

# Schöpferische Prozesse: eine kybernetische Betrachtung

Autor(en): **Profos, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **113 (1995)**

Heft 6

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78664>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Paul Profos, Winterthur

# Schöpferische Prozesse

## Eine kybernetische Betrachtung

**In den nachfolgenden Zeilen sollen nicht die Qualitäten eines Produktes schöpferischen Tuns, wie beispielsweise die «Eleganz» eines mathematischen Beweises oder einer Formel, die «Schönheit» eines Gemäldes oder die ästhetischen Eigenschaften eines technischen Erzeugnisses Gegenstand der Betrachtung sein. Vielmehr soll hier der Entstehungsvorgang eines Werkes untersucht werden, das Anspruch erheben darf, ein schöpferisches zu sein, unabhängig davon, welchem Bereich menschlicher Tätigkeit es zugerechnet wird.**

Die Idee, schöpferisches Schaffen in so verschiedenartigen Bereichen wie Kunst, Architektur, Technik, empirischen Wissenschaften weise gewisse Gemeinsamkeiten auf, ist nicht neu. Gerade in letzter Zeit sind öfters solche Gedanken angetönt worden, wobei Fragen wie etwa: «Wie nah kommt Technik an Kunst?»[1] oder «Kunst und Wissenschaft»[2] erörtert wurden.

Als schöpferisches Werk wird hier das Produkt einer ausserordentlichen geistigen Leistung verstanden, dessen Zustandekommen zwar Lernen und Üben als Grundlage des «Handwerklichen», «Fachmännischen» zur Voraussetzung haben kann, an dessen Entstehen aber ein aus der menschlichen Phantasie, dem Unbewussten zukommender Anteil (Eingebung, Erleuchtung, Inspiration, Vision, usw.) entscheidend beteiligt ist.

Anhand einiger Beispiele aus Kunst, Architektur, Technik und Wissenschaft soll zunächst versucht werden, den jeweiligen Vorgang eines «Erschaffungsprozesses» zu analysieren und ihn in eine möglichst allgemein gültige, für Vergleiche geeignete Darstellungsform zu bringen. Dabei sollen die grundsätzlichen Aspekte gegenüber den eher oberflächlichen, nebensächlichen, oft nur im Einzelfall gültigen, in den Vordergrund gerückt werden. Anschliessend soll untersucht werden, ob diese Prozesse gewisse Gemeinsamkeiten oder Zusammenhänge aufweisen, die Schlussfolgerungen allgemeiner Art zulassen.

Um solche ihrer Natur nach dynamische, das heisst durch «Kräfte» irgendwelcher Art bewegte Prozesse darzustellen, ist es von Vorteil, sich eines geeigneten, interdisziplinär anwendbaren Beschrei-

bungsmittels zu bedienen. Ein solches stellt die Kybernetik beziehungsweise die Systemtheorie in Form des Blockschemas zur Verfügung. Es handelt sich hierbei bekanntlich um eine graphische Methode, mit welcher sowohl materielle wie geistige Prozesse und deren Verknüpfungen auf einfache und zugleich anschauliche Weise dargestellt werden können.

In der hier benutzten einfachsten Form wird das Blockschema lediglich aus zwei graphischen Symbolen aufgebaut, dem Block und dem Pfad. Der Block symbolisiert dabei einen Vorgang, ein Geschehen mentaler oder physischer Art oder auch eine Kombination der beiden. Der Pfad versinnbildlicht die Übertragung des Ergebnisses solchen Geschehens in einem Block auf einen anderen, eventuell gleichzeitig auf mehrere (Pfadverzweigung). Pfeile geben dabei die Übertragungsrichtung an. Die Gesamtheit der Blöcke und Pfade symbolisiert ein System. Von und nach aussen verlaufende Pfade versinnbildlichen die Beziehungen des Systems mit seiner «Umgebung». Die Art der Verknüpfung der Blöcke durch die Pfade kennzeichnet die Struktur des Systems.

## Der schöpferische Prozess in der Kunst

Mit diesem kybernetischen Hilfsmittel soll nun zunächst der Entstehungsprozess eines Werkes im Bereich der Kunst untersucht werden; dies aus dem Grunde, weil hier allgemein kein Zweifel darüber besteht, dass das Kunstwerk sein Entstehen einem schöpferischen Vorgange verdankt. Dagegen ist bei Technik und Wissenschaft namentlich für den Aussenstehenden nicht ohne weiteres einsichtig, dass auch hier echtes schöpferisches Tun eine entscheidend wichtige Rolle spielt. Als konkretes Beispiel wird dabei das Entstehen eines Gemäldes benutzt; es könnte aber ebensogut ein anderes herangezogen werden (Bild 1).

Man kann davon ausgehen, dass der Maler schon früher Anregungen von innen und aussen empfangen beziehungsweise bewusst gesammelt hat (Gedächtnis, Skizzenbücher). Dabei können Phantasie, aber auch Erlebnisse und äussere Ereignisse (Beispiel: Kriegsgeschehen) solche Anregungen geliefert haben. Der Künstler könnte aber auch durch das Betrachten

fremder Gemälde usw. angeregt worden sein.

Um jedoch ein bestimmtes Bild in Angriff zu nehmen, bedarf es in der Regel eines besonderen Anlasses, eines Auslösers. Aufgestauter schöpferischer Drang mag ihn initiieren, aber auch ein äusseres oder inneres Ereignis. Manchmal gibt auch ein Auftrag den Anstoss, der eine erste Phase des schöpferischen Prozesses, die Konzeptphase, in Gang setzt.

