

Anwendungsorientierte Analyseverfahren

Multilevelregression

Prof. Dr. Michael Scharkow

Sommersemester 2024

WIEDERHOLUNG: INTERAKTIONSEFFEKTE

Parameter	Coefficient	95% CI	t(418)	p	Std. Coef.	Fit
(Intercept)	2.85	(2.71, 3.00)	38.43	< .001	0.00	
alter centered	-0.01	(-0.02, 0.00)	-2.44	0.015	-0.11	
tagging	0.67	(0.42, 0.91)	5.34	< .001	0.24	
bez centered	0.17	(0.06, 0.29)	2.98	0.003	0.24	
tagging × bez centered	0.19	(0.00, 0.38)	1.98	0.048	0.09	
AICc						1380.74
R2						0.13
R2 (adj.)						0.12
Sigma						1.23

NOCHMAL MODELLANNAHMEN: UNABHÄNGIGKEIT

- beim GLM gehen wir davon aus, dass die Residuen unabhängig voneinander sind
- Annahme ist verletzt, wenn die Fälle der Stichprobe nicht unabhängig voneinander sind
- typische Fälle sind (a) zeitliche Abhängigkeiten, z.B. durch Messwiederholung, und (b) Abhängigkeiten durch geschachtelte Daten
- wenn Unabhängigkeitsannahme verletzt ist, werden (a) Schätzer verzerrt sein und (b) die Standardfehler zu klein, d.h. erhöhtes Risiko für Alpha-Fehler

WAS SIND GESCHACHTELTE (NESTED) DATEN?

Level-1-Einheiten gehören zu/sind geschachtelt in Level-2-Einheiten.

- Schüler geschachtelt in Klassen oder Schulen
- Beiträge geschachtelt in Nachrichtenoutlets, Accounts, Ausgaben oder Sendungen
- Messungen geschachtelt in Personen (Personen sind Level-2!)
- Daten können auch auf mehr als zwei hierarchischen Ebenen (Schüler, Klasse, Schule) geschachtelt oder kreuzklassifiziert sein
- bei kreuzklassifizierten Daten gehören Level-1-Einheiten zu min. zwei verschiedenen Kontexten (z.B. Bewertungen von Werbespots gehören zu bewertenden Personen und bewerteten Spots)

WARUM MULTILEVEL-MODELLE?

- statistische Gründe: Die Schachtelung der Level-1-Einheiten muss auch berücksichtigt werden, wenn nur Level-1-Zusammenhänge von Interesse sind (dependence as a nuisance).
- substantziellen Gründe: Multilevel-Modelle erlauben eine Zerlegung in Between- und Within-Group-Varianz und damit die adäquate Modellierung von Zusammenhängen auf verschiedenen Ebenen (dependence as an interesting phenomenon).

GRUNDBEGRIFFE

- Multilevel Model = Hierarchical Model = Mixed Effects Model (= Mehrebenen-Modell)
- Between-Group-Varianz = Varianz, die durch Unterschiede in den Level-2-Einheiten erzeugt wird
- Within-Group-Varianz = Varianz, die durch Unterschiede der Level-1-Einheiten innerhalb derselben Level-2-Einheit erzeugt wird
- Fixed Effects = Zusammenhänge, die in allen Level-2-Kontexten gleich sind
- Random (Varying) Effects = Zusammenhänge, die über die Level-2-Kontexte variieren
- Cross-Level-Interaction = Zusammenhang zwischen Level-1-Effekt und Level-2-Kontextmerkmalen

NULLMODELL MIT VARIIERENDEN INTERCEPTS

Das Multilevel-Nullmodell für geschachtelte Daten mit i Individuen in j Gruppen besteht aus je einem Nullmodell pro Ebene:

Level 1: $Y_{ij} = b_{0j} + \epsilon_{ij}$ und Level 2: $b_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$

oder zusammengefasst: $Y_{ij} = \gamma_{00} + u_{0j} + \epsilon_{ij}$

γ_{00} ist der globale Mittelwert von Y , u_{0j} ist die gruppenspezifische Abweichung vom globalen Mittelwert und ϵ_{ij} ist das individuelle Residuum.

