpha n]$ die kleinste ganze Zahl grösser als αn ist
 - Falls $\alpha n \in \mathbb{N}$, dann: $q_\alpha = \frac{1}{2}(x_{(\alpha n)} + x_{(\alpha n + 1)})$
- Es gibt (viele) leicht andere Definitionen. Für grosse n ist der Unterschied aber vernachlässigbar.

Empirische Quantile: Beispiel

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$x_{(i)}$	79.97	79.98	80.04	80.08	80.12	80.23	80.35	80.38	80.39	80.44	80.45	80.48

Datensatz ist schon geordnet

- 90%-Quantil:

$$0.9 \cdot 12 = 10.8 \rightarrow 90\text{-Quantil} = x_{(11)} = 80.45$$

- 25%-Quantil:

$$0.25 \cdot 12 = 3 \rightarrow 25\text{-Quantil} = \frac{1}{2}(x_{(3)} + x_{(4)}) = 80.06$$

Ausgewählte Quantile

- **Median** (Zentralwert): 50%-Quantil $q_{0.5}$
- **Unteres Quartil**: 25%-Quantil $q_{0.25}$
- **Oberes Quartil**: 75%-Quantil $q_{0.75}$
- Die Differenz der Quartile $q_{0.75} - q_{0.25}$ bezeichnet man als **Quartilsdifferenz**, bzw. **Interquartile Range (IQR)**. Diese ist ein **Streuungsmaß**.
- Bsp.

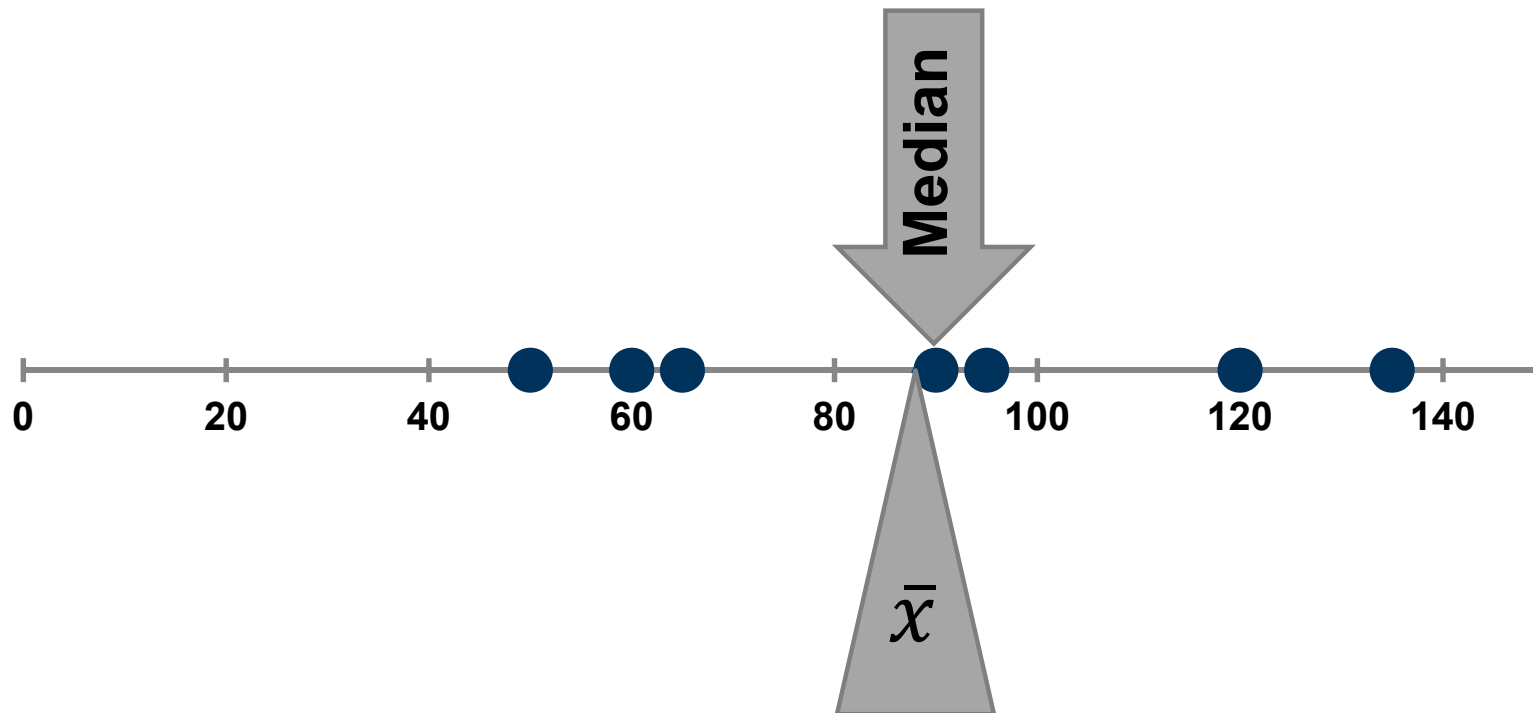
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$x_{(i)}$	6.2	6.3	7.0	7.1	9.6	9.9	10.8	11.8	12.5	14.4	16.2

