



HEURISTIKEN – KREATIVE DENKSTRUKTUREN ZUM PROBLEMLÖSEN

Von Dipl.-Ing Dieter Skrobotz

Die aktuelle Entwicklung in unserer Gesellschaft ist von immer komplexeren Systemen, Strukturen und Handlungsräumen geprägt.

Personen, die in diesem Umfeld agieren und Probleme lösen müssen, erleben ständig Situationen, in denen Informationsmangel, unzureichende Ressourcen, mangelnde Zieldefinition, Unklarheit zur weiteren Vorgehensweise und Handlungsunsicherheit auftreten.

Wer auch unter diesen Umständen handlungsfähig sein will, muß die spezielle Kompetenz und Effektivität eines *kreativen Problemlösers* haben. Das bedeutet, über Methoden und Denkstrukturen zu verfügen, die auf viele Klassen von Aufgabenstellungen anwendbar sind.

Eine seit längerem bekannte Möglichkeit, dazu, ist die *Anwendung von Heuristiken*. Sie nutzen *formuliertes Erfahrungswissen* aus Problemlösungsprozessen. Unser Denken kann damit so strukturiert werden, daß wir in der Lage sind, *zielgerichtet und schnell* , auch auf der Grundlage bruchstückhafter Informationen, Schlussfolgerungen zu ziehen und Entscheidungen zu treffen,, die in vielen Kontexten für eine brauchbare Lösung angemessen und nützlich sind.

Ausgehend davon müßten Heuristiken heute für uns alle ein bekanntes Hilfsmittel zum Lösen von Problemen in allen Lebenslagen sein. Daß das nicht der Fall ist, liegt vor allem daran, daß dieses wichtige Wissensgebiet gegenwärtig nicht als Gesamtheit behandelt und weiterentwickelt wird, obwohl einzelne Zweige durchaus intensiv beforscht und genutzt werden.

Heuristiken – Was ist das?

Zitat:

„Bekannte Heuristiken sind zum Beispiel Versuch und Irrtum (*trial and error*), statistische Auswertung von Zufalls-Stichproben und das Ausschlussverfahren.

Heuristische Verfahren basieren auf Erfahrungen; sie können auch auf „falschen“ Erfahrungen (z. B. verzerrte Wahrnehmung, Vorurteilen und Neigungen[bias], Scheinkorrelation...) basieren.“ (aus: Wikipedia [2016])

Diese, sowie weitere Ausführungen in der Enzyklopädie zeigen die aktuellen großen *Defizite* im Wissensgebiet der Heuristik:

- keine brauchbare, *umfassende Definition des Begriffes Heuristik*, seiner Aspekte und einer Struktur des Wissensgebietes
- kein *ausreichender Überblick* zur Vielfalt heutiger heuristischen Verfahren in Theorie und Praxis und ihrer Anwendung, bezogen auf unterschiedliche Bereiche der Gesellschaft.



- Keine tiefergehende Auseinandersetzung mit der Bedeutung strukturierten Denkens innerhalb und außerhalb der Rationalität in einer IT-Gesellschaft
- Keine ausreichende zusammenfassende Darstellung der bisherigen Entwicklung des Wissensgebietes und vorhandener oder möglicher Gemeinsamkeiten zwischen den Teilbereichen.
- Diskriminierung der Leistungsfähigkeit von heuristischen Methoden durch Betonung ihres nicht-deterministischen Charakters, der fehlenden Programmierbarkeit von IT-Anwendungen auf der Basis strukturierter Denkprozesse, und der notwendigen anwendungsspezifischen Methodikanpassung.
- Verwendung von Begriffen und Aussagen, die Außenseiter mißverstehen können, wie: „Daumen oder Faustregel“, „tiefe“ und „seichte“ Kenntnisse, oder „keine Erfolgsgarantie für das Erreichen einer optimalen Lösung“. die potentielle Anwender abschrecken, sich mit dem Wissensgebiet zu beschäftigen
- Die Tendenz in unserer leistungsorientierten Gesellschaft, das Auffinden einer als „hinreichend gut“ eingeschätzten Lösung nicht als Erfolg zu bewerten, führt zur Ablehnung heuristischer Verfahren

DABEI GIBT ES HEURISTIKEN BEREITS SEIT LANGER ZEIT!

