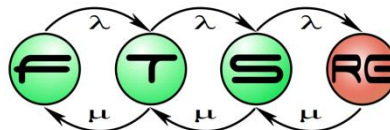


Visuelle Datenanalyse

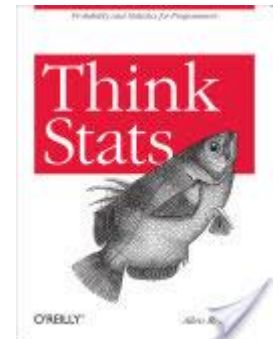
Dr. Pataricza András

**Budapest University of Technology and Economics
Fault Tolerant Systems Research Group**

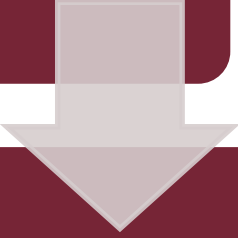


Wiederholung: Statistik (Grundlagen)

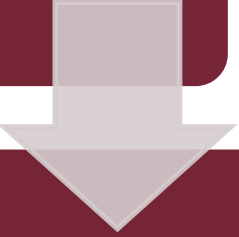
- Min: der kleinste Wert
- Max: der größte Wert
- Der Durchschnitt: $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$
- Die Varianz (Streuung): $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$
- Think Stats: Probability and Statistics for Programmers



Visualisieren – Warum?

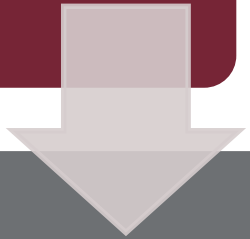


Visualisieren – Was?



Visualisieren – Wie?

Visualisieren – Warum?



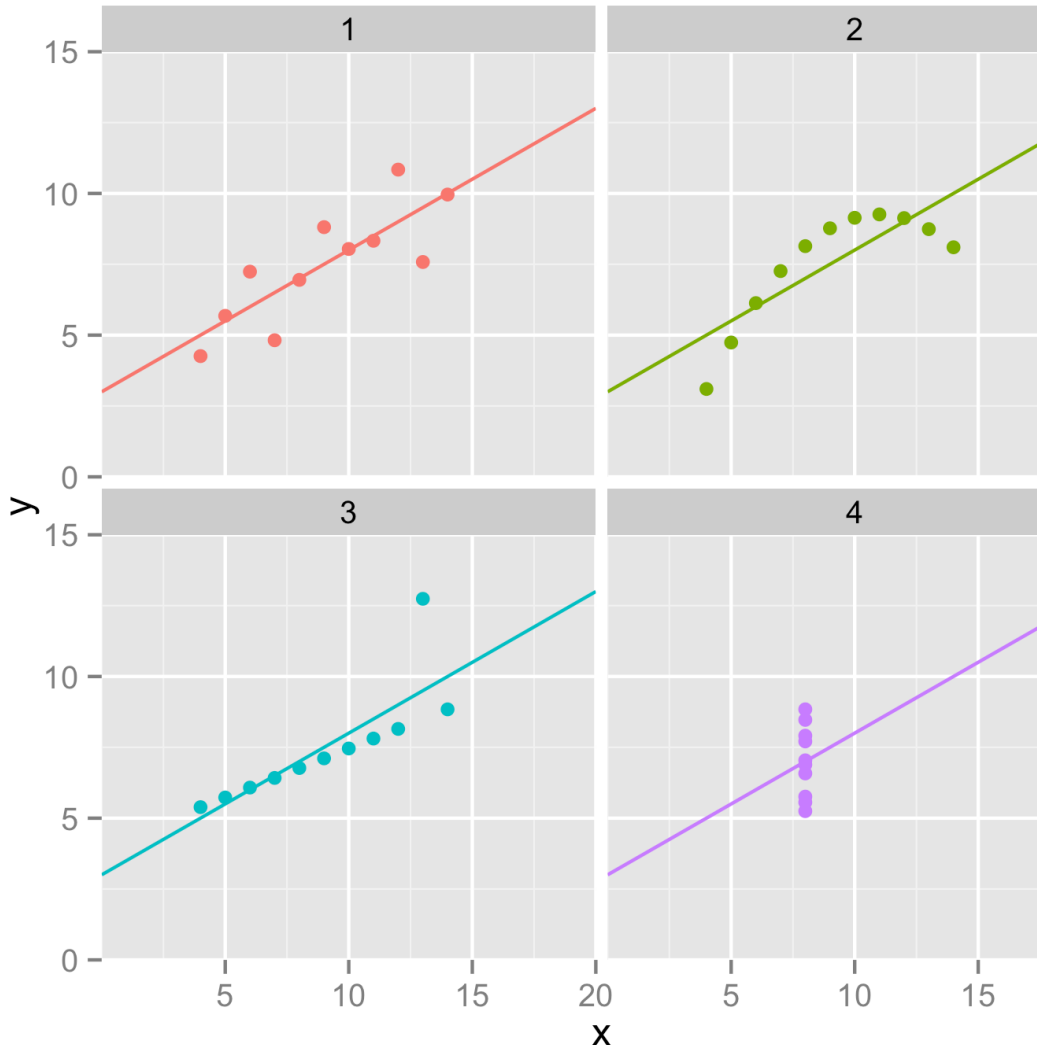
Visualisieren – Was?



Visualisieren – Wie?

Überprüfung der Berechnungen

Anscombe's Quartet



4 Datensätze mit gleichen:

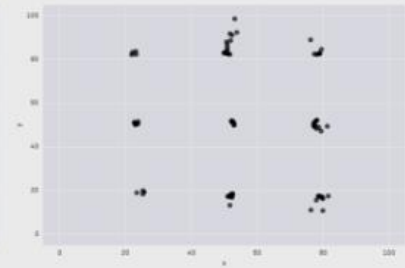
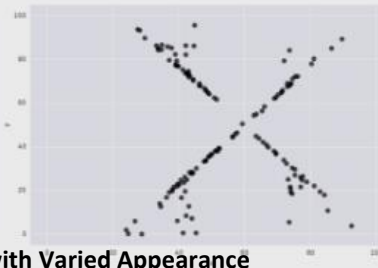
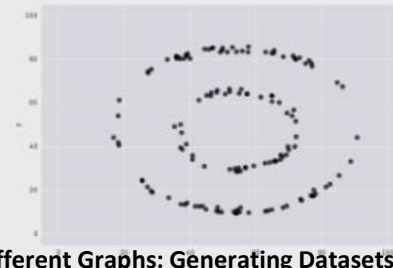
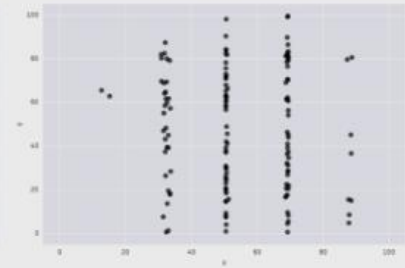
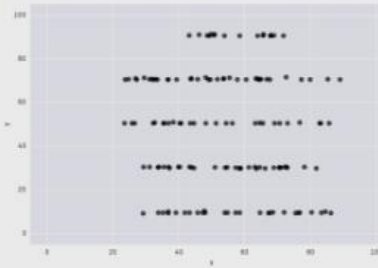
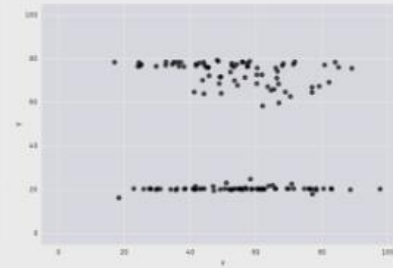
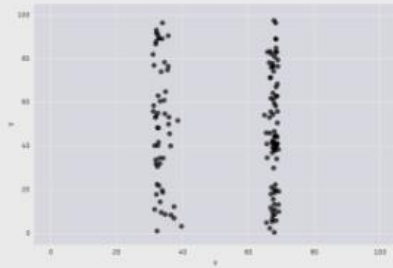
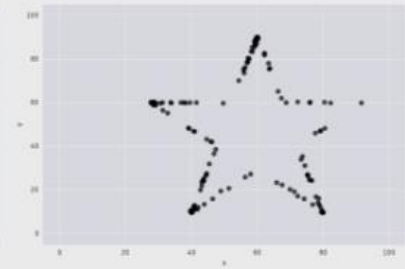
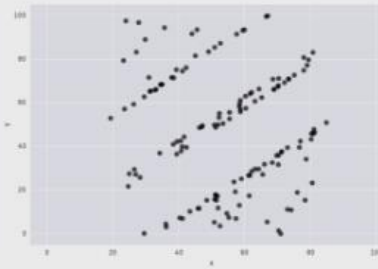
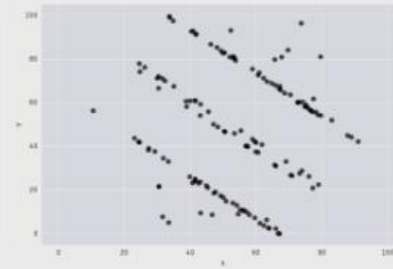
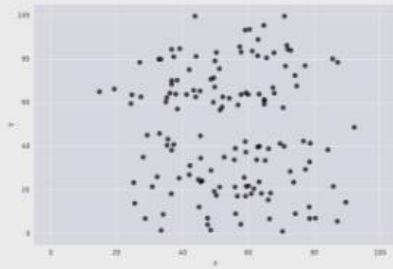
- Durchschnitt von x (9)
- Streuung von x (11)
- Durchschnitt von y (7,5)
- Streuung von y (4,12)
- Korrelation der beiden (0,816)
- Regressionsgerade

Vermeidung der
fehlerhaften Annahmen...
und Intuition

... und weitere Beispiele



X Mean: 54.26
Y Mean: 47.83
X SD : 16.76
Y SD : 26.93
Corr. : -0.06



Matejka, Fitzmaurice. Same Stats, Different Graphs: Generating Datasets with Varied Appearance and Identical Statistics through Simulated Annealing. ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems
<https://www.autodeskresearch.com/publications/samestats>

Visualisieren im Alltag

Analoge Anzeige



Digitale Anzeige



Analog + Koordinat

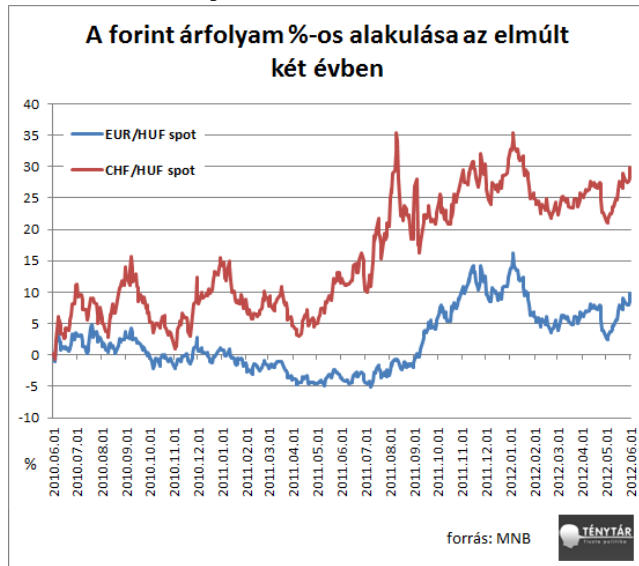


ride Anzeige



Visualisieren im Alltag

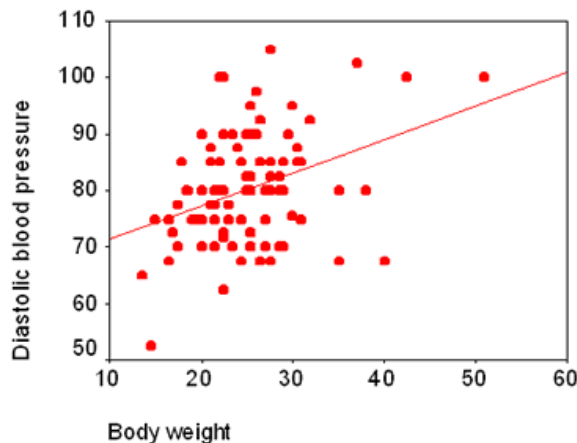
Trendanalyse und Vorhersage



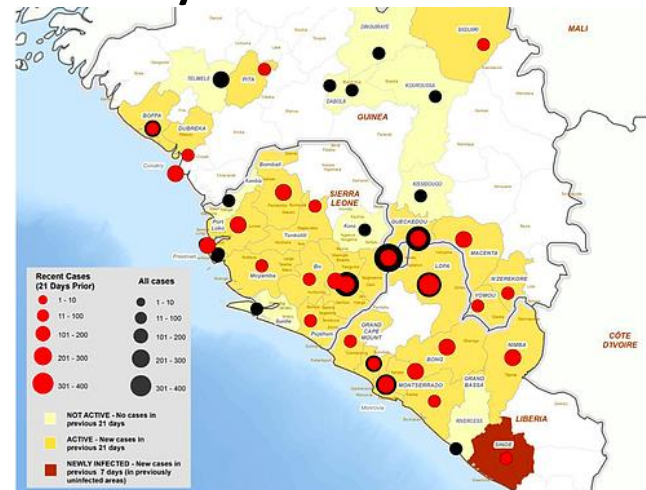
Zeitreihenanalyse



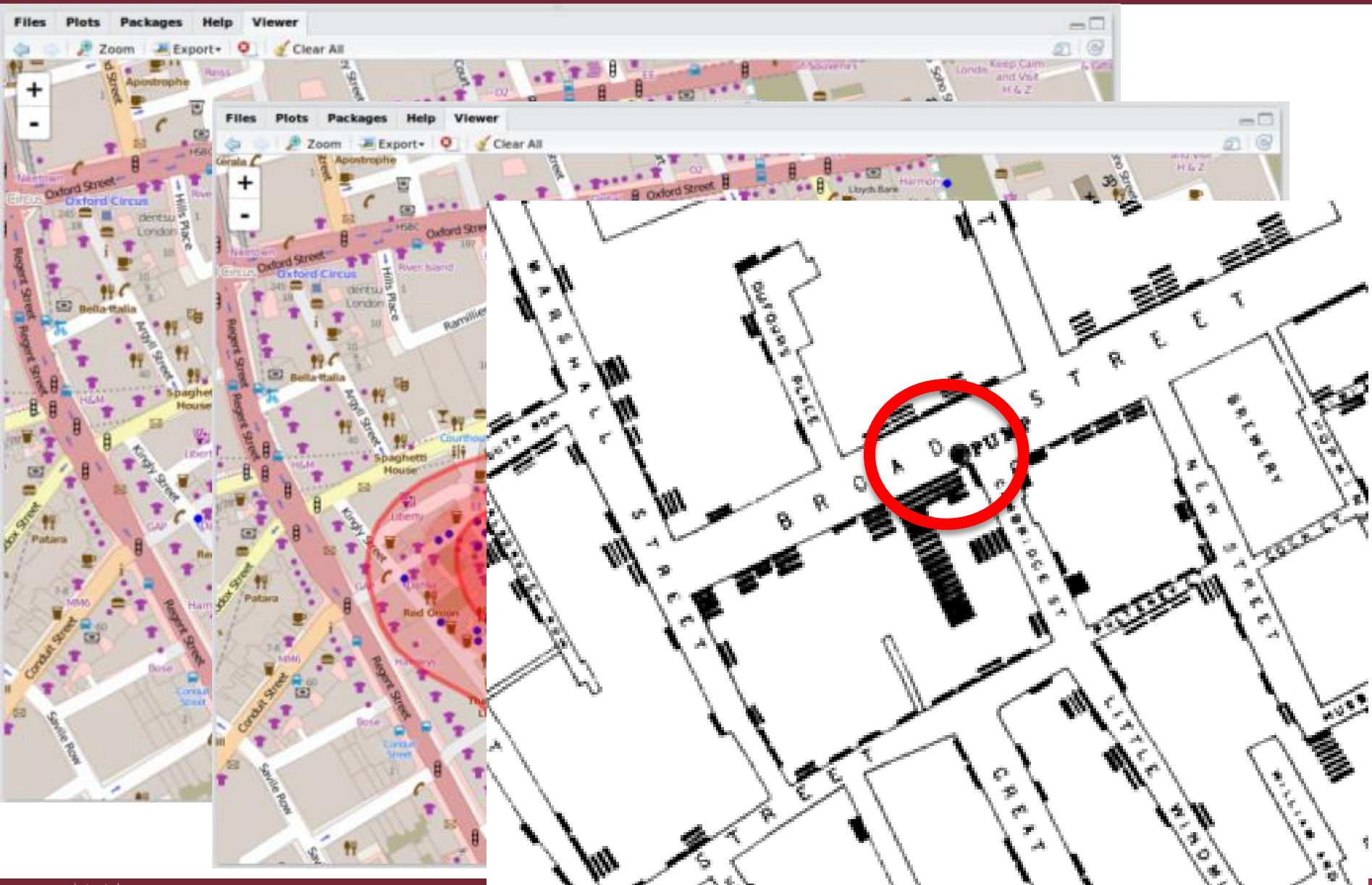
Korrelationsanalyse



Analyse der räumlichen Vert.



Erschließen von Zusammenhängen



Alle Augen auf die Daten!

„Massiv-Parallele“ Bearbeitung

- 120.000.000 Sensoren

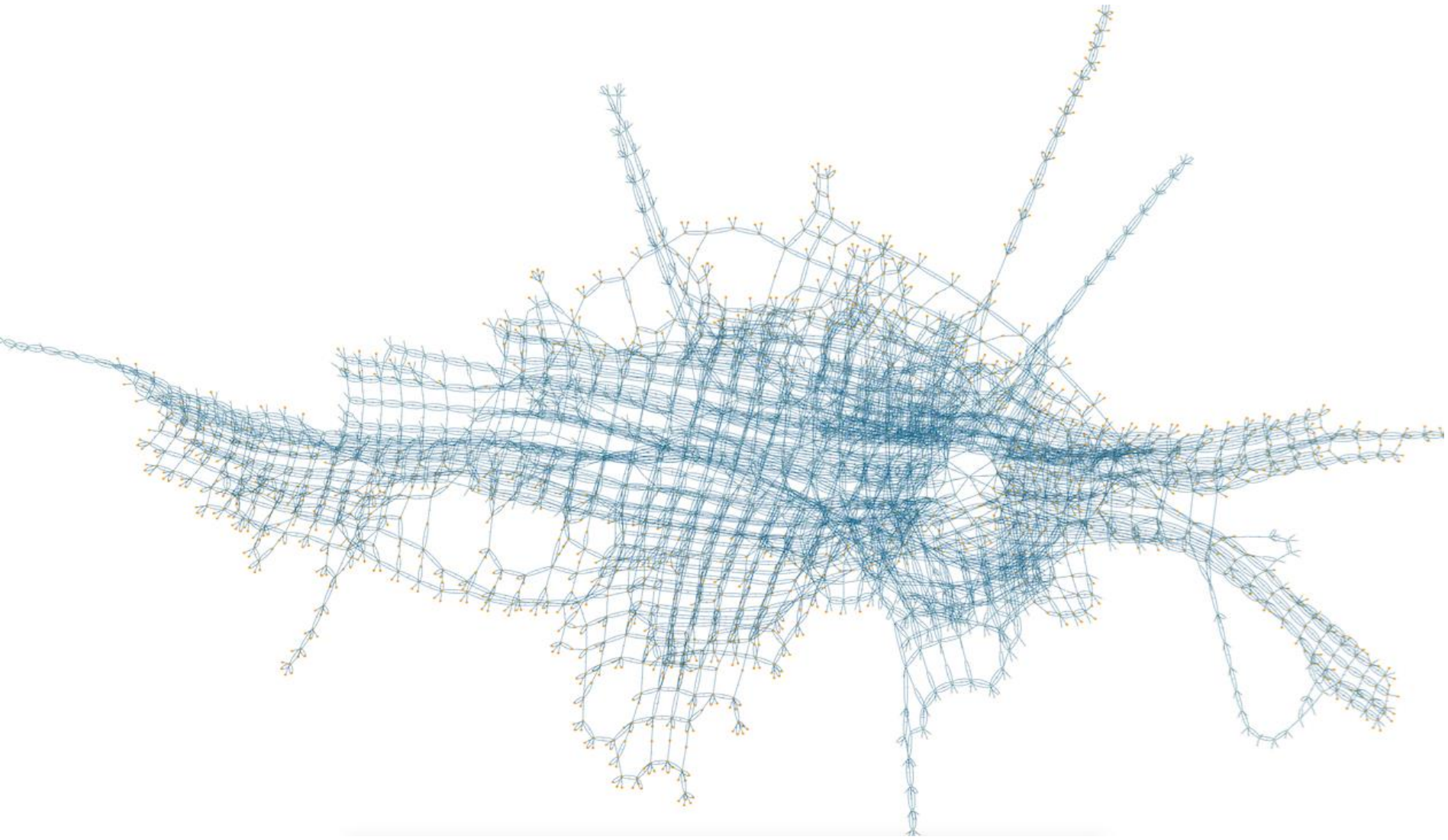
1000



3. Visuelle Auswahl und Manipulation

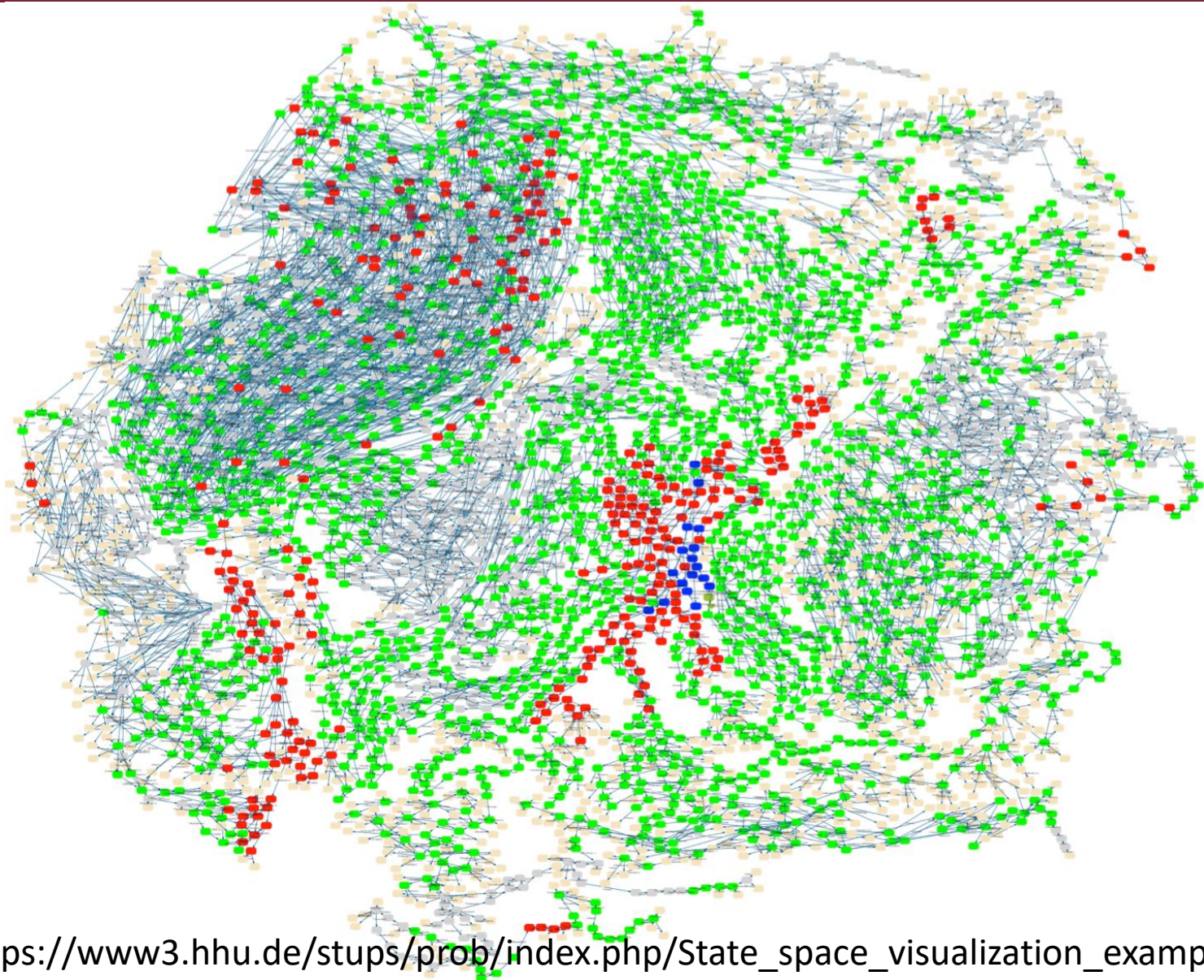
4. Interpretation, Korrelation mit anderen Modellen, Auswertung

