Heuristiken $\neq$ immer gut und Logik $\neq$ immer schlecht¹

Kommentar zum Beitrag „Rationales Entscheiden unter Ungewissheit $\neq$ Rationales Entscheiden unter Risiko“
von Gerd Gigerenzer

1 Heuristiken und Bauchentscheidungen

Gigerenzer argumentiert in seinem interessanten Beitrag, dass die Regeln der Logik, Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematischen Entscheidungstheorie zwar schöne formale Werkzeuge sind. Sie geben aber, so Gigerenzer, nicht wieder, wie Menschen wirklich denken und entscheiden. Sie eignen sich auch nicht, um zu beurteilen, ob Menschen „gut“ oder „schlecht“ denken. Selbst komplizierte Entscheidungen beruhen nämlich – so Gigerenzer – auf viel einfacheren kognitiven Prozessen, den sog. *Heuristiken*. Gigerenzer unterscheidet dabei zwischen Entscheidungen unter *Risiko* und Entscheidungen unter *Unsicherheit*. Bei Entscheidungen unter *Risiko* sind die Wahrscheinlichkeiten verschiedener Ereignisse bekannt. Solche Probleme können wir oft mit den Mitteln der Logik und Wahrscheinlichkeitsrechnung lösen. So lassen sich bspw. bei Glücksspielen die Gewinnchancen theoretisch berechnen und über das Risiko von Behandlungsfehlern in Kliniken gibt es genügend empirische Daten.

Bei Entscheidungen unter *Unsicherheit* sind die Wahrscheinlichkeiten verschiedener Ereignisse nicht bekannt oder nicht genau berechenbar. Banken und Börsenmakler agieren z. B. in einer unsicheren Welt. Laut Gigerenzer benötigen wir für solche Entscheidungen andere Methoden, die mit Ungewissheit besser umgehen können: einfache, kognitiv sparsame Heuristiken. Heuristiken sind mentale Faustregeln, die zwar nicht allen Regeln der Logik oder Wahrscheinlichkeitsrechnung genügen, aber dennoch oft zu einer guten und robusten Entscheidung führen. Laut Gigerenzer führen solche Heuristiken bei Börsengeschäften zu mehr Erfolg als komplizierte finanzwirtschaftliche Algorithmen. Auch im Alltag ist es nach Gigerenzer oft vernünftig Heuristiken zu verwenden, wenn wir persönliche oder wirtschaftliche Entscheidungen treffen, z. B. ob wir eine neue Arbeitsstelle antreten oder ein Haus kaufen [1],[2].

¹ Dieser Beitrag ist die überarbeitete Fassung des Vortrags im Symposium. Der Vortragssprechstil ist zum Teil belassen worden.

Ich stimme Gigerenzer in vielen Punkten zu. Erstens, denken Menschen tatsächlich rationaler als häufig angenommen wird. Meines Erachtens hat sich die psychologische Forschung bisher zu sehr auf Fehler beim Denken und Entscheiden konzentriert. Dabei wurde jedoch aus dem Auge verloren, dass Menschen in vielen Situationen – im psychologischen Labor und im Alltag – zu richtigen Schlussfolgerungen und guten Entscheidungen kommen [3]. Diese Auffassung steht im Widerspruch zu einigen populären Theorien, in denen der Mensch als von Natur aus irrational betrachtet wird [4],[5],[6]. Zweitens, ist weitgehend unstrittig, dass Menschen häufig Heuristiken verwenden, insbesondere wenn sie unter Zeitdruck und unvollständiger Information entscheiden müssen [7],[8]. Drittens, meine ich auch, dass sich die Psychologie mehr in öffentliche Diskussionen zu gesellschaftlichen Themen einmischen sollte. Gigerenzer hat mit seinem großen Engagement – z. B. seiner Kritik an Fehlentwicklungen in der Medizin – sehr viel für unsere Gesellschaft erreicht, und das ist ihm hoch anzurechnen [9].

