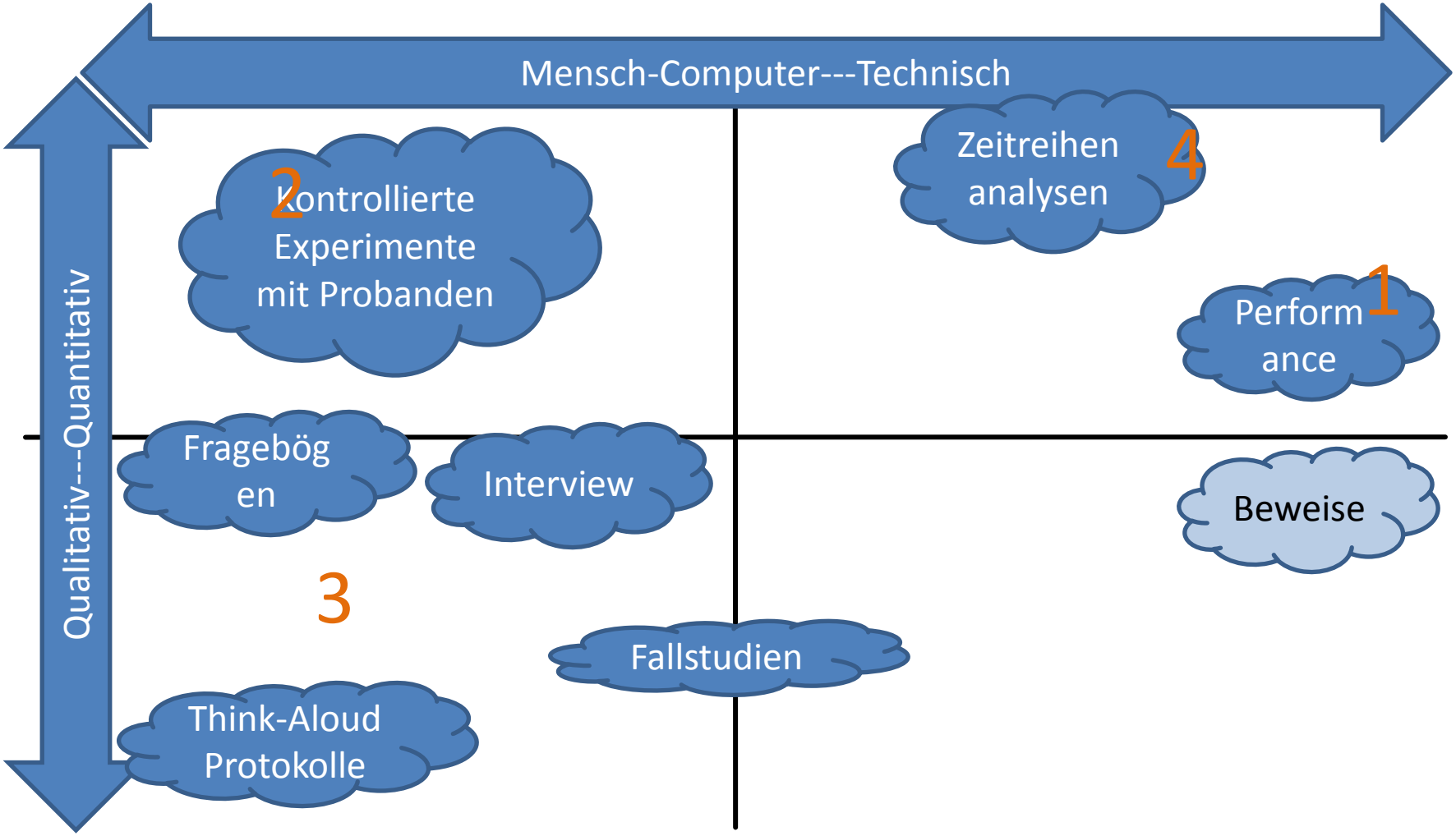
UNIVERSITÄT PASSAU
Fakultät für Informatik und Mathematik

Performance Messungen

Einordnung


Mensch-Computer---Technisch
Qualitativ---Quantitativ
2
Kontrollierte Experimente mit Probanden
Zeitreihen analysen
4
Perform ance
1
Fragebög en
Interview
Beweise
3
Fallstudien
Think-Aloud Protokolle

Lernziele

- Schwierigkeiten von Performance-Analysen verstehen
- Performance-Analysen bewerten können

Warum Performanceanalyse?