Beispiel: Visualisierung des Zustandsraumes



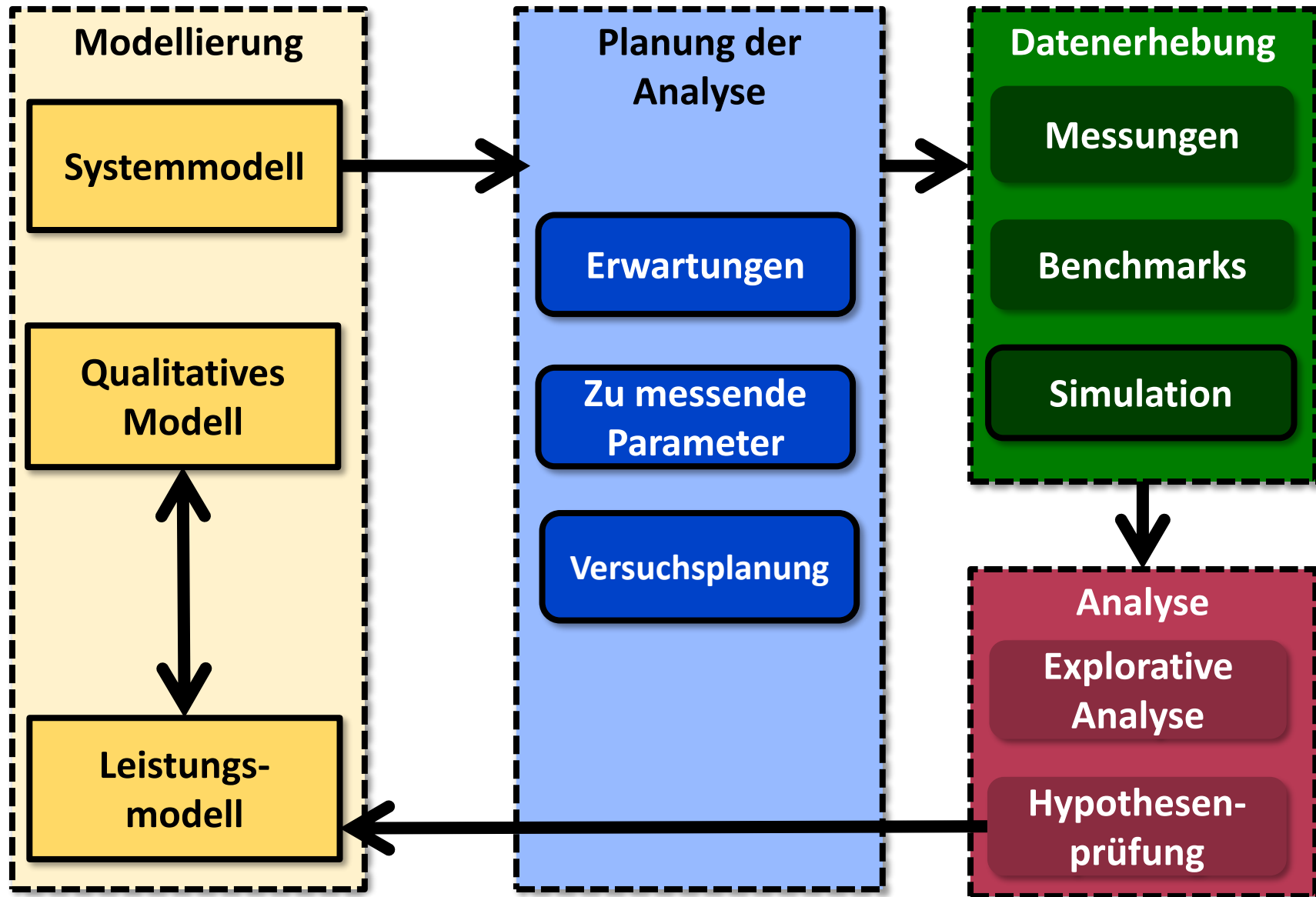
https://www3.hhu.de/stups/prob/index.php/State_space_visualization_examples

Beispiel: Zustandsraum des CAN-Bus

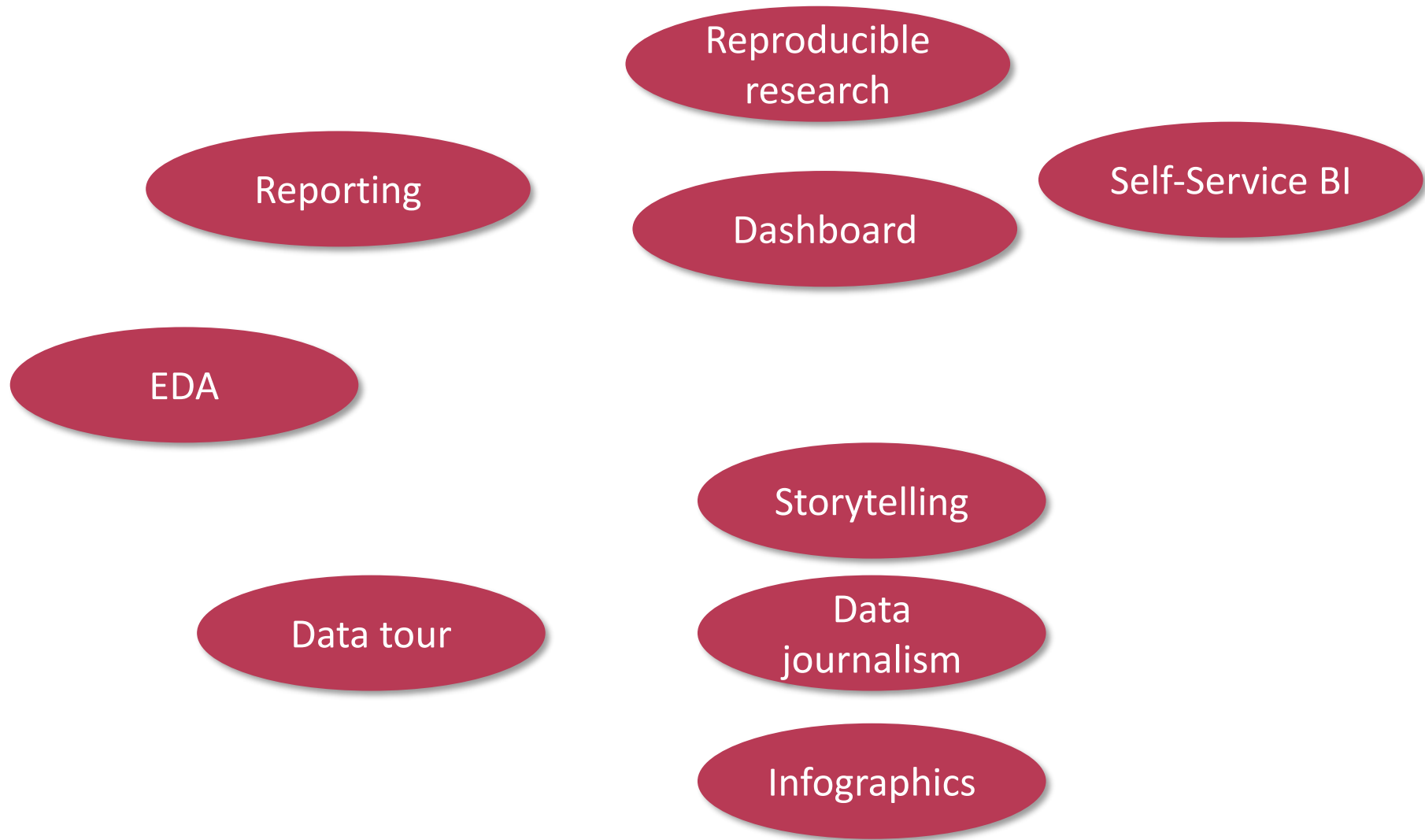


https://www3.hhu.de/stups/prob/index.php/State_space_visualization_examples

Beispiel: Systemmodell → Leistungsmodell



Ziele der Datenvisualisierung

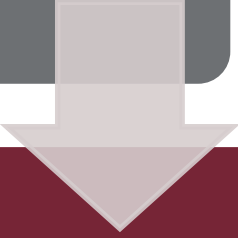


Ziele der visuellen Datenanalyse

- Erstellung eines Systemmodells
 - Wie funktioniert das System?
- Validierung der Systemmodelle
 - Bestätigen die Daten die Hypothesen?
- Parametrisierung der Systemmodelle
 - Welche numerische Werte sind am meisten glaubhaft?
- Auswertung der Analyse / des Verhalten der Systeme
 - Funktioniert das System richtig?
 - Erfüllt es die Anforderungen?

Inhalt

Visualisieren – Warum?



Visualisieren – Was?



Visualisieren – Wie?

Zur Erinnerung: Tabellarische Darstellung

- **Zeilen der Tabelle** = Modellelemente
- **Spalten der Tabelle** = Eigenschaften

Name ▼	Typ ▼	Grösse (kB) ▼	Letze Änderung ▼
Dokumente	Verzeichnis		2016.02.02
Verträge.pdf	Datei	569	2015.11.09
Bilder	Verzeichnis		2016.02.02
Logo.png	Datei	92	2015.03.06
Grundriss.jpg	Datei	1226	2016.02.02

- Datenanalyse Sprachen (z.B. R, Python): **dataframe**
 - Eine Zeile eine Messung
 - Die Spalten haben ihre eigenen **Typen**

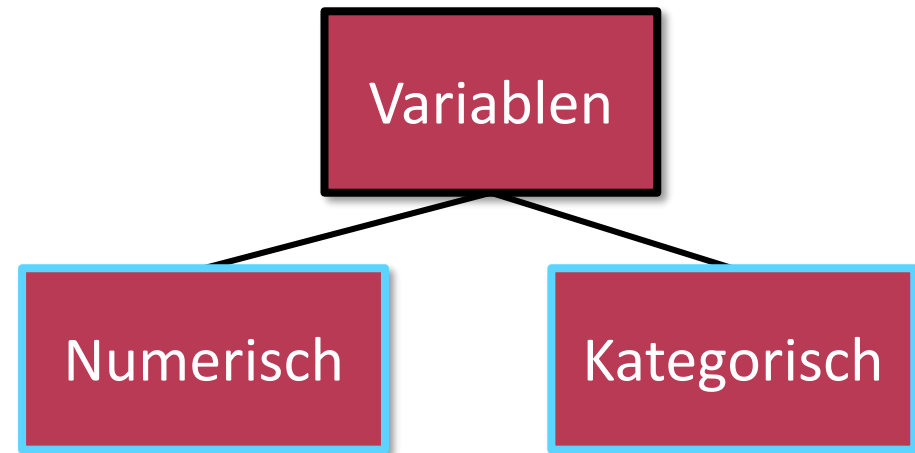
Numerische und kategoriale Variablen

- Numerisch (numerical)

- Die arithmetische Grundoperationen sind sinnvoll definierbar

- Kategorisch (categorical)

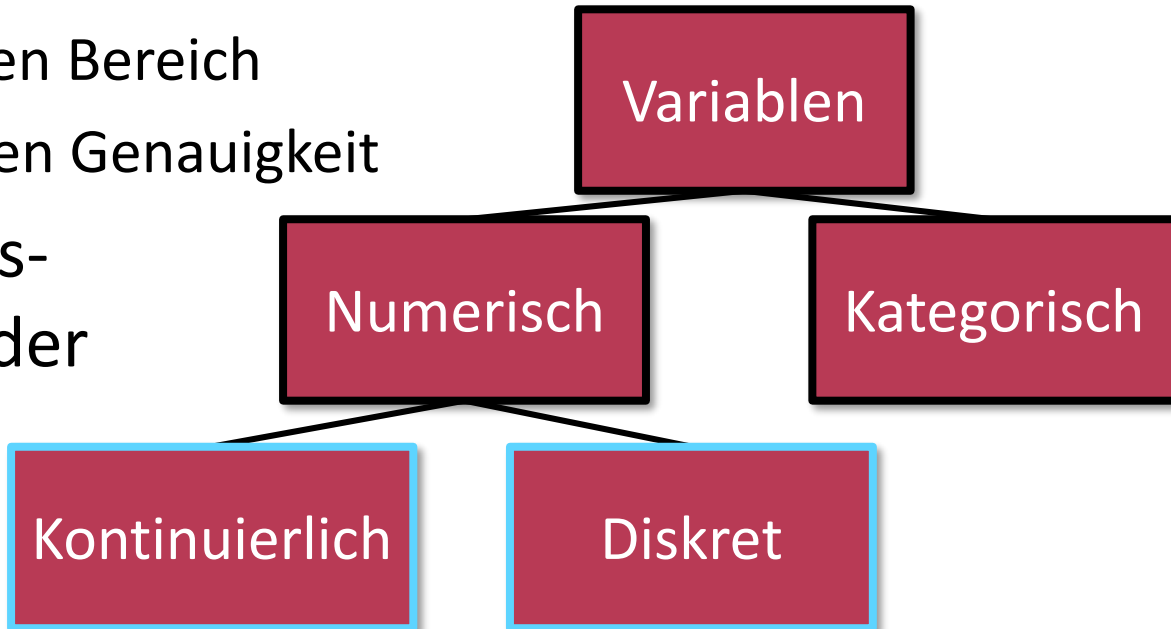
- Die Kategorien dienen der Unterscheidung, die Operationen sind sinnlos



Numerische Variablen

■ Kontinuierlich

- Gemessen – kann beliebige Werte aufnehmen
 - in dem gegebenen Bereich
 - bei der gegebenen Genauigkeit
- z.B. Durchschnitts-Klausurergebnis der Anwesenden

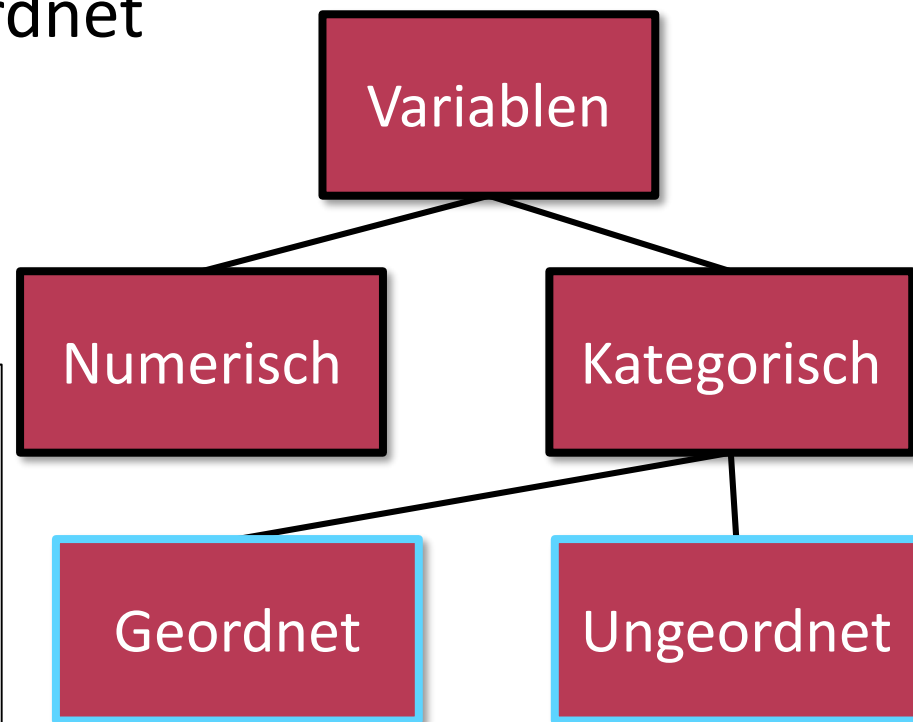


■ Diskret

- Gezählt – kann nur endlich viele verschieden Werte aufnehmen
- z.B. Anzahl der Anwesenden

Kategorische Variablen

- Geordnet (Kategorisch → Ordinal)
 - Der Wertebereich ist geordnet
 - Vollständig geordnet?
- Ungeordnet (regulär)



9. Ajánlanád-e a tárgyat másoknak?

- ☐ Mindenkit rábeszelnék
- ☐ Nyugodtan ajánlanám
- ☐ Esetleg ajánlanám
- ☐ Inkább lebeszelném róla
- ☐ Feltétlenül lebeszelném
- ☐ Nem kívánok válaszolni

Inhalt

Visualisieren – Warum?



Visualisieren – Was?



Visualisieren – Wie?

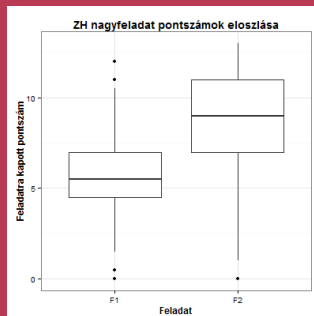
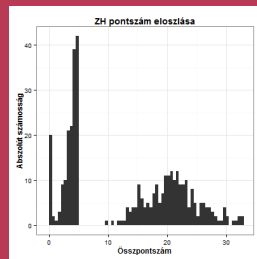
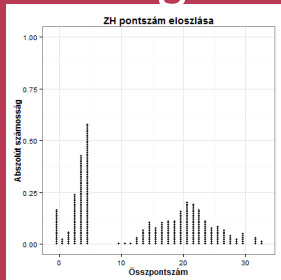
Verteilung einer Variable

Variablen

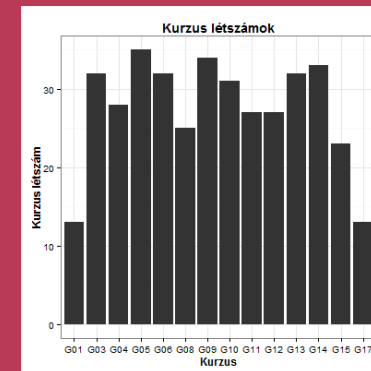
Numerisch

Kategorisch

KI-Ergebnis: [13, 15, 2, ...]



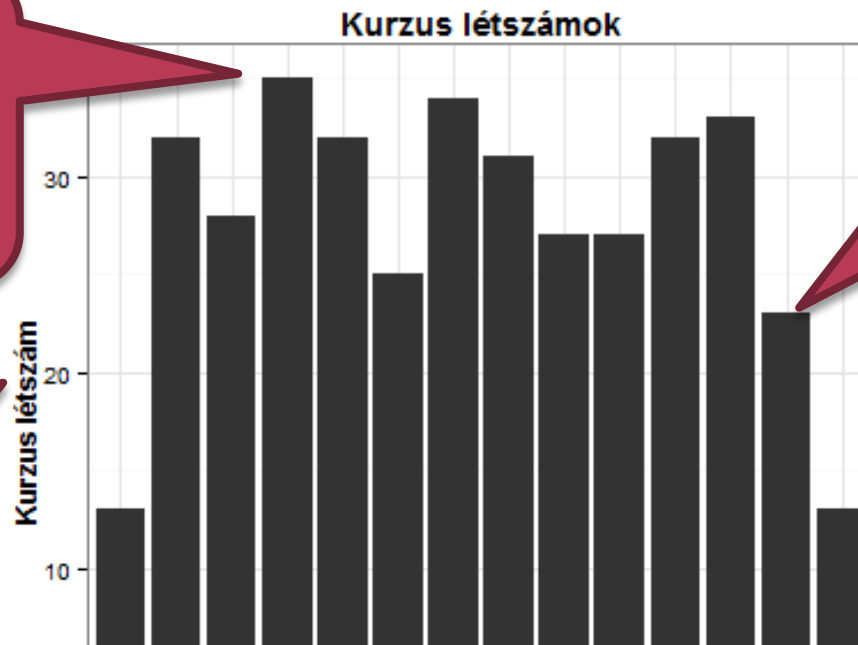
Kurse: [G01, G03, G15, G17, ...]



Säulendiagramm/Balkendiagramm

- Eingabevariable: Kurs-Kode
- Frage: wie viele haben sich angemeldet?

Gibt es populäre Zeitpunkte/Übungsleiter?



Säulenhöhe: Häufigkeit des gegebenen Wertes

absolute Häufigkeit!

Entwurfsentscheidung: Aufteilung des Definitionsbereiches
z.B.: Dienstag-Donnerstag-Freitag?

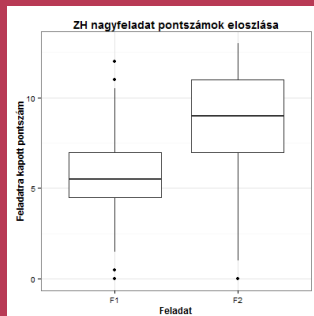
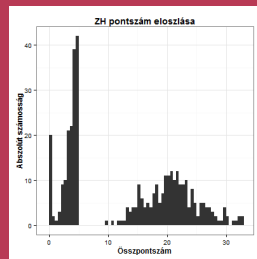
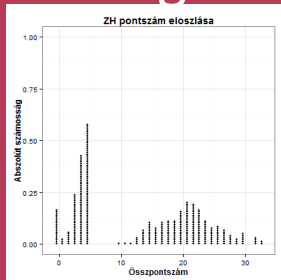
Verteilung einer Variable

Variablen

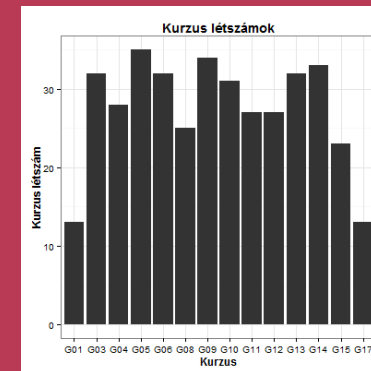
Numerisch

Kategorisch

KI-Ergebnis: [13, 15, 2, ...]

