

Variantenvielfalt und resultierende Komplexität, Ursachen und Methoden zu ihrer Bewältigung

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Franke, TU Braunschweig

Kurzfassung

Gründe für die Variantenentstehung werden aufgezählt und hinsichtlich ihrer Folgen für das Anwachsen von betrieblicher Komplexität beurteilt. Methoden zur Verringerung der Variantenvielfalt werden dargestellt und an konkreten Beispielen erläutert. Probleme einer „gerechten“ Kostenbewertung variantenreicher Produkte werden diskutiert.

Möglichkeiten zu einer verbesserten Entwicklung und Abwicklung von Varianten mit Hilfe einer verstärkten Integration der Informationsflüsse und unter Anwendung von Fast Prototyping und mit parametrischen CAD-Systemen werden behandelt.

Abschließend wird über ein BMBF-Forschungsvorhaben "EVAPRO", das sich mit der kostengünstigen Beherrschung variantenreicher Produkte beschäftigt, informiert.

1. Einleitung

Fast alle mitteleuropäischen Firmen im Maschinenbau, in der Automobiltechnik oder in der Elektrotechnik haben heute Probleme mit einer großen und i.a. kräftig weiter zunehmenden Zahl von Varianten. Diese müssen entwickelt, produziert, vertrieben und ggf. auftragsbezogen abgewickelt werden. Dies führt zu immer komplizierteren Abläufen und Steuerungsprozessen und damit zwangsläufig zu steigenden Stückkosten. Dadurch wird häufig die Wettbewerbssituation entscheidend verschlechtert.

Die Problemsituation wird erheblich dadurch verschärft, daß die üblichen Kalkulationsmethoden die Kosten von Varianten nicht transparent machen können, da ein nennenswerter Teil der kostentreibenden Effekte im Rahmen dieser Methoden in den Gemeinkostenbereichen entsteht. Methoden der Prozeßkostenrechnung [8] könnten hier zu verbesserten Einschätzungen führen, werden jedoch wegen des damit verbundenen Aufwands bisher kaum eingesetzt.

Daher ist es eine unabdingbare Forderung zur Standortsicherung der mitteleuropäischen Industrie, Methoden für eine optimierte Entwicklung, Abwicklung und Bewertung variantenreicher Produkte bereitzustellen und anzuwenden.

Dafür ist wiederum erforderlich, die vielfältigen, durchaus recht unterschiedlichen Ursachen der Variantenentstehung zu verstehen.

Generell gibt es zwei grundsätzlich verschiedene aber sich ergänzende Ansätze:

- 1. Unnötige Varianten vermeiden,**
- 2. Notwendige Varianten optimal strukturieren und abwickeln.**

2. Ursachen für Varianten- und Komplexitätsentstehung

2.1 Variantenentstehung

Gründe für die Variantenentstehung sind schon vielfach diskutiert worden [z.B in 1, 2, 5, 7]. Im folgenden werden noch einmal einige wichtige Punkte zusammengetragen und einige etwas ausführlicher diskutiert :

- Neue Anwendungen
- Diversifikation der Anwendungen und der Märkte
- Politisch bedingte Veränderungen (z.B. Zusammenbrüche) von Absatzmärkten
- Zunehmendes Anspruchsniveau der Kunden
- Höhere technische Komplexität der Produkte (z.B. Vordringen der Elektronik)
- Nebeneinander einfacher und hoch automatisierter Produkte
- Baureihen- bzw. Produktalter (zunehmend haben Produkte langjährige Vorgänger)
- Notwendigkeit langjähriger Ersatzteillieferung (z.B. bei Investitionsgütern)
- Teilweiser kostenbedingter Verdrängungswettbewerb aus einfachen Massenprodukten
- Kosten- bzw. sicherheitsbedingt alternative Lieferanten

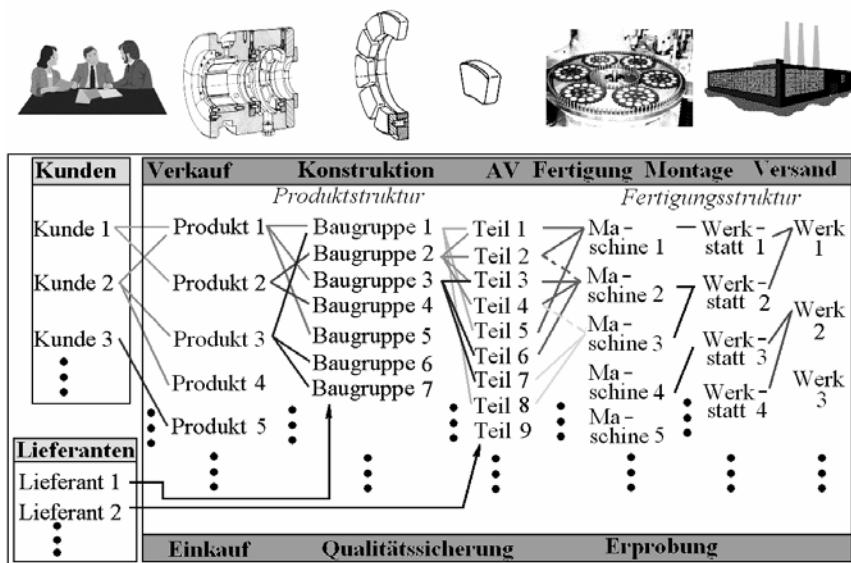
2.2 Komplexitätsentstehung durch Strukturdifferenzen in der Wertschöpfungskette

Variantenreiche Produkte führen notwendigerweise zu einem Anwachsen der Komplexität aller betrieblichen Strukturen und Abläufe, da eine Vielzahl von Produktalternativen, Baugruppen und Bauteilen für verschiedene Kunden in unterschiedlichen Zusammensetzungen durch den Betrieb gesteuert werden muß. Eine einfache Zuordnung von Kunden zu Produkten und Fertigungsstätten ist jedoch in aller Regel wirtschaftlich nicht darstellbar.

Konstruktion und Entwicklung benötigen kunden- und produktübergreifendes Know How über Funktion und Fertigung sowie über Werkzeuge (z.B. CAD, FEM) .

