

Konstruktionsmethodik I

Es gibt unzählige Gründe, welche die Entwicklung neuer Produkte notwendig machen, also für die begrenzte Dauer des Produktlebenszyklus` verantwortlich sind. Veränderte Marktbedingungen, wie neue Marktanforderungen, Reklamationen oder Anregungen, Konkurrenzprodukte oder gefallene Verkaufszahlen können Auslöser sein (im Entwicklungsstadium müssen zuerst einmal die Produktkosten für die Konstruktion investiert werden, nach der Markteinführung werden dann Umsätze, ab dem „break-even“-Punkt echte Gewinne gemacht. Die Produktgewinnkurve flacht nach dem Höhepunkt bereits relativ früh wieder ab, was durch Weiterentwicklung verzögert werden kann; 75 % übrigens sind daher Anpassungskonstruktionen, nur ein Viertel Neuentwicklungen). Oft sind externe Aufträge Ausgangspunkt für Neuentwicklungen, die dann durch Strategie, Umfeld und Marktlage des Kunden beeinflußt werden. Auch können ökonomische und politische Einflüsse (Rohstoffpreise, Liberalisierung des Handels, Re-Importe, ...), neue Technologien oder geänderte rechtliche Rahmenbedingungen (Abgasrichtlinien, Entsorgung) ausschlaggebend sein. Oder aber interne Forschungsergebnisse, Ideen, Produktionsmethoden oder Strategieanpassungen führen dazu. Natürlich werden in der Praxis eine Kombination genannter Faktoren entscheidend sein.

Die Konstruktionsmethodik systematisiert und abstrahiert den Vorgang des Konstruierens. Während früher eher das intuitive Vorgehen üblich war, wird zunehmend das methodische Entwickeln praktiziert. Die Vorteile liegen dabei in der besseren Abstimmung auf den tatsächlichen Bedarf, dem Vermeiden von Fehl- und Mehrfachentwicklungen und dem geringeren Zeit- und Kostenaufwand. 70 % der Gesamtkosten eines Produktes werden bereits in der Entwicklungsphase festgelegt, was verdeutlicht, welch positiven Einfluß eine ökonomisch durchdachte Konstruktion auf den Markterfolg der Erzeugnisse hat. Auch wird dadurch eine frühere Markteinführung ermöglicht, was heutzutage ein entscheidender Erfolgsfaktor ist. Ein nicht zu unterschätzendes Problemfeld in der Entwicklung ist die meist unterschiedliche Sichtweise von Auftraggeber und -nehmer, die aus unterschiedlichen (Fach- und Entscheidungs-) Kompetenzen, Kulturen, Sprachen, usw. resultieren können. Die weitgehende Abstraktion, gerade in der Produktplanungsphase, dient daher auch einer möglichst eindeutigen und klaren Kommunikation. Auch werden feste Denkmuster, vorgefaßte Lösungen, Konventionen und Vorurteile vermieden, unwichtige Randbedingungen eliminiert und neben der optimalen Lösung u.U. andere interessante Varianten gefunden. Daneben machen die definierten Arbeitsverfahren das Konstruieren (schneller) erlernbar.

Das Wesentliche dabei ist, die globale Aufgabenstellung in Teilprobleme zu zerlegen und für diese dann Teillösungen zu finden. Der Gesamtprozeß der Produktentwicklung besteht im Einzelnen aus dem Planen, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten.

