

2. Phasen des Konstruktionsprozesses

1. **Überblick**
2. **Produktplanung als vorgelagerter Prozess**
3. **Die vier Phasen des Konstruktionsprozesses**
 - **Aufgabenpräzisierung**
 - Aufgabenstellung und Lastenheft
 - Anforderungsliste und Pflichtenheft
 - Vorgehen beim Aufstellen der Anforderungsliste
 - **Konzeptphase**
 - Überblick
 - Abstraktion der präzisierten Aufgabenstellung
 - Von der Anforderungsliste zur Gesamtfunktion
 - Zweck und Vorgehensweise
 - Aufstellen von Funktionsstrukturen
 - Gesamtfunktion = Kern der Aufgabenstellung
 - Abstraktion und Konkretisierung
 - Zergliedern der Gesamt- in Teilfunktionen
 - Lösungsneutralität
 - Strukturvarianten
 - Simulation und Bewertung von Strukturvarianten
 - Wirkstruktur-Varianten
 - Beginnend mit der Realisierung der Hauptfunktion
 - Variantenvielfalt, -simulation und -optimierung
 - Varianten-Vielfalt durch Kombination
 - Technisches Prinzip als Funktionsmuster
 - Freigabe zum Entwerfen
 - **Entwurfsphase**
 - Von der Prinziplösung zur Baustuktur
 - Iterativer Prozess mit korrektiven Schritten
 - Grob- und Feingestalten sowie abschließendes Gestalten
 - Flexibler, problemabhängiger Prozess
 - Methodischen Vorgehen beim Gestalten
 - Leitlinie beim Gestalten
 - Grundregeln zur Gestaltung
 - Gestaltungsprinzipien
 - Gestaltungsrichtlinien
 - **Ausarbeitungsphase**



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.1. Überblick

- 0) Produktplanung** (nicht Bestandteil des Konstruktionsprozesses!) : Erarbeiten von Produkt-Ideen in Form von Aufgabenstellungen



Aufgabe



- 1) Präzisieren der Aufgabenstellung** : Erarbeiten der Anforderungsliste
2) Konzeptphase : Festlegen der Prinziplösung
3) Entwurfsphase : Festlegen der Gestalt
4) Ausarbeitungsphase : Festlegung Herstellungstechnologie



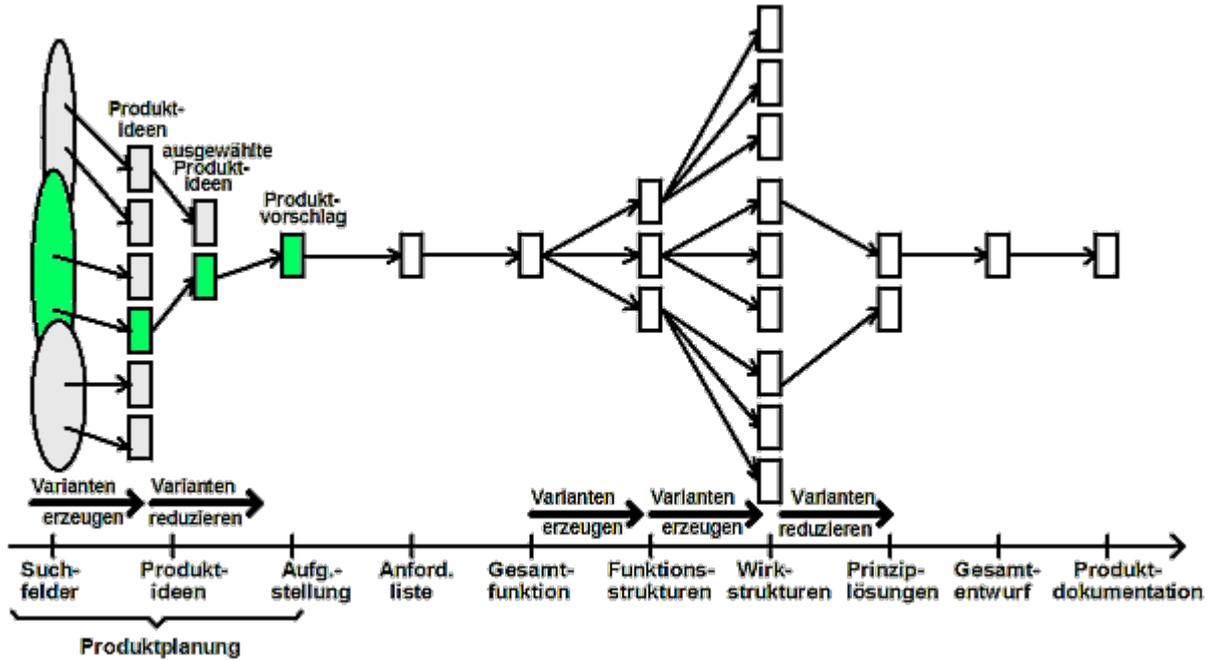
Produktdokumentation



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.2. Produktplanung als vorgelagerter Prozess

- Die "optimale" Aufgabenstellung als Ziel der Produktplanung sollte sich auf Basis eines systematisierten **Erkenntnisprozesses** entwickeln:





2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.3. Aufgabenpräzisierung

----> *Aufgabenstellung und Lastenheft*

- Aufgabenstellung:
 - Resultiert aus der firmeninternen Produktplanung oder
 - kommt im Sinne eines Auftrages von externen Kunden.
 - Erforderlich ist die Schriftform, um später nachweisbar zu sein!

- Lastenheft:
 - Im Idealfall liegt die Aufgabenstellung in Form eines Lastenheftes vor.
 - Das Lastenheft enthält lt. DIN 69905 die „vom **Auftraggeber** festgelegte Gesamtheit der Forderungen an die Lieferungen und Leistungen eines **Auftragnehmers** innerhalb eines Auftrages“ (Das "Was" und das "Wofür")
 - Das Lastenheft wird meist vom Auftraggeber erarbeitet und dient z.B. auch als Grundlage für das Einholen von Angeboten.