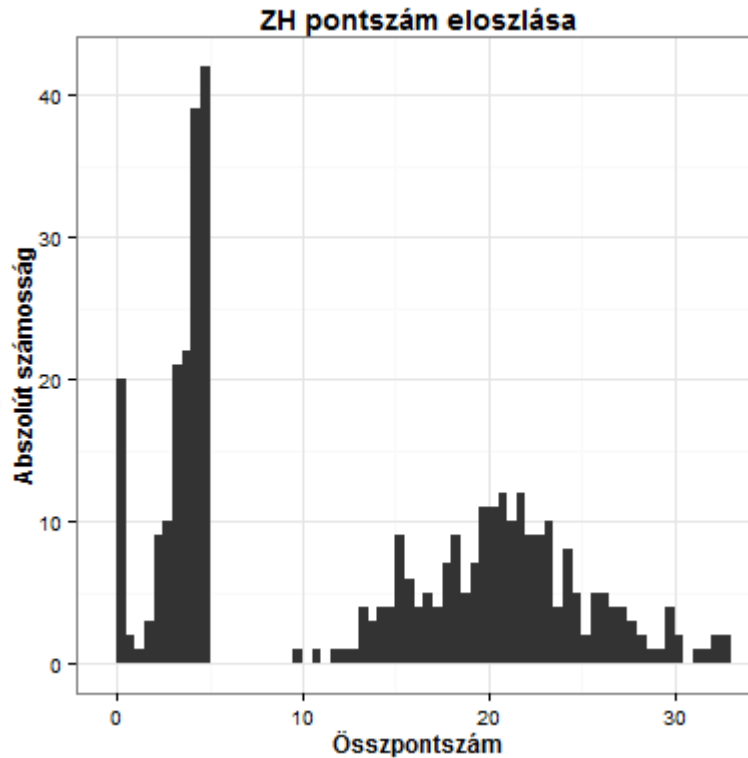


Kurse: [G01, G03, G15, G17, ...]



Histogramm

- Eingabevariable: Klausurergebnis
- Frage: was für Ergebnisse sind geboren?



absolute
Häufigkeit!

Säulenhöhe:
Häufigkeit des
gegebenen
Intervalls

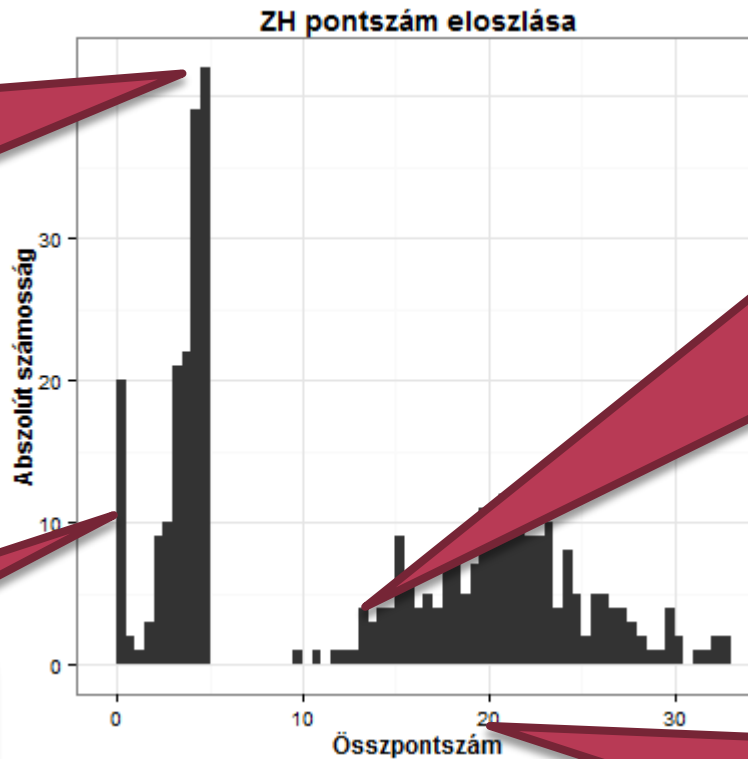
Entwurfsentscheidung: Bestimmung der Intervalllänge
Z.B.: 1-Punkte-Auflösung vs. 0,5-Punkte-Auflösung?

Histogramm

- Eingabevariable: Klausurergebnis
- Frage: was für Ergebnisse sind geboren?

Viele haben
das Test nur
fast geschafft

Die gar nicht
erschienen

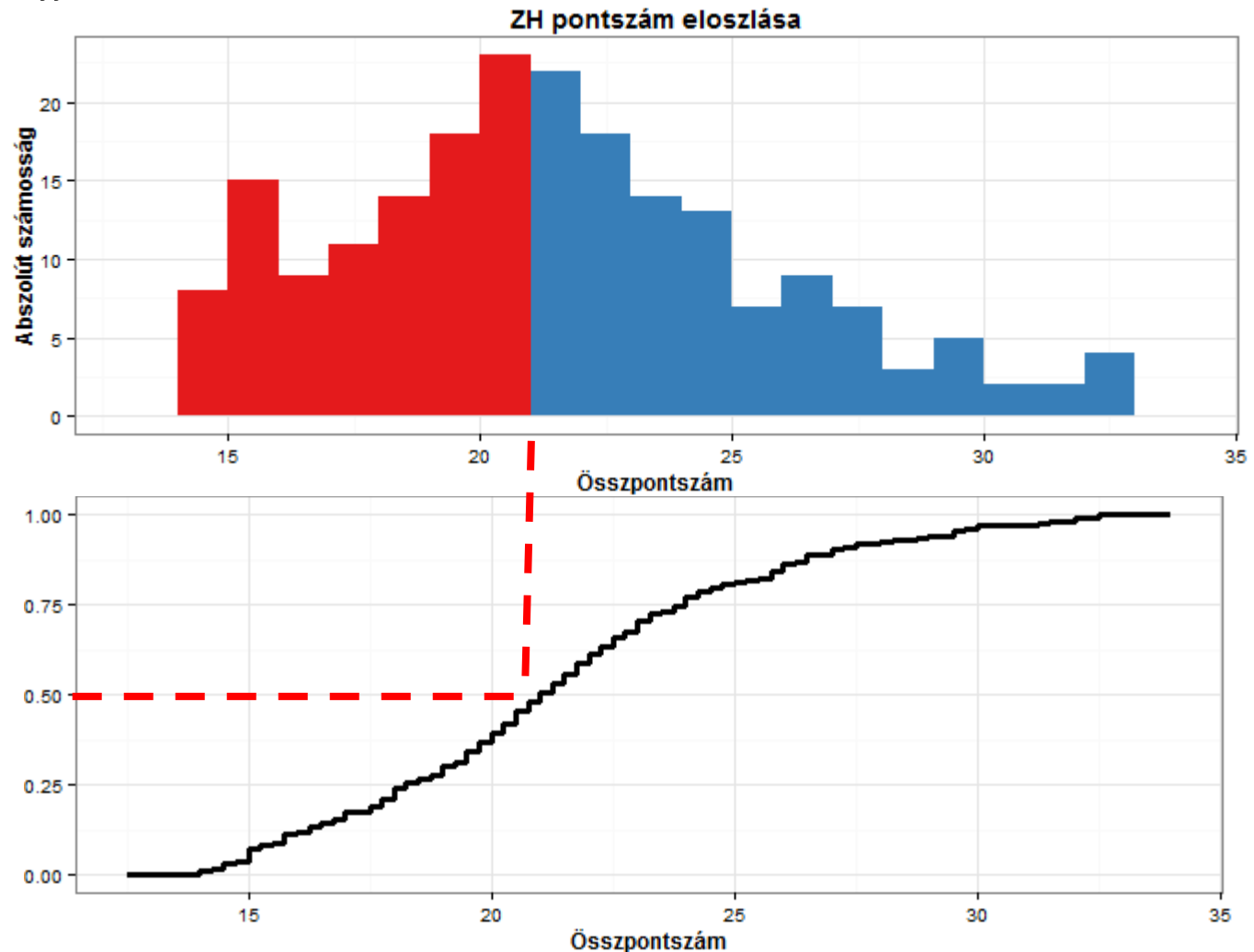


Die meisten von
denen, die das
Test schon
bestanden
haben, haben die
Klausur geschafft.

Der
Durchschnitt/
Median war so
um 20 Punkte

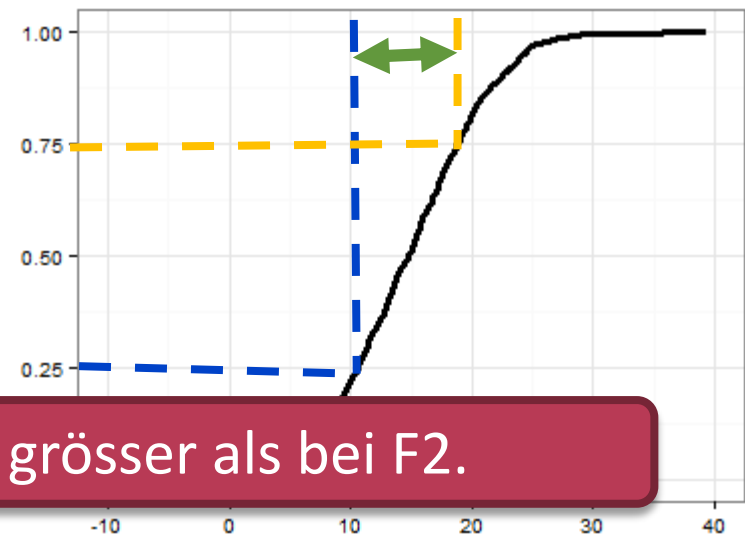
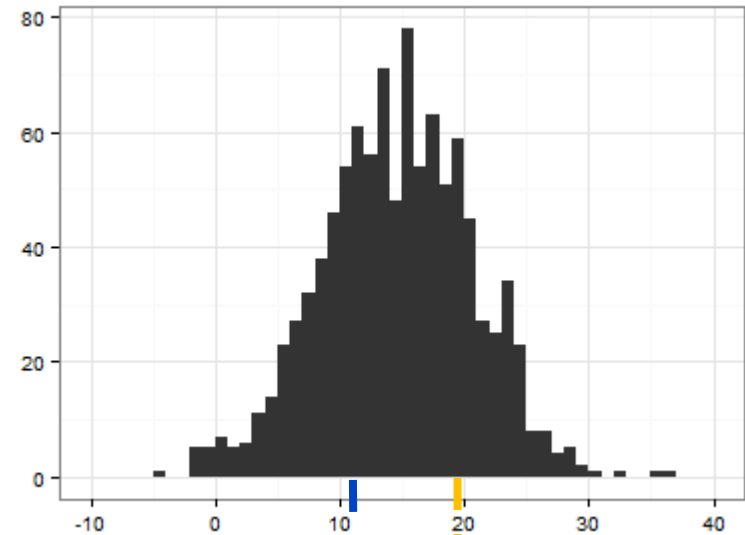
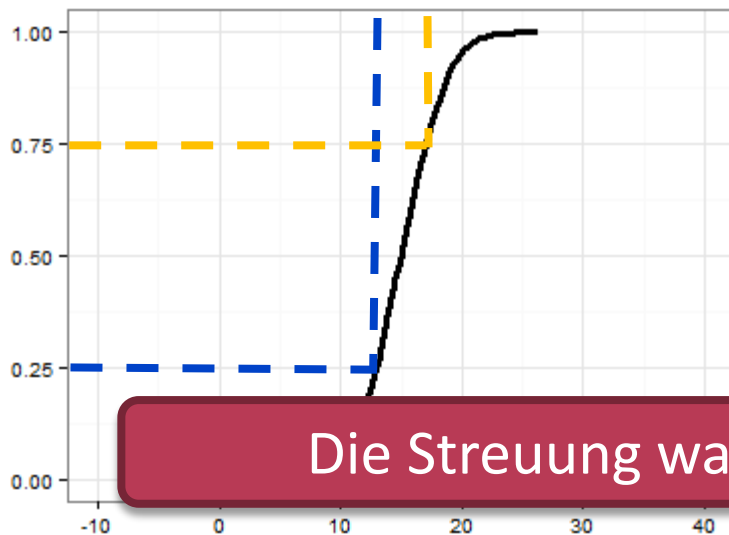
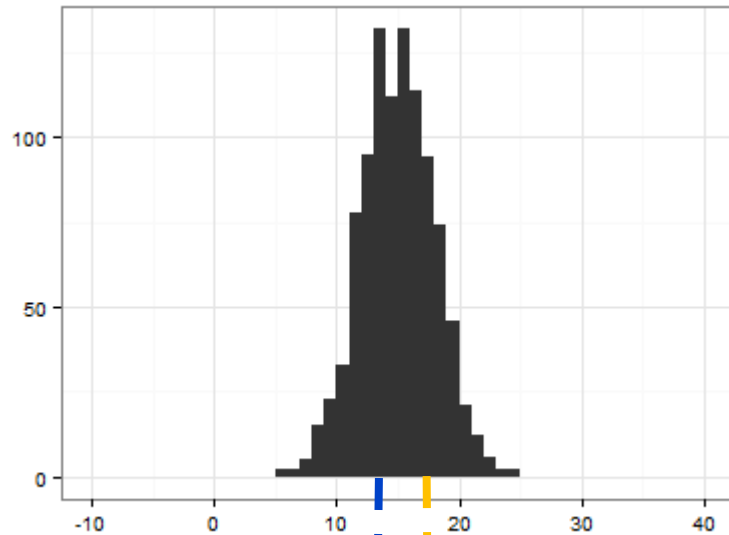
Einfache statistische Beschreibung

- Wo ist „die Mitte“ der Werte?



Einfache statistische Beschreibung

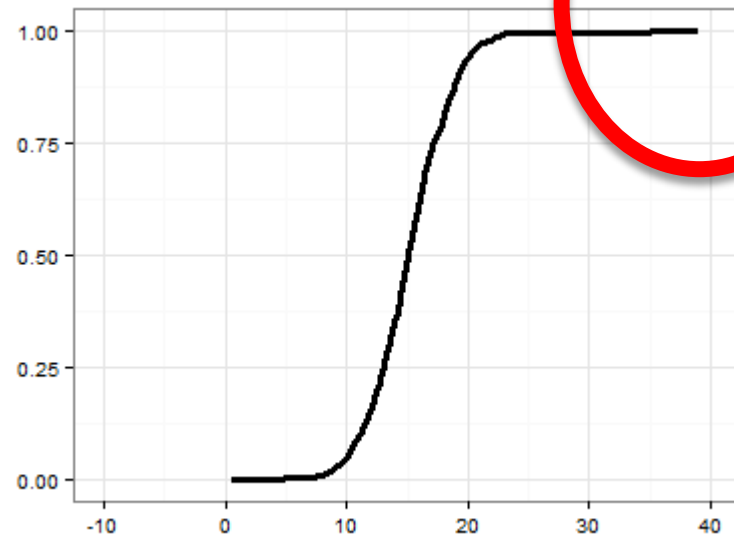
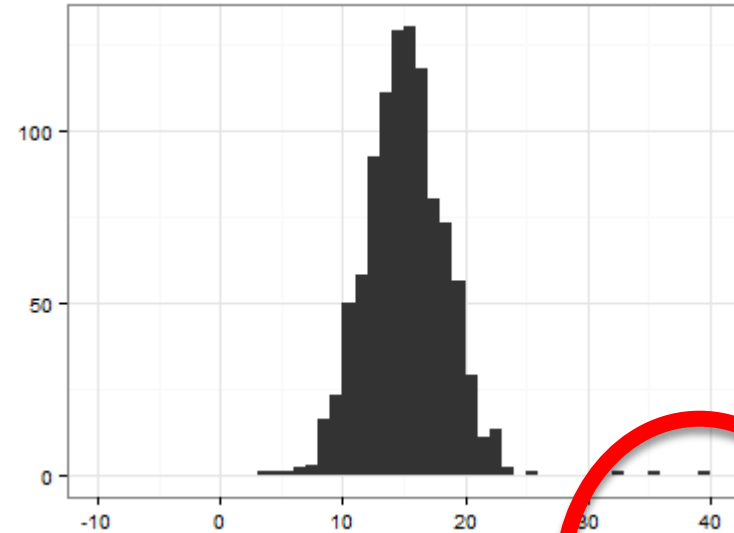
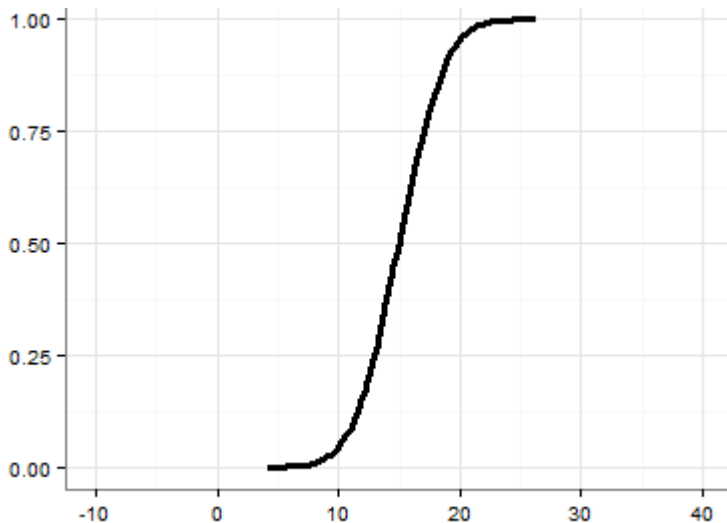
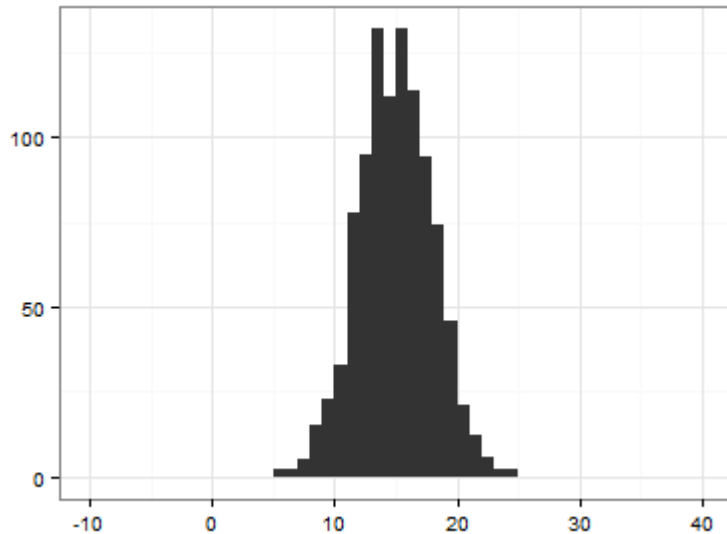
- Wie weit sind die Werte „gestreut“?



Die Streuung war bei F1 grösser als bei F2.

Einfache statistische Beschreibung

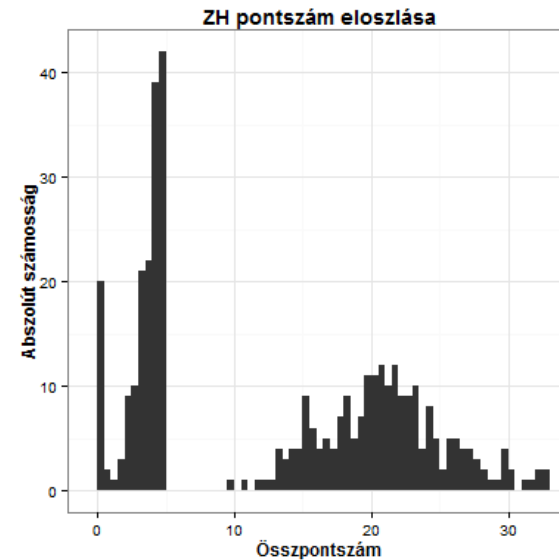
■ Gibt es Ausreisser?



Kastengraphik/Boxplot

- Eingabevariable: Klausurergebnis
- Frage: was für Ergebnisse sind geboren **so ungefähr?**

Eine Art Abstraktion:
nehmen wir die Intervalle,
die einzelnen Werte sind
uninteressant



Beschreibung (kontinuierlicher) Beobachtungen

- Beschreibung der „Mitte“
 1. Durchschnitt (Mittelwert) – arithmetisches Mittel
 2. **Median** (Zentralwert) – mittleres Element (geordnet)
 3. Modalwert – häufigstes Element
 - Beispiel: {3, 4, 4, 5, 5, 6, 10, 20}
 - Durchschnitt: ~ 7.125
 - Median: 5
 - Modalwert: 4 und 5
- Beschreibung der „Ausdehnung“
 - Perzentile (Frequenzen für kategoriale Typen)

Zentralwert anstatt Mittelwert – Warum?

- Grundmenge: 1000 Punkte $\sim U(1, 5)$ mit gleichmässiger Verteilung

- *Mittelwert = Zentralwert = 3 ms*



3ms $\pm$ 2 ms



Antwortzeit

Neuer Zentralwert: `sort(resp. times)[501]` = 3.004 ms

Zentralwert



Mittelwert



Neuer Mittelwert: $(2 * 10^4 + 3 * 10^3) / 1001 = 23 \text{ ms!}$

Beschreibung (kontinuierl.) Beobachtungen

Wenn die Elemente eines Datensatzes steigend geordnet sind, ist das mittlere Element **der Median** des Datensatzes. Falls es kein mittleres Element gibt (gerade Elementenanzahl), ist **der Median** der Durchschnitt der zwei mittleren Elemente.

Das Modalwert ist das häufigste Element (die häufigste Elemente) des Datensatzes. Wenn das häufigste Element nicht eindeutig ist, hat der Datensatz mehrere Modalwerte.

