

Artikel erschienen in:

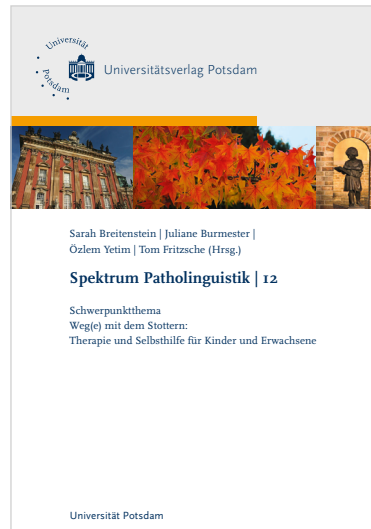
Sarah Breitenstein, Juliane Burmester, Özlem Yetim, Tom Fritzsche (Hrsg.)

Spektrum Patholinguistik Band 12. Schwerpunktthema: Weg(e) mit dem Stottern: Therapie und Selbsthilfe für Kinder und Erwachsene

2020 – viii, 257 S.

ISBN 978-3-86956-479-1

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-43700>



Empfohlene Zitation:

Rahel Verbree | Jacolien van Rij | Simone Sprenger: Mentale Beanspruchung beim Sprechen, In: Sarah Breitenstein, Juliane Burmester, Özlem Yetim, Tom Fritzsche (Hrsg.): Spektrum Patholinguistik 12, Potsdam, Universitätsverlag Potsdam, 2020, S. 211–222.

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-46962>

Soweit nicht anders gekennzeichnet ist dieses Werk unter einem Creative Commons Lizenzvertrag lizenziert: Namensnennung 4.0. Dies gilt nicht für zitierte Inhalte anderer Autoren:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Mentale Beanspruchung beim Sprechen: Erkenntnisse aus der Pupillometrie zur flüssigen und gestotterten Sprachproduktion

Rahel Verbree¹, Jacolien van Rij² & Simone Sprenger³

¹ Research Master Linguistics: Language and Cognition

² Department of Artificial Intelligence

³ Center for Language and Cognition Rijksuniversiteit Groningen

1 Einleitung

Stottern ist eine Störung des Redeflusses, die durch Wiederholungen, Dehnungen und Blockaden gekennzeichnet ist (Guitar, 1998). Obwohl Stottern primär den Redefluss beeinträchtigt, gehen einige Stottertheorien davon aus, dass bereits in den Sprachplanungsprozessen, die der Artikulation vorausgehen, die Ursache des Stotterns liegt (e. g., Howell & Au-Yeng, 2002; Postma & Kolk, 1993; Vasić & Wijnen, 2005). Diese Theorien nehmen an, dass automatisierte Sprachplanungsprozesse gestört sind und durch kognitiv aufwändigere Prozesse ergänzt werden, die zum Stottern führen. Unter diesen Stottertheorien existiert allerdings Uneinigkeit darüber, welches linguistische Defizit genau dem Stottern zugrunde liegt. Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, eine neue Methode hinsichtlich der Anwendbarkeit für die Erforschung des linguistischen Defizits beim Stottern zu überprüfen und damit eine neue Tür für die Stotterforschung zu öffnen.

Den Ausgangspunkt für die Methode bildet der hypothetisierte Zusammenhang zwischen mentaler Beanspruchung und Stottern. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass erhöhte mentale Beanspruchung mit Pupillenerweiterung einhergeht (z. B. Kahneman & Beatty, 1966; Schmidtke, 2018). Wenn ein linguistisches Defizit beim Stottern mit einer erhöhten mentalen Beanspruchung einhergeht, sollte sich dies in einer entsprechenden Erweiterung der Pupille niederschlagen. Bis heute ist der systematische Zusammenhang zwischen erhöhter men-

taler Beanspruchung und Pupillenerweiterung allerdings noch nicht hinreichend in der *flüssigen* als auch in der *gestotterten Sprachproduktion* untersucht worden. Die Studie von Papesh und Goldinger (2012), die bei flüssig sprechenden Personen eine größere Pupillenerweiterung beim Lesen niedrigfrequenter Wörter als beim Lesen hochfrequenter Wörter aufzeigen konnte, gibt den Grund zur Annahme, dass sich Sprachplanungsprozesse tatsächlich mithilfe der Pupillengröße abbilden lassen. Allerdings konnten Löö, van Rij, Järvikivi und Baayen (2016) diesen Zusammenhang in der flüssigen Sprachproduktion nicht hinreichend nachweisen, da ein Frequenzeffekt in der Pupillenerweiterung zum Teil unterschiedlich unter den ProbandInnen ausgeprägt war und bei einzelnen ProbandInnen nicht beobachtet werden konnte.

