

Konstruieren - Kunst oder Handwerk

Dietz, P.

Fachvortrag des neuen Rektors anlässlich der feierlichen Übergabe des Rektoramts der Technischen Universität Clausthal am 25. Oktober 1996

Paper of the new rector of Technical University of Clausthal on the occasion of the official ceremony of the entrance upon office at 25th of October 1996

Meine Damen und Herren!

Wir können das Thema, ob es sich beim Konstruieren um ein eher künstlerisches oder eher handwerkliches Tätigkeitsfeld handelt, sicherlich in verhältnismäßig kurzer Zeit erschöpfend behandeln, denn die meisten von Ihnen haben ja heimlich schon ihr Häkchen an die richtige Stelle eingetragen (**Bild 1**).

Konstruieren	
<input type="checkbox"/>	Kunst ?
<input type="checkbox"/>	Handwerk ?

Bild 1: Kunst oder Handwerk?

- Die Konstrukteure unter Ihnen selbstverständlich bei "Kunst".
- Die anderen, insbesondere die, die unter den Konstrukteuren zu leiden haben, weil diese sich meist wie verhinderte Künstler gebärden, haben "Handwerk" angekreuzt oder suchen noch nach einem dritten Kästchen.

Beide Ansichten haben etwas für sich. Die in **Bild 2** gezeigte Konstruktion eines Hubschraubers von Leonardo da Vinci ist sicherlich der Ausdruck künstlerischer Schöpfungskraft eines begnadeten Genies. Denken Sie dagegen an das DIN-Blatt Nr. 15 - das ist

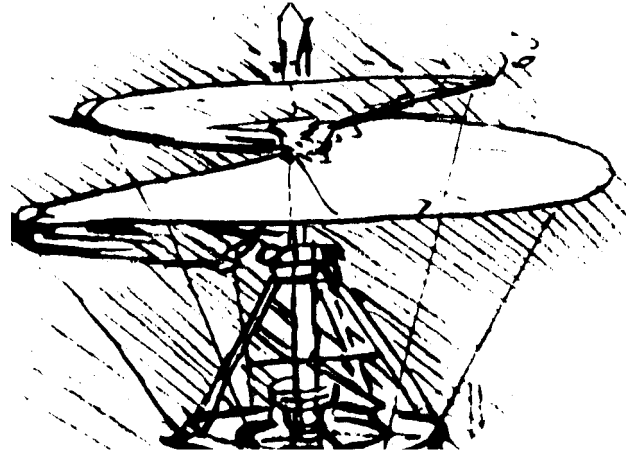


Bild 2: Konstruktionzeichnung eines Hubschraubers (Leonardo da Vinci)

die Norm zur Festlegung der Strichstärken in technischen Zeichnungen - so sind wir meilenweit von jedem schöpferischen Akt entfernt.

In beiden Welten muß aber der Konstrukteur leben. Lassen Sie uns daher der Frage nach dem Konstruktionsprozeß mindestens in Teilbereichen und den Fähigkeiten der Personen, die ihn ausführen, etwas differenzierter nachgehen.

Für uns Hochschullehrer hat die eingangs gestellte Frage eine weitere Bedeutung. Beruht die Fähigkeit zu Konstruieren auf einer angeborenen, individuellen Begabung oder läßt sich das Konstruieren mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden analysieren und verbessern? Nur im zweiten Falle ist Konstruieren auch lehr- und lernbar.

Worin besteht denn nun die Aufgabe des Konstruierens?

Fest steht zunächst, daß der Erfolg eines Unternehmens wesentlich von seinen Produkten abhängt. Handelt es sich dabei um industrielle Produkte, dann wird die Funktionsweise und die Gestaltung meist von Konstrukteuren entworfen. Dies möge zunächst die Wichtigkeit dieser Funktion untermauern.

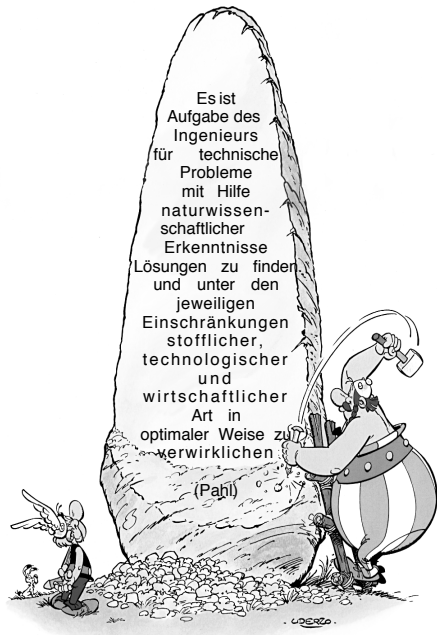


Bild 3: Die Aufgabe des Ingenieurs nach /1/

Fest steht auch, daß das Konstruieren die wohl typischste technische Problemlösung ist, die es gibt. Und hier darf ich einen Merksatz meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Pahl zitieren, der die Aufgabe des Ingenieurs generell beschreibt (**Bild 3**):

Es ist Aufgabe des Ingenieurs für technische Probleme mit Hilfe naturwissenschaftlicher Erkenntnisse Lösungen zu finden und unter den jeweiligen Einschränkungen stofflicher, technologischer und wirtschaftlicher Art in optimaler Weise zu verwirklichen.