Fertigung und Montage verwenden Maschinen und Einrichtungen und brauchen diesbezügliches Know How , das ebenfalls i.a. weder produkt- noch kundenspezifisch sein kann.

Bild 1:
Komplexität durch hierarchische Verknüpfungen (z.B. Produkt- und Fertigungsstruktur) sowie operative Verknüpfungen (Kunde-Verkauf, Hersteller - Lieferant, u.s.w.)



Das komplexe Zusammenspiel von handelnden Personen, Produktvarianten, Dokumenten und DV-Systemen und natürlich den hier nicht dargestellten klassischen Produktionsmitteln für die auftragsbezogene Einzelfertigung stellt Bild 2 dar. Es zeigt trotz seiner starken Schematisierung deutlich, daß die "Wertschöpfungskette" in Wirklichkeit ein mehrfach rückgekoppeltes Netz ist.

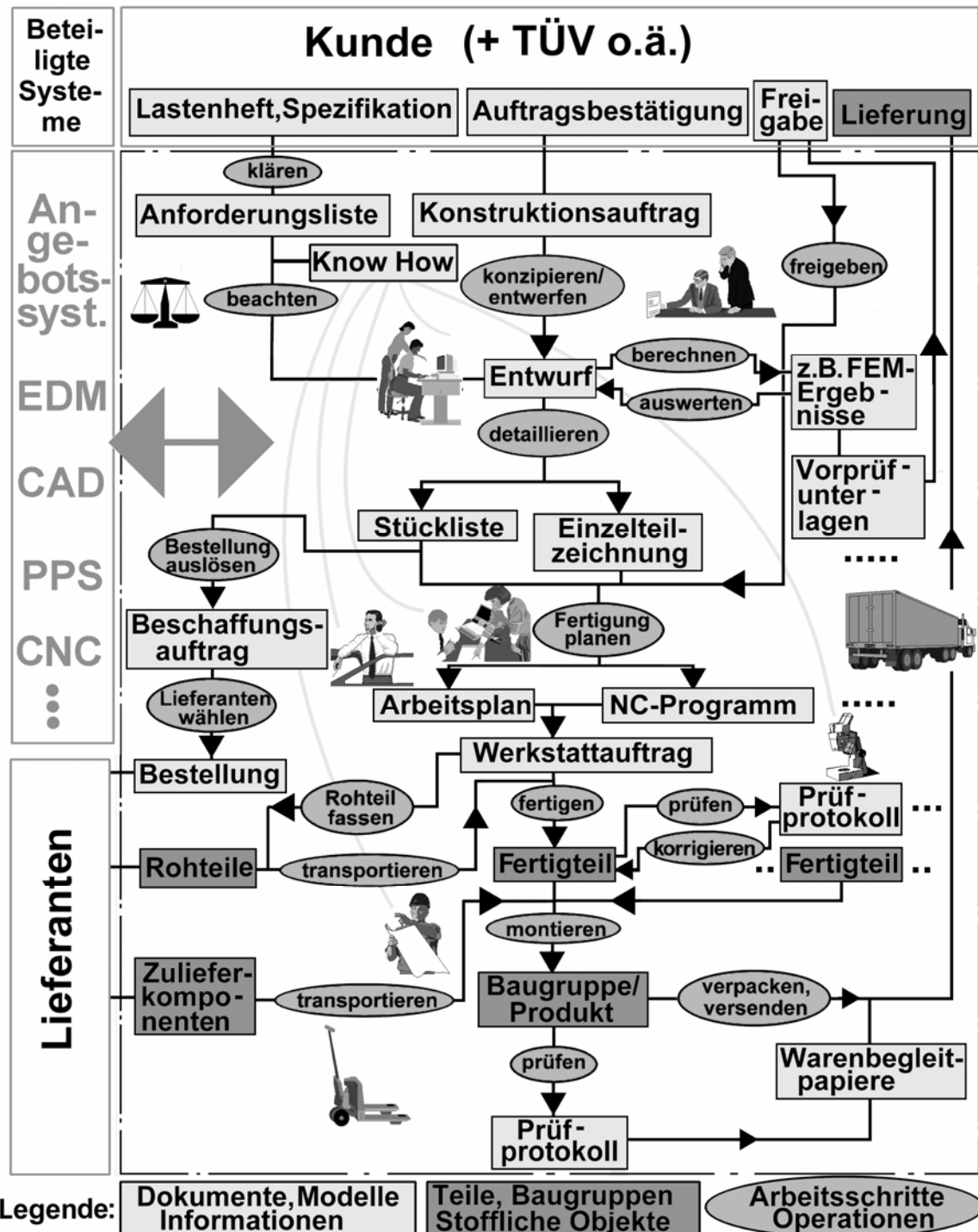


Bild 2: Von den Auftragsdokumenten zum materiellen Produkt, vereinfachtes Netzwerk einer auftragsbezogenen Einzelfertigung : Handelnde Personen, Werkzeuge und Werkzeugsysteme, Teile , Baugruppen und Produkte sowie Dokumente und Modelle sind über Bearbeitungsschritte komplex verknüpft.

2.3 Anmerkungen zum Begriff der Komplexität

In der Literatur sind eine Vielzahl von Komplexitätsbegriffen diskutiert worden, vergl. [9,10, 5].

Diese Vorschläge sind nach Meinung des Autors bisher alle zu eng – auch der früher definierte eigene [11], um praktische Konsequenzen oder Regeln damit zu begründen. Der Grundsatz, der von mehreren Autoren gewählt wurde, von einem System auszugehen, das aus einer Elementemenge besteht, die durch Relationen verknüpft sind, ist jedoch zweifellos sinnvoll. Derartige Systeme lassen sich gut durch Graphen mit "gefärbten Knoten" und "gefärbten Kanten" darstellen.

