

Mixed Models

Jonathan Harrington

```
library(ez)  
library(lme4)  
library(multcomp)  
source(file.path(pfadu, "phoc.txt"))
```

Mixed Models und die Varianzanalyse

Mixed Models bieten eine flexiblere Alternative zur Varianzanalyse

- Keine within/between Trennung
- Keine Notwendigkeit für ein 'balanced' design
- Die Stufen müssen nicht pro Vpn. vollständig sein
- Es muss nicht über Wiederholungen in der selben Stufe gemittelt werden
- Keine Greenhouse-Geißer Korrektur
- Die Variabilität mehrerer Faktoren kann ausgeklammert werden (in ANOVA nur eines: meistens der Sprecher)
- Eine Mischung aus unabhängigen numerischen und kategorialen Faktoren ist möglich. z.B. Haben f0 (numerisch) und Dialekt (kategorial) einen Einfluss auf die Dauer?
- In R: die selbe Funktion/Syntax wenn die abhängige Variable kontinuierlich (MM) oder kategorial (GLMM) ist.

Nachteil

MM ist ein relativ neues Verfahren, und man ist sich nicht immer einig wie die Wahrscheinlichkeiten (ob Faktoren signifikant sind) eingeschätzt werden sollen.

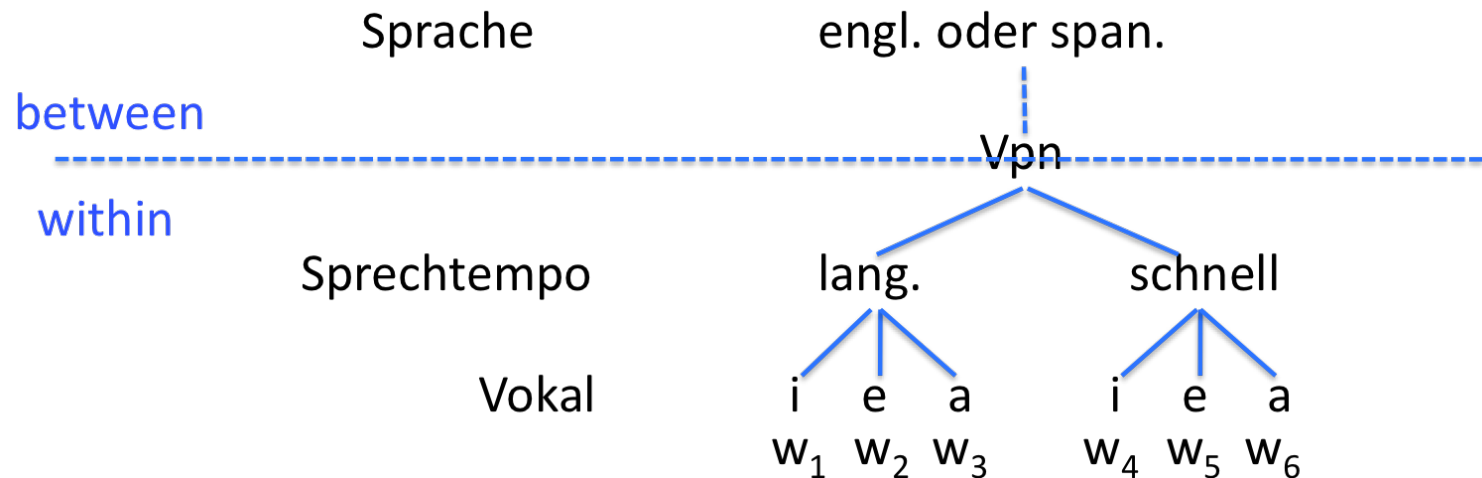
Faktoren in einem MM

Im MM-Verfahren wird prinzipiell zwischen 2 verschiedenen Sorten von Faktoren differenziert

- Fixed = Faktoren die vorhanden sind, unabhängig von dem experimentellen Design (z.B. Geschlecht, Sprache, Alter)
- Random: Faktoren, die randomisierte Stichproben aus einer Bevölkerung enthalten (z.B. Versuchspersonen, Wörter).

Vergleich: MM und RM-ANOVA

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.