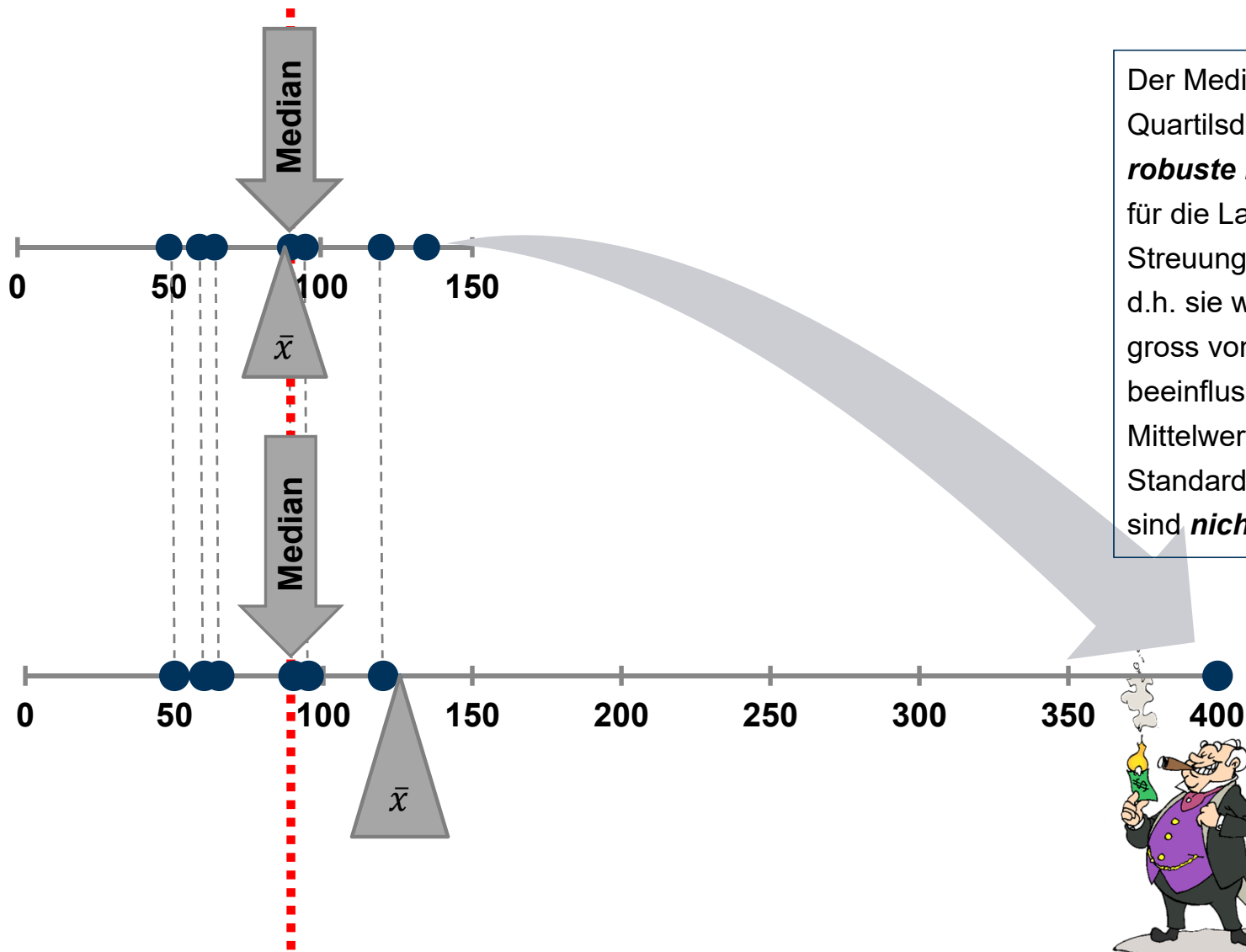
Unteres Quartil Median Oberes Quartil

IQR = 12.5 - 7.0 = 5.5

Arithmetisches Mittel vs. Median: Einkommen [kCHF]

7 Beobachtungen





Der Median und die Quartilsdifferenz sind **robuste Kennzahlen** für die Lage und die Streuung der Daten, d.h. sie werden nicht gross von Ausreissern beeinflusst. Der Mittelwert und die Standardabweichung sind **nicht robust**.

Arithmetisches Mittel vs. Median



»Sollen wir das arithmetische Mittel als durchschnittliche Körpergröße nehmen und den Gegner erschrecken, oder wollen wir ihn einlullen und nehmen den Median?«

Grafische Darstellungen: Überblick

Wir behandeln folgende Darstellungen:

- Histogramm
- Boxplot
- empirische kumulative Verteilungsfunktion

Histogramm

- Aufteilung des Wertebereichs in Intervalle der Breite h .
- Zähle Anzahl Beobachtungen in jedem Intervall.
- Graphische Darstellung mit Balken. Höhe der Balken in einem Intervall ist

$$\frac{\#(\text{Beobachtungen im Intervall})}{nh}$$

- Die Gesamtfläche unter dem Histogramm ist 1.
Die Fläche über einem Intervall entspricht der relativen Häufigkeit (vgl. Dichte).

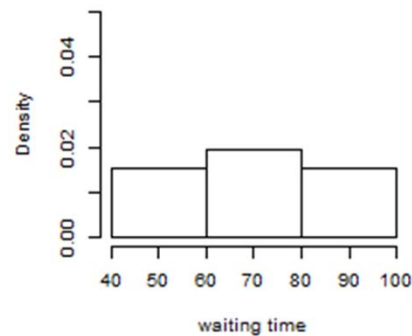
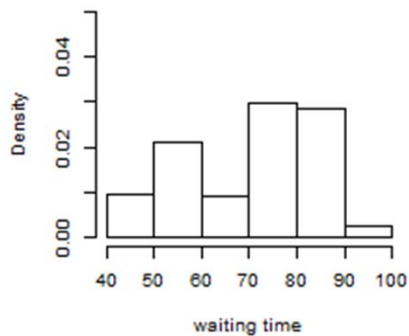
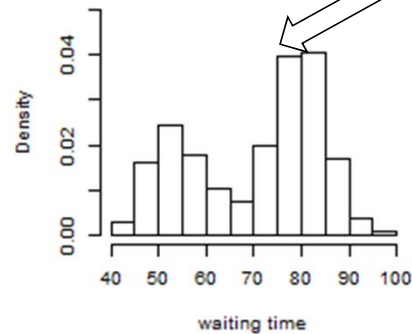
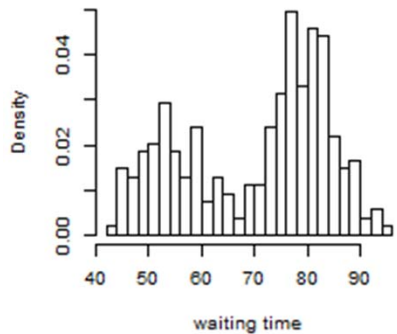
Old Faithful Geysir (Yellowstone): Daten

- **Zeitspanne [Min]** zwischen Ausbrüchen
- **Eruptionsdauer [Min]**
- Daten z.B. von hier
<http://stat.ethz.ch/Teaching/Datasets/geysir.dat>



	A	B	C	D
1	Tag	Zeitspanne	Eruptionsdauer	
2	1	78	4.4	
3	1	74	3.9	
4	1	68	4	
5	1	76	4	
6	1	80	3.5	
7	1	84	4.1	
8	1	50	2.3	
9	1	93	4.7	
10	1	55	1.7	
11	1	76	4.9	
12	1	58	1.7	
13	1	74	4.6	
14	1	75	3.4	
15	2	80	4.3	
16	2	56	1.7	
17	2	80	3.9	
18	2	69	3.7	
19	2	57	3.1	
20	2	90	4	
21	2	42	1.8	
22	2	91	4.1	
23	2	51	1.8	