Bereits aus dem 4. Jahrhundert sind erste Ansätze bekannt, die vom griechischen Mathematiker Pappos von Alexandria stammen. Er entwickelte folgende Methode:

- Betrachte das Problem als gelöst;
- suche den Lösungsweg durch Rückwärtsschreiten (heute: Analyse; engl. *working backwards*);
- beweise durch Vorwärtsschreiten (heute: Synthese; engl. *working forwards*), dass dieser Weg zur Lösung führt.

Weitere Ansätze kann man unter anderem bei Bernard Bolzano (1781–1848) finden:

"Ich glaube keineswegs, hier irgendein Verfahren bei dem Geschäfte des Nachdenkens angeben zu können, das nicht von jedem guten Kopf schon längst wäre beobachtet worden; und ich verspreche niemandem, daß er hier etwas in dieser Art ganz Neues antreffen werde, sondern ich werde mich nur bemühen, die verschiedenen Regeln und Verfahrensarten, die der Talentvolle, meistens ohne sich ihrer selbst bewußt zu sein, befolgt, in deutliche Worte zu fassen"

(Bolzano (1837) zur Heuristik)



Woher kommt es also, daß Heuristiken heute als Möglichkeit 'unserem Denken auf die Sprünge zu helfen' in der Öffentlichkeit weitgehend unbekannt sind ?

Neben der bereits erwähnten Tendenz, nur Verfahren anzuwenden, die mit Sicherheit zu einer optimalen Lösung führen, liegen das vor allem an der mangelnden Beschäftigung mit der historischen Entwicklung der Heuristik:*

Erste Ansätze: (Mittelalter bzw. zu Beginn der Neuzeit):

Versuche zur Entwicklung einer „ars inveniendi“, einer Erfindungslehre, die den Menschen lehrt, wissenschaftliche Entdeckungen zu deduzieren wie logische oder mathematische Ableitungen.

Mit Hilfe einer allumfassenden Heuristik ein System zu schaffen, das wissenschaftliche Entdeckungen garantiert, wurde später als unmöglich erkannt.

Zweiter Ansatz: (Anfang/Mitte des 20. Jahrhunderts):

Nicht universelle Methoden sind das Ziel, sondern einzelne heuristische Regeln (engl.: heuristics), die an den unterschiedlichsten Stellen des Problemlöseprozesses ansetzen und erfahrungsgemäß die Lösung vereinfachen.

Dritter Ansatz: (Ende des 20. Jahrhunderts):

Versuche, die willkürlichen und unüberschaubaren Sammlungen von Regeln in eine systematische Ordnung zu bringen, so daß sie für die wissenschaftliche Arbeit in höherem Maße nützlich werden können.

Dieser Ansatz wurde schließlich Ende der Achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts nicht weiter verfolgt, weil klar wurde, daß selbst mit modernster Rechentechnik eine "programmierbare", auf heuristischen Prozeßmodellen beruhende Problemlösung in der wissenschaftlichen Arbeit, wie sie Bromme und Homberg noch vorschwebte, nicht möglich ist.

Die Anwendung heuristischer Methoden konzentrierte sich in den folgenden Jahren auf die bewährte Nutzung einzelner heuristischer Regeln, welche auf überschaubare Weise kontextbezogen formuliert, angepaßt und angewendet werden konnten. So entstanden eine Vielzahl von Regelsammlungen für einzelne Wissensgebiete, die, als 'heuristics' bezeichnet, den Problemlösungsprozeß im jeweiligen Kontext unterstützen.

Bekannte Moderne Heuristiken in diesem Sinne sind:

- Heuristiken zur Lösung mathematischer Probleme: [George (György) Pólya (1887-1985)]
- Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ): Genrich S. Altshuller (1926-1998)
- Systematische Heuristik als Methodologie der Ingenieurwissenschaften: [Johannes Max Müller (1921-2008):]

*Nach: Rainer Bromme, Eckhard Hömberg. Psychologie und Heuristik. Dr. Dietrich Steinkopff-Verlag Darmstadt, 1977, ISBN 3-7985-0481-4



- Qualitativ-heuristische Sozialforschung: [Gerhard Kleining (*1926)]
- Heuristiken für Entscheiden unter Unsicherheit: [Gerd Gigerenzer (*1947)]
- Urteilsheuristiken in der Denkpsychologie: Daniel Kahneman und Amos Tversky
- Heuristiken zur Optimierung von IT-Anwendungslösungen (Schnelle Suche, geringer Rechenaufwand+minimale Kosten):
- Fuzzy-Logik, Operation Research (verwenden Heuristiken)
- Suche nach Viren anhand von typischen Merkmalen (Virensuchprogramme von Kaspersky u.a.)

