

Hausarbeit im EMPRA: Formale Modellierung von Theorien

Sozialer Einfluss in Gruppenschätzungen

23.03.2025

Simeon Kovac

Matrikelnummer: 12564410

Bachelor Psychologie (5. Semester)

P 19 Empirisch-psychologisches Praktikum

11064

Einleitung

Im Rahmen des EMPRAS „Formale Modellierung von Theorien“ wurde ein grundlegendes Problem vieler psychologischer Theorien deutlich: Sie entbehren klarer Definitionen ihrer verwendeten Konstrukte und der Beziehungen dieser untereinander. Diese Vagheit macht die Überprüfbarkeit und Replizierbarkeit der Befunde sehr schwer, was einer vertrauenswürdigen wissenschaftlichen Praxis widerspricht. Daher versuchten wir in diesem Seminar ausgewählte psychologische Theorien nachvollziehbar darzustellen und in einem formalen Modell simulier- und überprüfbar zu machen.

Die Kerntheorie dieser Arbeit ist der *Wisdom of Crowds* Effekt (WOC). Dabei werden einzelne Befunde über diesen Effekt in einem Modell integriert und Voraussetzungen, Einflussfaktoren sowie Ergebnisse dieses Effekts anhand einer Simulation überprüft. Im Mittelpunkt soll dabei der Zusammenhang zwischen sozialem Einfluss und WOC stehen.

Die Theorie hinter Wisdom of Crowds

Nach der Definition von Van Dongen et al. (2024) soll eine verbale Theorie generelle Zusammenhänge über Phänomene aufzeigen und diese erklären. Dass diese Theorien häufig unspezifisch sind, zeigt die Notwendigkeit formaler Modelle, um Phänomene nachvollziehbarer miteinander zu verknüpfen.

Wisdom of Crowds wurde bereits von Galton (1907) als messbarer Effekt untersucht und immer wieder neu spezifiziert. Die aktuelle Literatur beruht sich meist auf die Definition von Davis-Stober et al. (2014), die eine Gruppe von Personen als weise ansieht, wenn eine lineare Aggregation der Urteile ihrer Mitglieder über einen Wert eine geringere mittlere quadratische Abweichung von dem wahren Wert aufweist als die Urteile einer zufällig aus dieser Gruppe entnommenen Person. Zu diesem Effekt gibt es zahlreiche verschiedene Untersuchungen, die beispielsweise das Aggregat der Urteile (z.B. den Mittelwert, den Median, das geometrische Mittel siehe ID: WOC2 in der Construct Source Table), die Anzahl an Urteilen, die in einer gewissen Reihenfolge abgegeben werden, oder auch die Art und den Umfang von sozialer Information, die die Gruppenmitglieder erhalten variieren.

Snizek & Buckley (1995) etablierten das *Judge-advisor system* (JAS), in dem der Ablauf dieses Gruppen-Schätzprozesses vereinheitlicht wurde. Einzelne Individuen sollen zunächst ohne

Absprache mit ihren Gruppenmitgliedern eine Schätzung über einen numerischen, objektiv messbaren Wert abgeben (z.B.: die Distanz zwischen zwei Städten in Kilometern) und erhalten daraufhin soziale Information, die verschieden ausfallen kann. Beispielsweise kann diese Information die Schätzwerte der anderen Gruppenmitglieder sein, oder sie wird experimentell manipuliert und vorgegeben. Die einzelnen Personen dürfen nun diese soziale Information in ihre Schätzung integrieren und eine neue Schätzung über die selbe Frage abgeben (siehe ID: JAS1). Welche Prozesse bei der Revision des Urteils innerhalb des Denkprozesses eines Menschen stattfinden ist nicht eindeutig bestimmbar. Bisher konnten allerdings Effekte gefunden werden, die die Gewichtung der sozialen Information, auch Weight on advice (WOA) genannt, beeinflussen. So macht es beispielsweise einen Unterschied, ob die Personen einen (finanziellen) Anreiz haben möglichst genau zu schätzen (Rader et al., 2017). Auch der Einfluss von Vertrauen (Confidence) in die eigene erste Schätzung auf WOA ist bereits ausgiebig untersucht (Bailey et al., 2023) (siehe ID: CONF2). Die Rolle sozialer Information auf WOC kann in unterschiedliche Richtungen ausfallen. So kann Information über den Verlauf des gesamten bisherigen Abstimmungsverhaltens der anderen Gruppenmitglieder WOC verringern (Lorenz et al., 2011), mäßige Information im Umfang eines einzelnen Werts WOC aber auch verbessern (Jayles et al., 2017).