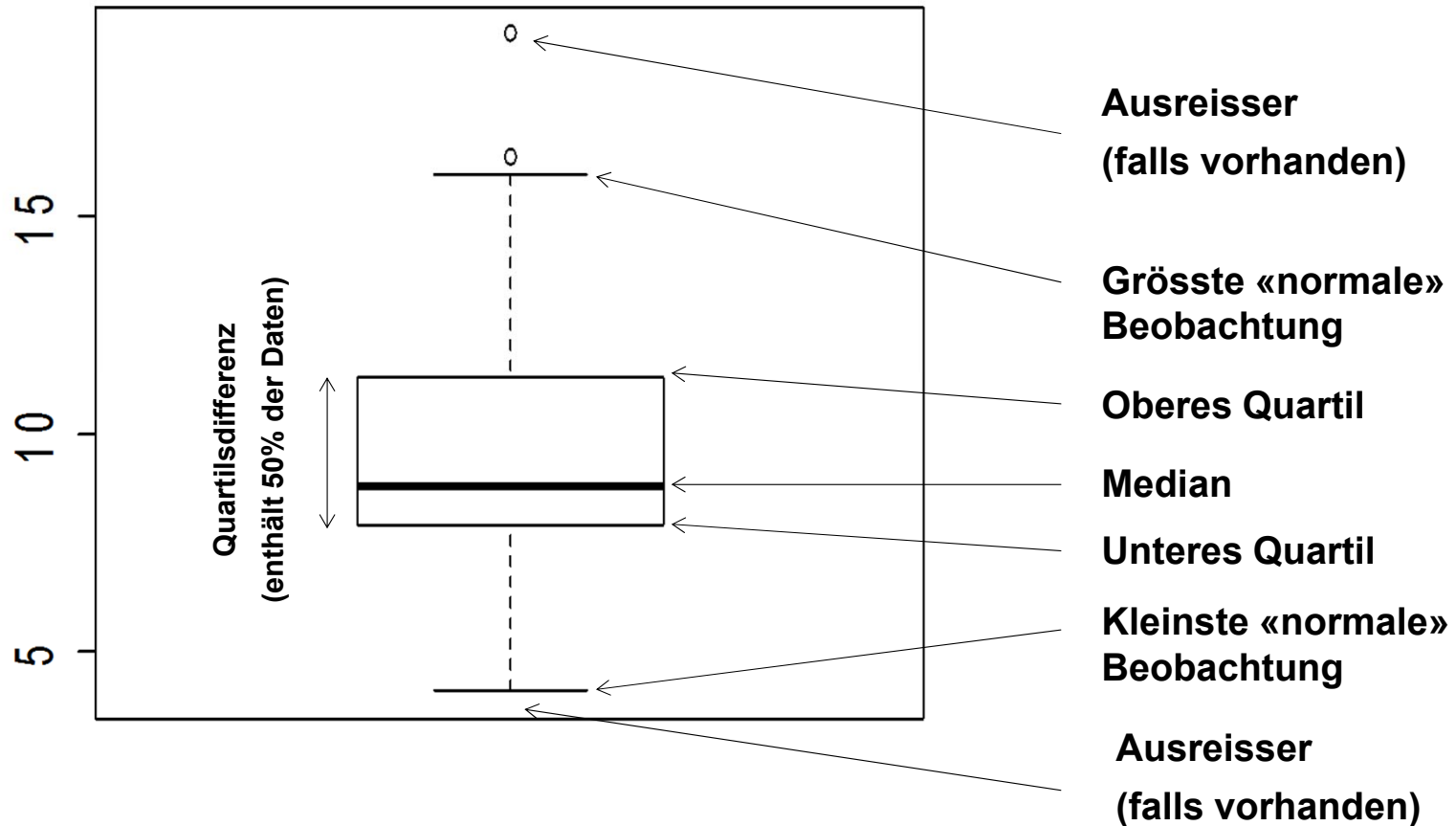
Histogramme der Wartezeit



Relative Häufigkeit von Wartezeiten im Intervall [70,80] ist etwa
 $0.02 \cdot (75-70) + 0.04 \cdot (80-75) = 30\%$

- Histogramm ergibt oft einen guten Überblick: Symmetrie, Anzahl der Gipfel, Lage, Streuung, ...
- Je breiter die Klassen sind, desto mehr werden die Daten zusammengefasst ("Erosion")

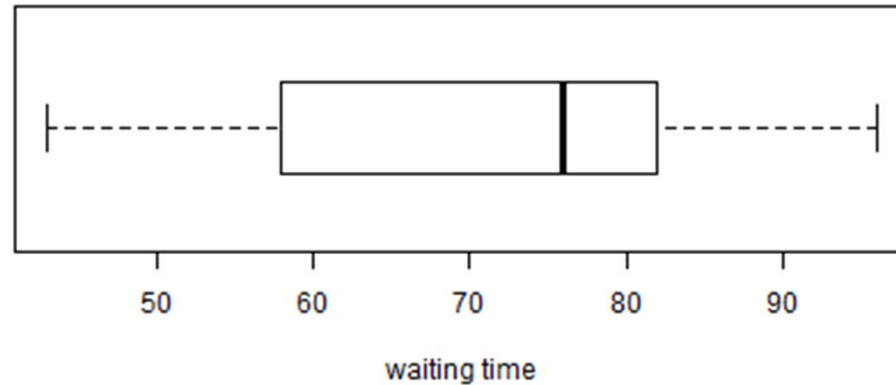
Boxplot: Schematischer Aufbau (von der Mitte nach aussen)



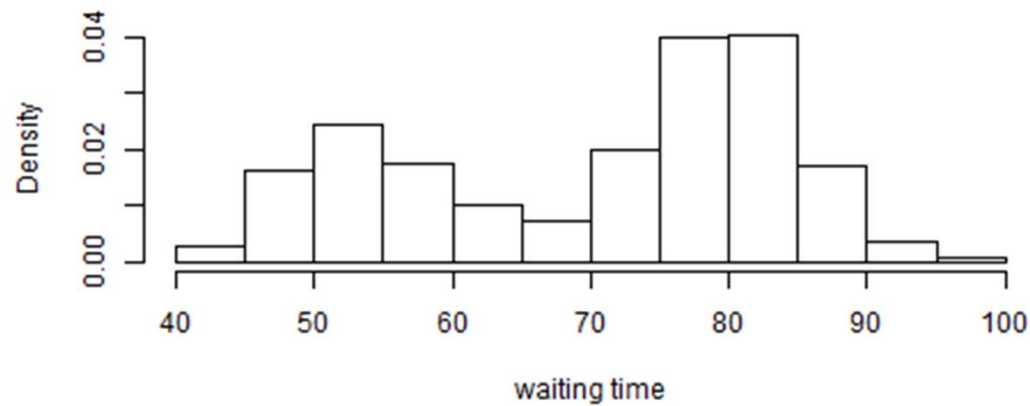
Boxplot: Schematischer Aufbau

- Die **grösste normale Beobachtung** ist definiert als die grösste Beobachtung, die höchstens $1.5 \cdot IQR$ vom oberen Quartil entfernt ist, wobei IQR die Quartilsdifferenz ist:
Also grösster Datenwert x_i mit $x_i - q_{0.75} < 1.5 \cdot IQR$
- Die **kleinste normale Beobachtung** ist entsprechend analog definiert mit dem unteren Quartil:
Also kleinster Datenwert x_i mit $q_{0.25} - x_i < 1.5 \cdot IQR$
- **Ausreisser** sind Punkte, die ausserhalb dieser Bereiche liegen.

