

Winfried Hacker

Design Problem Solving und psychologische Unterstützungsmöglichkeiten

Gekürzte Darstellung eines Vortrags in der Klasse Naturwissenschaften der Leibniz-Sozietät am 16. Januar 2003¹

1 Einordnung

In diesem Beitrag werden einige psychologische Einflüsse auf schöpferische geistige Arbeitsprozesse diskutiert, die bei der praktischen Umsetzung, beispielsweise als Projekt- oder Abteilungsorganisation des Konstruierens, wirksam werden. Es gibt unterschiedliche geistige Anforderungen, für die sich unterschiedliche organisatorische Lösungen verschieden gut bewähren. Daher sind zunächst die Besonderheiten der Anforderungen beim Entwerfen zu skizzieren.

2 Geistige Anforderungen in den frühen Phasen von Entwicklungstätigkeiten

Bekanntlich sind die am schlechtesten fassbaren frühen Schritte des Aufgabenklärens sowie des Konzipierens und Abwägens grundsätzlicher Lösungsmöglichkeiten die entscheidenden Schritte hinsichtlich der Innovativität von Lösungen und der späteren Fertigungskosten. Daher sind psychologische Einflüsse also vorrangig für das Aufgabenklären, Konzipieren von prinzipiellen Lösungsmöglichkeiten und Auswählen einer geeigneten Alternative zu entwickeln: Idealerweise sollten Konstrukteure alle Möglichkeiten einer Lösung aus der erschöpfend kombinierten Anzahl ihrer Merkmale im Kopfe erzeugen, um die optimale Merkmalskombination aus der Gesamtzahl aller möglichen auszuwählen. Eben das ist aber wegen der Begrenztheit unserer Bewusstseiskapazität unmöglich. Der Entwerfende muss sich von vornherein beschränken auf das Bedenken eines Merkmalsausschnitts, und zwar nicht, weil ihm keine weiteren Varianten einfielen, sondern weil er sie ohnehin im Kopfe nicht alle erhalten und vergleichen kann. Diese ausgewählte

1 ausführliche Darstellung, Quellen und Belege in Hacker (2002)

Teilmenge sollte aber die günstigsten Lösungen umfassen. Er sollte also die günstigste Teilmenge im Kopfe haben, die er aber gerade nicht kennen kann, weil er dafür aus der gesamten Menge auszuwählen hätte, über die er aber nicht verfügt. Das Nadelöhr kreativen Entwerfens ist also nicht in erster Linie der Einfallsreichtum, sondern die Enge des Bewusstseins, das sogenannte Arbeitsgedächtnis: Je geringer seine Kapazität ist, desto mehr überflüssige Schritte, desto mehr Erwägungen ineffizienter Möglichkeiten und desto größer ist der Zeitbedarf beim Entwerfen.

Des Weiteren sollten Konstrukteure bereits anfangs eine möglichst genaue Vorstellung vom Gesamtprodukt entwickeln, um daraus gezielt Einzelheiten abzuleiten und diese auf ihre Passfähigkeit im Gesamtprodukt bewerten zu können. Damit würden sie Irrwege und Nacharbeit vermeiden. Auch das ist wenigstens bei komplexen Gebilden nicht möglich: Konstrukteure verfügen anfangs oftmals nur über eine unscharfe, wenig detaillierte qualitative Idee vom Gesamtprodukt, die erst im Verlauf des Entwickelns präzisiert wird und nunmehr zur Bewertung der Passfähigkeit von Teilen auch in quantitativen Hinsichten taugt.

Einen Ausweg bieten externe, die mentale Kapazität entlastenden Vorgehensteile, wie das Skizzieren, das frühzeitige Herstellen von Modellen sowie das Diskutieren mit anderen. Arbeitsorganisatorisch sind also Voraussetzungen für einfaches Skizzieren, für einfaches Herstellen von Modellen am Arbeitsplatz und zum sachkundigen Diskutieren zu sichern.