- Aufgabenpräzisierung:
 - Aufgabenstellungen besitzen abhängig von ihrer Herkunft unterschiedliche Grade an Vollständigkeit.
 - Aus der Sicht der Konstruktion erfordern Aufgabenstellungen immer einer Ergänzung durch zusätzliche Informationen. Dies nennt man Aufgabenpräzisierung.



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.3. Aufgabenpräzisierung

----> *Anforderungsliste und Pflichtenheft*

- Anforderungsliste:
 - Ist das zentrale Dokument in der Phase der Aufgabenpräzisierung.
 - Verzeichnis aller Forderungen und Wünsche in der Sprache der konstruierenden Abteilungen. (Die Sprache des Kunden muss häufig erst "übersetzt" werden!)
 - **Forderungen**:
 - Das sind die Anforderungen, welche unter allen Umständen erfüllt werden müssen (sonst wird die Lösung nicht akzeptiert!).
 - Sind gekennzeichnet durch quantitative Vorgaben:
 - z.B. Druckgeschwindigkeit > 130 Zeichen/Sekunde,
 - Qualitätsforderungen lt. Norm (z.B. Spritzwassergeschützt)
 - **Wünsche**:
 - Das sind die Anforderungen, welche nach Möglichkeit berücksichtigt werden sollen.
 - Meist qualitative Vorgaben (im Sinne "möglichst klein, schnell, ...").
 - Eventuell wird dafür ein begrenzter Mehraufwand akzeptiert.
 - Wünsche sind zu wichten nach hoher, mittlerer und geringer Bedeutung

Die Anforderungsliste kann im Verlaufe des Konstruktionsprozesses in Abstimmung mit dem Aufgabensteller ständig aktualisiert werden.

- Pflichtenheft:
 - Enthält lt. DIN 69905 die vertraglich bindende, detaillierte Beschreibung einer zu erfüllenden Leistung.
 - Das Pflichtenheft wird vom Auftragnehmer auf Grundlage des vom Auftraggeber vorgegebenen Lastenheftes erarbeitet.
 - Das Pflichtenheft entspricht in seinem technisch/fachlich Teil der Anforderungsliste.
 - Zusätzlich enthält das Pflichtenheft einen rechtlich/organisatorischen Teil.



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.3. Aufgabenpräzisierung

----> *Vorgehen beim Aufstellen der Anforderungsliste*

1. Anforderungen sammeln:

- Ausgangspunkte sind die Aufgabenstellung (Lastenheft) mit den Hauptmerkmalen des Produkts:
 - Zweck der Lösung? Eigenschaften? Unzulässige Eigenschaften?
 - Geometrie, Kinematik, Kraftwirkungen, Energie, Stoffe, Signale, Sicherheit, Ergonomie, Fertigung, Kontrolle, Montage, Transport, Gebrauch, Wartung, Recycling, Kosten, Termine,
- Anforderungen sofort Klassifizieren nach Forderungen und Wünschen.
- Für die Wünsche den Grad der Wichtigkeit vermerken (hoch, mittel, gering)

2. Anforderungen sinnfällig ordnen:

- Hauptaufgabe und -daten zuerst.
- Gliederung nach Teilsystemen (soweit diese schon erkennbar sind).

3. Abstimmung mit Auftraggebern:

- Abstimmungsprozess protokollieren.
- Ergebnis der Abstimmung schriftlich fixieren und beidseitig unterzeichnen.

Beispiel für Anforderungsliste:

*Pahl / Beitz / Feldhusen / Grote: Konstruktionslehre
7.Auflage; Springer Verlag 2006 - Seite 225*