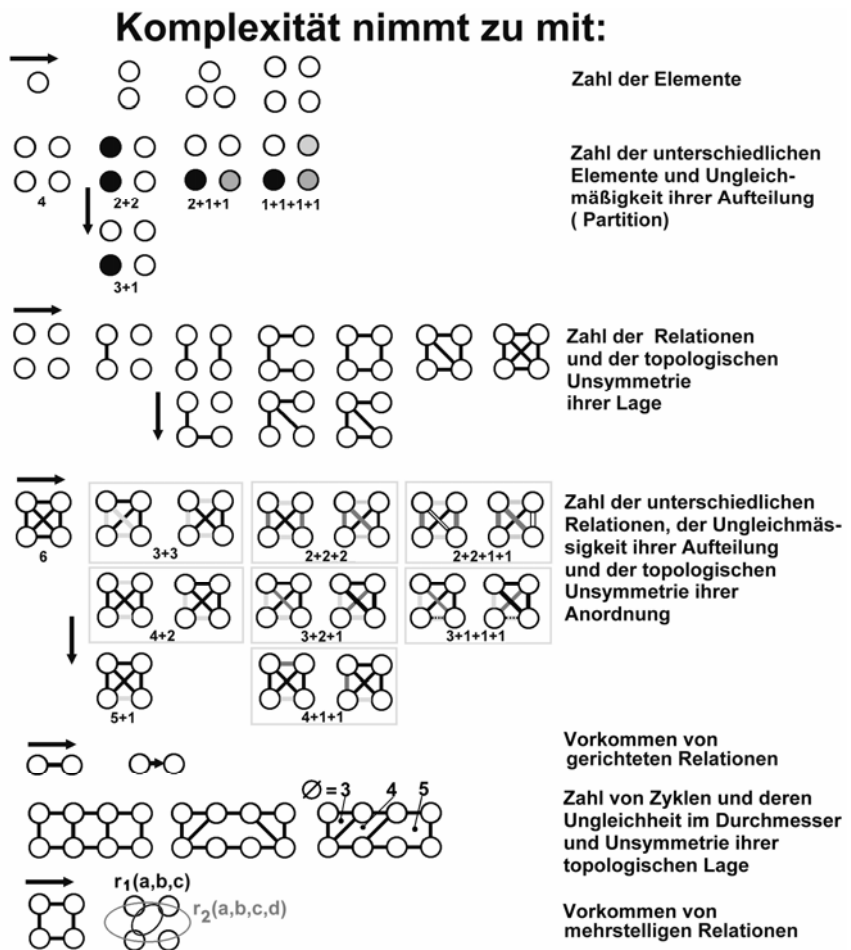


Bild 4: Verschiedene Dimensionen von Komplexität, erläutert am Modell von knoten- und kantengefärbten gerichteten Graphen.

Betrachtet man nun das Inventar derartiger Darstellungen, kann man leicht zu anschaulichen Einzelvorstellungen gelangen, die derartige Systeme in einer Reihung zunehmender Komplexität sortieren. Bild 4 zeigt Beispiele für Folgen von Graphen zunehmender Komplexität.

Man erkennt, daß es verschiedene Dimensionen der Komplexität gibt, die jedoch nicht vollständig unabhängig voneinander definiert werden können.

Bild 5 veranschaulicht die theoretischen Begriffe der Graphen und Relationen (vergl. engl. "relatives") durch praktische Beispiele.

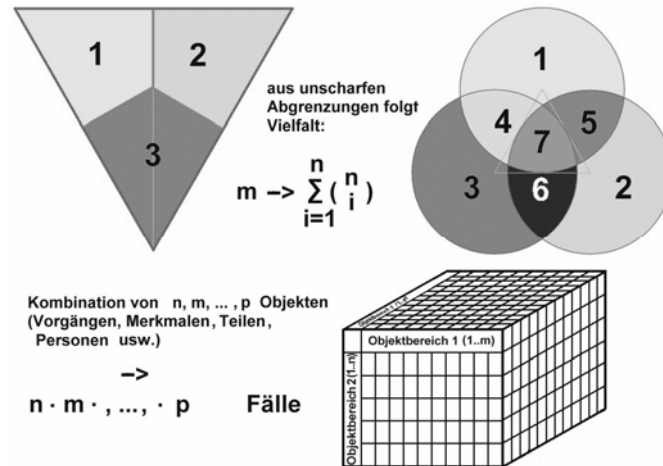
Bild 5: Graphen und Relationen erläutert durch anschauliche Beispiele

Zweistellige Relationen			
Darstellung als Graph	Beispiel für Verwandte	technisches Beispiel	
 Kante	a und b sind Brüder	a und b sind drehgelenkig verbunden	
 gerichtete Kante	a ist Vater von b	b ist radial außerhalb a angeordnet	
 gefärbte Kanten	a und b sind Schwestern	a und b sind verschraubt	
	a und c sind Cousins	a und c sind konzentrisch gefügt	
	c und d sind verheiratet	c und d sind verschweißt	
Mehrstellige Relationen			
 a b c d	a, b, c und d sind eine Familie	a, b, c und d bilden einen Hohlraum	

2.4 Komplexität durch Kombinatorik

Bild 6 : Unnötige Komplexität durch unscharfe Abgrenzungen sowie Komplexität durch Kombination

Komplexität entsteht allein schon durch die Kombination verschiedener Objekte miteinander, seien es verschiedene Vorgänge, Merkmale, Personen oder anderes, vergl. z..B. Bild 1 und 2.



Unnötige Komplexität wird oft erzeugt, weil Sachverhalte nicht scharf oder in verschiedenem Kontext immer wieder different abgegrenzt werden, z.B. wenn Einkauf, Konstruktion und Verkauf für gleiche Objekte bzw. Sachverhalte unterschiedliche Bezeichnungen und Klassifikationen verwenden, Bild 6.

Ableitbar aus diesen einfachen kombinationstheoretischen Überlegungen zur Komplexitätsentstehung lassen sich sofort einige **generell gültige Methoden** benennen, die geeignet sind, Komplexität zu begrenzen:

1. Anzahl kombinierbarer Objekte, Vorgänge, Merkmale reduzieren

(z.B. nur "marktgängige" Alternativen bereitstellen)

2. Stufen der Kombination reduzieren

(z.B. in "Paketangeboten" bestimmte Merkmalkombinationen fest koppeln)

3. Objekte, Merkmale, Vorgänge klassifizieren , klassenweise Kombination ermöglichen

(z.B. Teilegruppen zusammenfassen und in der gleichen Fertigungsinsel produzieren)

4. Sachverhalte scharf abgrenzen und stets gleich definieren

(z.B. Auftragsdokumentation in Verkauf, Einkauf , Konstruktion und Fertigung gleich strukturieren und gemeinsam pflegen)

3. Diskussion einiger Maßnahmen an einem konkreten Beispiel

Aus der eigenen industriellen Erfahrung des Verfassers stammt das folgende Beispiel, Bild 7, vergl. [1] für ein variantenreiches Produkt einer Hochdruckkreiselpumpen-Baureihe. Theoretisch sind einige Milliarden Varianten möglich, bei einer Lieferung von maximal einigen Hundert Stück pro Jahr.