Dieser Satz hat zwei Teile, die wir nacheinander betrachten wollen. Zunächst einmal bekommt der Konstrukteur von seinem Vorgesetzten, dem Kunden, der Werbeabteilung oder wem auch immer ein technisches Problem vorgesetzt, daß es gedanklich zu lösen gilt. Hierbei können ihm seine Kenntnisse, die er im Studium oder durch Berufserfahrungen gelernt hat und die ihm in einer freundlichen Wolke entgegen-schweben, helfen. Ergebnis ist ein Konzept, die gedankliche Lösung des Problems, er könnte sich also beispielsweise eine neue Methode zur Zerkleinerung

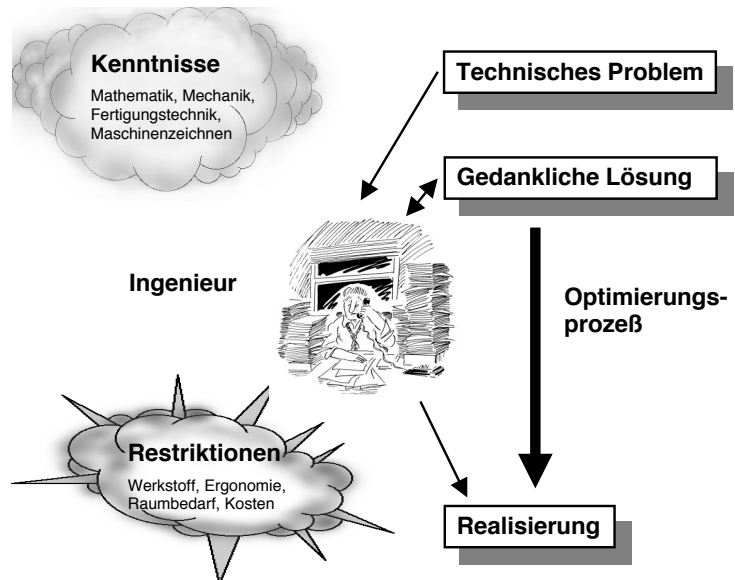


Bild 4: Aufgabe, Konzept und Ausführung

organischer Stoffe ausdenken, weil er die Aufgabe hat, einen neuen Rasenmäher zu konstruieren (**Bild4**).

Damit ist es aber nicht genug, denn jetzt kommt der zweite sehr wesentliche Halbsatz von Prof. Pahl, der die Verwirklichung dieses Gedankens in ein erfolgreich verkaufbares Gerät betrifft, wobei dem Konstrukteur in einer in Bild 4 andeutungsweise gezeigten unfreundlichen Kaltwetterfront Schwierigkeiten entgegenstehen, die er überwinden muß:

Das Gerät darf unter mechanischen Beanspruchungen nicht kaputtgehen, es muß fertigbar, montierbar und handhabungsgerecht konstruiert werden, man darf sich beispielsweise an unserem Rasenmäher nicht verletzen können, er muß leise sein und schließlich muß er preiswerter sein als der Rasenmäher der Konkurrenz.

Diese Problematik macht einen sehr großen Teil der Arbeit des Konstrukteurs aus und wird von ihm auch nicht immer geliebt, hier liegt aber die Wurzel der Produktqualität und damit auch des Unternehmenserfolges.

Zwei Dinge, die mit dem Produktlebenszyklus zu tun haben, begleiten die Arbeit des Konstrukteurs. Das eine ist ein Zeitproblem. **Bild 5** zeigt den typischen

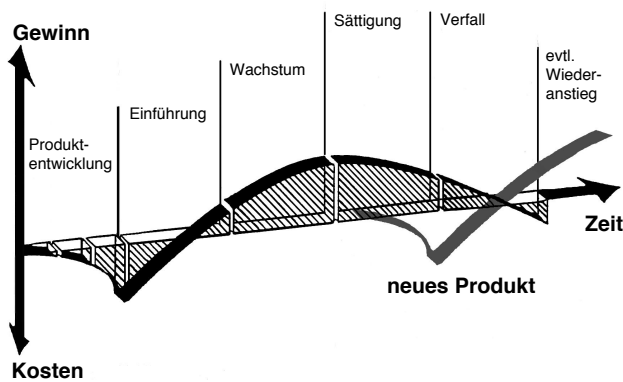


Bild 5: Gewinn über Produktlebensdauer

Gewinnverlauf über der Lebensdauer eines Produktes. Während die Konstruktion zunächst einmal Geld kostet, bevor das Produkt verkauft ist, und damit eine Investition darstellt (die man gering halten möchte) gibt es dann nach einer Einführung eine gewinnträchtige Phase, bevor das Produkt veraltet und ersetzt werden muß.

Um den Gewinn für das Unternehmen zu sichern, muß der Konstrukteur sich ein neues Produkt ausdenken zu einem Zeitpunkt, in dem das Unternehmen gerade mit dem vorhandenen Produkt auf dem Höhepunkt seines Umsatzes ist. Diese Aufgabe ist nicht ganz einfach und der Konstrukteur wird auch hier sehr oft allein gelassen, denn für alle anderen Bereiche des Unternehmens ist das vorhandene Produkt gerade "das beste Produkt der Welt" und man kann sich garnicht vorstellen, daß es jemals veraltet und ersetzt werden muß. Die Lösung dieses Problems wird von den Unternehmen unterschiedlich angegangen.

Das andere Problem ist das Informationsproblem. In **Bild 6** habe ich wieder eine Auftragung über der Produktlebensdauer vorgenommen. Während der Konstrukteur die charakteristischen Eigenschaften eines Produktes wesentlich bestimmt - beispielsweise werden über 70 % der Kosten eines Produktes bereits in der Konstruktion festgelegt - können die Informationen über diese Eigenschaften des Produktes aber erst langsam bei der Fertigung, der Einführung und der Handhabung gewonnen werden. Diese Informationslücke, die den Konstrukteur dazu zwingt Ent-

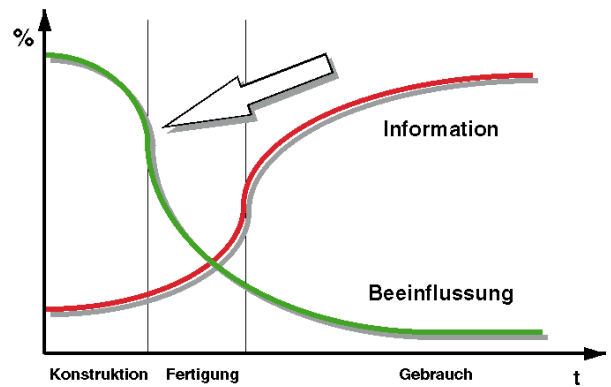


Bild 6: Das "Informationsloch" des Konstrukteurs

scheidungen zu treffen ohne die für diese Entscheidung notwendigen Grundlagen zur Verfügung zu haben, ist meines Erachtens das größte Hindernis bei der Entwicklung neuer Produkte. Sie ist Gegenstand einer Reihe von Forschungsvorhaben gerade an der Technischen Universität Clausthal, die mit Hilfe rechnerunterstützter Methoden bereits an anderen technischen Problemlösungen gewonnene Erfahrung auf die neue Aufgabenstellung projizieren helfen.

