

Die Varianzanalyse ohne Messwiederholung

Jonathan Harrington

Variablen, Faktoren, Stufen

Eine Varianzanalyse ist die Erweiterung von einem t-test

t-test oder ANOVA (Analysis of Variance = Varianzanalyse)

Ein Faktor mit 2 Stufen

- Hat Gender einen Einfluss auf die Dauer?

ANOVA

Ein Faktor mit mehr als 2 Stufen oder mehr als ein Faktor

- Es gibt 3 Altersgruppen, jung, mittel, alt. Hat die Altergruppe einen Einfluss auf die Dauer? (Ein Faktor mit 3 Stufen)
- Haben Gender und Dialekt einen Einfluss auf die Dauer? (2 Faktoren)

Was ist die Varianzanalyse?

Mit der Varianzanalyse wird (durch einen F-Test) ein Verhältnis zwischen zwei Varianzen berechnet:
innerhalb von Stufen und **zwischen Stufen**.

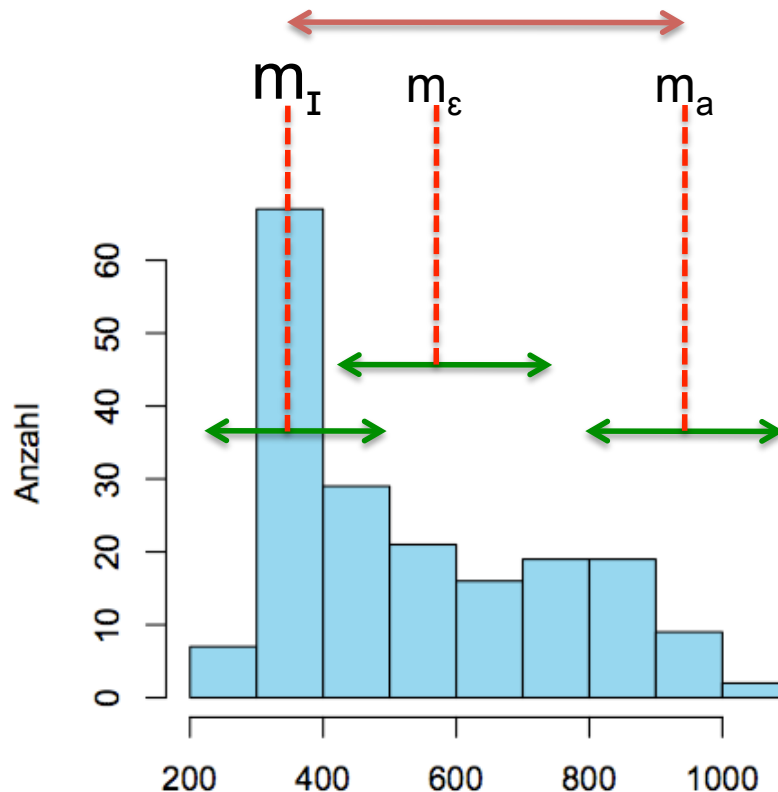
z.B. F1 von drei Vokalkategorien, /ɪ, ε, a/.

innerhalb: Es gibt eine **randomisierte Variation von F1** innerhalb jeder Stufe (F1 von /ɪ/ variiert, F1 von /ε/ variiert, F1 von /a/ variiert).

zwischen: F1 variiert, weil es eine **systematische Variation** zwischen den Verteilungen der Vokalkategorien gibt: die Werte von /ɪ/, /ε/, und /a/ liegen in ganz unterschiedlichen F1-Bereichen, und je unterschiedlicher sie sind, **umso größer wird diese Varianz im Verhältnis zu der willkürlichen, randomisierten Varianz innerhalb der Stufen sein.**

Was ist die Varianzanalyse?

F1-Verteilung, drei Vokale



$$F = \frac{\text{Varianz zwischen den Stufen}}{\text{Varianz innerhalb der Stufen}}$$

Ist F signifikant größer als 1?