Es gibt also sehr viele verschiedene Variablen, die sich auf WOC und WOA auswirken können. Einen Überblick liefern Bailey et al. (2023).

Ein GitHub-Repositorium, in dem alle zusätzlichen Materialien, auf die hier verwiesen wird, sind, findet sich hier: <https://github.com/SimKovac/EMPRA>

Identifikation des relevanten Phänomens

Nach Borsboom et al. (2021) sind Phänomene stabile und generelle Eigenschaften, die in statistischen *Pattern* über verschiedene Untersuchungseinheiten und -kontexte gefunden werden (Van Dongen et al., 2024). Bei der Definition eines solchen Phänomens müssen radikal Vereinfachungen stattfinden, da die komplexe Realität sonst nie wahrheitsgetreu modelliert werden kann. Daher baut das hier verwendete Phänomen auf dem JAS-Paradigma auf und verwendet als soziale Information den Mittelwert der Urteile aller anderen Gruppenmitglieder, sodass jede Person eine individuelle soziale Information bekommt. Die ersten einzelnen Schätzungen (Variable: IFE) der Gruppenmitglieder vor dem Erhalt der

sozialen Information (SI) werden gesammelt und zusammengefügt (GFE). Selbiges geschieht mit den einzelnen zweiten Schätzungen (ISE) jedes Individuums zu einer Sammlung (GSE). Nach Yaniv & Kleinberger (2000) und Becker et al. (2017) sollen in diesem Phänomen die mittleren Abweichungen der einzelnen Schätzungen der Gruppenmitglieder (GFE und GSE) vom wahren Wert (T) nach Gabe von sozialer Information geringer sein als ohne soziale Information. Die Genauigkeit der Gruppe, Collective Accuracy (ACC), soll dementsprechend nach Gabe der sozialen Information höher sein und die Gruppe somit weiser, da die Menschen die soziale Information in ihre zweite Schätzung integrieren (Bailey et al., 2023). Da Menschen in Entscheidungsprozessen oft nicht rational handeln, wenn sie Verlust vermeiden möchten, entsteht bei der Gewichtung der sozialen Information eine Verzerrung, wenn Information über die Güte dieser Information (AQ) vorhanden ist. Weiß das schätzende Individuum, dass die Güte der erhaltenen Information neutral ist, so wäre eine rationale WOA 50%. Bailey et al. (2023) konnten aber metaanalytisch zeigen, dass der WOA in diesem Fall nur bei 37% liegt, bei hoher Güte nur bei 48% und bei niedriger Güte lediglich bei 32%. Diesen, auch als *risk-aversion* bekannten, Effekt findet man robust wieder und kann einen Teil der Urteilsfindung damit erklären (Yaniv & Kleinberger, 2000).

Da zu WOC und dem JAS-Paradigma stets mit unterschiedlichen Operationalisierungen geforscht wurde, lassen sich nur wenige Studien finden, die vom Prinzip her beinahe gleich zu dem hier vorgestellten sind (siehe Jayles et al., 2017; Becker et al., 2017; Yaniv, 2004). Die methodische Validität ist positiv bewertbar, da das Design mit keiner Interaktion zwischen den Gruppenmitgliedern zumeist standardisiert am PC mit robusten Stichprobengrößen abläuft, die Methoden klar protokolliert werden, die Forschungsfragen klar genannt und für viele Variablen kontrolliert wird. Der positive Einfluss von sozialer Information auf WOC lässt sich dabei meistens finden. Die Aussagekraft des Phänomens ist also in Ordnung. Die Generalisierbarkeit des Phänomens nach dem *UTOS-Framework* auf unterschiedliche *units* ist relativ groß mit mehr als 1000 untersuchten Testpersonen (Becker et al., 2017; Gürçay et al., 2015). Unterschiedliche *treatments* wurden hinsichtlich der Ausprägung von Vorwissen (PK) (Yaniv, 2004), des Inhaltes und der Menge von Fragen (Jayles et al., 2017), oder mit unterschiedlichen Anreizstrukturen (Gürçay et al., 2015) durchgeführt. Das *outcome* WOC wurde auch unterschiedlich gemessen, z.B: als Mittelwert (Yaniv, 2004; Becker et al., 2017), als Median (Jayles et al., 2017), oder als log-transformierte prozentuale Abweichung der Schätzungen vom wahren Wert (Gürçay et al., 2015). Die *settings* waren dabei unterschiedliche