Die unter den Bedingungen von immer komplexeren Systemen, Strukturen und Handlungsräumen gegenwärtig benötigte *spezielle Kompetenz und Effektivität beim Problemlösen in Ausnahmesituationen in allen Bereichen der Gesellschaft*, läßt sich mit einem neuen, weiterführenden Denkansatz aus dem Wissensgebiet der Heuristik bewältigen:

Vierter Ansatz:

Auch außerhalb der wissenschaftlichen Arbeit anwendbares *Strukturiertes Denken* unter Zuhilfenahme von kontextabhängigen Methodologien, allgemeinen und speziellen heuristischen Regeln und Berücksichtigung von menschlichen Voreingenommenheiten und Fehlhaltungen.

DIE FOLGENDEN AUSFÜHRUNGEN GEHEN VON DIESEM WEITERFÜHRENDEN ANSATZ AUS.



DIE SYSTEMATISIERUNG DES WISSENSGEBIETES HEURISTIK

Strukturiertes Denken auf der Grundlage heuristischer Regeln benötigt eine umfassendere Systematisierung des Wissensgebietes als bisher üblich.

Heute bekannte Heuristiken lassen sich in verschiedene *Klassen* einteilen: (Stand 2016):

Alltags-Heuristiken

Zu unserer mentalen Grundausstattung gehörende Heuristiken
(z.B. Gigerenzer : Blickheuristik beim Ball fangen)

Wirtschaftswissenschaftliche Heuristiken

- Heuristisch gestützte Entscheidungsverfahren
(z.B. ‚Intuition und Führung‘, Gigerenzer, bei Bertelsmann, 2012)
- Prozeß-Heuristiken
(z.B. Aufbau und ablaforientierte Organisationsheuristiken ;
Michael Reiß 1987)
- Betriebswirtschafts-Heuristiken
(z.B. Die Anwendung heuristischer Regeln: Eine Übersicht am
Beispiel von Fusionen; Seidel, Marcel 2013)
- Projektmanagement-Heuristiken
- Logistik-Heuristiken (z.B. Dominik Seemann, Juli 2015 in: researchgate.net)
- Systemgestaltungs-Heuristiken (z.B. Critical Systems Practice (CSP))
- Operations Research (verwendet Heuristiken)

Mathematik- Heuristiken

- Heuristische Lösungsfindungsverfahren

Lern-Heuristiken

- Lösungs-Heuristiken für (mathematische) Aufgaben in Schule und Ausbildung (Polya u. a.)

Kognitions- Heuristiken

- Kreativitäts-Heuristiken
(z.B. Directed Creativity by Paul Pisek)
- Urteilsheuristiken
(z.B. Kahneman & Tversky u.a.)

IT-Heuristiken

- IT-Prozeßheuristiken
(Effektivere Programmierung, Benchmarking u.a.)
- IT-Sicherheits-Heuristiken
(z.B. ‚A Survey of Hyper-heuristics‘ by Edmund K. Burke et al., 2009)
- Virensuchprogramme (Kasperski u.a.)



Medizin-Heuristiken

- Prozeß-Heuristiken für Ausnahmesituationen der medizinischen Versorgung

Problemlösungs-Heuristiken

- Design-Heuristiken : Design Thinking u.a.
- Engineering- Heuristiken: Systematische Heuristik u.a.
- Entscheidungs-Heuristiken (z.B. Gigerenzer et al.)
- Problemlösendes Denken (TRIZ)

Sicherheits-Heuristiken

- Strukturiertes Problemlösen in Ausnahmesituationen (z. B. Skrobotz, Vorlesungsskript, THB), 2017)

Sozialwissenschaftliche Heuristiken

- Heuristiken zum moralischen Verhalten
- Heuristiken für sozialwissenschaftliche Forschungen: Spezielle Analyseverfahren und -Mathematiken

(und andere...)

Alle hier aufgeführten Heuristiken sind *Hilfen für strukturiertes Denken*, die das Finden von Lösungen zu Problemen ermöglichen sollen, *zu denen kein mit Sicherheit zum Erfolg führender Algorithmus bekannt ist*. Sie ermöglichen es, schnell und auf der Grundlage bruchstückhaften Wissens, Schlussfolgerungen zu ziehen, die – obwohl nicht logisch zwingend – in vielen Kontexten angemessen und nützlich sind.

