

Projektarbeit

Author: Francis Alpers
2025-05-19
Aufgabe: Papierflugzeuge
Numerical Summaries: Papierflugzeuge_stacked
Histogram: variable
Boxplot: variable ~ factor
Quantile-Comparison Plot: variable
Correlation Matrix: Papierflugzeuge
Normality Test: variable ~ factor
Normality Test: ~X80g
Levene's Test: variable ~ factor
Levene's Test: variable ~ factor
Plot of Means: variable by factor
Independent-Samples t-Test: variable~factor

Projektarbeit

Author: Francis Alpers

2025-05-19

Aufgabe: Papierflugzeuge

Beschreibung der Problemlage: Untersucht werden soll die Sinnhaftigkeit einer Materialänderung von Papierflugzeugen. Hierfür sollen die mittleren Flugzeiten von Flugzeugen aus zwei Papierarten unterschiedlicher Dicke verglichen werden. Für den Auftraggeber ist eine Verbesserung der Flugzeit relevant - eine Verbesserung von 0,1 Sekunden in Folge der Materialumstellung beschreibt dieser als praxis-relevante Verbesserung. Die Standardabweichung der Grundgesamtheit beträgt für beide Flugzeugtypen 0,2 Sekunden. Eine sinnvolle Balance aus Teststärke und Stichprobengröße soll ermittelt werden, um bei ausreichend hoher Zuverlässigkeit auch wirtschaftlich zu handeln.

Ermittlung der Mindeststichprobengröße

Folgende statistische Größen sind bekannt: Effektstärke (0,1 Sekunden bzw. 0,5 Standardabweichungen), Standardabweichung, Power

Als geeignetes statistisches Verfahren kommt vor allem der t-Test für zwei unabhängige Stichproben in Frage, da intervallskalierte Daten vorliegen und wir an einem Mittelwertsunterschied interessiert sind. Dieser Test gilt allgemein als sehr stabil und teststark.

Der Test wird gerichtet ausgeführt - entscheidend ist nur die Frage nach der Verbesserung.

-> H0: Die mittlere Flugzeit verringert sich in Folge der Materialumstellung um weniger als 0,1 Sekunden ($x_1 - x_2 < 0,1$)

-> H1: Die mittlere Flugzeit nach der Materialumstellung ist mindestens 0,1 Sekunden weniger ($x_1 - x_2 \geq 0,1$).

Anmerkung: mir ist bewusst, dass die H0 und H1 eigentlich formal so nicht dargestellt werden können. Da laut Fragestellung aber auch eine Verbesserung

von genau 0,1s ein Wechsel in die Alternativhypothese bedeutet, müsste es hier eigentlich so aufgestellt werden? Eine

Berechnung der Stichprobengröße mittels G*Power unter Angabe der bekannten Werte ergibt

A priori for Difference between two independent means (tails = one, d = .5, alpha = .05, power = .9, equal sample sizes):

N = 140 (2 * N = 70)

-> um bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% einen signifikanten Mittelwertsunterschied mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% zu finden, werden von beiden Flugzeugtypen jeweils 70 Datenpunkte benötigt.

Einlesen des Datensatzes und Auswahl der ersten 70 Datenpunkte

```
> Papierflugzeuge <-  
+ readXL("C:/Users/franc/Seafile/Meine Bibliothek/weiterbildung/Data Analyst -  
+ alfatraining/Modul 1 - Statistik/Übungs Daten/Projekt/Aufgabe 2.xlsx",  
+ rownames=FALSE, header=TRUE, na="", sheet="Datensatz",  
+ stringsAsFactors=TRUE)  
>  
> Papierflugzeuge <- Papierflugzeuge[1:70,]
```

Testen der Verteilungsform und Voraussetzungen für statistisches Verfahren

```
> Papierflugzeuge_stacked <- stack(Papierflugzeuge[, c("x80g", "x90g")])
```

```
> names(Papierflugzeuge_stacked) <- c("variable", "factor")
```