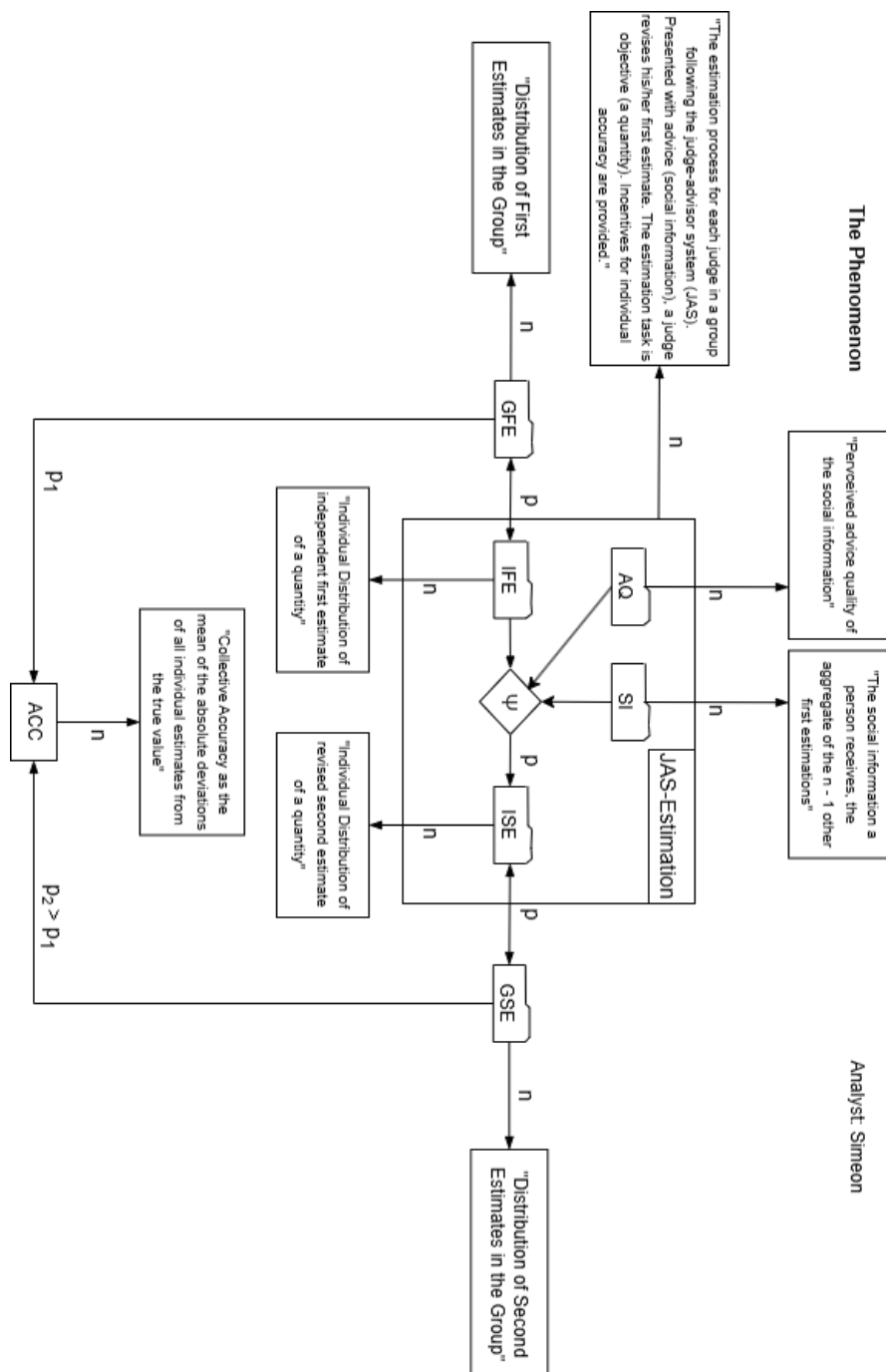
Länder (Jayles et al., 2017), online (Yaniv, 2004; Becker, 2017) oder im Labor (Jayles et al., 2017) und auch mehr oder weniger künstlich, z.B: durch zusätzliche Information über das Vertrauen der anderen Gruppenmitglieder in ihre Schätzungen (Gürçay et al., 2015), was einer natürlichen Schätzsituation näher kommt.