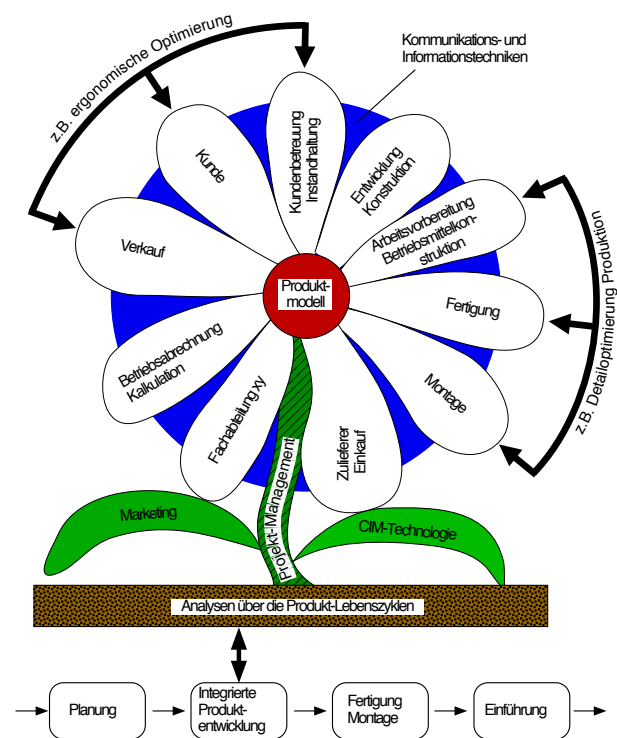


Bild 7: Concurrent Engineering als Gemeinschaftsaufgabe aller Abteilungen

In der Praxis werden unter dem Stichwort "Concurrent engineering" Lösungen für dies Problem angestrebt, in dem das gesammelte Wissen von Erfahrungsträgern für die Entwicklung eines neues Produktes genutzt wird und die Entwicklung als Gemeinschaftsaufgabe für das gesamte Unternehmen angesehen wird (**Bild 7**).

Nach dem wir nun die Aufgabenstellung und das Umfeld zur Konstruktionsarbeit geklärt haben, wollen wir uns dem Vorgang des Konstruierens selbst zuwenden. Hierzu gibt es eine ganze Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen, die seit den sechziger Jahren gemeinsam von Konstruktionswissenschaftlern und Arbeitspsychologen angestellt werden, und die sich ganz grob in drei Analysen unterscheiden.

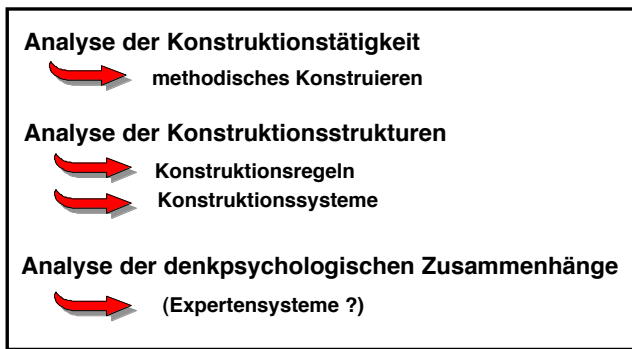


Bild 8: Analysen zur Konstruktionstätigkeit

- Analyse der Konstruktionstätigkeit. Ziel dieser Analyse ist es den Vorgang des Produktentstehungsprozesses in zeitliche oder logische Abschnitte zu unterteilen und für die einzelnen Tätigkeiten innerhalb dieser Abschnitte Methoden zu entwickeln, die das Produkt und den Konstruktionsprozeß optimieren helfen. Ergebnis ist das heute als "Methodisches Konstruieren" bezeichnete Vorgehen, das sich zumindestens im deutschsprachigen Raum durchgesetzt hat und das wir auch unseren Studenten in der Vorlesung vermitteln.
- Analyse von Konstruktionsstrukturen. Grundgedanke dieser Analyse ist, daß hierbei untersucht wird, wie man das meist branchenspezifisch erwor-

bene Wissen um Konstruktionsprobleme und deren Lösungen methodisch so zusammenfassen kann, daß es als allgemeine Konstruktionsregeln formulierbar ist. Das Ergebnis sind Wissensspeicher z.B. zum korrosionsgerechten Konstruieren oder zum Konstruieren von Baustrukturen, die Wärmedehnungen unterworfen sind.

- Analyse der denkpsychologischen Zusammenhänge. Die Frage, was im Kopf des Künstlers oder Handwerkers - noch wissen wir es ja nicht - vor sich geht, ist noch am allerwenigsten gelöst und für uns Ingenieure, die es mehr mit realen und anfaßbaren Problemen zu tun haben, am schwierigsten. Der Hintergedanke dieser Analysen besteht darin, daß man gewisse Tätigkeiten, die Wiederholcharakter haben oder algorithmisch aufgebaut sind, automatisieren und dem Computer übertragen kann.

Für unsere Fragestellung sind besonders die erste und letzte Analyse interessant. Ihre Ergebnisse lassen sich unter anderem in zwei Darstellungen zusammenfassen. **Bild 9** zeigt ein Grobschema des grundsätzlichen Ablaufes einer konstruktiven Entwicklung.