Deskriptive Statistiken

```
> library(abind, pos=17)
```

```
> library(e1071, pos=18)
```

Numerical Summaries: Papierflugzeuge_stacked

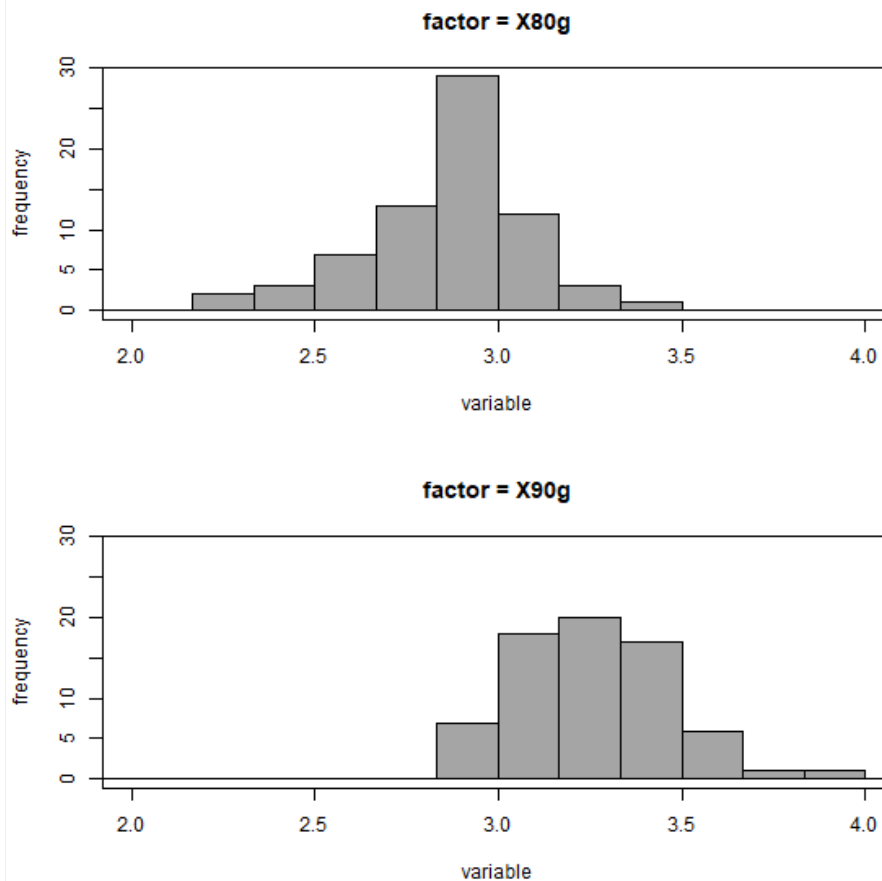
```
> numSummary(Papierflugzeuge_stacked[, "variable", drop=FALSE],
groups=Papierflugzeuge_stacked$factor, statistics=c("mean", "sd", "IQR",
+ "quantiles", "skewness", "kurtosis"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1))
```

	mean	sd	IQR	skewness	kurtosis	0%	25%	50%
x80g	2.862586	0.2240282	0.23775	-0.6300831	0.8572558	2.188	2.7565	2.8925
x90g	3.263586	0.2056973	0.26050	0.4093793	0.5032090	2.863	3.1330	3.2760
	75%	100%	variable:n					
x80g	2.99425	3.337	70					
x90g	3.39350	3.916	70					

- > bei N = 70 ist Annäherung an NV zu erwarten
- > mean-median: beide Verteilungen scheinen sehr symmetrisch zu sein
- > Skewness und Kurtosis deuten jedoch für x80g eine stärkere Abweichung von der NV an (leichte Linksschiefe und erhöhte Zentrallage)
- > außerdem: leichte Unterschiede in der Spannweite und SD + IQR lassen ggf. Streuungsunterschiede vermuten

Histogram: variable

```
> with(Papierflugzeuge_stacked, Hist(variable, groups=factor,
+ scale="frequency", breaks="Sturges", col="darkgray"))
```