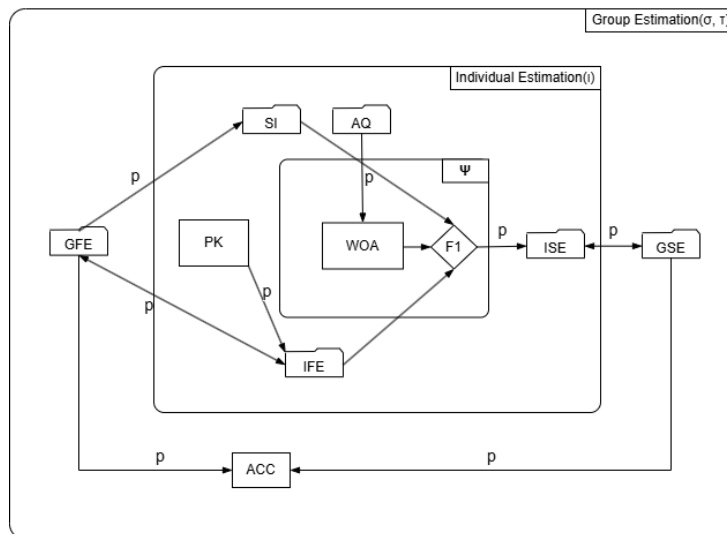
Da all diese Untersuchungen aber keine wirklich realistische Schätzsituation in einer realen sozialen Situation darstellen, ist anzuzweifeln, ob dieses Phänomen wirklich in der realen Welt außerhalb des Laborsettings vorkommt, oder man in realeren Situationen nicht sogar eher gegenteilige Ergebnisse findet (siehe Lorenz et al., 2011). Zudem wurde bisher die soziale Information, die das Kernstück dieses Phänomens darstellt, zu wenig variiert, als dass anhand dieser wenigen Veröffentlichungen das Phänomen als robust bezeichnet werden kann.

Kernkonstrukt und Formulierung der Theorie

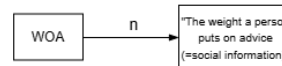
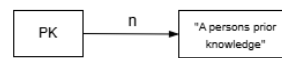
Die besonders interessierende Variable ist das ISE. Es ergibt sich aus dem IFE, der sozialen Information sowie der WOA. Zur Vereinfachung ergibt sich WOA hier nur aus der Güte der sozialen Information (siehe ID: SINFL2, SINFL3 und WOA4). Da ich davon ausgehe, dass jede Person beim selben Prozess leichte Abweichungen hat, wenn dieser unendlich oft wiederholt wird, gebe ich Verteilungen für die IFEs und die ISEs sowie die GFEs und GSEs an. Auch dem Vorwissen (PK) liegt eine Verteilung innerhalb der Gruppe zugrunde (siehe ID: PK1). Ich nehme außerdem an, dass das Vorwissen einer Person positiv mit der Genauigkeit der ersten Schätzung korreliert. Im Modell wird die Standardabweichung der IFE-Verteilung einer Person durch höheres Vorwissen verringert. Auf Grundlage der Sammlung der ersten und zweiten Schätzungen (GFE und GSE) kann dann berechnet werden, wie die durchschnittliche individuelle Genauigkeit vor und nach der Gabe sozialer Information aussieht. Die Gewichtung der eigenen ersten Schätzung (IFE) in die zweite Urteilsfindung (ISE) bestimmt indirekt, wie groß der Einfluss von IFE auf das ISE ist und gibt deshalb auch vor wie sehr die individuelle Genauigkeit in die Genauigkeit der Gruppe eingeht (siehe ID: REV7). Daher führt ein höherer Revisionskoeffizient, also das Maß der Korrektur der ersten Schätzung, zu einer Verbesserung der Gruppengenauigkeit (siehe ID: REV6; Becker et al., 2017). Die Gruppengenauigkeit wurde von Becker et al. (2017) anders operationalisiert, aber ich erwarte, dass nach dem gleichen Prinzip auch die kollektive Genauigkeit (ACC) durch den Revisionskoeffizienten beeinflusst wird, da Personen mit geringer Abweichung vom wahren Wert eher bei ihrer Schätzung bleiben und sich schlechte Schätzer mehr an die SI anpassen.