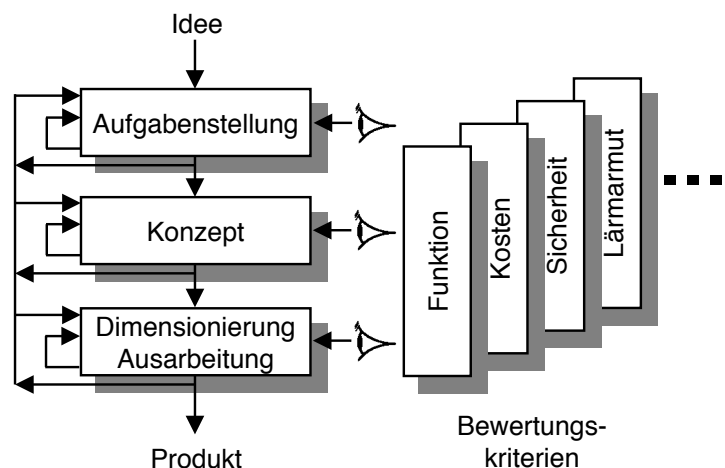


Bild 9: Produktentstehungsprozeß nach VDI 2221 /2/

Man erkennt, daß nach einer grundsätzlich notwendigen Klärung der Aufgabenstellung eine Konzeptphase erfolgt, in der zunächst Wirkprinzipien festgelegt werden. Mit steigendem Wissen über die Funktionsweise, die Kraft- und Leistungsflüsse usw. werden

dann Dimensionierungen vorgenommen, Werkstoffe ausgesucht, Fertigungsbedingungen festgelegt und schließlich Kosten optimiert.

Dabei kann der Fortschritt der Produktentwicklung und der Prozeß selbst aus verschiedenen Sichten beurteilt werden, die sich im wesentlichen aus den zuvor betrachteten Restriktionen ergeben. Kennzeichnend für eine solche Vorgehensweise ist der bewußte Einsatz von Konstruktionsentscheidungen entsprechend dem dabei vorherrschenden Kenntnisstand und die Möglichkeit, mittels rekursiver Schleifen sowohl in den einzelnen Konstruktionsphasen als auch darüber hinaus bewußte und dokumentierbare Veränderungen vorzunehmen.

Die einzelnen Phasen des Vorgehens werden von angepassten Methoden unterstützt, die Definition von Zwischenzielen und Reihenfolgen erlaubt eine Optimierung des Produktentwicklungsprozesses.

Es fehlt übrigens nicht an Versuchen wirklichkeitsfremder Hochschullehrer dieses Schema mit wissenschaftlicher Akribie zu verfeinern und zu einem Kochrezept für Konstrukteure weiterzuentwickeln, wovon ich nur warnen kann, denn - und jetzt zitiere ich wieder Prof. Pahl - "je ausgefuchster das Schema ist, desto geringer wird die Problemlöseleistung des Konstrukteurs".

Dem gezeigten Schema zum Gesamtablauf ist aber in allen Teilaufgaben und weiteren Vorgehensweisen eine generelle Vorgehensweise überlagert, die sich im folgenden Schema darstellen läßt und die typisch für den Ablauf einer technischen Problemlösung ist (**Bild 10**). Der Klärung und Formulierung des Problems folgt ein Schritt, in dem es nur darum geht, in möglichst kurzer Zeit möglichst viele Lösungen zu finden - ungeachtet ihrer Realisierbarkeit, ihrer Kosten oder weiterer Restriktionen. In einem abschließenden Schritt wird aus dieser Auswahl von Lösungen diejenige herausgesucht, die sich nach einer eingehenden Prüfung aus all den vorher erwähnten Sichten als opti-

male Lösung für die gestellte Aufgabe erweist.

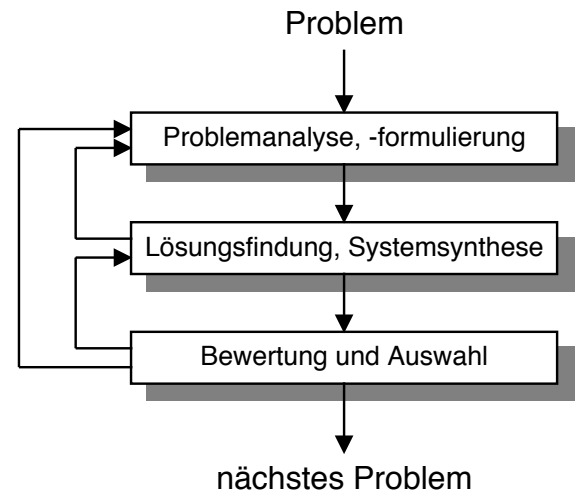


Bild 10: Problemlöseprozeß

Mit diesem zweiten Bild, das die Kerntätigkeiten des Konstruierens charakterisiert, kommen wir unserer eingangs gestellten Frage schon etwas näher. Der letzte Punkt, die Auswahl und Entscheidung, stellt eine Managementtätigkeit dar, die - wie wir gut nachvollziehen können - nichts mit Kunst zu tun hat. Aber schon bei der Analyse der Problemstellung und viel mehr noch bei der Suche nach Lösungen werden Fähigkeiten gefordert, die mit Kreativität, dem Hauptbestandteil jeder künstlerischen Tätigkeit zu tun haben.

Wie ist das mit der Kreativität? Geht das automatisch vor sich? Wird sie bewußt angewandt? Kann sie erlernt werden? Alles dies sind Fragen, mit denen sich die Arbeitspsychologen und der Teil der Konstruktionslehrer beschäftigen, die dem Prozeß der Lösungsfindung weiter auf die Spur kommen wollen. Bis jetzt - zum Glück - ohne viel Erfolg. Kreativität ist - wie der Denkprozeß selbst - individuell verteilt und wird von jedem Menschen unterschiedlich angewendet. Auch die Einteilung in bestimmte Typen von Problemlösern, wie sie in **Bild 11** gezeigt ist, kann nur ganz grob sein und der Übersicht dienen.