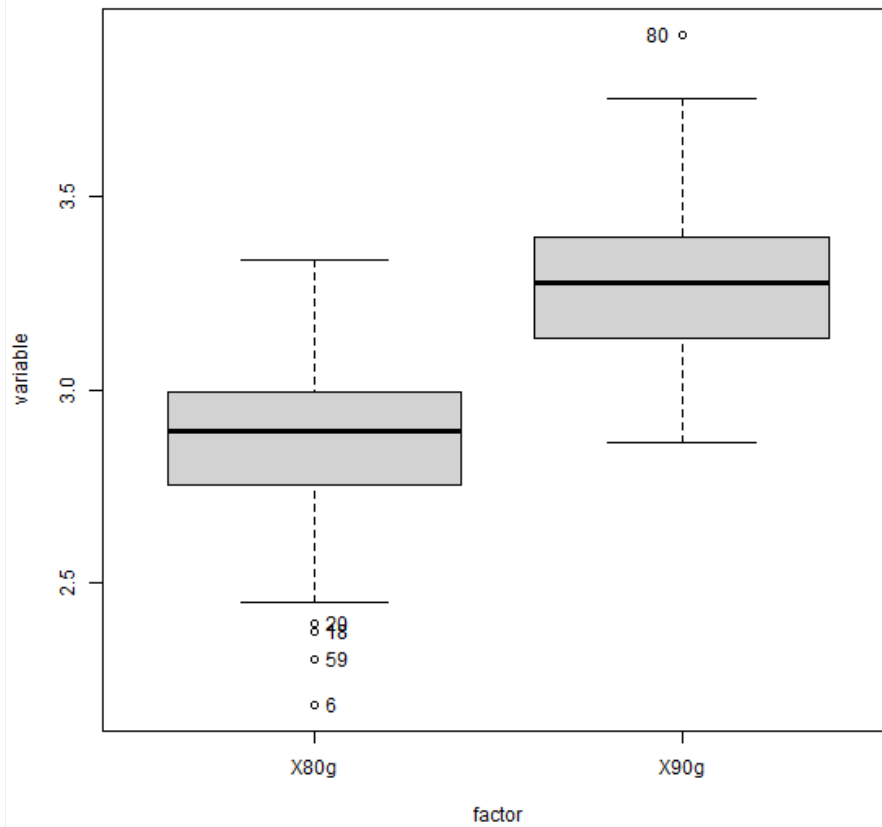


plot of chunk unnamed-chunk-8

- > für x80g bestätigt sich Annahme der erhöhten Zentrallage
- > auffällig zudem: die fehlenden Wertebereiche (rechts bei x80g, links bei x90g)- die Datenreihen scheinen durchaus verschieden zu sein

Boxplot: variable ~ factor

```
> Boxplot(variable ~ factor, data=Papierflugzeuge_stacked,
+ id=list(method="y"))
```