- Alternativen vergleichen
- Einfluss eines Features
- System Tuning
- Relative Performance erkennen (über Zeit)
- Absolute Performance für ausgewählte Fälle
- Erwartungen setzen
- Analyse von Systemverhalten

Analysetechniken

- Messen
  - keine vereinfachenden Annahmen
  - i.d.R. am glaubwürdigsten
  - inflexibel, spezielles System
- Simulation
  - Abstraktion
  - Flexibel
- Analytisches Modellieren
  - Mathematische Beschreibung des Systems
  - Starke Abstraktion, i.d.R. kaum glaubwürdig
  - Insbesondere zur frühen Validierung

Benchmark

- Ausführen realer Programme/Hardware-komponenten in realen Umgebungen (keine analytische Simulation)
- Messen von Performance, Speicherverbrauch, usw.
- Automatisierbar
- Kein menschlicher Einfluss

Benchmark - Beispiele

- 3DMark (Grafikkarte/System)
- TCP-H (Datawarehouse)
- TCP-C (On-line transaction processing)
- Sintel (Video-Encoder)

Was messen?

- Ausführungszeit
- CPU-Zyklen
- MIPS (Million instructions per second)
- MFLOPS (Million floating-point operations per second)
- SPEC (System Performance Evaluation Cooperative)
- QUIPS (Quality improvements per second)
- Transaktionen pro Sekunde

Aufgabe

- Welche Kriterien sollte eine gute Metrik erfüllen?
- Sind die vorgestellten Metriken gute Metriken nach Ihren Kriterien?

Kriterien

Kriterium	Ausführungs-zeit	CPU Zyklen	MIPS	MFLOPS	SPEC	QUIPS	Transactions/ second
Linearität	+	-	-	+	-	+	+
Reliabilität	+	-	-	-	-	-	+
Wiederhol-barkeit	+	+	+	+	+	+	+
Einfache Messbarkeit	+	+	+	+	+	+	+
Konsistenz	+	+	-	-	+	+	+
Unabhängig-keit	+	+	+	-	-	+	+

Beispiel für Prüfungsfrage: Welche Metrik(en) würden Sie benutzen, um den schnellsten Sortieralgorithmus zu bestimmen?

Störvariablen

- Beeinflussen das Messergebnis systematisch oder unsystematisch
- Beispiele:
  - Hintergrundprozesse
  - Hardwareunterschiede
  - Temparaturunterschiede
  - Eingabedaten, zufällig?
  - Heap-Size
  - Hardware-Plattform
  - System-Interrupts
  - Parallelität in Single- und Multicore-Systemen
  - Garbage Collection

Aufgabe

- Wie kann man den Einfluss dieser Störvariablen kontrollieren?

Typisches Vorgehen: Bester Wert

- Wiederholen
- Bester, zweitbester oder schlechtester Wert

- Bsp: Antwortzeiten für Programmieraufgabe
- R: Daten einlesen
  - data <- read.csv("rt.csv", header=TRUE, sep = ";", dec = ".")
  - header: gibt an, ob Variablen/Spaltennamen in der ersten Zeile stehen
  - sep: Separator für Datensätze in der selben Zeile
  - dec: Dezimaltrennzeichen
  - rt <- data[,'time']
  - min(rt)/max(rt)

Typisches Vorgehen: Mittelwert

- Messung wiederholen
- Mittelwert bilden

$$\bar{x}_{arithm} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n}$$

- R:
  - mean(rt)

Median

- Wert, der in der Mitte liegt
- Robust gegen Ausreißer
- R:
  - median(rt)

- Bei gerader Anzahl an Messwerten:
  - Arithmetisches Mittel der beiden mittleren Werte
  - Einen der beiden mittleren Werte angeben

Median oder Mittelwert?

- Median statt arithemtisches Mittel, wenn
  - Ordinale Daten*
  - Wenig Messwerte
  - Asymmetrische Verteilung
  - Ausreißer