INTRA-CLASS-CORRELATION (ICC)

- zu Beginn sollte man ein Nullmodell (d.h. ohne Prädiktoren) schätzen, um die Intra-Class-Correlation (ICC) zu berechnen
- ICC Anteil der Varianz in einer Variable, der durch die Kontexte (Level-2) erklärt wird. Technisch: der Anteil Between-Group-Varianz (also die Varianz von u_{0j}) an der Gesamtvarianz von Y .
- wenn der ICC hoch ist (viel Gruppenvarianz), lohnt sich die Betrachtung von Level-2-Prädiktoren
- wenn der ICC niedrig ist (wenig Gruppenvarianz), sind Level-1-Prädiktoren ein sinnvolleres Ziel
- selbst bei kleinem ICC ist Mehrebenenanalyse sinnvoll, da sie nie "schlechter" als ein klassisches Regressionsmodell ist

REGRESSION UND MULTILEVEL-REGRESSION

- Multilevel-Modelle sind eine konzeptionelle Erweiterung der (linearen) Regression
- alle Annahmen der Regression (Normalverteilung der Residuen, Homoskedastizität, Linearität) weiterhin
- gruppenspezifischen Abweichungen werden oft nur summarisch, d.h. z.B. ihre Varianz berichtet, aber nicht einzeln inspiziert
- Zentrierung ist üblich, Standardisierung der Koeffizienten eher selten

RANDOM (BZW. VARYING-) INTERCEPT MODELL

-Intercepts dürfen gruppenspezifisch variieren, Regressionskoeffizienten B sind für alle Level-2-Einheiten gleich

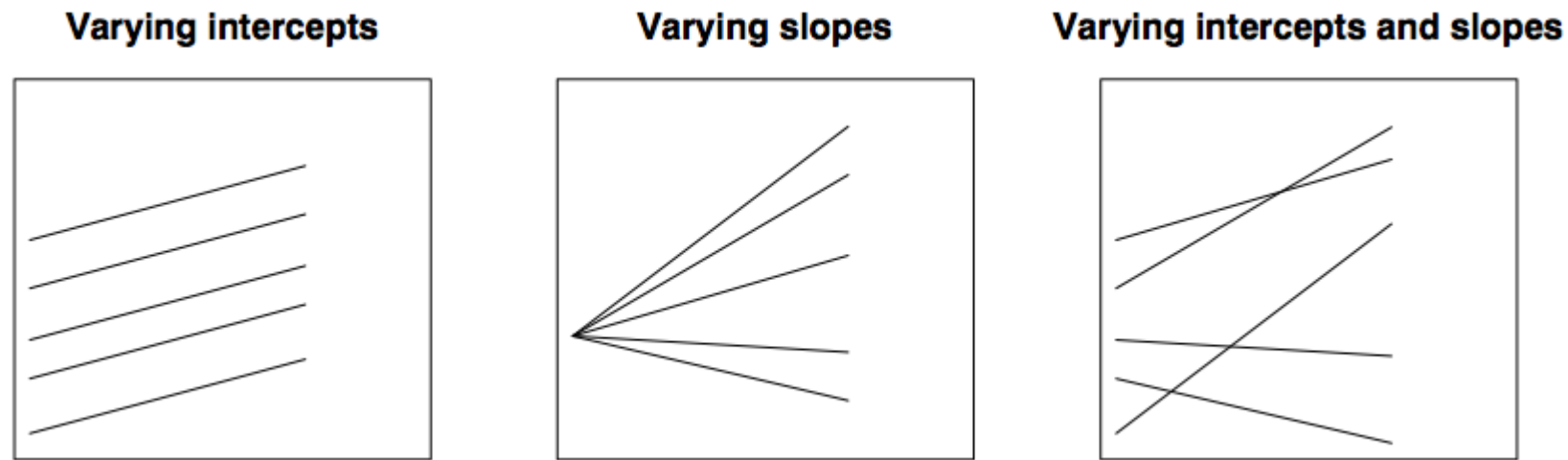
$$Y_{ij} = \gamma_{00} + u_{0j} + B_1 x_1 + B_2 x_2 + \dots + \epsilon_{ij}$$