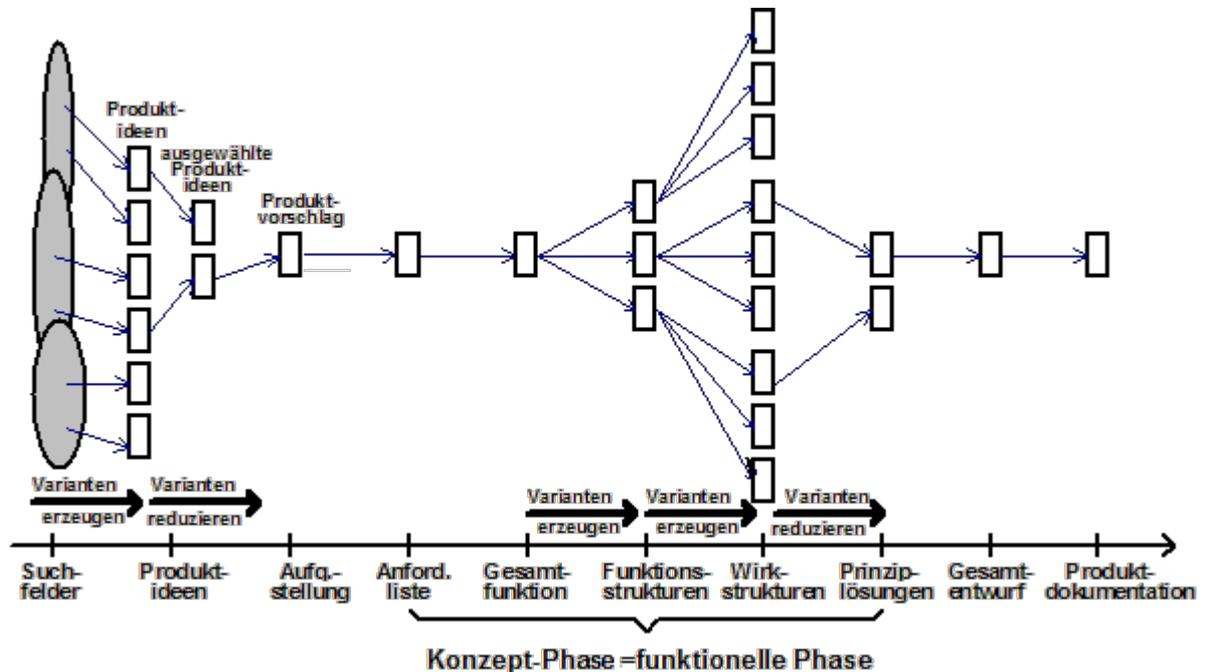


2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase

----> Übersicht

- In der Konzeptphase erfolgt die "Transformation" der präzisierten Aufgabenstellung (Anforderungsliste) in ein optimales technisches Prinzip (Bau eines Funktionsmusters):



- Das Konzipieren als Strukturbildungsprozess nutzt die Erkenntnisse der Natur- und Technikwissenschaften sowie **heuristische Prinzipien** (z.B. **TRIZ**).
- Insbesondere **TRIZ** erlebt zur Zeit einen gewissen Boom, was man schon anhand der Anzahl der Internetseiten zu diesem Thema erkennt (2010 ca. 30.000 deutsche Seiten in google.de)
- **TRIZ** ist das russische Akronym für "теория решения изобретательских задач", was sinngemäß übersetzt bedeutet: "Theorie des erfinderischen Problemlösens" oder "Theorie zur Lösung erfinderischer Probleme".

Orloff: **Grundlagen der klassischen TRIZ**

3.Auflage; Springer Verlag 2006

ISBN-13: 978-3540340584

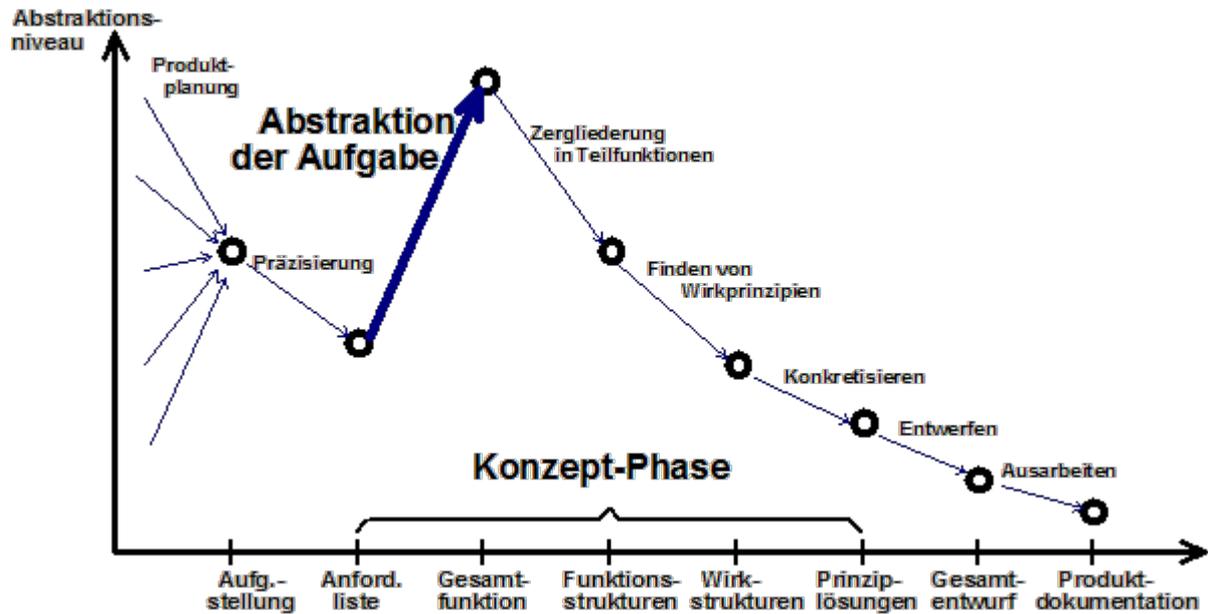


2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Abstraktion der präzisierten Aufgabenstellung

----> Von der Anforderungsliste zur Gesamtfunktion

- Die Aufgabenpräzisierung verminderte das Abstraktionsniveau der konstruktiven Lösung (es wird konkreter).
- Zu Beginn der Konzeptphase wird ganz bewusst eine Abstraktion vorgenommen:





2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Abstraktion der präzisierten Aufgabenstellung

----> *Zweck und Vorgehensweise*

- Dient zum Lösen von Vorfixierungen und Befreien von konventionellen Vorstellungen.
- Dafür gibt es ausgehend von der präzisierten Aufgabenstellung eine zweckmäßige Vorgehensweise mit aufeinander folgenden Stufen der Abstraktion:
 1. Wünsche weglassen;
 2. Forderungen weglassen, welche die Funktion nicht unmittelbar betreffen;
 3. quantitative in qualitative Angaben umsetzen;
 4. Erkanntes sinnvoll erweitern;
 5. Problem lösungsneutral formulieren.
- Diese Abstraktion führt zu dem Wesen der Aufgabe, z.B.:

"Erzeugen von Braille-Schrift auf Papier"

- Damit ist die Aufgabe lösungsneutral formuliert und erleichtert das Finden und Verfolgen neuer, ungewöhnlicher Varianten.