Das erste Ziel der Studie ist es, zu erforschen, ob die Messung der Pupillengröße (Pupillometrie) tatsächlich als Messinstrument mentaler Beanspruchung während *flüssiger* Sprachproduktion verwendet werden kann. Das zweite Ziel der Studie ist es, zu untersuchen, ob Pupillometrie auch für die Ursachenforschung der *gestotterten* Sprachproduktion angewendet werden kann. Genauer gesagt, das zweite Ziel der Studie ist es, zu untersuchen, ob Stottern mit erhöhter mentaler Beanspruchung einhergeht. Dabei sollen die Ergebnisse flüssig sprechender ProbandInnen als Baseline für die Untersuchung der zweiten Fragestellung dienen.

Wir vergleichen drei Bedingungen, um die Sensitivität der Pupillengröße für Unterschiede im mentalen Aufwand zu untersuchen: 1) Lesen von Wörtern, 2) Lesen von Pseudowörtern, und 3) Bildbenennen. Wir erwarten, dass das Lesen von Pseudowörtern mit einer größeren mentalen Beanspruchung und somit mit einer größeren Pupillenerweiterung einhergeht als das Lesen von Wörtern, da nicht existierende Wörter mehr kognitive Anstrengung beim Lesen erfordern sollten als das Lesen bekannter Wörter. Wir erwarten, dass dieser Effekt sowohl für flüssig sprechende als auch für stotternde Personen zutrifft. Weiterhin nehmen wir an, dass das Bildbenennen mit einer höheren mentalen Beanspruchung und somit mit einer

größeren Pupillenerweiterung einhergeht als das Lesen von Wörtern und das Lesen von Pseudowörtern, da das Bildbenennen im Vergleich zum Lesen auch den Prozess der Umsetzung des Bildes in ein sprachliches Konzept erfordert. Wir erwarten, dass dies sowohl für flüssig sprechende als auch für stotternde Personen der Fall ist. Stotternde ProbandInnen sollten aufgrund des erhöhten Sprachplanungsaufwands in allen drei Sprachproduktionen höhere mentale Beanspruchung und somit größere Pupillenerweiterungen als flüssig sprechende ProbandInnen aufzeigen. Mögliche Interaktionen zwischen der Sprechergruppe und den Aufgaben können darüber hinaus Hinweise auf den Ursprung der Sprachplanungsprobleme beim Stottern liefern.

2 Methoden

2.1 Probanden

An der Studie nahmen 20 flüssig sprechende ProbandInnen (10 männlich, 10 weiblich) und vier stotternde ProbandInnen (3 männlich, 1 weiblich) teil. Alle ProbandInnen waren niederländische MuttersprachlerInnen zwischen 19 und 29 Jahren (flüssig sprechende ProbandInnen: $M = 22.6$, $SD = 2.44$; stotternde ProbandInnen: $M = 25.8$, $SD = 3.4$). Mithilfe des *Stuttering Severity Instrument-3* (SSI-3; Riley, 1994) wurde der Schweregrad des Stotterns der ProbandInnen ermittelt. Eine Person zeigte ein leichtes Stottern, eine Person ein mittelschweres Stottern und zwei Personen zeigten ein schweres Stottern.

2.2 Material

Für die Zusammenstellung der Items für das Lesen von Wörtern, das Lesen von Pseudowörtern und das Bildbenennen wurden 300 niederländische Wörter und dazugehörige schwarz-weiß Bilder aus der *Multilingual Picture databank* (Duñabeitia et al., 2018) entnommen. Das Wortmaterial unterschied sich hinsichtlich der Frequenz (SUBTLEX-NL; Keuleers, Brysbaert & New, 2010; $M = 31.6$ pro Million Wörter, $SD = 104.2$ pro Million Wörter) und der Wortlänge ($M = 6$, $SD = 2.4$). Die Bilder unterschieden sich hinsichtlich der visuellen Komplexität (1 = sehr einfach, 5 = sehr komplex; $M = 2.7$, $SD = 0.6$) und der Luminanz (Adobe Photoshop: $M = 176.9$, $SD = 16.3$). Weiterhin wurde mithilfe des Pseudowortgenerators *Wuggy* (Keuleers & Brysbaert, 2010) für jedes Wort ein Pseudowort generiert, das den niederländischen phonologischen Regeln entsprach.