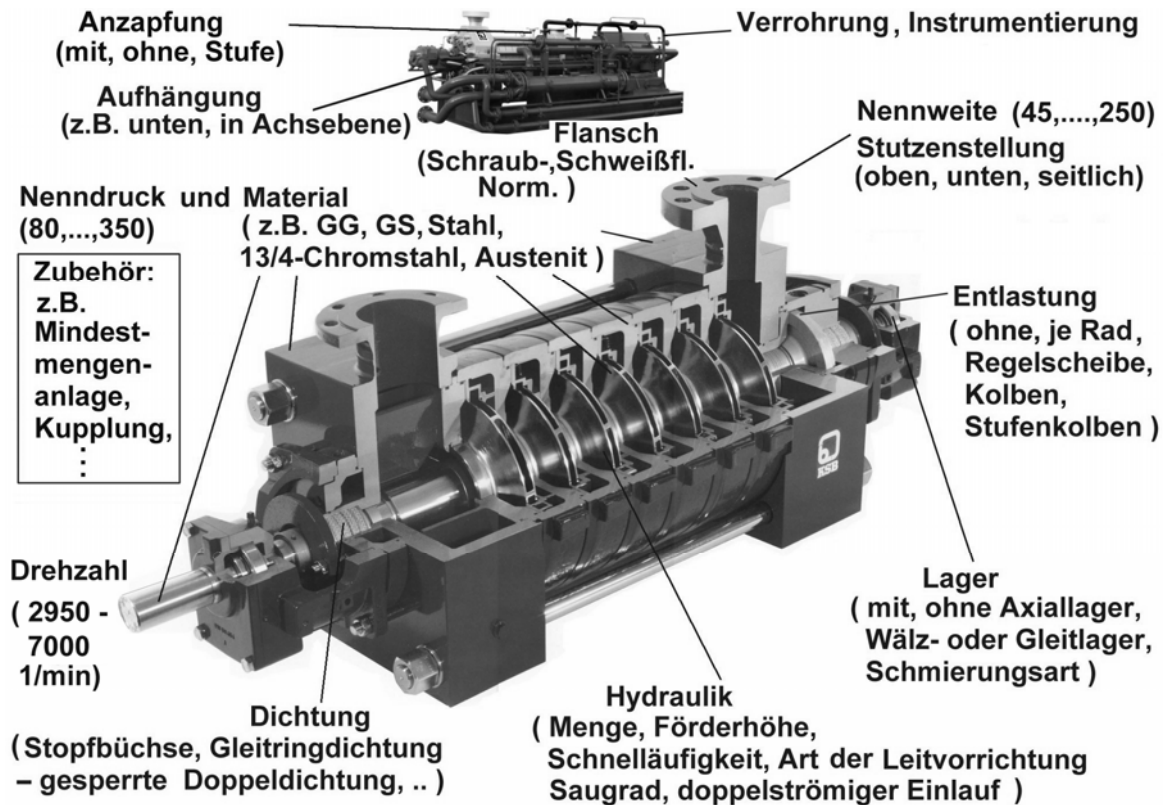


Bild 7: Hochdruck-Kreiselpumpe (nach KSB) als Beispiel für ein variantenreiches Produkt mit einigen potentiellen Optionen .

An Hand des Beispiels aus Bild 7 lassen sich sofort einige der oben genannten generell gültigen Methoden durch konkrete Maßnahmen belegen und erläutern.

Die **Begrenzung der Anzahl möglicher Grundoptionen** ergibt sich oft bereits aus geltenden Standards, für das Beispiel etwa aus der Normung der Nennweiten und Nenndrücke.

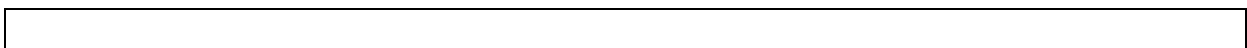
Solche Standards können häufig durch gröbere Rasterung, hier z.B. indem nicht all genormten Nenndruckstufen realisiert wurden, weiter eingeschränkt werden. Eine weitere Einengung der Varianten wurde z.B. erreicht, indem die Anzahl der Materialvarianten gegenüber früheren Baureihen verringert wurde.

Weiter lassen sich einige Fälle definieren, in denen einige **Optionen** bereits aus technischen Gründen **paketi**ert werden müssen:

Nennweiten, Hydraulik (Lauf- und Leiträder) und Drehzahlen sind physikalisch verknüpft und nicht beliebig miteinander kombinierbar.

Eine Entlastungsscheibe, die hydrostatisch den Axial Schub über einen veränderlichen Spalt regelnd ausgleicht, darf nicht mit einem Axiallager kombiniert werden.

Solche zwingend notwendigen Bedingungen sollten bereits in der Produkt- bzw. Baureihenstruktur berücksichtigt werden, um unnötig komplexe Erzeugnisnummern zu vermeiden und spätere unzulässige Varianten nicht durch komplexe Regeln wieder ausschließen zu müssen, vergl. Tabelle 1:



Entlastung :	Entlastungsscheibe		Kolben		Stufenkolben	
Lager :	Radiallager		Radiallager und Abhebevorrichtung		Radial- und Axiallager	
Scheinbar ergeben sich 9 Kombinationen, von denen jedoch 5 gar nicht zulässig sind !						
Sinnvoll wäre eine einzige gemeinsame Variantenstufe für Lager und Entlastung.						
Radiallager und						
E.-Scheibe		E.-scheibe und Abhebevorricht.		Kolben u.Axiallag.		Stufenkolb.u.Axiallager

Tabelle 1: Unmögliche bzw. wenig sinnvolle Varianten bereits in der Produktstruktur ausschließen, um unnötige Kombinationsstufen und Verträglichkeitsregeln zu vermeiden.