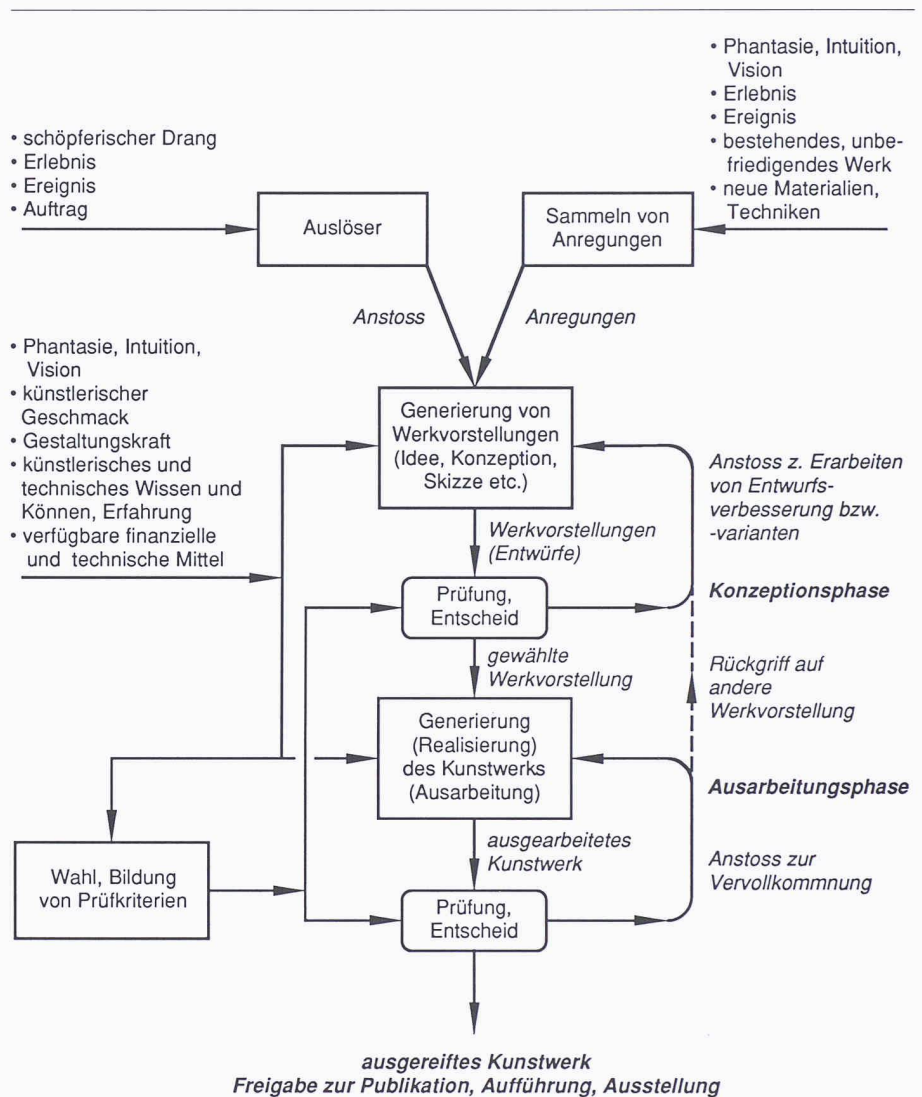
In dieser sich noch weitgehend im geistigen Bereich abspielenden, hochkomplexen Phase der Generierung einer Werkvorstellung werden aus Phantasie, Anregungen, künstlerischer Gestaltungskraft und Erfahrung, ästhetischem Empfinden usw. auf geheimnisvolle Weise skizzenhafte Entwürfe erzeugt (Block: Generierung von Werkvorstellungen), geprüft, verworfen (Block: Prüfung, Entscheid) und aufs neue erzeugt (Pfad: Anstoss zum Erarbeiten von Entwurfsverbesserungen beziehungsweise Varianten), bis endlich eine Werkvorstellung den Künstler (vorläufig) befriedigt. Die bei Prüfung und Entscheid verwendeten Kriterien (Block: Wahl, Bildung von Prüfkriterien) stammen dabei weitgehend aus denselben Quellen, aus denen auch der Vorgang der Generierung gespeist wird (Bild 1) und bilden so etwas wie das «künstlerische Gewissen».

Liegt nun eine den Maler befriedigende Werkvorstellung vor, so kann die Ausarbeitungsphase beginnen. Jetzt erfolgt die abschliessende Konkretisierung der Werkvorstellung, die Realisierung des gültigen Kunstwerks, das aber während und nach der Ausarbeitung wiederum der künstlerischen Prüfung unterworfen wird. Dabei wird in der Regel am entstehenden Werk korrigiert und geändert (bekanntlich hat beispielsweise Leonardo da Vinci die Ölmalerei dieser Möglichkeit wegen vor anderen Maltechniken bevorzugt). Es kommt aber auch vor, dass der Maler bei dieser Prüfung erkennt, dass die der Ausarbeitung zugrunde gelegte Konzeption seinen Intentionen doch nicht voll gerecht werden kann und ein Rückgriff auf eine andere Werkvorstellung notwendig ist (rückführende Pfade im Bild). Er wird also seine Leinwand abkratzen und wieder zur Konzeptionsphase zurückkehren (Cuno Amiet zum Beispiel erzählte, dass er auf diese Weise Selbstkritik geübt habe). Es kommt dabei aber auch vor, dass der Maler mehrere Versionen als gültige Realisationen seiner Werkvorstellung nebeneinander bestehen lässt.

