

Varianzanalyse mit Messwiederholungen

(Repeated-measures (M)ANOVA)

Jonathan Harrington

Befehle: anova2.txt

```
pfad = "Verzeichnis wo Sie anovaobjekte gespeichert haben"
```

```
attach(paste(pfad, "anovaobjekte", sep="/"))
```

```
library(car)
```

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	[1,]	10	20	
Vpn, zwei	[2,]	-20	-10	
Messung pro	[3,]	5	15	
Vpn, einmal	[4,]	-10	0	←
fuer /pa/, einmal	[5,]	-25	-20	
fuer /ba/	[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.1
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 kleiner 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, $t = -8.82$, $df = 7$, $p < 0.001$

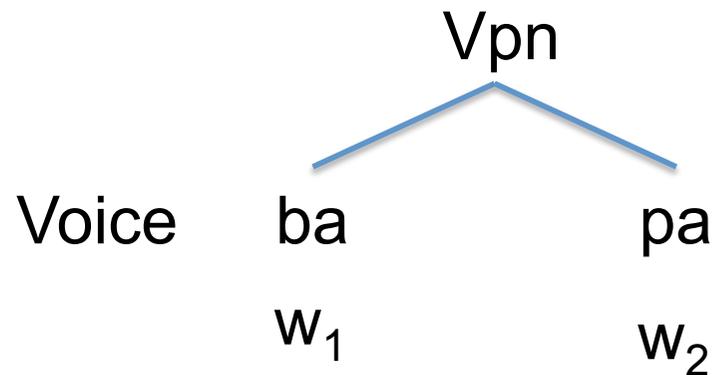
Within- and between-subjects factors

within-subject factor

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

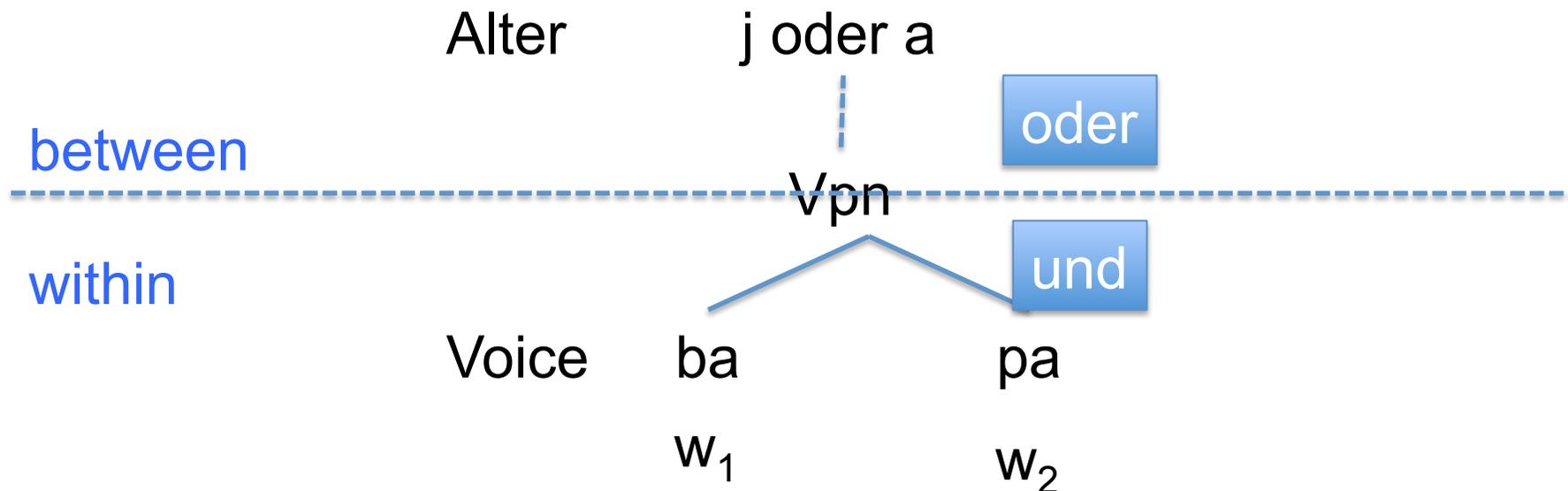
	ba	pa
[1,]	10	20
[2,]	-20	-10
[3,]	5	15
[4,]	-10	0
[5,]	-25	-20
[6,]	10	16
[7,]	-5	7
[8,]	0	5