Andere Paketierungen sind nicht technisch zwingend, aber wirtschaftlich naheliegend. Beispielsweise machen Optionen für höchste Wirkungsgrade unter Inkaufnahme höherer Herstellkosten und damit Preise vor allem bei Maschinen mit hohen Leistungen Sinn. Im betrachteten Beispiel bedeutet das etwa, daß relativ schnellläufige Hydrauliken (= hohe Stufenanzahl bei höchsten Wirkungsgraden) nur für größere Maschinen angeboten werden.

Die Klassenbildung von Teilen, Baugruppen oder auch Tätigkeiten erlaubt gleiche Planungs- und Fertigungsprozesse.

Einfache Beispiele für Klassenbildung liefern funktions- und/oder geometrieähnliche Bauteile. In diesem Fall ist es möglich, Ähnlichkeitsmethoden für die Berechnung und Auslegung und parametrische Methoden für das Geometriemodell sowie für Arbeitsplanerstellung bzw. NC-Programme zu verwenden.

Hohe Flexibilität parametrischer Methoden

Dabei erlauben parametrische Methoden relativ flexibel auch teilähnliche Geometrien. Voraussetzung ist lediglich, daß Bildungsgesetze bekannt sind. Diese können auch nichtlinear sein. Die Auslegung von Lauf- und Leiträdern für Hochdruckpumpen ist hierfür ein gutes Beispiel. Bild 8 zeigt die parametrisch erzeugte Laufräder.

Sogar **nichtstetige Zusammenhänge** können prinzipiell parametrisch , z.B. mit Booleschen Ausdrücken, dargestellt werden.

Ein Beispiel für ein nichtstetiges Bildungsgesetz (schematische Darstellung), wird in Bild 9 für ein Stufengehäuse für verschiedene Drücke gezeigt. Für hohe Drücke wird eine Passung der Stufengehäuse gewählt, die die Deformation an der Dichtstelle vermindert.

Bei sonst parametrisch gleichartig abhängigen Abmessungen können zwei verschiedene Stufengehäuse generiert werden, indem die Abmessung l durch einen Booleschen Ausdruck parametrisiert wird

Die Anwendung derartiger Ansätze erlaubt grundsätzlich eine Ausweitung und bessere Nutzung der parametrischen Methoden, **setzt jedoch eine sehr gute vorherige Klärung der maßgebenden Constraints, d.h. der gleichungsartigen Bindungen der Parameter untereinander voraus.** Hierfür wie auch generell für die Erzeugung parametrischer Produktstrukturen wird ein nicht unerheblicher Aufwand benötigt, der von tatsächlich gelieferten Varianten getragen werden muß. Daher gilt:

Parametrische Methoden sind nur dann vorteilhaft einsetzbar, wenn aus der Gesamtmenge der beschriebenen Varianten hinreichend viele Aufträge resultieren.

Bild 8: Parametrisch erzeugte alternative Laufradentwürfe für die gleiche Anwendung, (Fördermenge, Förderhöhe), jedoch mit unterschiedlichen Stufenzahlen und damit unterschiedlichen spezifischen Drehzahlen n_q und unterschiedlichen Wirkungsgraden.

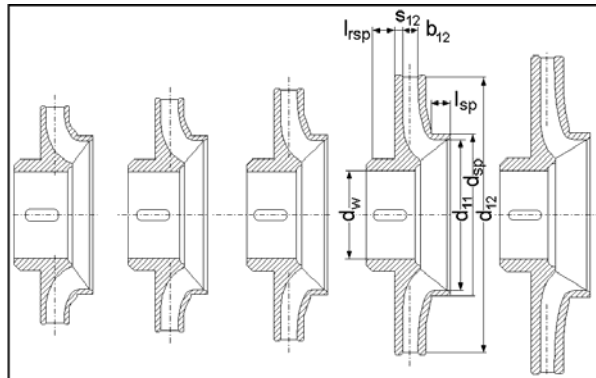
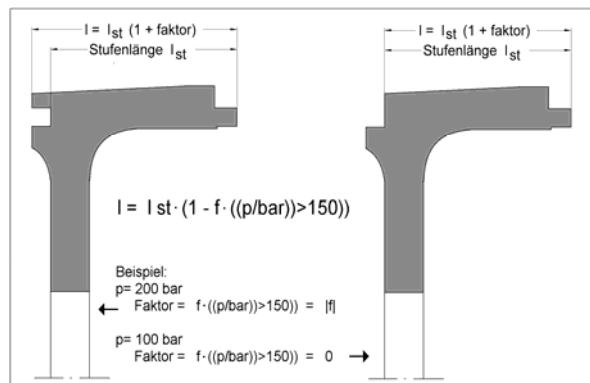


Bild 9: Abbilden nichtstetiger parametrischer Zusammenhänge am Beispiel eines Stufengehäuses (schematisch dargestellt).



4. Produktvarianten im Verlauf des Produktentstehungsprozesses

Ein entscheidender Umstand für die kostentreibende Wirkung von Produktvarianten im Produktentstehungsprozeß ist die Notwendigkeit, in den jeweiligen Wertschöpfungsstufen Ressourcen bereithalten zu müssen und die einzelnen Varianten entsprechend ihrer jeweiligen Individualität durch den Prozeß steuern zu müssen.

