

Zur gemeinsamen Interpretation von Haupt- und Interaktionseffekten in linearen Regressionsmodellen. Replik zum Kommentar von Reinhard Schunck und Natascha Nisic.

Jochen Mayerl · Dieter Urban

Abstract In Ihrem Kommentar wiederholen Schunck und Nisic eingehend den bereits in unserem Beitrag „Vorsicht (!) bei Regressionsanalysen mit Interaktionsvariablen. Die Skalierung der unabhängigen Variablen kann die Höhe, Richtung und Signifikanz der Regressionskoeffizienten bestimmen“ (Mayerl und Urban 2019) ausführlich dargestellten Sachverhalt, dass Regressionskoeffizienten in Interaktionsmodellen als konditionale Effekte zu interpretieren sind. Mithin entspricht die Kritik von Schunck und Nisic, nach der wir vorschlagen würden, Haupt- und Interaktionseffekte isoliert voneinander zu interpretieren, nicht der Aussage unseres Beitrags. Vielmehr haben wir ausführlich ausgearbeitet, dass die isolierte Interpretation von Haupteffekten in Interaktionsmodellen hochgradig irreführend sein kann.

In unserer Forschungsnotiz (Mayerl und Urban 2019) haben wir darauf aufmerksam gemacht, dass Haupteffekte (von X und Z) in linearen Modellen mit Interaktionseffekten ($X*Z$) mit höchster Vorsicht zu interpretieren sind, da sich die Steigungskoeffizienten der Haupteffekte von X und Z je nach Skalierung der beteiligten Variablen sowohl hinsichtlich ihrer statistischen Signifikanz als auch hinsichtlich ihrer Effektstärke und -richtung drastisch verändern können. Dies liegt darin begründet, so haben wir ausführlich dargelegt, dass der Haupteffekt von X auf Y nur für die Datensituation $Z=0$ gilt, sprich, dass der Haupteffekt von X *konditional* ist. Auch wenn dies längst in der Methodenliteratur bekannt ist (vgl. u.a. unseren Verweis auf Cohen et al. 2003), lassen sich in der soziologischen Forschungspraxis noch immer viele Beispiele finden, bei denen diese Skalenabhängigkeit der Haupteffekte bei der Interpretation der Modellschätzung nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt wird. Darauf und nur darauf wollten wir aufmerksam machen. Entsprechend kann auch weiterhin nur eindringlich davor gewarnt werden, Hypothesen über die Einflüsse von X und/oder Z in linearen Modellen mit Haupteffekten zu testen, wenn gleichzeitig ein Interaktionseffekt zwischen X und Z besteht.

In Ihrer Kritik wiederholen Schunck und Nisic nun ausführlich diesen Umstand der Konditionalität von Haupteffekten, obwohl sie auch selbst darauf verweisen, dass wir dies

bereits erläutert haben.¹ Insofern reduziert sich die Kritik auf ein ärgerliches Missverständnis. Die Kritik enthält aber auch eine interessante Implikation, die mit einer isolierten versus einer gemeinsamen Interpretation von Haupt- und Interaktionseffekten verbunden ist. Diese Implikation wollen wir nachfolgend im Anschluss an einige Bemerkungen zu unserem Verständnis von Modellschätzungen mit Interaktionseffekten kurz kommentieren.

Das oben bezeichnete Missverständnis taucht bereits im Abstract des Beitrags von Schunck und Nisic auf, in dem das Folgende zu lesen ist: „Leider vermitteln Mayerl und Urban (2019) den Eindruck, als ob Haupt- und Interaktionseffekte sinnvoll isoliert bzw. unabhängig voneinander interpretiert werden können“. Jedoch zielte unser Beitrag ganz im Gegenteil dazu darauf ab, zu zeigen, dass eine isolierte Interpretation von Haupteffekten bei vorhandenen Interaktionseffekten mit höchster Vorsicht – oder besser überhaupt nicht – erfolgen sollte. Wir haben in unserem Beitrag ausführlich dargelegt, was passieren würde, wenn man Haupteffekte isoliert von vorhandenen Interaktionseffekten interpretieren würde (die Ergebnisse wären komplett skalierungsabhängig). Und wir haben auch klargelegt, dass übliche Strategien der Reskalierung der Variablen, u.a. mittels Mittelwertzentrierung, kein Allheilmittel dieser Skalenabhängigkeit sein können. Denn die Mittelwertzentrierung erbringt zwar einige günstige Konsequenzen für die Interpretierbarkeit der Regressionskoeffizienten, da damit ein sinnvoller empirischer Nullwert erzeugt wird und dann auch der Haupteffekt von X dem durchschnittlichen Effekt von X auf Y über das gesamte Wertespektrum der Z-Variablen entspricht (Mayerl und Urban 2019, S. 140). Jedoch kann letztere Konsequenz der Mittelwertzentrierung inhaltlich auch stark in die Irre führen, da eine X-Variable zwar über den Wertebereich von Z hinweg im Durchschnitt einen signifikanten Effekt aufweisen kann, bei vorhandener Interaktion mit Z aber auch gleichzeitig je nach Z-Wert einen stärkeren, schwächeren, keinen oder sogar einen Effekt mit umgekehrtem Vorzeichen besitzen kann (vgl. hierzu Mayerl und Urban 2019, S. 153). Wir argumentieren also im Gegensatz zur Behauptung unserer Kritiker explizit dagegen, dass Haupteffekte in Modellen mit signifikanten Interaktionseffekten isoliert interpretiert werden sollten.