Gerade wegen dieser Verdienste ist eine konstruktive Auseinandersetzung mit Gigerenzers Theorie wichtig. Auch mit seinem Plädoyer für Heuristiken verfolgt Gigerenzer ein wichtiges Ziel. Dabei verbindet er in öffentlichen Diskursen allerdings das Konzept der Heuristik oft mit den Begriffen *Intuition* und *Bauchentscheidung*. Besonders deutlich wird dies in seinem Bestseller *Bauchentscheidungen: Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition* [3]. Natürlich dürfen solche Schlagwörter nicht mit Konzepten der psychologischen Forschung verwechselt werden, weil sie dafür viel zu vage sind. Trotzdem kommen sie in der Öffentlichkeit gut an, weil die meisten Menschen – mich eingeschlossen – nicht in einer komplett durchrationalisierten, durchtechnisierten und durchökonomisierten Welt leben wollen. Gigerenzers Theorie steht deshalb auch für mehr Menschlichkeit in der akademischen Psychologie – und das ist gut so.

Heuristiken, Vorurteile und Fake-News

Nun ist es aber auch so, dass Menschen oft nur das hören, was sie gerne hören wollen. Psychologen nennen das den *confirmation bias* oder *Bestätigungsfehler* [10]. Ist also die Botschaft „Der Bauch entscheidet oft besser als der Kopf“ für unsere Gesellschaft wirklich hilfreich? Sind nicht die meisten Entscheidungen, die Menschen im Alltag treffen, sowieso alles andere als rational? Jedes Jahr ein neues Smartphone zu kaufen gibt vielleicht ein gutes Gefühl, aber vernünftig ist das nicht. Und dass wir die Einschränkung von Bürgerrechten akzeptieren und uns inzwischen fast überall ausspionieren lassen, ist auch nur mit dem diffusen Bauchgefühl „Angst vor Terror“ zu erklären. Würden wir streng logisch und nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit denken, würden wir allesamt uns das nicht gefallen lassen. Oft brauchen wir eben mehr Kopf und weniger Bauch und nicht umgekehrt.

Natürlich ist es oft gut auf seinen Bauch zu hören. Wenn Sie z. B. überlegen, ob sie heiraten oder eine Familie gründen, ist das sicher eine gute Idee. Wir wissen jedoch

auch, dass Bauchgefühle und intuitive Urteile oft für Vorurteile, Stereotypen und vor-schnelle Überzeugungen mitverantwortlich sind. Wenn z. B. jemand in ein Flugzeug steigt und sich unwohl fühlt, weil auch ein arabisch aussehender Mann mit Bart einsteigt, dann liegt das vor allem an Vorurteilen und einer Politik und Medien, die diese Bauchgefühle anheizen. Sozialpsychologen definieren ein Vorurteil gerade dadurch, dass nicht alle Informationen berücksichtigt und rational abgewogen werden [11]. So ähnlich sind oft auch Heuristiken definiert: mit der Take-the-Best Heuristik werden z. B. Entscheidungen nur aufgrund einer einzigen Variable getroffen und andere ignoriert. Wahrscheinlich können Heuristiken und Vorurteile nicht gleichgesetzt werden, jedoch beruhen beide Konzepte auf kognitiven Vereinfachungen und dem Ignorieren von Informationen. Gerade wenn Psychologen ein fachlich nicht vorgebildetes Publikum adressieren, sollte deutlich werden, dass Heuristiken so nicht missverstanden werden dürfen.

Man kann Heuristiken und Bauchentscheidungen sogar mit Populismus, Fake-News und postfaktischer Politik in Verbindung bringen [12]. Solche Phänomene beruhen ja gerade darauf, dass rationales Denken hinter den emotionalen Effekt von Nachrichten und Bauchgefühlen zurücktritt. Heuristiken sind auch so nicht gemeint. Es ist aber doch interessant, dass zwar einerseits oft für Bauchentscheidungen plädiert wird, andererseits sind aber gerade Vereinfachungen die Grundlage eines populistischen Politikstils und des angeblich „postfaktischen Zeitalters“. Fake-News & Co. hätten kaum eine Chance, wenn jeder Urheber einer Nachricht seine Behauptung rational begründen und mit logisch schlüssigen Argumenten belegen müsste. Im zweiten Teil des Beitrags möchte ich deshalb einige Fragen formulieren und versuchen eine Brücke zwischen *ecological rationality* und Theorien zu bauen, die enger mit der *Logik und Wahrscheinlichkeitstheorie* verbunden sind. Ich schließe dann mit einigen Gedanken über Pluralismus in der psychologischen Forschung.

Wie wird eine passende Heuristik ausgewählt?