Das hier entwickelte Bild des Entstehungsprozesses eines Kunstwerkes ist fraglos in verschiedener Hinsicht vereinfacht und schematisiert. In Wirklichkeit verlaufen etwa die verschiedenen Teilprozesse



nicht scharf voneinander getrennt, sondern sind mehr oder weniger ineinander verwoben. Auch treten bei anderen Kunststarten (Poesie, Musik usw.) sinngemäss andere Begriffe und Bezeichnungen an die Stelle der für die Malerei geltenden. Weiterhin ist, je nach Kunststart und Kunststepoche, das Gewicht der verschiedenen Teilprozesse unterschiedlich. So wird zum Beispiel von gewissen neusten Kunstrichtungen den normativen Faktoren und besonders der Funktion des bewussten Prüfens eine mehr oder weniger untergeordnete Bedeutung beigegeben. Die genuine Werkidee soll möglichst direkt, nicht durch den kritischen Verstand «gefiltert», zum Ausdruck gebracht werden, wie dies praktisch in Reinkultur oft durch Zeichnungen Geisteskranker erfolgt. Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass nur im Bereich der bildenden Künste und teilweise der Literatur das Werk von seinem Schöpfer in diejenige Form gebracht wird, in der es dem Publikum unmittelbar entgegentritt. In der Musik endet die Arbeit des Komponisten bei der Notation, wenn er sich nicht ausnahmsweise als Solist oder Dirigent selbst «interpretiert»; beim Theaterdichter ist es der allenfalls mit Regieanweisungen versehene Schauspieltext. Interpreten (Musiker, Schauspieler, Tänzer usw.) treten dann als «Vermittler» zwischen Werkschöpfer und Publikum. - Trotz all dieser Nuancen und Variationen lässt sich jedoch immer wieder das in Bild 1 dargestellte Schema sinngemäss verwenden.



**Der schöpferische Prozess in der Architektur**

Wenden wir uns nun der Architektur zu, einem in unserer Betrachtungsweise irgendwo zwischen Kunst und Technik angesiedelten Bereich kreativer Tätigkeit.

Hier wird der Anstoss zum Beginn des Gestaltungsprozesses in der Regel durch einen Wettbewerb oder direkt einen Bauauftrag ausgelöst (Bild 2). Der Vorgang beginnt mit dem Erarbeiten eines Raumprogramms mit ersten Vorstellungen über den Baukörper. Dabei werden auch hier irgendwie gespeicherte Anregungen (Gedächtnis, Skizzen usw.) herangezogen, zugleich mit den fachmännischen und künstlerischen Fähigkeiten des Architekten. Es muss dabei versucht werden, die sich oft widersprechenden Anforderungen mit den Wünschen des Bauherrn und den vorgegebenen Bedingungen in Einklang zu bringen. Die aus diesem äusserst komplexen Prozess hervorgehenden Projektskizzen werden dabei immer wieder einer Prüfung unterzogen und so lange variiert und verbessert, bis ein tauglicher Entwurf vorliegt.

Diese Projektskizze wird nun Grundlage zur Erarbeitung des Bauprojektes, das auch einen ersten Kostenvoranschlag auf Grund der Gebäudekubatur beinhaltet. Der Generierungsprozess verläuft auch in dieser zweiten Phase im Prinzip gleich wie bei der Erarbeitung der Projektskizze, nämlich: Generierung eines Lösungsvorschlages, Prüfung und Entscheid, bei Ungenügen Generierung von verbesserten Entwürfen. Auch hier muss unter Umständen sogar auf eine andere Projektskizze zurückgegriffen werden (Bild 2, gestrichelt gezeichnete Rückfuhrpfad).

Bild 1. Blockschema kreativer Prozesse in der werkschaffenden Kunst. - Die aufgeführten Einflussfaktoren sind in diesem und den folgenden Bildern nicht abschliessend aufgezählt und können ergänzt werden. Ihre Reihenfolge ist zufällig und soll keine Gewichtung ausdrücken.

Wird das Projekt für gut befunden, so folgt als dritte Phase die Ausarbeitung von Detailplänen einschliesslich eines entsprechenden Kostenvoranschlages. Auch hier gilt für den kreativen Vorgang grundsätzlich dasselbe wie bei den beiden vorangegangenen Phasen. Allerdings beziehen sich die iterativen Verbesserungen jetzt vorwiegend auf Einzelheiten, während Rückgriffe auf das Bauprojekt nur noch ausnahmsweise, etwa bei nachträglich geänderten Wünschen des Bauherrn, vorkommen sollten. Sie führen meist zu Mehrkosten. Das gilt in noch höherem Masse für