Eine interessante Implikation der Ausführungen von Schunck und Nisic ist, dass nach ihrer Auffassung die Interpretation der konditionalen Haupteffekte auch notwendig sei, um Interaktionseffekte inhaltlich adäquat interpretieren zu können: „Es mag Situationen geben, in denen, theoretisch begründet, lediglich der Interaktionseffekt von Interesse sein kann und eine Interpretation vergleichsweise unkompliziert ist [...] Meist ist aber eine gemeinsame

¹ Die von uns in Mayerl und Urban 2019 (S. 137) zitierten Artikel von Nisic (2010) und Schunck (2016) dienten als Beispiele aus der Forschungspraxis dafür, dass sich in einer Modellschätzung die Effektrichtung und/oder die statistische Signifikanz der Haupteffekte von X-Variablen ändern können, wenn ein Interaktionseffekt unter Beteiligung von X in das Modell aufgenommen wird. Das kann, muss aber nicht rein inhaltlich begründet sein. Denn die Haupteffekte gelten eben nur für den Fall, dass alle anderen an den Interaktionen beteiligten Variablen den Wert 0 annehmen. Diese Skalierungsabhängigkeit der Haupteffekte zu verdeutlichen war der Anlass unseres Artikels.

Betrachtung von Haupt- und Interaktionseffekten notwendig, um konditionale Zusammenhänge verstehen und die theoretischen Vorhersagen prüfen zu können“ und „Eine gemeinsame Betrachtung von Haupt- und Interaktionseffekten empfiehlt sich daher immer.“ (Schunck und Nisic 2020). Uns bleibt jedoch unklar, inwiefern konditionale und skalierungsabhängige Haupteffekte dazu beitragen können, eine Hypothese, die einen Interaktionseffekt postuliert, überprüfen zu können. Wichtig für einen Test von Interaktionshypothesen ist, dass die X- und Z-Variablen adäquat skaliert sind, um eine sinnvolle Interpretation der Schätzergebnisse des Interaktionseffekts zu ermöglichen. Hingegen ist die Interpretation der Regressionskoeffizienten der Haupteffekte bei einem Test von Interaktionshypothesen letztlich irrelevant.

Betrachten wir hierzu ein Beispiel mit *mittelwertzentrierten* Variablen aus einer fiktiven klinischen Studie: Wenn sich ein Heilungserfolg (Y) nur dann einstellt, wenn sowohl das Medikament X mit einer hohen Dosis als auch das Medikament Z mit einer hohen Dosis eingenommen werden (d.h. wenn ein Interaktionseffekt $X*Z$ vorliegt), so wird dennoch das Medikament X häufig einen statistisch signifikanten durchschnittlichen Haupteffekt aufweisen. Aber inhaltlich bedeutet dies eben nicht, dass die alleinige Einnahme des Medikamentes X einen Heilungserfolg verspricht. Denn dass das Medikament X einen signifikanten Haupteffekt aufweist, liegt nur daran, dass X über alle Dosis-Variationen von Z hinweg im Durchschnitt wirkt – und wir wissen aufgrund des Interaktionseffekts auch warum das so ist. Denn bei einer hohen Dosis von Z wirkt auch eine hohe Dosis von X. Sollten die X- und Z-Variablen in diesem Beispiel *unzentriert* skaliert sein, so wäre der Haupteffekt von X kein durchschnittlicher Effekt mehr, sondern ein punktueller, der nur für $Z=0$ gilt, was zur Interpretation der Interaktion der beiden Medikamente ebenfalls wenig beiträgt, da die Haupteffekte dann wieder skalierungsabhängig sind und der Haupteffekt von X für alle anderen Z-Werte ungleich null ohnehin keine Aussage hat. Die Haupteffekte helfen also weder bei zentrierten noch bei unzentrierten Variablen weiter, um die Interaktion adäquat inhaltlich zu interpretieren. Eine gemeinsame Betrachtung der Haupt- und Interaktionseffekte ist daher für den Test von Interaktionshypothesen nicht notwendig.