Die Planung umfaßt das Auswählen der eigentlichen Aufgabe aufgrund der Marktnachfrage (Marktanalysen, Trendstudien, Forschungsergebnisse) oder einer Kundenanfrage. Der Kunde legt ein Lastenheft vor, das Ziel und Zweck des Produktes, auch quantitativ spezifiziert, aus seiner Sicht darlegt. In der Konzeptphase wird die konkrete Aufgabenstellung geklärt und daraufhin nach dem Pflichtenheft (bezieht sich auf das Lastenheft und hält fest, wie und mit welchen Mitteln der Auftragnehmer das Produkt umzusetzen gedenkt) die Anforderungsliste ausgearbeitet (beinhaltet alle relevanten Informationen). An die Aufteilung in Teilfunktionen schließt sich die Suche nach Lösungsprinzipien zur Erfüllung der Teilfunktionen an. Dann wird versucht, Lösungsprinzipien zwecks Erfüllung der Gesamtfunktion sinnvoll zu kombinieren. Für die ausgewählten Kombinationen werden dann- ggf. durch grobe Skizzen oder Schemata veranschaulichte- Konzeptvarianten erarbeitet und schließlich nach technisch-wirtschaftlicher Bewertung das Lösungskonzept ausgewählt. Auf dieser Grundlage entsteht ein erster maßstäblicher Entwurf, der wieder bewertet und daraufhin verbessert wird. Nach weiterer Optimierung und Festlegung eines endgültigen Entwurfs folgt die Ausarbeitung. Einzelteile werden gestaltet und optimiert, Zeichnungen, Stücklisten und Anweisungen erstellt, ggf. ein Prototyp hergestellt und getestet, die Kosten geprüft und zum Schluß die Fertigungsfreigabe

gegeben. Zwischen den einzelnen Entwicklungsphasen bestehen natürlich auch Rückkopplungszweige zu höheren Ebenen/früheren Phasen, in denen entschieden wird, ob die grundsätzlichen Erfordernisse weiterhin erfüllt sind und die Zwischenergebnisse hinterfragt werden.

Nach dieser groben Zusammenfassung des Gesamtablaufs (s. auch VDI) sollen nun die einzelnen Phasen näher erläutert werden.

Schon bei der Produktdefinition sollte, wie oben angedeutet, auf eine klare Abgrenzung der gewünschten Gesamtaufgabe (oder Gesamtaufgaben; Rüttelsiebe z.B. sollen transportieren und trennen) des Produkts geachtet werden. Hier ist das „Black-Box-Modell“ hilfreich, weil es zur eindeutigen Definition des Systems führt. Beim Formulieren der Produktaufgabe wird das zu entwickelnde Produkt (in diesem Zusammenhang meist: Maschine) vereinfacht als System betrachtet, dessen Aufgabe es ist, die Parameter Stoff, Energie und Information/ Signale in gewünschter Weise zu ändern, also eine gewisse Funktion zu erfüllen. Die Aufgabe wird in dieser Phase nur allgemein und möglichst abstrakt und neutral formuliert (in Substantiv-Verb-Form, z.B. Reinigung von Wäsche).

Bei der Produktplanung und der Erstellung der Anforderungsliste läßt der Kunde seine Forderungen und Wünsche einfließen, äußert sie aber oft nicht als „Grundbedürfnisse“ („was“), sondern u.U. bereits in Form von quantifizierten technischen Vorgaben („nicht was, sondern wieviel“) oder als konstruktive Details („nicht was, sondern wie“). Für eine systematische und optimale Problemlösung müssen diese Angaben in Grundbedürfnisse übersetzt werden. Die Anforderung „100 W Halogenlampe“ für ein Gerät z.B. beinhaltet sowohl die quantifizierte Leistungsvorgabe als auch das konstruktive Detail der Lampenbauart, bedeutet aber als Grundbedürfnis lediglich eine hohe Leuchtleistung, die u.U. auch anders (besser) realisiert werden kann. Andererseits sind konkrete, möglichst quantitativ umrissene und meßbare Rahmenbedingungen für abgesicherte Arbeitsbedingungen nötig, die die Grundbedürfnisse gut definieren; z.B. ein Leistungsbereich der Lampe oder eine Lichtstärkenangabe. Ebenso werden auch nicht qualitative, nicht zahlenmäßig ausdrückbare Rahmenbedingungen in der Anforderungsliste festgehalten (z.B. ästhetisch, tropenfest).

