

Varianzanalyse mit Messwiederholungen

(Repeated-measures ANOVA)

Jonathan Harrington

Befehle: anova2.txt

```
path = "Verzeichnis wo Sie anova1 gespeichert haben"  
attach(paste(path, "anova1", sep="/"))
```

Messwiederholungen: der gepaarte t-test

8 französische Vpn. erzeugten /pa/ und /ba/. Die VOT-Werte (ms) für diese 8 Vpn. sind wie folgt. Wir wollen prüfen, ob sich diesbezüglich /pa/ und /ba/ unterscheiden.

		ba	pa
8 verschiedene Vpn, zwei Messung pro Vpn, einmal fuer /pa/, einmal fuer /ba/	[1,]	10	20
	[2,]	-20	-10
	[3,]	5	15
	[4,]	-10	0
	[5,]	-25	-20
	[6,]	10	16
	[7,]	-5	7
	[8,]	0	5

VOT für Vpn 4 ist -10
ms für /ba/, 0 ms
für /pa/.

Ist der VOT-Unterschied zwischen /ba, pa/ signifikant?

Messwiederholungen: der gepaarte t-test

	ba	pa
[1,]	10	20
[2,]	-20	-10
[3,]	5	15
[4,]	-10	0
[5,]	-25	-20
[6,]	10	16
[7,]	-5	7
[8,]	0	5

Vielleicht ein t-test?

```
ba = c(10, -20, 5, -10, -25, 10, -5, 0)
pa = c(20, -10, 15, 0, -20, 16, 7, 5)
vot = c(ba, pa)
vot.l = factor(c(rep("ba", length(ba)), rep("pa", length(pa))))
t.test(vot ~ vot.l, var.equal=T)
```

```
data: vot by vot.l
```

```
t = -1.2619, df = 14, p-value = 0.2276
```

Nicht signifikant

Messwiederholungen: der gepaarte t-test

```
    ba  pa
[1,] 10 20
[2,] -20 -10
[3,]  5 15
[4,] -10  0
[5,] -25 -20
[6,] 10 16
[7,] -5  7
[8,]  0  5

      Two Sample t-test
data:  vot by vot.l
t = -1.2619, df = 14, p-value = 0.2276
alternative hypothesis: true difference in means is
not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -22.94678    5.94678
sample estimates:
mean in group ba mean in group pa
      -4.375          4.125
```

Mit einem konventionellen t-Test wird jedoch nicht berücksichtigt, dass die Werte **gepaart sind**, d.h. Paare von /pa, ba/ sind **von derselben Vpn.** Genauer: der Test vergleicht einfach **den Mittelwert von /pa/ (über alle 8 Vpn) mit dem Mittelwert von /ba/**, ohne zu berücksichtigen, dass z.B. VOT von Vpn. 2 insgesamt viel weniger ist als VOT von Vpn. 6.

Messwiederholungen: der gepaarte t-test

Ein **gepaarter t-test** klammert die Sprechervariation aus und vergleicht **innerhalb von jedem Sprecher** ob sich /pa/ und /ba/ unterscheiden

```
t.test(vot ~ vot.1, var.equal=T, paired=T)
```

```
Paired t-test
```

```
data:  vot by vot.1
```

```
t = -8.8209, df = 7, p-value = 4.861e-05
```

```
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
```

```
95 percent confidence interval:
```

```
-10.778609  -6.221391
```

```
sample estimates:
```

```
mean of the differences
```

```
-8.5
```

Signifikant, $t = -8.82$, $df = 7$, $p < 0.001$

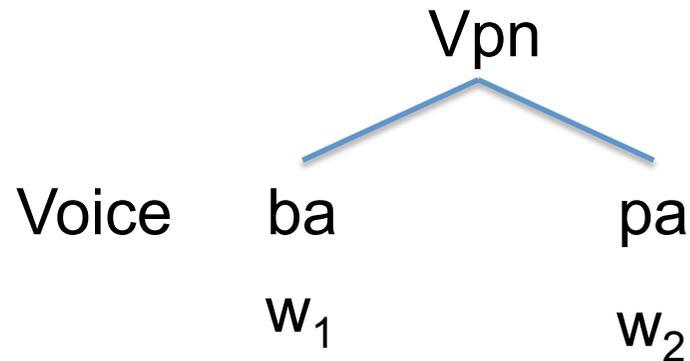
Within- and between-subjects factors

within-subject factor

Für das letzte Beispiel war Voice (Ebenen = ba, pa) ein **within-subjects Faktor**, weil es **pro Versuchsperson für jede Ebene von Voice einen Wert gab** (einen Wert für ba, einen Wert für pa).