Mixed model

Fixed: Sprache, Sprechtempo, Vokal

soll geprüft werden

Random: Sprecher

soll ausgeklammert werden

Vergleich: MM und ANOVA

F1 von /a:/ wurde in 100 verschiedenen Wörtern gemessen (*Bart, Pfad, mager, maßgebend, erstarrt...*). Die Wörter wurden von 10 Vpn produziert sowohl phrasenmedial als auch phrasenfinal. Inwiefern wird F1 von Phrasenposition beeinflusst (N.B. F1 variiert sehr stark wegen Kontext, also von Wort zu Wort).

(a) Wir wollen die Sprechervariation ausklammern
(Random Factor)

(b) Wir wollen aber *auch* die Wortvariation ausklammern (dass F1 unterschiedliche Werte hat in *Bart* vs. *mager* usw. interessiert uns nicht).

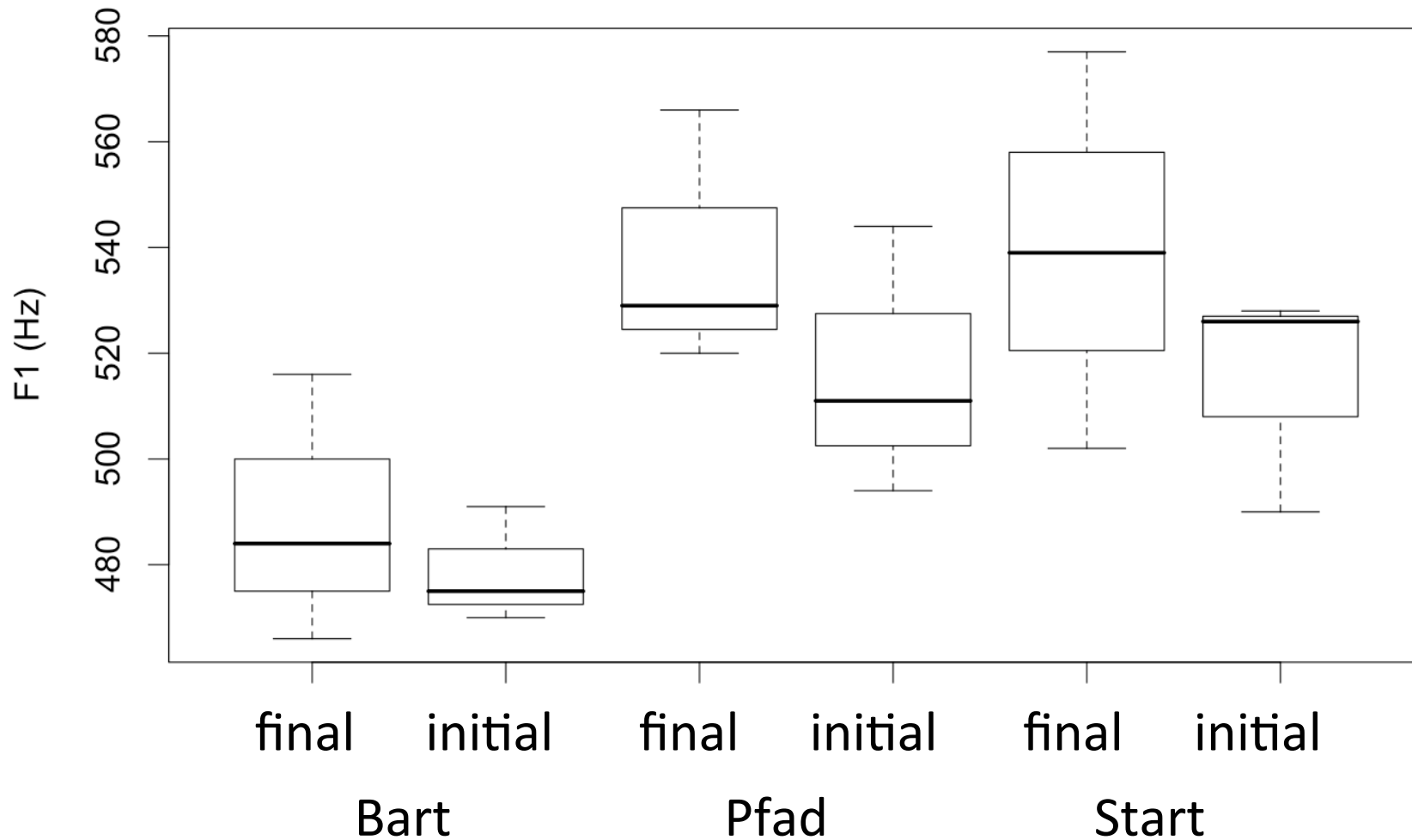
(a) und (b) gleichzeitig ausklammern mit einer einzigen ANOVA geht nicht.

MM

Fixed: Phrasenposition

Random: Sprecher, Wort

(b) Wir wollen auch die Wortvariation ausklammern
(dass F1 unterschiedliche Werte hat in *Bart* vs. *mager*
usw. interessiert uns nicht).



Mixed model (MM)

Ein MM ist eine Art von Regression in dem ein Response (abhängige Variable) aus einer Kombinationen von gewichteten Faktoren eingeschätzt wird.

Lineares Modell, Minimierung vom Abstand zwischen tatsächlichen und eingeschätzten Werten – sehr ähnlich wie Regression.

(Das Verfahren um dies zu tun, ist aber nicht least-squares wie in Regression sondern maximum-likelihood)

MM: Ein Fixed-Faktor

Die folgenden Daten zeigen die Wortdauer von fünf Sprechern wenn sie leise, normal, und laut sprechen. Hat die Lautstärke einen Einfluss auf die Dauer?

Wortdauer in ms

	leise	normal	laut
Sprecher			
A	250	255	262
B	225	235	230
C	270	282	285
D	235	240	246
E	215	220	223

```
amp = read.table(file.path(pfadu, "amplitude.txt"))
```

Lösung mit ANOVA

(Amplitude ist within)

```
ezANOVA(amp, .(d), .(Vpn), .(Amplitude))
```

```
$ANOVA
```

	Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
2	Amplitude	2	8	17.28631	0.00124692	*	0.04044032

```
$`Mauchly's Test for Sphericity`
```

	Effect	W	p	p<.05
2	Amplitude	0.8393451	0.7689725	

```
$`Sphericity Corrections`
```

	Effect	GGe	p[GG]	p[GG]<.05	HFe	p[HF]	p[HF]<.05
2	Amplitude	0.8615825	0.00241917	*	1.452856	0.00124692	*

Die Dauer wurde signifikant von der Amplitude beeinflusst ($F[2, 8] = 17.3$, $p < 0.01$)

($GGe > 0.75$, daher HFe. Jedoch $HFe > 1$, daher muss nichts geändert werden)

MM: Ein Fixed-Faktor

$$\hat{d} = m \times \text{Amplitude} + k + k_{Vpn}$$

Sprecher-
spezifischer
Intercept

Die eingeschätzte Dauer = ein Gewicht x Amplitude + Intercept +

abhängige
(kontinuierliche)
Variable

Fixed
Faktor

Random Faktor (für den
die Variabilität
ausgeklammert wird)

$a = \text{lmer}(d \sim \text{Amplitude} + (1 | Vpn), \text{data} = \text{amp})$

Ein Fixed-Faktor

```
a = lmer(d ~ Amplitude + (1|Vpn), data = amp)
```

```
anova(a)
```

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value
Amplitude	2	277.73	138.87	17.286

Je höher der F-Wert umso wahrscheinlicher, dass Amplitude einen signifikanten Einfluss auf die Dauer hat. Um dies zu prüfen, das Modell noch einmal ohne den Fixed-Faktor berechnen, und dann die beiden Modelle mit einem χ^2 -Test vergleichen:

Modell ohne fixed-Faktoren



```
ohne = lmer(d ~ 1 + (1|Vpn), data = amp)
```

oder: das ursprüngliche Modell ohne Amplitude:

```
ohne = update(a, ~ . -Amplitude)
```