- die variierenden Intercepts die Abweichungen der einzelnen Level-2-Einheiten vom globalen Intercept
- Output und Interpretation der Regressionskoeffizienten entspricht dem regulären linearen Regressionsmodell

R^2 UND MODELLVERGLEICH

- In Multilevel-Modellen gibt es keinen Standard für die Berechnung von R^2
- Alternative 1: separate Inspektion bzw. Modellvergleich der einzelnen Varianzkomponenten (Residual und Level-2-Varianz) hat den Vorteil, dass man recht klar erkennen kann, welche L1- bzw. L2-Prädiktoren wie das Modell verbessern
- Alternative 2: Globalmaße, die in entweder nur die Fixed Effects (marginal R^2) oder Fixed und Random Effects (conditional R^2) berücksichtigen (Nakagawa et al., 2017)
- Wie beim partiellen F-Test der Regression kann man auch verschiedene Modelle miteinander hinsichtlich ihrer Varianzaufklärung vergleichen, dies wird oft Likelihood-Ratio-Test genannt

MODELLERWEITERUNGEN



- zusätzlich zu den Intercepts kann man auch Regressionskoeffizienten über die Level-2-Einheiten variieren lassen, um die Effektheterogenität über Gruppen zu prüfen
- ebenso kann man Interaktionen sowohl innerhalb einer Ebene als auch sog. Cross-Level-Interactions modellieren, d.h. ob der Kontext- den Individualeffekt moderiert

BEISPIELSTUDIE: FÄHNRIICH ET AL. (2020)

Evaluating universities' strategic online communication: how do Shanghai Ranking's top 50 universities grow stakeholder engagement with Facebook posts?

Birte Fähnrich

Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Germany

Jens Vogelgesang

*Department of Communication, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany and
Computational Science Lab (CSL), University of Hohenheim, Stuttgart, Germany, and*

Michael Scharkow

*Department of Communication, Johannes Gutenberg University Mainz,
Mainz, Germany*

Universities'
strategic online
communication

265

Received 14 June 2019
Revised 22 November 2019
20 February 2020
26 February 2020
Accepted 26 February 2020