Vpn ist ein Faktor mit 8 Stufen (die Versuchspersonen). Voice ist ein Faktor mit 2 Stufen (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

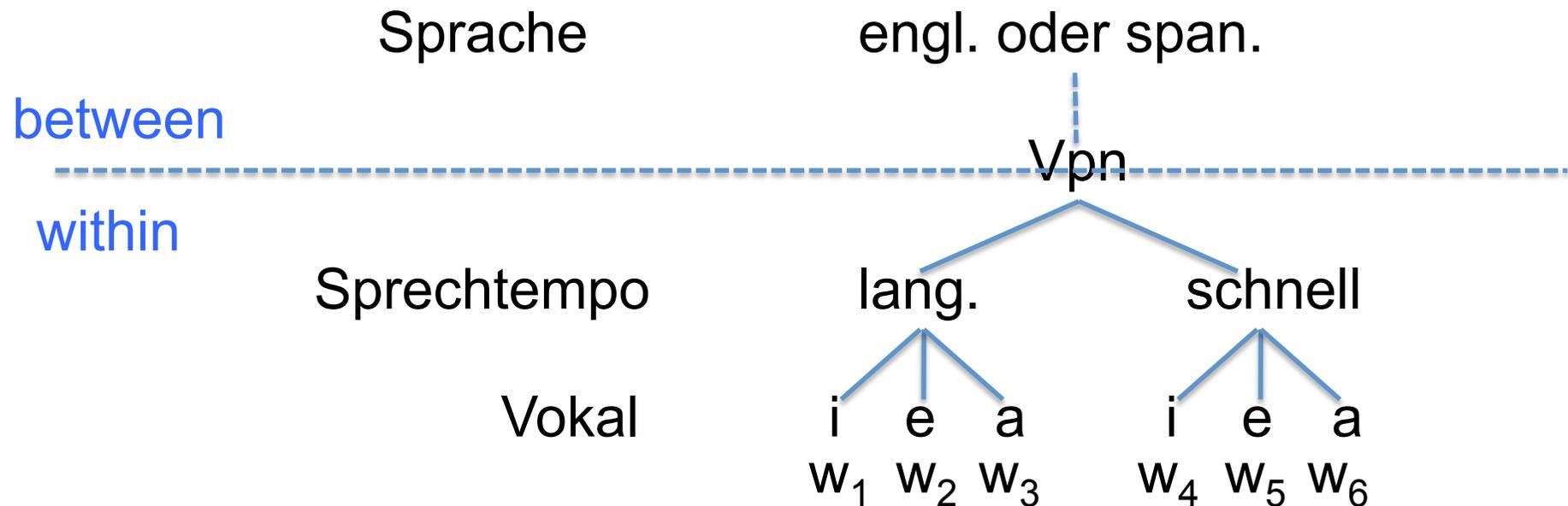
Sprache

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 Generalisierung eines gepaarten t-tests 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-value = 4.861e-05

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

MANOVA mit Messwiederholungen

kann auch eingesetzt werden, um denselben Test durchzuführen.

Vorteile eines RM-Manovas gegenüber einem RM-Anova*

1. Keine Probleme mit 'Sphericity' (grob: die Annahme in einem konventionellen RM-Anova, dass die Varianzen der Stufen sich voneinander nicht signifikant unterscheiden).

