

Strategien und Heuristiken

Strategies and Heuristics

Ralph Hertwig

1 Definition

Merkmal

Heuristiken kann man als einfache Methoden verstehen, die helfen sollen, schnell zur Lösung eines Problems zu gelangen.

Im Unterschied zu Algorithmen (systematisches Verfahren, das zu bestimmten Problemstellungen nach endlich vielen definierten Schritten immer ein Ergebnis liefert) garantieren Heuristiken keine Lösung. Ein gemeinsames Merkmal der Heuristiken ist die Strukturierung des Suchprozesses: Der Suche nach relevanter Information (innerhalb oder außerhalb des Gedächtnisses), nach anderen Repräsentationen des Problems, nach Analogien oder nach Teilzielen. Eine Heuristik kann an ein bestimmtes Problem und eine Informationsumgebung adaptiert sein. Sie kann aber auch so offen formuliert sein, dass sie prinzipiell auf viele mögliche Probleme angewendet werden kann; diese Art von Heuristik wird hier *Strategie* genannt.

2 Ursprünge des Begriffs *Heuristik*

Seit Beginn der 1970er Jahre wurde der Begriff *Heuristik* zu einem der theoretisch fruchtbarsten Konzepte der kognitiven Psychologie. Seine Ursprünge liegen aber lange vor der Entwicklung der wissenschaftlichen Psychologie (für eine Geschichte des Begriffs der Heuristik, s. Groner, Groner & Bischof, 1983). Eine der bedeutsamsten Wurzeln findet sich in Descartes' im 17. Jahrhundert veröffentlichten *Discours de la méthode*. In diesen „Regeln zur Anleitung des Geistes“ finden sich eine Vielzahl von heuristischen Richtlinien, nach denen man vorgehen sollte, um (z. B. geometrische) Probleme zu lösen. Darunter auch die Regel, Probleme in möglichst kleine Teile zu zerlegen und somit in ihre einfachste Form zu bringen.

Im 20. Jahrhundert spielten in Pólya's *How to solve it* heuristische Regeln ebenfalls eine prominente Rolle. Der ungarische Mathematiker schlug vor, dass effektives mathematisches Problemlösen einem vierstufigen Schema folge: Dem Verstehen des Problems, dem Entwerfen einer Lösungsidee, der Ausarbeitung der

Lösung und der Rückschau. Jede dieser Stufen stützt sich wiederum auf heuristische Methoden wie zum Beispiel diejenige, sich einer exakten Lösung durch Näherungsverfahren beliebig genau zu approximieren.

Von zentraler Bedeutung waren heuristische Prozesse auch in gestaltpsychologischen Theorien des produktiven Denkens. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts konzeptualisierte Duncker die Situations- bzw. Konfliktanalyse sowie die Variation der Konflikt- bzw. Situationsmomente als *heuristische Methode* beim Problemlösen. In der berühmten Bestrahlungsaufgabe bestünde beispielsweise ein kritisches Situationsmoment oder „Konfliktgrund“ im räumlichen Zusammentreffen von Strahlen und gesundem Gewebe, und ein heuristischer Lösungsansatz läge in der Variation der Beziehungen zwischen Strahlen, kanzerösem und gesundem Gewebe.

In den 1950er und 1960er Jahren begannen Simon und Newell, Heuristiken für die Suche nach Problemlösungen zu entwickeln. Sie ersetzten die bislang eher vagen heuristischen Methoden durch präzise computerbasierte Modelle. In Newell und Simons *General Problem Solver* wird ein Problem als die Distanz zwischen seinem Anfangs- und seinem Zielzustand verstanden. Das Lösen eines Problems vollzieht sich in der Anwendung von Operatoren, die den Anfangszustand in Richtung des Ziels transformieren. Da der Zeitaufwand für blindes Suchen nach einer Lösung exponentiell mit der Komplexität des Problems ansteigt, wird blinde Suche durch heuristische *Means-Ends-Analysis* (Mittel-Ziel-Analyse) ersetzt.

Schritte der Mittel-Ziel-Analyse

- Einschätzung der aktuellen Distanz zum Ziel.
- Hypothetische Verwendung aller bekannten Operatoren, die gegenwärtig anwendbar sind, begleitet durch eine jeweilige Evaluation der im Folgezustand erreichten Reduktion der Entfernung zum Ziel.
- Anschließende Anwendung derjenigen Operatoren, welche die Distanz zum Ziel am stärksten verringern.

Jede der bislang erwähnten heuristischen Methoden ist so formuliert, dass die Klasse von Problemen, auf die sie Anwendung finden, prinzipiell offen ist. Man kann sich in der Tat nur schwer Probleme vorstellen, bei denen eine Regel wie „Bringe das Problem auf seine einfachste Form“ nicht anwendbar sein sollte. Diese generellen Handlungsanweisungen kann man als *Problemlösestrategien* bezeichnen. Ihre nahezu unbegrenzte Anwendbarkeit unterscheidet sie von jenen Heuristiken, die in den zwei prominentesten zeitgenössischen psychologischen Forschungsprogrammen zum Thema Heuristiken untersucht werden: den Forschungsprogrammen *Heuristics-and-Biases* und *Fast-and-Frugal Heuristics*. In diesen dienen Heuristiken der Lösung spezifischer Probleme und sind, so die Annahme im letztgenannten Programm, an eine spezifische Informationsumwelt adaptiert.

3 Heuristics-and-Biases-Forschungsprogramm

Die einflussreichste Theorie menschlicher Rationalität des 20. Jahrhunderts ist die Theorie des (subjektiven) Erwartungsnutzens. Eines ihrer Axiome postuliert, dass Menschen, sofern sie rational entscheiden, den Prinzipien der Wahrscheinlichkeitstheorie folgen. Die Frage ob Menschen aber tatsächlich in Übereinstimmung mit den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitstheorie denken, wurde zum Gegenstand eines äußerst erfolgreichen psychologischen Forschungsprogramms. Die Rede ist vom *Heuristics-and-Biases-Programm*. Ihm gebührt der Verdienst, den Begriff der *Heuristik* fest im Kanon der zeitgenössischen Psychologie etabliert zu haben.

Viele unserer Entscheidungen basieren auf subjektiven Einschätzungen der Wahrscheinlichkeit unsicherer Ereignisse. Wie gut sind diese Einschätzungen? Das Credo des Heuristics-and-Biases-Programms (Kahneman, Slovic & Tversky, 1982) ist die Annahme, dass Menschen in Anbetracht der Beschränktheit ihrer kognitiven Ressourcen und Zeit die schwierige Aufgabe der Einschätzung von Unsicherheit vereinfachen müssen. Sie tun dies, in dem sie sich einfacher Heuristiken bedienen. Obgleich diese Heuristiken in der Regel nützlich und effizient sind, können sie zu systematischen und schwerwiegenden Fehlern führen. Diese Fehler, die in ihrer Analogie zu den visuellen Illusionen auch als „kognitive Illusionen“ bezeichnet werden, repräsentieren systematische Abweichungen zwischen menschlichen Urteilen und den Prinzipien der Wahrscheinlichkeitstheorie oder Statistik.

Die prominentesten Heuristiken innerhalb dieses Programms sind die Verfügbarkeits- (*availability*), die Repräsentativitäts- (*representativeness*) und die Verankerungs- und Anpassungs-Heuristik (*anchoring-and-adjustment*). Eine Sammlung experimenteller Arbeiten, die kognitive Täuschungen und deren Erklärungen (Heuristiken) untersuchen, findet sich bei Kahneman et al. (1982). Im Folgenden soll jede der drei zentralen Heuristiken anhand eines Beispiels illustriert werden.