Perzentile

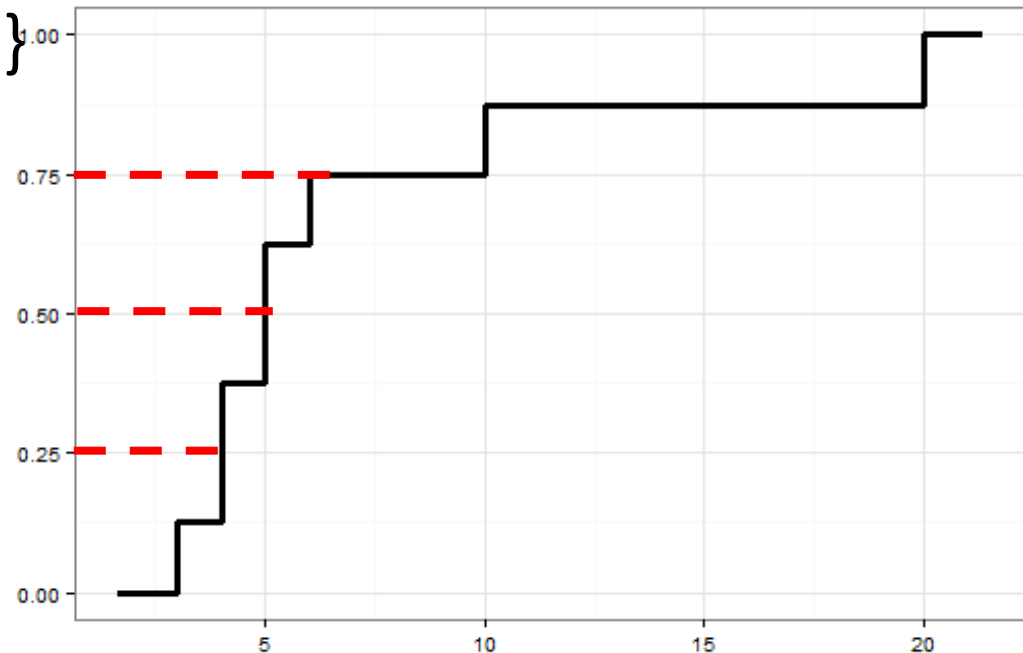
■ Perzentil

- $n\%$ der Werte sind kleiner als das **n -te Perzentil**

Frequenz: $n\%$ der Werte fallen in die gegebene Kategorie(n)

- {3, 4, 4, 5, 5, 6, 10, 20}

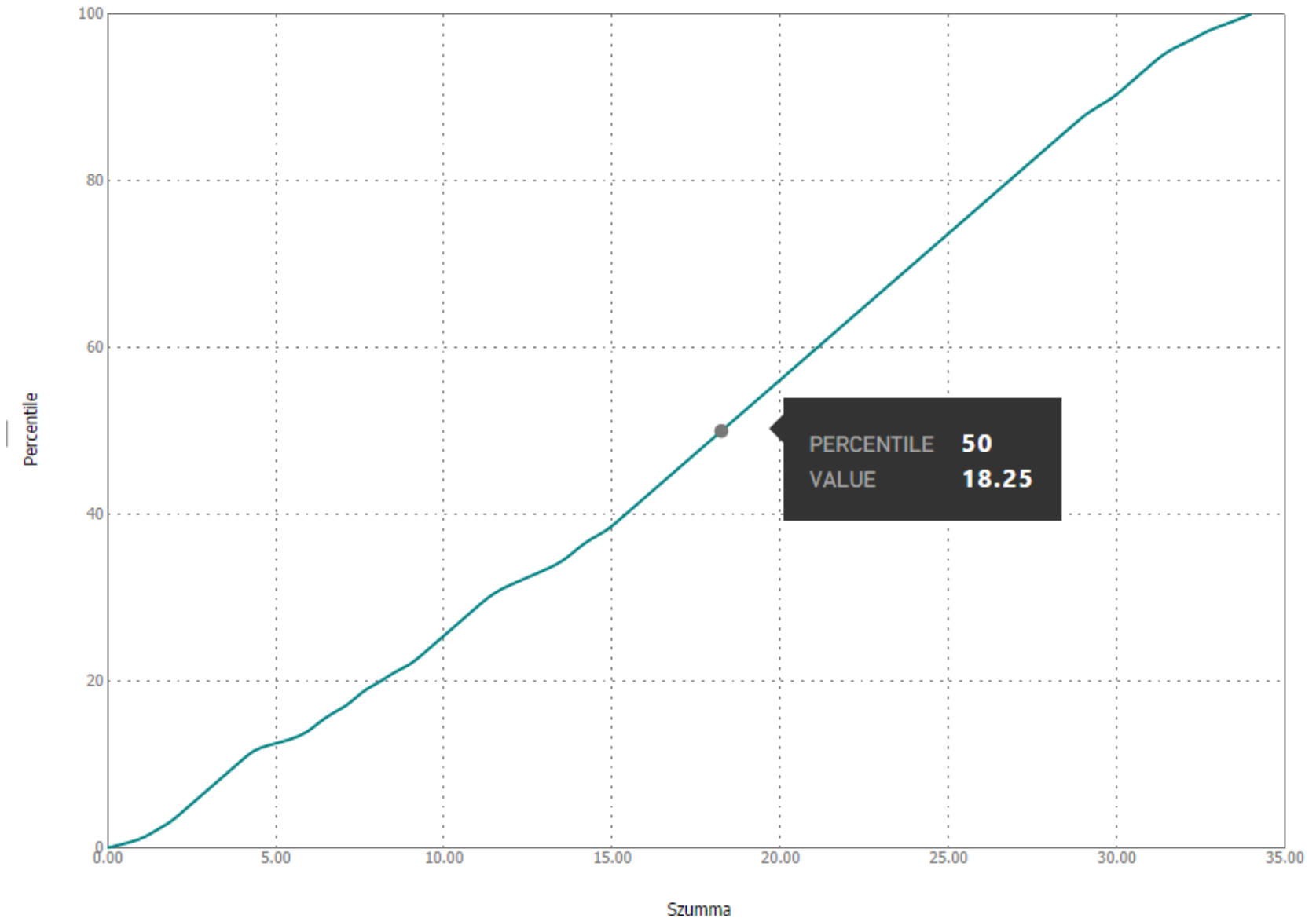
- 50. Perzentil: 5
- 25. Perzentil: 4
- 75. Perzentil: 10



■ Quartil

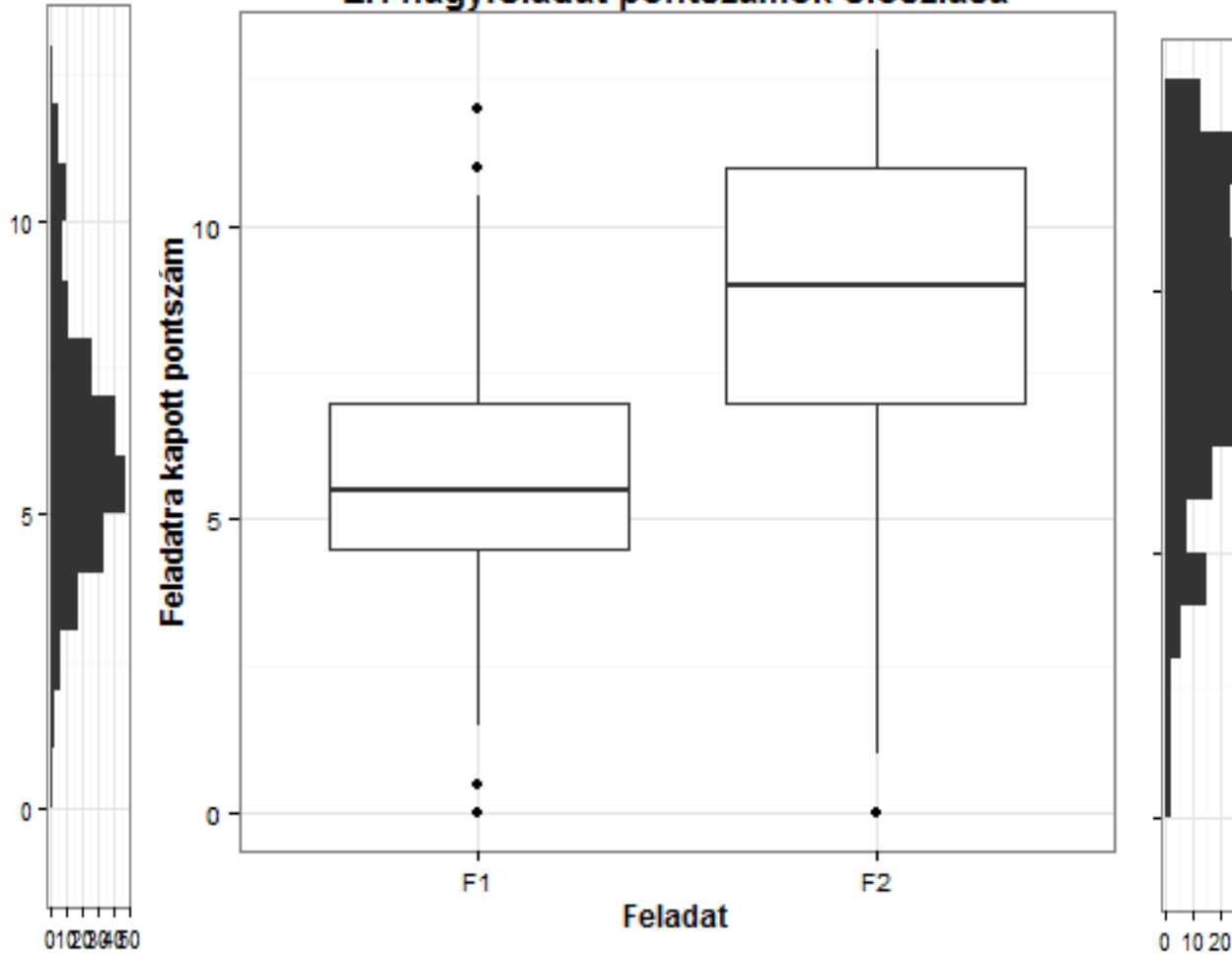
- Q1: das 25. Perzentil
- Q3: das 75. Perzentil
- **Q2: der Median**

Beispiel: Darstellung der Perzentile

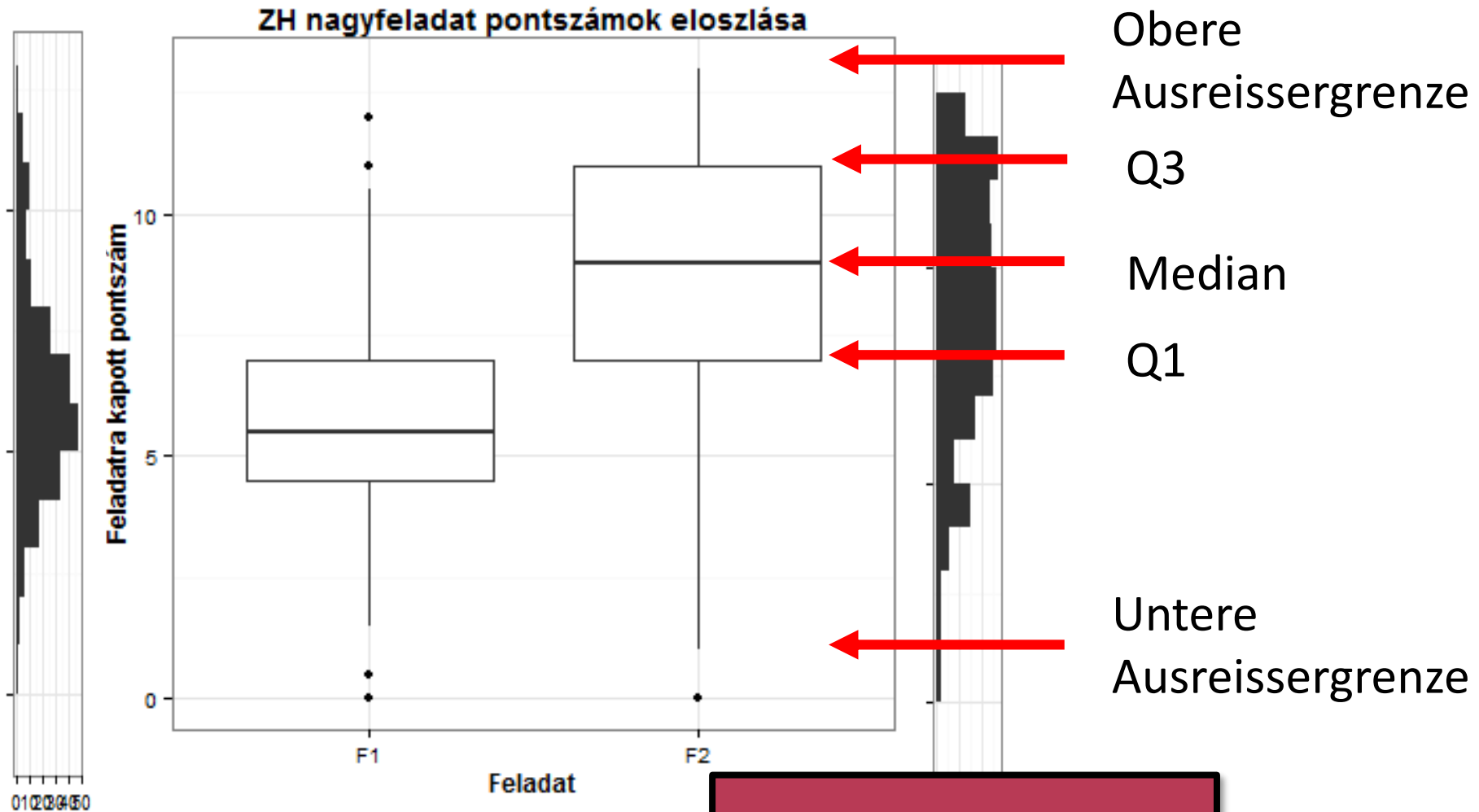


Kastengraphik (Box and whisker plot)

ZH nagyfeladat pontszámok eloszlása



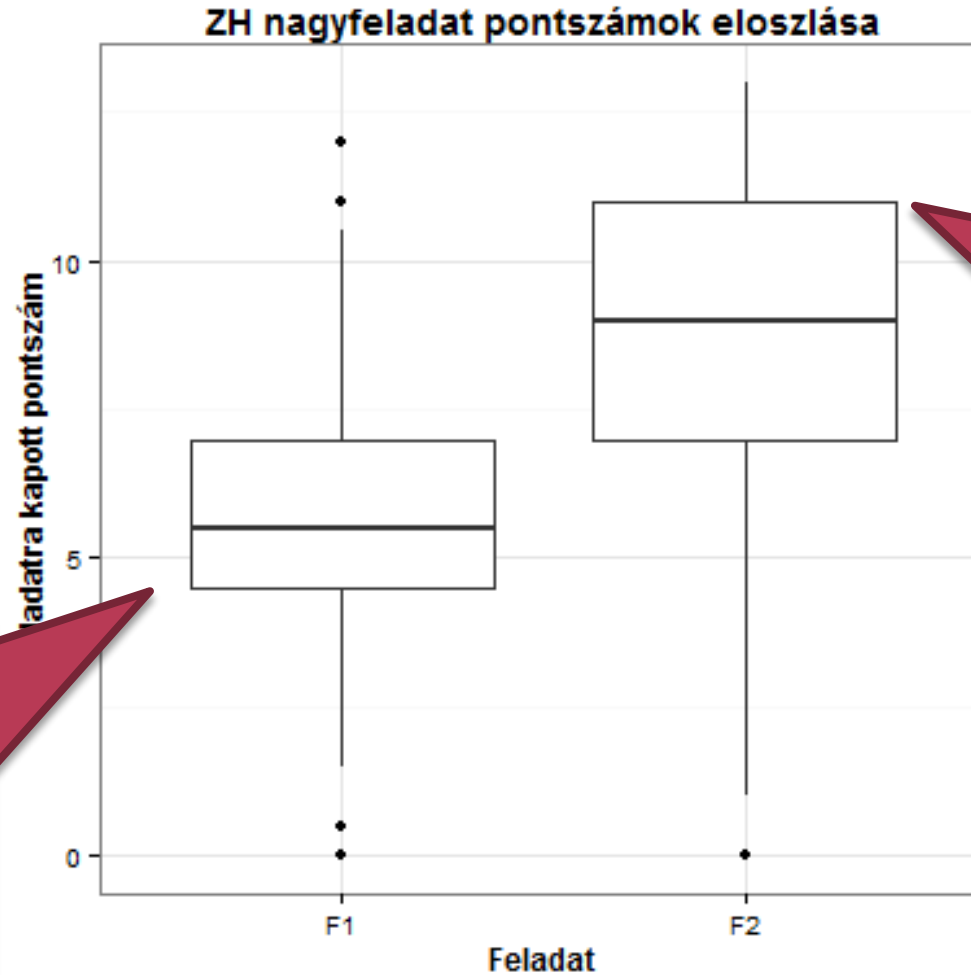
Kastengraphik (Box and whisker plot)



Wie geht es in Excel?

(www.youtube.com/watch?v=ucWmfmXb1kk)

Kastengraphik (Box and whisker plot)

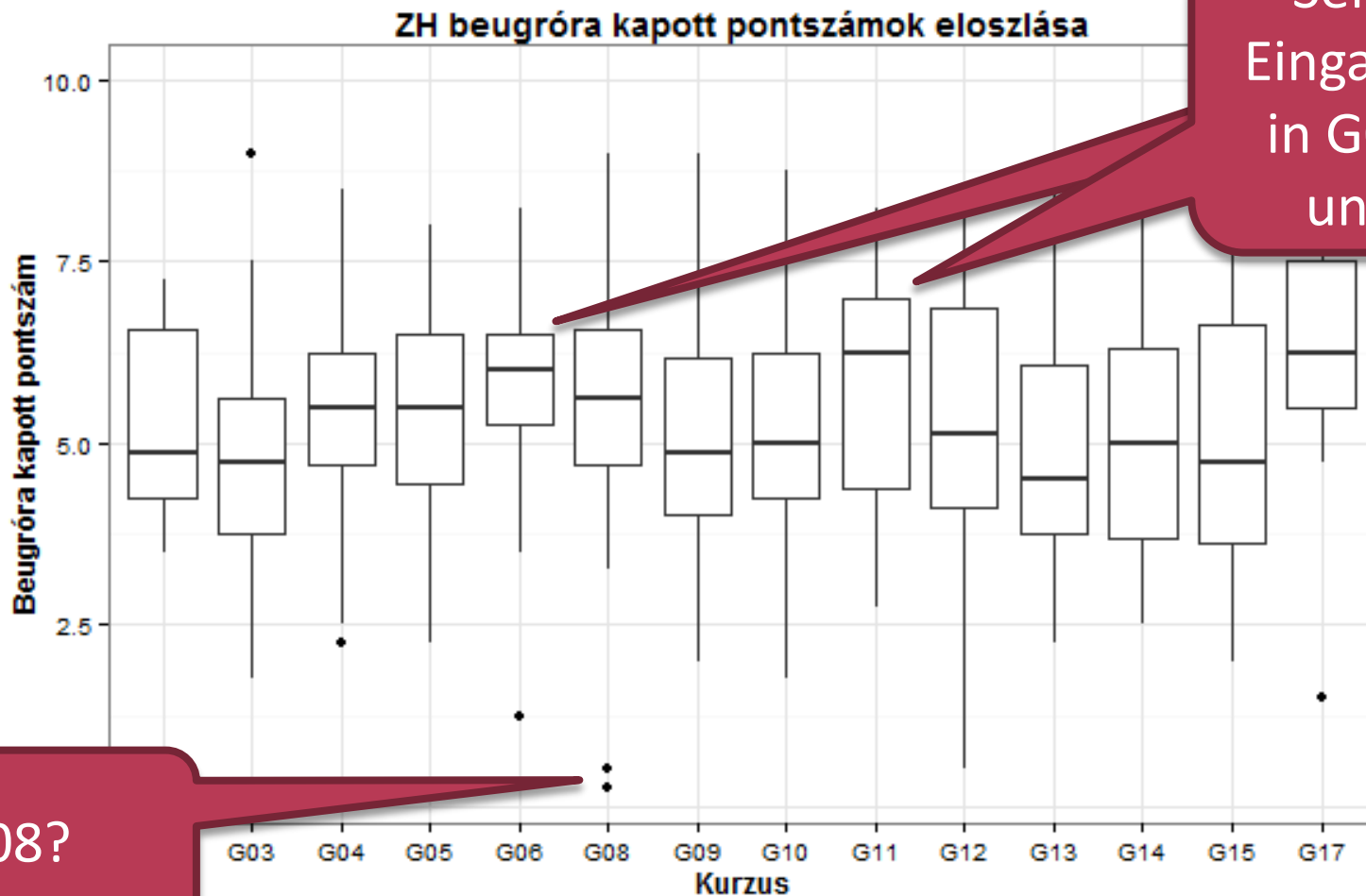


50% der
Ergebnisse
der Aufgabe
1 liegen
zwischen
4.5 und 7.5.

Aufgabe 2
lieferte (im
Allg.) bessere
Ergebnisse als
Aufgabe 1.

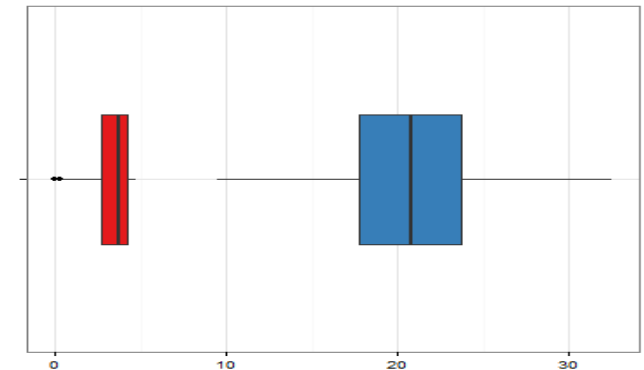
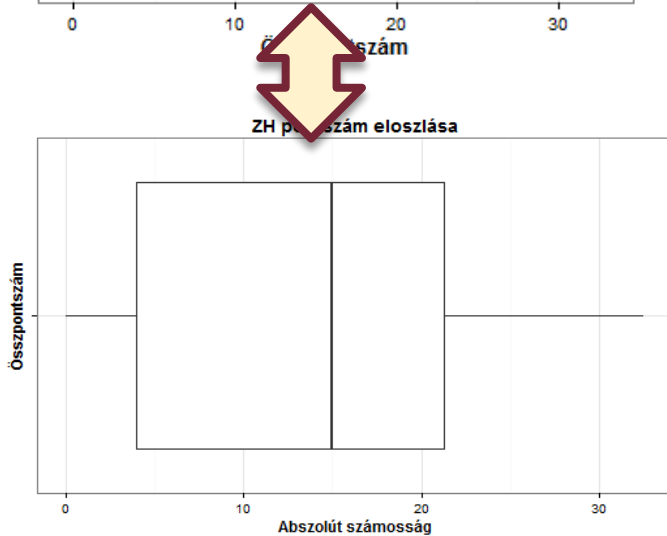
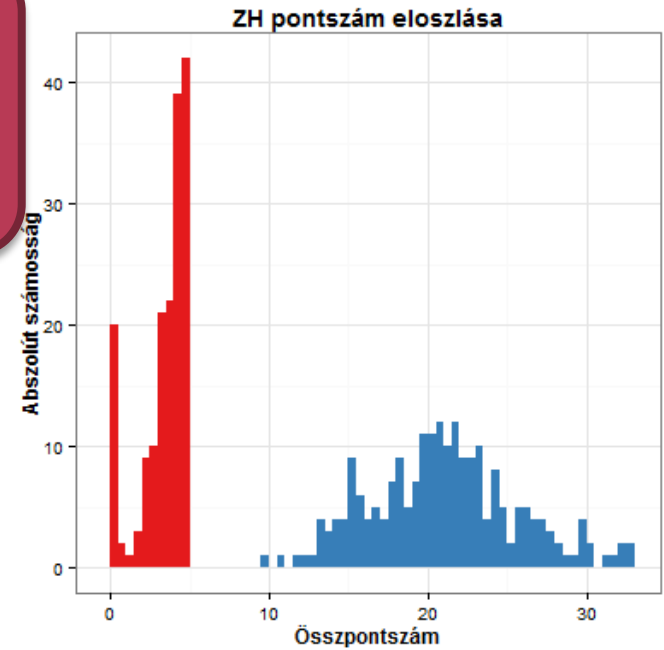
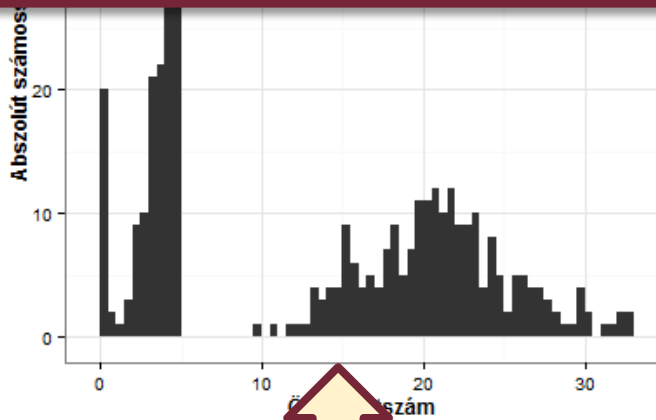
Kastengraphik (Box and whisker plot)

- Was waren die Ergebnisse per Übungsgruppe?