Boxplot und Histogramm der Wartezeiten zwischen Eruptionen

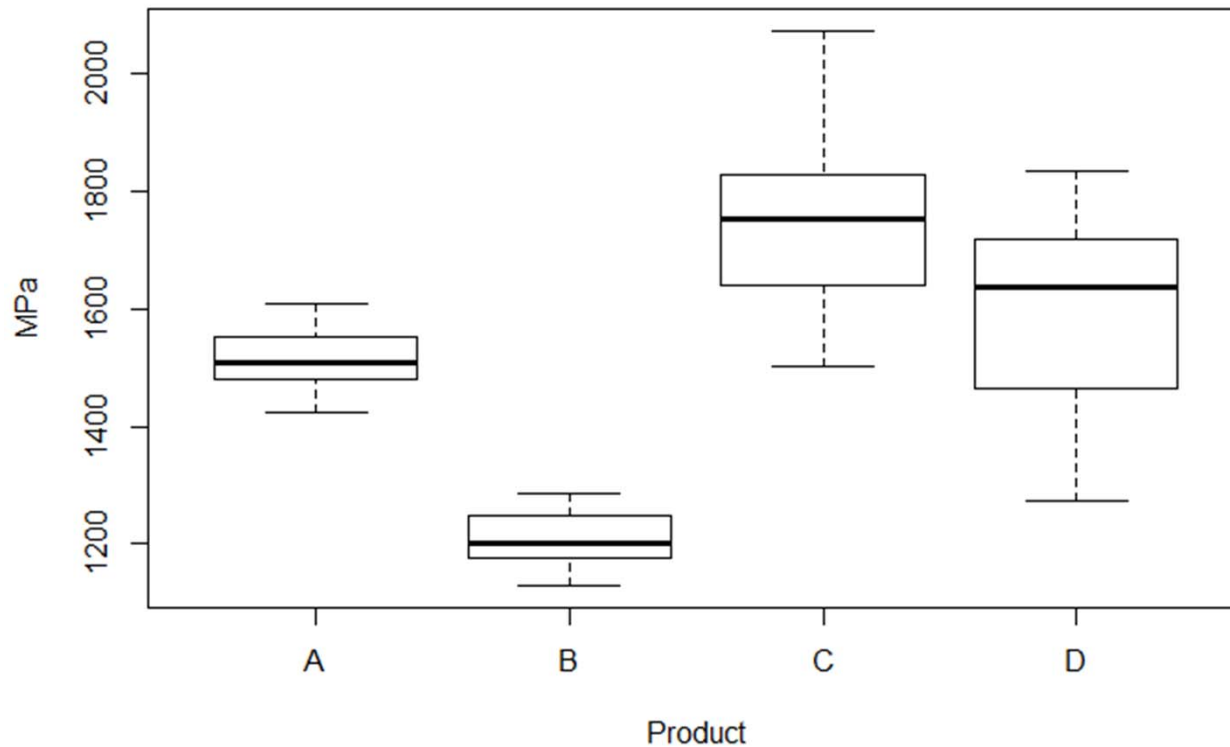


Wir sehen die verschiedenen Peaks im Boxplot nicht!



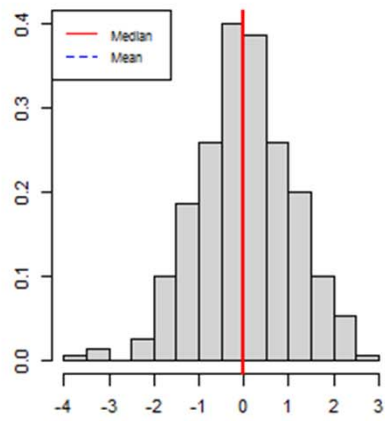
Mehrere Boxplots

Mit mehreren Boxplots kann man einfach und schnell die Verteilung von verschiedenen Gruppen (Methoden, Produkte, ...) vergleichen.

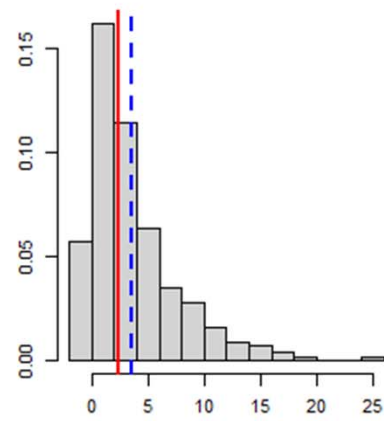


Schiefe

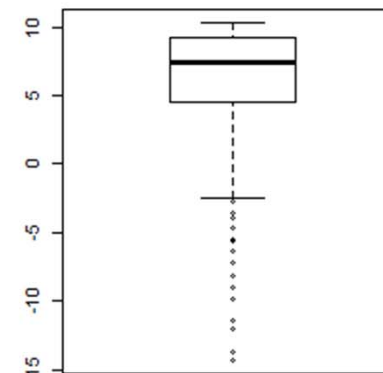
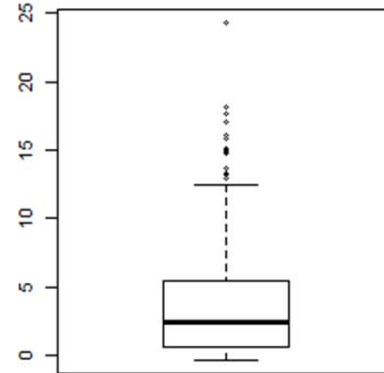
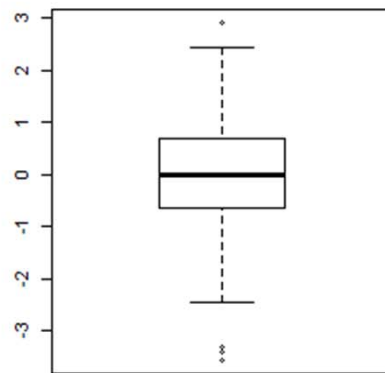
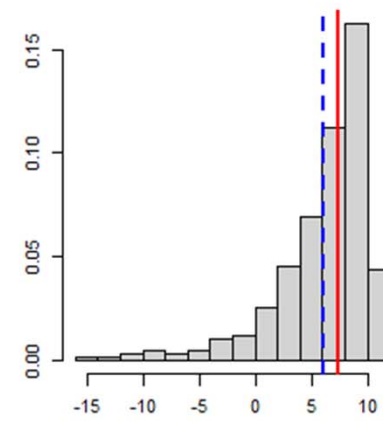
symmetrisch



rechtsschief



linksschief



Boxplot: Bemerkungen

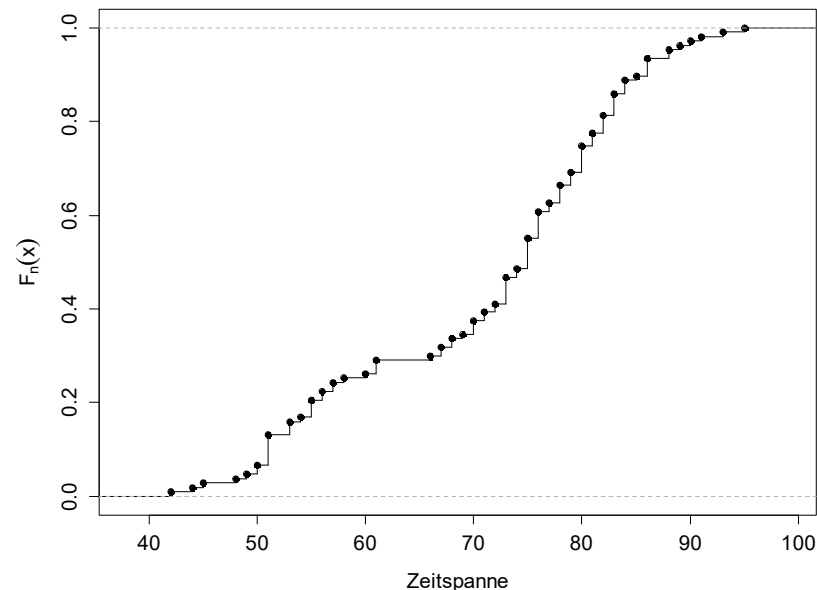
- Ein Boxplot ist eine gröbere Zusammenfassung als ein Histogramm. Er eignet sich gut, um mehrere Datensätze zu vergleichen.
- Im Boxplot sind ersichtlich:
 - Lage
 - Streuung
 - Schiefe
- Man sieht aber z.B. **nicht**, ob eine Verteilung mehrere «Peaks» (Gipfel) hat.