ANOVA Berechnung in R

vokal 20 F2-Werte, 10 /I/, 10 /E/, ein Wert pro Person
(also 20 Werte von 20 unterschiedlichen Personen)

```
vokal = read.table(file.path(pfad, "vokal.txt"))
```

```
table(vokal$V)
```

```
E    I  
10 10
```

ANOVA Berechnung in R

```
summary(aov(F2 ~ V, data=vokal))
```

```
Response: F2
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
V           1 229837   229837   7.2253 0.01503 *
Residuals  18 572583    31810
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Fratio

1 - pf(Fratio, 1, 18)

F2 wird signifikant vom Vokal beeinflusst: $F[1, 18] = 7.2, p < 0.05$.

Beziehung: t-test und ANOVA

Da wir in diesem Fall mit einem Faktor und 2 Stufen zu tun haben, hätten wir das gleiche Ergebnis mit einem t-test bekommen können

```
t.test(F2 ~ V, var.equal=T, data = vokal)
```

```
t = -2.688, df = 18, p-value = 0.01503
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -381.97452  -46.82548
sample estimates:
mean in group E mean in group I
      1638.8      1853.2
```



Die t-Statistik ist die Wurzel vom F-Ratio aus der ANOVA

ANOVA: Voraussetzungen

1. ähnlich stark besetzte Stufen und Faktoren

<u>Silbenposition</u> <u>Dialekt</u>	<u>initial</u>	<u>medial</u>	<u>final</u>
Bayern	10	10	10
Hessen	10	10	10

2. Anova ohne Messwiederholungen: Alle Werte sind **von unterschiedlichen Sprechern** (60 Vpn., ein Wert pro Vpn für dieses Beispiel).

Zwei Faktoren

```
vok = read.table(file.path(pfad, "vok.txt"))
```

```
head(vok)
```

```
names(vok)
```

```
"F2"      "Vokal" "Gen"      "Vpn"      F2 Daten, 60 Sprecher, 30  
with(vok, table(Vokal, Gen)) m, 30 w, drei Vokale
```

```
Gen  
Vokal  m  w  
  E  10 10  
  I  10 10  
  a  10 10
```

Hat Vokal einen Einfluss auf F2?

Hat Gender einen Einfluss auf F2?

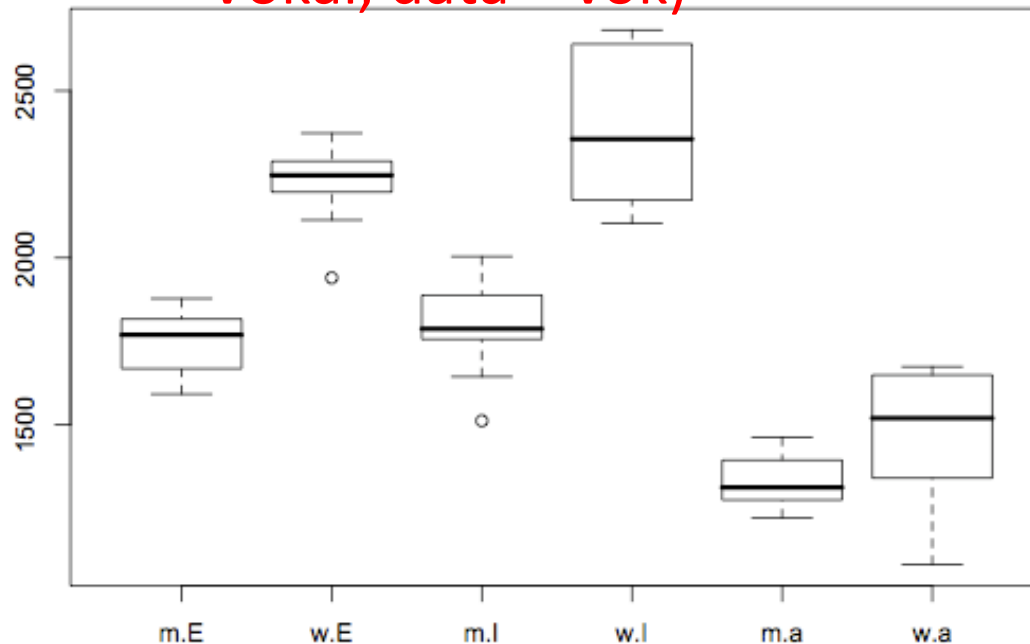
Gibt es eine Interaktion zwischen Vokal und Gender?

N.B. Die Annahme ist wir haben 60 Vpn, einen Wert pro Sprecher

Zwei Faktoren

Boxplot Abbildung

`boxplot(F2 ~ Gen *
Vokal, data = vok)`

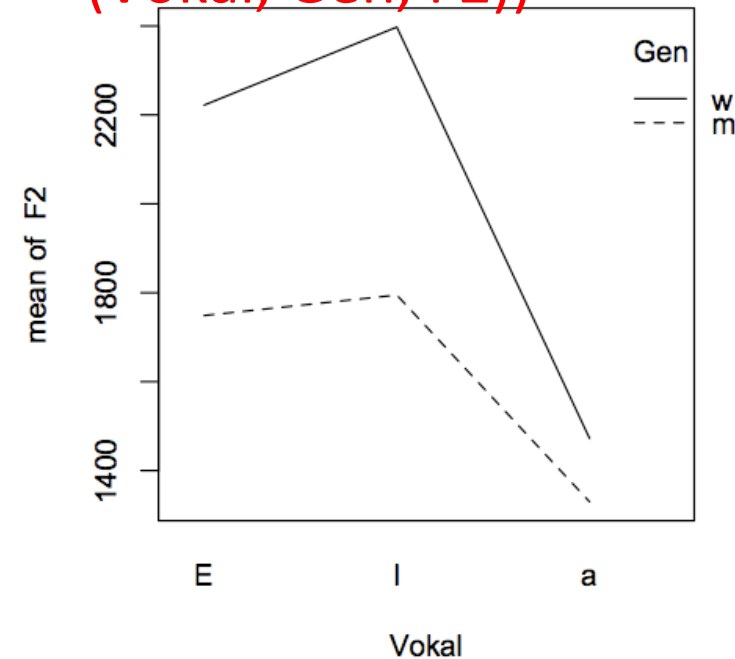


Hat Vokal einen Einfluss auf F2?

Hat Gender einen Einfluss auf F2?

Interaktion-Abbildung

`with(vok, interaction.plot
(Vokal, Gen, F2))`



Gibt es eine Interaktion zwischen Vokal und Gender?

Zwei Faktoren