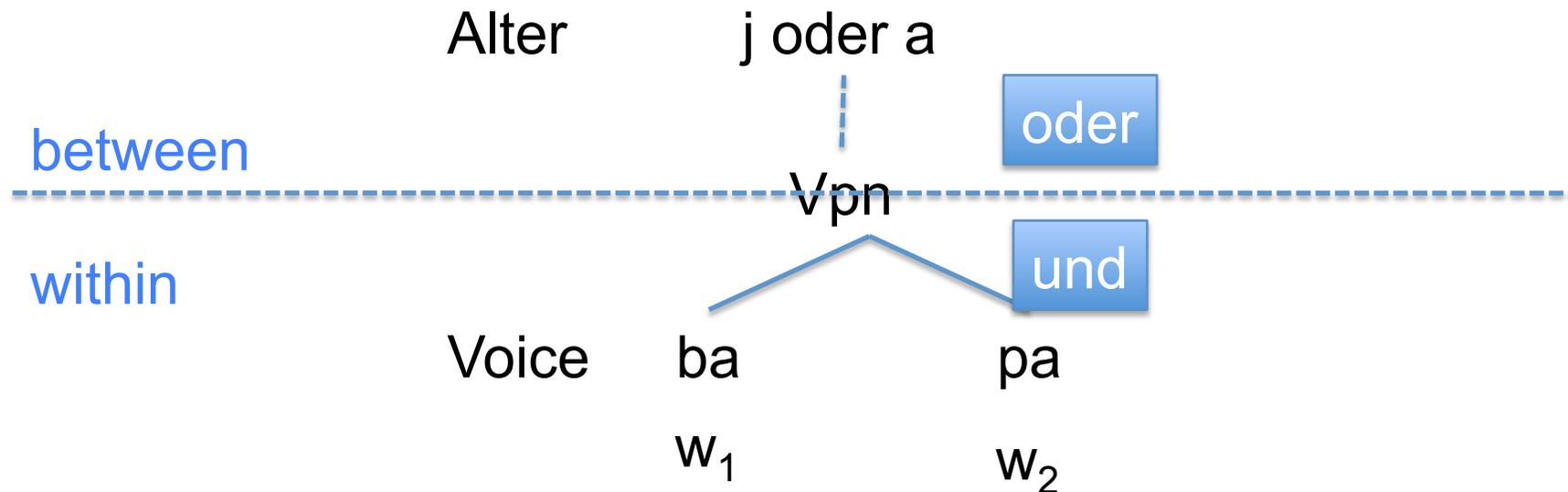
	ba	pa
[1,]	10	20
[2,]	-20	-10
[3,]	5	15
[4,]	-10	0
[5,]	-25	-20
[6,]	10	16
[7,]	-5	7
[8,]	0	5

Vpn ist ein Faktor mit 8 Ebenen (die Versuchspersonen). Voice ist ein Faktor mit 2 Ebenen (ba, pa). w_1, w_2 sind numerische Werte



Within- and between-subjects factors

Ein **Between subjects factor** beschreibt meistens eine kategorische Eigenschaft pro Vpn. Z.B. Sprache (englisch oder deutsch oder französisch), Geschlecht (m oder w), Alter (jung oder alt) usw.



Within- and between-subjects factors

	ba	pa
[1,]	10	20
[2,]	-20	-10
[3,]	5	15
[4,]	-10	0
[5,]	-25	-20
[6,]	10	16
[7,]	-5	7
[8,]	0	5

Between keine

Within Voice

Die Kieferposition wurde in 3 Vokalen /i, e, a/ und jeweils zu 2 Sprechtempi (langsam, schnell) gemessen. Die Messungen (3 x 2 = 6 pro Vpn) sind von 16 Vpn erhoben worden, 8 mit Muttersprache spanisch, 8 mit Muttersprache englisch.

Inwiefern haben Sprache, Sprechtempo, oder Vokale einen Einfluss auf die Kieferposition?