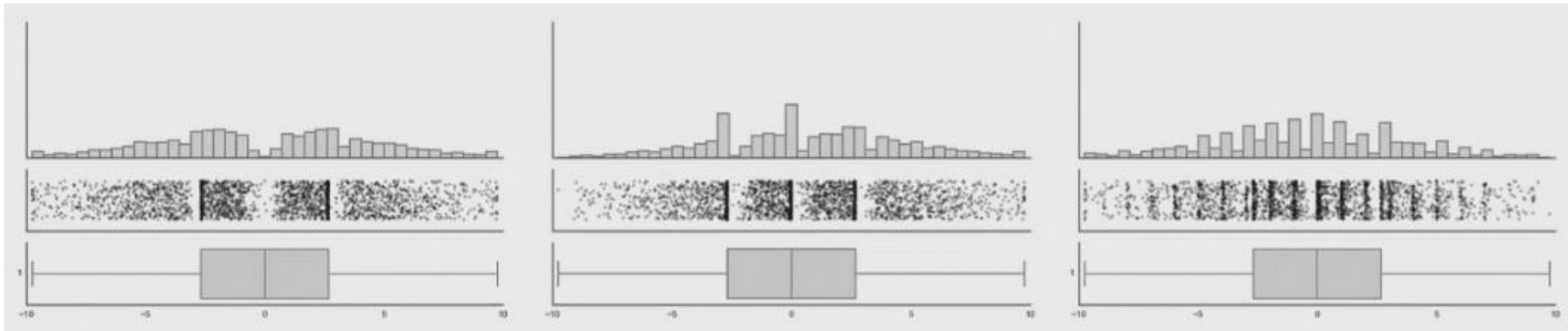


Kastengraphik (Box and whisker plot)

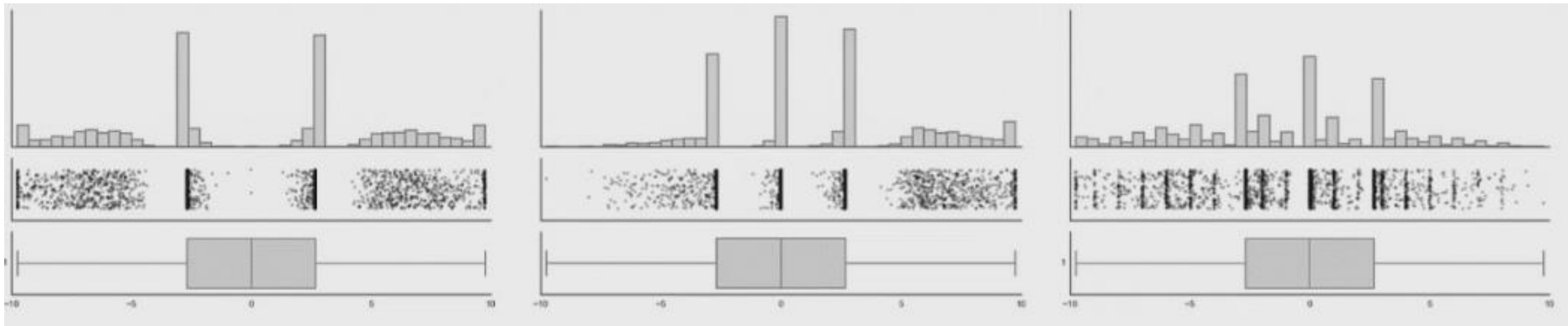
Abstraktion: Mit Kastengraphik können wir wichtige Informationen verlieren.



Verteilung vs. összegzés

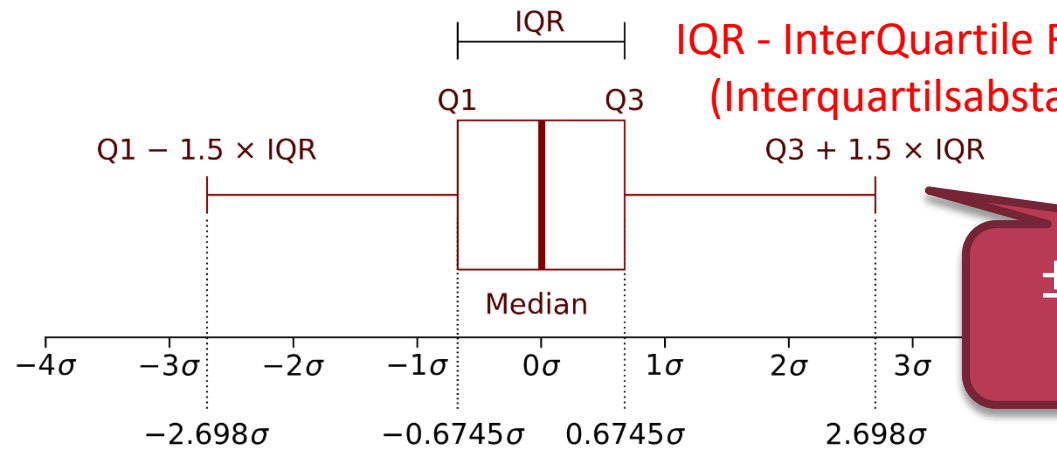


Gleiche „Zusammenfassung“ != gleiche Verteilung

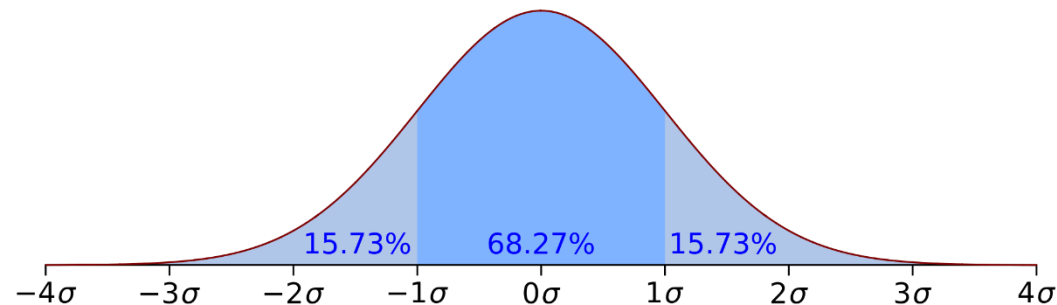
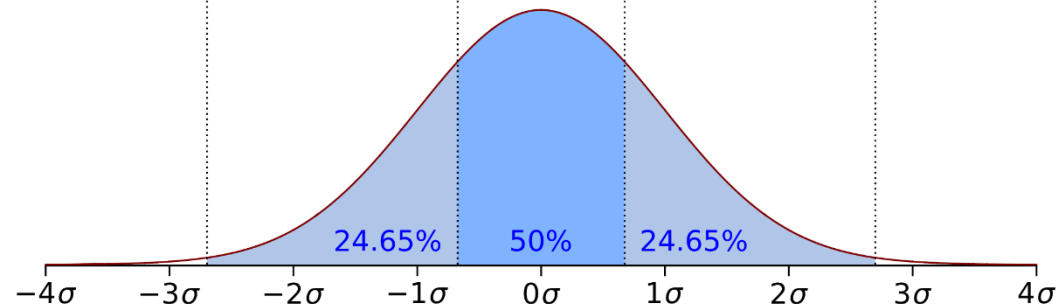


Matejka, Fitzmaurice. Same Stats, Different Graphs: Generating Datasets with Varied Appearance and Identical Statistics through Simulated Annealing. ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems
<https://www.autodeskresearch.com/publications/samestats>

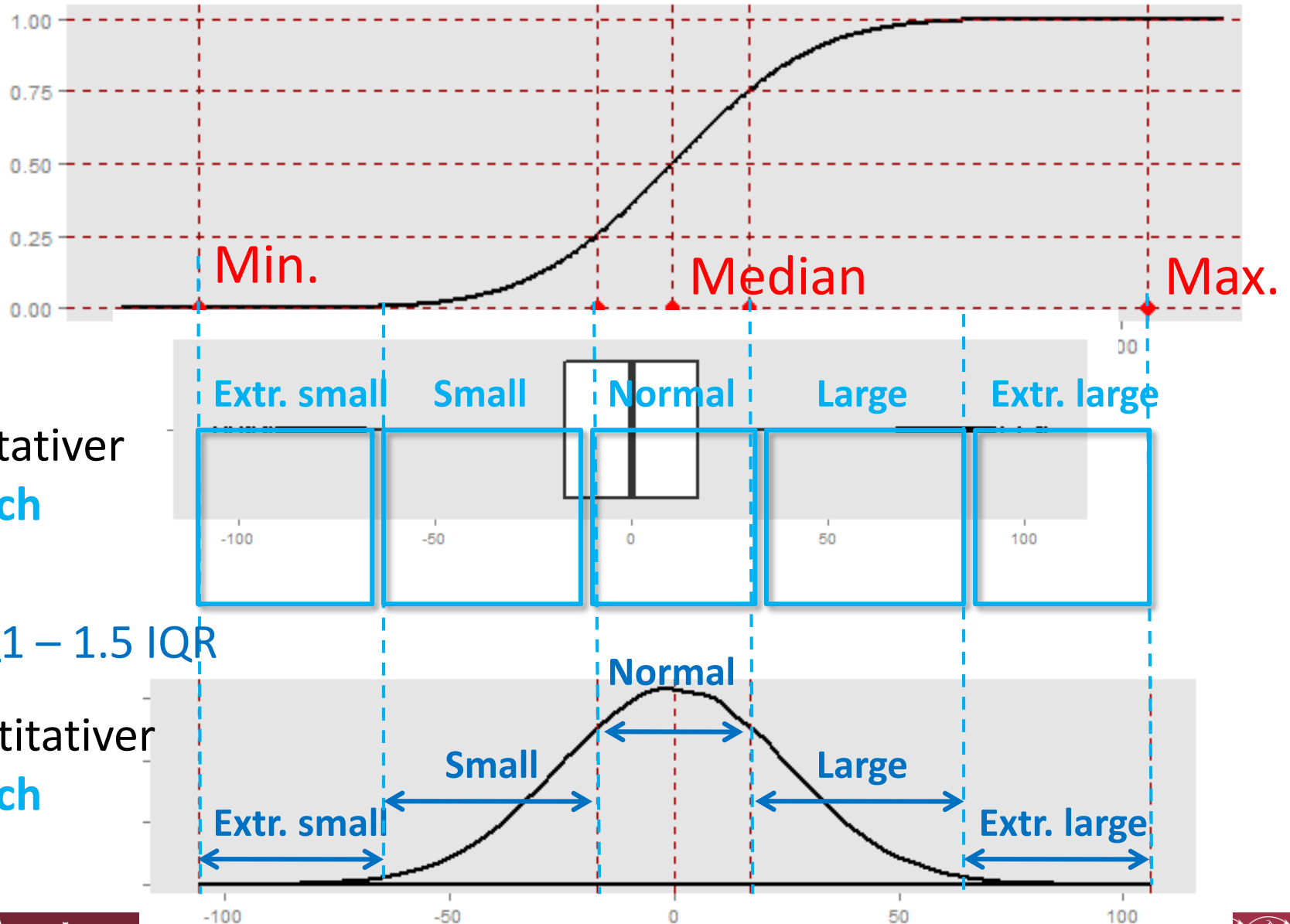
Boxplot (Box and whisker plot)



$\pm 1.5 \times IQR$ ist
ungefähr 3σ



Boxplot: Qualitative Beschreibung



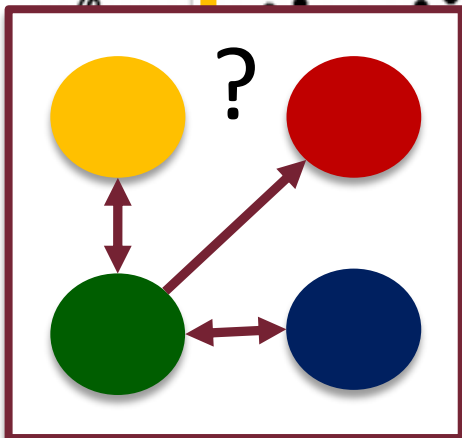
Beispiel: Last vs. Auslastung

**Ausreisserwerte/
Hintergrundoperationen?**

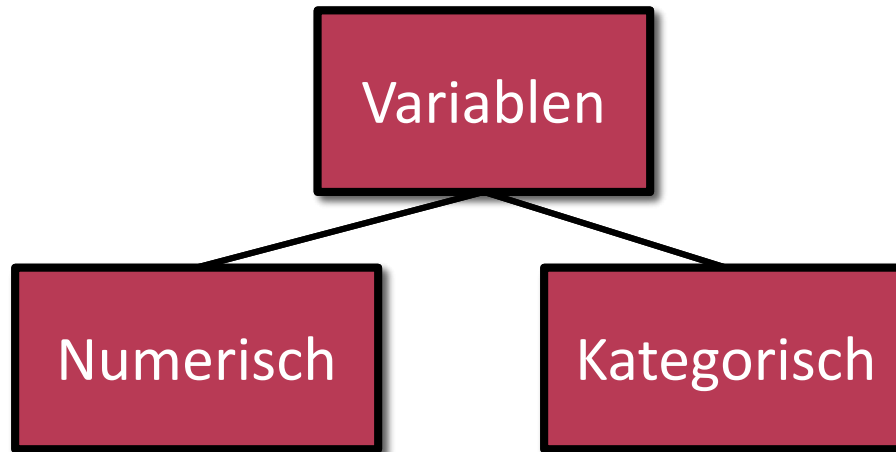
Abweichungen?