Die Leseaufgabe beinhaltete eine randomisierte Zusammenstellung von 100 Wörtern und 100 Pseudowörtern. Die Bildbenennungsaufgabe enthielt 100 bildlich dargestellte Wörter. Für jede Probandin oder jeden Probanden erschien jedes Wort höchstens einmal in einer der zwei Aufgaben. Pseudowörter erschienen niemals in derselben Aufgabe wie das assoziierte Wort. Die Reihenfolge der Items wurde randomisiert und war für alle ProbandInnen verschieden.

2.3 Durchführung

Während der Sprachproduktionsaufgaben wurde die Pupillengröße des dominanten Auges mithilfe eines fernoperierenden EyeLink 1000 plus Eye Tracker mit EyeLink Experiment Builder® software erfasst (Samplingrate: 500 Hz). In der Leseaufgabe sollten die dargestellten Wörter und Pseudowörter von den ProbandInnen laut vorgelesen werden. Für jeden Trial sahen die ProbandInnen zunächst ein Fixationskreuz (500 ms), dann den Stimulus (1500 ms) und dann

einen leeren Bildschirm (1000 ms). Die Bildbenennungsaufgabe beinhaltete das laute Benennen der dargestellten Bilder. Dabei sahen die ProbandInnen für jeden Trial ein Fixationskreuz (500 ms), dann das Bild (2500 ms) und dann einen leeren Bildschirm (1000 ms). Das Sprachproduktionsmaterial beider Aufgaben wurde mit einem Mikrofon mithilfe des Experiment Builders (SR Research) und mit einer Kamera aufgenommen. Vor Beginn jeder Aufgabe wurde eine 9-Punkt-Kalibrierung durchgeführt.

2.4 Datenanalyse

Für die Datenanalyse wurden Artefakte, die durch Blinzeln und ruckartige Augenblickbewegungen entstanden sind, automatisch in R entfernt (Version 3.5.0, R Core Team, 2018). Die Bildbenennungsdaten eines flüssig sprechenden Probanden wurden aufgrund technischer Probleme nicht in die Analyse einbezogen. Als abhängige Variable diente die Pupillenerweiterung. Dieser Wert wurde ermittelt, indem zunächst die Baseline der Pupillengröße je Trial bestimmt wurde. Hierfür mittelten wir die Werte der Pupillengröße im Zeitfenster zwischen dem Erscheinen des Stimulus auf dem Bildschirm (Stimulusonset) und 250 ms vor dem Stimulusonset und subtrahierten im zweiten Schritt diesen Wert von den im jeweiligen Trial aufgezeichneten Werten der Pupillengröße.

Um zu analysieren, ob die Pupillengröße bei *flüssig* sprechenden ProbandInnen sensitiv für Veränderungen der mentalen Beanspruchung in der Sprachproduktion ist, evaluierten wir die Pupillenerweiterungsdaten mit Hilfe des *Linear Mixed-Effect Regression Modelling* in R (Paket lme4; Bates, Mächler, Bolker & Walker, 2015). Dabei wurden die Pupillenerweiterungen aller drei Bedingungen (Lesen von Wörtern, Lesen von Pseudowörtern, Bildbenennen) in drei Zeitanalysefenster (A: 0–500 ms, B: 500–1000 ms, C: 1000–1500 ms nach Stimulusonset) miteinander verglichen. Mittels Rückwärtsselektion wurde das am besten geeignete Modell bestimmt.

Aufgrund der kleinen Gruppengröße wurden die Daten der *stotternden* ProbandInnen nur deskriptiv analysiert und mit denen der flüssig sprechenden Gruppe verglichen.

3 Ergebnisse

3.1 Flüssig sprechende Probanden

Abbildung 1 (links oben) bildet die Mediane der Pupillenerweiterungskurven für die Bedingungen (Lesen von Wörtern, Lesen von Pseudowörtern, Bildbenennen) nach dem Stimulusonset ab. Weiterhin sind für die drei Zeitanalysefenster und die drei Bedingungen die Mittelwerte des Medians mit dem Standardfehler in Abbildung 1 (rechts oben, links unten, rechts unten) dargestellt.