3 Verlauf des Vorgehens in frühen Phasen

Ein Konstruktionsauftrag führt zunächst zum Durchmustern des Wissens um bereits gelöste einschlägige Aufträge bzw. bringt assoziativ einschlägig erscheinendes Wissen in Erinnerung. Ist ein brauchbar erscheinender Fall bekannt, so wird er als Ausgangspunkt genutzt. Trifft das nicht zu, müssen neue Lösungen ausgedacht oder bekannte ähnliche verändert werden. In der Regel liegt bei komplexen Konstruktionsaufträgen und berufserfahrenen Konstrukteuren eine Kombination von Wissensnutzung und von Neuausdenken vor. Wegen dieses häufigen Ansetzens an erinnerten Fällen ist die Konstruktions-tätigkeit normalerweise kein Prozess, der zunächst den Gesamtauftrag systematisch denkend in alle seine Teile zerlegt und sodann wiederum jedes Teilziel systematisch auf alle Lösungsmöglichkeiten hin untersucht. Vielmehr wechseln wissensgetriebene, auf ein Teilziel bezogene Vorgehensteile, mit solchen einer streckenweisen systematischen Zerlegung des Gesamtauftrags. Das heißt, anstelle eines Vorgehens vom Gesamtauftrag zu Teilaufträ-

gen wird gelegentlich bei den Teilen angefangen, weil für sie Lösungen oder Analogien bereits erinnert werden. Dieses Abweichen ist dadurch ausgelöst, dass Konstrukteure auf Sachverhalte (Gelegenheiten, Opportunitäten) stoßen, die nach ihrem Vorwissen mit vermutlich nützlichen Teillösungen für den zu bearbeitenden Auftrag verknüpft sind. Dieses Vorgehen steht im Widerspruch sowohl zu konstruktionswissenschaftlichen Empfehlungen als auch zu den psychologischen Konzepten: Die Empfehlungen des Mach- oder Zerlegeprinzips lauten, Aufträge systematisch solange weiter in kleinere Teile zu zerlegen, bis durch vorhandenes Vorwissen lösbare kleine Auftragsteile erreicht sind. Demgegenüber bedeutet das so genannte opportunistische Vorgehen: Konstrukteure gehen weder arbeitsschritteorientiert im Sinne der VDI 2221 vor, noch arbeiten sie orientiert an Teilaufgaben. Arbeitsschritteorientiert wären erst für alle durch die Zerlegung ermittelten Teilaufträge die Anforderungen zu klären, dann für alle Teilaufträge die möglichen Lösungsprinzipien zu ermitteln und sofort. Teilaufgabenorientiert wäre zunächst eine Teilaufgabe komplett fertig zu bearbeiten und dann die nächste komplett fertig zu stellen und so weiter. Tatsächlich überwiegen Mischungen, eben ein opportunistisches Vorgehen mit systematischen Episoden.

Für die Frage nach der Arbeitsorganisation folgt: Es sollte keine Vorgehenssystematik dem Konstrukteur aufgenötigt werden, sondern ein opportunistisches Vorgehen möglich sein.

4 Vorgehensunterschiede zwischen Experten und Durchschnittskönnern

Leistungsstarke Konstrukteure unterscheiden sich nur unwesentlich von anderen durch die Merkmale Intelligenz, Raumvorstellung oder heuristische Kompetenz. Dagegen gibt es deutliche Hinweise auf Unterschiede im Vorgehen.

Das besondere im Vorgehen leistungsstarker Konstrukteure liegt in drei Bereichen:

Art des Erfassens und Analysierens des Auftrags

Die Leistungsstarken analysieren den Auftrag eingehender, insbesondere bezüglich der zu realisierenden Funktionen, sie bestimmen vollständiger die zu realisierenden Hauptfunktionen, gewichten dann zusammenfassend ihre Analyseergebnisse und fixieren häufiger die Anforderungen.

Wir kommen auf dieses Fixieren u.a. als Skizzieren und Modellieren im folgenden Abschnitt zurück.