3.1 Verfügbarkeits-Heuristik

Verfügbarkeits-Heuristik

Diese Heuristik postuliert, dass die Häufigkeit einer Ereignisklasse oder die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses auf der Basis von zwei Informationen eingeschätzt werden kann: (1) Der Anzahl an Beispielen, für die man das fragliche Ereignis oder die Ereignisklasse in Erinnerung rufen kann, oder (2) der Leichtigkeit, mit der man sich vorstellen kann, solche Beispiele abrufen zu können.

Angenommen, in einem repräsentativen englischen Zeitungsartikel wurde ausgezählt, wie häufig ein Konsonant, beispielsweise der Buchstabe *R*, als Anfangsbuchstabe oder an dritter Stelle eines Wortes auftritt (es wurden nur Worte mit mindestens drei Buchstaben berücksichtigt). Im Englischen gilt für die meisten Konsonanten, dass sie an der ersten Stelle weniger häufiger als an der dritten Stelle eines Wortes auftreten. Hingegen überschätzten Versuchspersonen die Häufigkeit, mit der *R* am Anfang eines Wortes steht (im Vergleich zur dritten Stelle).

Die Verfügbarkeits-Heuristik erklärt dieses Fehltriteil damit, dass Wörter, die mit einem *R* anfangen, kognitiv „verfügbarer“ erscheinen (also einfacher abrufbar sind, oder deren Abruf leichter vorstellbar ist) als solche Worte, die ein *R* an dritter Stelle haben. Aus diesem Grund „verführt“ das mentale Stichprobenziehen von Wörtern den Benutzer der Verfügbarkeits-Heuristik dazu, die Auftretenshäufigkeit des Buchstaben *R* am Wortanfang zu überschätzen.

3.2 Repräsentativitäts-Heuristik

Repräsentativitäts-Heuristik

Eine wichtige Klasse von Wahrscheinlichkeitseinschätzungen bezieht sich auf die Frage, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Objekt *A* zur Ereignisklasse *B* gehört.

Wie wahrscheinlich ist es zum Beispiel, dass der Kunde, der vor Ihnen in der Schlange am Kiosk steht, die FAZ oder die BILD-Zeitung kaufen wird? Er trägt Anzug, Krawatte und einen Aktenkoffer. Die Repräsentativitäts-Heuristik unterstellt, dass wir die Attribute des Kunden mit unserer mentalen Vorstellung eines *typischen* FAZ-Lesers oder eines *typischen* BILD-Lesers vergleichen. In unserem Beispiel scheinen die Attribute eher mit dem typischen FAZ- als mit dem typischen BILD-Leser überein zu stimmen. Das heißt, die Attribute sind *repräsentativer* für einen FAZ-Leser. Ergo führt die Heuristik zu dem Urteil, dass der Kunde mit höherer Wahrscheinlichkeit die FAZ als die BILD kaufen wird.

Die Repräsentativitäts-Heuristik kann zu Fehltriteilen führen. Dies ist dann der Fall, wenn es Faktoren gibt, die zwar Wahrscheinlichkeitsurteile beeinflussen sollten, aber keinen oder nur geringen Einfluss auf ein Repräsentativitäts-Urteil ausüben. Ein solcher Faktor, den die Repräsentativitäts-Heuristik untergewichtet oder weitgehend ignoriert, sind die Basisraten der Ereignisklassen. Zum Beispiel ist es a priori viel wahrscheinlicher, dass eine beliebige Person eine BILD als eine FAZ kauft; einfach deshalb, weil die Auflage der BILD-Zeitung die der FAZ um mehr als das Zehnfache übertrifft.

3.3 Verankerungs-und-Anpassungs-Heuristik

Verankerungs-und-Anpassungs-Heuristik

Diese Heuristik postuliert, dass Quantitäten geschätzt werden, indem ein Wert als Ausgangsgröße, als Anker, gewählt wird und dieser dann (typischerweise) ungenügend angepasst wird.