[Abstrahieren zum Erkennen wesentlicher Probleme:](#)

*Pahl / Beitz / Feldhusen / Grote: **Konstruktionslehre**
7.Auflage; Springer Verlag 2006 - ab Seite 232*

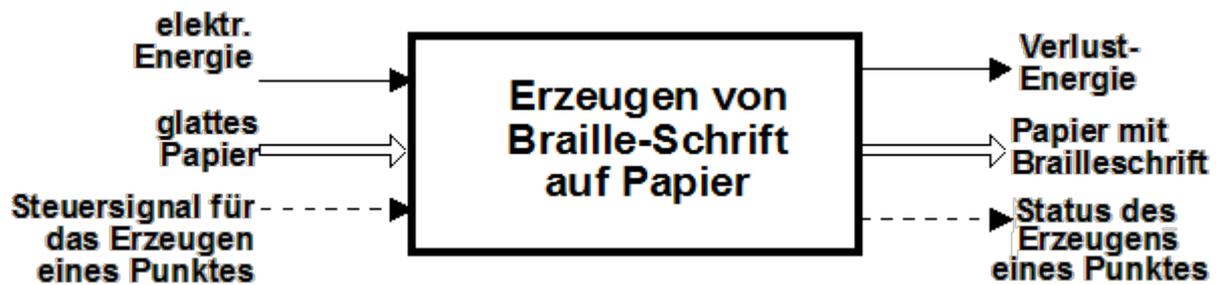


2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Aufstellen von Funktionsstrukturen

----> *Gesamtfunktion = Kern der Aufgabenstellung*

- Durch Abstraktion der Aufgabenstellung dringt man zum Wesen der Aufgabe vor.
- *Blockschaltbild mit Stoff-, Energie- und Informationsfluss* für die Gesamtfunktion:



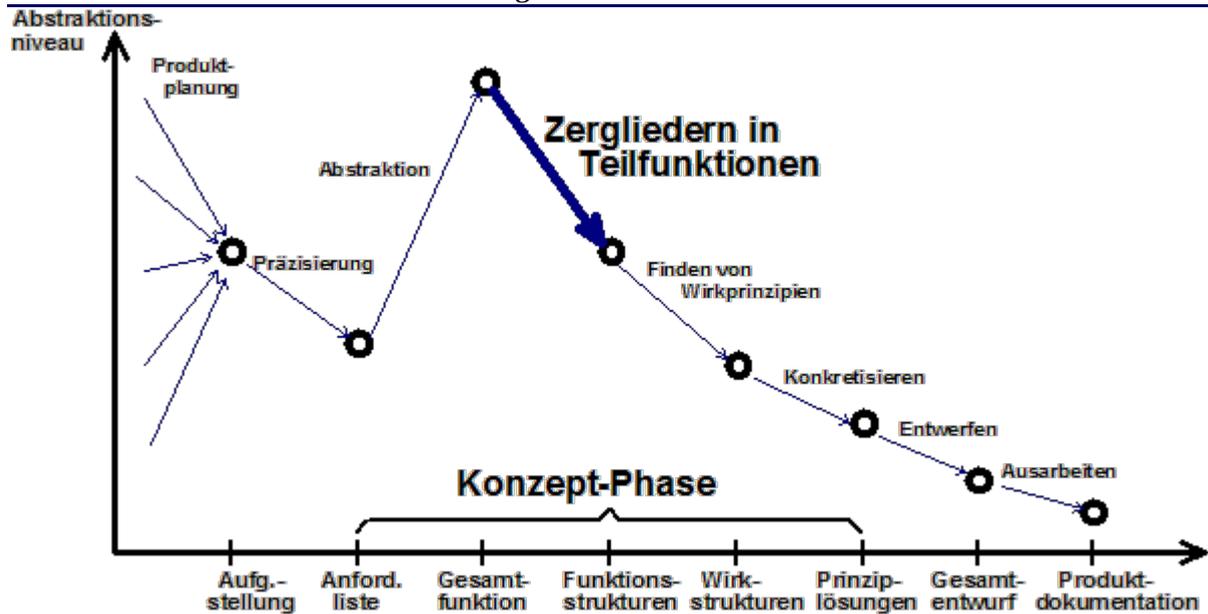
- Ausgehend von dieser Gesamtfunktion wird eine schrittweise Zergliederung in Teilfunktionen vorgenommen. Dies verringert wieder das Abstraktionsniveau der Lösung.
- Es sollten dabei nach Möglichkeit mehrere unterschiedliche Funktionsstrukturen entstehen.



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Aufstellen von Funktionsstrukturen

----> *Abstraktion und Konkretisierung*



- **Abstraktion:**
 - Distanzieren von konkreten Lösungsvorstellungen, hin zu idealisierter Funktion.
 - Auf dem Niveau der Symbole und Zeichen arbeitet man gleichzeitig mit allen potentiellen Lösungen.
- **Konkretisierung:**
 - Realisieren von idealisierter Funktion durch unterschiedlichste Lösungen.



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Aufstellen von Funktionsstrukturen

----> Zergliedern der Gesamtfunktion in Teilfunktionen

- Vorzeitige Fixierung auf Lösungen vermeiden: auf dem Niveau der Funktionsstruktur möglichst lange lösungsneutral bleiben!
- Allgemeine Funktionen des Energie-, Stoff- und Informationsumsatzes nutzen bei der Zergliederung der Gesamt- in Teilfunktionen:

WANDELN, ÄNDERN, VERKNÜPFEN, LEITEN, SPEICHERN

Energieumsatz	Stoffumsatz	Informationsumsatz
Energie wandeln (z.B. elektr. in mech.)	Stoff wandeln (z.B. Wasser verdampfen)	Signal wandeln (z.B. AD- und DA-Wandler)
Energiekomponente ändern (z.B. Kraft erhöhen)	Stoffabmessungen ändern (z.B. Grübchen in Papier)	Signalgröße ändern (z.B. Messbereichumschaltung)
Energie mit Signal verknüpfen (z.B. elektr. Energie einschalten)	Stoff mit Energie verknüpfen (z.B. Teile beschleunigen)	Signal mit Energie verknüpfen (z.B. Messgröße verstärken)
	Stoff mit Signal verknüpfen (z.B. Absperrventil)	Signal mit Stoff verknüpfen (z.B. Kennzeichnung)
	Stoffe miteinander verknüpfen (z.B. mischen)	Signale verknüpfen (z.B. Soll-Ist-Wertvergleich)
Energie leiten (z.B. Kraft übertragen)	Stoff leiten (z.B. transportieren)	Signal leiten (z.B. Daten übertragen)
Energie speichern (z.B. kinetische Energie)	Stoff speichern (z.B. Lagerhaltung)	Signal speichern (z.B. in Puffer)