**Lineare
Abhängigkeit**

**Bei grosser Last kann
die Reaktion nicht
vorhergesagt werden**



Zusammenhänge zweier Variablen

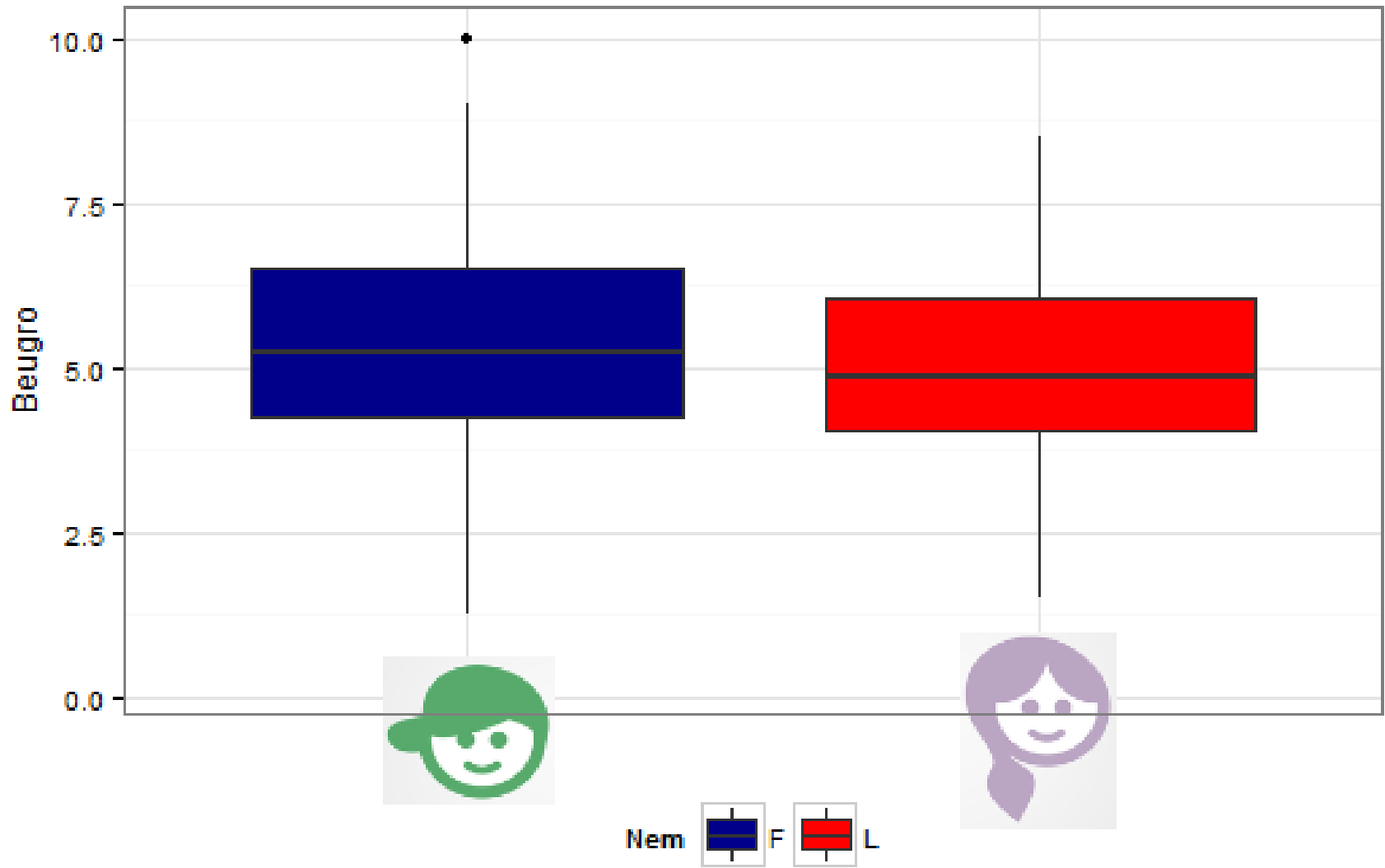


2 numerische

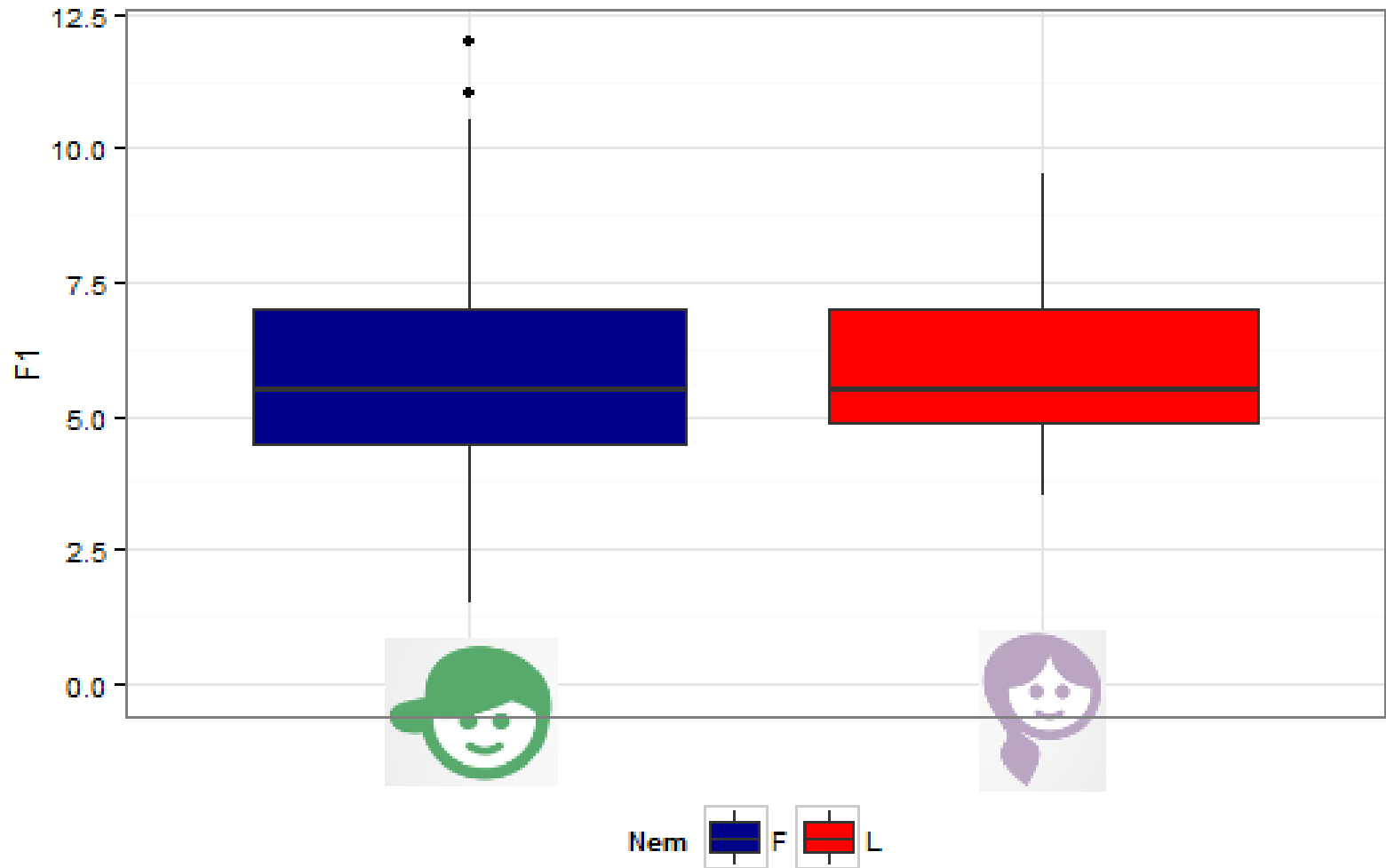
1 numerisch,
1 kategorisch

2 kategorische

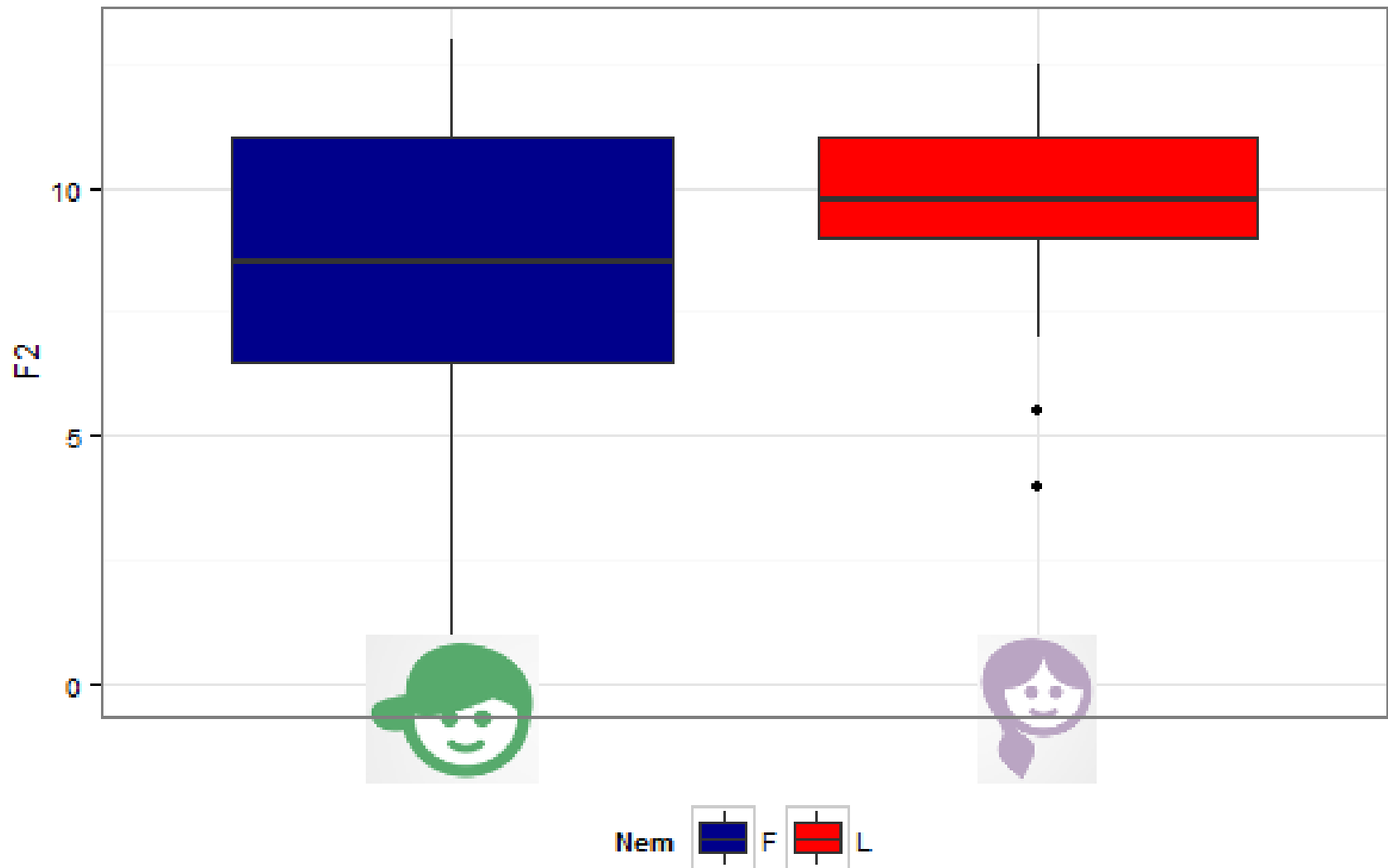
Numerisch, per Kategorie



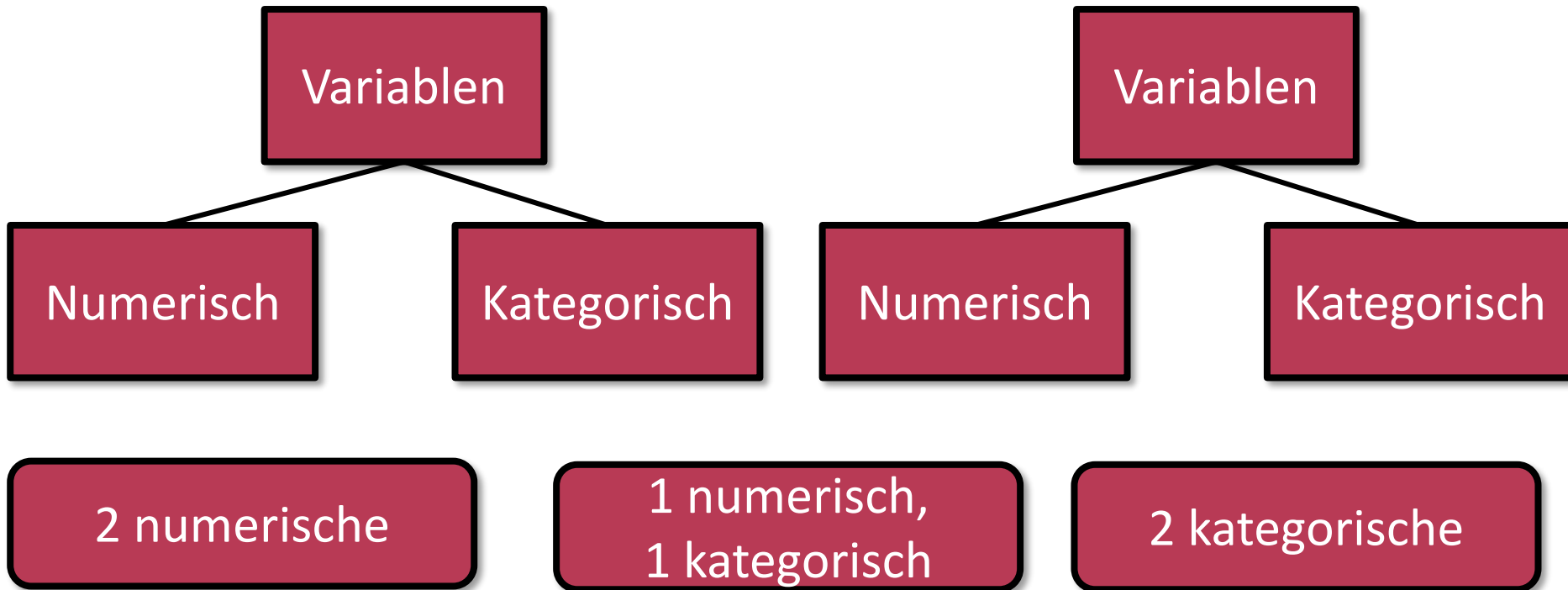
Numerisch, per Kategorie



Numerisch, per Kategorie



Zusammenhänge zweier Variablen

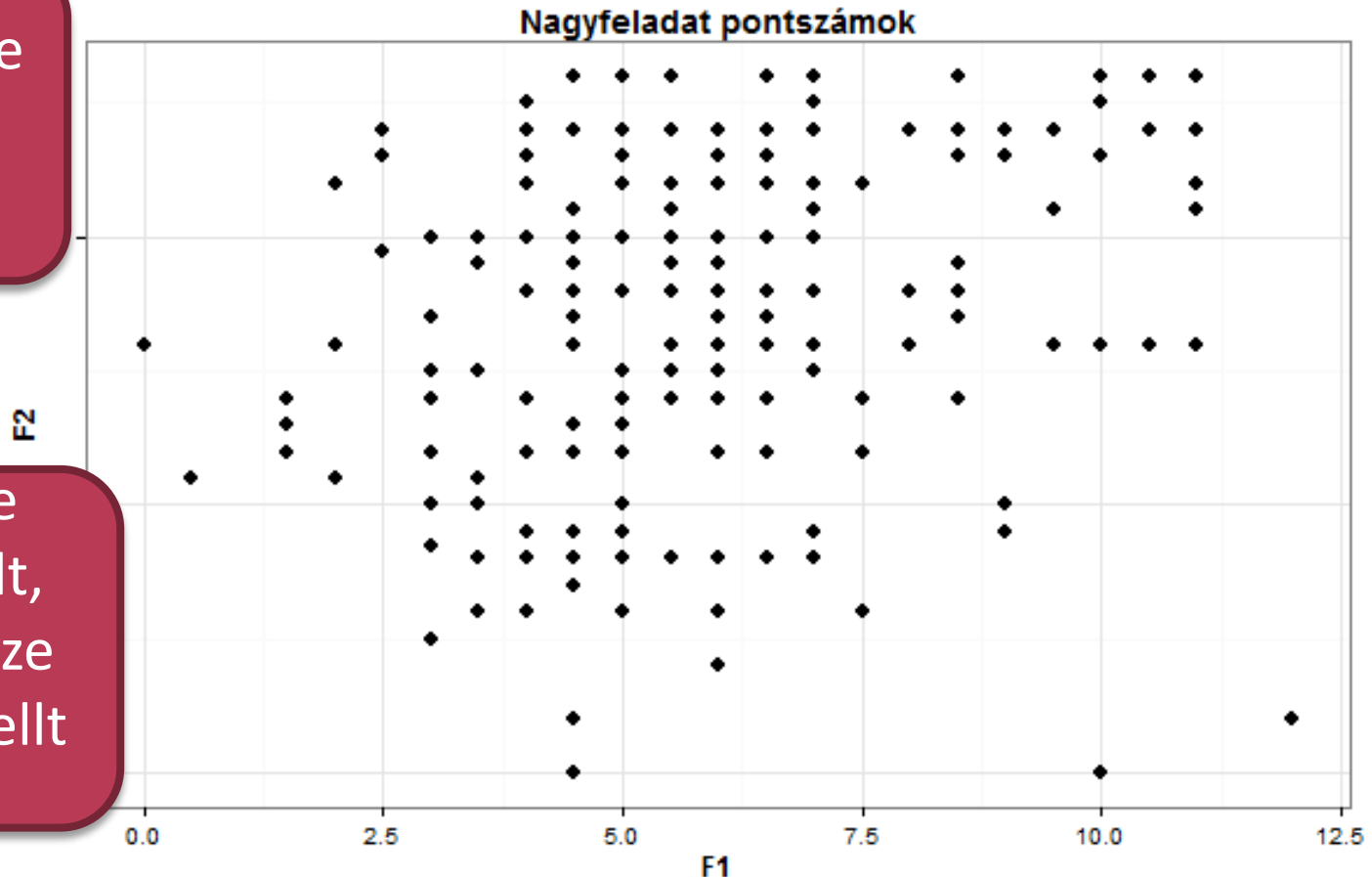


Streudiagramme (scatterplot)

- Eingabevariablen: Ergebnisse der Großaufgaben
- Frage: Was ist ihr Verhältnis?

Ergebnispaare
sind
visualisiert

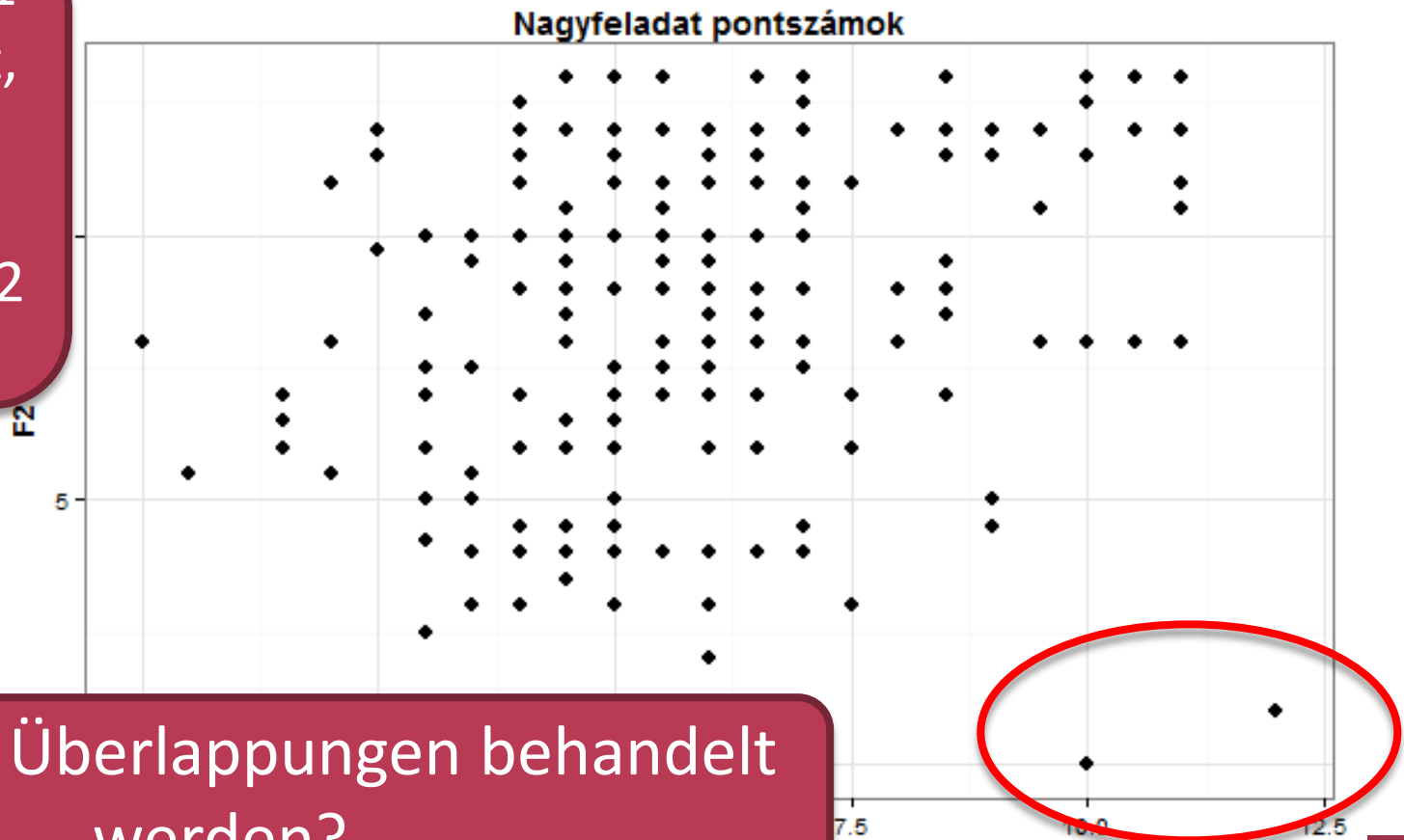
Wo das eine
Ergebnis fehlt,
kann das ganze
nicht dargestellt
werden. ☹️



Streudiagramme (scatterplot)

- Eingabevariablen: Ergebnisse der Großaufgaben
- Frage: Was ist ihr Verhältnis?

Wer Aufgabe1
gut gelöst hat,
hat nicht
unbedingt
auch Aufgabe2
gut gelöst.



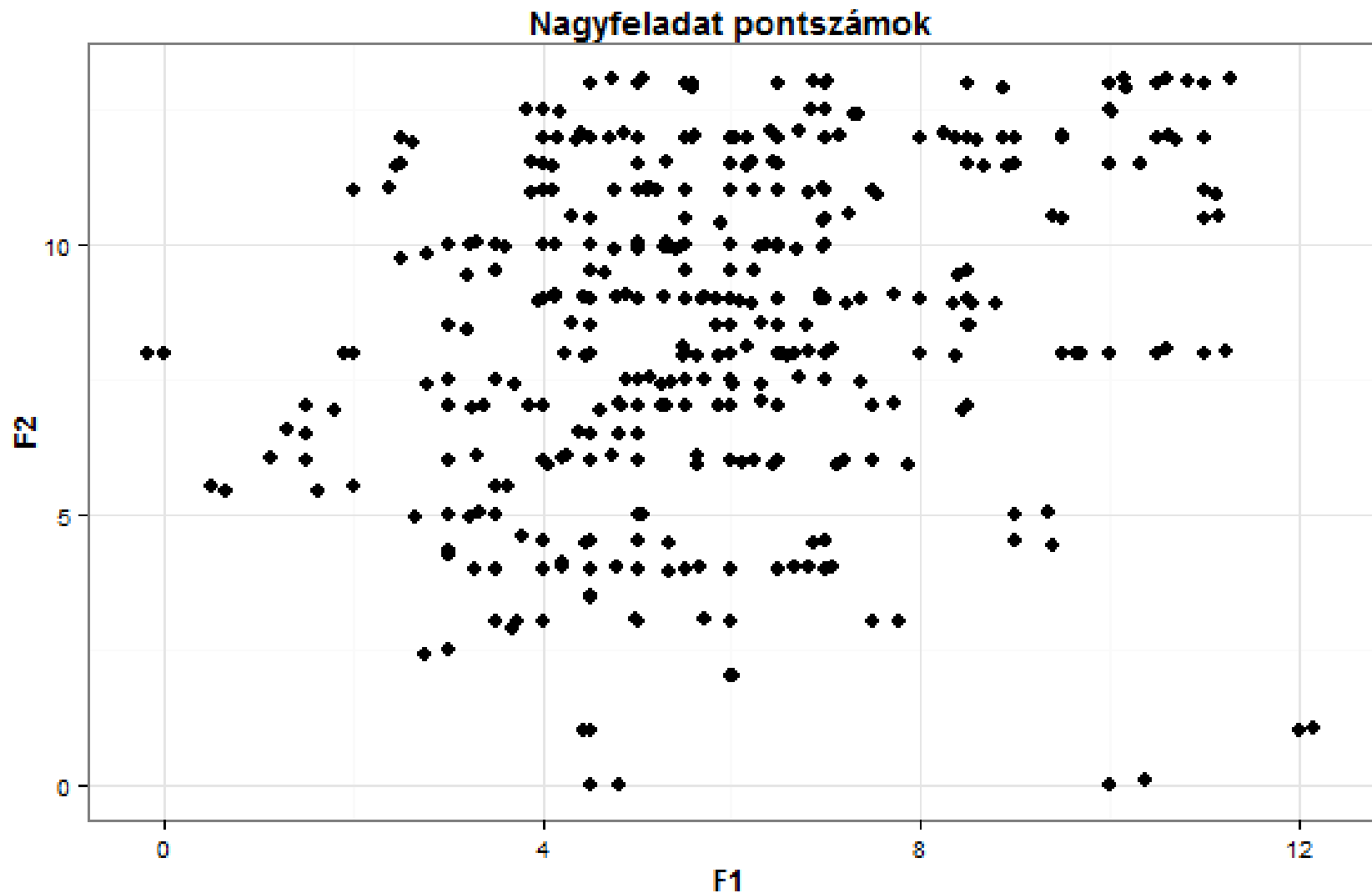
Wie sollten Überlappungen behandelt werden?