```
vok.aov = aov(F2 ~ Vokal * Gen, data = vok)
```

das gleiche

```
vok.aov = aov(F2 ~ Vokal + Gen + Vokal:Gen, data = vok)
```



Interaktion

```
summary(vok.aov)
```

Analysis of Variance Table

Response: F2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Vokal	2	5578128	2789064	119.637	< 2.2e-16	***
Gen	1	2474570	2474570	106.147	2.354e-14	***
Vokal:Gen	2	563391	281696	12.083	4.603e-05	***
Residuals	54	1258885	23313			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

post-hoc Tukey-Test

Wenn eine Interaktion vorliegt, muss geprüft werden, ob sich die Stufen-Kombination in dem Parameter (hier F2) unterscheiden.

Tukey Tests normieren die Wahrscheinlichkeiten für die Anzahl der Tests (wenn 100 Tests post-hoc durchgeführt werden, kann es vorkommen dass einige per Zufall signifikant sein werden – dafür normiert der Tukey Test).

post-hoc tests

tk = TukeyHSD(vok.aov)

tk

Vergleicht die Stufen des Vokals paarweise

```
$Vokal
      diff      lwr      upr      p adj
I-E  110.80   -5.561759  227.1618 0.0650875
a-E -584.25  -700.611759 -467.8882 0.0000000
a-I -695.05  -811.411759 -578.6882 0.0000000
```

Vergleicht die Stufen von Gender paarweise (trägt nichts neues bei, da wir schon aus dem Haupttest wissen, dass es signifikante Unterschiede innerhalb von Gender gibt).

```
$Gen
      diff      lwr      upr      p adj
w-m 406.1667 327.1282 485.2052      0
```

Vergleicht alle Vokal * Gender Stufenkombinationen paarweise