Es ist richtig, dass Heuristiken die Lösung eines Problems stark vereinfachen können. In der Künstlichen-Intelligenz-Forschung werden heuristische Verfahren deshalb seit den 1960er Jahren erforscht und standardmäßig angewendet. Dort werden sie auch als informierte Suchverfahren bezeichnet, weil Heuristiken problemspezifische Zusatzinformation verwenden, um die Anzahl aller möglichen Lösungswege für ein Problem einzuschränken und so die Speicher- und Zeitkomplexität des Problems reduzieren [17]. Solche Entscheidungen können NP-vollständig sein, d. h., dass es keinen polynomiellen deterministischen Algorithmus zur Lösung des Problems gibt. Umgangssprachlich heißt das, dass die Komplexität – und damit der Zeitbedarf – des Problems exponentiell mit der Anzahl der verfügbaren Heuristiken ansteigen kann. Schon bei einer relativ kleinen Anzahl von Heuristiken ist also das Auswahlproblem nicht mehr effizient lösbar [17]. Eine informatische Lösung ist dann z. B. Meta-Heuristiken anzuwenden, aber diese sind psychologisch betrachtet nicht sehr plausibel. Heuristiken

können also die Lösung eines Problems wirklich stark vereinfachen, dafür ist aber die Identifikation und Auswahl der Heuristik oft sehr aufwendig. Eine offene Frage lautet also, wie die *Adaptive Toolbox* Theorie mit dem Problem umgeht, dass die Auswahl der geeigneten Heuristik oft zu aufwendig ist.

Wie allgemeingültig sind Heuristiken?

Selbst wenn richtig ausgewählte Heuristiken nützlich sein können, stellt sich die Frage, in welchen Bereichen sie anwendbar sind. Auch Gigerenzer wird wohl zustimmen, dass die größten Errungenschaften der Menschheit – von der Raumfahrt bis zur Erforschung des menschlichen Gehirns, die Erfindung des Computers und die Entschlüsselung des menschlichen Genoms – nicht durch Heuristiken erreicht wurden, sondern nur mit logischem und rationalem (sowie induktivem) Denken (allerdings auch High-Tech Waffen, Klimawandel und die schlechten Seiten der Globalisierung). Andererseits denken Menschen im Alltag nicht immer logisch und kommen dennoch zu vernünftigen Entscheidungen. Kognitionspsychologische Befunde zeigen aber, dass Menschen dabei sehr flexibel Analogien, Schätzverfahren, bildhafte Vorstellungen, mentale Modelle und vieles mehr verwenden [13],[14]. Zwar lösen Menschen mit diesen Verfahren Probleme, die etwas anders gelagert sind als die Probleme, die Gigerenzer anhand von Heuristiken untersucht. Trotzdem ist es nicht ganz fair, so zu tun, als würden alle Psychologen annehmen, Menschen würden im Alltag denken und entscheiden, in dem sie die Regeln der Logik und Wahrscheinlichkeit anwenden wie ein Computer. Diese Auffassung wird heutzutage von kaum jemandem ernsthaft vertreten.

Zudem ist die Rolle von Heuristiken in vielen Bereichen des Lebens noch weitgehend unklar. Ein Beispiel sind Entscheidungen, für die sich eine Person genügend Zeit nehmen kann und sollte, z. B. einen Hauskauf, einen Arbeitsplatzwechsel oder die Wahl einer guten Schule für die Kinder. Heuristiken sollen sich ja besonders für Entscheidungen unter Zeitdruck und Unsicherheit eignen. In vielen Fällen können und sollten Menschen aber Unsicherheit reduzieren, indem sie sich Zeit zum gründlichen Nachdenken lassen, weitere Informationen einholen, Alternativen durchspielen oder andere Menschen und Freunde um Rat fragen. So kann Unsicherheit auch in klare Entscheidungsalternativen umgewandelt werden, die sich dann mithilfe von Logik und Wahrscheinlichkeit besser beurteilen lassen als mit Heuristiken.

