

“Der Ingenieur-Konstrukteur wird zum gestalterischen Generalisten“

Von Jürg Lindecker (Dezember 1990)

Die Renaissance des Berufsbildes des Ingenieur-Konstrukteurs, die wir gegenwärtig miterleben, beruht auf den völlig veränderten Dimensionen der an ihn gestellten Anforderungen. Mehr denn je ist heute der hochspezialisierte Generalist gefragt, der imstande ist, ein Produkt von A bis Z zu gestalten, d.h. von der Funktionalität über die Herstellbarkeit bis zur Entsorgung.

Nach einer Flugzeit von zwölf Jahren und vier Tagen hat die amerikanische *Raumsonde* «*Voyager 2*» am 25. August 1989 den Nordpol des 4.4 Milliarden Kilometer entfernten Planeten *Neptun* überflogen; dabei übermittelte sie mehr als 9'000 Bilder und eine grosse Menge wissenschaftlicher Daten über den 8. Planeten, dessen 4 Ringe sowie über seine zwei bereits bekannten und die 6 neu entdeckten Monde. Die «*Voyager-2*»-Mission gehört zweifellos zu den bedeutendsten technischen Leistungen, die je erbracht wurden. Dass die Raumsonde Tausende von Bildern des Riesenplaneten und seiner bisher nur als Lichtpunkte bekannten Monde übermitteln konnte, heisst nicht, dass alle Instrumente und Geräte an Bord tadellos funktionierten - tatsächlich *versagten* schon früh einige kritische Komponenten. Gerettet wurde die Mission aber durch die Bordcomputer, denen man immer wieder neue Programme übermittelte, um die Sonde zu veranlassen, redundante Systeme zuzuschalten und Massnahmen zu treffen, um Fehlleistungen der Bordsysteme *auszugleichen*. Dabei wurden die Signale der Sonde mit steigender Entfernung so schwach, dass sie nur noch mit Mitteln empfangen werden konnten, die beim Start noch gar nicht verfügbar waren!

Die wissenschaftliche Neptunmission dauerte vom 5. Juni 1977 bis zum 2. Oktober 1989: «*Voyager 2*» übermittelte das erste Bild des 8. Planeten aus einer Entfernung von 117 Millionen Kilometern und näherte sich am 25. August 1989 bis auf 29'240 km von dessen Zentrum. Diese epochale technische Leistung konnte nur dank einer intensiven Interaktion hervorragender *Fachleute* erbracht werden - *Astronomen, Mathematiker, Physiker, Ingenieure* und, last but not least, *Konstrukteure!* Denn Temperaturen, die im untersten Bereich der Neptunatmosphäre 59.3 K, d.h. - 213.9°C betragen, schnelle Bahnkorrekturen bei Geschwindigkeiten von rund 100'000 km/ Std., eine Einsatzdauer von 12 Jahren, während der kein unmittelbarer menschlicher Eingriff die MTBF beeinflussen konnte, all dies bedingte *konstruktive* Vorkehrungen, die alles Bisherige in den Schatten stellten: Wahrlich eine «*Revolution in der Konstruktion*», wie es die **Nasa** formulierte, was uns in unserem klassischen Land der feinmechanischen Konstruktion eigentlich hellhörig machen müsste!

Unbehagen im Werkplatz Schweiz

«*Stell Dir vor, es finde eine technologische Revolution statt, und keiner geht hin...!*»

Ist nicht genau dies in den letzten zwei Jahrzehnten in der Schweiz passiert? Die Konstrukteur-*Ausbildung*, unter dem Sammelbegriff «*Maschinen-Elemente*» vor einer Generation an der ETH noch «*Königin der Disziplinen*» des Ingenieur-Studiums, ist allmählich *verödet*, verdrängt durch die innovativen Technologien des Elektronik-Zeitalters. Und die Folgen? Produkte, die einst das Rückgrat unserer technischen Kompetenz bildeten, sind sang- und klanglos vom Markt *verschwunden*, Erzeugnisse, die als Renommierstücke die Uneinnehmbarkeit des Industriestandortes Schweiz zu verewigen schienen: Hochleistungsflugzeuge aus *Emmen* und *Altenrhein*, Schreibmaschinen und Filmkameras aus *Ste-Croix* und *Yverdon*, Werkzeugmaschinen aus *Schaffhausen* und *Oerlikon*, Lastwagen aus *Arbon*, Wasserturbinen aus *Genf*, Grossgeneratoren aus *Baden*, Dieselmotoren aus *Winterthur* und Webmaschinen aus *Zuchwil*.