Werden beispielsweise Versuchspersonen um eine rasche Antwort auf die Frage gebeten, was das Produkt der Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 sei, dann liegt der Median ihrer Schätzungen bei 512. Dreht man aber die Zahlenreihe um (8, ..., 1), dann erhält man einen Wert von 2.250! Die Erklärung im Sinne der Verankerungs-und-Anpassungs-Heuristik besagt, dass im ersten Fall ein viel kleinerer Wert als Anker fungiert (z. B. „24“, das Produkt der ersten vier Zahlen), der anschließend nur ungenügend extrapoliert wird. Im Fall der umgekehrten Zahlenreihe ist die Unterschätzung weniger dramatisch, weil die Multiplikation der ersten Zahlen zu einen sehr viel größeren Ausgangswert führt.

3.4 Perspektiven

Das Heuristics-and-Biases Programm hat Aufmerksamkeit weit über die Grenzen der Psychologie gefunden und zu neuen Forschungsfeldern in den Rechtswissenschaften (*behavioral law*) und den Wirtschaftswissenschaften (*behavioral economics*) geführt. Innerhalb der Psychologie ist es allerdings auch zum Gegenstand kontroverser Diskussionen geworden. Ein Kritikpunkt sind die nur verbal und vage beschriebenen zu Grunde liegenden psychologischen Prozesse (z. B. dem der Einschätzung von Repräsentativität oder Ähnlichkeit; siehe Gigerenzer, 1996; Kahneman & Tversky, 1996). Den Versuch, Heuristiken in eine *Dual-process*-Sichtweise einzubetten und Familien von Heuristiken mit gemeinsamen, kognitiven Mechanismen zu postulieren (s. z. B. *prototype heuristics*; Kahneman, 2003; Gilovich, Griffin & Kahneman, 2002), kann man als Antwort auf diese Kritik verstehen. Kritisiert wurde auch der exklusive Fokus des Programms auf Fehltritte, der zu einem verzerrten Bild von menschlicher Rationalität und Heuristiken geführt hat – ein Bild, in dem Heuristiken nicht mehr Mittel zur Lösung eines Problems sind, sondern selbst zum Problem werden. Das Bemühen, Heuristiken vom Odium der Irrationalität zu befreien, wurde zum Ausgangspunkt des zweiten großen Forschungsprogramms zu Heuristiken in der zeitgenössischen Psychologie.

4 Forschungsprogramm zu *Fast-and-Frugal*-Heuristiken

Das *Fast-and-Frugal Heuristics*-Programm (Gigerenzer, Todd and the ABC Research Group, 1999) sieht das Wesen einer Heuristik darin, dass sie Informationen auf relativ einfache Weise schnell („fast“) verarbeitet und dabei mit einem Mini-

mum an Information auskommt („frugal“). Weiterhin sind Heuristiken nicht nur deshalb wichtige kognitive Werkzeuge, da unsere kognitiven Ressourcen begrenzt sind (*cognitive constraints*), sondern sie sind unverzichtbar, weil viele Probleme in der realen Welt bestimmten Beschränkungen (*environmental constraints*) unterliegen. Diese Beschränkungen bestehen zum Beispiel darin, dass weder ein Mensch noch eine Rechner in endlicher Zeit eine optimale Lösung berechnen kann; dass das zu optimierende Kriterium nicht präzise messbar ist, oder es multiple Kriterien gibt; dass das Problem schlecht definiert ist (z. B. die Menge der möglichen Handlungsoptionen unklar ist); oder dass die Verwendung eines optimalen Verfahrens als unmoralisch empfunden würde bzw. Vertrauen zerstören könnte.

In der Sichtweise des Fast-and-Frugal Heuristics-Forschungsprogrammes entwickelten sich Heuristiken, um spezifische Probleme in spezifischen Umgebungen mit spezifischen Informationsstrukturen zu lösen. Deshalb sind Heuristiken nicht per se rational oder irrational, sondern sie erweisen sich als *ökologisch rational* in dem Maße, in dem sie an die Informationsstruktur einer Umgebung angepasst sind (Hertwig & Hoffrage, 2001). Ökologische Rationalität steht in enger Beziehung zu dem von Herbert Simon vorgeschlagenen Konzept von *begrenzter Rationalität* (*bounded rationality*). Dessen zentraler Kern ist die Vorstellung, dass Entscheidungsstrategien und Informationsstrukturen der Umwelt wie Zahnräder ineinander greifen. In seiner berühmten Scheren-Metapher charakterisiert Simon (1990, S. 7) rationales Verhalten von Menschen wie folgt: Es ist „shaped by a scissors whose two blades are the structure of task environments and the computational capabilities of the actor.“ Begrenzte Rationalität hat also zwei verbundene Komponenten: die Grenzen menschlicher Verarbeitungsfähigkeit und die Informationsstrukturen der Umgebungen. Gelingt die Verbindung beider Komponenten, dann können sich die Lösungen schneller und frugaler Heuristiken als erstaunlich akkurat erweisen.

Die Heuristiken dieses Forschungsprogramms sind als Prozessmodelle formuliert. Dadurch können sie nicht nur ein Urteil oder eine Entscheidung vorhersagen, sondern auch die zu Grunde liegenden psychologischen Prozesse erklären. Die Modelle sind aus drei Arten von Regeln zusammengesetzt (Gigerenzer et al., 1999):

- *Suchregeln* präzisieren, in welcher Reihenfolge Informationen gesucht werden. Zum Beispiel können Informationen zufällig gesucht werden, oder die Suche kann einer Rangordnung folgen, welche die Güte der Informationen für das Urteil oder die Entscheidung widerspiegelt.
- *Abbruchregeln* vermeiden endloses Suchen (innerhalb oder außerhalb des Gedächtnisses) und legen fest, wann die Informationssuche abgebrochen wird.
- *Entscheidungsregeln* bestimmen, wie auf der Grundlage der gefundenen Information eine Entscheidung getroffen wird.

Heuristiken sind keine optimalen Strategien. Sie setzen sich aus einfachen Bausteinen zusammen: Weder wird die optimale Rangordnung der Informationen bestimmt,

noch unterliegt der Entscheidung, die Suche zu beenden, eine komplexe Abwägung der Kosten und Nutzen. Darüber hinaus vermeiden die Entscheidungsregeln eine rechnerisch aufwändige Gewichtung und Integration der verfügbaren Information. Diverse Modelle von Heuristiken für verschiedene Probleme – Klassifikation (Classification-by-elimination), quantitative Schätzung (QuickEst) und Selektion eines von zwei oder mehreren Objekten (Minimalist, Rekognitions-Heuristik) – finden sich bei Gigerenzer et al. (1999) und Gigerenzer und Selten (2001). Eine zentrale Heuristik und deren ökologische Rationalität werden nachfolgend illustriert.

4.1 Die Take The Best-Heuristik

Sollen wir die Aktien der Firma *a* oder *b* erwerben? Dieses Problem kann als ein Urteil darüber verstanden werden, welche von zwei Alternativen, *a* oder *b*, den höheren Wert auf einem Kriterium besitzt. Dieses Urteil kann auf der Basis von Prädiktoren getroffen werden. Deren Werte (0 oder 1) wiederum implizieren niedrigere oder höhere Kriteriumswerte. Die Vorhersage, welche Firma in der Zukunft profitabler sein wird, kann zum Beispiel auf der Grundlage von Informationen wie „Investiert die Firma in neue Produkte?“, „Verfügt die Firma über Rücklagen?“ oder „Was ist der Marktanteil der Firma?“ getroffen werden.