Für die flüssige Sprachproduktion konnte ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Bedingung und Zeitanalysefenster aufgezeigt werden ($\chi^2(4) = 590.12, p < .001$). Im Zeitfenster A (0–500 ms) rief das Bildbenennen eine signifikant *geringere* Pupillenerweiterung hervor als das Lesen von Wörtern (Schätzwerte von 3.32 bzw. 9.44; $\beta = -6.12, SE = 2.68, t = -2.29$) und das Lesen von Pseudowörtern (9.90), welches sich nicht voneinander unterschied ($\beta = 0.46, SE = 1.18, t = 0.39$). Im Zeitfenster B (500–1000 ms) verursachte das Bildbenennen eine signifikant *größere* Pupillenerweiterung als das Lesen von Wörtern (Schätzwerte von 24.18 bzw. 19.28; $\beta = 11.02, SE = 1.67, t = 6.58$) und das Lesen von Pseudowörtern (21.55), welches sich wiederum nicht voneinander unterschied ($\beta = 1.81, SE = 1.65, t = 1.1$). Im Zeitfenster C (1000–1500 ms) rief das Bildbenennen wie im vorherigen Zeitfenster B eine signifikant *größere* Pupillenerweiterung hervor als das Lesen von Wörtern (Schätzwerte von 50.80 bzw. 17.69; $\beta = 39.22, SE = 1.68, t = 23.41$) und das Lesen von Pseudowörtern (31.30), allerdings zeigte sich nun auch eine signifikant *größere* Pupillenerweiterung beim Lesen von Pseudowörtern als beim Lesen von Wörtern ($\beta = 13.15, SE = 1.65, t = 7.94$).

Zudem konnte aufgezeigt werden, dass die Pupillenerweiterung vom Zeitfenster A bis zum Zeitfenster C signifikant anstieg ($\beta_{750} = 9.84$, $SE = 1.17$, $t = 8.42$ und $\beta_{1250} = 8.25$, $SE = 1.17$, $t = 7.06$). Im Appendix sind die festen Effekte des am besten geeigneten Modells zusammenfassend dargestellt.

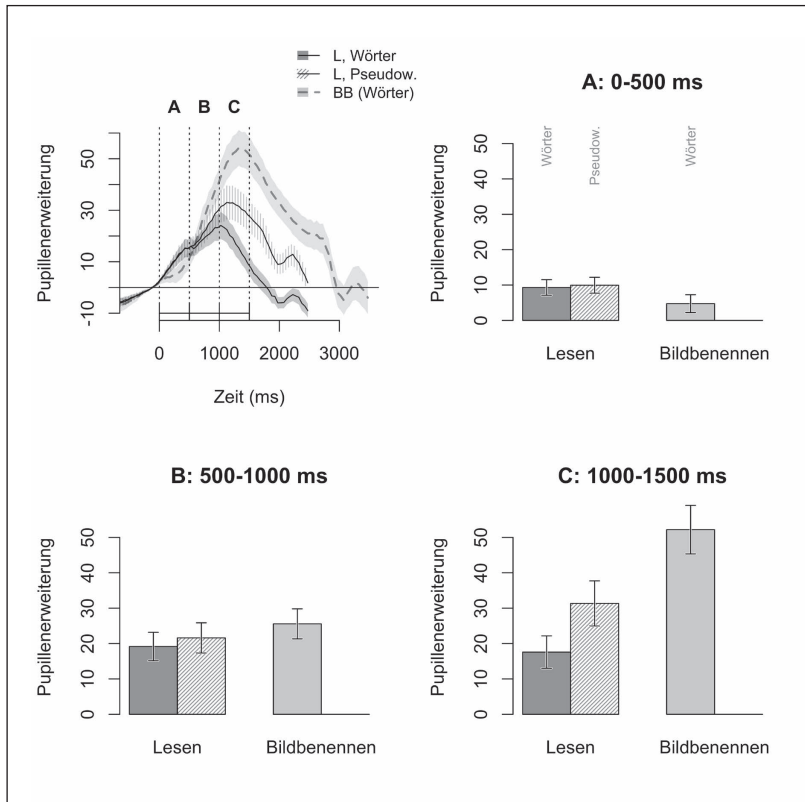


Abbildung 1. Mediane der Pupillenerweiterung für das Lesen von Wörtern (L, Wörter, *dunkelgrau*), das Lesen von Pseudowörtern (L, Pseudow., *gestrichelt*) und das Bildbenennen (BB, *hellgrau*). Die Bereiche zwischen den schwarz-gestrichelten Linien (links oben) repräsentieren die Zeitfenster A, B und C, die in der statistischen Analyse miteinander verglichen wurden. Der Zeitpunkt 0 repräsentiert den Stimulusonset.