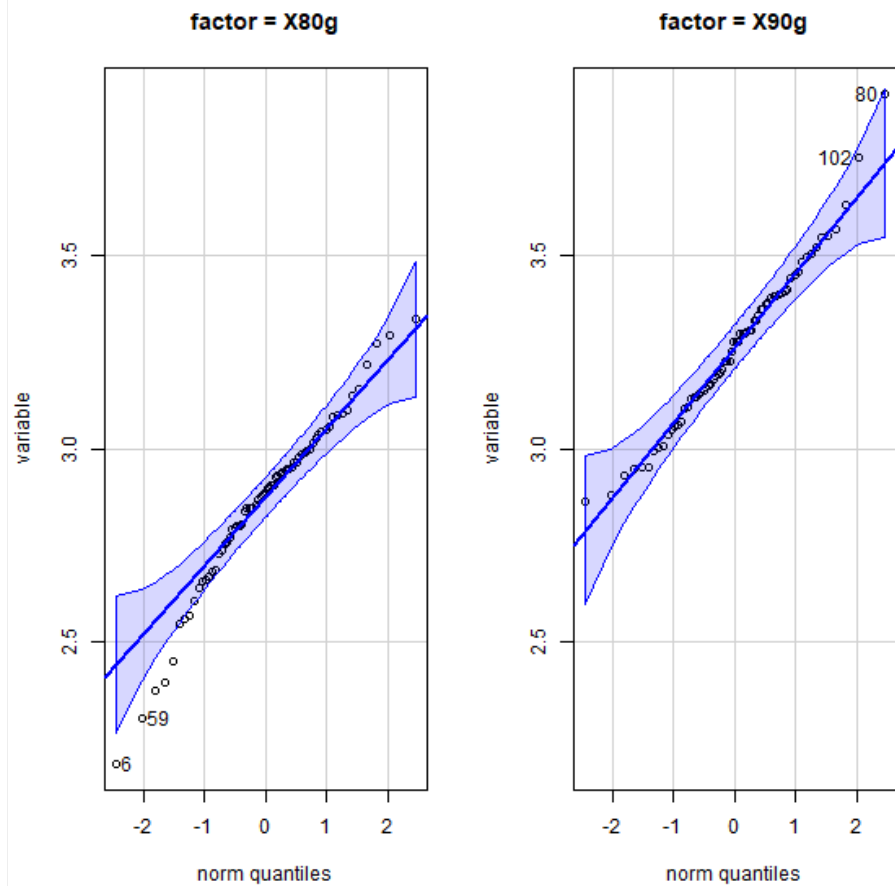
plot of chunk unnamed-chunk-9

```
[1] "6" "18" "20" "59" "80"
```

-> Boxplots zeigen zudem mögliche Ausreißer auf (v.a. für x80g nach unten - dies könnte die erhöhte Zentrallage erklären)

Quantile-Comparison Plot: variable

```
> with(Papierflugzeuge_stacked, qqPlot(variable, dist="norm",
+   id=list(method="y", n=2, labels=rownames(Papierflugzeuge_stacked)),
+   groups=factor))
```



plot of chunk unnamed-chunk-10

- > QQ-Diagramm für x80g einige Werte außerhalb des Normbereichs
- > x90g scheint einer NV zu folgen

Testvoraussetzungen:

Correlation Matrix: Papierflugzeuge

```
> cor(Papierflugzeuge[,c("x80g", "x90g")], use="complete")
```

```
      x80g      x90g
x80g 1.0000000 0.1353658
x90g 0.1353658 1.0000000
```

- > Datenreihen sind unabhängig

Test auf Normalverteilung

Normality Test: variable ~ factor

```
> normalityTest(variable ~ factor, test="shapiro.test",
+ data=Papierflugzeuge_stacked)
```

```
-----
factor = x80g

      Shapiro-wilk normality test

data: variable
W = 0.9686, p-value = 0.07592

-----

factor = x90g

      Shapiro-wilk normality test

data: variable
W = 0.98319, p-value = 0.4705

-----
```

```

p-values adjusted by the Holm method:
      unadjusted adjusted
x80g 0.075925   0.15185
x90g 0.470478   0.47048

```

-> für x80g wie schon vermutet sehr "knapper" p-Wert

Normality Test: ~X80g

```
> normalityTest(~x80g, test="ad.test", data=Papierflugzeuge)
```

```

Anderson-Darling normality test

data:  x80g
A = 0.74325, p-value = 0.05047

```

-> der AD-Test liefert hier eine noch knappere Entscheidung, deshalb zunächst Test auf Ausreißer

```

> library(outliers)
> grubbs.test(Papierflugzeuge$x80g, type = 10, opposite = F)

```

```

Grubbs test for one outlier

data:  Papierflugzeuge$x80g
G = 3.01116, U = 0.86669, p-value = 0.06596
alternative hypothesis: lowest value 2.188 is an outlier