Um eine vollständige Anforderungsliste zu erstellen, müssen alle Anforderungen erfaßt werden, nicht nur die (übersetzten) expliziten, auch implizite, also als selbstverständlich vorausgesetzte Forderungen, die meist sehr zahlreich sind. Ebenso können „positiv überraschende“ Kriterien oder Wünsche mit eingebunden werden und nicht zuletzt sind interne, individuell erforderliche Punkte (maximale Größe/ Gewicht begrenzt durch innerbetriebliche Transportmittel z.B.). Umfassende Punkte, wie z.B. Wartungsfreundlichkeit, möglichst in mehrere Teilanforderungen auffächern, wie etwa lange Wartungsintervalle, schneller und einfacher Austausch, usw. (auch diese möglichst quantifiziert, z.B. Wartung alle 1000 Betriebsstunden).

Ein Hilfsmittel zur Produktplanung ist die Produktplanungsmatrix („house of quality“). In ihr werden die Kundenanforderungen („was?“)- bewertet nach Priorität und Wettbewerbsstellung und mit Zielvorstellungen versehen (Anforderungsbenchmark)- den technischen Anforderungen („wie?“) gegenübergestellt. Auch letztgenannte, erweitert durch spezielle technische Anforderungen wie Normen, Umweltschutz- und Sicherheitsbestimmungen, werden in die Matrix eingetragen. Die technischen Anforderungen sind von denen des Kunden abgeleitet und spiegeln die technischen Parameter wieder, mittels derer die gewünschten Eigenschaften am besten erzielt, bzw. geregelt werden können (z.B. Dämpfungsgrad, Geräuschpegel, Anschlußmaße); die technischen Anforderungen müssen gut meß- und beeinflussbar sein. Durch Kennzahlen wird dann das Ausmaß der Wechselbeziehungen und Auswirkungen der beiden Anforderungskategorien aufeinander charakterisiert, was Matrixwerte ergibt, die zugleich die (relativen) Wichtigkeiten der jeweiligen technischen Anforderungen darstellen und einen technischen Vergleich zulassen (Technischer Benchmark). In Verbindung mit dem aus den Kundenanforderungen abgeleiteten Vergleich mit dem Wettbewerb kristallisieren sich Schwerpunkte heraus, die besonders wichtige Bereiche darstellen. Das bedeutet für die gesuchte optimale Lösung des Problems, daß bei mehreren prinzipiell möglichen Alternativen diejenige gewählt wird, die diese priorisierten Faktoren besonders gut abdeckt. Auch

werden Widersprüche, also zuerst einmal gegensätzliche Anforderungen deutlicher, die dann gezielt gemäß WOIS zu überwinden versucht werden können.

WOIS, die „Widerspruchsorientierte Innovationsstrategie“, sieht die Erfindung als Überwindung eines Widerspruchs, als einen Sprung in der Entwicklung (z.B. der Automatikgurt in PKW). Vom Grundgedanken ausgehend wird das Produkt dann weiter optimiert (Gurtschloß, -material) und erweitert (Automatikgurt) bevor langfristig schließlich durch Obersystembildung das Wirkungspotential auf ein höheres Niveau gehoben wird, was wieder einem Sprung gleichkommt. Beispiele sind z.B. der Zug mit Neigetechnik, der enge Kurven schnell durchfahren kann, das oberflächengehärtete Bauteil mit hoher Zähigkeit bei großem Abriebwiderstand, der Schichtlademotor, der durch ein optimal zündfähiges Gemisch über der abgasarm verbrennenden Hauptschicht gute Abgaswerte und optimale Verbrennung aufweist, usw... .

Nach der Produktdefinition, also der oben erläuterten Planungsphase, soll das Produkt nun konstruiert werden. Dieser Vorgang kann, wie bereits erwähnt, in drei Phasen gegliedert werden, nämlich in Konzipieren, Entwerfen und Detaillieren/Ausarbeiten.