Forschungen haben bewiesen, daß Kreativität und Intelligenz nicht unmittelbar in Zusammenhang stehen - was besonders die Nicht-Konstrukteure unter Ihnen trösten soll. Forschungen und Erfahrungen haben

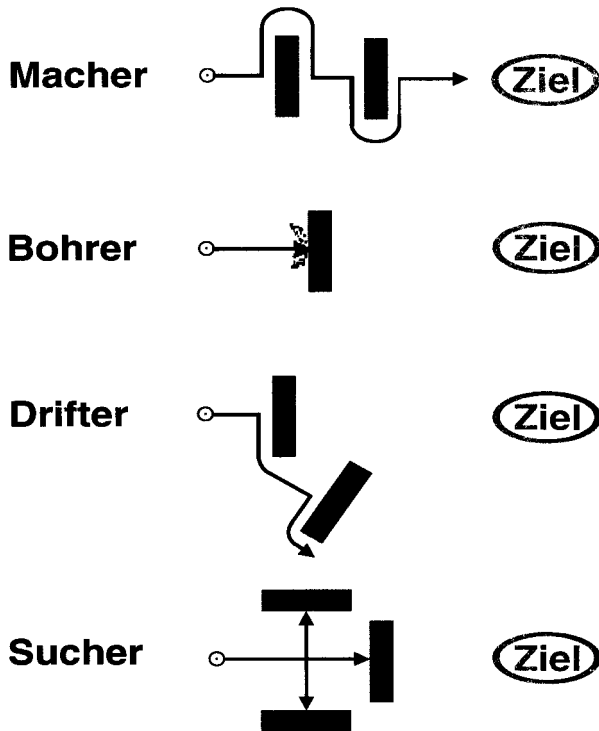


Bild 11: Problemlösertypen

auch bewiesen, daß man wegen der Vielfältigkeit individueller Ansätze die Kreativität durch Gruppenarbeit erheblich steigern kann.

Lassen Sie mich aus der Vielfalt der Themenstellungen zu Denken und Kreativität nur einen Aspekt herausgreifen, der mir gerade beim Erfinden technischer Produkte bedeutsam erscheint:

Grundlage jeder kreativen Erfindung ist die Überwindung von Blockaden oder Vorfixierungen, die aus dem täglichen Berufsfeld, aus der Erziehung oder dem Kulturkreis kommen, und denen wir alle verfallen sind. Hier gibt es eine innere Verbindung zu Künstlern, deren hervorstechendste Eigenschaft meist die Loslösung von den Konventionen des täglichen Lebens ist. Wir Konstrukteure haben es da etwas schwerer, denn wir sollen ja kein Kunstwerk schaffen, sondern ein Produkt, das von unseren Mitmenschen verwendet werden soll, einen Arbeitsprozeß erleichtern oder erneuern soll oder das ein bekanntes Produkt mit bekannten Funktionen ablösen soll. Gerade diese Orientierung an der durchaus praktischen und realen Aufgabe bewirkt aber schon Blockaden, die uns hindern Lösungen zu finden oder sogar die Aufgabe zu erkennen.

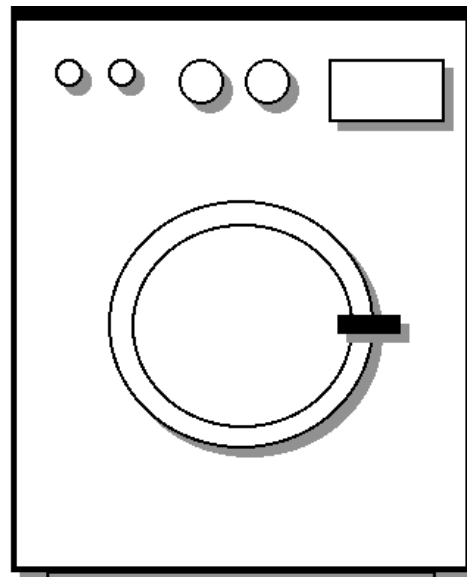


Bild 12: Vorfizierte Darstellung einer Waschmaschine

An was denken Sie, wenn Sie die Aufgabe haben eine neue Waschmaschine zu konstruieren? Das Bild einer konventionellen Waschmaschine, das man dabei vor Augen hat, stellt eine Blockade dar, die einen hindert, sich einen völlig neuen Waschvorgang auszu-denken (**Bild 12**). Die meisten Menschen verbinden mit diesem Bild auch noch ein Detail, z.B. "Kindersicherung", was unsere dringend benötigte Kreativität auf einen völlig unwichtigen Nebenkriegsschauplatz abdrängt.

Dies fängt bei der Analyse der Aufgabenstellung an, die selbst ein nicht unerhebliches Maß an Befreiung von Blockaden erfordert. Beispiel: Uns wurde seitens der Industrie einmal die Aufgabe gestellt, auf einem Blech einen "zweihundert Meter langen Strich mit einer Genauigkeit von plus minus 10 Mikrometer zu ziehen". Das ist nicht möglich! Erst als wir unserem Auftraggeber diese Unmöglichkeit der Lösung nachgewiesen hatten, bequeme er sich über die Aufgabe etwas genauer nachzudenken und uns zu verraten, was er eigentlich wollte: Nämlich zwei Bleche über die Länge von 200 m miteinander genau zu verschweißen. Das führte selbstverständlich zu der Aufgabenstellung, den gleichen Spalt zwischen den beiden Blechen einzuhalten und gleichzeitig zu der sehr einfachen

chen Lösung, mit Hilfe einer Diamantfräse eine billige Schweißnahtvorbereitung zu verwirklichen.

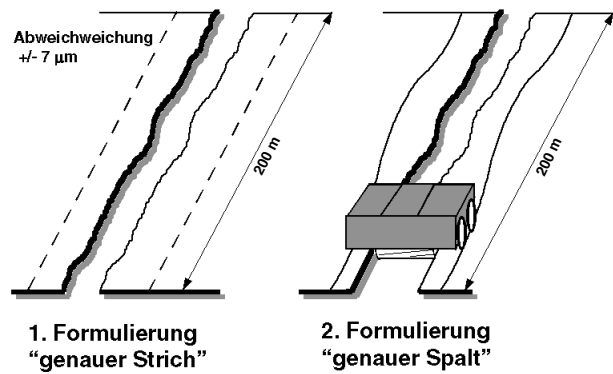


Bild 13: Definition der Aufgabenstellung

Allein die Aufgabenformulierung und die unnötige Zusatzforderung "gerader Strich" führte zur Blockade für neue Lösungen. Am schönsten sind immer die Aufgabenanalysen, bei denen herauskommt, daß man die Funktion gar nicht braucht, die man gerade erfinden will.