Ein anderes Beispiel ist das Entscheiden in Gruppen. Heuristiken können bei individuellen Entscheidungen helfen und beruhen oft auf persönlichen Erfahrungen. Menschen entscheiden aber oft auch gemeinsam mit anderen Personen, mit denen sie gemeinsame Ziele und Interessen verfolgen. Dabei versuchen sie Entscheidungen zu treffen, die von allen Beteiligten mitgetragen und als vernünftig angesehen werden. Demokratien beruhen ja auf der Idee, dass Gruppen von Menschen zu besseren Entscheidungen kommen können als die einzelnen Gruppenmitglieder. Diese Perspektive kommt bei Ansätzen zu kurz, die auf individuellen Intuitionen und Heu-

ristiken beruhen. Einer der wichtigsten Gigerenzer-Schüler, Ralph Hertwig, versucht zwar inzwischen auf interessante Weise Heuristiken und soziale Rationalität zu verbinden [15] und ich habe selber kürzlich die kollektiven Aspekte der Rationalität als eine der wichtigsten Herausforderung der aktuellen Forschung bezeichnet [16]. Allerdings geht kollektive Rationalität weit über die Möglichkeiten einfacher Heuristiken hinaus. Gerade in Gruppenprozessen stellt sich nämlich die Frage, wie verschiedene Akteure mit potentiell unterschiedlichen Interessen mit logischen Argumenten und Gegenargumenten umgehen, ihre Meinungen und Überzeugungen aggregieren und zu vernünftigen Entscheidungen kommen. Nur mit einfachen Heuristiken ist das kaum möglich. Vielmehr müssen dazu logisches, probabilistisches und heuristisches Denken und Argumentieren eng verbunden werden.

2 Was ist „rationales“ Denken und Entscheiden?

Gigerenzers Arbeiten konzentrieren sich vor allem auf „rationales“ Entscheiden. Dabei möchte die Person aus verschiedenen Alternativen eine Option auswählen, mit der Absicht eine erwünschte Konsequenz zu erreichen und entsprechend zu *handeln* (das wird auch *praktische* oder *instrumentelle* Rationalität genannt). Eine andere Form von Rationalität besteht aber darin, neues *Wissen* zu erwerben oder die eigenen Überzeugungen zu erweitern oder zu revidieren (das wird auch *theoretische* oder *epistemische* Rationalität genannt [18]). Rationales Entscheiden und Handeln setzt aber den rationalen Erwerb und die Erweiterung von Wissen und Überzeugungen voraus. Gigerenzer konzentriert sich jedoch fast nur auf Entscheidungsprozesse und lässt alle vorausgehenden Prozesse außer Acht, in denen es um den rationalen Erwerb und die begründete Veränderung von Wissen geht. Das sind aber gerade die Dämonen, in denen logisches und systematisches Denken eine entscheidende Rolle spielen. Viele Autoren argumentieren sogar, dass Heuristiken hierbei sogar oft fehlerhaft und hinderlich sind [19].

Eine weitere wichtige Unterscheidung betrifft Aussagen darüber, was rational *ist* und wie rational Menschen *tatsächlich* denken. Das erste ist die *normative* und das andere ist die *deskriptive* Perspektive der Rationalitätsforschung [18]. Gigerenzer nimmt aber diese Trennung nicht so klar vor, weil er aus der Feststellung, dass sich Menschen nicht an die Regeln der Logik halten, schließt, die Logik sei als Norm falsch gewählt. Philosophen würden das wohl einen „naturalistischen Fehlschluss“ oder auch „Sein-Sollen-Fehlschluss“ nennen. Ein ähnlicher Fehlschluss liegt vor, wenn Gigerenzer empirisch feststellt, dass Menschen durch Heuristiken oft zu guten Entscheidungen kommen, und daraus ableitet, dass Heuristiken rational seien. Selbst wenn wir akzeptieren, dass Menschen häufig auch mit Heuristiken zu vernünftigen Entscheidungen kommen, wirkt diese Argumentation doch etwas zirkulär.

Was passiert im Gehirn beim rationalen Denken?