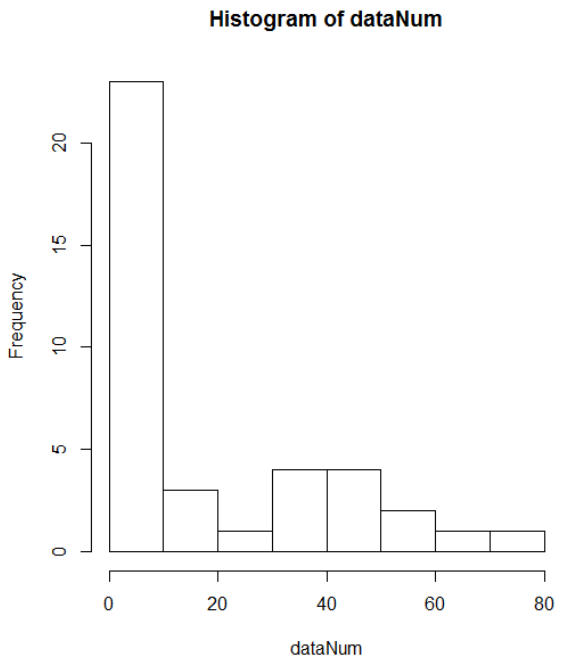
- *Skalenniveaus
  - Nominal (z.B. Geschlecht)
  - Ordinal (z.B. Platzierungen)
  - Metrisch (z.B. Temperatur, Antwortzeit)

Daten anschauen

- Überblick verschaffen
- Verteilung und Ausreißer einschätzen

Histogramme

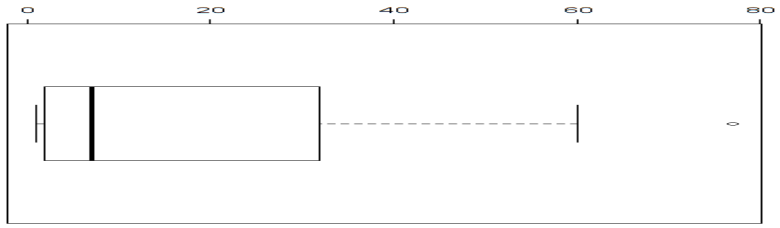
- Häufigkeit von Messwerten in festgelegten Bereichen



- R
  - rtNum <-as.numeric(unlist(rt))
  - hist(rt)

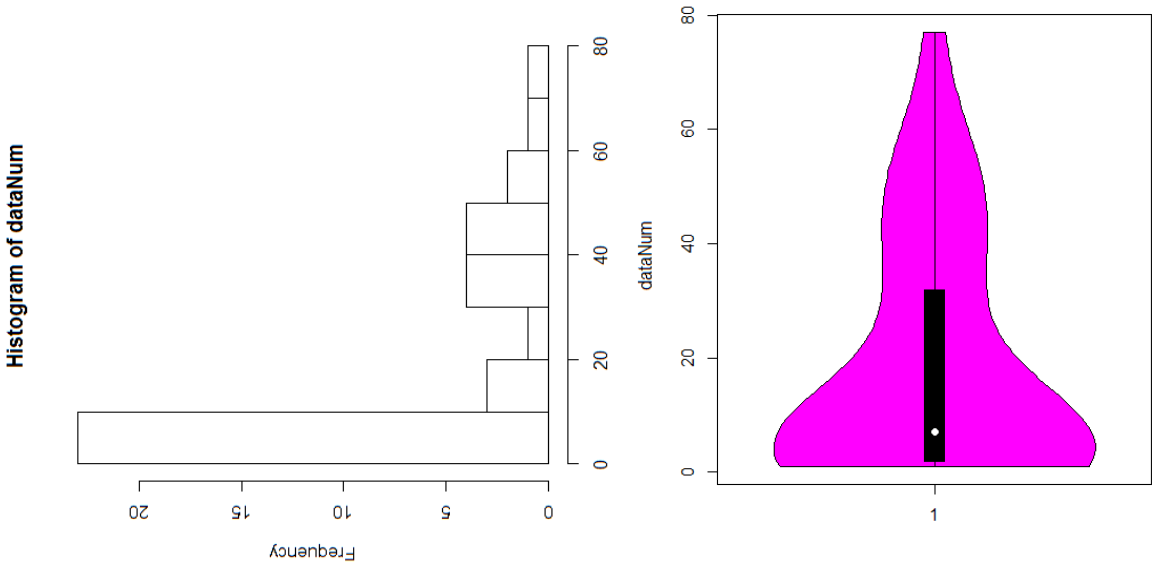
Boxplots

- Boxplot zeigt
  - Median als breite Linie
  - Quartile als Box (50% aller Werte in der Box)
  - Whiskers
  - Ausreisser als Punkte
- Graphische Darstellung von Verteilungen
- R: boxplot(rt)



Violin-Plot

- Zeigt zusätzlich zu Boxplot die Verteilung der Daten
- R:
  - install.p
  - library(v
  - vioplot(