Between

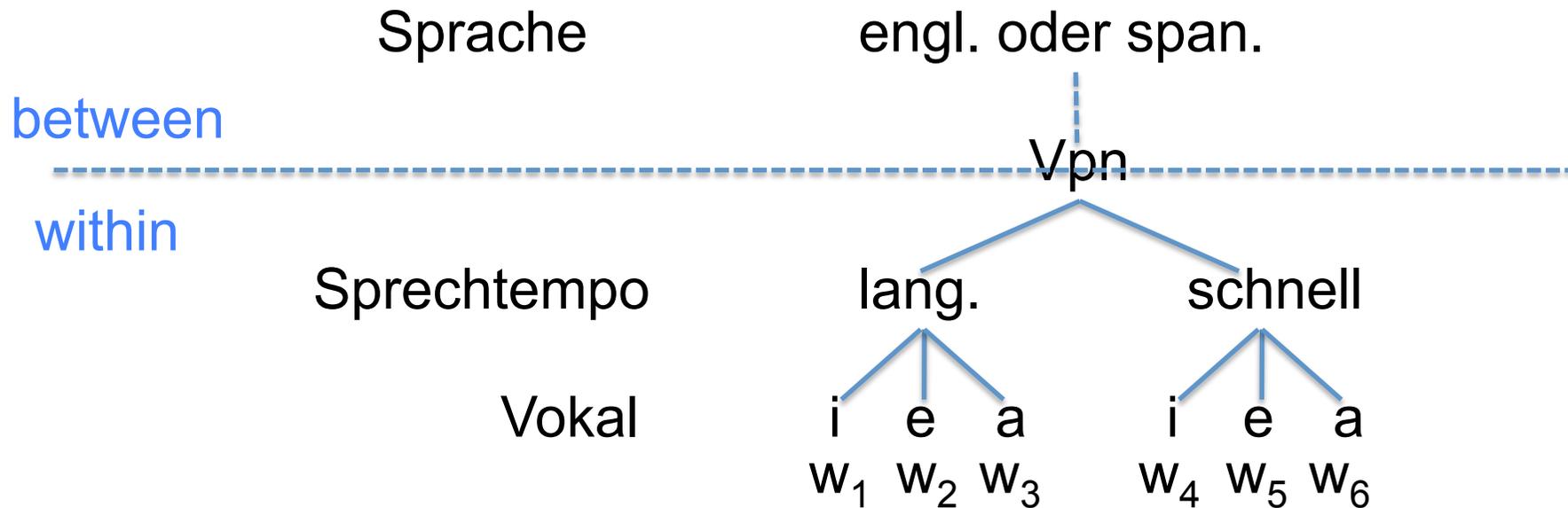
Sprache

Within

Sprechtempo, Vokal

Within- and between-subjects factors

Die Kieferposition wurde in 3 Vokalen /i, e, a/ und jeweils zu 2 Sprechtempi (langsam, schnell) gemessen. Die Messungen sind von 8 mit Muttersprache spanisch, 8 mit Muttersprache englisch aufgenommen worden.



ANOVA mit Messwiederholungen und der gepaarte t-test

Die Verallgemeinerung von einem gepaarten t-test ist die **Varianzanalyse mit Messwiederholungen** (RM-ANOVA, repeated measures ANOVA).

	ba	pa
[1,]	10	20
[2,]	-20	-10
[3,]	5	15
[4,]	-10	0
[5,]	-25	-20
[6,]	10	16
[7,]	-5	7
[8,]	0	5

Between: keine

Within: Voice

```
Sprecher = factor(rep(1:8, 2))
```

```
vot.aov = aov(vot ~ vot.l + Error(Sprecher/vot.l))
```

```
summary(vot.aov)
```

bedeutet: vot.l ist within

ANOVA mit Messwiederholungen und der gepaarte t-test

Error: Sprecher

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Residuals	7	2514.75	359.25		

between

Error: Sprecher:vot.1

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
vot.1	1	289.000	289.000	77.808	4.861e-05 ***
Residuals	7	26.000	3.714		

within

Stimmhaftigkeit hat einen signifikanten Einfluss auf VOT ($F(1, 7) = 77.8, p < 0.001$).