Overplotting

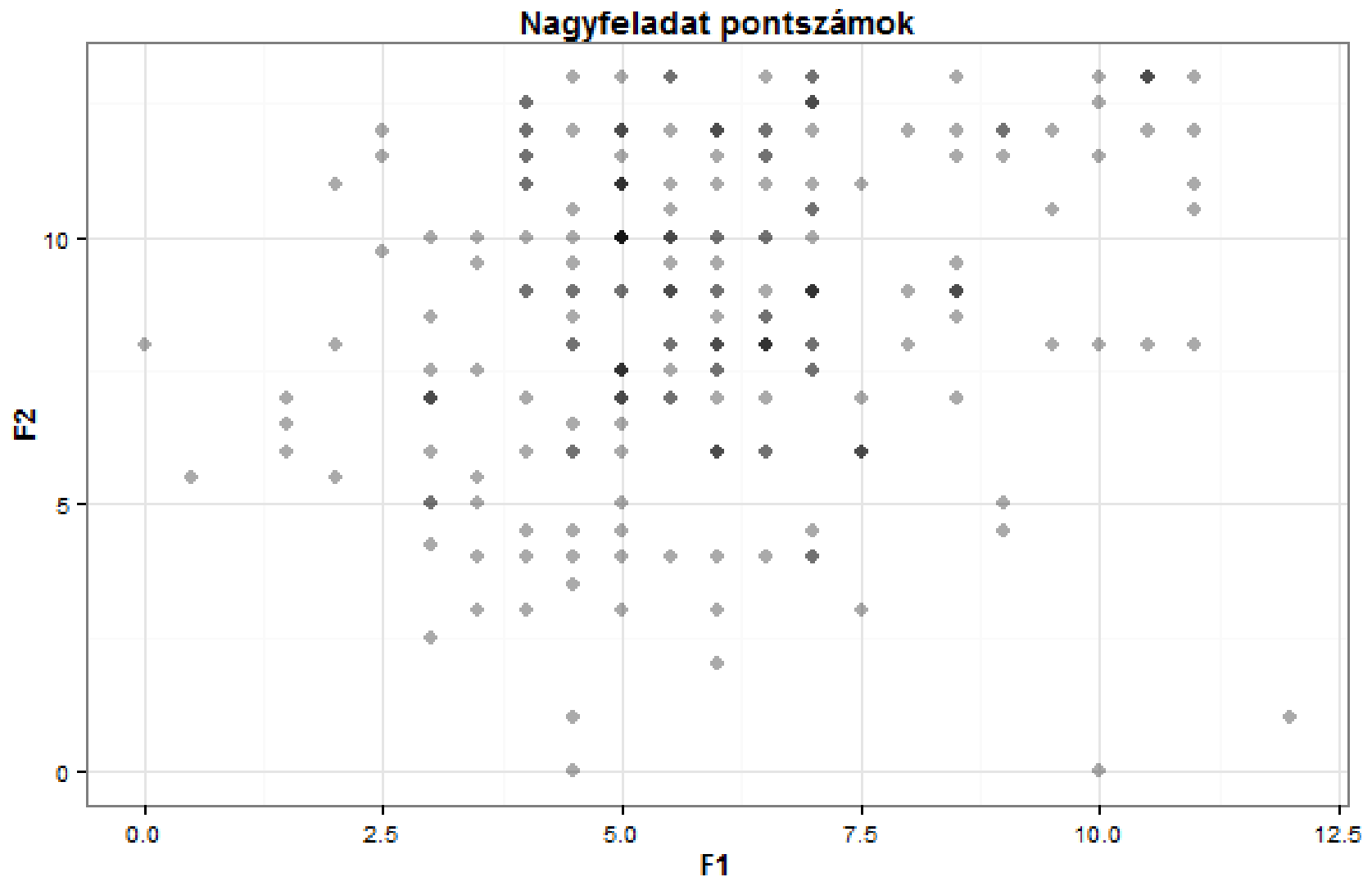


<http://www.holigyunkma.hu/>

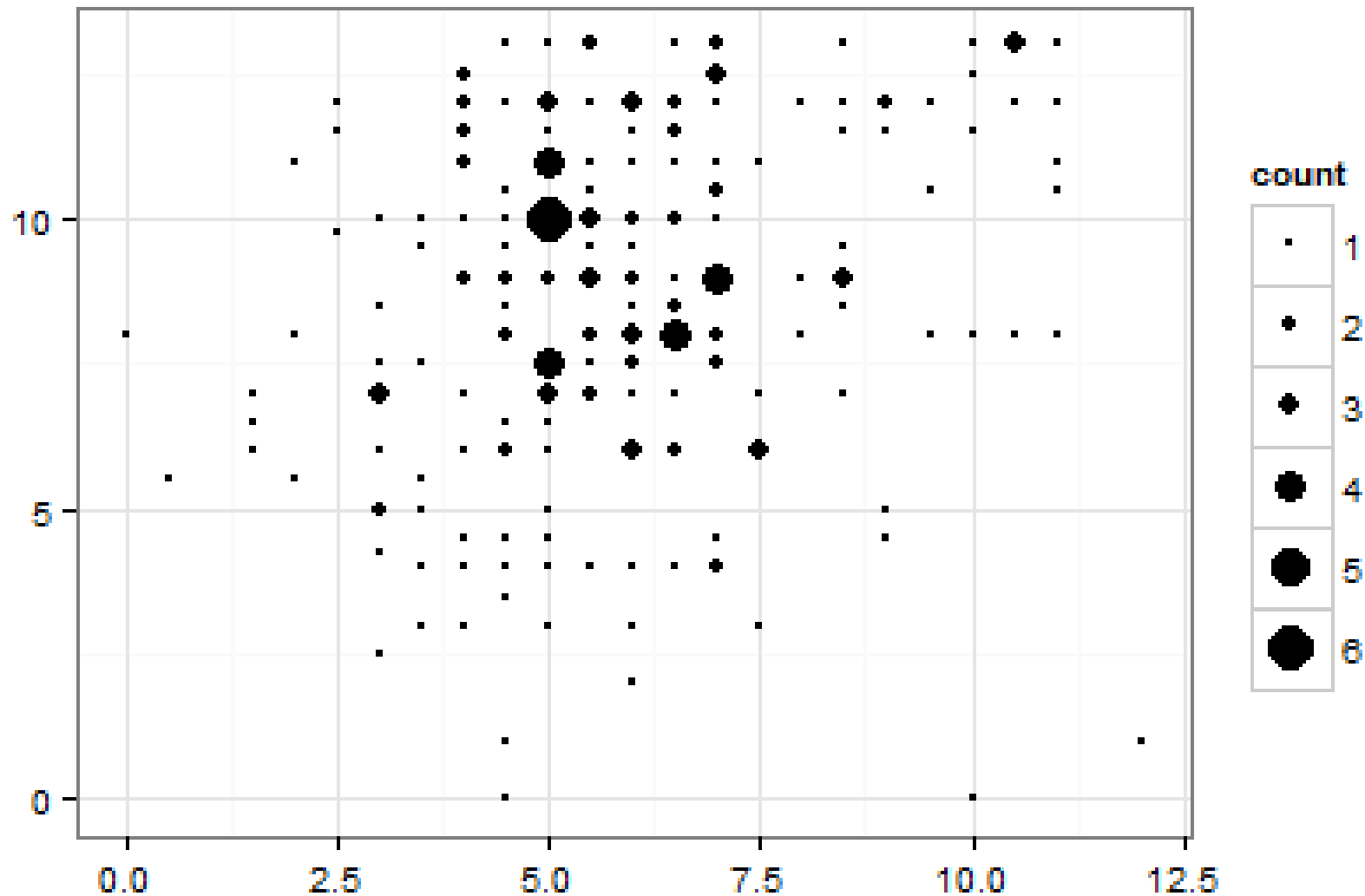
Overplotting – Lösung 1: jitter



Overplotting – Lösung 2: Durchsichtigkeit



Overplotting – Lösung 3: Grösse



Zusammenhänge zweier Variablen

Variablen

Numerisch

Kategorisch

Variablen

Numerisch

Kategorisch

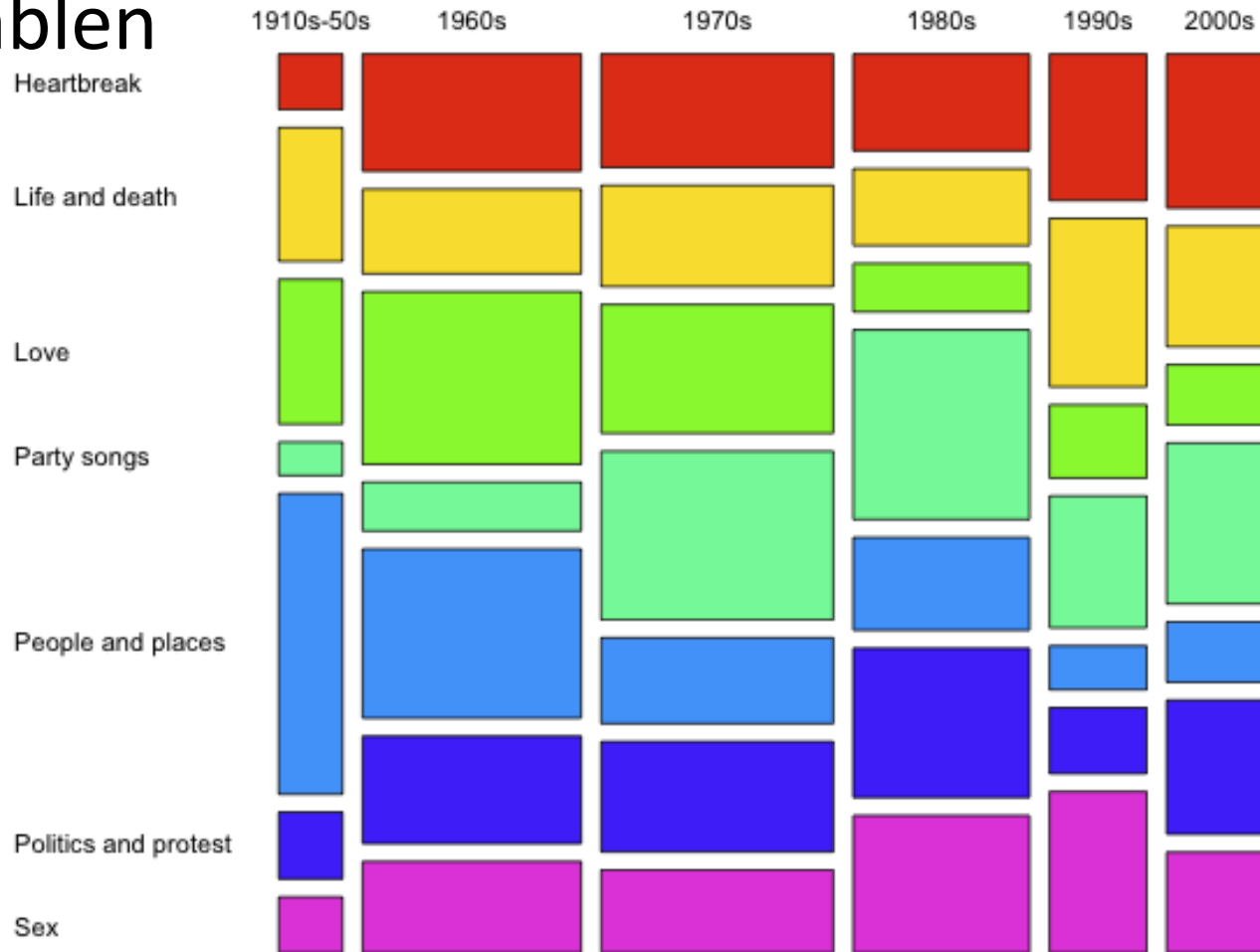
2 numerische

1 numerisch,
1 kategorisch

2 kategorische

Mosaikplot

- Zusammenhänge zweier oder mehr kategorischen Variablen



stubbornmule.net

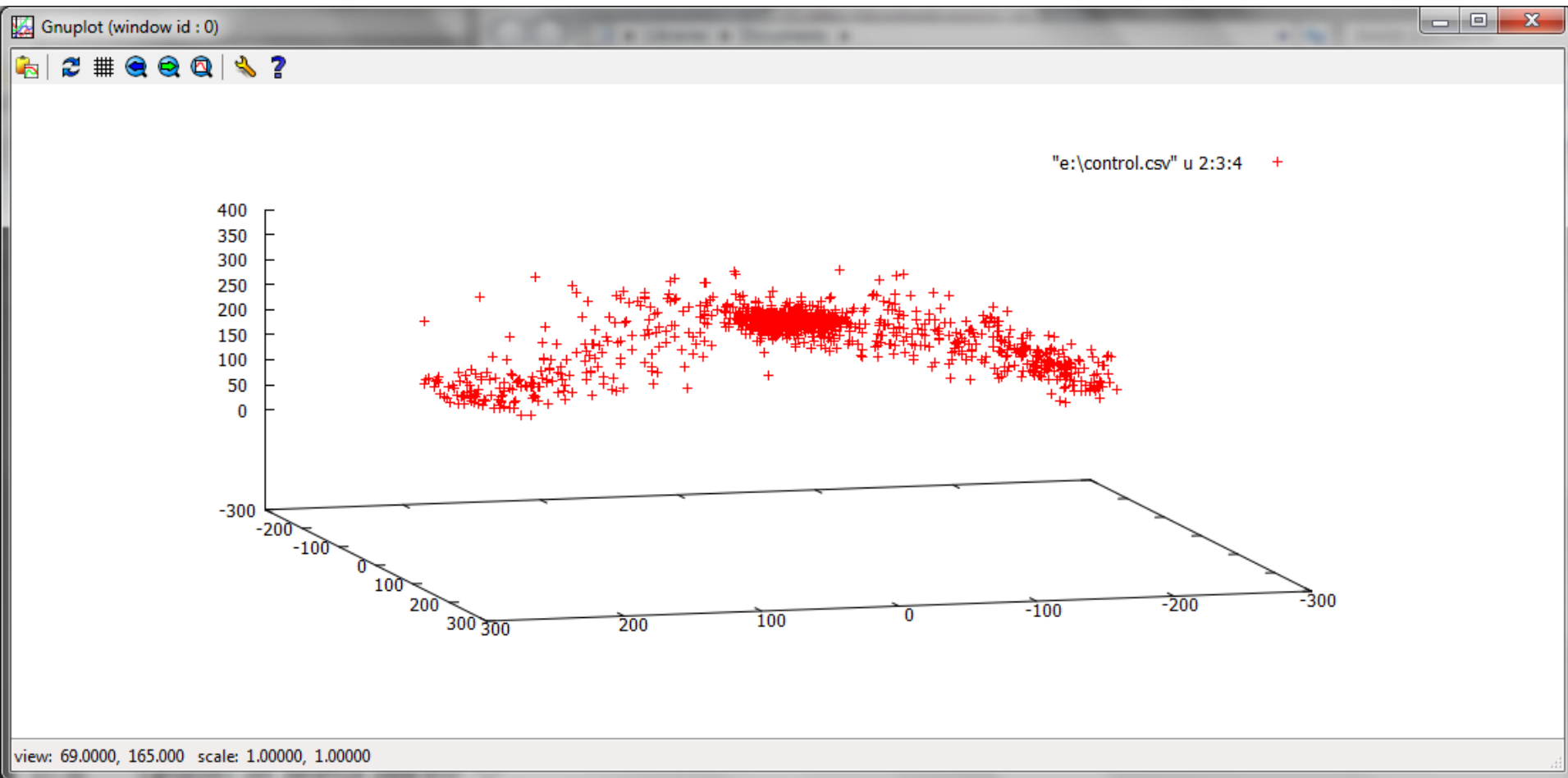
Guardian's list of "1000 songs to hear before you die"

MEHRERE VARIABLEN

≥ 3 Variablen

- Wir ändern die Attribute der graphischen Objekte
 - Farbe
 - Grösse
 - Textur
 - Stelle – es kann auch trivial sein, aber bei „treemaps“ hat Stelle eine konkrete Bedeutung
- Z.B. bubble chart, heatmap, treemap