Messmodel

- $y = \tau + \varepsilon$

- y: beobachteter Wert
- τ: wahrer Wert
- ε: Fehler

- Population: griechische Buchstaben
- Stichprobe: deutsche Buchstaben

Fehlermodell

- Echter Mittelwert: 10

- 1 zufälliger Fehler, Einfluss +/- 1
- Messwerte: 9 (50%) und 11 (50%)

- 2 zufällige Fehler, je +/- 1
- Messwerte: 8 (25%), 10 (50%) und 12 (25%)

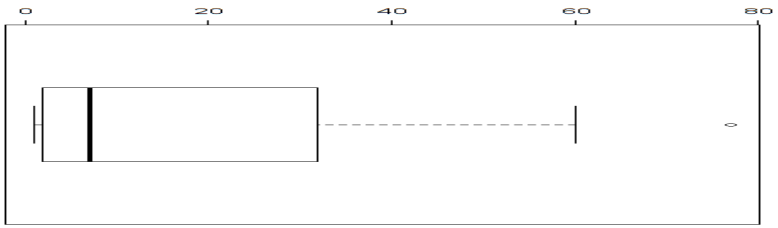
- 3 zufällige Fehler, je +/- 1
- Messwerte: 7 (12.5%), 9 (37.5%), 11 (37.5%), 13 (12.5%)

- N zufällige Fehler, je +/- 1
- Normalverteilung

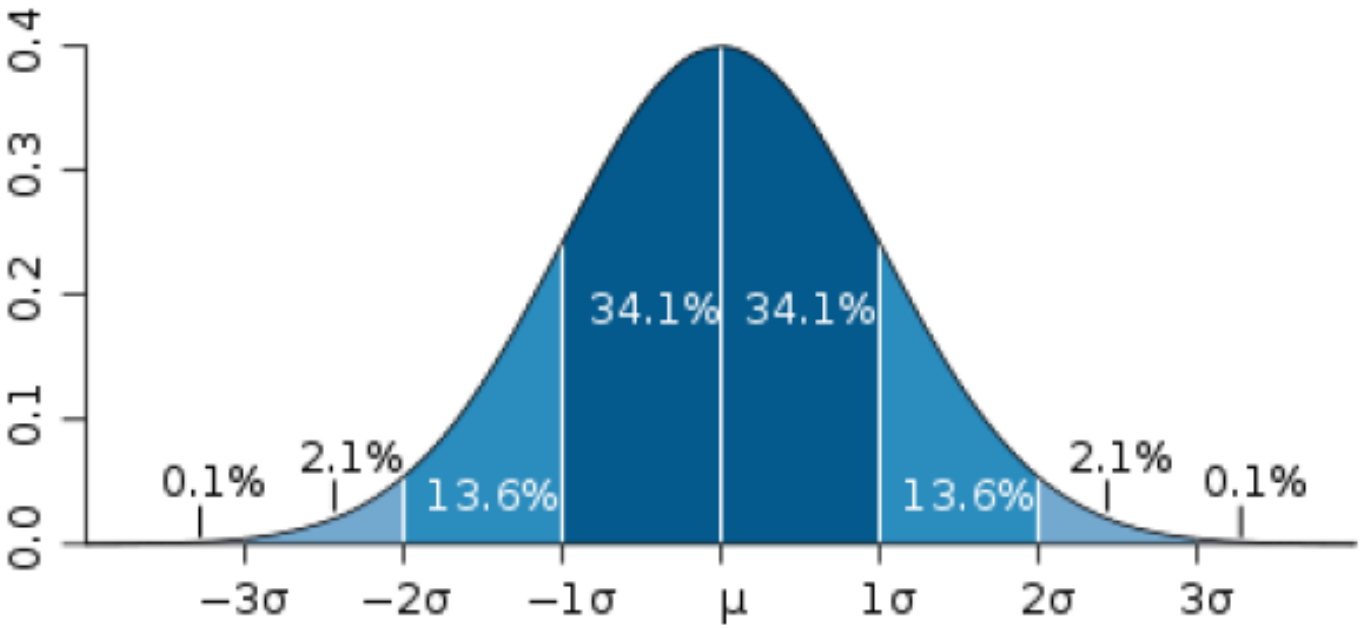
Normalverteilung

Streuung

- Mittelwert: 45,55
- Boxplot



Standardabweichung



Standardabweichung

- R:
  - sd(rtNum)
  - 21,55
- Mittelwert: 45,55

- 24 –> 45,55 (34 % der Messwerte)
- 45,55 –> 67,1 (34% der Messwerte)

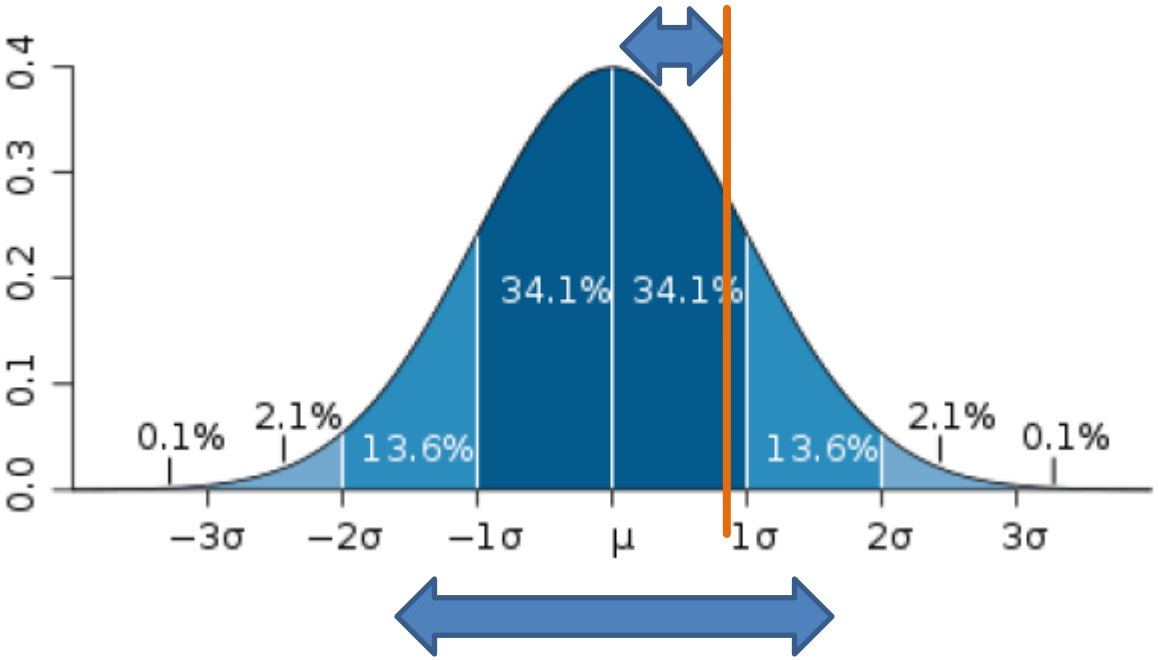
Standardabweichung: Anwendung

- Ausreißer definieren
- Hochbegabung definieren
- Entdeckung des Higgs-Boson verkünden

Genauigkeit vs. Präzision

Genauigkeit:
Abweichung beobachteter Mittlewerte vom wahren Mittelwert

Wichtig bei Zeitmessungen



Präzision:
Streuung um Stichprobenmittelwert

Ursache von Messfehlern unklar

Zufällige vs. Systematische Fehler

- Systematische Fehler: Fehler des Experiments/der Messmethode
  - CPU Speed: Messung bei unterschiedliche Temperaturen
  - Zustand nicht zurückgesetzt für zweite Messung
  - Geringe Varianz, bis konstant über alle Messungen
  - Im Design ausschließen, braucht Erfahrung

  $\longrightarrow$Genauigkeit
- Zufällige Fehler
  - Nicht kontrollierbar
  - Stochastische Methoden

  $\longrightarrow$Präzision

Signifikanztests

- Zur Evaluierung, ob Messreihen unterschiedlich sind
- Z.B. t-Test, Mann-Whitney-U-Test

T-Test

- Entwickelt von Student (William Sealy Gosset)
- Vergleich von 2 Messreihen

Nullhypothese (H_0)	**Alternativhypothese (H_1)**
Statistische Hypothese	
Messreihen sind gleich, i.e., Daten von beiden Messreihen stammen aus der selben Population	Daten beider Messreihen stammen aus unterschiedlichen Populationen
Formal: $H_0 : \overline{x_1} = \overline{x_2}$	Formal: $H_1 : \overline{x_1} \neq \overline{x_2}$

T-Test: Ergebnis

- Bestimmt Wahrscheinlichkeit, das beobachtete Ergebnis unter Annahme der H_0 zu erhalten -> bedingte Wahrscheinlichkeit
- Wenn Wahrscheinlichkeit kleiner ist als:
  - 0.001 sehr sehr signifikant
  - 0.01 sehr signifikant
  - 0.05 typisches Signifikanniveau
  - 0.10 oft bei explorativen/initialen Untersuchungen

  muss Nullhypothese falsch sein
- Signifikanzniveau
  - Vorher definieren!

T-Test: Aussage

- Was bedeutet signifikantes Ergebnis?
- Ist Nullhypothese falsch? -> Nein
- Ist Alternativhypothese richtig? -> Nein

- Kein Gegenbeweis für Gültigkeit der Nullhypothese gefunden
- Aufschreiben:
  - Ablehnen/nicht ablehnen der Nullhypothese
  - Nie: Bestätigen der Null-/Alternativhypothese

T-Test: Berechnung von Hand (1)

- Berechnung der Kenngröße

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}}$$

Datensatz (rt.csv):
t = 1.522

$$\hat{\sigma}_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_1}(x_{i1} - \bar{x}_1)^2 + \sum_{i=1}^{n_2}(x_{i2} - \bar{x}_2)^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}} \bullet \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

T-Test: Berechnung von Hand (2)

- Freiheitsgrade (Degrees of freedom, df)
  - für t-Test: $n_1 + n_2 - 2$ (hier: 11)
- Tabelle mit t-Verteilung (z.B. wikipedia)

$$t_{\alpha/2,df=11} = 2{,}201$$

- Vergleich mit beobachtetem Wert (t_{emp} = 1.522) $t_{\alpha/2,df=11}$
  - ist t_{emp} > ?
  - nein, darum nicht signifikant

T-Test: Einseitig vs. Zweiseitig

- Zweiseitig:
  - Keine Kenntnisse über Richtung des Effekts (z.B., welches System schneller ist)
  - Signifikanzniveau halbieren
- Einseitig:
  - Vermutung, das ein System schneller ist
  - Signifikanzniveau muss nicht halbiert werden

$$t_{\alpha, df=11} = 1{,}796$$

T-Test: R

- t.test(rt1, rt2)
- Ausgabe:

```
Welch Two Sample t-test

data:  dataPC1 and dataPC2
t = 1.5222, df = 10.566, p-value = 0.1573
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:
 -5.095727 27.583584

sample estimates:
mean of x mean of y
 50.74243  39.49850
```

- p-Wert: Bedingte Wahrscheinlichkeit, Ergebnis unter Annahme der H_0 beobachtet zu haben
- Wenn p-Wert kleiner als definiertes Signifikanzniveau ist, ist Ergebnis signifikant

T-Test: Varianten

- T-Test für unabhängige Stichproben:
  - Zusammensetzung der Stichproben ohne gegenseitige Beeinflussung
  - Z.B. zufällige Zuteilung von Probanden in einer oder andere Stichprobe
- T-Test für abhängige Stichproben:
  - Zusammensetzung einer Stichprobe hängt von Zusammensetzung anderer Stichprobe ab
  - Z.B.: Wiederholungsmessungen, zuteilen von Ehepartnern in unterschiedliche Stichproben

T-Test: Vorrausetzungen

- Metrisches Skalenniveau
- Normalverteilte Daten (z.B. Shapiro-Wilk)
- Oder: n >= 30

Mann-Whitney-U

- Nicht parametrischer Test
- Bei ordinalen Daten (oder nicht-normalverteilten metrischen Daten)
- Berechnung der Kenngröße:

$$U = n_1 \bullet n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} + T_1$$

$T = \sum_{i=1}^{n} r_i$ – r_i : Rangplätze in der Stichprobe

Lernziele

- Schwierigkeiten von Performance-Analysen verstehen
- Performance-Analysen bewerten können

Literatur

- David Lilja. *Measuring Computer Performance: A practitioner's guide.* Cambridge University Press. 2000.
- Performance-Paper
- Beliebiges Statistikbuch

Hausaufgabe

- Folgende Paper auszugsweise lesen:
  - How Do Professional Developers Comprehend Software? (Abschnitt II, Abschnitt III überfliegen)
  - An Experiment About Static and Dynamic Type Systems (Abschnitt 4, Abschnitt 5 überfliegen)
- Experiment-Aufbau bewerten:
  - Was würden Sie genauso machen? Warum?
  - Was würden Sie anders machen? Warum?