Leising et al. (2017) entwickelten eine Methode, die das darstellen von Theorien visuell möglich macht und eine Interpretation in einheitlicher Sprache erlaubt. Mit dem *Visual Argument Structure Tool* (VAST) kann man die Verbindungen zwischen verschiedenen Konzepten aufzeigen. Die wichtigsten Beziehungen sind dabei *naming* und *predict*, die ein Konstrukt benennen oder einen Einfluss auf ein anderes Konstrukt vorhersagen. In Rauten werden Verrechnungen dargestellt. Aus ästhetischen Gründen, ist die Darstellung von Daten in meinem VAST-Display etwas abgewandelt von der Originaldarstellung. Folgende VAST-Displays stellen das Phänomen und die modellierte Theorie dar:





σ = For one group in a set of different groups
 τ = For one task in a set of different tasks
 i = For one person in a set of different persons in the respective group



F1:
 $\text{truncnorm}(n, a=0, \text{mean} = \mu, \text{sd} = 1)$

mit $\mu = \text{WOA} * \text{SI} + (1 - \text{WOA}) * \text{ife}$

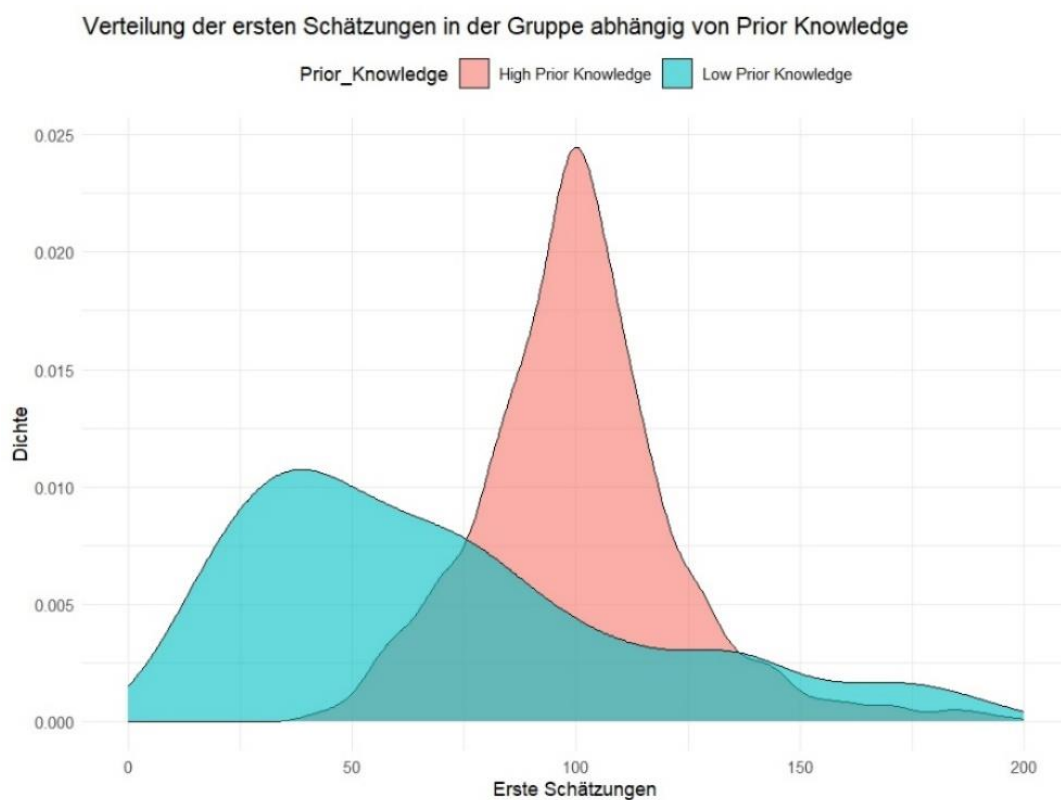
Entwicklung eines formalen Modells

Um anhand einer Simulation das Phänomen zu überprüfen, wurden Annahmen getroffen. So berechnet sich die WOA ausschließlich aus der Güte der sozialen Information. Auch die Verteilungen von Variablen, sowie Zusammenhänge mussten teils selbst überlegt werden, da die Literatur hier keine klaren Vorgaben macht. Genaue Informationen darüber können der angehängten Variablentabelle entnommen werden. Das Modell nimmt als Eingabeparameter eine Gruppengröße, einen wahren numerischen Wert (T), die Güte der sozialen Information (AQ), sowie die Parameter für die Verteilung von Vorwissen in der Gruppe (PK) an. Aus diesen Werten wird dann für jede individuelle Person ein IFE gezogen und eine Sammlung all dieser erstellt (GFE). Die WOA ergibt sich direkt aus der AQ (siehe ID: SINFL2 und SINFL3). Die soziale Information (SI), die jede Person bekommt, errechnet sich aus den IFEs aller anderen Gruppenmitglieder. Aus der SI, der IFE und der WOA errechnet sich in F2 dann ein ISE, der für alle Individuen gesammelt dann einen GSE ergibt. Aus den GFEs und GSEs errechnet sich die ACC und WOC. Anschließend wird verglichen, ob die Gruppe anhand der GFEs eine höhere ACC als anhand der GSEs hat und welche Sammlung von Schätzungen mehr von WOC profitiert. Anhand verschiedener Vorwissensparameter und der Güte der sozialen Information, können verschiedene Ergebnisse betrachtet werden.