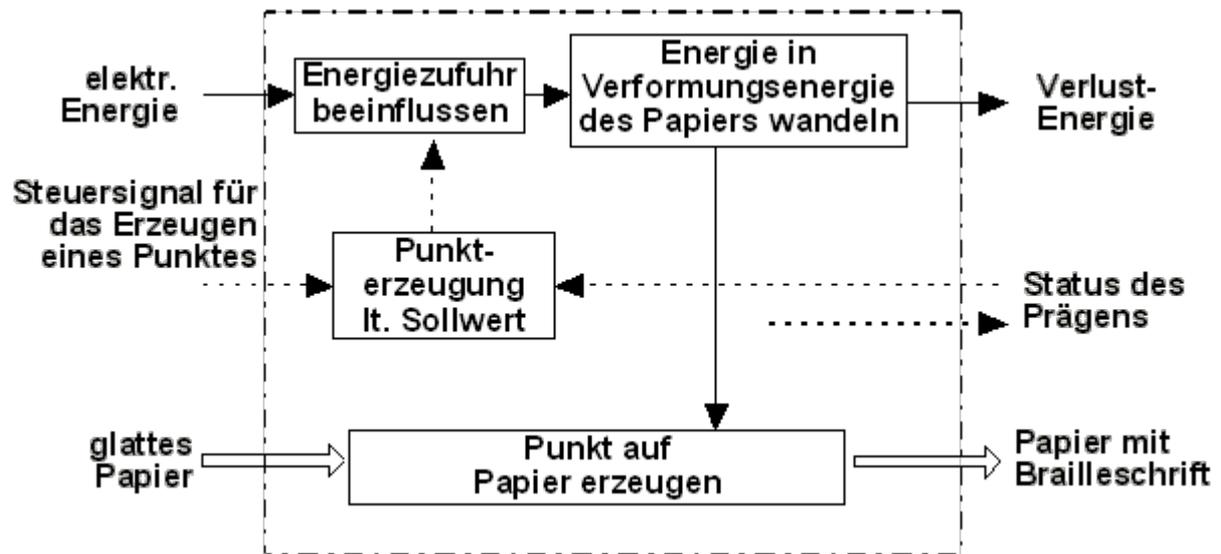


2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Aufstellen von Funktionsstrukturen

----> *Strukturvarianten*

- Nach Hinzufügen eines Regelkreises für den Prägevorgang führen die zusätzlichen Teilfunktionen zu unterschiedlichen Strukturvarianten:



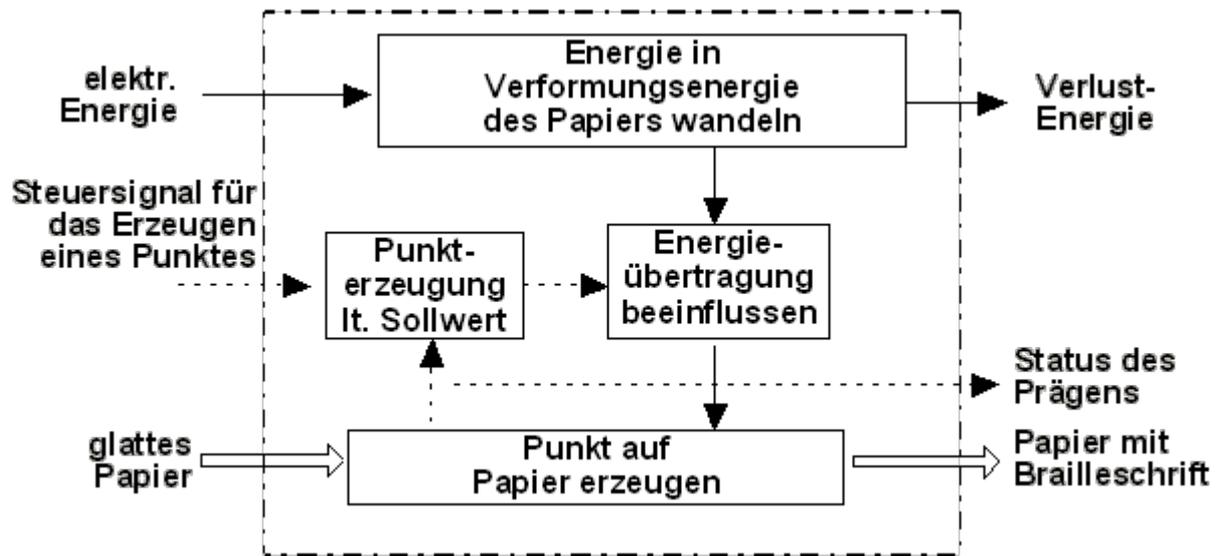


2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Aufstellen von Funktionsstrukturen

----> *Simulation und Bewertung von Strukturvarianten*

- Statt der Beeinflussung der Energiezufuhr für den Wandler kann man sich auch einen Eingriff in die Übertragungsstrecke zwischen Wandler und Papier vorstellen:



- Das Verhalten von Strukturvarianten kann nur sehr begrenzt numerisch simuliert werden (z.B. Zeitabläufe).
- Funktionsstrukturen können von Experten bewertet werden (z.B. Realisierbarkeit, Einfachheit, Neuheitsgrad, ...).