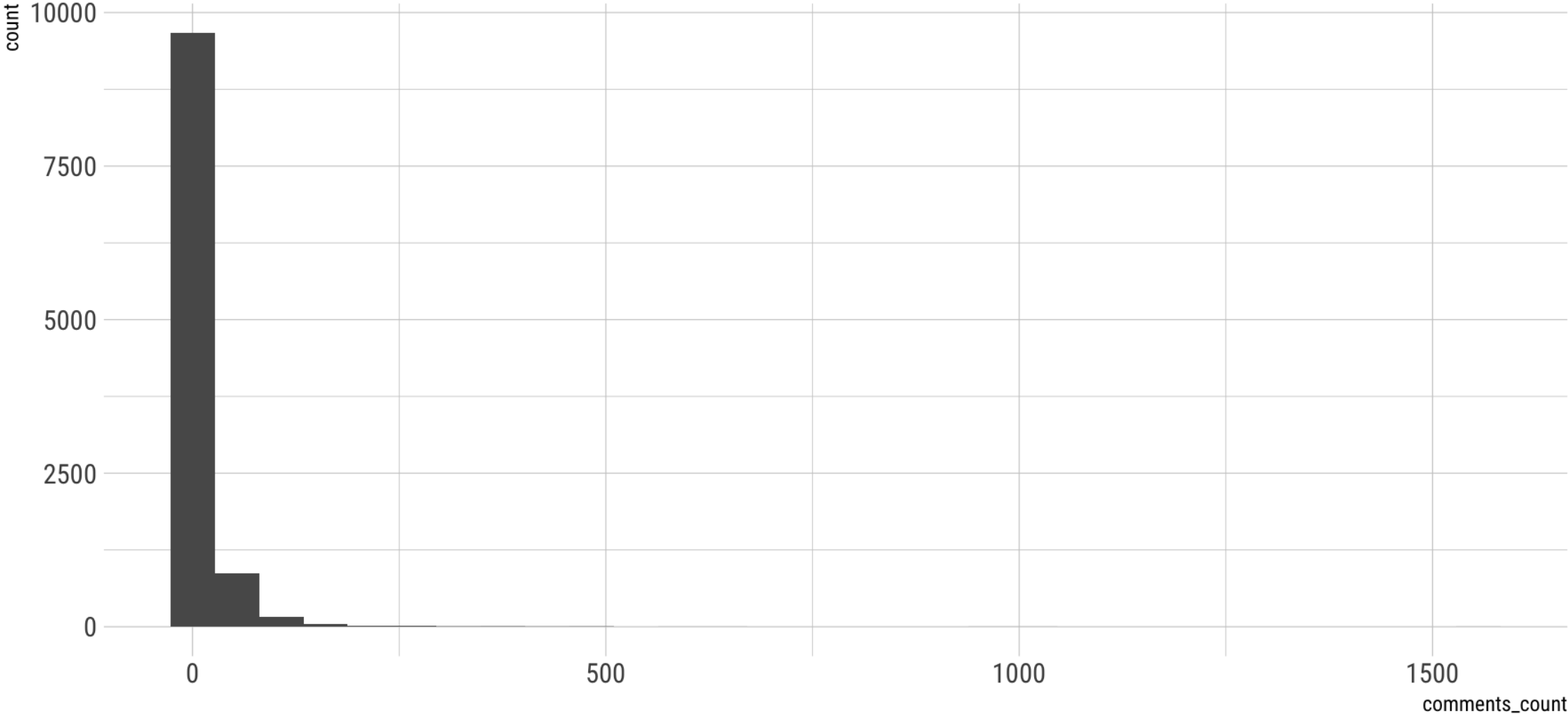
DATEN

- Stichprobe von 10807 Facebook-Posts von 42 Universitäten
- Uni-Fans ist die Anzahl Fans der *Facebook-Seite* (in Tausend), d.h. hier eine Level-2-Variable
- Alle anderen Variablen sind pro Post, d.h. Level-1-Variablen.

uni	uni_fans	created_time	type	likes_count	comments_count
UC Berkeley	354.90	2013-02-26 01:01:53	video	82	11
Cornell U	272.76	2013-06-08 14:19:45	photo	91	2
UC Santa Barbara	65.43	2013-06-12 20:00:01	photo	158	23
U Toronto	253.77	2015-04-22 15:22:52	photo	1950	59
Cornell U	272.76	2015-06-25 18:49:14	photo	286	1

OUTCOME-VARIABLE

Variable	n_Obs	Mean	SD	Median	MAD	Min	Max
comments_count	10807	12.15	36.46	3	4.45	0	1556



NULLMODELL UND ICC

Parameter	Coefficient	95% CI	t(10804)	p	Effects	Group	Std. Coef.	Fit
(Intercept)	14.34	(9.23, 19.44)	5.50	<.001	fixed		0.06	
	16.71				random	uni		
	33.32				random	Residual		
AICc								106618.77
R2 (conditional)								0.20
R2 (marginal)								0.00
Sigma								33.32