3.2 Stotternde Probanden

In beiden Sprachproduktionsaufgaben unterschieden sich die Mittelwerte der Pupillenerweiterungen stotternder ProbandInnen erheblich von denen der flüssig sprechenden ProbandInnen. Entgegen unserer Erwartungen zeigten die stotternden ProbandInnen in allen drei Bedingungen weniger Pupillenerweiterung als die flüssig sprechenden ProbandInnen. Zudem war die Pupillengröße der stotternden ProbandInnen selbst zum Zeitpunkt der Baseline kleiner als bei flüssig sprechenden ProbandInnen. Eine Betrachtung der individuellen Ergebnisse zeigte nur vereinzelt Effekte des Stimulustyps und des Aufgabentyps auf, die mit denen flüssig sprechender ProbandInnen vergleichbar waren. Aufgrund großer individueller Unterschiede und der kleinen Anzahl an stotternden ProbandInnen müssen diese Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden.

4 Diskussion

Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen der Pupillengröße und des mentalen Aufwands der Sprechplanung lassen sich unsere Befunde wie folgt zusammenfassen: Zum Ersten haben wir gezeigt, dass die Pupillengröße *flüssig* sprechender ProbandInnen sensitiv für Veränderungen in der mentalen Beanspruchung während des Sprechens ist. Mental anspruchsvollere Items riefen im Verlauf der Wortproduktion eine größere Pupillenerweiterung hervor als mental weniger anspruchsvolle Items. So konnten wir eine größere Pupillenerweiterung beim Lesen von Pseudowörtern als beim Lesen von Wörtern und eine größere Pupillenerweiterung beim Bildbenennen als beim Lesen von Wörtern und Pseudowörtern nachweisen. Die Studie bestätigt demnach bereits vorhandene Evidenz (Papesh & Goldinger, 2012), dass Pupillometrie für die Untersuchung der mentalen Beanspruchung während der Sprachproduktion flüssig sprechender ProbandInnen verwendet werden kann. Da die Ergebnisse der vorliegenden Studie nicht separat für alle flüssig sprechenden ProbandInnen ausgewertet

wurden, können individuelle Abweichungen der beobachteten Effekte nicht ausgeschlossen werden (Löö et al., 2016).

Zum Zweiten zeigten entgegen unserer Hypothese stotternde ProbandInnen während der Sprachproduktionsaufgaben beträchtlich weniger Pupillenerweiterungen als flüssig sprechende ProbandInnen. Dies widerspricht unserer Annahme der erhöhten mentalen Beanspruchung während der Sprachproduktion von stotternden ProbandInnen. Vielmehr sprechen die abweichenden Pupillenerweiterungskurven für eine unterschiedliche kognitive Verarbeitung, die jedoch mit Hilfe einer größeren Anzahl an Versuchspersonen validiert werden muss. Da der Zusammenhang zwischen Pupillengröße und mentaler Beanspruchung in vielen Studien validiert wurde (z. B. Kahneman & Beatty, 1966; Schmidtke, 2018), liegt die Vermutung nahe, dass grundlegende qualitative Verarbeitungsunterschiede zwischen flüssig sprechenden und stotternden ProbandInnen bestehen.

Zusammenfassend haben wir den Befund von Papesh und Goldinger (2012) validiert, dass die Pupillengröße bei flüssig sprechenden ProbandInnen ein reliables Maß für die mentale Anstrengung beim Sprechen darstellt. Die Ergebnisse für vier stotternde ProbandInnen zeigen im Gegensatz dazu keinen oder nur für einzelne ProbandInnen zutreffenden systematischen Zusammenhang zwischen Pupillengröße und dem Schwierigkeitsgrad der Aufgabe. Weiterhin konnte kein Zusammenhang zwischen Stottern und erhöhter mentaler Beanspruchung nachgewiesen werden. Wenngleich die geringe Anzahl an ProbandInnen eine vorsichtige Interpretation der Daten erfordert, folgern wir, dass unsere Befunde Hinweise auf mögliche Unterschiede in der Sensitivität der Pupille für linguistische Komplexität bei stotternden Personen darstellen.