```
$`Vokal:Gen`
      diff      lwr      upr      p adj
I:m-E:m  46.0  -155.74006  247.74006 0.9841188
usw...
```

post-hoc tests

\$`Vokal:Gen`

Wir benötigen aber nur Vergleiche zwischen Stufen von **einem** Faktor, wenn die Stufen aller anderen Faktoren **konstant** sind.

1. Unterscheiden sich die Vokale desselben Geschlechts?
(Vokal variiert, Geschlecht ist konstant).

I vs E in Männern

I vs E in Frauen

I vs a in Männern

I vs a in Frauen

E vs a in Männern

E vs a in Frauen

2. Unterscheiden sich Männer und Frauen derselben Vokale?
(Geschlecht variiert, Vokal ist konstant)

m vs. w in I

m vs. w in E

m vs. w in a

Aber *nicht* wenn beide Faktoren variieren.

m-E vs. w-a, m-a vs w-I usw.

1. Unterscheiden sich die Vokale desselben Geschlechts (Vokal variiert, Geschlecht ist konstant)?

\$`Vokal:Gen`	diff	lwr	upr	p adj
I:m-E:m	46.0	-155.74006	247.74006	0.9841188
a:m-E:m	-418.9	-620.64006	-217.15994	0.0000015
E:w-E:m	473.2	271.45994	674.94006	0.0000001
I:w-E:m	648.8	447.05994	850.54006	0.0000000
a:w-E:m	-276.4	-478.14006	-74.65994	0.0021912
a:m-I:m	-464.9	-666.64006	-263.15994	0.0000001
E:w-I:m	427.2	225.45994	628.94006	0.0000010
I:w-I:m	602.8	401.05994	804.54006	0.0000000
a:w-I:m	-322.4	-524.14006	-120.65994	0.0002373
E:w-a:m	892.1	690.35994	1093.84006	0.0000000
I:w-a:m	1067.7	865.95994	1269.44006	0.0000000
a:w-a:m	142.5	-59.24006	344.24006	0.3094441
I:w-E:w	175.6	-26.14006	377.34006	0.1221478
a:w-E:w	-749.6	-951.34006	-547.85994	0.0000000
a:w-I:w	-925.2	-1126.94006	-723.45994	0.0000000

2. Unterscheiden sich Männer und Frauen derselben Vokale? (Geschlecht variiert, Vokal ist konstant)?

alles andere ist unwichtig

\$Vokal

	diff	lwr	upr	p adj
I-E	110.80	-5.561759	227.1618	0.0650875
a-E	-584.25	-700.611759	-467.8882	0.0000000
a-I	-695.05	-811.411759	-578.6882	0.0000000

/I/ vs /E/ nicht signifikant

/a/ vs /E/ sig: $p < 0.001$

/a/ vs /I/ sig: $p < 0.001$

\$Gen

	diff	lwr	upr	p adj
w-m	406.1667	327.1282	485.2052	0

Gender: sig. $p < 0.001$

abgesehen von /a/

\$`Vokal:Gen`

	diff	lwr	upr	p adj
I:m-E:m	46.0	-155.74006	247.74006	0.9841188
a:m-E:m	-418.9	-620.64006	-217.15994	0.0000015
E:w-E:m	473.2	271.45994	674.94006	0.0000001
a:m-I:m	-464.9	-666.64006	-263.15994	0.0000001
I:w-I:m	602.8	401.05994	804.54006	0.0000000
a:w-a:m	142.5	-59.24006	344.24006	0.3094441
I:w-E:w	175.6	-26.14006	377.34006	0.1221478
a:w-E:w	-749.6	-951.34006	-547.85994	0.0000000
a:w-I:w	-925.2	-1126.94006	-723.45994	0.0000000

Haupteffekte

Response: F2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Vokal	2	5578128	2789064	119.637	< 2.2e-16	***
Gen	1	2474570	2474570	106.147	2.354e-14	***
Vokal:Gen	2	563391	281696	12.083	4.603e-05	***
Residuals	54	1258885	23313			

Post-hoc

/l/ vs /E/ nicht signifikant /a/ vs /E/ sig: $p < 0.001$

/a/ vs /l/ sig: $p < 0.001$ Gender: sig. $p < 0.001$
abgesehen von /a/

Vokal ($F[2,54] = 119.6$, $p < 0.001$) sowie Gender ($F[1,54] = 106.1$, $p < 0.001$) hatten einen signifikanten Einfluss auf F2 und es gab eine signifikante Interaction ($F[2,54] = 12.1$, $p < 0.001$) zwischen diesen Faktoren. Post-hoc Tukey-Tests zeigten signifikante **F2-Unterschiede zwischen /a/ vs /E/ ($p < 0.001$)** und **zwischen /a/ vs /l/ ($p < 0.001$)** **jedoch nicht zwischen /l/ vs. /E/**. F2 von Männern und Frauen unterschieden sich signifikant für alle Vokale außer /a/.

phsel() Funktion

Die benötigten Kombinationen bekommt man auch mit **phsel()**

```
source(file.path(pfad, "phoc.txt"))
```

```
names(tk)
```

```
[1] "Vokal"
```

```
"Gen"
```

```
"Vokal:Gen"
```

Interaktion an
dritter Stelle

Vokal variiert

```
phsel(tk[[3]], 1)
```

Faktor 1 variiert

Geschlecht variiert

```
phsel(tk[[3]], 2)
```

Faktor 2 variiert

```
vok.aov = aov(F2 ~ Vokal * Gen, data = vok)
```