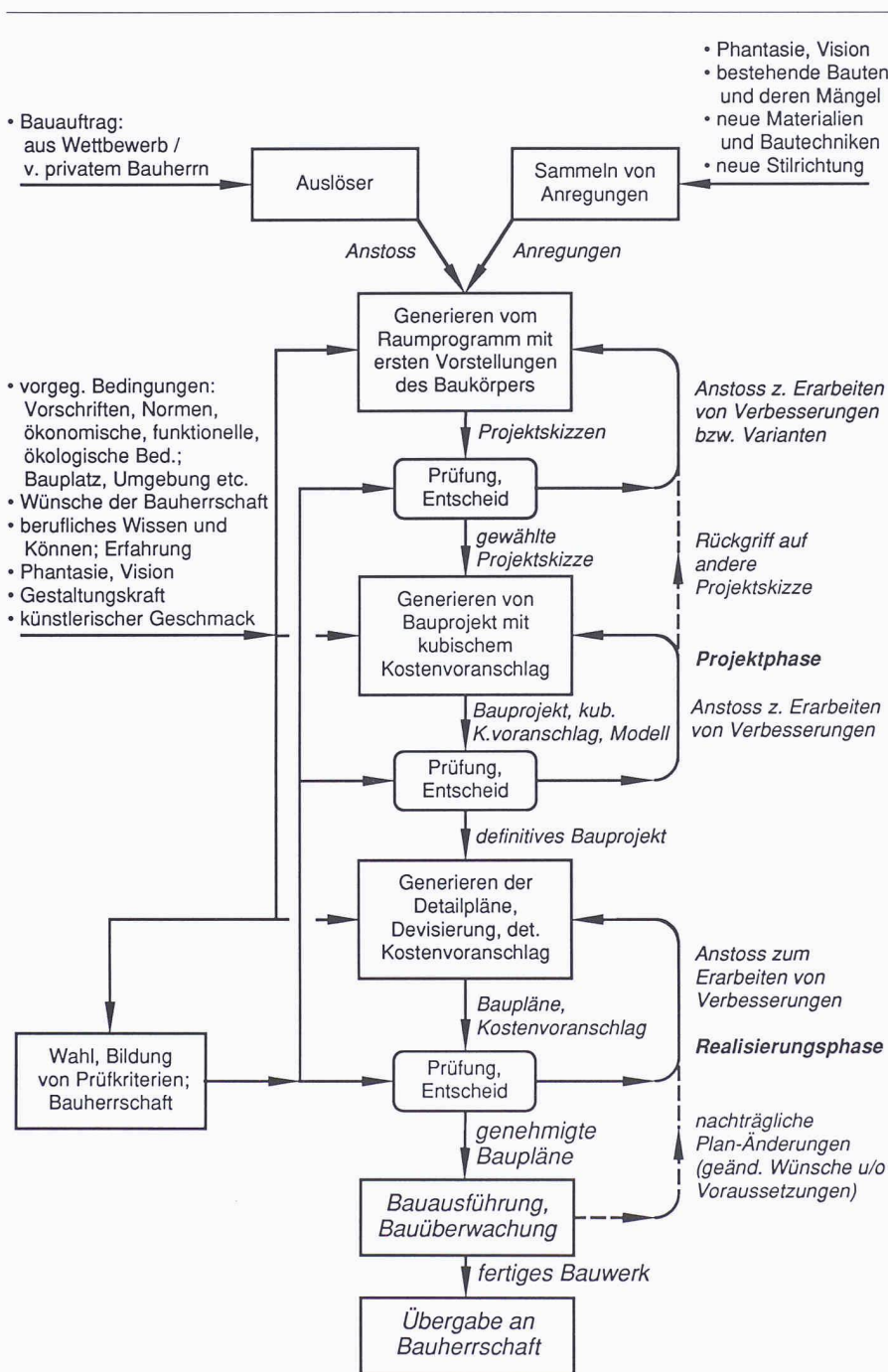


Bild 2. Blockschema kreativer Prozesse in der Architektur

die nachfolgende letzte Phase der Bauausführung.

Bezüglich der Wahl und Bildung der Prüfkriterien gilt sinngemäss dasselbe, wie es schon bei der Betrachtung des Kunstwerkes festgestellt wurde. Allerdings kommt hier noch der Bauherr als «Prüfinstanz» hinzu, was nicht selten dem Architekten einige Kopfschmerzen bereitet.

Auch hier muss wieder angemerkt werden, dass das entwickelte Blockschema die Dinge nur in ihren Grundzügen darstellt und nicht auf die Feinheiten des Einzelfalles eingeht. Das ist bei der enormen Spann-

weite der Objekte vom Sakralbau über öffentliche Gebäude, Wohnhäuser bis hin zu Spital- und Industriebauwerken auch gar nicht möglich.

### Der kreative Prozess in der Technik

Wenden wir uns nun dem vielfältigen und facettenreichen Bereich der Technik zu. Wenn einmal von der angewandten Forschung abgesehen wird, ist die Entwicklung neuer Produkte oder Verfahren derjenige Bereich technischen Schaffens, der am

deutlichsten die Züge schöpferischer Tätigkeit trägt. Er wird daher als Gegenstand der folgenden Betrachtungen gewählt. Freilich ist auch der Terminus «Produktentwicklung» ein bunter Sammelbegriff, unter dem von der Entwicklung eines neuartigen, in Mikrotechnologie herzustellenden elektronischen Messgeräts (Beispiel: Swatch), eines neuen Autotyps oder eines neuartigen chemischen oder biotechnologischen Produkts alles subsummiert werden kann. In unserem Zusammenhang ist jedoch die Wahl des betrachteten Beispiels unerheblich.

Der Inangriffnahme eines solchen Entwicklungsprojektes geht meist ein längeres Sammeln von Anregungen (Bild 3) voraus: Betriebserfahrungen an bestehenden Produkten weisen auf Mängel oder zusätzlich erwünschte Eigenschaften hin; neu bekannt gewordene Werkstoffe und/oder Herstellungsverfahren eröffnen bisher nicht existierende Möglichkeiten; neue, der Phantasie entsprungene Ideen tauchen auf...

Auch hier bedarf die Inangriffnahme eines Projektes des auslösenden Anstosses, der in der Technik manchmal durch eine Erfindung, meist jedoch durch die Marktsituation (Marktlücke, Konkurrenzdruck) oder einen Entwicklungsauftrag von dritter Stelle erfolgt.

Der Beschluss, ein bestimmtes Projekt in Angriff zu nehmen, erfolgt meist erst nach eingehenden Voruntersuchungen und bei grösseren Projekten oft in Etappen. Zu diesen Vorstudien gehört unter anderem das Festlegen der in dieser Phase noch relativ allgemein formulierten Projektziele, in die vor allem auch Marketing-Gesichtspunkte eingehen.

Von dieser im wesentlichen qualitativen Aufgabenstellung ausgehend, werden nun Konzeptideen erarbeitet, meist in mehreren Varianten. Wenn nicht schon die Idee, ein solches Projekt überhaupt aufzugreifen, eine kreative Komponente aufweist, so ist es fast ausnahmslos dieser Akt der Generierung von Konzepten. In diesen hochkomplexen, nur zum Teil bewusst sich abspielenden Prozess gehen nicht nur die erwähnten Anregungen ein, sondern auch die zahlreichen und vielfältigen Elemente des fachlichen Wissens und Könnens, aber auch kreative Faktoren wie Phantasie und Gestaltungskraft des Entwicklungsingenieurs (Bild 3 links). Es ist bezeichnend, dass vor allem in dieser Konzeptphase Ideen entstehen, die Erfindungscharakter aufweisen und unter Umständen zur Patentierung angemeldet werden.