5 Literatur

- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, *67*(1), 1–48. doi:10.18637/jss.v067.i01
- Duñabeitia, J.A., Crepaldi, D., Meyer, A.S., New, B., Pliatsikas, C., Smolka, E. & Brysbaert, M. (2018). MultiPic: A standardized set of 750 drawings with norms for six European languages. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*(4), 808–816.
- Guitar, B. (1998). *Stuttering: An integrated approach to its nature and treatment*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Howell, P. & Au-Yeung, J. (2002). The EXPLAN theory of fluency control applied and the diagnosis of stuttering. In E. Fava (Hrsg.), *Pathology and therapy of speech disorders* (75–94). Amsterdam: John Benjamins.
- Kahneman, D. & Beatty, J. (1966). Pupil diameter and load on memory. *Science*, *154*(3756), 1583–1585.
- Keuleers, E. & Brysbaert, M. (2010). Wuggy: A multilingual pseudo-word generator. *Behavior Research Methods*, *42*(3), 627–633.
- Keuleers, E., Brysbaert, M. & New, B. (2010). SUBTLEX-NL: A new frequency measure for Dutch words based on film subtitles. *Behavior Research Methods*, *42*(3), 643–650.
- Lõo, K., van Rij, J., Järvikivi, J. & Baayen, H. (2016). Individual differences in pupil dilation during naming task. In A. Papafragou, D. Grodner, D. Mirman & J. Trueswell (Hrsg.), *Proceedings of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (550–555). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Papesh, M.H. & Goldinger, S.D. (2012). Pupil-BLAH-metry: Cognitive effort in speech planning reflected by pupil dilation. *Attention, Perception, and Psychophysics*, *74*(4), 754–765.

- Postma, A. & Kolk, H. (1993). The covert repair hypothesis: Prearticulatory repair processes in normal and stuttered disfluencies. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 36*(3), 472–487.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.R-project.org/>.
- Riley, G.D. (1994). *Stuttering Severity Instrument for Children and Adults – Third Edition*. Austin: Pro-Ed.
- Schmidtke, J. (2018). Pupillometry in Linguistic Research: An Introduction and Review for Second Language Researchers. *Studies in Second Language Acquisition, 40*(3), 529–549.
- Vasić, N. & Wijnen, F. (2005). Stuttering as a monitoring deficit. In R.J. Hartsuiker, Y. Bastiaanse, A. Postma & F. Wijnen (Hrsg.), *Phonological encoding and monitoring in normal and pathological speech* (226–247). Hove, UK: Psychology Press.

6 Appendix

Zusammenfassung der festen Effekte des am besten geeigneten Linear Mixed-Effects Models:

$\text{medianPupille} \sim \text{Typ} * \text{AnalyseBins} + (1 + \text{Aufgabe} | \text{Proband}) + (1 + \text{Aufgabe} | \text{Item})$.

Beachten Sie, dass der Term „Typ“ (3 Ebenen: ‚Lesen.Wort‘, ‚Lesen.Pseudowort‘, ‚Bildbenennen.Wort‘) die Interaktion zwischen der Variable „Aufgabe“ (‚Lesen‘, ‚Bildbenennen‘) und der Variable „StimulusTyp“ (‚Wort‘, ‚Pseudowort‘) darstellt.

	<i>Estimate</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>
(intercept)	9.44	3.68	2.57
TypBildbenennen.Wort	-6.12	2.68	-2.29
TypLesen.Pseudowort	0.46	1.18	0.39
analyseBins750	9.84	1.17	8.42
analyseBins1250	8.25	1.17	7.06
TypBildbenennen.Wort: analyseBins750	11.02	1.67	6.58
TypLesen.Pseudowort: analyseBins750	1.81	1.65	1.09
TypBildbenennen.Wort: analyseBins1250	39.22	1.68	23.41
TypLesen.Pseudowort: analyseBins1250	13.15	1.65	7.94

Kontakt

Rahel Verbree
rahelverbree@gmail.com