Von den verbleibenden Produkten, die auf die Weltmärkte exportiert werden, wird ein wachsender Anteil *ausserhalb der Schweiz* produziert, was nicht nur unabsehbare Konsequen-

zen für den Industriestandort Schweiz, sondern darüber hinaus für den gesamten Wirtschaftsplatz Schweiz haben wird: Ohne *Produktiv Arbeitsplätze* wird sich eine hochentwickelte Wirtschaft langfristig nicht halten können, werden doch Forschung, Entwicklung und Konstruktion auf die Dauer nicht an einem Standort bleiben, wo nicht produziert wird! Die Abkopplung der Schweiz als *Produktionsland* bedeutet eine ernsthafte Gefahr für den *Denkplatz* Schweiz und lässt die Befürchtung aufkommen, dass die jahrelang geübte Vernachlässigung der Konstruktionslehre sowie die damit einhergehende *Geringschätzung* der Konstruktionstätigkeit irreversible Folgeschäden für unsere Wirtschaft zeitigen wird. Denn auch für diese gilt - im übertragenen Sinn - was der britische Historiker *Homer Lea* anfangs 20. Jahrhundert geschrieben hat:

«*Es gibt gewisse Bereiche, die für die betroffenen Völker eine merkwürdige und folgenschwere Bedeutung haben, insofern als sie den Eroberungen der Menschheit Richtung geben. In solchen Gegenden sind Siege entscheidend, während Niederlagen nationalen Ruin bedeuten. Solche Orte sind die Tore, durch die Nationen kommen und gehen: manchmal Triumphbogen, manchmal aber jene engen Ausgänge, durch die Nationen wie Individuen für immer verschwinden...*»

Der Ingenieur-Konstrukteur als gestalterischer Generalist

Unser schweizerischer wirtschaftlicher „Triumphbogen“ wurde vor 135 Jahren mit der Gründung des *Eidgenössischen Polytechnikums* in Zürich gezimmert, ein Triumphbogen, dessen Fundament aus den Urgesteinen der naturwissenschaftlichen Erkenntnis und der technischen Machbarkeit gebrochen wurde! Dass dieser Triumphbogen künftig nicht zum engen Ausgang werde, dafür müssen heute Dozenten und Studenten unserer ETH gemeinsam einstehen; dazu braucht es heute wie damals Konstrukteure, die in der Lage sind, die Visionen der Wissenschaftler und Ingenieure *in konkrete Taten umzusetzen!* Dies ist die grosse Herausforderung, mit der unsere Wirtschaft gegenwärtig konfrontiert ist und von der wir zuversichtlich glauben, dass sie unsere ETH mit Erfolg bewältigen wird, zeichnet sich doch deutlich eine Renaissance des Berufsbildes des Ingenieur-Konstrukteurs ab: Dank derjenigen Disziplin, die diesem Berufsbild in den letzten Jahren am meisten zugesetzt hat - der *Informationstechnik* nämlich - und die heute Quelle dessen Erneuerung ist! Es gibt in der Tat im Unternehmen kaum eine Sparte, die vom Computer mehr beeinflusst wurde als die Konstruktionstätigkeit. Dabei haben sich die Ansprüche, die an den Ingenieur-Konstrukteur gestellt werden, in den letzten Jahren in ungeahnter Weise entwickelt: Aus dem technischen Spezialisten ist ein *gestalterischer Generalist* geworden, der über ein vernetztes System vielfältigster *Kenntnisse* verfügen muss, die in drei Hauptkategorien eingeteilt werden können: Produkteigenschaften, Fertigungsprämissen und Dienstleistungsaspekte.

Physische Produkteigenschaften

Von technischen Laien hört man oft, es sei ja schon alles erfunden worden; eine zusätzliche Anstrengung lohne sich nicht! Irrtum: Die Ansprüche an die Leistungsfähigkeit aller Produkte haben in den letzten Jahren derart zugenommen, dass Entwicklung und *Klärung technischer Sachverhalte* in den meisten Fällen überhaupt nicht Schritt halten konnten. Denn beim Erschaffen eines «*guten*» Produktes sind vielfältige Gesichtspunkte zu beachten:

- **Funktionalität:** Diese bezweckt die technisch einwandfreie Erfüllung einer bestimmten Aufgabe, was in Anbetracht der Vielfalt neuartiger Möglichkeiten einen breiten naturwissenschaftlichen und physikalischen Background voraussetzt. Der Erfüllungsgrad einer gewünschten Funktion erschöpft sich im übrigen *nicht* mehr nur in der reinen Technik; es stehen heute auch *marketingorientierte* Aspekte wie *Kundennutzen*, *Wettbewerbsvorteile* oder eine allfällige rechtlich verordnete *Approbation* im Vordergrund. Um die



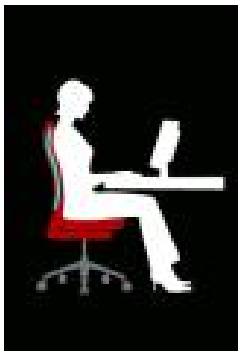
Wirtschaftlichkeit eines Produktes im Sinne eines optimalen Preis/ Leistungsverhältnisses zu gewährleisten, muss der Konstrukteur auch das Instrument der *Wertanalyse* beherrschen!



- **Neue Werkstoffe:** Unsere heutige «High-Tech-Zivilisation» ist noch sehr stark in den traditionellen Materialien verankert. Das kommende Jahrhundert wird jedoch mit Bestimmtheit zu einem Zeitalter der neuen Werkstoffe werden, wobei keine eigentliche Zäsur zu erwarten ist, sondern vielmehr eine starke Wechselwirkung, wenn nicht gar eine *Symbiose zwischen alten und neuen Werkstoffen*.

Der Einsatz dieser Werkstoffe wird dabei nicht nur durch ihre physikalischen Eigenschaften und ihre Verfügbarkeit bestimmt werden, sondern ebenso sehr durch ihre *Umweltverträglichkeit* und ihre *Rezyklierfähigkeit*.

- **Qualitätssicherung:** Qualität entsteht nicht von selbst, sondern ist das Resultat eines steten Bemühens um das Erkennen und das Ausmerzen von funktionalen Schwachstellen *auf allen Stufen* der Wertschöpfung, angefangen bei den Rohmaterialien und den zugekauften Bestandteilen über die eingesetzten Fertigungsmittel bis zu den physischen Eigenschaften des Fertigproduktes. Ein Konstrukteur muss heute über sämtliche Abläufe des Qualitätssicherungswesens im Bilde sein, um ein Produkt von Anfang an *prüf- und abnahmegerecht* zu gestalten!



- **Ergonomie:** Hatte sich früher der Benutzer einer Maschine oder eines Gerätes bemüht, sich den bedienungsspezifischen Ausprägungen anzupassen, so wird heute vom Konstrukteur verlangt, dass er seinem Produkt optimale Handling-Eigenschaften verpasst. Nur noch *bedienungsfreundliche* Produkte haben eine Chance, von einer immer verwöhnteren Kundschaft akzeptiert zu werden! Es ist dies sozusagen die anthropologische Komponente der Produktgestaltung, die beispielsweise der Miniaturisierung von Schalthebeln eine Grenze setzt oder die Belegung von Tastenfeldern bestimmt!

- **Design:** Je mehr sich die funktionalen Ausprägungen der Erzeugnisse verschiedener Hersteller einander angleichen, desto wichtiger wird die für deren Funktionstüchtigkeit an und für sich irrelevante *äussere Gestaltung* in Hinblick auf die *Produktpersonalisierung* und damit auf die Sicherstellung der Markenidentität. Der Konstrukteur braucht dazu ein gerüttelt Mass an emotionalem Einfühlungsvermögen und ästhetischem Empfinden - Eigenschaften, die an den Antipoden des rationalen Denkens angesiedelt sind!



Die physischen Produkteigenschaften gründen stets auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, wie dieser oder jener Prozess ablaufen soll, um diejenigen Wirkungen hervorzubringen, die für den Menschen nützlich sind. Der Konstrukteur bearbeitet demnach grundsätzlich zuerst einmal einen geistigen Rohstoff, den er auf vielfältige Art verändern kann, eine Aufgabe, die im Lichte der aufgezählten Gesichtspunkte an Umfang und Komplexität extrem zugenommen hat!