Konzipiert werden zum einen die Funktionsstruktur („was?“), d.h. die grundsätzliche Aufgabe des Produktes (Beispiel Riementrieb: mechanische Energie einer Drehbewegung übertragen und wandeln) und zum anderen die Wirkstruktur („wie?“), also durch welches Prinzip die Funktion physikalisch erfüllt werden kann (Umschlingungsgetriebe mit Formschluß oder Reibschluß); das Konzipieren legt die prinzipielle Lösung also bereits fest. Bei weniger einfachen Produkten als einem Riementrieb ist es notwendig, die Hauptaufgabe in serielle oder parallele Teilaufgaben zu faktorisieren (Funktionsanalyse) und eventuell mit Nebenfunktionen, die nur indirekt der Hauptfunktion dienen, genauso zu verfahren. Die Teilfunktionen lassen sich abstrakt in die vier Grundfunktionen wandeln (qualitativ oder quantitativ), speichern, verknüpfen oder leiten von Energie, Stoff oder Signal unterscheiden. Das Beispiel Waschmaschine hat als Eingangsgrößen Wasser, Wäsche, Waschmittel und Energie, als Ausgangsgrößen Wäsche, Lauge und Abwärme. Die weitere Bildung von Teilfunktionen dient der besseren Überschaubarkeit der meist komplexen Aufgabenstellung und deren einfacheren, voneinander unabhängigen Lösung. Im Beispiel werden die Stoffe zuerst gespeichert und verknüpft, dann unter Energiezufuhr der Schmutz von der Wäsche getrennt, das Schmutzwasser von der Wäsche getrennt, Wäsche und Spülwasser verknüpft, Waschmittelrückstände von der Wäsche getrennt und Spülwasser und Wäsche getrennt (eine mögliche, vereinfachte Lösung; entsprechende Zu- und Abfahren teilweise weggelassen).

Das Finden, bzw. Zuordnen von Wirkprinzipien, d.h. physikalischen Effekten, zu den Teilfunktionen läßt sich in sogenannten morphologischen Kästen verwirklichen. Dadurch ist auch die systematische Kombination und Verwaltung kompatibler Lösungskombinationen möglich. Darin sind zu einer Teilfunktion (z.B. wandeln von Energie, speziell zum Zweck der Krafterzeugung) mögliche Wirkprinzipien angegeben (z.B. Osmose, Adhäsion, Federdeformation, ...) [genauer gesagt führt der Weg eigentlich zuerst über ein physikalisches Prinzip (z.B. mechanische Energie), dann über weitere Konkretisierung (z.B. kinetische als eine Art der mechanischen Energie) bis zum eigentlichen Wirkprinzip mit Wirkflächen (z.B. Schwungrad), ohne das der Effekt ja nicht genutzt werden kann...]. Es sollten mehrere Prinzipien gefunden werden, weil sich später nicht alle beliebig kombinieren lassen. Solche Tabellen können selber erstellt werden, es macht jedoch größeren Sinn, in fertige Kataloge zu schauen, die für beliebige Grundfunktionskombinationen bereits existieren. In jedem Fall müssen die Teilfunktionen aber gefunden werden (auf den Sinn der Abstraktion wurde ja schon eingehend hingewiesen...), mit denen genannte Kataloge dann relativ komfortabel genutzt werden können. In der Praxis gibt es diese Tabellen außer mit physikalischen Prinzipien (Konzeptphase) auch mit eher entwerfender als konzipierender Charakteristik (Entwurfphase), also eher mit Formvarianten (z.B. Variationen der Welle-Nabe-Verbindung). Auch müssen die Teilfunktionen nicht immer streng abstrakt formuliert sein, sondern können auch konkreter gefaßt werden (z.B. Zündflamme zünden), auch diese Formen werden morphologische Kästen genannt. Vorteil dieses Verfahrens ist die große

Vielfalt an möglichen Lösungen und deren quasi vollständige Auflistung in Katalogen. Dennoch sollten natürlich auch weitere Methoden zur Ideenfindung herangezogen werden, also auch intuitive, wie z.B. brainstorming. Hierbei sollen 5-15 Menschen unterschiedlicher Bereiche möglichst ungehemmt Lösungsideen hervorbringen, was allerdings nur gelingt, wenn eine positive, offene und tolerante Einstellung zu den Beiträgen anderer besteht und das Problem nicht übermäßig komplex ist.