Art der Suche von prinzipiellen Lösungsalternativen

Leistungsstarke erzeugen häufiger mehrere Lösungsalternativen, darunter auch neuartige. Danach wählen sie systematischer das zu realisierende Prinzip aus und befassen sich intensiver mit dessen Zerlegung in Teilziele.

Art des rückkoppelnden Beurteilens der Lösungsschritte

Bei den Leistungsstarken erfolgt das prozessbegleitende Bewerten von Lösungsteilen systematischer und auch häufiger auf verschiedenen Ebenen der Konkretisierung.

Wenn sich diese Befunde verallgemeinern lassen, wären damit erfolgsbestimmende Vorgehensteile identifiziert, die bevorzugt zu unterstützen und unter anderem auch in der Ausbildung zu beachten wären. Arbeitsorganisatorisch folgt:

- Es sind organisatorische Voraussetzungen zu schaffen für Möglichkeiten einer eingehenden Aufgabenanalyse und der Fixierung der Anforderungen.
- Es sind organisatorische Voraussetzungen zu schaffen für das Suchen nach prinzipiellen Lösungsalternativen unter anderem in Diskussion mit Kollegen – ob in Zweier- oder Gruppensituationen.
- Es sind organisatorische Voraussetzungen für ein prozessbegleitendes Bewerten von Lösungen zu schaffen, unter anderem durch das Bereitstellen von Hilfsmitteln für eine Lösungsgütebewertung in frühen Phasen.

5 Skizzieren als Gedächtnisstützung sowie Mittel der individuellen und kooperativen Ideenerzeugung

In einer umfassenden Feldstudie mit mehr als einhundert berufserfahrenen Konstrukteuren aus etwa 40 Maschinenbaubetrieben gaben nahezu alle Befragten (96 %) an, beim Klären der Anforderungen und bei der Suche nach Lösungsprinzipien mit Skizzen oder einfachsten Modellen zu arbeiten. 80 % der Konstrukteure nutzen Freihandskizzen dabei immer oder oft, nur 2 % tun dies selten. Am häufigsten werden Freihandskizzen beim Konzipieren von Lösungsprinzipien, am zweithäufigsten beim Aufgabenklären benutzt.

Angesichts der wachsenden Nutzerfreundlichkeit von CAD-Programmen könnte man erwarten, dass CAD-Nutzer die nützlichen Skizzierfunktionen in die Computerarbeit verlagern. Wie steht es also um die Beziehung zwischen Freihandskizzieren und CAD-Nutzung?

67 % der Befragten arbeiten bereits in den frühen Phasen mit CAD. Aber: Das Freihandskizzieren bleibt dabei zur Vorbereitung der CAD-Arbeit und

während der CAD-Arbeit erhalten! Während das Skizzieren häufiger als die CAD-Arbeit der Lösungsentwicklung dient, dient die CAD-Arbeit häufig der Lösungsüberprüfung.

Hinsichtlich des ausgesagten Nutzens betreffen 93 % der Benennungen einen Nutzen des Skizzierens bzw. Modellierens für das individuelle Entwickeln von Lösungen und gleichviel das Unterstützen von Gesprächen mit Kollegen gleichfalls zur – hier kooperativen – Lösungsentwicklung. Erst danach folgt mit 71 % der Nennungen die Unterstützung des Gedächtnisses (Römer, Weißhahn, Hacker, Lindemann & Pache, 2001).

A. Entlastung des (Arbeits-) Gedächtnisses

- Erhalten von Ergebnisteilen, Ideen gegen Vergessen
- Freimachen von Mentalkapazität für Bearbeiten

B. Denkkunterstützung

(Unterstützung der individuellen Lösungsentwicklung)

- zusätzliche Problempäsentationen/-rückmeldungen in „mixed-use-Strategien“
 - extrozeptiv (u.a. visuell)
 - taktil-kinästhetisch
 dadurch
 - Wechselwirkung zwischen Repräsentationsmodi (u.a. visuell-anschaulich mit begrifflicher Repräsentation wechselnder Abstraktion) (vgl. „multiple Repräsentation“; „Komplexitätsreduktion“)
- dialogische Sprachstruktur (bei realem „naiven“ Partner und „Sprechen für sich selbst“)

