

## Das heuristische Vorgehen erfahrener Konstrukteure

Die Heuristik wurde aus zwei leitfadengestützten Interviews mit zwei sehr erfahrenen und kreativen Konstrukteuren bei B&B Maschinenbau Gotha herausgearbeitet. Wir entwickelten einen problemorientierten Leitfaden für Einzelinterviews. Dieser Leitfaden ist methodisch so gestaltet, dass er auch für die Erhebung des Erfahrungswissens anderer Experten geeignet ist. Die Einzelinterviews wurden aufgezeichnet und die Schritte des Vorgehens der Konstrukteure dokumentiert und nochmals mit den Konstrukteuren diskutiert und abgestimmt. Gleichzeitig arbeiteten wir auf der Basis der Heuristik Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Arbeitens beider Konstrukteure heraus und fassten sie zu einer „allgemeinen Heuristik“ zusammen, die wir nachfolgend vorstellen.

### Arbeitsschritte in der Konstruktion

#### ***I. Analyse der Aufgabe***

- Sammeln und Ordnen der Anforderungen (Clusterbildung)
- Ermittlung der Komplexität des Auftrags (Erstes ideelles Bild des zu konstruierenden Teils anhand der numerischen Angaben)
- Feststellen von Paradoxien in den Anforderungen
- Analyse der Bedingungen, d. h. der Kriterien, die die Anforderungen näher bestimmen (z. B. Stückzahl, Gewicht, Material, Toleranz ...)
- Bilden einer Rangliste dieser Kriterien. Worauf kommt es am meisten an? Z. B. mehr auf Wirtschaftlichkeit oder mehr auf Genauigkeit achten?

#### ***II. Einordnen der Aufgabe - Analogiebildung, zirkuläres Fragen***

- Feststellen des Grades an Neuartigkeit: Wo gibt es Routine-Komponenten?
- Abschätzen der grundsätzlichen Machbarkeit: Ist das Problem überhaupt lösbar?

#### ***III. Fehlersuche***

- Suche nach Fehlern in der Aufgabenstellung: Nachprüfen der Angaben durch Ausprobieren an der Maschine.
- Hypothesentest durch Experimentieren mit verschiedenen Maßen und schrittweises Annähern an den richtigen Wert.

**Erforderliches Wissen:**

- Wissen um Aufgabentypen (Kategorien von Aufgaben),
- Kenntnis der entscheidenden Kriterien der Auftragsanalyse,
- Prozesswissen über den Vorgang der Fertigung und den damit verbundenen Materialien, Maschinen und technischen Möglichkeiten bzw. Grenzen,
- Kenntnis über häufige oder mögliche Fehler in der Aufgabenstellung und über Indizien hierfür,
- Wissen über Lösbarkeit und Unlösbarkeit,
- Wissen über Grenzwerte der Maschinen und die damit zusammenhängenden kritischen Bereiche der Aufgabe.

**Erforderliche Kommunikation:**

- Gespräch mit dem Auftraggeber, falls der Verdacht besteht, dass es Fehler in der Aufgabenstellung gibt.
- Gespräch mit Maschinenherstellern, falls sich dieser Verdacht nicht mit dem Kunden zusammen ausräumen lässt.

**IV. Entwicklung von Lösungen: Assoziieren, Antizipieren**

- Abstrahieren der Aufgabe auf Prinzipien.
- Suche nach bekannten Lösungsmöglichkeiten (Mustererkennung).
- Transformation bekannter Lösungsmöglichkeiten und Abgleichen auf die konkrete Situation.
- Gleichzeitig: Raum schaffen für neue Ideen, d. h.: Sich-Lösen von bekannten Mustern und Sich-Lösen von anderen neuen Ideen.
- Räumliche und zeitliche Vorstellung der Lösungsmöglichkeiten.
- Vom Ergebnis ausgehen und dieses in Einzelteile zerlegen.
- Ausgehend von den technischen Möglichkeiten schrittweise an die Lösung herantasten.