An einem weiteren Beispiel möchte ich dieses noch vertiefen - und der Einfachheit und Nachvollziehbarkeit halber wähle ich ein für Ingenieure typisches Bierdeckelbeispiel. Die Aufgabe lautet, die auf **Bild 14** gezeigten neun Punkte mit möglichst wenigen geraden Linien zu verbinden. Die meinen Studenten gezeigte Lösung gelingt mit vier Linien, wobei die innerliche Blockade, die es zu überwinden gilt, darin besteht, daß man über den Bierdeckel hinaus auch den Bierstisch mit verwenden und bemalen darf.

Aber so stolz brauche ich auf diese Lösung gar nicht zu sein, denn sie steckt immer noch voller Blockaden. Wenn ich darauf verzichte, daß die Linien durch die Mittelpunkte der Kreise gehen (was auch schließlich keiner verlangt hat), gelingt eine Lösung mit drei Linien (**Bild 15**).

Wenn ich darauf verzichte, den Bierdeckel als steif und unantastbar zu betrachten, gelingt mir eine Lösung, bei der die Punkte eine andere Anordnung erfahren und durch eine Linie verbunden werden können (**Bild 16**).

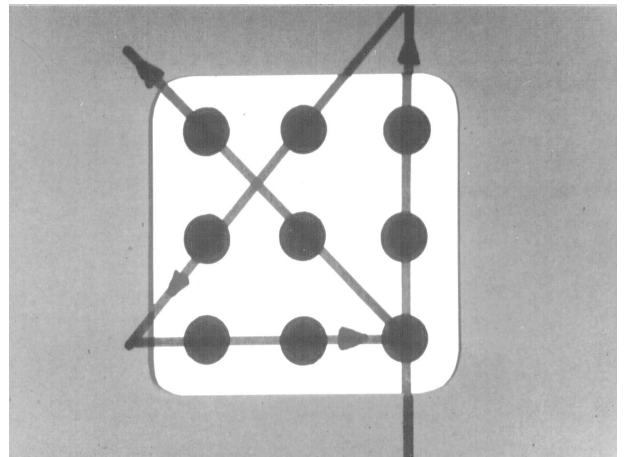


Bild 14: "Bierdeckelaufgabe" und konventionelle Lösung

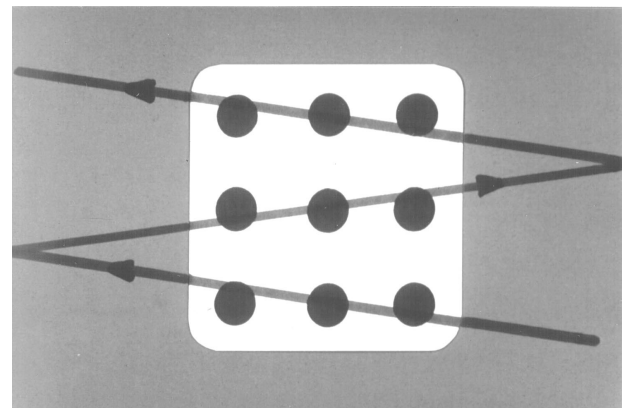


Bild 15: Lösung bei Aufgabe der Restriktion "Punktmitten"

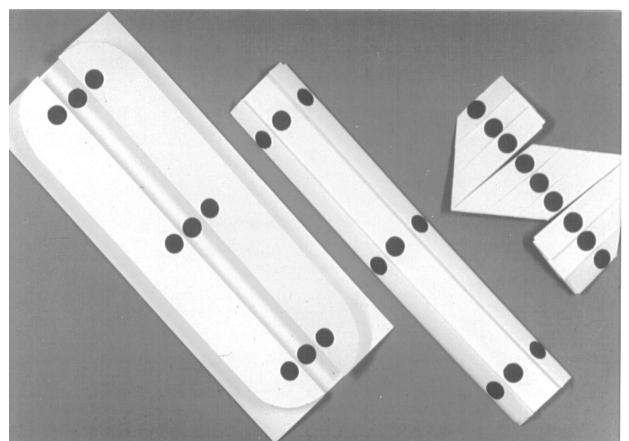


Bild 16: Lösung bei Aufgabe der Restriktion "Bierdeckel unantastbar"

Wenn ich darauf verzichte das Problem nur zweidimensional zu betrachten und den Bierdeckel als unzerstörbar, komme ich auf eine weitere Lösung mit nur einer Linie (**Bild 17**).

Es gibt eine ganze Reihe weiterer Lösungen, die mal von einem Kreativitätstechniker /3/ zusammengestellt wurden und von denen ich nur noch die "Monte Carlo" oder "Fuzzy"-Lösung zeigen möchte, die aber

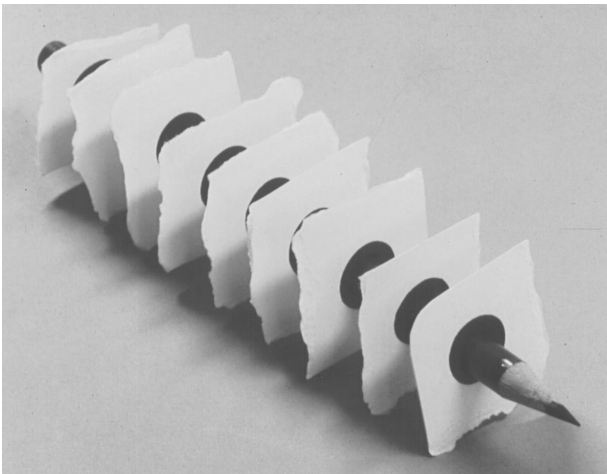


Bild 17: "Dreidimensionale" Lösung

nicht immer gelingt (**Bild 18**).