C. Unterstützung kooperativer Lösungsentwicklung durch spezifische Kooperationsorganisation

- Integration heterogenen lösungsrelevanten Wissens als Lösungsgrundlage
- dialogische Sprachstruktur mit expertisereichen Partnern
- Nutzung lösungsfördernder Gruppeneffekte (u.a. Nominal-Gruppen-Effekt)

Tabelle 1:

Erklärungsbeiträge zu Wirkungen unterschiedlicher Arten des Externalisierens von Entwurfsschritten in frühen Phasen des Entwerfens

6 Welche Arten von Kooperation und Gruppenarbeit sind nützlich?

Dass das Gespräch mit sachkundigen Kollegen als Hauptimpuls für die Ideenentwicklung gelten kann, ist gesichert. Offen sind die Schlussfolgerungen daraus für die Arbeitsorganisation: Welche Art von Kooperation und gegebenenfalls von Gruppenarbeit ist nützlich?

6.1 Kooperationseffekte

Kooperation, also Zusammenarbeit, ist nicht Gruppenarbeit. Kooperation kann zeitweilig und gelegentlich erfolgen und sie kann sich auf Zweierbeziehungen beschränken.

Eine erste Frage betrifft damit das Verhältnis von individuellem Arbeiten und Zusammenarbeiten (Kooperation) im konkreten Sinne der Diskussion über Lösungsmöglichkeiten beim Entwerfen. Wirklich gesicherte Ergebnisse für die Überlegenheit von Zusammenarbeit in Zweierbeziehungen oder Gruppen sind spärlich. Sie betreffen hauptsächlich das Finden von mehr bzw. von effizienteren Lösungsprinzipien in der Diskussion, als jeder Einzelne für sich alleine fände. Dazu ist allerdings nicht unbedingt eine Gruppe erforderlich. Es genügt häufig bereits die erwähnte Zweierbeziehung (Dyade). Gruppen können diesen Effekt vergrößern. Zunächst sind dafür allerdings wesentliche Voraussetzungen zu sichern.

Dass die Diskussion wenigstens mit einer anderen Person bereits Gewinne für die Lösungsqualität erbringt, geht auf den Zwang zum eingehenderen Auseinandersetzen mit den eigenen Lösungsvorstellungen zurück, damit sie dem anderen verständlich, logisch begründet und zusammenhängend erklärt werden kann bzw. damit begründete und verständliche Fragen an andere gestellt werden können. Das ist der Zwang zur so genannten Selbstreflexion über Gründe, Gegen Gründe und Zusammenhänge in einem Problem-bereich.

Die Voraussetzung für diese lösungsverbessernden Wirkungen der Diskussion sind nicht in erster Linie in der Sachkunde des Partners, sondern in dem interessierenden Zuhören und Nachfragen zu suchen.

Arbeitsorganisatorisch folgt:

- Diskussion und Gespräch stellen keinen Zeitverlust dar, sondern sind die Grundlage für wesentliche Gewinne an Lösungsqualität.
- Arbeitsorganisatorisch ist die Arbeitsverteilung so zu gestalten, dass aufgrund verwandter Aufgaben sachkundige Diskussionspartner verfügbar sind.