Empirische kumulative Verteilungsfunktion

- Die empirische kumulative Verteilungsfunktion ist definiert als der **Anteil der Punkte, die kleiner als ein bestimmter Wert x sind**, d.h.

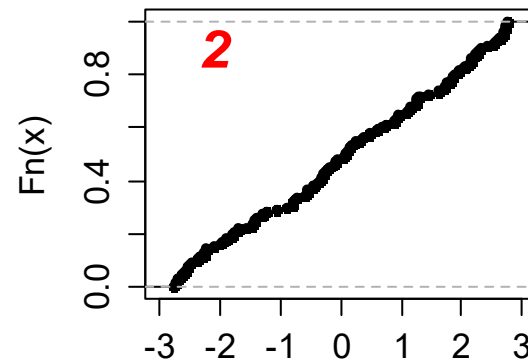
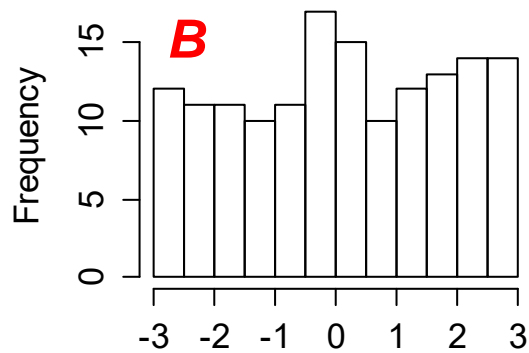
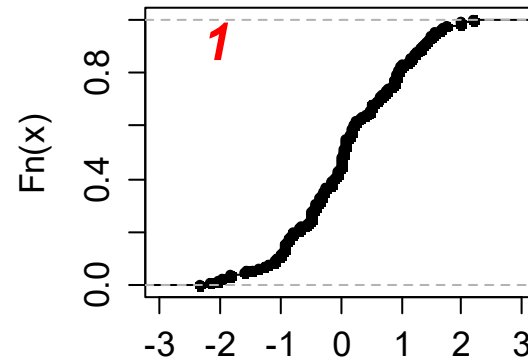
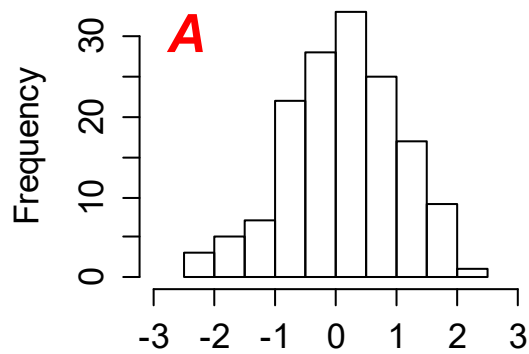
$$F_n(x) = \frac{1}{n} \text{Anzahl}\{i \mid x_i \leq x\}$$

- Bild



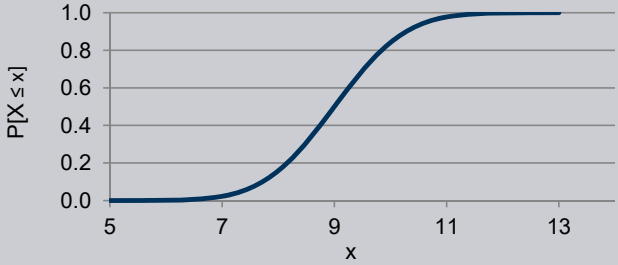
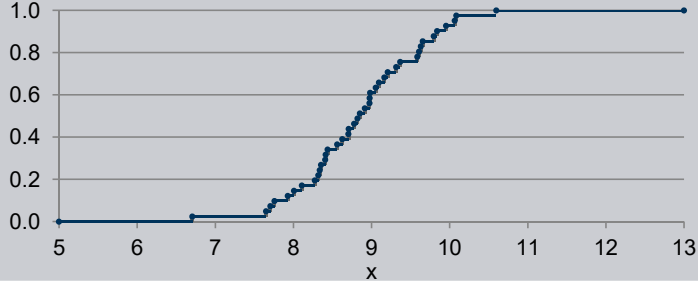
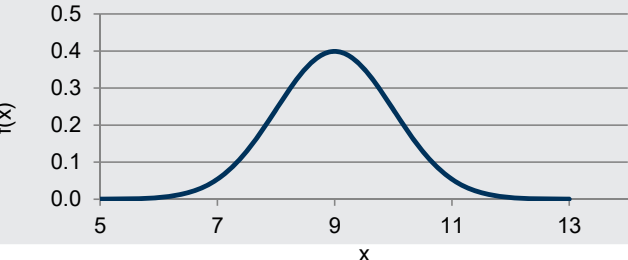
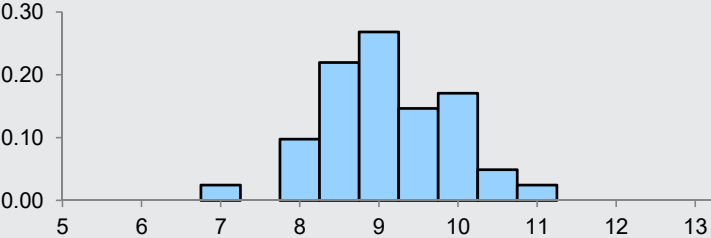
Sprunghöhe $1/n$ bei Beobachtungen x_i (bzw. ein Vielfaches davon, wenn es mehrere Beobachtungen mit dem gleichen Wert x_i gibt).

Zuordnung Histogramm / Verteilungsfunktion (Schnellquiz)



Zuordnung

1. A1 / B2
2. A2 / B1
3. Keine Ahnung

Modell ("Theorie") ← $n \rightarrow \infty$ →		Daten (beobachtete Stichprobe)
Erwartungswert	$E[X]$	Arithm. Mittel $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Varianz	$\text{Var}(X)$	Empirische Varianz $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
Kumulative Verteilungsfunktion		Empirische kumulative Verteilungsfunktion
		
Dichte		Histogramm (normiert auf Fläche 1)
		