Die so entwickelten Konzepte werden anhand von hier weitgehend rationalen Prüfkriterien (Pflichtenheft usw.) untersucht und brauchbar erscheinende solange



vervollkommenet, bis sie den gestellten Anforderungen genügen. Der so stattfindende Optimierungsprozess weist dabei die typischen Merkmale der zyklischen Folge von kreativer Synthese und kritischer Analyse auf.

Das ausgereift scheinende Konzept wird nun, zusammen mit einem entsprechenden Pflichtenheft, als Grundlage für die detaillierte Konstruktion benutzt. Während in der vorangegangenen Konzeptphase bezüglich Gestaltung und Herstellung nur skizzenhafte Vorstellungen benötigt werden, geht es in der Ausarbeitungsphase um das Erstellen der alle Einzelheiten festlegenden Konstruktionszeichnungen, die Wahl der zu verwendenden Materialien sowie der zu benutzenden Fertigungsverfahren. Es ist für diese Phase typisch, dass die an ihrem Anfang zu leistende Entwurfsarbeit eher hohe Ansprüche an Phantasie und Gestaltungskraft des Konstrukteurs stellt, während beim weiteren Fortschreiten der Arbeit immer mehr Fachwissen und analysierender Verstand (Mathematik, Physik, Werkstoffkunde, Fertigungslehre usw.) in den Vordergrund treten. Immer aber findet auch in dieser Ausarbeitungsphase ein zyklisch verlaufender Optimierungsprozess statt.

Für das eben entwickelte Blockschema sind praktisch dieselben Bemerkungen anzubringen wie bei den früher vorgestellten, das heisst, es wird nur auf das Grundsätzliche und in unserem Zusammenhang Wesentliche eingegangen.

### Der schöpferische Prozess in der Wissenschaft

Wenn schliesslich noch die Wissenschaften in unsere Betrachtungen einbezogen werden sollen, so steht dabei die wissenschaftliche Forschung im Vordergrund. Gerade bei den exakten Wissenschaften könnte man vermuten, dass hier alles Ratio sei und nichts der Phantasie überlassen bleibe. Doch zahlreiche Zeugnisse gerade aus der abstraktesten Disziplin, der Mathematik, beweisen, dass auch hier das Erlebnis des schöpferischen Vorgangs durchaus bekannt ist. So schreibt etwa der Mathematiker Weil: «Jeder Mathematiker, der diese Bezeichnung verdient, hat, wenn auch manchmal nur selten, jenen Zustand des überschwenglichen Hochgefühls erlebt, bei dem die Gedanken ganz wundersam ineinander greifen und an dem auch das Unterbewusstsein (welche Bedeutung man diesem Wort auch immer beimisst) seinen Anteil zu haben scheint.»[4]

Dieser schöpferische Prozess wird in Bild 4 veranschaulicht. Anregungen mögen dem Forscher frühere eigene oder fremde