Der folgende Schritt ist das verträgliche Kombinieren von Wirkprinzipien zur Wirkstruktur. Wählt man im morphologischen Kasten für jede Funktion je ein Prinzip aus und verbindet diese Felder miteinander, so ergibt der Linienzug eine Wirkprinzipkombination der verschiedenen Teilfunktionen zur Wirkstruktur. Praktisch müssen durch dieses Zusammensetzen Wirklinien zwischen den favorisierten Wirkprinzipien entstehen, die den durchgängigen Kraftfluß und somit die Erfüllung der Hauptfunktion möglich machen. An den Schnittstellen der Wirkprinzipien kommt es dabei zu Wirkflächenpaarungen, deren Kompatibilität und Effektivität auch für die Qualität der Wirkstruktur verantwortlich sind. Zum Finden der passenden Wirkgeometrie kann es hilfreich sein, die verschiedenen Parameter zu variieren. Verändert werden können Art, Form, Lage, Größe und Zahl der Wirkkörper- und -flächen, Art, Form, Richtung, Betrag und Zahl der Wirkbewegungen und auch die prinzipiellen Stoffeigenschaften, wie Zustand, Verhalten und Form.

Das Entwerfen beschäftigt sich mit der konkreten maßstäblichen Formgebung der Wirkstruktur, also die Umsetzung des Formschlusses bei einem Umschlingungsgetriebe als Ketten- oder Zahnriementrieb z.B., oder bei Reibschluß die Ausführung als Flach- oder Keilriemen. Beim Detaillieren wird die Baustruktur weiter verfeinert und spezialisiert (Trapezriemen, mehrreihige Riemen, spezielle Verstärkungen und Verbundmaterialien ...).

Bei der Gestaltung schließlich gibt es Grundregeln, Prinzipien und Richtlinien, deren Beachtung einer durchdachten Formgebung dienlich ist. Die folgenden drei Grundregeln der Gestaltung haben sich aus Erfahrungen herauskristallisiert. Sie lauten „eindeutig, einfach und sicher“ und beziehen sich auf den gesamten Produktlebenszyklus. Zu berücksichtigen sind dabei folgende Punkte: Funktion, Wirkprinzip, Auslegung (Haltbarkeit, Formänderung, Stabilität, Resonanzfreiheit, Ausdehnung, Korrosionsverhalten), Sicherheit, Ergonomie, Fertigung, Kontrolle, Montage, Transport, Gebrauch, Instandhaltung, Kosten, Termine. Beleuchtet man genannte Bereiche unter dem Gesichtspunkt der Eindeutigkeit, so muß bezüglich der Funktion innerhalb der Funktionsstruktur eine klare Zuordnung der Teilfunktionen mit (zu?) den zugehörigen Ein- und Ausgangsgrößen sichergestellt sein (?). Das gewählte Wirkprinzip muß hinsichtlich der physikalischen Effekte beschreibbare Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung aufweisen (hat ein physikalisches Gesetz doch so an sich... oder sind z.B. undefinierbare Reibkraftverläufe oder chaotische Strömungen gemeint?); die geordnete Führung von Kraft-, Energie-, Stoff- und Signalfluß muß gewährleistet sein. Ein klassisches Maschinenbau-Beispiel im Hinblick auf die Auslegung ist der möglichst definierte Lastzustand bei Lagerungen mittels Fest-/Loslagerung. Es ist also allgemein darauf zu achten, zeitlich, örtlich und vektoriell vorhersagbare Belastungen durch eine entsprechende Gestaltung zu erzielen; d.h. Doppelpassungen zu vermeiden. Fertigungs- und montagegerechte Gestaltung heißt eindeutige Fertigungsabläufe und Montageschritte gestaltungsmäßig vorzusehen und damit zu erzwingen.

Die Grundregel „Einfach“ macht Sinn, weil eine simple Gestaltung automatisch weniger Kosten erzeugt und Fehlerquellen reduziert. Das bedeutet im Einzelnen, sich auf eine möglichst geringe Anzahl von Teilfunktionen und somit Wirkprinzipien zu beschränken, die zudem übersichtlich verknüpft sind. Sowohl die Komplexität der Systeme und ihrer Teile, als auch die Herstellung, Montage und Recycling derselben sollte nur im nötigen Rahmen gehalten werden. Geometrische und symmetrische Formen sind einerseits unkompliziert zu berechnen und andererseits einfach herzustellen. Weitere Folgerungen erklären sich von selbst... .

Die Grundregel „Sicher“ schließlich bezieht sich nicht nur auf den für Mensch und Umgebung gefahrlosen Betrieb einer Maschine, sondern auch auf die sichergestellte Funktionserfüllung derselben. Somit ergeben sich die vier Bereiche Funktions-, Bauteil-, Arbeits- und Umweltsicherheit. Im welcher

Qualität die Sicherheit gewährleistet ist, wird mit den Begriffen unmittelbare, mittelbare und hinweisende Sicherheit umschrieben. Unmittelbar sicher ist ein System, wenn bereits durch die Gestaltung und Anordnung der Bauteile Gefährdungen ausgeschlossen sind; dieser Fall muß immer angestrebt werden. Kann ein sicherer Betrieb nur durch entsprechende Schutzmittel realisiert werden, spricht man von mittelbarer Sicherheit. Hinweisende Sicherheit warnt lediglich durch geeignete Hinweise vor Gefahren, schützt aber aktiv in keiner Weise und ist daher nur in Fällen zulässig, in denen das Problem nicht anders gelöst werden kann. Der beste Weg ist also die unmittelbare Sicherheit, die über eines von drei möglichen Prinzipien verwirklicht werden kann: safe-life-Verhalten (sicheres Bestehen oder lebensdauersicher), d.h. alle wahrscheinlichen oder sogar alle möglichen Vorkommnisse werden ohne Versagen und Störung überstanden. Fail-safe (beschränktes Versagen oder sicher bei Ausfall) dagegen bedeutet, das Versagen ist bei außergewöhnlichen Belastungen eingeplant und verläuft derart, daß es zu keinen gefährlichen Situationen kommt und eine Restfunktion aufrechterhalten wird um dies zu verhindern. Eine redundante Anordnung sieht eine Mehrfachanordnung der Elemente vor, sodaß ein Ersatzelement die Aufgabe des ausgefallenen Teiles zumindest teilweise übernehmen kann.

Neben den erläuterten Grundregeln gibt es zahlreiche Prinzipien der Gestaltung. Im Hinblick auf eine effektive Kraftleitung muß ein Bauteil kraftflussgerecht, also unnötige Belastungen vermeidend, gestaltet sein, für eine optimale Werkstoffausnutzung sollte überall dieselbe Gestaltfestigkeit herrschen (z.B. Dreieckfeder) und das Prinzip der direkten und kurzen Kraftleitung beachtet werden (Stab als bestes Element dazu). Eine abgestimmte Verformung (z.B. den Torsionsverformungen angepaßte Wellendurchmesser; flexible Lagerschalen) kann ebenso Ziel der Gestaltung sein wie Prinzipien des Kraftausgleichs (Pfeilverzahnung; Doppelkonus bei Kupplungen z.B.). Aufgabenteilung, d.h. für jede Teilfunktion separate Bauteile vorzusehen (z.B. getrennte Axial- und Radiallager für verschiedene Funktionen; Mehrfachriemen bei aufgeteilter, gleicher Funktion), unterstützt die Grundregel der einfachen Gestaltung und kann zugunsten einer für die jeweilige Teilaufgabe optimalen Formgebung der Bauteile sinnvoll sein. Weiterhin gibt es verschiedene Arten der Selbsthilfe; selbstverstärkende Konstruktionen (z.B. Kolbenring; Mannlochverschluß; Freilauf), selbstausgleichende (z.B. sich „ausbeulender“ Druckbehälter; Turbinenschaufelschrägstellung) und selbstschützende (z.B. Anschlagbolzen bei torsionelastischen Kupplungen zum Schutz der Federn; Federstabskupplung). Das Prinzip der Stabilität verhindert, daß sich Störungen des Systems nicht selbst verstärken (z.B. Verklemmen von Kegelrollenlagern in O-Anordnung). Dagegen kann Labilität gewollt sein, um einen Grenzzustand zu definieren (z.B. Schaltbolzen; Fliehkraftkupplung).