6.2 Gruppeneffekte

Sofern man das Finden von Lösungsprinzipien durch Gruppen, die über gelegentliche Zweierbeziehungen hinausgehen, unterstützen will, sind umfangreichere Vorkehrungen erforderlich, um einen tatsächlichen Gewinn daraus erzielen zu können. Die Hauptschwierigkeiten bestehen bei dem Streben nach Erzielen von Gruppeneffekten in den sogenannten Prozessverlusten in der Gruppenarbeit, die mit der Zahl der kooperierenden Personen wachsen. Sie entstehen u.a. dadurch, dass in den Gruppen nicht mehr jeder zu jedem Sachverhalt sich mit jedem anderen tatsächlich abstimmen kann und dass die Gedächtnisanforderungen an die Gruppenmitglieder sehr rasch das tatsächlich mögliche Ausmaß an Gedächtnisleistungen übersteigen. Daraus ergibt sich, dass ein Brainstorming ohne umfassende organisatorische Vorkehrungen weniger effektiv ausfällt als zu erwarten wäre, dass Fehlentscheidungen auch in kompetenten Gruppen auftreten, sich Richtiges nicht nur deshalb durchsetzt, weil eine oder mehrere Personen es im Gruppenprozess vortragen, dass eine Selbsttäuschung über gemeinsame Überzeugungen bzw. Lösungen der Gruppe auftritt (der so genannte Groupthink, d.h. die relativ sichere Überzeugung, dass das, was viele äußern, auch zutreffend sei, hingegen davon Abweichendes unzutreffend sein müsse).

Die für leitungsförderliche Gruppenprozesse zu erfüllenden Bedingungen sind u.a.

- die kleinstmögliche Personenzahl in der Gruppe,
- zeitweilige Gruppendiskussionen neben Einzelarbeit, insbesondere zur Ableitung der Anforderungen, zur Prinzipienfindung sowie zum Ermitteln von Bewertungskriterien,
- heterogene Qualifikationen der Gruppenmitglieder, sofern der Auftrag unterschiedliche Kompetenzen zur Lösung erfordert,
- eine professionelle Moderation des Gruppenprozesses, um individuell geäußerte Meinungen gleichgewichtig zu sammeln und zur Verfügung zu stellen.

Gruppenprozesse sind nicht gebunden an einen face-to-face-Informationsaustausch. Sie sind auch möglich durch den Austausch technisch miteinander in Verbindung stehender Personen. Unerlässlich ist jedoch auf jeden Fall die Arbeit an einem gemeinsamen Auftrag, der gleichberechtigte Austausch von Informationen, das gemeinsame Entscheiden über Lösungen sowie Rückmeldungen für alle Gruppenmitglieder.

Für die Effizienz der Kooperation ist das Erhalten und Steigern der spezifischen Fachkompetenz jedes Einzelnen unerlässlich. Dazu wird die Verwur-

zelung der einzelnen Fachleute mit einer speziellen Expertise in fachkundigen Organisationseinheiten benötigt. Der Elektroniker muss in Organisationseinheiten von Elektronikern, der Programmierer in solchen von Programmierern verankert bleiben, um seine spezifische Expertise immer wieder neu zu ergänzen in einer fachspezifischen Diskussion, im fachspezifischen Wettbewerb, in fachspezifischer Weiterbildung.

Ob die Voraussetzungen für erfolgreiche Kooperations- und Gruppeneffekte praktisch durch eine Doppel- oder Einfachmitgliedschaft in Organisationseinheiten, durch eine Dauer- oder zeitweilige Mitgliedschaft, beispielsweise in Konstruktionsabteilungen oder in Projektgruppen, zu verwirklichen ist, kann nicht generell, sondern nur branchen- und betriebsspezifisch entschieden werden. Bedeutsam ist lediglich, dass die skizzierten organisatorischen Bedingungen gesichert werden.

7 Zusammenfassende Diskussion

Skizzieren, Diskutieren oder Sprechen für sich selbst sind einige Merkmale gemeinsam, die mit der Externalisierung mentaler Prozesse zu tun haben. Diese externe Unterstützung wiederum hat leistungsbegünstigende Wirkungen, die durch einige kognitionspsychologische Mechanismen (z.B. multiple Repräsentation; Komplexitätsreduktion; Abrufen semantischer Relationen aus dem Langzeitgedächtnis) sowie sozialpsychologische Effekte erklärbar sein können (vgl. Tabelle 1).

Literatur:

Hacker, W. (Hrsg.): Denken in der Produktentwicklung. Psychologische Unterstützung der frühen Phase. Zürich: Verlag der Fachvereine; Stuttgart: Rainer Hampp Verlag, 2002.