Aufgrund der durchgehend hohen Komplexität der Systeme und Vorgänge in der heutigen Gesellschaft, gehören sie zu den Standard-Fähigkeiten, die Manager, Teams und Mitarbeiter beherrschen sollten.

Die Grundlage von Heuristiken sind *Verallgemeinerte Methodische Hinweise, (VMH)*, die aus erfolgreichen Problemlösungen gewonnen werden, oft bezeichnet als „Daumen-“ oder „Faustregeln“, bilden aber in ihrer Gesamtheit eine qualifizierte Wissensbasis für den kreativen Prozeß. Sie dienen der kognitiven Entlastung, sind allerdings auch keine Programme, Toolboxen oder fertige Anwendungslösungen (Apps), wie sie heute von Vielen als methodische Hilfsmittel erwartet werden. Sie unterstützen lediglich als „Wörterbuch“ unser *problemlösendes Denken!*

Sie benötigen, wie beim Sprachgebrauch die Grammatik, ein spezifisches, übergeordnetes Denkmodell (Anwendungsstrategie, Heuristik, Metaheuristik).

Bisherige Versuche, entdeckte heuristische Regeln ohne die übergeordnete Unterstützung so zu verknüpfen, dass eine *Erfolgsgarantie für die schnelle Problemlösung* mit wenig Aufwand und in hoher Qualität erreicht werden kann, waren nicht erfolgreich und werden es vermutlich nie sein.



AUF INTUITIVEN VERFAHREN BERUHENDE DENK-STRATEGIEN, WIE HEURISTIKEN, LASSEN NUR EINGESCHRÄNKT EINE SO WEITGEHENDE ALGORITHMISIERUNG ZU, DAB SIE MIT HILFE VON IT-ANWENDUNGEN NACHVOLLZOGEN WERDEN KÖNNEN.

Bei der Anwendung von Heuristiken ist ausreichendes Wissen über ihre *Kontextbezogenheit* notwendig! Im falschen Kontext angewandt, können sie zu *systematischen Fehleinschätzungen* führen!

Voreingenommenheit oder eingeschliffene Verhaltenstrends (engl.: BIAS) verstärken solche Fehleinschätzungen und führen oft dazu, daß die Anwendung von Heuristiken nicht erfolgreich ist. Umfangreichere Kenntnisse zu diesen Trends können hier helfen, die Ursachen zu finden und die Erfolgsrate zu erhöhen.

WER HEUTE HEURISTIKEN ANWENDET, KANN DEN VORTEIL IN ANSPRUCH NEHMEN, AUCH DANN NOCH HANDLUNGSFÄHIG ZU SEIN, WENN ANDERE AUFGEBEN MÜSSEN! ER WIRD MIT GROßER WAHRSCHEINLICHKEIT AUCH IN SCHWIERIGEN SITUATIONEN EINE BEFRIEDIGENDE LÖSUNG FÜR ZU LÖSENDE PROBLEME FINDEN.

METAHEURISTIKEN, HEURISTIKEN UND HEURISTISCHE REGELN

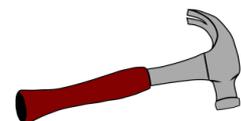
Bausteine des Wissensgebiets 'Heuristik' sind *Metaheuristiken*, *Heuristiken* und *heuristische Regeln*, die in der angegebenen Reihenfolge Unterstrukturen bilden.

Dabei muß nochmals betont werden, daß es sich hier nicht um Programme oder Programmbausteine handelt. Heuristiken bieten vor allem „Hilfe zur Selbsthilfe“, ihr Erfolg hängt stark von den Erfahrungen mit ihrer Anwendung ab!

Ein Beispiel:

Mit einem Hammer, einer Zange oder eine Schraubendreher können vielfältige Aufgaben gelöst werden. Voraussetzung ist ein Mindestmaß an handwerklicher Erfahrung.

Eine Garantie für das Gelingen der Arbeiten mit ihnen ist aber nicht mit eingebaut!





METAHEURISTIKEN:

Eine Metaheuristik ist ein Handlungsrahmen zur näherungsweise Lösung einer bestimmten Klasse von Problemen.