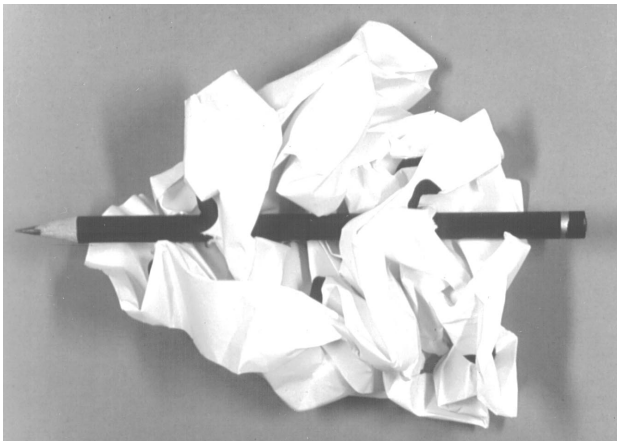


Bild 18: "Fuzzy" -Lösung

Die gezeigte Befreiung von Vorfixierungen ist eine ganz wichtige Vorbedingung zur Entfaltung von Kreativität, die sich aber zur Auffindung von Lösungen noch weiter entwickeln muß. Wie geht nun der Konstrukteur vor und wie kann man ihm dabei helfen?

Jeder Mensch fragt sich in seiner Faulheit, ob dieses Problem nicht schon mal von jemand anderem gelöst wurde. Empfehlen kann ich dabei die Natur. Von zahllosen Beispielen sei in **Bild 19** der Holzbohrer einer Holzwespe und das entsprechende technische Gegenstück hierzu gezeigt.

Eine andere Möglichkeit ist die Anregung der Kreativität durch Gruppenarbeit, modernerweise "Brainstorming", also Gedankenstürme, genannt. Die sogenannten gruppenspezifischen Effekte, d.h. die Wechselwirkung verschiedener Denkweisen und Er-

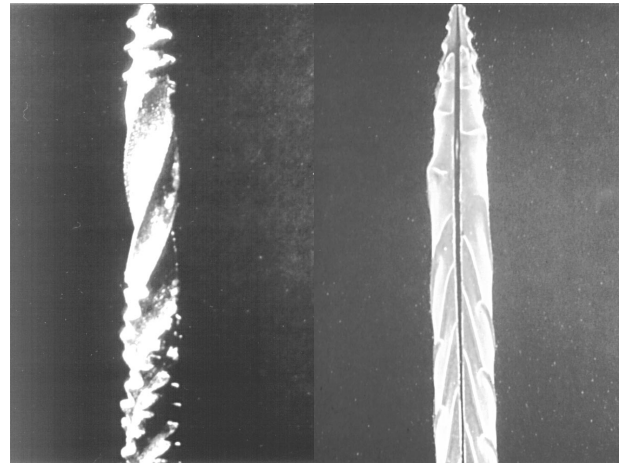


Bild 19: Natur als Beispiel für Konstruktionsideen.
Rechts: Holzbohrer einer Holzwespe.
Links: Bohrraspel als Handwerkszeug.

fahrungshintergründe, haben einen enormen Einfluß auf die Gesamtkreativität der Gruppe und geben entscheidende Anstöße bei der Entwicklung der Kreativität des Individuums. Eine Übung in meinen Konstruktionsvorlesungen besteht darin, daß ich die Hörer unterteile in "Einzelkämpfer" und Gruppen zu fünf oder sechs. Dann gebe ich ihnen eine Aufgabe, z.B. was kann man mit einem Ziegelstein alles machen? Innerhalb von 3 Minuten kommen die Einzelkämpfer auf etwa 5 bis 7 Lösungen, die alle mit Bauen zu tun haben (Haus bauen, Mauer bauen, Kirche bauen ...). Bei den Gruppen kommt unweigerlich einer darauf, daß man mit einem Ziegelstein seine Schwiegermutter erschlagen kann - was möglich, aber verboten ist. Hierauf entwickeln sich im Schneeballsystem weitere Ideen, die möglich und nicht verboten sind, z.B. Mausefalle, Diebstahlsicherung, Briefbeschwerer usw.

Neben diesen sogenannten intuitiven Methoden gibt es weitere, die durch eine Systematisierung von Charakteristiken oder Eigenschaften ein Lösungsfeld aufspannen helfen, in dem es gilt, Lücken zu füllen durch systematische Variation von Parametern. Aus unseren Übungen möchte ich hier ein Beispiel nennen, das die Entwicklung einer beweglichen Brücke betrifft (**Bild 20**). Der Student hat sich ein Schema geschaffen, in dem er in waagerechter Achse eine systematische Variation von Bewegungsarten aufgetragen hat und in achsialer Anordnung die möglichen Teilefor-