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Wirkstrukturvarianten

----> *Beginnend mit der Realisierung der Hauptfunktion*

- Die abstrakten Teilfunktionen in den Funktionsstrukturen müssen als Nächstes mit Leben erfüllt werden.
- Hierbei geht man wieder vorsichtig zu Werke, indem man noch nicht nach konkreten stofflich-geometrischen Realisierungen sucht.
- Man untersucht als erstes, mit welchen Wirkprinzipien man die Teilfunktionen der Hauptfunktion realisieren kann.
- Grundlage sowohl der technischen Konkretisierung als auch der Bildung numerischer Modelle bilden die Effekte:
 - **Effekt:**
Gesetz (Grundzusammenhang) zur Beschreibung eines physikalischen, chemischen, technischen o.ä. Geschehens
 - **Wirkprinzip:**
Mittels eines Effektes bzw. geometrisch-stofflicher Merkmale realisierte Teilfunktion.
 - **Wirkstruktur:**
Verknüpfung von Wirkprinzipien mehrerer Teilfunktionen zum Erfüllen der Gesamtfunktion.

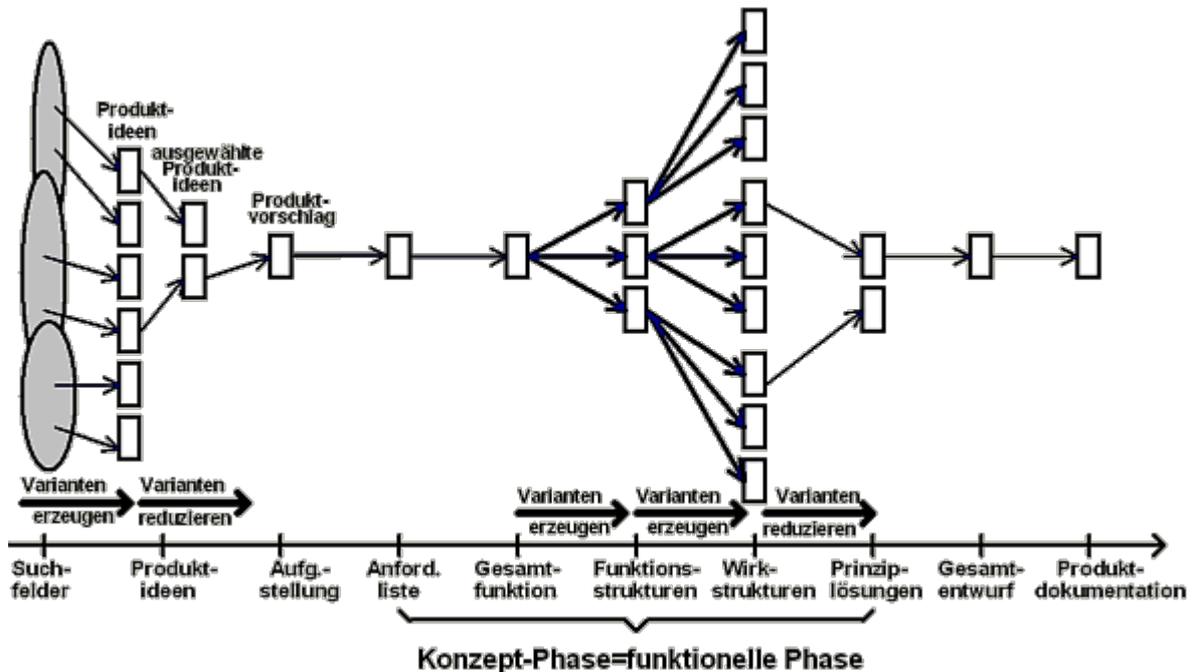


2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Wirkstrukturvarianten

----> *Variantenvielfalt, -simulation und -optimierung*

- Für die **Ideenproduktion** bei der Varianten-Auffächerung gibt es eine Menge von Methoden (von “Monte-Carlo” bis “systematische Suche”):



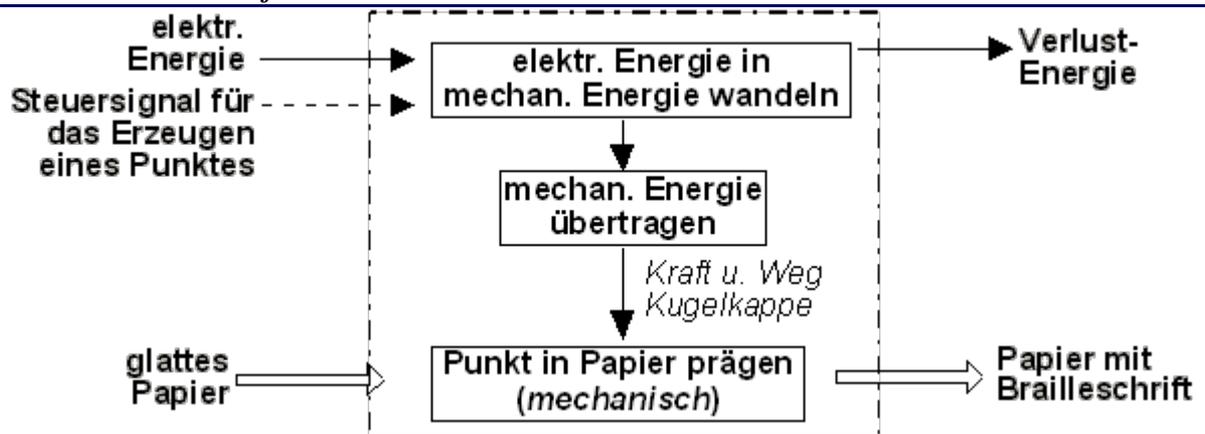
- Wirkprinzipien und deren Verknüpfungen zu Wirkstrukturen können auf der Basis ihrer Effekte bereits numerisch simuliert und optimiert werden!



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Wirkstrukturvarianten

----> *Variantenvielfalt durch Kombination*



- Man erhält Wirkstruktur-Varianten, indem man für jede Teilfunktion unterschiedliche Wirkprinzipien ansetzt und diese kombiniert:
 - **Elektrische Energie -> mechanische Energie:**
E-Magnet, Motor, Piezowandler, Elektrostatisch, ...
 - **mechanische Energie übertragen (und speichern):**
Hebel, Gelenkmechanismus, Elastischer Körper, Schwungmasse, ...
 - **Punkt in Papier prägen (mechanisch):**
Kugelkappe linear bewegt; Kugelkappe auf Papier abgerollt



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Wirkstrukturvarianten

----> *Technisches Prinzip als Funktionsmuster*

- Durch sinnvolle Kombination von Wirkprinzipien kommt man zu einer Vielfalt von Wirkstrukturen z.B. für das mechanische Prägen.
- Diese Vielfalt muss danach auf der Basis von Bewertungs- und Entscheidungsprozessen reduziert werden (möglichst auf eine optimale Variante).
- Da Musterexperimente sehr teuer und auch zeitaufwendig sind, sollte man dabei soweit wie möglich auf die numerische Simulation und Optimierung zurückgreifen.
- Am Ende der Konzeptphase steht in der Feinwerktechnik das technische Prinzip im Sinne eines ersten Funktionsmusters. Die Gestaltung der Baugruppen muss zumindest in Form von Skizzen soweit vorangeschritten sein, dass durch die Werkstatt das Funktionsmuster gebaut werden kann.
- Der Trend geht dabei weg von der Handskizze und hin zur Nutzung von parametrisierten 3D-CAD-Modellen für diesen ersten Grobentwurf, da darauf aufbauend sowohl das **Rapid Prototyping** als auch die eigentliche Entwurfsphase nahtlos anschließen können.

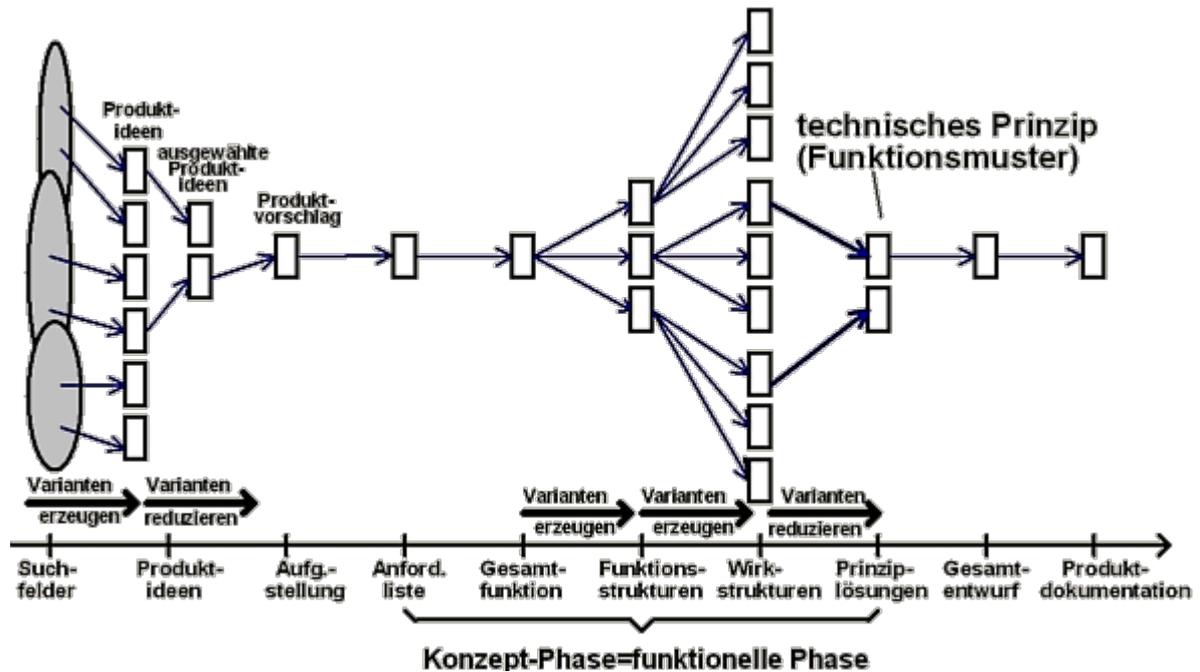


2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Konzeptphase - Wirkstrukturvarianten

----> *Freigabe zum Entwerfen*

- Die funktionelle Phase endet nach dem Nachweis der prinzipiellen Funktionsfähigkeit mit der Freigabe zum Entwerfen:





2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Entwurfsphase

----> *Von der Prinziplösung zur Baustruktur*

- Entwerfen ist der Teil des Konstruierens, der ausgehend von der Prinziplösung die Baustruktur vollständig erarbeitet (unter Beachtung technologischer und ökonomischer Aspekte!).
- Üblich dafür ist auch der Begriff "Gestalten" für die Festlegung:
 - der geometrischen Eigenschaften (Form, Struktur, Abmessungen, Toleranzen).
 - der stofflichen Eigenschaften (Material mit physikalischen, chemischen und anderen Eigenschaften).
 - der Zustandseigenschaften (Vorspannung, Temperatur, Druck, Magnetisierung u.a.).
- Ziel ist die optimale Gesamtgestalt für das zu konstruierende Produkt (Bauelement, Baugruppe oder Gerät).
- Die Gestaltungsphase erfordert mit über 50% den größten Aufwand innerhalb des Konstruktionsprozesses.
- Die Gestaltung verläuft nach den gleichen Prinzipien der Varianten-Erzeugung und -Reduktion wie in den vorgelagerten Phasen.