Diese Prinzipien können aber nicht blind immer angewendet werden. Sie können einander auch widersprechen, beispielsweise kann das Prinzip der Selbsthilfe einem gewünschten fail-safe-Verhalten entgegenstehen (Mannlochdeckel bewirkt im Extrem Detonation des Druckbehälters bei Versagen des Überdruckventils). Das Einhalten gleicher Gestaltfestigkeit etwa kann fertigungstechnisch und somit ökonomisch aufwendig sein und auch eventuellen Leichtbaubestrebungen im Wege stehen. Es muß also immer im Einzelfall entschieden werden, welche Prinzipien in welcher Weise Verwendung finden.

Hat man sich für gewisse Prinzipien entschieden, finden in der Feingestaltung wiederum Gestaltungsrichtlinien Anwendung, die sich teilweise aus der Produktions- und Fertigungstechnik ableiten.

Natürlich müssen Bauteile beanspruchungsgerecht gestaltet sein; etwa sollen Schwingmetalle nur auf Druck oder Schub belastet werden und da die Gummielemente quasi inkompressibel sind, müssen Ausweichverformungen zugelassen werden. Der ausdehnungsgerechte Aufbau muß öfters beachtet werden, denn es können sowohl mechanisch verursachte Längenänderungen als auch thermisch bedingte örtliche oder gesamte Erscheinungen aufgrund Energiewandlung auftreten, z.B. bei Schraubverbindungen verschiedener Werkstoffe, den Rohrverankerungen in Wärmetauschern, Flanschdeckeln, usw. . Wirken hohe Temperaturen auf den Werkstoff ein, ändern sich dessen Eigenschaften in erheblichem Umfang und es muß bei einer kriech- und relaxationsgerechten Gestaltung beachtet werden, daß Elastizität, Festigkeit und damit die Dauerfestigkeit i.A. sinken; bei

manchen Werkstoffen setzt Kriechen übrigens bereits bei Temperaturen um 100 °C ein. Da Korrosion durch Vorhandensein von Elektrolyten oder durch direkten Kontakt verschieden edler Metalle begünstigt wird, leiten sich entsprechende Richtlinien zur korrosionsgerechten- wegen praktisch nicht zu verhindernder Korrosion zumindest korrosionsverträglichen- Gestaltung ab. Kapillarwirkungen in feuchten Umgebungen sind ebenso ungünstig wie nicht vollständig entleerbare Fluidbehälter oder Kondensatbildung in Zonen großer Temperaturgradienten wegen fehlerhafter Isolierung. Vorteilhaft ist eine geringe korrosionsgefährdete Oberfläche; anstatt mehrere kleine Behälter besser einen großen vorsehen mit einem günstigeren Oberflächen-Volumen-Verhältnis. Verschleißgerechtes Konstruieren heißt, verschleißbehaftete Bauteile möglichst gering zu belasten, um eventuell sogar Wartungsfreiheit zu erzielen; als Beispiel sei die einseitige Lenkerführung erwähnt, bei der ein Einfedern des Bahnrades durch einen relativ langen Hebel in eine nur geringe Verdrehung und somit geringe Beanspruchung des parallel zu Radachse angeordneten Gummielementes umgesetzt wird.

Auch die norm- und fertigungsgerechte Gestaltung sollte angestrebt werden. Für letzteren Bereich gibt es unzählige Richtlinien, die aus den vielfältigen Fertigungstechniken resultieren. Da Fertigungskosten einen entscheidenden Einfluß auf die Gesamtkosten haben (um 45 %), sind folgende Kriterien für den kosten-, zeit- und qualitätsoptimierte Produktionsablauf wichtig (unvollständige, beispielhafte Aufzählung).