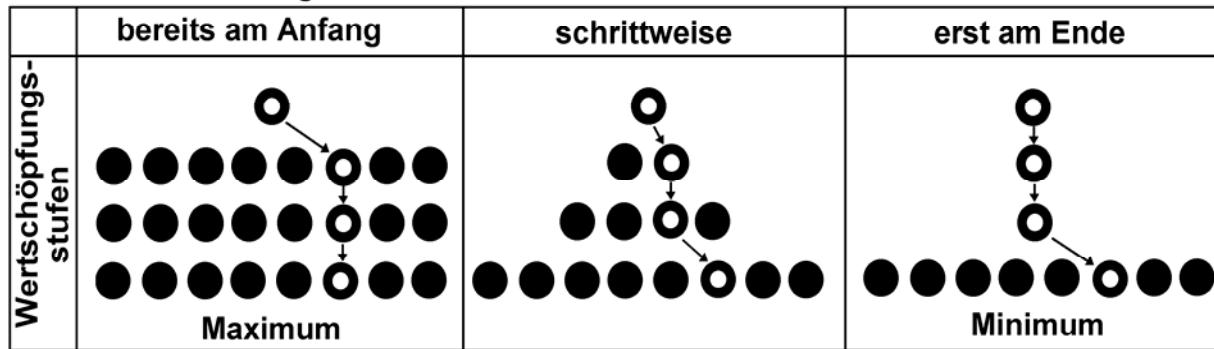
Beispiele für den **Ressourcenmehrbedarf** wären z.B. das Lagern aber auch das Beschaffen verschiedener Rohteile, die Notwendigkeit, unterschiedliche Werkzeuge vorzuhalten oder spezifische Werkzeugmaschinen. Bei komplexen Produkten können sogar variantendifferente Personalqualifikationen benötigt werden, z.B. für Varianten mit höherem Steuerungs- oder Regelaufwand..

Der **Steuerungsmehraufwand** entsteht durch die variantenspezifische Disposition dieser Ressourcen sowie der zugehörigen Dokumente, Bauteile und Baugruppen.

Je größere Anteile des Produktentstehungsprozesses ohne diese geschilderten Mehraufwände auskommen, um so weniger Kostenerhöhung wird durch eine gegebene Anzahl von Varianten verursacht.

Bild 10 zeigt schematisch die Kostenwirksamkeit von Varianten in aufeinanderfolgenden Wertschöpfungsstufen.

Varianteentstehung:



Ressourcen und Steuerungsaufwand für Varianten

Bild 10: Je nach Entstehungszeitpunkt der Varianten im Wertschöpfungsprozeß müssen unterschiedlich lange bzw. oft Ressourcen bereitgehalten werden, und es resultiert ein unterschiedlicher Aufwand für die Durchsteuerung der Varianten.

Daraus resultiert die generelle strategische Regel, die schon oft beschrieben aber nicht immer schlüssig begründet wurde:

Varianten möglichst erst am Ende der Produktentstehungs- bzw. Wertschöpfungskette entstehen lassen !

Hieraus lassen sich viele konkrete Einzelregeln ableiten, z.B.:

- Wenn möglich, für verschiedene Varianten gleiche Rohteile verwenden.
- Weitgehend nichtindividuelle Vormaterialien verwenden, z.B. Standardhalbzeuge.
- Gleiche Werkzeuge für verschiedene Varianten.
- Durch "Überdimensionierung" oder "Multifunktionalität" weniger verschiedene Teile.
- Varianten erst durch Anbauteile in der Endmontage erzeugen.
- Varianz durch nur zu montierende Zulieferkomponenten erreichen.

. . . .

Die letzten Beispiele lassen sich zu einer allgemeineren Regel zusammenfassen:

Varianz durch Konfiguration statt durch Konstruktion erreichen !

Vom Standpunkt des Prozeßdurchlaufs und damit der Wertschöpfungskette kann man strategisch zwei Hauptrichtungen von Maßnahmen erkennen:

1. "Quermaßnahmen" (in Richtung der Varianz)
 - Klassenbildung, Parametrierung : Verschiedene Varianten laufen in gleichen Prozessen und mit gleichen Methoden durch.
2. "Längsmaßnahmen" (in Richtung des Ablaufs)
 - Varianten zum Schluß erzeugen, Integration, Automatisierung
 - Steuerungsaufwand sinkt, da Schnittstellen eliminiert werden oder keinen nennenswerten Mehraufwand mehr erfordern.

In beiden Richtungen wirksam sind z.B. personelle Maßnahmen wie Qualifizierung, "Job Enrichment" oder auch Bereitstellen flexiblerer Methoden und Werkzeuge.

5. Durch Standardisierung Variantenzahl vermindern oder besser Varianten optimal durchschleusen ?

Diese beiden Handlungsalternativen scheinen weitgehend entgegengesetzt zu wirken. Welche ist die richtige ?

Eine erste Antwort ist einfach, hilft aber nicht weiter:

Ein Patentrezept gibt es nicht !

Selbstverständlich hängt eine richtige Antwort von verschiedenen Einflußgrößen ab.

Die wichtigsten Einflußgrößen sind dabei:

- Marktanteil des Herstellers
- Stückzahlen des Bedarfs
- Typ des bedienten Marktes (z.B. technisch orientiert / verbrauchsorientiert , Einzelkunden/ statistisches Marktgefüge)
- Marktverhalten der Wettbewerber
- Technologische Änderungsgeschwindigkeit
- Grad der Differenzierung der Kundenwünsche (z.B. nach Marktsegmenten oder bis hin zu wichtigen Einzelkunden)
- Art der Kundenwünsche (z.B. vorzugsweise funktionsbezogen oder aber Vorschriften bis in baustrukturelle Einzelheiten des Kernproduktes)

Mit ausschließlicher Produkt-Standardisierung - insbesondere der Festschreibung einiger weniger Varianten - wird man nur dann Erfolg haben können, wenn man klarer Marktführer ist und damit i.a. auch deutliche Kostenvorteile besitzt. In diesem Fall wird man die Einschränkungen in der Flexibilität den Kunden gegenüber, die jede Standardisierungsstrategie mit sich bringt, durchsetzen können. Hierdurch können natürlich weitere Kostenvorteile erreicht werden.

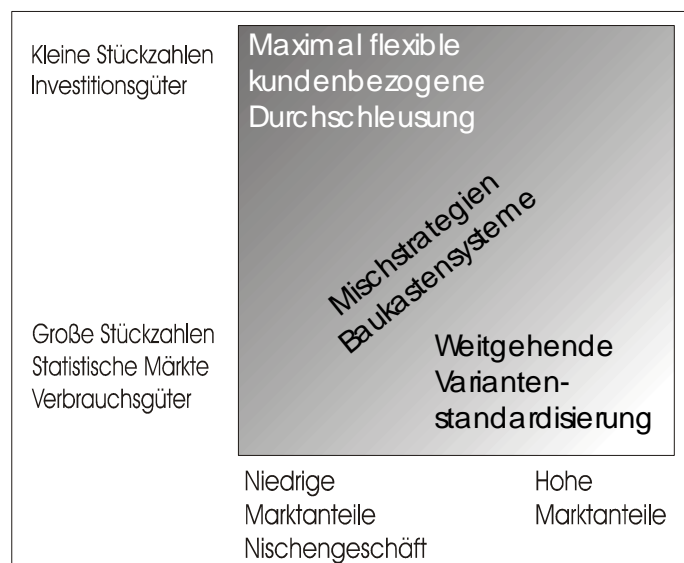
Die umgekehrte Strategie, ausschließlich auf wirtschaftliches flexibles Durchschleusen zu setzen, ist nur dann sinnvoll, wenn man auf Grund der internen Kostenstruktur ausschließlich in Nischen erfolgreich sein kann.