Deskriptive Statistik: 2 Dimensionen

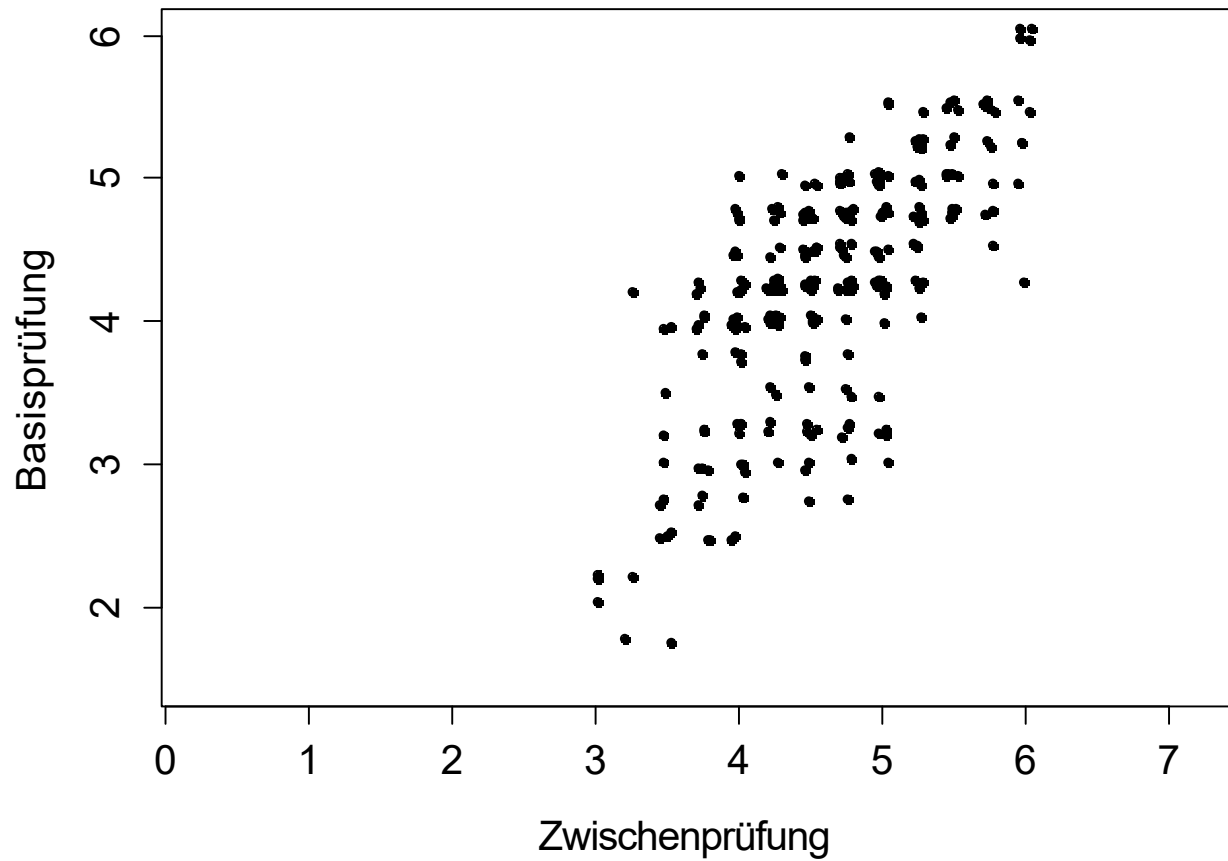
- Wir haben nun **paarweise** beobachtete Daten

$$\begin{array}{c} x_1, \dots, x_n \\ \updownarrow \quad \updownarrow \\ y_1, \dots, y_n \end{array}$$

- Zum Beispiel die Note der Basisprüfung (y_i) und die Note der Zwischenprüfung (x_i) von Studenten. Oder die Eruptionsdauer (y_i) und die Zeitspanne (x_i) zum vorangehenden Ausbruch des Old Faithful Geysir.
- Neue Grafiken/Kennzahlen:
 - zweidimensionales Streudiagramm
 - empirische Kovarianz und Korrelation