```

-> laut Grubbs Test ist der unterste Wert ganz knapp kein Ausreißer

-> da er jedoch mehr als drei Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt ist und 0,5Std.Abw. bereits signifikant sein sollen, vorsichtshalber Entfernung

```
> Papierflugzeuge_oA <- Papierflugzeuge[-6,]
```

```
> Papierflugzeuge_oA_stacked <- stack(Papierflugzeuge_oA[, c("x80g", "x90g")])
```

```
> names(Papierflugzeuge_oA_stacked) <- c("variable", "factor")
```

```

> library(outliers)
> grubbs.test(Papierflugzeuge_oA$x80g, type = 10, opposite = F)

```

```

Grubbs test for one outlier

data:  Papierflugzeuge_oA$x80g
G = 2.69582, U = 0.89155, p-value = 0.1976
alternative hypothesis: lowest value 2.306 is an outlier

```

```
> normalityTest(~x80g, test="ad.test", data=Papierflugzeuge_oA)
```

```

Anderson-Darling normality test

data:  x80g
A = 0.51012, p-value = 0.1907

```

-> Tests auf Ausreißer und Normalverteilung als wichtige Voraussetzung für t-Test sind nun eindeutig

Test auf Varianzhomogenität

Levene's Test: variable ~ factor

```

> Tapply(variable ~ factor, var, na.action=na.omit,
+ data=Papierflugzeuge_oA_stacked) # variances by group

```

```

      x80g      x90g
0.04413756 0.04053957

```

```

> leveneTest(variable ~ factor, data=Papierflugzeuge_oA_stacked,
+ center="mean")

```

```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "mean")
  Df F value Pr(>F)
group 1    0.0002 0.9897
    136

```

-> ohne Ausreißer (69 Datenpunkte pro Modell) liegt eindeutig Varianzhomogenität vor

Levene's Test: variable ~ factor

```

> Tapply(variable ~ factor, var, na.action=na.omit,
+ data=Papierflugzeuge_stacked) # variances by group

```

```

      x80g      x90g
0.05018862 0.04231138

```

```

> leveneTest(variable ~ factor, data=Papierflugzeuge_stacked, center="mean")

```

```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "mean")
  Df F value Pr(>F)
group 1    0.0397 0.8424
    138