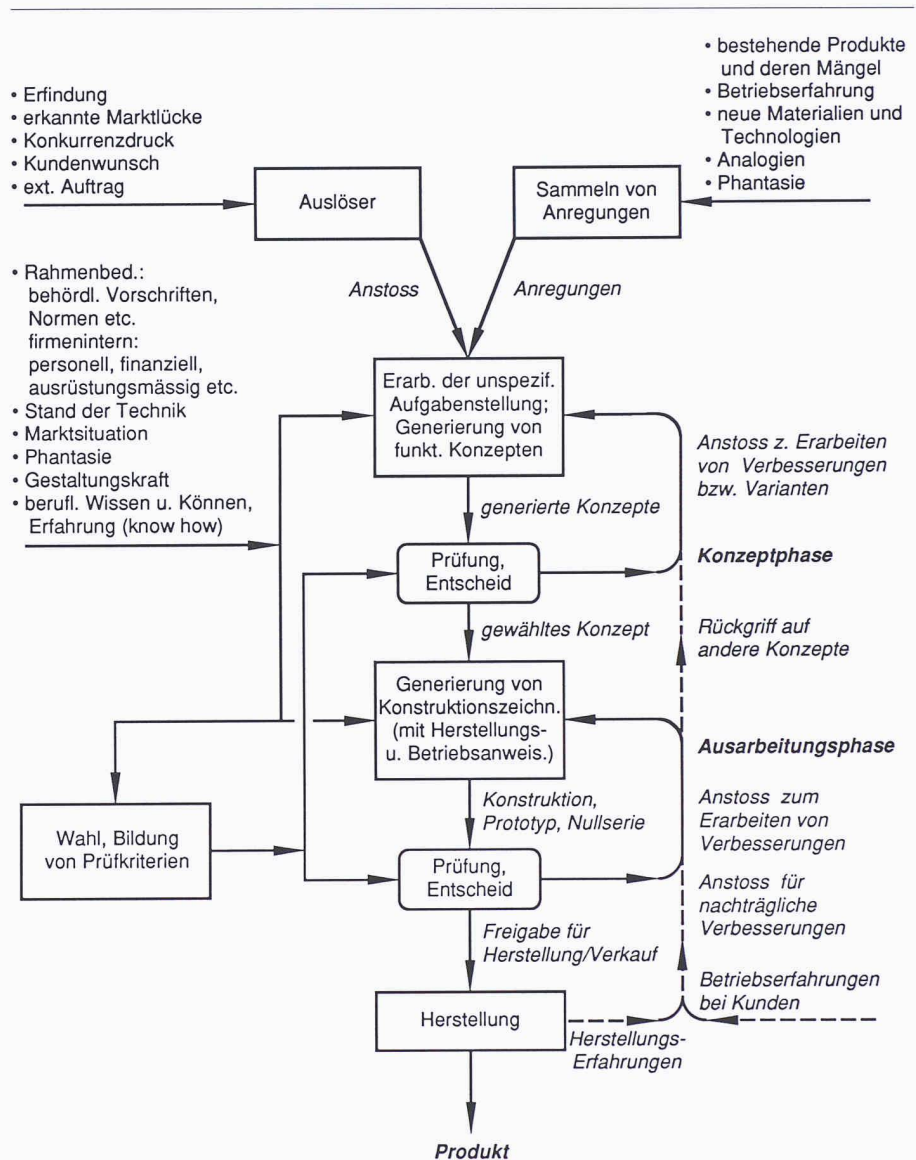


Bild 3. Blockschema kreativer Prozesse in der Technik (Produktentwicklung)

Arbeiten liefern, neue experimentelle Fakten usw. Anstoss dazu, sich mit einem bestimmten Problem zu befassen, können Forschungsdrang und wissenschaftliche Neugier sein, mitunter auch erfolgs- beziehungsweise konkurrenzdruck. Daneben ist namentlich im Bereich der angewandten Forschung oft auch ein Auftrag der auslösende Faktor.

Für den Aussenstehenden mag es überraschend sein, dass am Beginn des kreativen Prozesses die Problemstellung oft noch eher diffus ist und zunächst geklärt und formuliert werden muss. Schon dieser erste Schritt stellt eine in ihrer Schwierigkeit und Komplexität nicht zu unterschätzende Aufgabe dar. So kommt es denn auch öfters vor, dass die Aufgabenstellung im Laufe der weiteren Arbeit modifiziert werden muss, weil sich der bisher verfolgte Weg als Sackgasse erweist. Es ist auch nicht un-

wöhnlich, dass der Forscher bei seiner Arbeit weit über die ursprüngliche Zielsetzung hinaus geführt wird.

Die Lösung eines bedeutsamen wissenschaftlichen Problems gelingt typischerweise so gut wie nie auf rein deduktivem Weg, etwa nach einer «straight-forward»-Methode. Vielmehr geht der Forscher in der Regel von einer Vermutung, einer Hypothese, einem Ansatz aus, dessen Generierung nun eben jener geheimnisvolle Prozess ist, in dem aus dem Unbewussten auftauchende, der Phantasie des Forschers entsprungene «Ahnungen» sich mit rationalen Elementen zu einer tragenden Idee verdichten. Gespeicherte Anregungen, wissenschaftliche Potenz und Erfahrung (letztere kann allerdings auch hemmend wirken) sind an diesem Prozess mitbeteiligt. Systematische Problemlösungsverfahren spielen dagegen in dieser Konzeptphase so



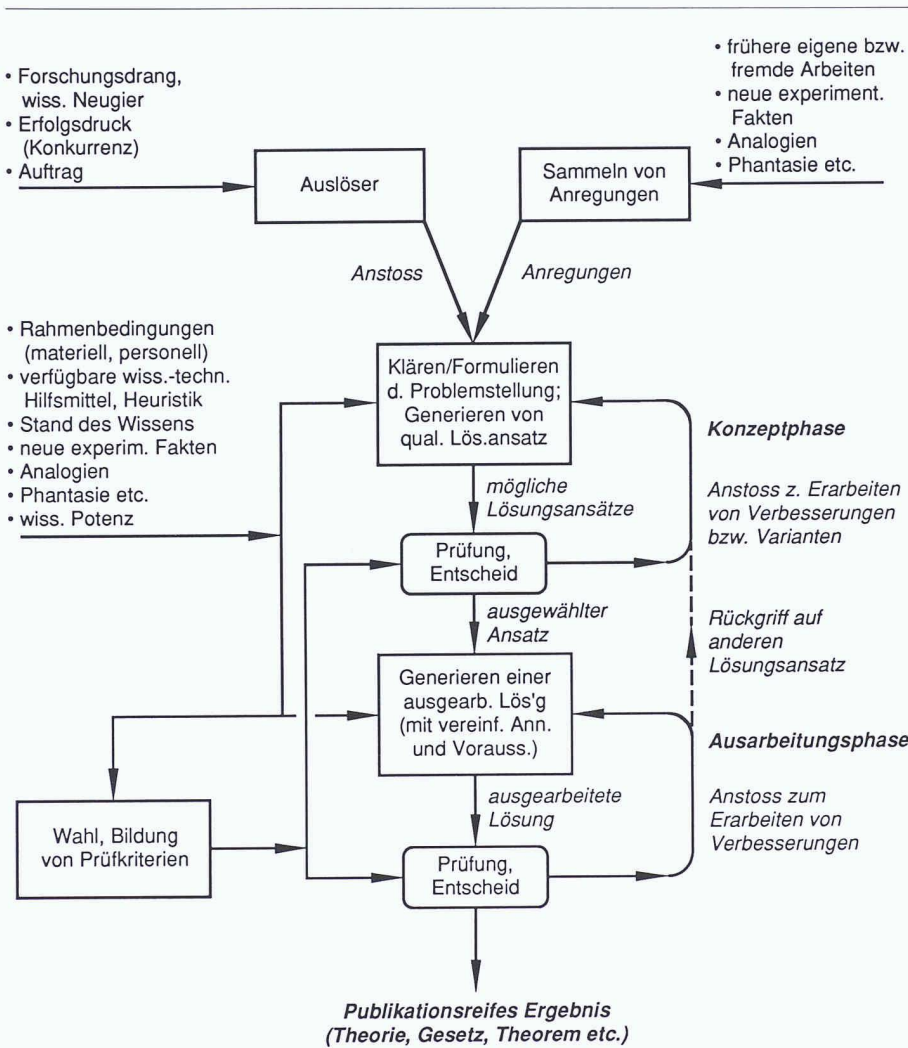


Bild 4. Blockschema kreativer Prozesse in der Wissenschaft (Forschung)

gut wie keine Rolle. Bei der Prüfung der entwickelten Ideen wird nun die aussichtsreichste Variante ausgesucht, wobei hier neben dem nüchternen Verstand auch noch das «Gefühl» mitsprechen mag.