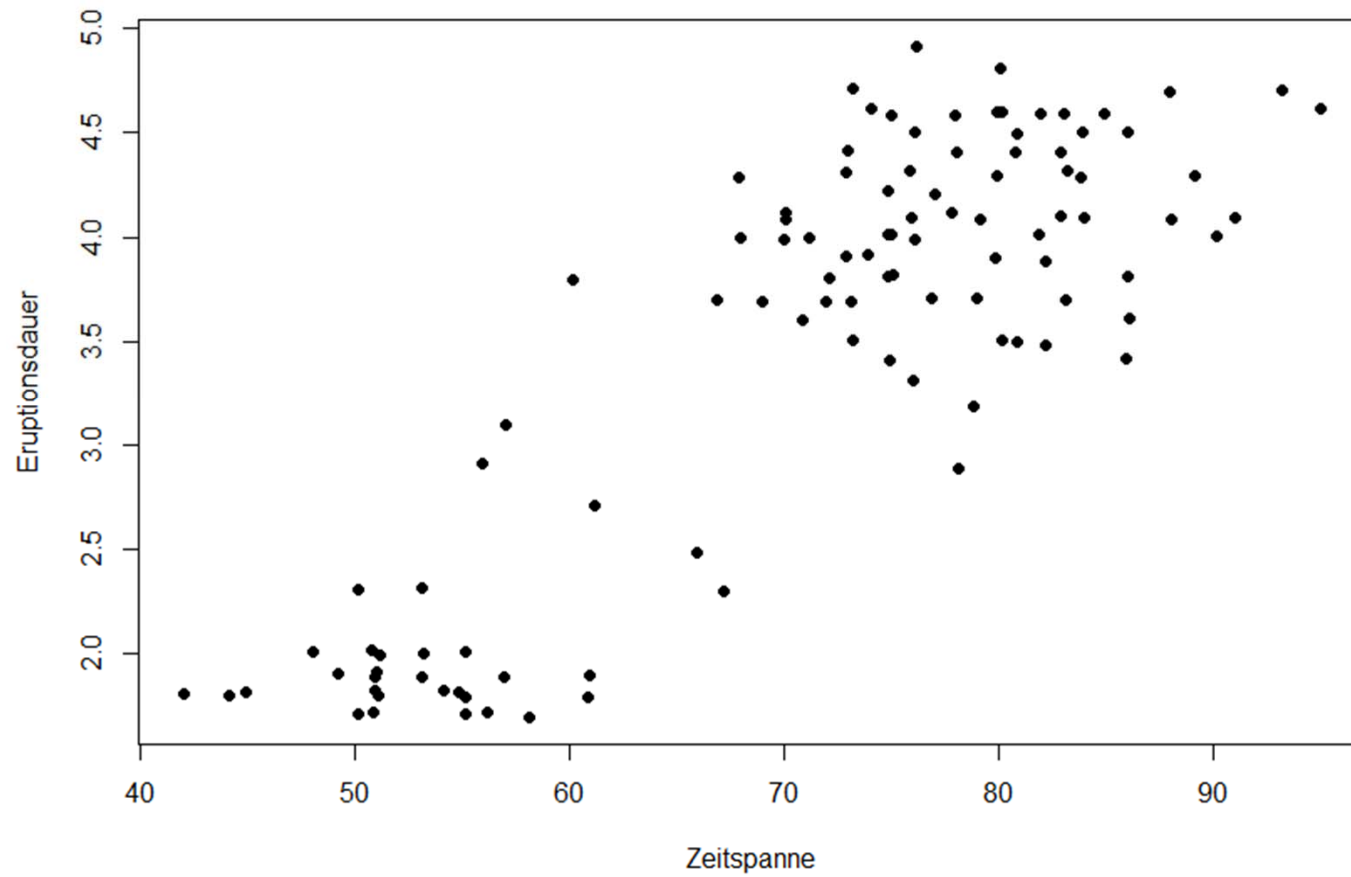
Zweidimensionales Streudiagramm

Am Beispiel der Zwischen- und Basisprüfung aus einem Vorjahr

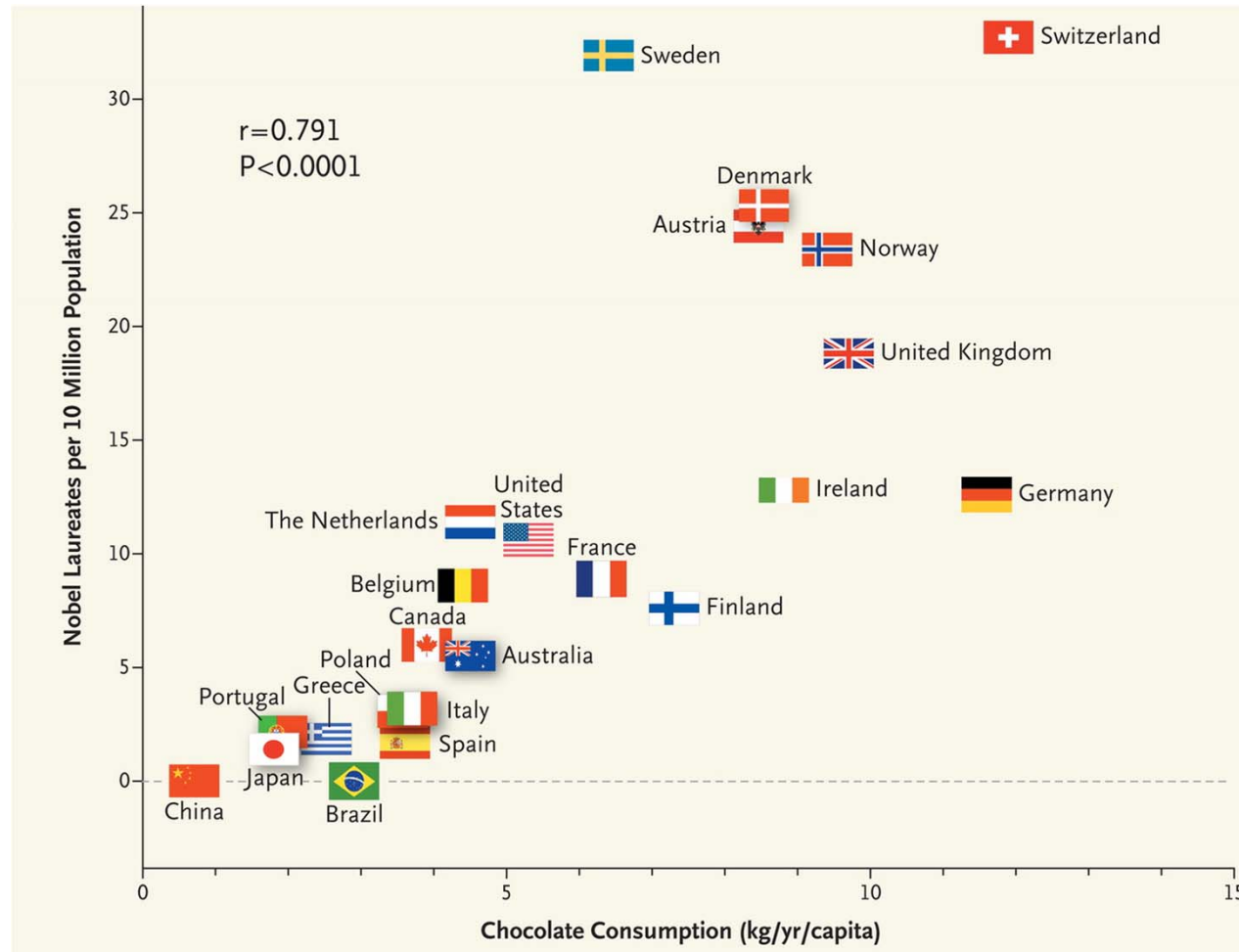


Zweidimensionales Streudiagramm

Am Beispiel Old Faithful



Zusammenhänge gibt es viele...



Quelle: The New England Journal of Medicine

Empirische Kovarianz und Korrelation

- Empirische Kovarianz

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

- Empirische Korrelation

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \in [-1, 1]$$

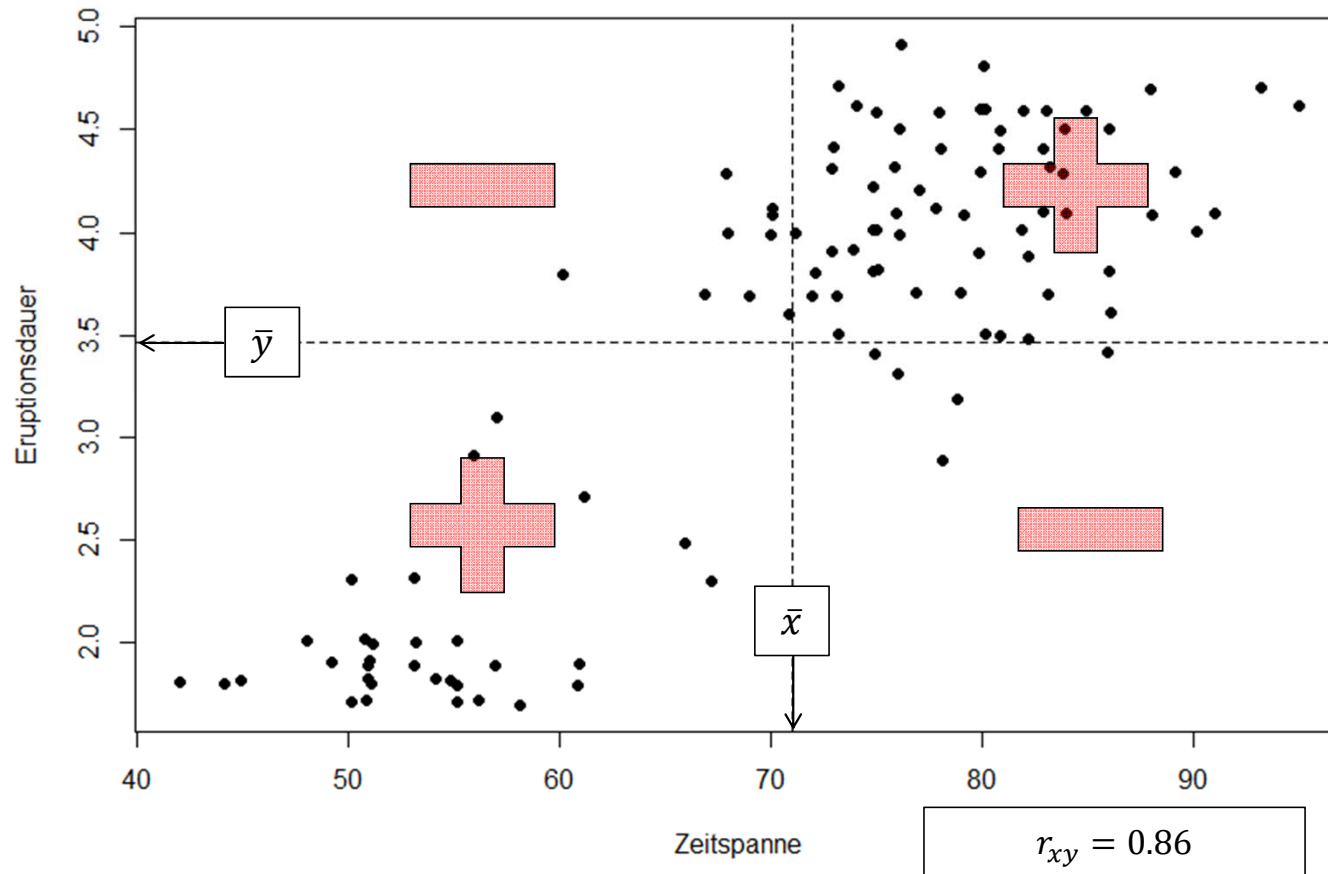
wobei s_x, s_y die empirischen Standardabweichungen sind.