**V. Selektieren von Lösungen**

- Auswählen von Lösungsvarianten.
- Lösungsvarianten konkretisieren (Lösungsvarianten werden kategorisiert).
- Bewertung der Lösungsvarianten durch Abgleich mit den zentralen Kriterien der Aufgabenbestimmung; Erstellen einer Präferenzliste der Lösungsmöglichkeiten (evt. bereits Ausschluss von Lösungsvarianten).
- Durchspielen von Lösungen und Festlegen von Zeiten, wie lange jeder Idee nachgegangen wird, bis sie verworfen wird.
- Prüfen auf Fehler, das heißt auf
  - a) Fehler, die durch Übersehen oder Ungenauigkeit entstehen;
  - b) logische Fehler, die z. B. durch mangelndes Erfassen der Komplexität entstehen.

**Erforderliches Wissen:**

- Wissen über gute Lösungen aus der Vergangenheit bzw. gute Lösungen anderer Experten
- Wissen über bereits gemachte Fehler und deren Gründe
- Wissen über allgemeine Problemlösemethoden (Wann ist es z. B. besser, Teile zu berechnen und wann sollte besser an der Maschine experimentiert werden?)
- Wissen über kreativitätsfördernde und -hemmende Bedingungen
- Wissen über Hilfsmittel

**Erforderliche Kommunikation:**

- Kommunikation als kreativitätssteigernde Bedingung, im Sinne von lautem Denken und assoziativer Lockerung
- Kommunikation als gemeinsame Lösungssuche
- wichtig: Wertschätzung des Expertenwissens anderer

**V. (Eigentliche) Konstruktion**

- Endgültige Zeichnung
- Fehlerkontrolle
- Arbeitsplan für Fertigung

**Eigenschaften und Verhaltensweisen kreativer Konstrukteure**

Interessant war, dass durch das Erheben des Erfahrungswissens fast nebenbei auch jene Eigenschaften und Fähigkeiten benannt wurden, die einen kreativen Konstrukteur ausmachen. Diese sind einerseits wenig überraschend, waren aber andererseits für die Konstrukteure selbst wie für den Geschäftsführer „erhellend“.

- Selbstbewusstsein, Vertrauen in eigene kreative Fähigkeiten,
- realistische Selbsteinschätzung, wissen um eigene Stärken und Schwächen,
- Ausdauer, Widerstandsfähigkeit,
- Fähigkeit zum konstruktiven Umgang mit Enttäuschungen,
- hohes Anspruchsniveau an das Ergebnis,
- Fähigkeit zur Antizipation der Perspektive anderer (Laien und Experten aus anderen Bereichen).

Als Komponenten heuristischer Kompetenz schälten sich folgende heraus:

- Großes *Sachwissen*, *Detailwissen*.
- Ausgeprägtes *Prozesswissen*.
- *Prozesssteuerung*, die auf die Aufgabe *und* auf die Person zugeschnitten ist. Dazu gehört:
  - Suche nach Information/Hilfe (Wissen, wer ist Experte; Fähigkeit zum Kontakt).
  - Festlegen der Zeiten für die einzelnen Arbeitsschritte (und der schöpferischen Pausen).
  - Fähigkeit zum Ebenenwechsel, z. B. von der Ausarbeitung einer konkreten Idee zurück zum allgemeinen Brainstorming.
  - Implizite und explizite Fehlersuche und (Teil-)Ergebniskontrolle.
  - Rückkopplungsschleifen zwischen: Bedingung – Weg – Ziel.
  - Befähigung Anderer zur „informierten Entscheidung“. (z. B. Führen beteiligter Personen und Konfrontation mit den entscheidungsrelevanten Fragestellungen).
  - Fähigkeit zur Überprüfung großer Perspektivenunterschiede und Wahrnehmung dieser Unterschiede.

Für den Dialog zu Erfahrungswissen und seinen Transfer sind auch die nachfolgenden Erkenntnisse aus dem Erheben der Heuristik von entscheidender Bedeutung:

- *Parallelität* von:
  - Entwickeln einer Lösung (rational)
  - Antizipieren der fertigen Lösung (sinnlich)
  - Kommunikation
  - Fehlersuche
- *Permanentes Lernen*
  - aus Fehlern und der Erkenntnis ihrer Quellen
  - aus Erfolgen
  - aus der Anschauung
  - aus Lösungen anderer Experten
- *Situationsadäquate Nutzung von Wissen und Vorerfahrung*.
  - Wo ist Erfahrung hilfreich? (Erfahrung nutzen)
  - Wo ist Erfahrung hinderlich? (Erfahrung beiseite legen)
- *Wissen auf der Meta-Ebene: Heuristische Regeln und Kenntnis der Bedingungen für die Anwendung der Regeln*.