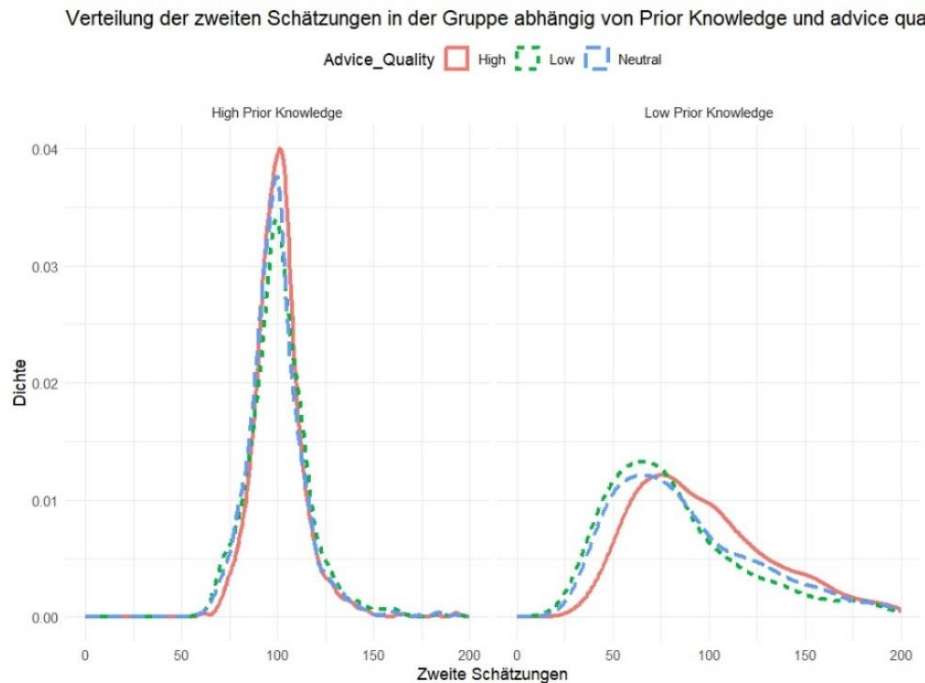
Evaluation des formalen Modells

Für die Simulationen wurde stets mit dem wahren Wert (T) 100, einer Gruppengröße 10 und 100 Wiederholungen des JAS-Paradigmas gerechnet. Anhand einer Simulation konnten folgende Ergebnisse sichtbar gemacht werden:

Wie Angenommen, führt ein höheres Vorwissen innerhalb der Gruppe zu genaueren ersten Schätzungen. Der Effekt des Vorwissens (hoch: mean = 0.9 vs. niedrig: mean = 0.1) auf die Genauigkeit der ersten Schätzungen in der Gruppe (GFE) ist nach meinem Modell allerdings sehr klein (Cohen's $d = 0.04$), was durch die log-Verteilungen im Plot größer wirkt:



Auch die Effekte der Güte der sozialen Information auf die Verteilung der zweiten Schätzungen zeigen sich im Plot besonders in der niedrigen Vorwissen-Bedingung durch eine zentralere Position um den wahren Wert.:



Die prozentuale Veränderung des Profits durch WOC zwischen den GFes ohne soziale Information und den GSEs mit sozialer Information zeigt ein erwartetes Ergebnis. Egal welche AQ und welche Vorwissensparameter eingegeben werden, die GSEs profitieren weniger von sozialer Information, da die prozentualen Unterschiede im Profit durch WOC bei den GFes größer sind. Durch den Revisionskoeffizienten (siehe ID: REV6 und REV7), scheint der soziale Austausch die Genauigkeit der Individuen so zu erhöhen, dass diese Gruppe nach Erhalt sozialer Information von WOC nur noch weniger profitiert.

Advice Quality	High prior knowledge	Low prior knowledge