Meist wird man Mischstrategien benötigen., die je nach Positionierung im Rahmen der geschilderten Markteinflußgrößen stärker eine der polaren Strategiekomponenten betont.

Bild 11 stellt diese Positionierung vereinfacht als Portefolio dar.

Bild 11: Polare Strategiemerkmale abhängig von Marktmerkmalen

Durchweg richtig wird dagegen die Überlegung sein, Standardisierungsbemühungen auf den Produktkern, z.B. auf die Know-How- wesentlichen Komponenten anzuwen-



den, während man zur Produktperipherie hin, d.h. zu den Schnittstellen mit dem Nutzer und/oder seiner Anlage, vorzugsweise flexibel kundenwunschbezogen anpassen und abwickeln können sollte.

An **zwei Beispielen** soll das verdeutlicht werden:

1. Automobile:

Der Kunde wird sich i.a. nicht dafür interessieren, wie der Automobilhersteller das Hub-Bohrungsverhältnis und Einzelheiten der Einspritzung ausgelegt hat (es sei denn, es sind diskutierte "Prestige-Merkmale" , z.B. die Zylinderzahl - „Bugatti“), dagegen wird er Karosserieform und der Gestaltung des Armaturenbretts größere Aufmerksamkeit schenken.

2. Hochdruckpumpe aus Bild 7

Wenn die gewünschten funktionellen Daten, z.B. Förderdaten, Wirkungsgrad und Saugeigenschaften gewährleistet sind, wird der Kunde i.a. selten zur Auslegung der Beschauelung oder zu Details der Druckhülle (abgesehen von Druckprüfung, Teilungstyp und Material) spezifische Forderungen anmelden. Dagegen wird er hinsichtlich der Instrumentierung und für sämtliche Schnittstellen genaue Vorschriften machen, da sie wiederum in die Standards seiner eigenen Anlage eingehen.

Diese produktstrukturbezogene Strategiedifferenzierung stellt schematisch Bild 12 dar.

Bild 12:

Strategien bezogen auf die Produktstruktur:

“Zum Kunden hin” eher anpassen als standardisieren !



Dabei ist noch generell anzumerken, daß alle unmittelbaren Produkt- Maßnahmen, insbesondere jedoch aus Mustern oder Zeichnungen erkennbare Merkmale, sehr viel leichter von Konkurrenten nachgeahmt werden können, als Systemvorteile, die sich aus integrierten Abwicklungsmethoden oder auch aus der engen Verknüpfung spezifischer Produkt- und Produktionseigenschaften ergeben. Hohe Produktionsinvestitionen, die mit spezifischer Produktgestaltung verknüpft sind, stellen für Konkurrenten eine hohe Einstiegshürde dar:

Integration von flexiblen Abwicklungsmethoden, Produktionsmitteln und Produktvarianten erschwert das Nachahmen und Einholen durch Konkurrenten.

6. Zusammenfassende Übersicht zu Maßnahmen für eine verbesserte Beherrschung variantenreicher Produkte

Die oben diskutierten Maßnahmen lassen sich übersichtlich durch einige wenige verallgemeinerte Maßnahmengruppen zusammenfassen, die als eine Art Checkliste für eine problemangepaßte Analyse und für die Ideenfindung verwendet werden können.

Maßnahmengruppen					Zweck	Beispiele
Mehrfach- bzw. Wiederverwenden					Lerneffekte ermöglichen Fehler vermeiden Stückzahldegression nutzen	Teile u. Baugruppen standardisieren Baukastensysteme "Plattform"-konzepte Informationssysteme für Aufträge, Teile, Baugruppen u.s.w.
Produkte Baugruppen Teile Formkomplexe	gleiche	ähnliche	halbähnliche	rohteilgleich		
Parametrische Techniken nutzen						
Dokumentationen Einzeldokumente Dokumentabschnitte	gleiche	ähnliche	(teil- und/oder strukturähnlich)		Einsatz angepasster optimierter Werkzeuge ermöglichen	Workflowsysteme EDB/PDB Textbausteine
Prozesse Teilmethoden Arbeitsabschnitte Arbeitsgänge	gleiche	ähnliche	(teil- und/oder strukturähnlich)		Erzeugen von Planungsunterlagen einsparen oder verkürzen	Fertigungszentren für ähnliche Teile Fertigungsfeatures in Konstruktion nutzen
Komplexe Teile statt Montagegruppen					Arbeitsgänge und Schnittstellen einsparen Einfachere Abläufe	Funktionsintegration "near net shape"-Technologien Systemlieferanten Spartenorganisation Produkt- und Auftragssteams
Komplexe Teilleistungen fremd beziehen Prozeßorientiert organisieren						
Variantenerzeugung möglichst erst am Ende der Prozeßketten zulassen					Differenzierung der Arbeitsprozesse begrenzen	Varianten durch flexible Endmontage erzeugen
Automatisieren / Fast Prototyping Anpassungsprozeß an Kundenwünsche durch gesamte Prozeßkette, wo sinnvoll möglich, automatisieren, integrieren und beschleunigen					Sonderwünsche wirtschaftlich durch flexible Automatisierung ermöglichen	Zeichnungen / CNC-Daten automatisch generieren Werkzeuge, Modelle mit Fast Prototyping-Methoden erzeugen

Bild 13: Übersicht zu Maßnahmen für die verbesserte Beherrschung variantenreicher Produkte.