2. Einfacherer Interface zum Post-hoc Test

(siehe O'Brien & Kaiser, 1985, *Psychological Bulletin*)

Manova mit Messwiederholungen

1. Daten vorbereiten

```
vdaten = data.frame(vot, Sp= factor(Sprecher), Voice = factor(vot.I))  
code = c("d", "s", "w")  
vdaten.t = Anova.prepare(vdaten, code)
```

code: Ein Vektor der, die Spalten vom data-frame beschreibt

"d": Abhängige Variable

"s": Sprecher

"w": within

"b": between

2. RM-Manova durchführen

```
vdaten = data.frame(vot, Sp= factor(Sprecher), Voice = factor(vot.l))  
code = c("d", "s", "w")  
vdaten.t = Anova.prepare(vdaten, code)
```

~1 bedeutet: keine between- Faktoren

Abhängige Variable(n)

Die within-Faktoren

```
vdaten.lm = lm(vdaten.t$d ~ 1)
```

```
vdaten.aov = Anova(vdaten.lm, idata=vdaten.t$w, idesign=~Voice)
```

bleibt gleich, also immer `dataframe$w`

3. Ergebnisse

vdaten.aov

```
Type III Repeated Measures MANOVA Tests: Pillai test statistic
          Df test stat approx F num Df den Df    Pr(>F)
(Intercept) 1  9.94e-05   0.001      1      7    0.9797
Voice       1   0.917   77.808      1      7  4.861e-05 ***
```

Der Stimmhaftigkeitsunterschied ist signifikant ($F[1,7] = 77.8, p < 0.001$).

3. Ergebnisse

Die Ausgabe der RM-Manova enthält auch diejenigen der RM-Anova: `summary(vdaten.aov, mult=F)`

```
Univariate Type III Repeated-Measures ANOVA Assuming Sphericity

              SS num Df Error SS den Df          F      Pr(>F)
(Intercept)   0.25     1 2514.75         7 0.0007     0.9797
Voice         289.00     1   26.00         7 77.8077 4.861e-05 ***
```

Diese sind immer identisch mit dem RM-Anova, den wir vorhin durchgeführt haben

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

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

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

3. Ergebnisse

Schließlich sind auch die Ergebnisse von einem RM-Manova und RM-Anova identisch, wenn die Anzahl der Freiheitsgrade im Zähler = 1 (also bei 2 Stufen)

RM-MANOVA

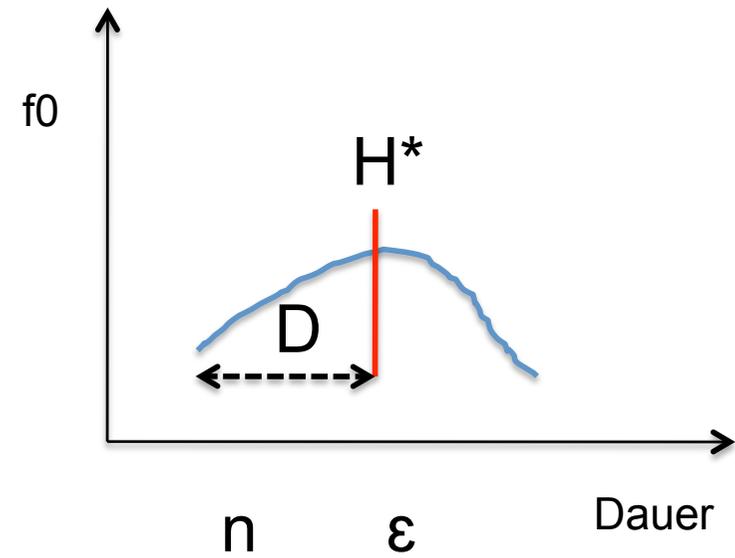
```
Type III Repeated Measures MANOVA Tests: Pillai test statistic
          Df test stat approx F num Df den Df      Pr(>F)
(Intercept)  1  9.94e-05   0.001      1      7      0.9797
Voice        1   0.917   77.808      1      7  4.861e-05 ***
```

RM-ANOVA

```
Univariate Type III Repeated-Measures ANOVA Assuming Sphericity
          SS num Df Error SS den Df      F      Pr(>F)
(Intercept)  0.25      1  2514.75      7  0.0007      0.9797
Voice       289.00      1   26.00      7  77.8077  4.861e-05 ***
```

RM-(M)anova: 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?

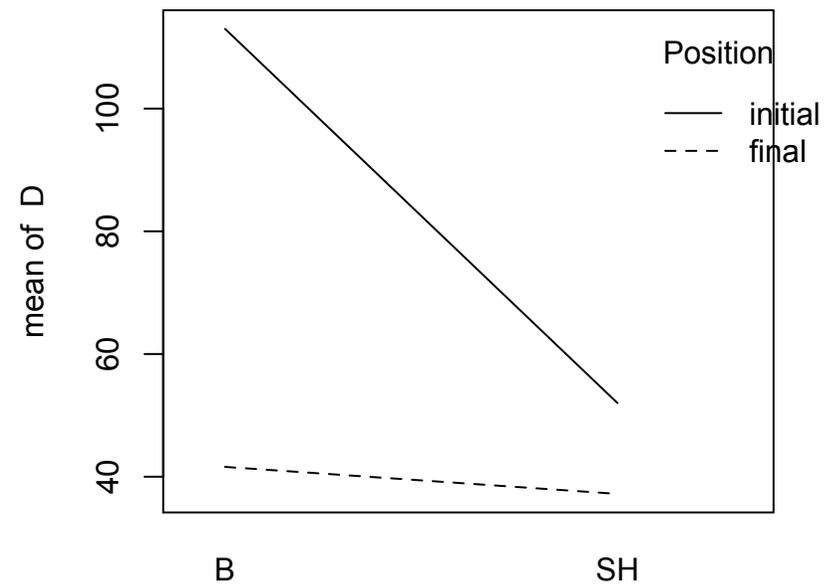
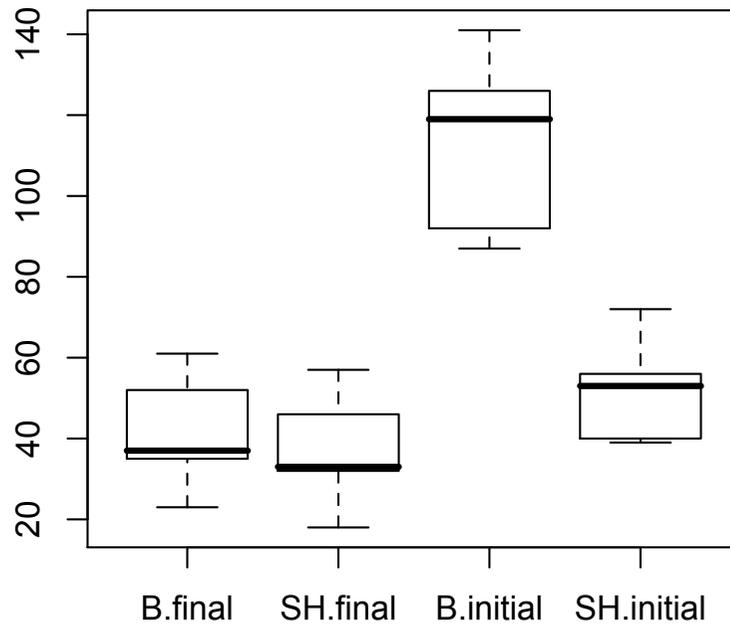
Die Daten: `dr` `names(dr)` `attach(dr)`

RM-(M)anova: between and within

Abbildungen

`boxplot(D ~ Dialekt * Position)`

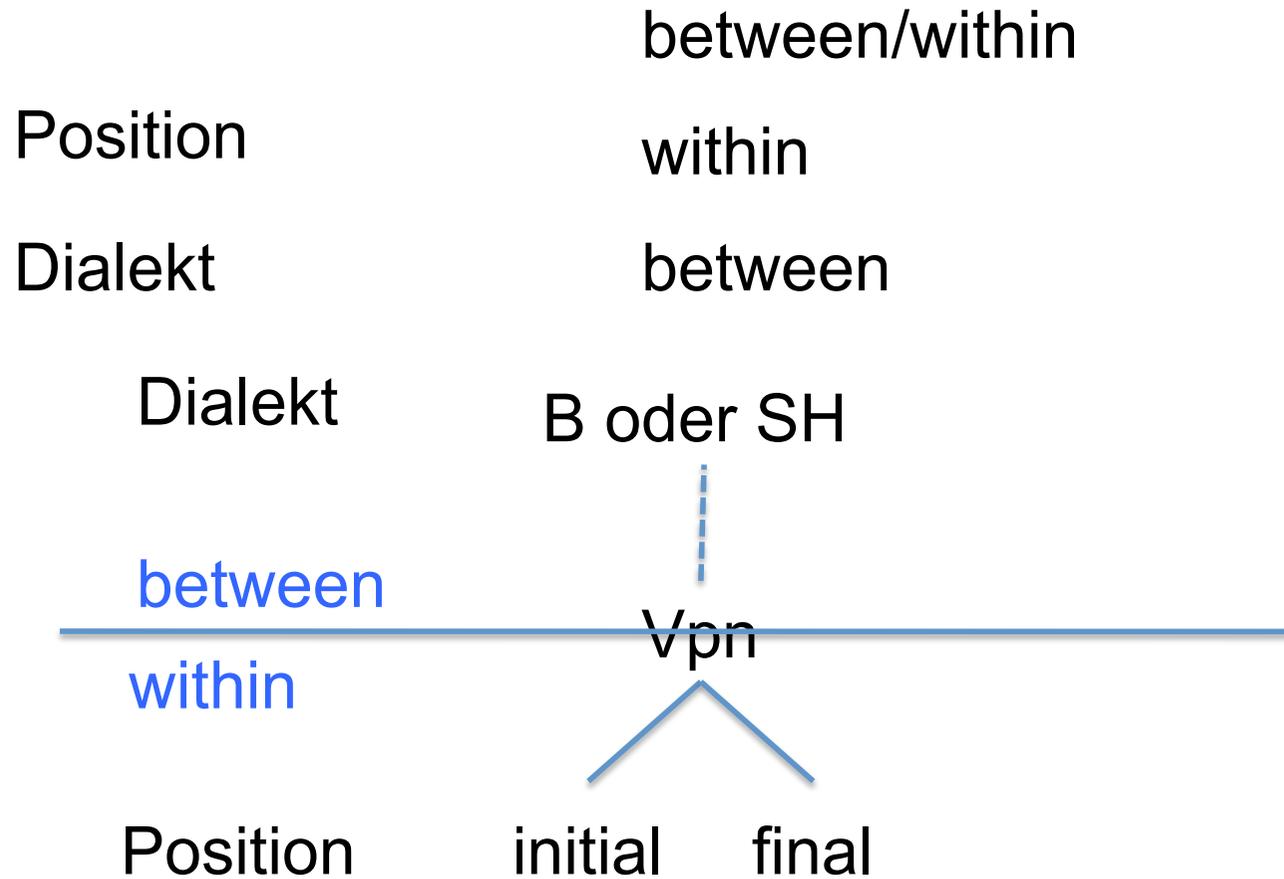
`interaction.plot(Dialekt, Position, D)`



Position signifikant? Dialekt signifikant?

Interaktion?

RM-(M)anova: between and within



1. Daten vorbereiten

```
code = c("d", "b", "s", "w")  
dr.t = Anova.prepare(dr, code)
```

Zusätzlich: Alle Between-Faktoren explizit nennen

```
Dialekt = factor(dr.t$b)
```

Between

```
graph TD; A[Dialekt = factor(dr.t$b)] --> B[Between]; B --> C[dr.lm = lm(dr.t$d ~ Dialekt)];
```

2. RM-Manova durchführen

```
dr.lm = lm(dr.t$d ~ Dialekt)
```

```
dr.aov = Anova(dr.lm, idata = dr.t$w, idesign = ~ Position)
```

Within

```
graph TD; D[Within] --> E[dr.aov = Anova(dr.lm, idata = dr.t$w, idesign = ~ Position)];
```

Ergebnisse*

dr.aov

```
Type II Repeated Measures MANOVA Tests: Pillai test statistic
          Df test stat approx F num Df den Df      Pr(>F)
Dialekt      1      0.581    11.081      1      8 0.0104034 *
Position     1      0.925    98.547      1      8 8.965e-06 ***
Dialekt:Position 1      0.842    42.488      1      8 0.0001845 ***
```

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 ($F[1, 8]=42.50$, $p < 0.001$) zwischen diesen Faktoren.

*das selbe:

```
summary(dr.aov, mult=F)
```

```
summary(aov(D ~ Dialekt * Position + Error(Vpn/Position)))
```

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?