In der sich anschließenden Ausarbeitungsphase wird aufgrund des gewählten Ansatzes die quantitative Lösung entwickelt, meist in Gestalt mathematischer Beziehungen. Das schöpferische Element tritt hierbei gegenüber dem fachmännischen Wissen und Können eher in den Hintergrund, obwohl es meist nicht ganz unbeteiligt bleibt. So wird zum Beispiel vielfach besondere «Eleganz» der mathematischen Formulierung oder Beweisführung als «ästhetische» Qualität des Forschungsergebnisses angestrebt.

Keinen Raum darf dem «Gefühl» des Wissenschaftlers hingegen bei der Prüfung der so ausgearbeiteten Lösung gegeben

werden. Diese hat vielmehr ausschliesslich durch die nüchterne, leidenschaftslose Ratio zu erfolgen. Hierbei wird die Lösung bis in alle Einzelheiten und Konsequenzen durchdacht. Dazu gehört gegebenenfalls auch, sich Klarheit über die Gültigkeitsgrenzen der Lösung zu verschaffen, die sich aus den dem Ansatz zugrundeliegenden Annahmen und Voraussetzungen ergeben. Man versucht dabei, möglichst alle Fehler, Mängel, Widersprüche aufzuspüren (Falsifizierung). Eine wissenschaftliche Todsünde wäre es dabei, der Lösung widersprechende Fakten (zum Beispiel Messdaten) zu ignorieren oder gar zu unterschlagen. In jedem Falle muss den Gründen solcher Unstimmigkeiten ehrlich nachgegangen werden. Eine solche Prüfung sollte nun so kritischer durchgeführt werden, je «verliebter» der Forscher in seine Ideen ist. Erst wenn sie mit Erfolg bestanden wurde, sollte ein

Forschungsergebnis zur Veröffentlichung freigegeben werden. Leider wird diesem Grundsatz unter dem Druck des «publish or perish» nicht immer nachgelebt.

Auch für das in Bild 4 dargestellte kybernetische Prozessmodell gelten sinngemäss die schon zu den andern gemachten Bemerkungen.

**Unterschiede, Analogien, Gemeinsamkeiten**

Ein Vergleich der beschriebenen kreativen Vorgänge lässt einerseits Verschiedenheiten erkennen, andererseits aber auch deutliche und bedeutsame Gemeinsamkeiten und Übereinstimmungen.

Immer beteiligt, aber im einzelnen verschieden sind offensichtlich die jeweils mitwirkenden äusseren und inneren Einflüsse, das heisst die Anregungen, kreativen Kräfte, allgemein-menschlichen Grundhaltungen und Wertvorstellungen, normativen Faktoren, materiellen Bedingungen usw. Sie hängen stark vom fraglichen Gebiet ab. Ähnliches lässt sich auch von den zur Ideen- und Entwurfsprüfung herangezogenen Kriterien sagen. Freilich sind alle diese Unterschiede in unserem Zusammenhang nicht von grundsätzlicher Bedeutung.

Andererseits zeigen sich eine ganze Reihe von bedeutsamen Analogien oder sogar Gemeinsamkeiten. Zunächst ist in jedem Falle der kreative Vorgang zweifellos ein dynamischer Prozess, der sich typischerweise zum Teil im Unterbewusstsein abspielt und mehr oder weniger deutlich abgrenzbare Phasen der Generierung und Prüfung, des fachmännischen Ausarbeitens und Konkretisierens umfasst. Dabei ist in allen betrachteten Gebieten bei diesem Prozess das Phänomen des scheinbar plötzlichen Auftauchens der Idee bekannt und als «Gedankenblitz», als unvermittelte «Erleuchtung» usw. sprichwörtlich. Es ist auch für alle Bereiche charakteristisch, dass sich dieses Ereignis nicht herbeizwingen lässt, ja, dass äusserer Druck sein Eintreten eher verzögert oder gar verhindert.

Vergleicht man schliesslich die entwickelten Blockschemata, so ist zunächst eine generelle Ähnlichkeit der Gesamtstrukturen zu erkennen. Von besonderer Bedeutung ist jedoch, dass in allen Fällen die gleiche, für den kreativen Prozess entscheidend wichtige Substruktur der zyklischen Folge von schöpferischer Synthese und kritischer Analyse vorliegt.

Vor allem diese grundsätzliche Übereinstimmung der Denkstrukturen zeigt deutlich, dass, bei aller Verschiedenheit in den Details und auch in den Gesamtstrukturen, eine grundlegende, wohl in der Universalität des menschlichen Geistes be-



gründete Verwandtschaft schöpferischen Tuns mindestens in den betrachteten Bereichen bestehe.

Man mag vielleicht einwenden, dass im Gebiet der Künste kreatives Schaffen sich ganz oder weitgehend im Individuum abspiele, während sich dies in Technik und Wissenschaft heute vorwiegend im Team vollziehe. Aber einerseits ist ja vor allem bei der Werkwiedergabe (Aufführung) sehr oft eine Gruppe von Künstlern massgeblich an der schöpferischen Gestaltung beteiligt (Musik, Theater, Tanz usw.). Und andererseits wird in den Gebieten von Technik und Wissenschaft auch heute fast ausnahmslos die grundlegende Idee, der geniale Einfall für eine Erfindung, die Eingebung zu einer epochemachenden wissenschaftlichen Erkenntnis im Gehirn eines einzelnen geboren. Die Effizienz der ein Team voraussetzenden Methoden der «organisierten Ideenfindung» wie «brain storming», «morphologischer Kasten» und Ähnliches wurde mindestens für die erste Phase des schöpferi-

schen Prozesses (Konzeptphase) anfänglich stark überschätzt, während solche Verfahren in der Ausarbeitungsphase unter Umständen gute Dienste leisten können. Vor allem kann der Einsatz einer Gruppe bei der Prüfung auf allen Stufen wünschbar, ja notwendig sein.