Eine sinnvolle Ergänzung zur Thematik zeigen Schunck und Nisic auf, wenn sie auf die Praktikabilität der in der Forschungspraxis recht gebräuchlichen grafischen Darstellung von Interaktionseffekten mittels Liniendiagrammen mit vorhergesagten Y-Werten in der Ordinatenachse und der betreffenden X-Variablen in der Abszissenachse für unterschiedliche Z-Werte (z.B. Mittelwert \pm eine Standardabweichung oder spezifische X- und Z-Werte) verweisen (Schunck und Nisic 2020, Abb. 2). Auf ein solch alternatives grafisches Verfahren haben wir ebenfalls in Fußnote 9 unserer Forschungsnotiz hingewiesen (Mayerl und Urban 2019, S. 147). In unserem Beitrag hatten wir uns jedoch primär für die Darstellung einer Regressionsfläche im trivariaten Regressionsmodell entschieden, um die Skalenabhängigkeit

der Haupteffekte grafisch besser demonstrieren zu können – denn nur darum ging es uns in unserem Beitrag. Aber zweifellos kann die angesprochene grafische Darstellung der Steigungskoeffizienten der konditionalen Regressionsfunktion des X-Einflusses bei spezifisch interessierenden Z-Werten in der Forschungspraxis aufschlussreich sein. Solche konditionalen Darstellungen entsprechen im Übrigen dem Vorgehen in der Psychologie bei der Analyse von Experimenten, wenn dort „simple effects“ anstatt „main effects“ bei vorhandenen Interaktionseffekten betrachtet werden, wobei die „simple effects“ die individuellen Effekte eines Faktors X und deren statistische Signifikanz getrennt für jede Bedingung von Z darstellen (z.B. Maxwell und Delaney 2004, S. 301). In der linearen Regressionsanalyse ist dies unter dem Begriff der sog. simple slope tests bekannt (z.B. Cohen et al. 2003, Jaccard und Turrisi 2003; Preacher et al. 2003). Vor der potenziell irreführenden Interpretation von X/Z-Haupteffekten bei Vorhandensein der Interaktion X*Z warnen auch Maxwell und Delaney (2004, S. 301) ausdrücklich. Mindestens darin sollten sich wohl alle Sozialforscher/innen bei der Interpretation von linearen Interaktionsmodellen einig sein können.

Literatur

- Cohen, Jacob, Patricia Cohen, Stephen G. West, und Leona S. Aiken. 2003. *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (3rd edition). Hillsdale: Erlbaum.
- Jaccard, James, und Robert Turrisi. 2003. *Interaction Effects in Multiple Regression* (2nd edition). SAGE: Thousand Oaks.
- Mayerl, Jochen, und Dieter Urban. 2019. Vorsicht (!) bei Regressionsanalysen mit Interaktionsvariablen. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 71: 135–156.
- Maxwell, Scott E., und Harold D. Delaney. 2004. *Designing Experiments and Analyzing Data: A Model Comparison Perspective* (Second Edition). Lawrence Erlbaum: Mahwah, New Jersey.
- Nisic, Natascha. 2010. Mitgegangen – mitgefangen. Die Folgen von Haushaltsumzügen für die Einkommenssituation von Frauen in Partnerschaften. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 62: 515–549.
- Preacher, Kristopher J., Patrick J. Curran, und Daniel J. Bauer. 2003. Simple intercepts, simple slopes, and regions of significant in MLR 2-way interactions. <http://www.quantpsy.org/interact/mlr2>, zuletzt zugegriffen am 4.10.2019.
- Schunck, Reinhard. 2016. Reich und schön? Eine Untersuchung zur ungleichen Verteilung physischer Attraktivität. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 68:113–137.

Schunck, Reinhard, und Natascha Nisic. 2020. Vorsicht bei Vorschlägen zur Interpretation von Regressionen mit Interaktionsvariablen. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* <https://doi.org/10.1007/s11577-020-00659-2>.