3D Plot



Bubble chart: Durchschnittsalter nach Regionen

GAPMINDER WORLD

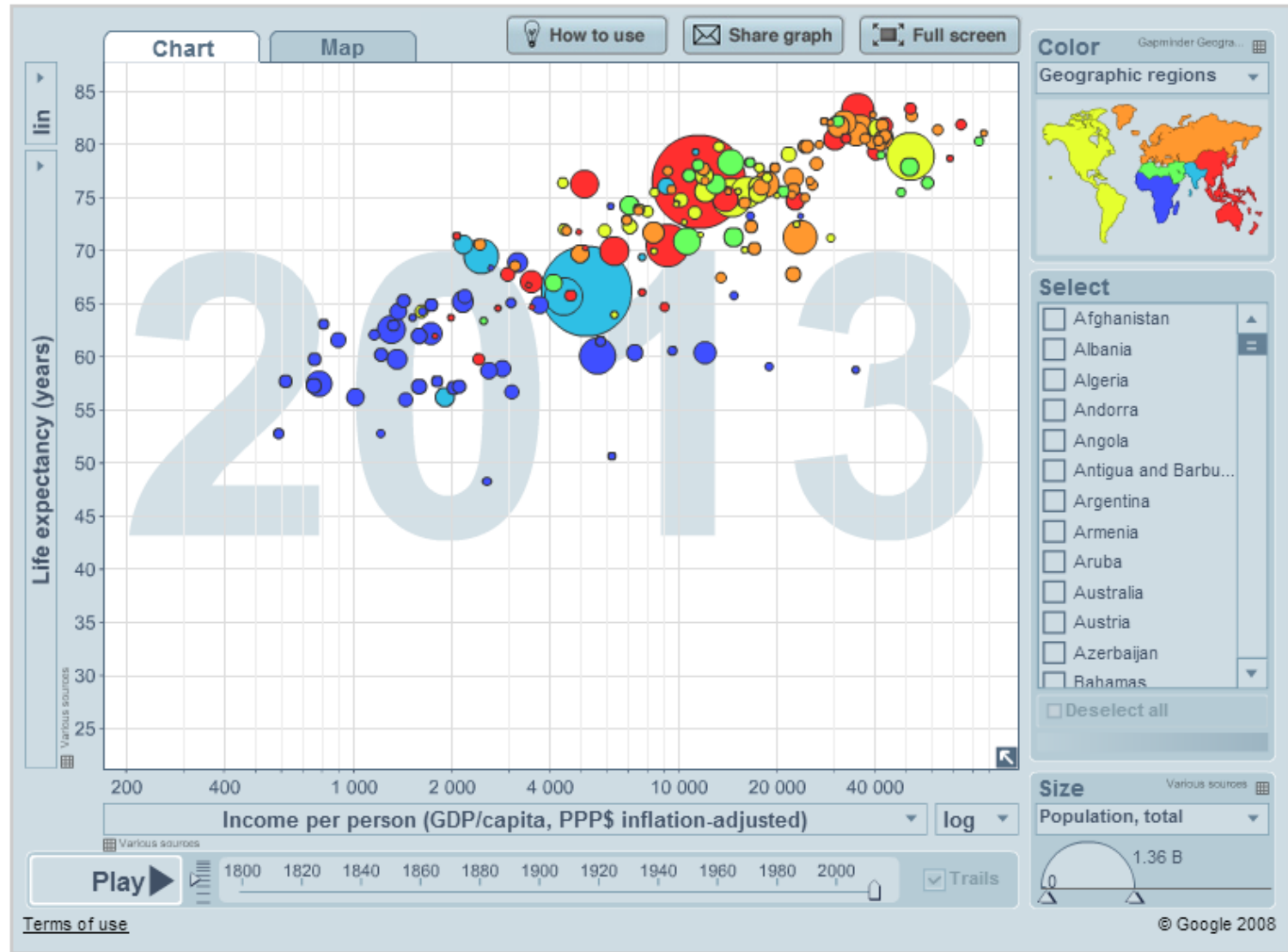
VIDEOS

DOWNLOADS

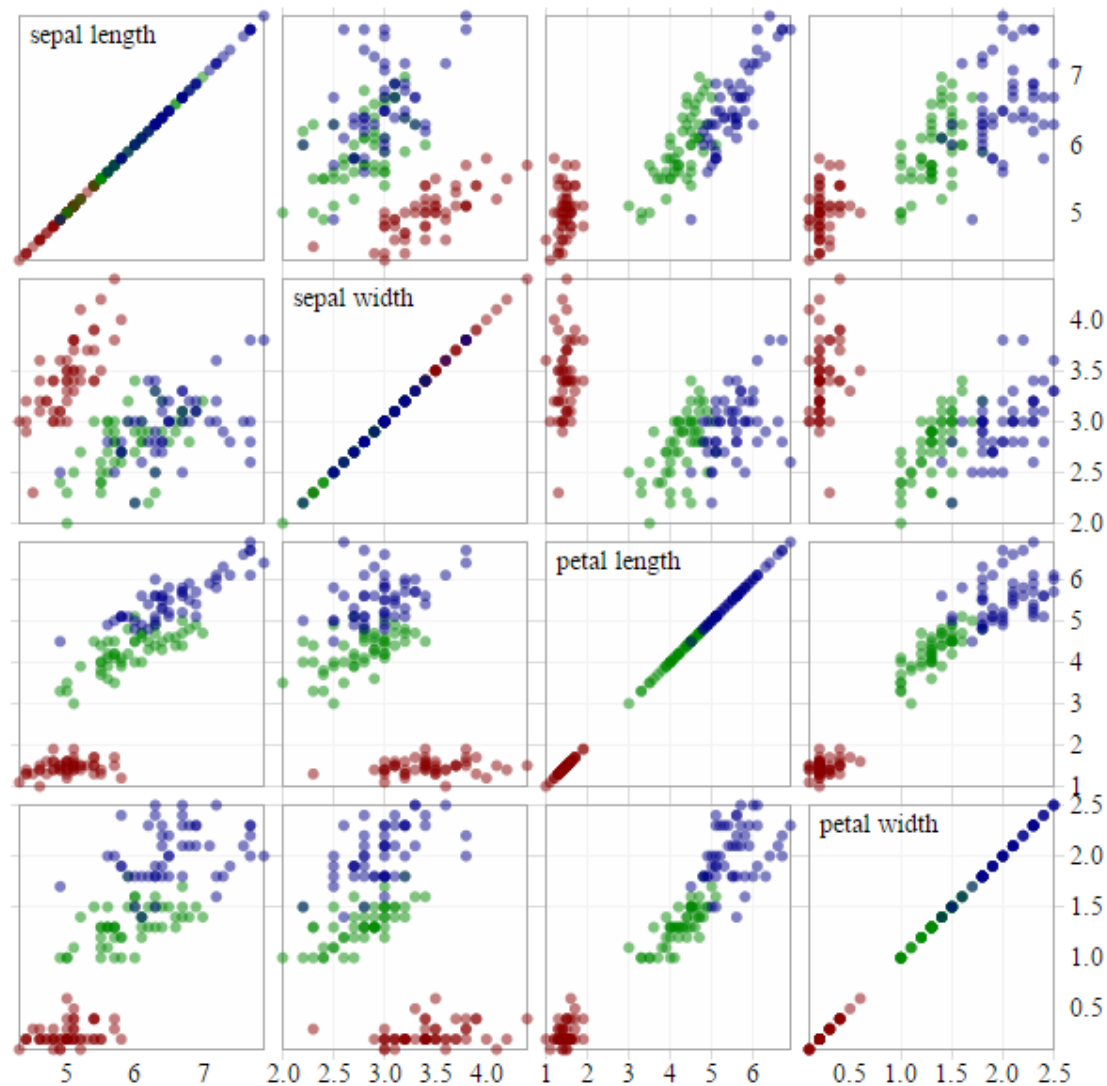
TEACH

IGNORANCE

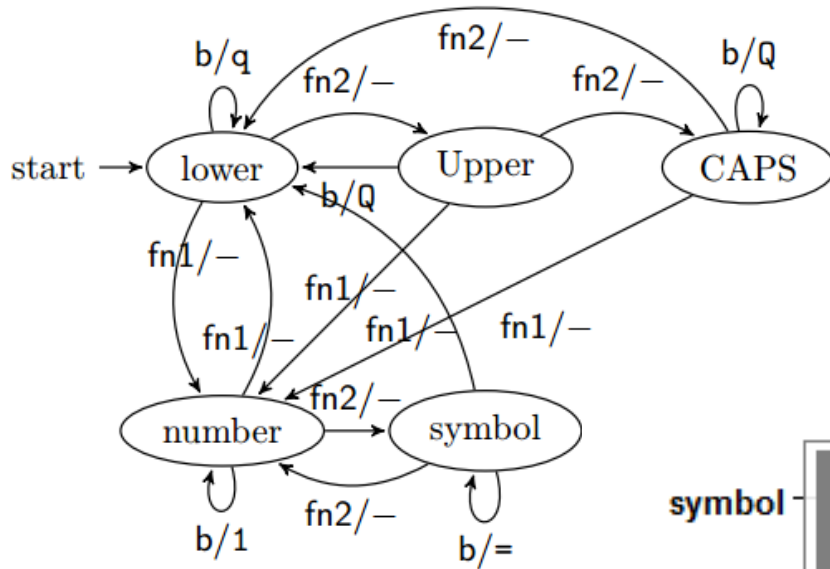
DATA



Scatterplot Matrix

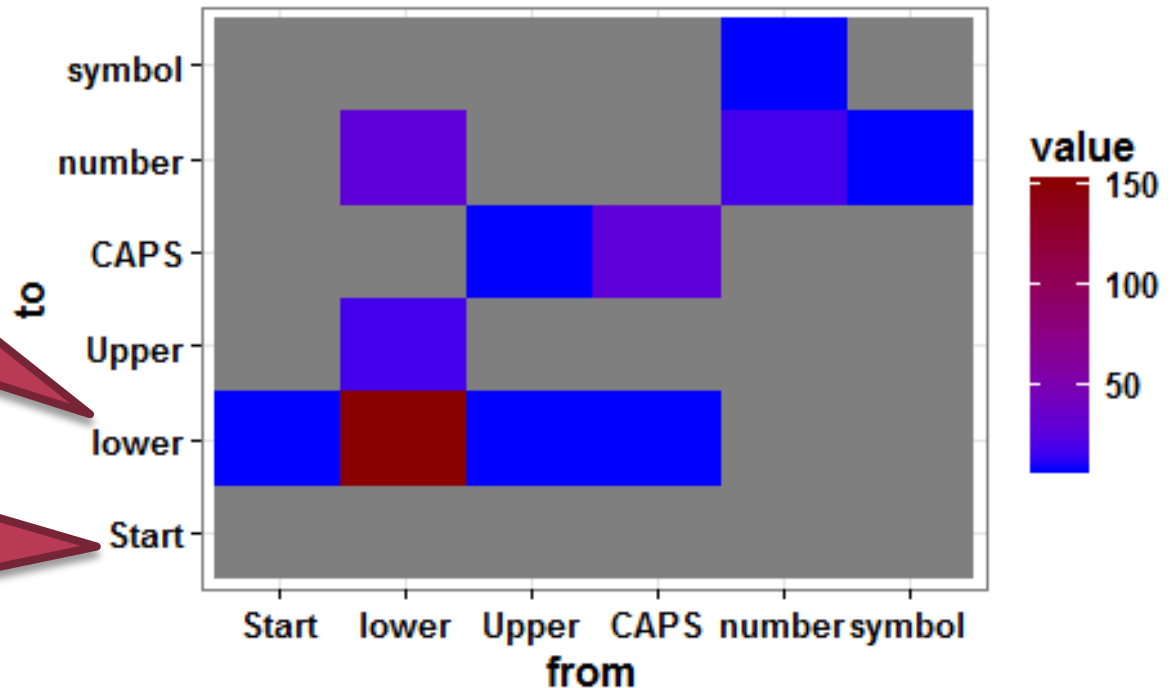


Heatmap: Ablaufstatistiken

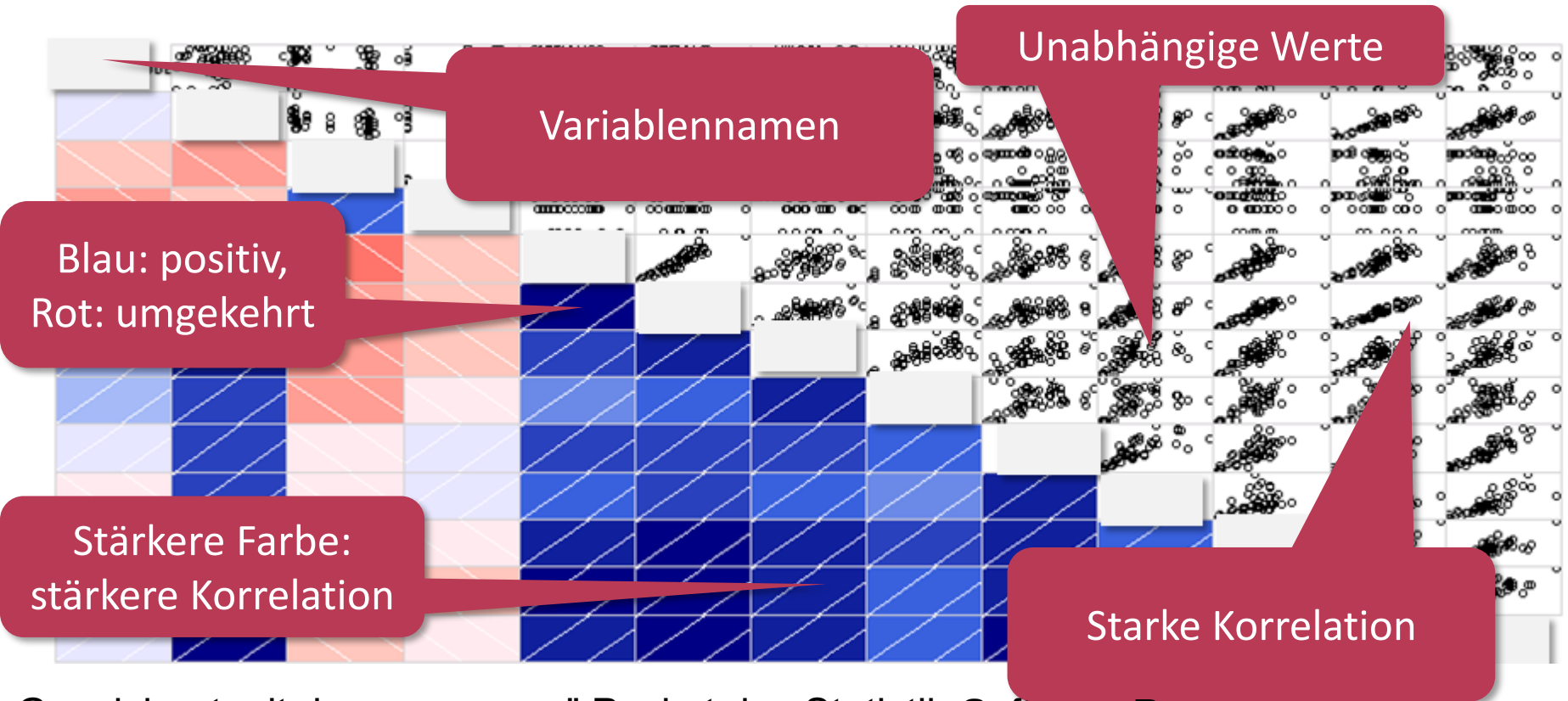


Meistens schreiben wir einfaches Text

In Start fangen wir nur an, wir kehren nie zurück



Ausblick: Paarweise Korrelation mehrerer Werte



Gezeichnet mit dem „corrgram“ Packet des Statistik-Software R.

Korrelation (siehe Wahrscheinlichkeitsrechnung):

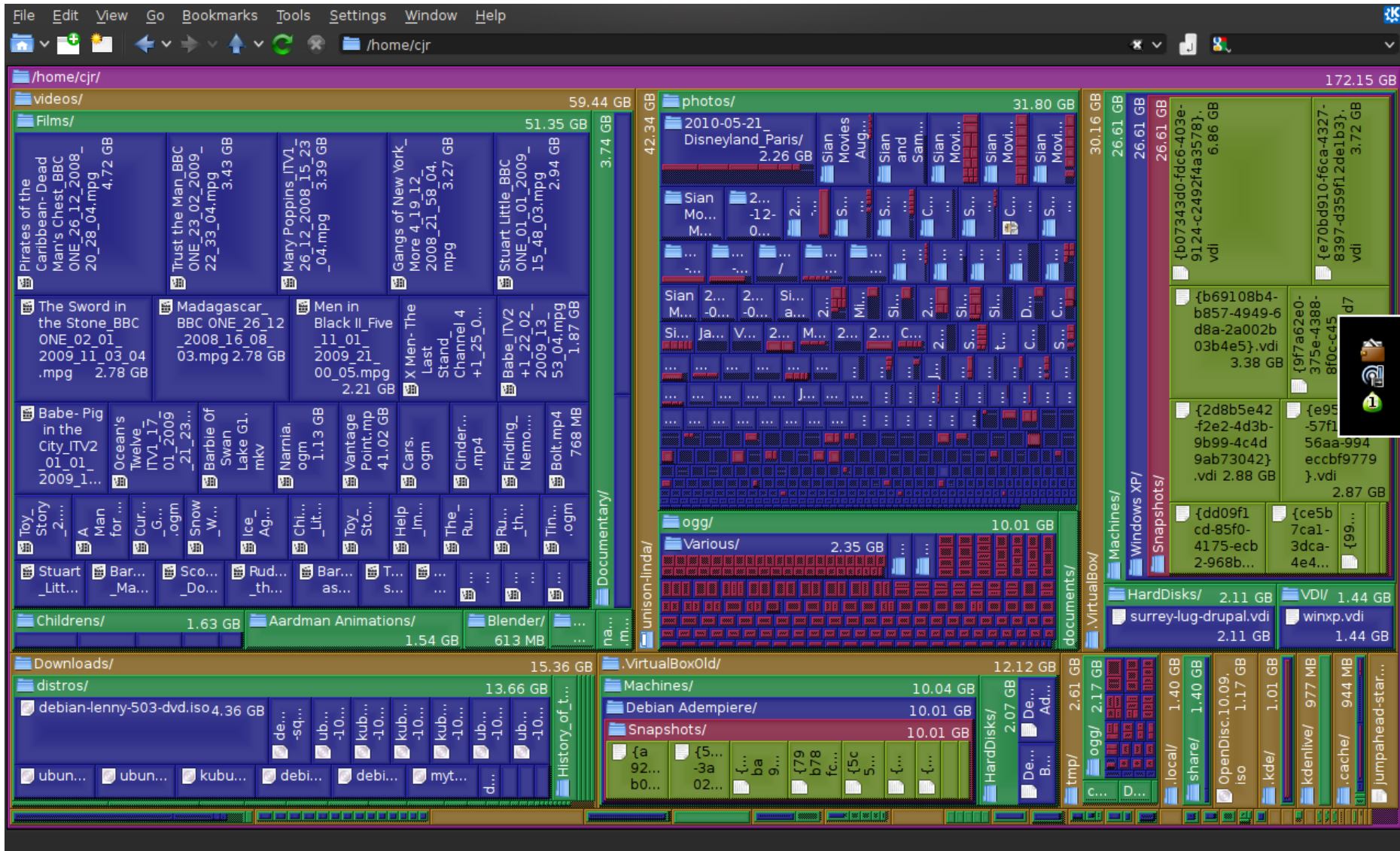
Stärke und Richtung des linearen Zusammenhanges zwischen zwei Variablen

Über der Diagonale: **scatterplot matrix**

Ziel: Herausfiltern der zusammenhängenden Variablen, Identifikation der **Ausreisser**.

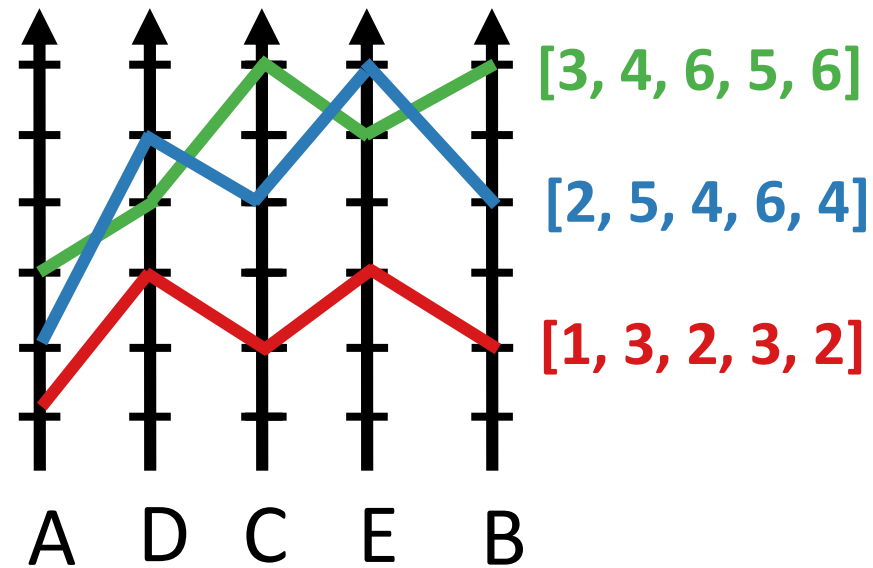
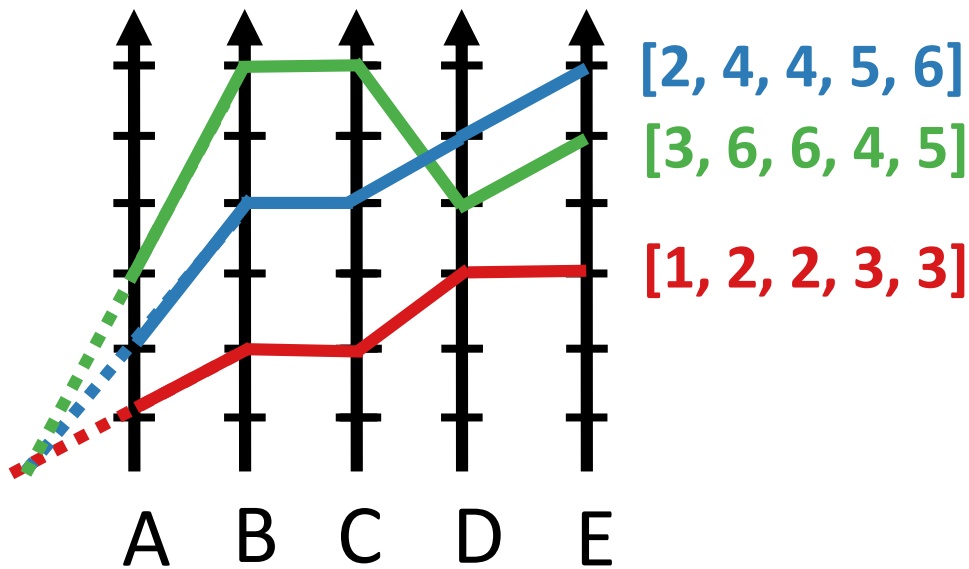
→ Welche Variablen sind für eine Hervorsage der Belastung wichtig?

Treemap: Dateisystem



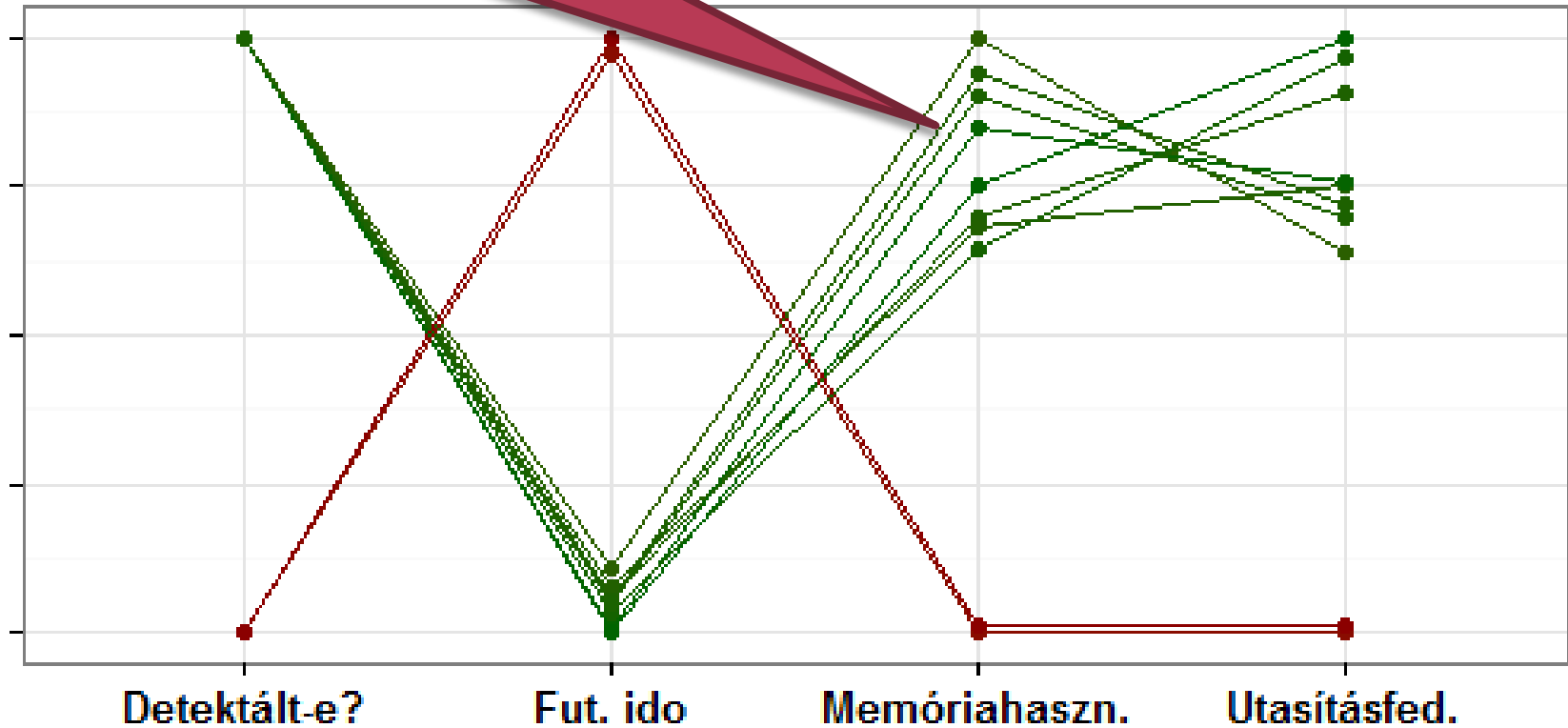
Parallele Koordinaten

- Multi-dimensionale Visualisation
- Kompakt, skalierbar
- Reihenfolge der Achsen?



Parallele Koordinaten: Analyse der Testfälle

1 Testfall: 1 gebrochene Linie

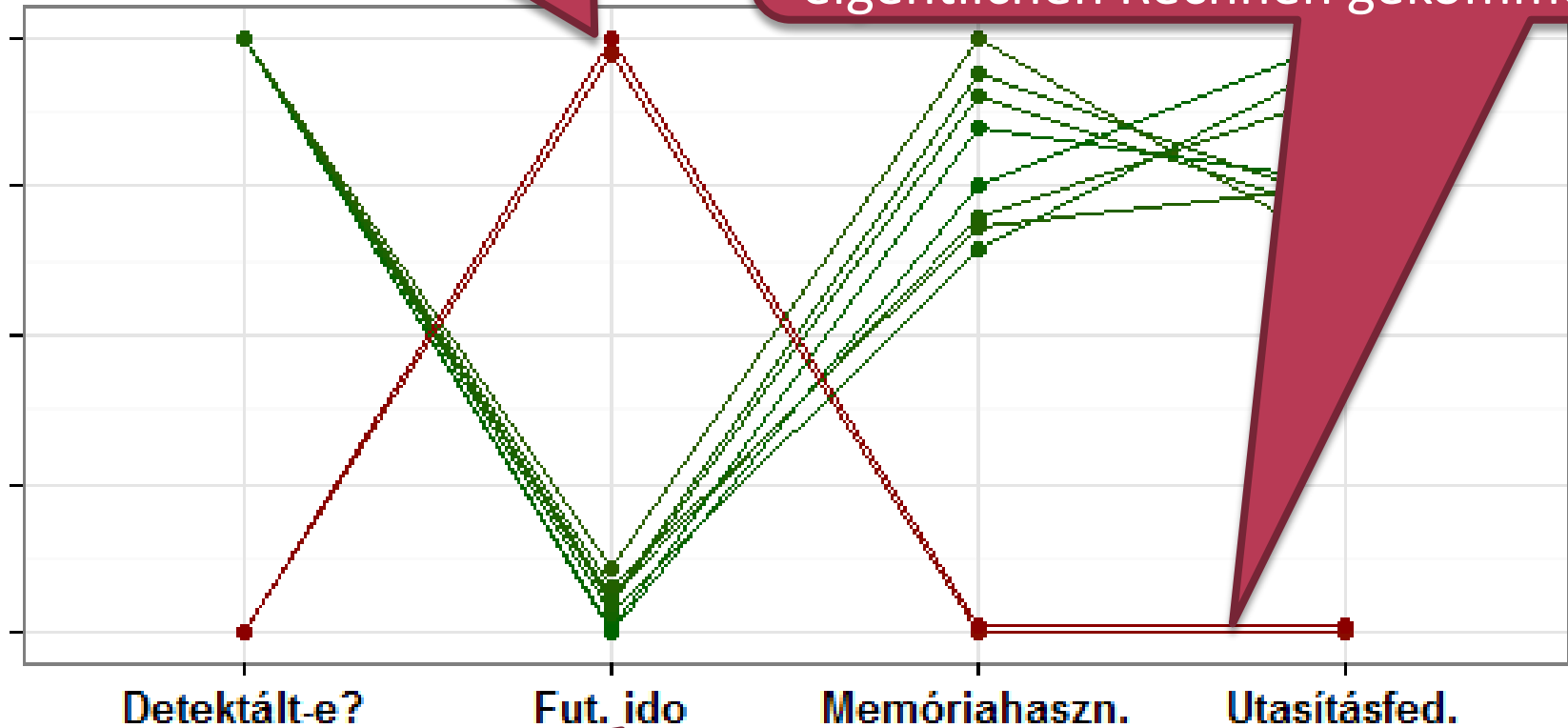


Die Variablen erscheinen
an der x -Achse

Parallele Koordinaten: Analyse der Testfälle

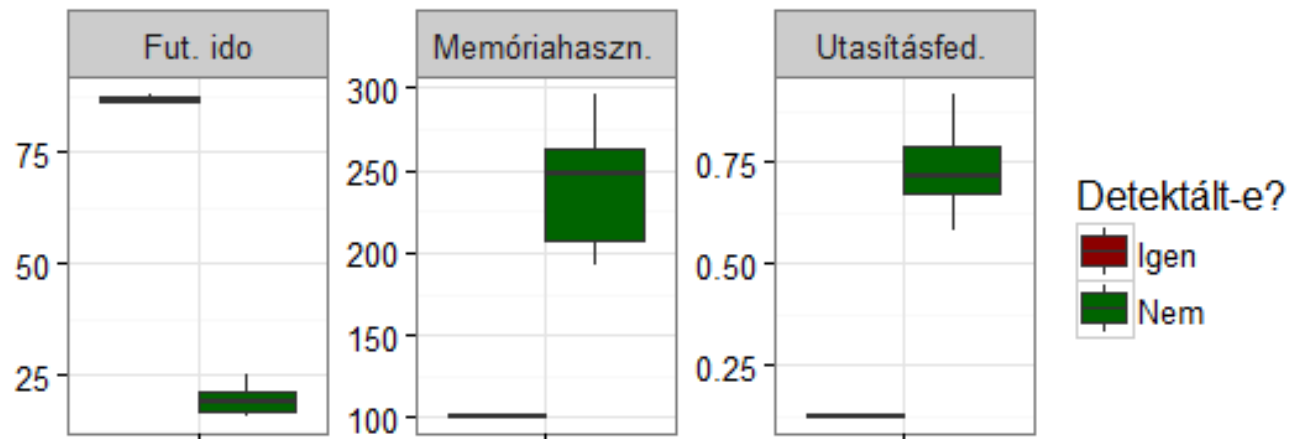
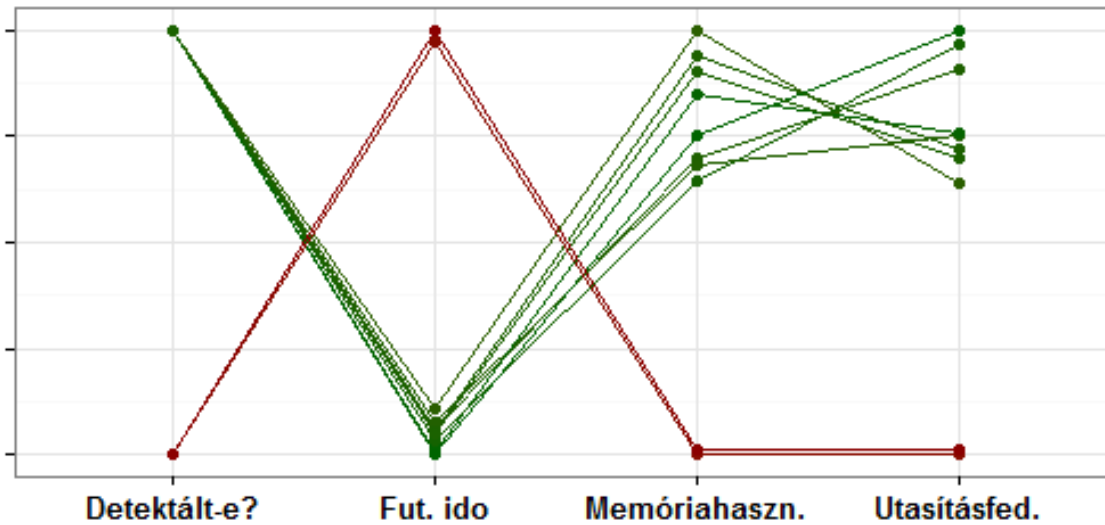
Timeout?

Die, die einen Fehler detektiert haben, sind gar nicht zum eigentlichen Rechnen gekommen.



Laufzeit und Speicherverbrauch scheinen in positivem Zusammenhang zu stehen (bei erfolgreichem Test)

Parallela Koordinaten: die Alternativen



Parallele Koordinaten: Wozu?

Gruppierung

Korrelation

Radar chart: Erweiterung der parallelen Koord.