Die Take The Best-Heuristik ist eine Hypothese darüber, wie Menschen solche Informationen suchen und verarbeiten. Sie setzt sich aus folgenden Bausteinen zusammen:

- *Suchregel (Stufe 1)*: Suche nach Prädiktoren als Funktion ihrer Validität und suche (innerhalb des Sets noch nicht abgerufener Prädiktoren) zunächst nach dem Prädiktor mit der höchsten Validität.
- *Abbruchregel (Stufe 2)*: Wenn eine Alternative einen positiven Prädiktorwert (1) hat und die andere nicht (0 oder unbekannt), dann breche die Suche ab und gehe zu Stufe 3. Andernfalls kehre zur Stufe 1 zurück. Sollten keine Prädiktoren mehr gefunden werden, rate.
- *Entscheidungsregel (Stufe 3)*: Sage vorher, dass die Alternative mit dem positiven Prädiktorwert (1) den höheren Kriteriumswert hat.

Ein zentrales Merkmal der Take The Best-Heuristik ist ihre einfache Entscheidungsregel: Die Entscheidung zu Gunsten einer Alternative beruht auf einem einzigen Prädiktor („one-reason decision making“). Warum sollte eine Person einen einzigen guten Grund einer Kombination von Gründen vorziehen? Die Integration konfligierender Aspekte in ein Urteil ist ein notorisch schwieriges Problem, das optimale Rationalitätsmodelle durch die fragwürdige Annahme lösen, es gäbe für verschiedene Ziele (wie z. B. Kinderwunsch und berufliche Anerkennung) gemeinsame Maßeinheiten („expected utilities“). Die Take The Best-Heuristik vermeidet diese Entscheidungskonflikte, indem sie auf den besten Prädiktor (der zwischen den Alternativen diskriminiert) setzt.

Heuristiken in Gestalt von Prozessmodellen zu formulieren, hat einen großen Vorteil. Man kann sowohl qualitative wie auch quantitative Vorhersagen über das Informationssuchverhalten und die Entscheidungen der Benutzer dieser Heuristiken ableiten und experimentell testen. Bei Gigerenzer (2004) findet man einen Überblick über die wachsende Anzahl empirischer Untersuchungen zu der Frage, ob und unter welchen Bedingungen (z. B. Zeitdruck) Menschen schnelle und frugale Heuristiken verwenden. Eine kritische Bewertung dieser experimentellen Evidenz sowie des Fast-and-Frugal-Heuristics Programms findet man in Newell (2005).

4.2 Die Leistungsfähigkeit und ökologische Rationalität von Take The Best

Wie gut oder schlecht fährt man mit einer Heuristik wie Take The Best? Diese Frage lässt sich elegant durch den Vergleich der Heuristik mit komplexeren Modellen mittels Computersimulationen beantworten. In Gigerenzer et al. (1999) findet man für verschiedene Heuristiken eine Reihe solcher Simulationen, die alle ein ähnliches Resultat zeigen: Heuristiken, die einfach und sparsam sind, erweisen sich als erstaunlich leistungsfähig. Die Take The Best-Heuristik kann sogar die Vorhersagegenauigkeit der multiplen Regression übertreffen, obgleich diese mehrere Prädiktoren kombiniert und deren Gewichtung auf statistisch anspruchsvolle Weise berechnet.

Wie ist das möglich? Ein Grund liegt in der *Robustheit* von Take The Best und anderen schnellen und frugalen Heuristiken. Robustheit ist die Fähigkeit, Vorhersagen über die Zukunft oder bislang unbekannte Daten machen zu können. Dagegen bezieht sich „Fitting“ auf die Fähigkeit, die Vergangenheit oder bekannte Daten beschreiben zu können. Einfache Heuristiken, die sich auf wenige, gute Prädiktoren verlassen, unterliegen weniger der Gefahr zu „überfitten“ als dies anspruchsvolle statistische Verfahren tun, die viele Prädiktoren auf komplexe Art verarbeiten. Ein zweiter Grund für die gute Performanz einfacher Heuristiken liegt darin, dass reale Informationswelten Eigenschaften haben, die von einfachen Heuristiken ausgeschöpft werden können. So lässt sich zum Beispiel analytisch zeigen (Gigerenzer et al., 1999), dass Take The Best durch kein lineares Modell (einschließlich multipler Regression) geschlagen werden kann, wenn die Gewichte binärer Prädiktoren exponentiell fallend sind (z. B. $1/2$, $1/4$, $1/8$ und so weiter).

4.3 Perspektiven

Wie gut schnelle und frugale Heuristiken funktionieren, hängt von der Passung zwischen den Informationsstrukturen der Welt und den Strukturen der Heuristiken ab. Begrenzte Rationalität bedeutet hier nicht mehr Irrationalität, wie es das

Heuristics-and-Biases Programm zu implizieren scheint, sondern ökologische Rationalität. Sind Heuristiken ökologisch rational, folgt, dass es verschiedene Heuristiken für verschiedene Probleme und Informationsstrukturen gibt. Sie sind Teil einer adaptiven Werkzeugkiste mit spezifischen kognitiven Werkzeugen für spezifische Probleme (Gigerenzer & Selten, 2001). Welche Heuristiken oder welche Bausteine für Heuristiken sich in der Werkzeugkiste befinden und wie der Benutzer sie auswählt, sind zwei der spannenden Fragen, mit denen sich die Psychologie der Heuristiken zukünftig beschäftigen wird. Schon jetzt kann man aber sagen, dass die adaptive Werkzeugkiste eine Vielfalt von Heuristiken – Urteils- und Entscheidungsheuristiken, Problemlöseheuristiken, sequenzielle Suchheuristiken, soziale Heuristiken wie die Imitationsheuristik, Heuristiken für strategischen Interaktionen und viele mehr (s. Hertwig & Todd, 2002) – beinhaltet. Obgleich Heuristik ein Begriff mit langer Vergangenheit ist, hat seine Zukunft gerade erst begonnen.

Literatur

- Gigerenzer, G. (1996). On narrow norms and vague heuristics: A reply to Kahneman and Tversky (1996). *Psychological Review*, *103*, 592–596.
- Gigerenzer, G. (2004). Fast and frugal heuristics: The tools of bounded rationality. In D. J. Koehler & N. Harvey (Eds.), *Handbook of judgment and decision making*. (pp. 62–88). Oxford: Blackwell.
- Gigerenzer, G. & Selten, R. (2001) (Eds.). *Bounded rationality: The adaptive toolbox*. Cambridge, MA: MIT.
- Gigerenzer, G., Todd, P.M. & the ABC Research Group (1999). *Simple heuristics that make us smart*. New York: Oxford University Press.
- Gilovich, T., Griffin, D. & Kahneman, D. (Eds.) (2002). *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Groner, M., Groner, R. & Bischof, W.F. (1983). Approaches to heuristics: A historical review. In R. Groner, M. Groner & W.F. Bischof (Eds.), *Methods of heuristics* (pp. 1–18). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hertwig, R. & Hoffrage, U. (2001). Eingeschränkte und ökologische Rationalität: Ein Forschungsprogramm. *Psychologische Rundschau*, *52*, 11–19.
- Hertwig, R. & Todd, P.M. (2002). Heuristics. In V. S. Ramachandran (Ed.), *Encyclopedia of the human brain* (Vol. 2, pp. 449–460). San Diego, CA: Academic Press.
- Kahneman, D. (2003). A perspective on judgment and choice: Mapping bounded rationality. *American Psychologist*, *58*, 697–720.
- Kahneman, D., Slovic, P. & Tversky, A. (Eds.) (1982). *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1996). On the reality of cognitive illusions. *Psychological Review*, *103*, 582–591.
- Newell, B.R. (2005). Re-visions of rationality? *Trends in Cognitive Sciences*, *9*, 11–15.
- Simon, H.A. (1990). Invariants of human-behavior. *Annual Review of Psychology*, *41*, 1–19.