Metaheuristiken definieren eine abstrakte Folge von Schritten, die (theoretisch) auf beliebige Problemstellungen angewandt werden können.

Damit eine Metaheuristik in der Praxis anwendbar ist, muß sie sich auf eine anwendungsspezifisch definierte Menge an heuristischen Regeln (engl.: heuristics) und ein Anwendungsfeld beziehen.

Die Anwendung einer Metaheuristik ist ein innovativer Problemlösungsansatz dessen Erfolg stark von der Kompetenz der beteiligten Personen abhängig ist!

In der Regel ist nicht garantiert, dass eine Metaheuristik eine optimale Lösung findet, aber sie wird in unübersichtlichen und scheinbar ausweglosen Situationen einen brauchbaren, dem optimalen Ziel möglichst nahe liegenden Ansatz dazu ergeben!

HEURISTIKEN :

Heuristiken sind Strategien, die das Finden von Lösungen zu Problemen ermöglichen sollen, zu denen kein mit Sicherheit zum Erfolg führender Algorithmus bekannt ist.

Mit ihnen können schnell und auf der Grundlage bruchstückhaften Wissens, Schlussfolgerungen gezogen und Handlungsfolgen zum Erreichen von Zielen entwickelt werden, mit denen in schwierigen Situationen eine befriedigende Lösung für Probleme und komplexe Aufgabenstellungen gefunden werden kann.

Heuristiken können als Gesamt-Strategie mit Handlungsschritten zur Problemlösung formuliert sein (Beispiel 'Systematische Heuristik' von J.Müller), als methodischer Leitfaden im Denkprozeß (Beispiel 'TRIZ' von S.Altschuller), oder eine Sammlung von kontextbezogenen heuristischen Regeln darstellen. Es ist möglich, sie als Modul einer Metaheuristik unterzuordnen, wenn Handlungsrahmen und Kontext dazu passen (Sub-Metaheuristik).

HEURISTISCHE REGELN (HEURISTICS):

Heuristische Regeln sind formuliertes Erfahrungswissen aus Problemlösungsprozessen.

Sie können auch unabhängig von Metaheuristiken und Heuristiken zur Problemlösung eingesetzt werden. Ihre Darstellungsform kann unterschiedlich sein:

- als vom Anwender zu beantwortende Frage,
- als methodischer Hinweis für die Arbeiten,
- als 'Faustregel',
- als einfaches Denkmodell zur Erschließung eines Sachverhalts

...und weitere Formen.



Man unterscheidet mehrere *Klassen* von heuristischen Regeln, die sich im Laufe der Zeit aus der Erfahrung mit erfolgreichen Problemlösungsprozessen entwickelt haben.

Es ist wichtig, zu beachten, daß Heuristische Regeln bei der Anwendung auf verschiedene Problemlösungs-Klassen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen!

Außerdem muß berücksichtigt werden, daß sich ohne den methodischen Rahmen einer Heuristik schnell Fehler einschleichen können, die den Problemlösenden in die Irre führen können!

Klassen von heuristischen Regeln:

Heuristische Regeln haben gewisse Eigenschaften und können in *Klassen* eingeteilt werden:

- Verallgemeinerte Methodische Hinweise (VMH) aus erfolgreichen Problemlösungen
- „Daumen-“ oder „Faustregeln“: Erfahrungen in Regelform aus früheren Lösungsprozessen
- „Scaling Laws“ :Verallgemeinerte Grundgesetzmäßigkeiten, die bei einer Vielzahl von Lösungsprozessen weiterhelfen
- „Bias“: Hinweise auf Denkfehler und (Fehl-)Haltungen die den Lösungsprozeß beeinflussen können und daher von vornherein als 'Stolpersteine' berücksichtigt werden sollten.

Beispiel für die Zusammenhänge:

Das erfinderisch-problemlösende Denken von TRIZ beruht auf heuristischen Regeln die aus der methodischen Analyse einer großen Menge von *Patententwicklungen* entstanden sind. Das 'abgehobene' Erfahrungswissen ist nur praxiswirksam anwendbar durch die gleichfalls entwickelte *Metaheuristik TRIZ* mit übergeordneten Denkmodellen ("Lösen von Widersprüchen" als zentrale Strategie) und Handlungsvorschriften zur Regelanwendung, sowie einem zusätzlichen methodischen Training für den Nutzer.