$$16.71^2 / (16.71^2 + 33.32^2)$$

[1] 0.2009607

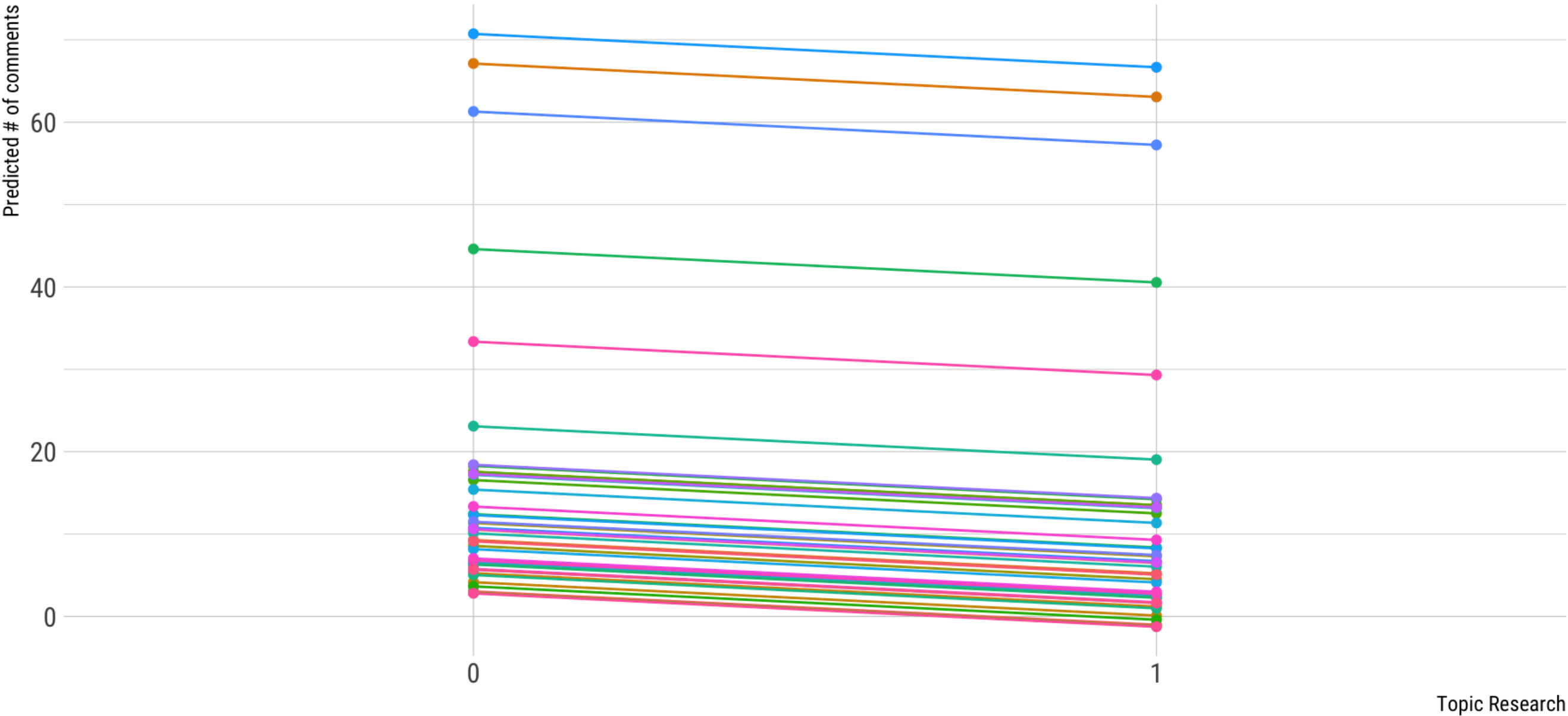
VORHERGESAGTE WERTE (UNI-PAGE)

uni	estimate	std.error	statistic	p.value	conf.low	conf.high
Columbia U	2.33	2.61	0.89	0.37	-2.78	7.44
Cornell U	9.40	2.61	3.61	0.00	4.29	14.51
Duke U	8.69	2.61	3.34	0.00	3.58	13.80
Harvard U	66.38	2.61	25.48	0.00	61.27	71.48
Imperial College London	3.40	2.61	1.30	0.19	-1.71	8.50
Johns Hopkins U	3.18	2.61	1.22	0.22	-1.92	8.29
MIT	15.76	2.61	6.05	0.00	10.66	20.87
New York U	10.71	2.61	4.11	0.00	5.61	15.82
Northwestern U	7.88	2.61	3.03	0.00	2.78	12.99
Princeton U	5.63	2.61	2.16	0.03	0.53	10.74