7. EVAPRO, ein BMBF-gefördertes Projekt im Rahmen Produktion 2000: "Effiziente Handhabung variantenreicher Produktspektren"

Obwohl eine Reihe von Werkzeugen und Ansätzen für das Beherrschen variantenreicher Produkte veröffentlicht wurden, haben die meisten Firmen doch erhebliche Probleme, die teilweise noch sehr unspezifischen Vorschläge umzusetzen. Daher wurde innerhalb des Rahmenprogramms "Produktion 2000" des BMBF ein Vorhaben gestartet, das zum Ziel hat, in 4 Arbeitspaketen :

1. Entwicklung von Methoden zur Analyse und Bewertung der Variantenvielfalt,
2. Strukturierung und Gestaltung des Produktspektrums,
3. Variantengerechte Gestaltung der Produktionsstruktur und
4. Abstimmung von Produkt und Produktion bei hoher Variantenvielfalt

verbesserte und praktikable Methoden für das Entwickeln, Produzieren und Aufträge abwickeln bereitzustellen.

An dem Vorhaben sind 4 Firmen und 3 Hochschulinstitute beteiligt:

1. Klöckner Desma Schuhmaschinen GmbH in Achim :

Sondermaschinen- und Anlagenbau : Spritz- und Spritzgießmaschinen,

2. MAN Nutzfahrzeuge AG, Werk Salzgitter:

Omnibusse, Fahrgestelle, LKW,

3. nocado Getränketechnik GmbH&Co. KG , Grossefehn

Anlagenbau für die Getränkeindustrie: Entgasungs und Karbonisieranlagen, Getränkemischanlagen, Füll- und Reinigungsanlagen,

4. SIHI GmbH&Co KG , Itzehoe

Pumpenindustrie: Flüssigkeits- und Vakuumpumpen, Hochdruckkreiselpumpen, Kühlwasserpumpen, Gasstrahler, Wälzkolben- und Flüssigkeitsringpumpen für Gase und Dämpfe,

5. Institut für Konstruktionslehre und Maschinenelemente der Feinwerktechnik, TU Braunschweig

Forschung auf den Gebieten Konstruktionsmethodik, rechnerunterstütztes Konstruieren und Maschinenelemente,

6. Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik , TU Braunschweig

Forschung auf den Gebieten Fertigungssysteme, Fertigungstechnologie und Werkzeugmaschinen,

7. Institut für Wirtschaftswissenschaften, Abteilung Controlling und Unternehmensrechnung

Forschung auf den Gebieten Controlling, kaufmännische Abwicklungssysteme, Kostenrechnung.

Weiter sind in einem begleitenden Arbeits- und Informationskreis ca. 20 Firmen beteiligt. Interessenten, die sich darüberhinaus beteiligen möchten, werden gebeten sich an eines der genannten Hochschulinstitute zu wenden.

Da das Projekt erst seit einem guten halben Jahr läuft, ist es noch zu früh, über Ergebnisse zu berichten. Allerdings ist vielleicht von Interesse, daß sich in den verschiedenen Firmen ergänzende Arbeitsschwerpunkte ergeben haben. Während etwa in der Fa. Desma die Analyse und Bereinigung des existierenden Produktprogrammes im Vordergrund steht, geht es bei der Fa. Nocado um die optimale Strukturierung eines neuen Produktprogramms. Bei der Fa. SIHI, als spezieller Partner fungiert hier das Werk Halberg, Ludwigshafen, stehen dagegen vorzugsweise Beurteilungsmethoden für alternative Baukastenstrategien im Vordergrund. MAN Salzgitter hat sich dagegen vorzugsweise die variantenoptimale Abwicklung in der Produktion auf die Fahnen geschrieben.

8. Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich dem Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie dem PFT Karlsruhe als Projektträger Dank für die Unterstützung des Projektes EVAPRO aussprechen. Wie die bisherige Resonanz zeigt, wird mit dem Projekt ein für die deutsche Industrie wichtiges Thema aufgegriffen.

Natürlich gilt mein Dank auch den oben genannten beteiligten Firmen, die sachkundig und sehr engagiert an dem gemeinsamen Projekt mitarbeiten und allen beteiligten Projektmitarbeitern. Schließlich möchte ich Frau Dr. A.Jeschke danken, die wesentlich an der Entstehung dieses Projektes beteiligt war.

9. Schrifttum

- [1] Franke, H.-J., Schill, J.: Kostensenken durch Einsparen von Teilen. VDI-Berichte 651, S. 139-152, 1987 .
- [2] Eversheim, W., Schuh, G., Caesar, C.: Beherrschung der Variantenvielfalt, Methoden und Hilfsmittel, VDI-Z.131, S.42-46, 1/1989.
- [3] Franke H.-J., Jeschke A., Speckhahn, H.: Standardisierung komplexer Produkte – ein Erfahrungsbericht, ZfW CIM, Nr. 1/2.1995, S. 46-48.
- [4] Franke, H.-J., Kaletka, I., Beukenberg M., Kunz R.: Variantenreduzierung mit Baukastentechniken, ZWF 91 (1996), H.10. S 501 –504.
- [5] Jeschke, Andrea: Beitrag zur wirtschaftlichen Bewertung von Standardisierungsmaßnahmen in der Einzel- und Kleinserienfertigung durch die Konstruktion. Diss. TU Braunschweig 1997.
- [6] Beitz W., Pahl G.: Baukastenkonstruktionen, Z.Konstruktion, 26 (1974), S. 153-160.
- [7] Kohlhase, N.: Aufbau und Beurteilung von Baukastensystemen , Diss. TH Darmstadt, 1996
- [8] Horvath, P., Renner, A.: Prozeßkostenrechnung, der Weg zu mehr Kostentransparenz und wirkungsvolleren Unternehmensstrategien, Controlling, 1.Jg. 4/1989, S.214-219.
- [9] Klaus, G. Wörterbuch der Kybernetik. Berlin, Dietz Verlag, 1968.
- [10] Patzak, G.: Systemtechnik- Planung komplexer innovativer Systeme- Grundlagen, Methoden, Techniken, Berlin, Springer, 1982.
- [11] Franke, H.-J.: Untersuchungen zur Algorithmisierbarkeit des Konstruktionsprozesses, Diss. Tu Braunschweig, 1976.