Vergleich mit dem gepaarten t-test

Paired t-test

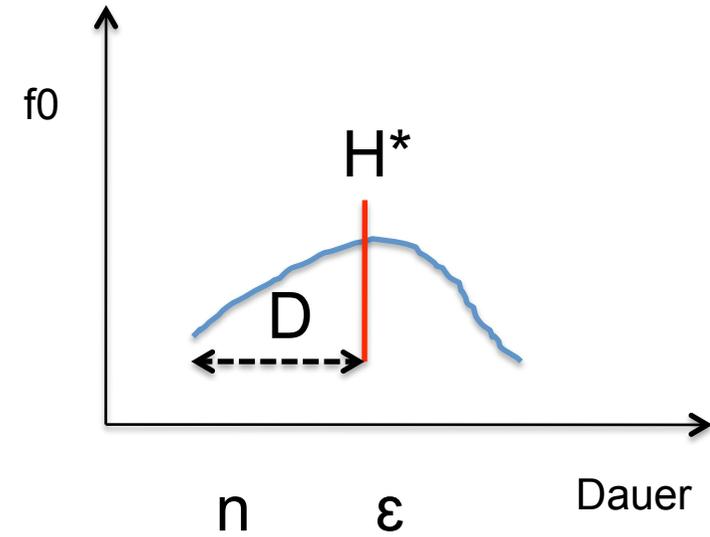
data: vot by vot.1

$t = -8.8209, df = 7, p\text{-value} = 4.861e-05$

(und der F-Wert ist der t-Wert hoch 2)

ANOVA mit Messwiederholungen: between and within

Die Dauer, D , (ms) wurde gemessen zwischen dem Silbenonset und dem H^* Tonakzent in äußerungsinitialen Silben (zB nächstes) und -finalen Silben (demnächst) jeweils von 10 Vpn., 5 aus Bayern (B) und 5 aus Schleswig-Holstein (SH).



Inwiefern wird die Dauer von der Position und/oder Dialekt beeinflusst?

Die Daten:

`dr`

`names(dr)`

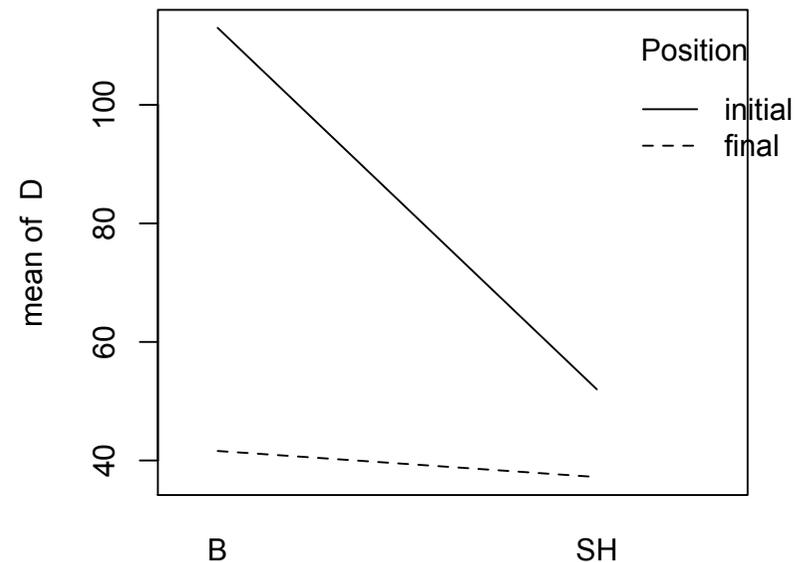
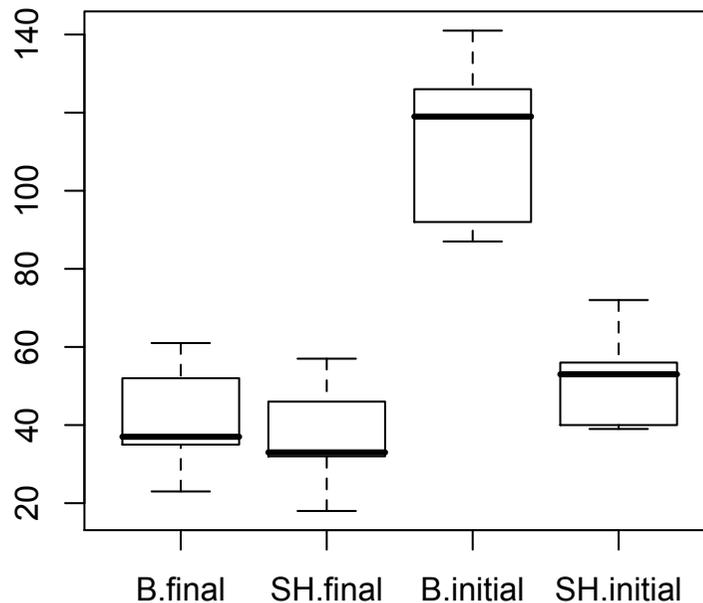
`attach(dr)`

ANOVA mit Messwiederholungen: between and within

Abbildungen

`boxplot(D ~ Dialekt * Position)`

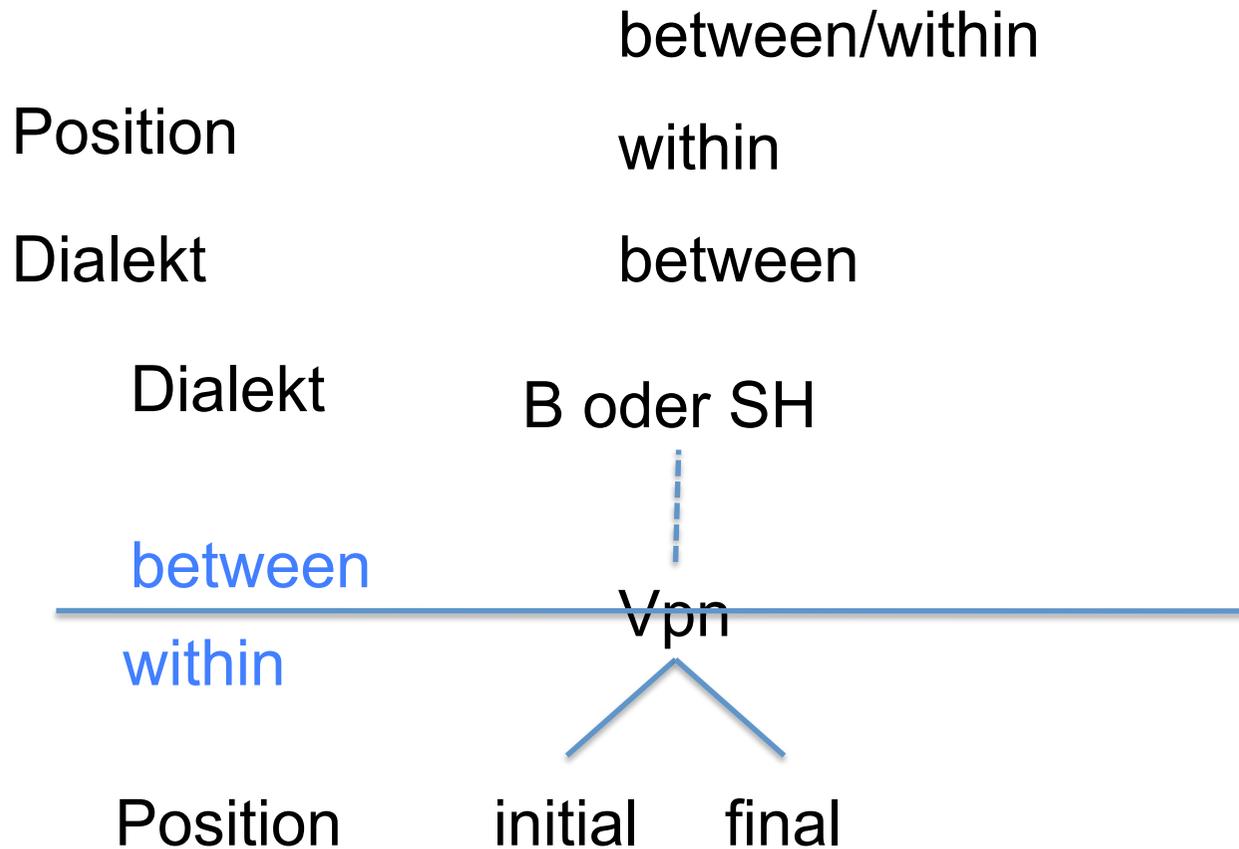
`interaction.plot(Sprache, Dialekt, D)`



Position signifikant? Dialekt signifikant?

Interaktion?

ANOVA mit Messwiederholungen: between and within



aov() Befehl?

```
dr.aov = aov(D ~ Dialekt * Position + Error(Vpn/Position))
```

```
summary(dr.aov)
```

ANOVA mit Messwiederholungen: between und within

Error: Vpn

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Dialekt	1	5346.4	5346.4	11.081	0.01040 *
Residuals	8	3860.0	482.5		

between

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

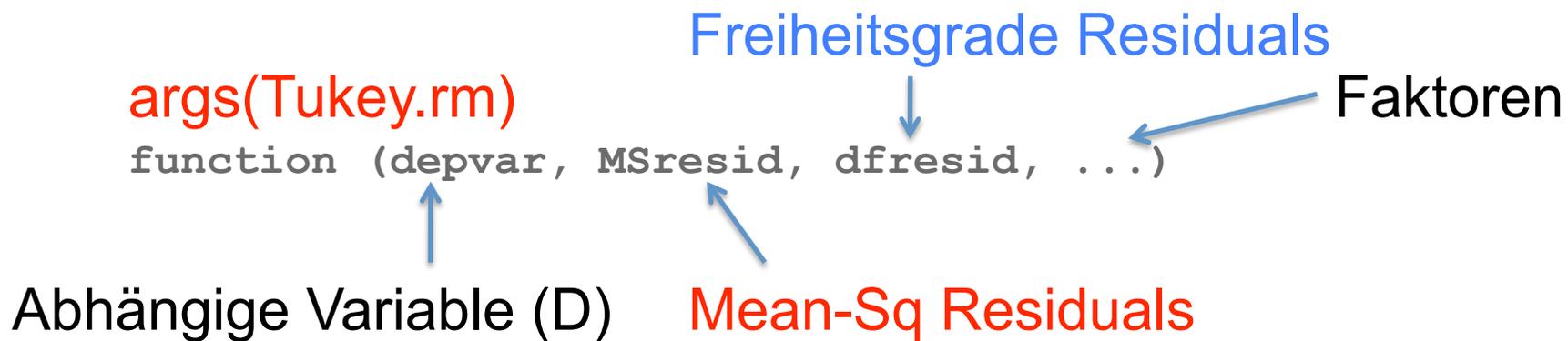
Error: Vpn:Position

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Position	1	9288.0	9288.0	98.547	8.965e-06 ***
Dialekt:Position	1	4004.4	4004.4	42.487	0.0001845 ***
Residuals	8	754.0	94.2		

Dialekt ($F(1, 8)=11.08$, $p < 0.05$) und Position ($F(1, 8) = 98.56$, $p < 0.001$) hatten einen signifikanten Einfluss auf die Dauer und es gab eine signifikante Interaktion ($F(1, 1)=42.50$, $p < 0.001$) zwischen diesen Faktoren.

post-hoc Test

TukeyHSD() lässt sich leider nicht auf die Ausgabe einer RM-ANOVA anwenden. Stattdessen gibt es eine Funktion (hier im IPS geschrieben) Tukey.rm()



Error: Vpn

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Dialekt	1	5346.4	5346.4	11.081	0.01040 *
Residuals	8	3860.0	482.5		

Error: Vpn:Position

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Position	1	9288.0	9288.0	98.547	8.965e-06 ***
Dialekt:Position	1	4004.4	4004.4	42.487	0.0001845 ***
Residuals	8	754.0	94.2		

Wir nehmen diese Residuals, weil Dialekt:Position hier vorkommt

Tukey.rm(D, 94.2, 8, Dialekt, Position)

Tukey.rm(D, 94.2, 8, Dialekt, Position)

```
[,1]  
SH.initial-SH.final 0.15205839  
SH.initial-B.initial 0.00004144  
SH.initial-B.final 0.38564263  
SH.final-B.initial 0.00000812  
SH.final-B.final 0.88772790  
B.initial-B.final 0.00001275
```

Post-hoc Tukey tests zeigten, dass der Unterschied in der Dauer zwischen initialer und finaler Position signifikant war für die Versuchspersonen aus Bayern ($p < 0.001$) jedoch nicht aus Schleswig-Holstein.

Die Reaktionszeit (gemessen durch Knopfdruck) ein /x/ Phonem in deutschen Wörtern wahrzunehmen, wurde von 10 L2-Sprechern von deutsch (5 L1-französisch und 5 L1-englisch) gemessen. Die Reaktionszeiten sind zweimal erhoben: als sie nach Deutschland kamen (0 Monate) und 6 Monate nachdem sie in Deutschland waren.

Vpn	Sprache	0 Monate	6 Monate
1	F	121	92
2	F	192	57
3	F	110	75
4	F	130	71
5	F	180	70
6	E	95	91
7	E	88	72
8	E	54	61
9	E	78	69
10	E	62	58

Werden die Reaktionszeiten von der Muttersprache und/oder der Aufenthaltsdauer beeinflusst?