VARYING INTERCEPT-MODELL (TOPIC RESEARCH)

Parameter	Coefficient	95% CI	t(10387)	p	Effects	Group	Std. Coef.	Fit
(Intercept)	15.57	(10.48, 20.67)	5.99	<.001	fixed		0.06	
topic research	-4.06	(-5.53, -2.59)	-5.42	<.001	fixed		-0.05	
	16.60				random	uni		
	33.41				random	Residual		
AICc								102577.73
R2 (conditional)								0.20
R2 (marginal)								0.00
Sigma								33.41

MODELLVORHERSAGEN (VARYING INTERCEPTS)



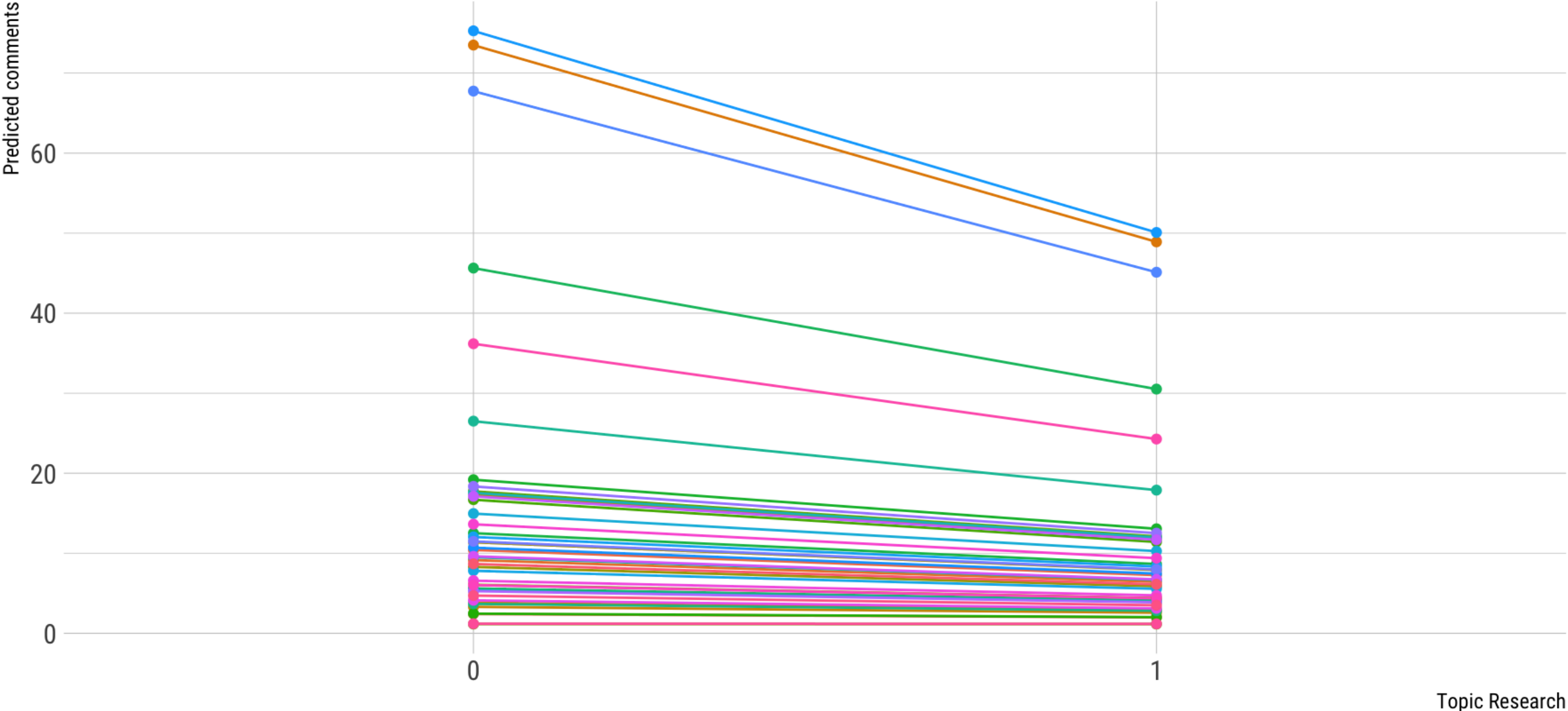
VARYING INTERCEPT VS. VARYING SLOPE-MODELL