Fertigungsprämissen

Nebst dem Wissen um die physischen Produkteigenschaften sind heute für den Konstrukteur

auch die Fertigungsprämisse ausschlaggebend, denn die modernen CAD/CAM-Werkzeuge haben zur Folge, dass die AVOR (**Arbeitsvorbereitung**) als eigenständige Aufgabe mehr und mehr *in Frage gestellt* wird, besteht doch nun die Möglichkeit, deren Aufgaben in die Hände der *Konstruktion* einerseits und in die Obhut der *Werkstatt* andererseits zu legen. In diesem Sinne zeichnet der Konstrukteur künftig auch für die folgenden *betrieblichen* Gestaltungsaspekte verantwortlich:

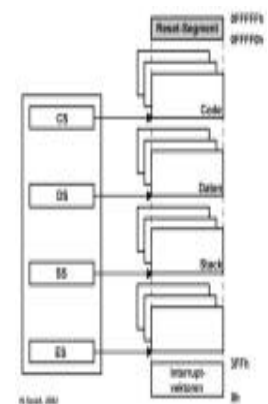
- **Arbeitsplatzgestaltung:** Nachdem die Arbeitsteilung in der Werkstatt in den letzten zehn Jahren dank «*Job Enrichment*», «*Job Enlargement*» und «*autonomen Arbeitsgruppen*» grundlegend revidiert wurde, muss sich nun die konstruktive Auslegung der Produkte dieser Situation anpassen und sich an den Prinzipien der optimalen *Manipulierbarkeit* und *Montagefreundlichkeit* orientieren. Eine menschenzentrierte Arbeitsplatzgestaltung ist demnach bereits beim Grundkonzept eines neuen Produktes zu berücksichtigen.



- **Herstellbarkeit:** Die *Minimierung der Durchlaufzeiten* ist zum entscheidenden Kriterium der Wirtschaftlichkeit in der Fertigung geworden. Neue Bearbeitungsmethoden, objektorientierte Fertigungsverfahren statt funktionsbezogene Abteilungsgliederung, Robotereinsatz zur Werkstück- und Werkzeughandhabung usw. haben zu einer totalen Neugestaltung der *Ablauforganisation* in der Werkstatt geführt. Deren Prämissen müssen von Anfang an in die Produktkonzeption einfließen.
- **PPS - gerechte Produktsegmentierung:** Den Bedürfnissen einer marktorientierten Produktionsplanung und -Steuerung entsprechend muss durch eine adäquate *Produktsegmentierung* die Voraussetzung geschaffen werden, um die Probleme der *Variantenbewirtschaftung*, der *Verkaufsprognosen* und der *Lagerhaltung* auf effiziente Art und Weise zu lösen. So hängt u. a. der konsequente Aufbau eines «*Baukastensystems*» unmittelbar von der Vorstellungskraft und dem Willen des Konstrukteurs ab!



- **Aufwärtskompatibilität:** Mit immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen und zunehmend integrierteren Fertigungsverfahren wird die Frage der *Weiterverwendbarkeit* einer objektorientierten Produktionsinfrastruktur für die nachfolgende Produktgeneration immer vordringlicher. Änderungen und Neuerungen sollten produktseitig nicht derart stark ausfallen, dass gleichzeitig ein Grossteil der bisherigen Betriebsmittel ersetzt werden muss! Bei der Entwicklungs- und Konstruktionsplanung muss deshalb ein spezielles Augenmerk auf die *Aufwärtskompatibilität* geworfen werden. Wie gesagt, die Renaissance des Berufsbildes des Ingenieur-Konstrukteurs geht zu Lasten der traditionellen AVOR, was nicht ohne entsprechende organisatorische Konsequenzen und personelle Umdispositionen in den betroffenen Abteilungen bleiben kann.



Dienstleistungsaspekte

Die Märkte von morgen werden immer weniger mit blossen Produkten bedient werden können; gefragt werden in zunehmendem Masse ganze Dienstleistungspakete, bei denen die Applikationen und nicht allein das physische Produkt im Mittelpunkt stehen. Die aus dieser Entwicklung dem Konstrukteur *zusätzlich* erwachsenden Auflagen sind gewaltig, indem er nun auch für die folgenden Belange verantwortlich zu zeichnen haben wird:

- **Benutzerdokumentation:** Mit dem Aufkommen der CAD-Systeme wird es möglich, gleichzeitig mit den *Werkstattzeichnungen* auch die Illustrationen der Benutzerhandbücher und der Bedienungsanleitungen zu erstellen. Dabei geht es nicht nur um dreidimensionale *Schnitt-* und *Explosionszeichnungen*, sondern ebenso sehr um die adäquate *Terminologie* in den verschiedenen Sprachen der zu bedienenden Märkte. Terminologiefragen werden dabei zusehends zur Sache des Konstrukteurs, da Sprachwissenschaftler, geschweige denn Übersetzer, von der zunehmenden Spezialisierung der Materie überfordert werden!