Ein Fixed-Faktor

```
a = lmer(d ~ Amplitude + (1 | Vpn), data = amp)
```

```
ohne = update(a, ~ . - Amplitude)
```

```
anova(a, ohne)
```

```
Data: amp
```

```
Models:
```

```
a2: d ~ 1 + (1 | Vpn)
```

```
a: d ~ Amplitude + (1 | Vpn)
```

	Df	AIC	BIC	logLik	Chisq	Chi	Df	Pr(>Chisq)
a2	3	119.84	121.97	-56.921				
a	5	107.04	110.58	-48.522	16.798		2	0.000225 ***

Die Dauer wurde signifikant von der Amplitude beeinflusst
($\chi^2[2] = 16.8$, $p < 0.001$)

Post-hoc Tests (wenn der Fixed-Faktor mehr als 2 Stufen hat)

ANOVA

```
p = phoc(amp, .(d), .(Vpn), .(Amplitude))  
round(p$res, 3)
```

	t	df	prob-adj
leise-normal	-4.922	4	0.024
leise-laut	-5.949	4	0.012
normal-laut	-1.329	4	0.764

MM

```
a = lmer(d ~ Amplitude + (1|Vpn), data = amp)
```



```
summary(glht(a, linfct = mcp(Amplitude = "Tukey")))
```

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
leise - laut == 0	-10.200	1.793	-5.690	<1e-04	***
normal - laut == 0	-2.800	1.793	-1.562	0.2623	
normal - leise == 0	7.400	1.793	4.128	0.0001	***

Zwei Fixed-Faktoren: keine Interaktion

```
param = read.table(file.path(pfadu, "param.txt"))
```

Die Daten zeigen Neigungen (slopes) für 3 Sprecher-Gruppen (Group) und zwei Kontinua (Cont). Inwiefern werden die Neigungen von der Gruppe und/oder Kontinuum beeinflusst?

Fixed: Group, Cont

Random: Vpn

Zwei Fixed-Faktoren: keine Interaktion

```
o = lmer(slopes ~ Group * Cont + (1|Vpn), data = param)
```

```
anova(o)
```

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value
Group	2	1.25371	0.62686	22.4981
Cont	1	0.61108	0.61108	21.9320
Group:Cont	2	0.00658	0.00329	0.1181

Wahrscheinlich keine Interaktion...

Interaktion sig?

```
o2 = lmer(slopes ~ Group + Cont + (1|Vpn), data = param)
```

oder äquivalent

```
o2 = update(o, ~ . -Group:Cont)
```

```
anova(o, o2)
```

	Df	AIC	BIC	logLik	Chisq	Chi	Df	Pr(>Chisq)
o2	6	16.719	32.105	-2.3593				
o	8	20.445	40.959	-2.2223	0.274		2	0.8719

Keine signifikante Interaktion

Faktoren prüfen

```
o = lmer(slopes ~ Group * Cont + (1|Vpn), data = param)  
o2 = lmer(slopes ~ Group + Cont + (1|Vpn), data = param)
```

Faktor Group testen

```
o3 = lmer(slopes ~ Group + (1|Vpn), data = param)  
oder o3 = update(o2, ~ . -Cont)
```

 anova(o3, ohne)

 ohne = lmer(slopes ~ 1 + (1|Vpn), data = param)

Faktor Cont testen

 anova(o4, ohne)

 o4 = lmer(slopes ~ Cont + (1|Vpn), data = param)

oder o4 = update(o2, ~ . -Group)

Zwei Fixed-Faktoren (keine Interaktion)

Group

`anova(o3, ohne)`

Chisq	Chi	Df	Pr(>Chisq)
33.227		2	6.094e-08 ***

Cont

`anova(o4, ohne)`

Chisq	Chi	Df	Pr(>Chisq)
18.98		1	1.321e-05 ***

Slopes wurde signifikant von Group ($\chi^2[2] = 33.2$, $p < 0.001$) und von Cont ($\chi^2[1] = 19.0$, $p < 0.001$) beeinflusst, und es gab **keine signifikante Interaktion** zwischen diesen Faktoren.



`anova(o, o2)`

	Df	AIC	BIC	logLik	Chisq	Chi	Df	Pr(>Chisq)
o2	6	16.719	32.105	-2.3593				
o	8	20.445	40.959	-2.2223	0.274		2	0.8719

Zwei Fixed-Faktoren mit Interaktion

```
noise = read.table(file.path(pfadu, "noise.txt"))
```

Reaktionszeiten wurden von Versuchsperson erhoben unter zwei Bedingungen: mit und ohne Lärm über Kopfhörer (Faktor Noise) und in isolierten Wörtern, in der gelesenen Sprache, und in der Spontansprache (Faktor Type). Inwiefern wurden die Reaktionszeiten durch Noise und Type beeinflusst?

Zwei Fixed-Faktoren mit Interaktion

```
o = lmer(rt ~ Type * Noise + (1|Subj), data = noise)
```

```
anova(o)
```

```
Analysis of Variance Table
              Df Sum Sq Mean Sq F value
Type           2 289920   144960   40.492
Noise           1 285660   285660   79.793
Type:Noise      2 105120    52560   14.682
```

Wahrscheinlich liegt eine Interaktion vor. Dafür prüfen:

Modell ohne Interaktion

```
o2 = update(o, ~ . -Type:Noise)
```

Modell mit und ohne Interaktion vergleichen

```
anova(o, o2)
```

```
Chisq Chi Df Pr(>Chisq)
25.123      2 3.505e-06 ***
```

Es gibt eine signifikante
Interaktion zwischen Type und
Noise ($\chi^2[2] = 25.1$, $p < 0.001$)

Zwei Fixed-Faktoren mit Interaktion

Wenn eine Interaktion vorliegt, dann die Faktoren miteinander kombinieren

```
beide = with(noise, interaction(Type, Noise))
```

MM damit berechnen

```
b = lmer(rt ~ beide + (1 | Subj), data = noise)
```

Post-hoc Tukey-Tests anwenden

```
p = summary(glht(b, linfct = mcp(beide = "Tukey")))
```

Stufen-Kombinationen für Faktor 1

```
round(phsel(p), 3)
```

Stufen-Kombinationen für Faktor 2

```
round(phsel(p, 2), 3)
```

Zwei Fixed-Faktoren mit Interaktion

round(phsel(p), 3)

	z value	Adjusted p values
read.noise - isol.noise	6.278	0.000
spont.noise - isol.noise	10.090	0.000
spont.noise - read.noise	3.812	0.002
read.quiet - isol.quiet	1.794	0.470
spont.quiet - isol.quiet	2.467	0.134
spont.quiet - read.quiet	0.673	0.985

round(phsel(p, 2), 3)

	z value	Adjusted p values
isol.quiet - isol.noise	-1.121	0.873
read.quiet - read.noise	-5.606	0.000
spont.quiet - spont.noise	-8.745	0.000

Post-hoc Tukey Tests zeigten signifikante Unterschiede zwischen 'noise' und 'quiet' in gelesener ($p < 0.001$) und in spontaner ($p < 0.001$) Sprache jedoch nicht in isolierten Wörtern. Es gab Unterschiede zwischen allen drei Sprechstilkombinationen aber nur in noise (read vs. isolated: $p < 0.001$; spont. vs isol: $p < 0.001$; spont. vs read: $p < 0.01$).

Konsistent mit ANOVA: siehe

<http://www.phonetik.uni-muenchen.de/~jmh/lehre/sem/ss12/statistik/anova2ant.pdf>

Aufgabe 4

Mehr als ein Random Faktor

Der Data-Frame `asp` enthält Werte der Aspirationsdauer von silbeninitialem /t/ und /k/ aus gelesenen Sätzen in dem Kielcorpus. Diese Dauern sind für 55 Versuchspersonen und 287 Wörter erhoben worden. (Die Versuchspersonen produzierten nicht alle dieselben Wörter). Inwiefern wird die Aspirationsdauer von der Artikulationsstelle (/k/, /t/) oder von der Silbenbetonung ("betont", "unbetont") beeinflusst?

```
asp = read.table(file.path(pfadu, "asp.txt"))
```

```
head(asp)
```

Fixed factors: Kons, Bet

Random factors: Wort, Vpn

```
o = lmer(d ~ Kons * Bet + (1|Wort) + (1|Vpn), data = asp)
```