Für Gußteile beispielsweise sollen einfache, ungeteilte und kernlose Formen bevorzugt, gleichmäßige Wanddicken und Aushebeschrägen vorgesehen werden, usw. . Bei Gesenkschmiedeteilen keine Unterschneidungen vorsehen, dafür Aushebeschrägen, gerade und mittige Teilfugen und große Radien. Ähnliches gilt für Kaltfließpreßteile; bei geschnittenen Teilen z.B. auf einfache, sich wiederholende Schnittformen achten. Zu hohe Komplexität sollte bei gebogenen Teilen vermieden werden, man muß auf Mindestlängen, –radien und –abstände achten ebenso wie auf Aussparungen an Ecken. Beim Schweißen Anzahl der Teile und Schweißnähte aus ein Minimum beschränken, Nahtanhäufungen und –kreuzungen vermeiden, an gute Zugänglichkeit und Schrumpfspannungen denken. Werkzeugausläufe sind bei gedrehten Teilen vorzusehen, enge Toleranzen möglichst auf Außenflächen legen, Spannmöglichkeiten bedenken und große Zerspanvolumina vermeiden. Gefräste Teile müssen Raum für Auslauf des Werkzeuges aufweisen, Scheiben- ist dem Fingerfräsen vorzuziehen, Fräsflächen auf einer Höhe und parallel zu Einspannflächen. Bei Bohrbearbeitung sind Ansatz- und Auslaufflächen bei Schräglöchern vorzusehen, durchgehende Bohrungen sind abgesetzten vorzuziehen, bei nichtdurchgängigen Bohrungen Sacklöcher vorsehen. Geschliffene Werkstücke sollten keine den Schleifvorgang behindernde Bundflächen haben, Werkzeugauslauf muß vorhanden sein und gleiche Neigungen der zu schleifenden Flächen erleichtern und beschleunigen die Bearbeitung. Montagegerechte Gestaltung kann durch Reduzieren, Vereinheitlichen und Vereinfachen der Fügestellen erreicht werden, automatische Fügetechniken sind besonders praktikabel. Eine außerdem formgerechte und gefällige Gestaltung ist der Idealfall. Selbstverständlich ist die kostengerechte Gestaltung anzustreben, etwa durch ökonomischere Fertigungsverfahren, günstigere (Verbindungs-) Elemente, optimale Konstruktionen, die Kosten und Gewicht sparen, usw. .

Es sollte nocheinmal hervorgehoben werden, daß die geschilderten Abläufe nicht starr nacheinander folgen, sondern es stets Modifizierungen und Sprünge zwischen den vier Ebenen gibt und das Erarbeiten iterativen Charakter hat. Die aktuellen Schlagwörter Simultaneous Engineering (SE) und Concurrent Engineering (CE) deuten die Wichtigkeit der parallelen Betrachtung aller Phasen an...

Unter bestimmten Bedingungen, nämlich wenn das Produkt eine technische Erfindung, eine Neuheit, gewerblich nutzbar und aufgrund einer erfinderischen Tätigkeit entstanden ist, kann es zum Patent angemeldet und dadurch besonders geschützt werden. Eine Erfindung ist eine „Lehre zum technischen Handeln unter Einsatz beherrschbarer Naturkräfte zur Erreichung eines kausal übersehbaren Erfolges“, sie muß technische Merkmale haben und reproduzierbar sein. Zur Beurteilung der Erfindungshöhe (bei Entlohnung wichtig...) wird auf den Durchschnittsfachmann bezogen und Kriterien wie erzielter technischer Fortschritt, Überwindung eines technischen Vorurteils und nicht

naheliegender Kombination von bekannten Merkmalen herangezogen. Neuheit ist gegeben, wenn zum Zeitpunkt der Anmeldung nichts vergleichbares veröffentlicht ist. Nach der Anmeldung folgt die Offenlegung, Prüfung, Erteilung und u.U. die Verlängerung des Patents. Es gibt nationale, europäische und weltweite Patente mit unterschiedlichen Kosten und Prämissen. Eine Alternative sind Gebrauchsmuster, die günstiger, einfacher, jedoch nur für Erzeugnisse anwendbar sind und rechtlich einen nicht ganz vergleichbaren Schutz bieten. Software ist nicht patent-, nur urheberrechtlich.

Dieses Skript ist übrigens inhaltlich eng dem Skript
zur Vorlesung WS 2001/2002 angelehnt;
Bei Fragen, Anmerkungen, ...
Kerstin.Ursinus@stud.uni-hannover.de