	npar	AIC	BIC	logLik	deviance	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
m1_research	4	102582.7	102611.7	-51287.36	102574.7			
m2_research_vs	6	102532.8	102576.3	-51260.39	102520.8	53.93	2	0

VARYING SLOPES PRO UNI-PAGE

term	uni	estimate	std.error	statistic	p.value	conf.low	conf.high
topic_research	Columbia U	-0.43	1.22	-0.35	0.72	-2.82	1.96
topic_research	Cornell U	-3.15	1.22	-2.58	0.01	-5.54	-0.76
topic_research	Duke U	-2.72	1.22	-2.23	0.03	-5.11	-0.33
topic_research	Harvard U	-24.59	1.22	-20.16	0.00	-26.98	-22.20
topic_research	Imperial College London	-0.91	1.22	-0.75	0.45	-3.30	1.48
topic_research	Johns Hopkins U	-0.73	1.22	-0.60	0.55	-3.13	1.66
topic_research	MIT	-5.51	1.22	-4.52	0.00	-7.90	-3.12
topic_research	New York U	-3.48	1.22	-2.85	0.00	-5.87	-1.09
topic_research	Northwestern U	-2.43	1.22	-1.99	0.05	-4.82	-0.04
topic_research	Princeton U	-1.67	1.22	-1.37	0.17	-4.07	0.72

MODELLVORHERSAGEN (VARYING SLOPES)



MODELL MIT LEVEL-2-PRÄDIKTOR

Parameter	Coefficient	95% CI	t(10384)	p	Effects	Group	Std. Coef.	Fit
(Intercept)	10.88	(6.56, 15.19)	4.94	<.001	fixed		0.05	
topic research	-5.69	(-8.35, -3.04)	-4.21	<.001	fixed		-0.07	
uni fans	0.01	(0.01, 0.01)	8.18	<.001	fixed		0.21	
	13.41				random	uni		
	7.26				random	uni		
	-0.99				random	uni		
	33.32				random	Residual		
AICc								102509.01
R2 (conditional)								0.16
R2 (marginal)								0.05

FAZIT

- in der Kommunikationswissenschaft sind geschachtelte Daten nahezu überall anzutreffen, sei es bei Inhaltsanalysen, Panel- oder Mehrländer-Befragungen
- oft sind auch Personen die Level-2-Einheiten, z.B. bei Experience-Sampling-Daten oder Within-Subject-Experimenten
- die Grundlogik der Multilevel-Analyse entspricht dem linearen Modell, lediglich die Art und Weise, die Schachtelung zu berücksichtigen, variiert
- wenn Verdacht auf Verletzung der Unabhängigkeitsannahme besteht, kann man immer zumindest ein Varying Intercept Modell schätzen, das nie “schlechter” als ein lineares Regressionsmodell ist
- technisch muss man in R (fast) nur `lm()` durch `lmer()` ersetzen und die Modellformel leicht anpassen (siehe praktische Übung)

LITERATUR

Hox, J. J., Moerbeek, M., & Van de Schoot, R. (2017). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. Routledge.

Fährnich, B., Vogelgesang, J., & Scharnow, M. (2020). Evaluating universities' strategic online communication: how do Shanghai Ranking's top 50 universities grow stakeholder engagement with Facebook posts?. *Journal of Communication Management*, 26(3).