Inzwischen wissen wir aus zahlreichen Experimenten, dass mindestens zwei kortikale Netzwerke an logischen Denkprozessen beteiligt sind [20],[21]. Eines davon liegt im linken Schläfenlappen, das zweite in Arealen im okzipitalen und parietalen Kortex. Die Beteiligung des ersten Netzwerks spricht für die Verbindung von Denken und Sprache [22]. Denken ist demnach oft mit innerem Sprechen und Deliberation verbunden, wenn wir z. B. in Gedanken Argumente und Gegenargumente gegeneinander abwägen. Dieses zweite Netzwerk wird mit anschaulichen Vorstellungen in Verbindung gebracht, was darauf hinweist, dass wir oft Alternativen durchdenken und uns anschaulich vorstellen, was unter bestimmten Bedingungen der Fall sein könnte [22],[23]. So lösen wir selbst komplizierte Probleme. Außerdem haben Bildgebungsstudien gezeigt, dass selbst wenn Menschen Heuristiken zur Lösung eines Problems verwenden und das zu Fehlern führt, die logisch korrekte Antwort im Gehirn ebenfalls verfügbar ist. In den Experimenten wurde mithilfe funktioneller Magnet-Resonanz-Tomographie (fMRT) untersucht, ob Probanden gar nicht „merken“, dass sie einen logischen Fehler begehen oder ob sie es zwar „wissen“, aber sich die Fehler trotzdem gegen den formal gültigen Schluss durchsetzen. Letzteres ist der Fall! Wenn die Probanden logische Fehler aufgrund von Heuristiken begingen, waren zwei Bereiche des Gehirns aktiv, das anteriore Cingulum und der laterale präfrontale Kortex. Diese Regionen werden mit Fehler- und Konflikterkennung und der Unterdrückung von Handlungstendenzen in Beziehung gebracht. Die Probanden können also durchaus zwischen logisch richtigen und falschen Schlüssen unterscheiden und müssen sich nicht nur auf Heuristiken verlassen [24]. Diese Befunde sprechen zwar nicht gegen Heuristiken. Sie zeigen aber, dass Heuristiken nur ein Teil der großen Story sein können.

3 Schlussfolgerungen

Wieviel lässt sich also mit der *bounded rationality*-Theorie erklären? Zunächst unterscheidet Gigerenzer in seinem Beitrag zwischen dem Umgang mit Risiken und Umgang mit Unsicherheit. In anderen Arbeiten nimmt er diese Unterscheidung allerdings nicht so klar vor und verwendet sogar zum Teil ganz ähnliche Beispiele wie im vorliegenden Text auch für den kognitiven Umgang mit Risiken [25]. Zudem stellt sich die Frage, ob sich Unsicherheit nicht oft auf abschätzbares Risiko reduzieren lässt, indem weitere Informationen eingeholt werden? Haben wir für alle möglichen Lebensbereiche und Aufgaben spezielle Heuristiken zu Verfügung? Das müssten aber dann sehr, sehr viele sein. Und wie wählen wir dann im Gedächtnis die jeweils richtige Heuristik aus? Wie denken Menschen eigentlich in Bereichen, über die sie gar kein Wissen haben? *Fast and Frugal Heuristiken* helfen dabei vermutlich nicht weiter. Reichen einige Beispiele für den Erfolg von Heuristiken zur Stützung der Theorie aus oder müssen wir doch zeigen, dass ein bestimmter Lösungsweg in sehr vielen Fällen

erfolgreich ist? Wie entscheiden wir überhaupt, was eine wirklich gute Lösung ist, wenn nicht mit den normativen Werkzeugen der Logik, Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematischen Entscheidungstheorie? Diese Systeme eignen sich vielleicht nicht als kognitive Theorien des Denkens und Entscheidens. Aber können wir auf ihre normative Funktion verzichten?

Insgesamt spricht in der Psychologie viel für die Bedeutung von Heuristiken. Man kann sie für die Fehleranfälligkeit und Irrationalität von Menschen verantwortlich machen [5],[6],[7] oder sie für „ökologisch rational“ halten, wie Gigerenzer. Skepsis ist allerdings dann angebracht, wenn Theorien einen alleinigen Erklärungsanspruch erheben. Dieser theoretische Monismus wird zwar meist nur implizit vertreten. Eine gute *Heuristik* ist aber dann, dass mit dieser Theorie wahrscheinlich etwas nicht stimmen kann. In diesem Falle sollte man dann nach stichhaltigen Argumenten und Gegenargumenten suchen, um das Ergebnis der Heuristik zu prüfen und rational zu begründen oder zu widerlegen. Dieses mehrstufige Vorgehen wäre auch eine gute Botschaft der Psychologie an die Öffentlichkeit. Wie gesagt: Menschen hören oft nur, was sie gerne hören wollen. Es wäre fatal, wenn Gigerenzers Arbeiten in der Öffentlichkeit als Ermutigung zu weniger Denken verstanden werden würden.