Es gilt $r_{xy} = 1 \iff y_i = a + bx_i, b > 0$

$r_{xy} = -1 \iff y_i = a + bx_i, b < 0$

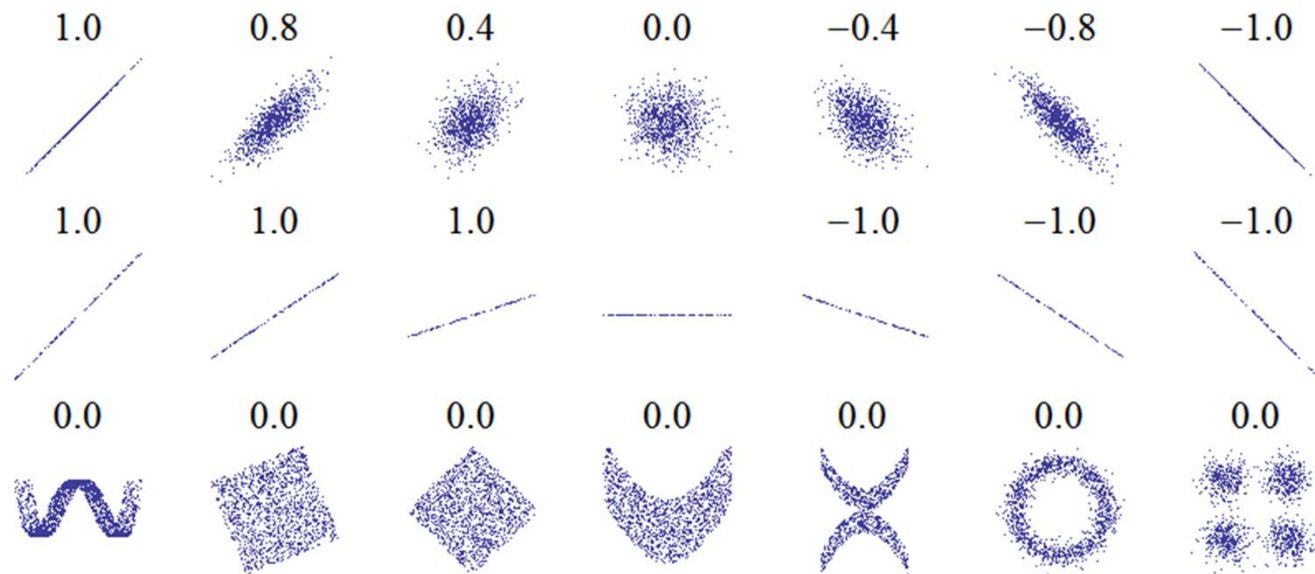
Empirische Kovarianz und Korrelation

Beitrag eines Datenpaares zur empirischen Kovarianz/Korrelation



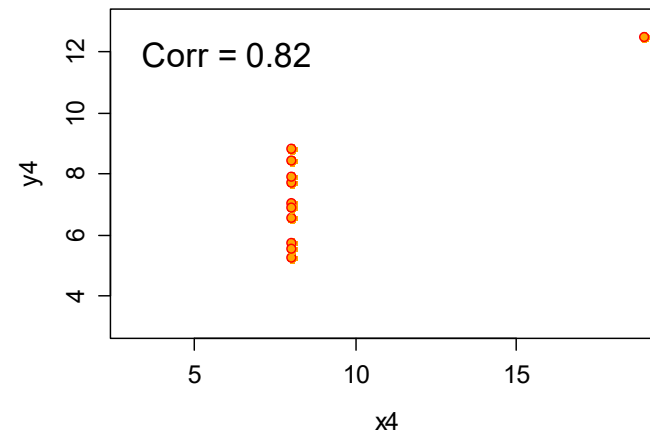
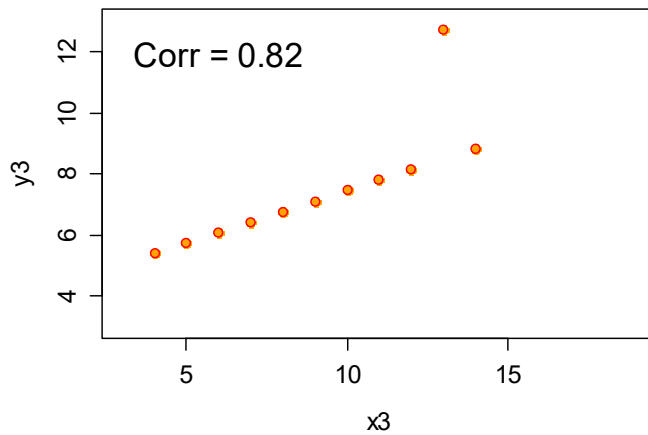
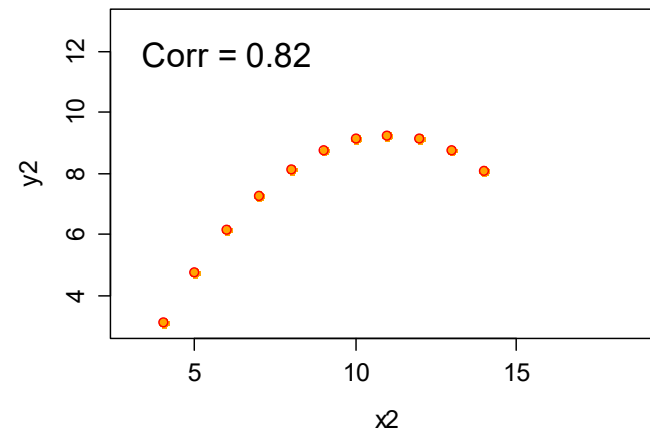
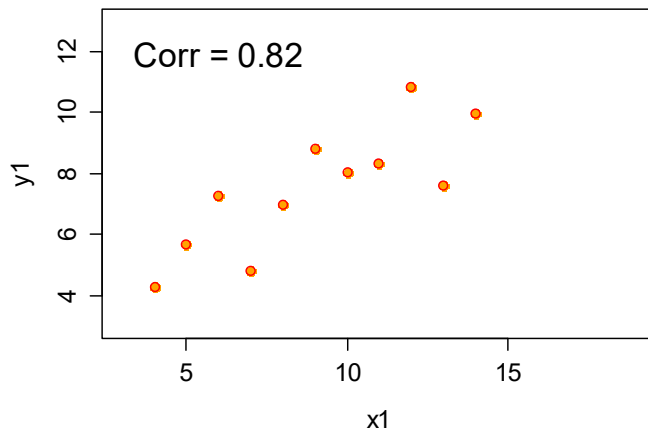
Empirische Korrelation: Bemerkungen

- Korrelation misst «nur» den **linearen Zusammenhang**.
- Man sollte daher die Daten immer auch anschauen, statt sich «blind» auf Kennzahlen zu verlassen.



Quelle: Wikipedia

Empirische Korrelation: Bemerkungen



Gapminder

- See <https://www.gapminder.org/videos/200-years-that-changed-the-world-bbc/>