Low	-12.81726	-12.78810
Neutral	-16.62166	-14.98579
High	-25.11727	-26.38559

Tabelle 1: Differenz der prozentualen Veränderung im Profit durch WOC zwischen GFes und GSEs. Berechnet wird der prozentuale Profit durch WOC bei den GFes minus den Profit bei den GSEs. Negative Werte bedeuten, dass GFes ohne soziale Information mehr von WOC profitieren als GSEs mit sozialer Information.

Die Effektstärke für den Vergleich zwischen niedriger und hoher Güte sozialer Information bei einem mittleren Vorwissenswert ($\text{mean} = 0.5$) liegt bei Cohen's $d = 0.14$. Dies bedeutet, dass die Güte der sozialen Information sich nur gering auf die Genauigkeit der Gruppe auswirkt, wenn das Vorwissen im mittleren Bereich liegt.

Das formale Modell konnte also nur kleine Effekte der Güte der sozialen Information auf die Genauigkeit der Gruppe ergeben. Auch der Einfluss von Vorwissen auf die Genauigkeit der Schätzungen ist kleiner als von mir angenommen. Gut bestätigt werden konnte der Effekt, dass die Genauigkeit der individuellen zweiten Schätzer von der sozialen Information profitiert und daher die GSEs weniger Verbesserung durch den WOC-Effekt erfahren würden.

Da in der originalen Literatur allerdings auch nur selten Effektstärken angegeben werden, ist es sehr schwer zu interpretieren, ob die in diesem Modell gezeigten Effekt plausibel sind oder nicht.

Das ganze formale Modell sowie die ausgerechneten Werte und Plots sind in der `functions.R`-Datei angehängt.