Die vorstehend skizzierten Gedanken sind in vielen Gesprächen mit Vertretern von Kunst, Architektur, Technik und Wissenschaft diskutiert und kommentiert worden. (Besonderen Dank schuldet der Verfasser der Kunstkritikerin *Annamarie Monteil* und Dipl. Arch. ETH *Hans Luder*, die beide durch Anregungen und konstruktive Kritik Wesentliches zu dieser Arbeit beigetragen haben.) Sie mögen als Beitrag zum heute wieder vermehrt feststellbaren Bestreben gelten, die in der griechischen Klassik vorhandene, später aber verloren gegangene geistige Einheit der verschiedenen Arten schöpferischen Tuns des Menschen erneut zu finden und die errichteten Schranken abzubauen.

#### Literatur

- [1]  
*F. Staudacher*, Wie nah kommt die Technik an Kunst?, NZZ, 22.1.1993
- [2]  
*H.U. Reck*, Wissenschaft als Symbol?, NZZ, 27.8.1994
- [3]  
*T. Gut*, Krankheit als Triebfeder des Bildschaffens, NZZ, 18.10.1994
- [4]  
*A. Weil*, Lehr- und Wanderjahre eines Mathematikers, Verlag Birkhäuser
- [5]  
Akademodorok, NZZ, 8.11.1994

Adresse des Verfassers:

Prof. em. Dr. *P. Profos*, ehemals Vorsteher des Instituts für Mess- und Regeltechnik an der ETH Zürich, Wülflingerstrasse 7, 8400 Winterthur

Robert Gehrig, Christoph Zellweger, Matthias Hill, Peter Hofer, Dübendorf

## Schadstoffemissionen aus Baumaterialien

### Messung und Ansätze zur Beurteilung

**Emissionen organischer Verbindungen aus Baumaterialien sind ein aktuelles Thema. Die Charakterisierung und Quantifizierung dieser Emissionen erfolgt unter definierten Bedingungen in geeigneten Prüfzellen, da reale Räume keine genügend reproduzierbaren Messungen erlauben. Die dazu notwendigen messtechnischen Einrichtungen sind im Rahmen eines grösseren Forschungsprojekts an der EMPA realisiert worden und stehen für Untersuchungen zur Verfügung. Ein noch ungelöstes Problem stellt die Beurteilung der Emissionen dar. Hier sind sehr unterschiedliche Ansätze möglich, jedoch fehlen bis heute allgemein akzeptierte oder gar verbindliche Kriterien.**

### Baumaterialien und Raumluftqualität

In neuerer Zeit stossen Probleme der Raumluftqualität vermehrt auf breites Interesse. Um Energie zu sparen, werden heute die Gebäude besser abgedichtet,

was entsprechend tiefere natürliche Luftwechselraten zur Folge hat. Mit dem vermehrten Einsatz von Bauchemikalien steigt deshalb das Risiko erhöhter Schadstoffkonzentrationen in Innenräumen an. Tatsächlich werden bei Messungen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) in Raumluft meist höhere Konzentrationen als in der Aussenluft gefunden. Oft liegen die Gründe dafür bei Emissionen aus den verwendeten Baumaterialien, vor allem in neuen oder neu renovierten Räumen. Über Art und Menge dieser Baustoffemissionen ist aber bis heute noch relativ wenig bekannt.

Im Rahmen eines vom Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) mitfinanzierten Projektes wird an der EMPA seit einiger Zeit das Emissionsverhalten von Baumaterialien untersucht. In Prüfzellen statt in realen Räumen müssen die Messungen hauptsächlich darum durchgeführt werden, damit repräsentative und reproduzierbare Daten über das Emissionsverhalten von Baustoffen erhalten werden. Nur in Prüfzellen ist es möglich, das Verhalten einzelner Baustoffe separat zu un-

tersuchen und die wichtigen Einflussparameter wie Temperatur, Feuchte und Luftwechselrate genügend exakt zu kontrollieren. In realen Räumen hingegen sind Emissionen schwer einer Quelle zuzuordnen und zudem von vielen kaum kontrollierbaren Faktoren beeinflusst (Aktivitäten der Bewohner, Lüftung, Temperaturen, Luftfeuchte, Adsorption und Reemission an Wänden und Einrichtungsgegenständen, sogenannte Senkeneffekte usw.).

Natürlich ist es dann aber für die Beurteilung der möglichen Gefährdung von Menschen wichtig, die in Prüfzellen gewonnenen Emissionsdaten auf die Verhältnisse in realen Räumen übertragen zu können. Dies ist allerdings nicht ganz einfach, wie in dieser Arbeit noch gezeigt wird.

### Methodik der Emissionsmessung an Baustoffen in Prüfzellen

In verschiedenen Ländern existieren bereits heute Richtlinien oder Empfehlungen zur Messung von Emissionen aus Baumaterialien. Ein Beispiel einer solchen Messempfehlung, welche in Zusammenarbeit führender europäischer Laboratorien, darunter auch der Empa, erarbeitet wurde, ist die COST Guideline [1].

Um brauchbare und reproduzierbare Daten zu liefern, müssen Prüfzellen für Emissionsmessungen an Baustoffen folgenden Anforderungen genügen: