

## Arbeitsblatt HT 6: Metrische Daten

1. **Kostenüberschreitung.** In folgender Tabelle sind Kostenüberschreitungen (d.h. tatsächliche minus geschätzte Kosten) von ähnlich grossen Engineering-Projekten, die im gleichen Jahr abgeschlossen wurden, aufgeführt. Die Angaben sind in kFr.

-16	-480	-222	-404	-77	-76	-397	221	-427	113	93	-268	-791	107	-230
-165	-272	287	-118	133	-285	9	276	-344	-651	36	-394	383	-298	161

- Stellen Sie die Daten grafisch dar.  
Lassen sich die Daten durch eine Normalverteilung gut genug beschreiben? Erkunden Sie diesen Aspekt grafisch (Hinweis: `qqnorm`).
  - Passen Sie eine Normalverteilung an die Daten an.
  - Der CEO des Unternehmens behauptet, dass diese Daten beweisen, dass die Engineering-Abteilung systematisch ihre Kosten zu hoch einschätzt, um ihr Budget sicher zu erfüllen. Sind Sie mit dieser Einschätzung einverstanden oder nicht? Warum?
    - Argumentieren Sie mit einem statistischen Hypothesentest.
    - Argumentieren Sie mit einem Vertrauensintervall.
2. **Geradeaus Gehen.** Der Fachartikel “Can We Really Walk Straight?” (American Journal of Physical Anthropology [1992]: 19 – 27) berichtete über ein Experiment, in dem jeder von 20 gesunden Männern gebeten wurde, so direkt wie möglich mit einer normalen Geschwindigkeit zu einem Ziel zu gehen, das 60 m entfernt ist. Wir betrachten die folgenden Daten zur Kadenz (Anzahl Schritte pro Sekunde) aus diesem Experiment:

0.95	0.85	0.92	0.95	0.93	0.86	1.00	0.92	0.85	0.81
0.78	0.93	0.93	1.05	0.93	1.06	1.06	0.96	0.81	0.96

- Ist es plausibel, dass diese Daten durch ein Normalverteilungsmodell beschrieben werden können? Beantworten Sie die Frage mit einer geeigneten grafischen Darstellung.
  - Bestimmen Sie unter der Annahme der Normalverteilung ein 95%-Vertrauensintervall für den Erwartungswert  $\mu$  (Was beschreibt  $\mu$ ?).
  - Könnte eine Kadenz von einem Schritt pro Sekunde ein geeigneter (gerundeter) Wert für die erwartete Kadenz sein? Mit welchem statistischen Konzept können Sie diese Frage beantworten? Wie gehen Sie für die konkrete Beantwortung vor? Was ist Ihre Antwort zur eingangs gestellten Frage?
3. **Zwei-Stichproben-t-Test.**  
Untenstehend finden sie mehrere Beispiele für den Vergleich von zwei Stichproben. Beantworten sie für jedes Beispiel die folgenden Fragen:
- Handelt es sich um gepaarte oder ungepaarte Stichproben?
  - Was ist die Nullhypothese?
  - Was ist die Alternative, einseitig oder zweiseitig?

**Bitte wenden!**

- d) Falls sie auf gepaarte Stichproben geschlossen haben: könnte die gleiche Frage mit einer anderen Versuchsanordnung durch ungepaarte Stichproben getestet werden. Und umgekehrt: könnte in einer ungepaarten Situation auch gepaart getestet werden? Was denken sie ist besser?

**Beispiel 1** In einem Experiment sollte der kurzfristige Effekt von Zigarettenrauchen auf Blutplättchenanhäufungen untersucht werden. Dazu wurden 11 Probanden vor und nach dem Rauchen einer Zigarette Blutproben entnommen, und es wurde gemessen, wie stark sich die Blutplättchen anhäufte. Es interessiert, ob sich Blutplättchen durch das Rauchen vermehrt anhäufen.

**Beispiel 2** In einem Experiment wurde untersucht, ob Mäuse zwei Formen von Eisenpräparaten unterschiedlich gut aufnehmen. Dazu wurde 36 Mäuse in zwei Gruppen zu je 18 unterteilt und die eine Gruppe mit dem einen, die andere Gruppe mit dem anderen Eisenpräparat "gefüttert". Da das Eisen radioaktiv markiert war, konnte sowohl die Anfangskonzentration wie auch die Konzentration einige Zeit später gemessen werden. Daraus wurde für jede Maus der Anteil des aufgenommenen Eisens berechnet.

**Beispiel 3** Eine Reifenfirma hat für Winterreifen 2 Profile entwickelt, die im Hinblick auf ihre Bremswirkung verglichen werden sollten. Dazu werden 10 Testfahrzeuge einmal mit den Reifen der Profilsorte A, das andere Mal mit Sorte B bestückt und jeweils bei der gleichen Geschwindigkeit abgebremst. Gemessen wurde die Länge des Bremswegs in Metern.

**Beispiel 4** Es sollen 2 Fütterungsarten für Mastochsen verglichen werden. Als Zielgrösse diente die mittlere wöchentliche Gewichtszunahme in einem Monat. Es war klar, dass Fütterungsart 2 mindestens so gut wie Fütterungsart 1 ist. Es wurde ein Versuch mit je 11 Tieren gemacht.

**Beispiel 5** 15 Paare von Setzlingen mit jeweils demselben Alter, je einer durch Selbst- und einer durch Fremdbefruchtung produziert, wurden gezüchtet. Beide Teile je eines Paares hatten nahezu gleiche Bedingungen. Das Ziel bestand darin zu sehen, ob die fremdbefruchteten Pflanzen mehr Lebenskraft besitzen, d.h. ob sie grösser wurden. Es wurde die Höhe jeder Pflanze nach einer fixen Zeitspanne gemessen.

#### 4. Seitwärts Parkieren.

Die Zeitschrift Human Factors (1962, S. 375-380) berichtet über eine Studie, in der  $n = 14$  Probanden gebeten werden, zwei Autos mit sehr unterschiedlichen Radständen und Kurvenradien seitwärts zu parkieren. Die Zeit in Sekunden für jeden Probanden wurde aufgezeichnet und ist in Tabelle, rechts, aufgeführt.

Hat der Radstand und der Kurvenradius einen Effekt auf die Zeit zum seitwärts parkieren?

a) Stellen Sie die Originaldaten und die Differenzen der beiden Stichproben grafisch dar.

b) Sind die Differenzen normalverteilt? Beantworten Sie diese Frage mit Hilfe einer geeigneten Grafik.

c) Beantworten Sie obige Hypothese mit einem t-Test auf dem 5% Niveau. Können Sie sich auf das Ergebnis verlassen, wenn Sie das Ergebnis aus Teilaufgabe ?? berücksichtigen?

Proband	Auto1	Auto2	Differenz
1	37.0	17.8	19.2
2	25.8	20.2	5.6
3	16.2	16.8	-0.6
4	24.2	41.4	-17.2
5	22.0	21.4	0.6
6	33.4	38.4	-5.0
7	23.8	16.8	7.0
8	58.2	32.2	26.0
9	33.6	27.8	5.8
10	24.4	23.2	1.2
11	23.4	29.6	-6.2
12	21.2	20.6	0.6
13	36.2	32.2	4.0
14	29.8	53.8	-24.0