- **Transport- und Installationsfähigkeit:** Fragen der Verpackung bei kleinvolumigen Gütern bzw. der Transportierbarkeit bei grosskalibrigen Produkten müssen künftig schon in der Phase des Produktkonzeptes berücksichtigt werden, um eine entsprechende Gestaltung der *Gehäuse* oder eine *Zerlegbarkeit* der Gesamtkonstruktion zu gewährleisten. Die Montage vor Ort bzw. die *Installationsfreundlichkeit* der Produkte werden ebenfalls zu Bestimmungsgrössen, die sich kostenseitig immer stärker auswirken werden.
- **Servicefreundlichkeit:** Die Wartung der einmal installierten Systeme und Geräte ist eine Dienstleistung, die in zunehmendem Masse über Erfolg oder Misserfolg eines Produktes am Markt entscheidet. Überdies wird sie infolge der immer populärer werdenden *Wartungsverträge* zu einer Haupteinnahmequelle vieler Unternehmen: Servicefreundlichkeit entscheidet in diesem Falle unmittelbar über die Rentabilität des Kundendienstes! Auch diesem Aspekt muss der Konstrukteur bereits in der Produktentwurfsphase die notwendige Beachtung schenken.



- **Entsorgung:** «In der Güterproduktion entsteht heute der Abfall von morgen und übermorgen. Ein Produkt muss deshalb bereits bei seiner Entwicklung für seinen ganzen Lebenszyklus ausgelegt werden. Dieser Zyklus erstreckt sich von der Herstellung über den Gebrauch bis zur Entsorgung» (Ernst Hofmann).

Für den Konstrukteur stellt sich somit die Frage, wie er seinem Produkt eine optimale Lebensdauer verleihen kann und wie er es konzipieren muss, damit es *nach seinem Rückzug* aus dem Gebrauch möglichst umweltschonend wieder in den Materialkreislauf eingeordnet werden kann. Wahrlich eine neuartige Dimension, die es bei der Produktgestaltung künftig ebenfalls zu berücksichtigen gilt!

Si un problème change de dimension...

Vielerorts glaubt man heute, dass mittels der hocheffizienten Werkzeuge, die einem mit dem Computer in die Hände gelegt werden - ob sich diese nun CAD/CAM oder CIM nennen -, der *Krisenzustand*, in den namhafte Exponenten des Werkplatzes Schweiz geraten sind, ohne weiteres *überwunden* werden könne. Diese Meinung muss insofern korrigiert werden, als die Mittel der Informationstechnik wohl von jedem Konstrukteur beherrscht werden müssen und dem Konstruktionsprozess nicht vorenthalten werden dürfen, dass *dies allein jedoch nicht genügt*. Denn dasselbe gilt ja heute auch für alle anderen Berufsleute, seien sie nun Ärzte, Anwälte oder Betriebswirtschaftler: Ohne Computer läuft schlicht nichts mehr! Beim Konstrukteur braucht es allerdings mehr als blosser zusätzliche Systembedienungsfähigkeiten, um vom Reissbrett auf den Bildschirm umzusteigen! Die Renaissance des Berufsbildes des Ingenieur-Konstrukteurs setzt nicht nur eine *vollständige Erneuerung der Grundausbildung* voraus, sondern impliziert auch eine berufsbegleitende «*éducation permanente*». Nur so kann der Ingenieur-Konstrukteur langfristig den breitgefächerten, sich zum Teil widersprechenden Anforderungen technischer, wirtschaftlicher und betriebspsychologischer Natur gerecht werden, um wiederum - wie in den Gründerjahren - zur zentralen Leitfigur im Kräftespiel des Produktionsbetriebes werden, zum *hochspezialisierten Generalisten*! Die Renaissance des Berufsbildes des Ingenieur-Konstrukteurs, die wir heute miterleben, beruht auf den völlig *veränderten Dimensionen* der an ihn gestellten *Anforderungen*. Denn, wie **Louis Armand** (Präsident der SNCF und Mitglied der Académie Française, Anmerkung der Redaktion) einmal sagte:

«Si un problème change de dimension, il change de nature!»

Quelle: Jürg Lindecker, "Der Ingenieur-Konstrukteur: Renaissance eines Berufsbildes", in Management Zeitschrift, 69 (1990), Nr. 12, Seiten 70 – 73. Die Ansichten des Autors müssen sich nicht mit denjenigen des Projektteams von ETHistory decken.