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft seit 2011 finanzierten Schwerpunktprogramms *New Frameworks of Rationality* (SPP 1516) gefördert. In dem Programm arbeiten etwa 50 Psychologinnen, Philosophen und Informatikerinnen zusammen, um die Natur menschlicher Rationalität zu begreifen. Ich danke allen Kolleginnen und Kollegen für die langjährige wunderbare Zusammenarbeit und die vielen spannenden Diskussionen. Christoph Klauer, Marco Ragni und Michael Waldmann gilt mein Dank für die vielen hilfreichen Kommentare zu einer früheren Version dieses Beitrags.

Literatur

- [1] Gigerenzer G. *Simply rational: Decision making in the real world*. New York: Oxford University Press, 2015.
- [2] Gigerenzer G. *Bauchentscheidungen – die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition*. München: Bertelsmann, 2008.
- [3] Knauff M. Warum wir doch vernünftig sind. In: *Gehirn & Geist*. 2016;12:12–19.
- [4] Kahneman D. *Schnelles Denken, langsames Denken*. München: Siedler Verlag, 2012.
- [5] Sloman S, Fernbach P. *The knowledge illusion: Why we never think alone*. New York, NY: Penguin, 2017.
- [6] Thaler RH, Sunstein CR. *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. New Haven, CT: Yale University Press, 2008.
- [7] Kahneman D, Tversky A. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*. 1974;185(4157):1124–1131.

- [8] Pohl R. Cognitive Illusions. A Handbook on fallacies and biases in thinking, judgement and memory. Hove, UK: Psychology Press, 2004.
- [9] Gigerenzer G, Muir Gray JA (eds.). Bessere Ärzte, bessere Patienten, bessere Medizin: Aufbruch in ein transparentes Gesundheitswesen. Berlin: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2013.
- [10] Nickerson RS. Confirmation bias: A ubiquitous phenomenon in many guises. In: Review of General Psychology. 1998;2:175–220.
- [11] Hewstone W, Stroebe M, Jonas K. Introduction to Social Psychology: A European perspective. Sussex, UK: Wiley, 2017.
- [12] Knauff M. Wissenschaftskommunikation und Bauchgefühl – Ist Rationalität nur eine Fiktion? Eingeladener Vortrag: Symposium „Mehr als Fakten – Wissenschaft heute kommunizieren“. Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik), Karlsruhe, 2017.
- [13] Bucher L, Kaller C, Unterrainer J, Rahm B, Knauff M. Neuronale Grundlagen komplexer Kognition. In: Schröger E, Kölsch S (eds.). Affektive und Kognitive Neurowissenschaft. Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Bd. 5, Kognition. Göttingen: Hogrefe, 2013;363–430.
- [14] Manktelow K. Thinking and reasoning: An introduction to the psychology of reason, judgment and decision making. Hove, UK: Psychology Press, 2012.
- [15] Hertwig R, Hoffrage U, the ABC Research Group. Simple heuristics in a social world. New York, NY: Oxford University Press, 2013.
- [16] Knauff M, Knoblich G. Logisches Denken. In: Müsseler J, Rieger M (eds.). Lehrbuch Allgemeine Psychologie. (3. Aufl.). Berlin: Springer, 2016;533–585.
- [17] Russell S, Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd edition). New Jersey: Prentice Hall, 2010.
- [18] Knauff M, Spohn W (eds.). Handbook of Rationality: Normative and descriptive approaches of the theoretical and practical rationality. Cambridge/MA: MIT Press, (im Druck).
- [19] Evans JS, Stanovich KE. Dual-process theories of higher cognition: Advancing the debate. In: Perspectives on Psychological Science. 2013;8:223–241.
- [20] Knauff M. How our brains reason logically. In: Topio. 2007;26:19–36.
- [21] Prado J, Chadha A, Booth JR. The brain network for deductive reasoning: A quantitative meta-analysis of 28 neuroimaging studies. In: Journal of Cognitive Neuroscience. 2011;23(11):3483–3497.
- [22] Knauff M. Space to Reason: A Spatial Theory of Human Thought. Cambridge/MA: MIT Press, 2013.
- [23] Ragni M, Knauff M. A theory and a computational model of spatial reasoning with preferred mental models. In: Psychological Review. 2013;120(3):561–588.
- [24] De Neys W. Bias and conflict: A case for logical intuitions. In: Perspectives on Psychological Science. 2012;7:28–38.
- [25] Gigerenzer G. Risiko: Wie man die richtigen Entscheidungen trifft. München: Bertelsmann, 2014.