```

-> Annahme der Varianzhomogenität wäre allerdings auch mit Ausreißer erfüllt

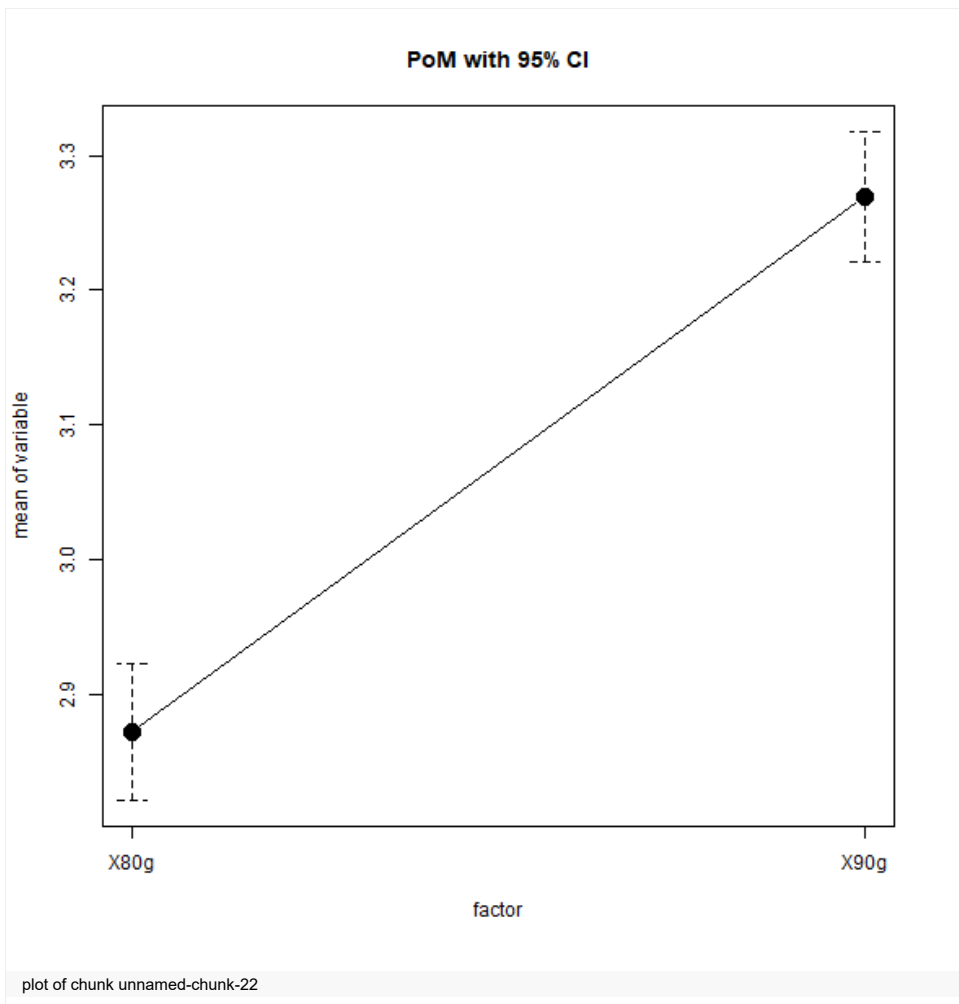
Aufstellung erster Annahmen

Plot of Means: variable by factor

```

> with(Papierflugzeuge_oA_stacked, plotMeans(variable, factor,
+ error.bars="conf.int", level=0.95, main="PoM with 95% CI", connect=TRUE))

```



-> die Mittelwerte unterscheiden sich selbst ohne Ausreißer so stark, dass der t-Test im Prinzip hinfällig ist...

Independent-Samples t-Test: variable~factor

```

> t.test(variable~factor, alternative='less', conf.level=.95, var.equal=TRUE,

```

```
+ data=Papierflugzeuge_oA_stacked)
```

Two Sample t-test

```
data: variable by factor
t = -11.333, df = 136, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means between group x80g and group x90g is less than 0
95 percent confidence interval:
      -Inf -0.3390121
sample estimates:
mean in group x80g mean in group x90g
      2.872362      3.269391
```

-> es liegt definitiv ein signifikanter Mittelwertsunterschied vor

-> da die obere Seite des 95% KIs deutlich unter dem vom Kunden geforderten kritischen Grenzwert liegt, sollte auch dieser signifikant sein

```
> s_pooled <- sqrt(((69*var(Papierflugzeuge_oA$x80g))+69*var(Papierflugzeuge_oA$x90g))/138)
> t_emp <- (mean(Papierflugzeuge_oA$x80g)-mean(Papierflugzeuge_oA$x90g))/(s_pooled*sqrt(2/69))
> t_krit <- qt(c(.05), df=136, lower.tail=TRUE)
```

```
> t.test(variable~factor, alternative='less', conf.level=.95, var.equal=TRUE,
+ data=Papierflugzeuge_stacked)
```

Two Sample t-test

```
data: variable by factor
t = -11.031, df = 138, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means between group x80g and group x90g is less than 0
95 percent confidence interval:
      -Inf -0.3408031
sample estimates:
mean in group x80g mean in group x90g
      2.862586      3.263586
```

-> auch mit Ausreißer sehr ähnliches Ergebnis

Post-Hoc Berechnung der Power

```
> CohensD <- (mean(Papierflugzeuge_oA$x80g)-mean(Papierflugzeuge_oA$x90g))/s_pooled
```

Neuberechnung mit G-Power

-> über Eingabe der Parameter (tails = one, d = -1.93, alpha = .05, sample size group 1 and 2 = 69) ergibt, dass selbst eine Gesamtstichprobe von N = 12 (die ersten 6 Datenpunkte jeder Reihe) bei einem derartigen Effekt eine Power von ca. 92% erzielt hätten