Diskussion

Die existierende Literatur zum Wisdom of Crowds Effekt, variiert leider sehr in den Operationalisierungen und Annahmen über Zusammenhänge, die das menschliche Schätzverhalten in sozialen Situationen beeinflussen. Daher sind konkrete Aussagen über erwartete Effekte sehr schwer zu treffen. Es zeigt sich, dass die Ungenauigkeit von psychologischen Theorien in der Forschung sehr präsent ist und eine Überprüfbarkeit nahezu unmöglich macht. Dies wird ersichtlich durch die vielen Annahmen, die ich selbst treffen musste, um das Modell überhaupt funktionstüchtig zu machen. Allein schon Unterschiede in der Berechnung eines Aggregats, die in der Literatur stets anders durchgeführt werden, können Effekte verändern.

Die Literatur ist allerdings dahingehend hilfreich, dass sie überhaupt einen Überblick über den Forschungsstand und untersuchbare Zusammenhänge gibt. Allerdings sollten, so bald wie möglich, klarere Definitionen Grundlage für eine bessere wissenschaftliche Praxis bilden.

Eine Auswahl über die Variablen zu treffen, die ich als relevant genug und modellierbar betrachte, war der schwerste Teil des Prozesses. Effekte wie das Vertrauen in die eigene

Schätzung, die eigentlich als sehr relevant betrachtet werden, lasse ich beispielsweise komplett aus. Am Ende musste das Modell von mir realisierbar sein, gibt daher durch starke Vereinfachungen aber nur bedingt einen Mehrwert für die Wissenschaft.

Literaturverzeichnis

- Bailey, P. E., Leon, T., Ebner, N. C., Moustafa, A. A., & Weidemann, G. (2023). A meta-analysis of the weight of advice in decision-making. *Current Psychology*, 42(28), 24516-24541.
- Becker, J., Brackbill, D., & Centola, D. (2017). Network dynamics of social influence in the wisdom of crowds. *Proceedings of the national academy of sciences*, 114(26), E5070-E5076.
- Borsboom, D., Van Der Maas, H. L., Dalege, J., Kievit, R. A., & Haig, B. D. (2021). Theory construction methodology: A practical framework for building theories in psychology. *Perspectives on Psychological Science*, 16(4), 756-766.
- Davis-Stober, C. P., Budescu, D. V., Dana, J., & Broomell, S. B. (2014). When is a crowd wise?. *Decision*, 1(2), 79.
- Galton, F. (1907). One vote, one value. *Nature*, 75(1948), 414-414.
- Gürçay, B., Mellers, B. A., & Baron, J. (2015). The power of social influence on estimation accuracy. *Journal of Behavioral Decision Making*, 28(3), 250-261.
- Jayles, B., Kim, H. R., Escobedo, R., Cezera, S., Blanchet, A., Kameda, T., ... & Theraulaz, G. (2017). How social information can improve estimation accuracy in human groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(47), 12620-12625.
- Leising, D., Grenke, O., & Cramer, M. (2023). Visual argument structure tool (VAST) version 1.0. *Meta-Psychology*, 7.
- Lorenz, J., Rauhut, H., Schweitzer, F., & Helbing, D. (2011). How social influence can undermine the wisdom of crowd effect. *Proceedings of the national academy of sciences*, 108(22), 9020-9025.
- Madirolas, G., & de Polavieja, G. G. (2015). Improving collective estimations using resistance to social influence. *PLoS computational biology*, 11(11), e1004594.

- Rader, C. A., Larrick, R. P., & Soll, J. B. (2017). Advice as a form of social influence: Informational motives and the consequences for accuracy. *Social and Personality Psychology Compass*, 11(8), e12329. <https://doi.org/10.1111/spc3.12329>
- Snizek, J. A., & Buckley, T. (1995). Cueing and cognitive conflict in judge-advisor decision making. *Organizational behavior and human decision processes*, 62(2), 159-174.
- Van Dongen, N., van Bork, R., Finnemann, A., Haslbeck, J., van der Maas, H. L., Robinaugh, D. J., ... & Borsboom, D. (2024). Productive explanation: A framework for evaluating explanations in psychological science. *Psychological review*.
- Yaniv, I., & Kleinberger, E. (2000). Advice taking in decision making: Egocentric discounting and reputation formation. *Organizational behavior and human decision processes*, 83(2), 260-281.
- Yaniv, I. (2004). Receiving other people's advice: Influence and benefit. *Organizational behavior and human decision processes*, 93(1), 1-13.