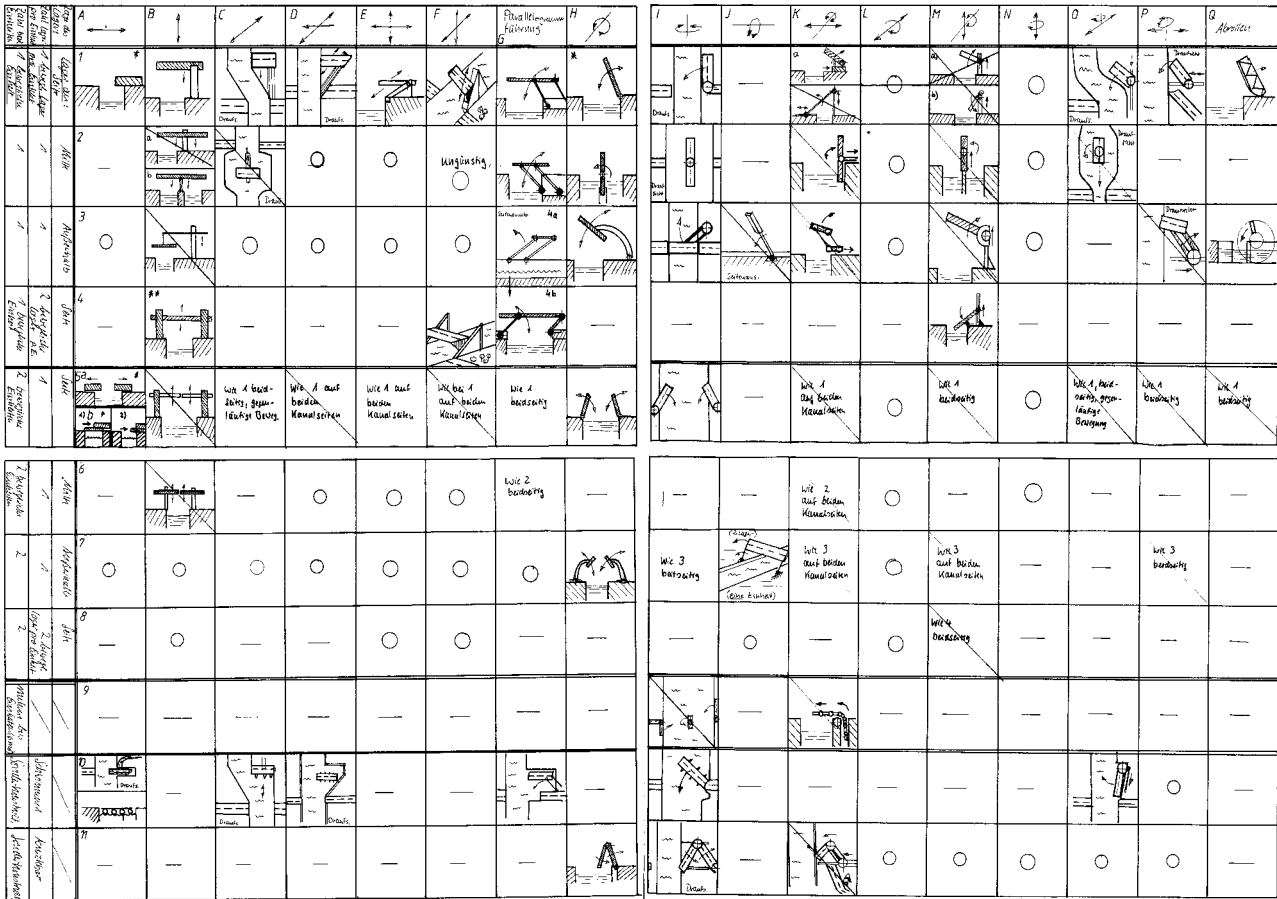


Bild 20: "Morphologischer Kasten" zur Entwicklung einer beweglichen Brücke

men. Diese Ausführung eines - von Erfahrungswissen auf diesem Gebiet praktisch unbelegten - Studenten aus den Anfängen der 80er Jahre hat mich bewegt, weltweit bewegliche Brücken zu fotografieren. Bis heute habe ich noch lange nicht alle von dem Studenten gefundene Lösungen in der wirklichen Ausführung gefunden.

Wissenschaft und Lehre haben sich dieser Problematik und der Unterstützung der Lösungsfindung angenommen und eine Konstruktionslehre entwickelt, die heute Bestandteil jeder Maschinenbauerausbildung ist. Es fehlt auch nicht an Versuchen, den Konstruktionsprozeß oder Teile davon dem Rechner zu übertragen um damit schneller und mit weniger Aufwand zum optimalen Ziel zu kommen. Schließlich fehlt es nicht an Anstrengungen zu erfahren, ob all diese neuen Errungenschaften der Konstruktionsmethodik oder der Rechnerunterstützung den Konstruktionsprozeß und das Produkt verbessern. Alle diese Unter-

suchungen kommen zu Ergebnissen, die ich kurz zusammenfassen kann und damit auch die anfangs gestellte Frage beantworte (Bild 21):

Konstruieren

Kunst
Kreativität
Befreiung

Handwerk
methodische Kreativitätshilfen
Analysen, Bewertungsmethoden
strukturiertes Vorgehen

Bild 21: Konstruktion - Kunst und Handwerk !

- Wichtigstes Element der technischen Problemlösung ist die Kreativität, danach kommt die Erfahrung. Hierzu gehört auch die Aussage, daß der Rechner nach dem Motto "Garbage in - Garbage out" die Kreativität nicht ersetzen kann und daß wir heute erst am Anfang der Entwicklung stehen, wie wir Erfahrung im Rechner ablegen können.

- Wichtigstes Element der Kreativität ist die Befreiung von Einschränkungen und Blockaden.
- Die Kreativität kann man fördern durch methodische Mittel wie z.B. das Brainstorming, die helfen unbewußt verwendete Methoden in das Bewußtsein zu holen.
- Im Bereich der Aufgabenstellung und der Konstruktionsentscheidungen helfen Analysen und Methoden, die man erlernen kann.
- Zur Erreichung von optimalen Lösungen in einer optimalen Zeit zu minimalen Kosten hilft eine strukturierte Vorgehensweise, die man erlernen kann.

Ich glaube daß wir die anfangs gestellte Frage damit so beantworten können, daß wir beim Konstrukteur den Künstler, den Genius des Ingenieurs brauchen, dies aber durch lehr- und lernbare Methoden, das Handwerk, wecken und unterstützen können. Sinn dieser Methoden ist es eigentlich, die berühmte 5%-Auslastung unseres Hirns ein wenig anzuheben.

Und schließlich gelten diese Überlegungen nicht nur für den Konstruktionsprozeß, sondern in gleicher Weise für die Gestaltung von Produktionsprozessen, von verfahrenstechnischen Prozessen, zum Bau eines Hauses oder die Gestaltung von Rektoratsfeiern und das Abhalten von Senatssitzungen - obwohl die Überwindung von traditionsschwangeren Blockaden gerade im letzten Fall ungeheuer schwierig zu sein scheint.

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit.

Literatur

- /1/ Pahl, G. und Beitz, W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung. 3. Auflage. Springer 1993
- /2/ VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf 1986
- /3/ Adams, J.L.: Ich habs! Wie man Denkblockaden mit Phantasie überwindet. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1984