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Entwurfsphase

----> *Als iterativer Prozess mit korrektiven Schritten*

- Die Entwurfsphase verläuft als iterativer Prozess
 - von einer Grobgestaltung
 - zu einer Feingestaltung
 - mit anschließender Vervollständigung/Kontrolle.
- Im Unterschied zum Konzipieren enthält das Entwerfen neben kreativen viel mehr korrektive Schritte (bedingt durch die große Anzahl zu berücksichtigender Abhängigkeiten!).
- Die Informationsbeschaffung zu Werkstoffen, Fertigungsverfahren, Wiederholteilen und Normen erfordert erheblichen Aufwand.
- Ausgangspunkt für das Entwerfen ist die Extraktion und weitere Präzisierung der gestalt-bestimmenden Anforderungen aus der Anforderungsliste:
 - **Abmessungsbestimmende** (Anschlussmaße, Durchsatz, ...);
 - **Anordnungsbestimmende** (Fluss- u. Bewegungsrichtung, Lage, ...);
 - **Werkstoffbestimmende** (Korrosionsbeständigkeit, zulässige/unzulässige Stoffe lt. Einsatzbedingungen, ...);
 - Anforderungen in Bezug auf **Sicherheit, Ergonomie, Fertigung und Montage** erfordern besondere Gestaltungsrücksichten.



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Entwurfsphase

----> *Grob- und Feingestalten sowie abschließendes Gestalten*

1. **Grobgestalten (maßlich/stofflich korrekt, aber ohne Details):**
 - Strukturieren (Modularisieren) in Gesamtgestalt bestimmende Hauptfunktionsträger (Bauteile, die Hauptfunktion realisieren);
 - Grobgestalten der die Gesamtgestalt bestimmenden Hauptfunktionsträger (Varianten vorläufiger Entwürfe);
 - Auswählen geeigneter vorläufiger Entwürfe;
 - Grobgestalten weiterer Hauptfunktionsträger;
2. **Feingestalten (Festlegen aller geom./stofflichen Details):**
 - Feststellen benötigter Nebenfunktionen (Stützen, Halten, Dichten, Kühlen, ...) und Suche konstruktiver Lösungen (möglichst vorhandene Lösungen: Normteile, Wiederholteile, Kataloge);
 - Feingestalten der Hauptfunktionsträger unter Beachtung der Nebenfunktionsträger;
 - Feingestalten der Nebenfunktionsträger und Vervollständigen der vorläufigen Entwürfe (z.B. abschließende Gestaltung der Hauptfunktionsträger, Zufügen von Norm- und Zulieferteilen);
 - Bewerten der vorläufigen Entwurfsvarianten nach technischen und ökonomischen Kriterien (-> vorläufiger Gesamtentwurf).
 - Freigabe zum abschließenden Gestalten.
3. **Abschließendes Gestalten (Vervollständigen und Kontrollieren):**
 - Optimierendes und abschließendes Gestalten (Beseitigen der bei der Bewertung erkannten Schwachstellen, Optimieren im Detail);
 - Kontrollieren auf Fehler und Störgrößeneinfluss (bezüglich Funktion, räumliche/stoffliche/u.a. Verträglichkeiten, ...);
 - Sicherung des Erreichens der Zielstellungen auch für Kosten und Qualität;
 - Vervollständigen durch vorläufige Stückliste, Fertigungs- und Montageanweisungen;
 - Freigabe zum Ausarbeiten.



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Entwurfsphase

----> *Flexibler, problemabhängiger Prozess*

- Auch günstig erscheinende Prinziplösungen können durch unterschätzte Detail-Probleme einen Entwurf scheitern lassen:
 - Versuch durch Änderung der Baustruktur oder durch andere Entwurfsvarianten für Funktionsträger doch noch einen endgültigen Entwurf zu realisieren;
 - Änderungen an der Prinziplösung durch Modifikation der Wirkstruktur oder auch einzelner Wirkprinzipien (stark Problemabhängig -> umfangreiche Analysen notwendig!).
- Typisch beim Entwerfen ist ein flexibles Vorgehen mit vielen Iterationsschritten und Wechsel der Betrachtungszonen.
- Welche Entwurfsschritte in welchem Umfang ausgeführt werden, ist stark abhängig von der Komplexität des Entwurfsproblems.
So bedarf z.B. die Weiterentwicklung eines vorhandenen Produkts oder Nutzung existierender Baugruppen nur einer verkürzten Vorgehensweise beim Entwerfen.
- Zur Unterstützung eines methodisches Vorgehens existieren
 - *Leitlinien* und *Grundregeln*,
 - *Gestaltungsprinzipien* und *Gestaltungsrichtlinien*.



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Entwurfsphase - Methodisches Vorgehen beim Gestalten

----> *Leitlinie beim Gestalten*

Hauptmerkmal:	Beispiele für Fragestellungen
----------------------	--------------------------------------

- | | |
|------------------------|---|
| <i>Funktion:</i> | Wird Funktion erfüllt? Erforderliche Nebenfunktionen? |
| <i>Wirkprinzip:</i> | Damit Forderungen erfüllbar? Nebenwirkungen? |
| <i>Auslegung:</i> | Stabilität, Resonanz, Verschleiss, zul. Verformung? |
| <i>Sicherheit:</i> | Betriebs-, Arbeits-, Umweltsicherheit? |
| <i>Ergonomie:</i> | Belastung, Beanspruchung, Ermüdung, Design? |
| <i>Fertigung:</i> | technologische und ökon. Aspekte berücksichtigt? |
| <i>Kontrolle:</i> | notw. Kontrollen während / nach Fertigung möglich? |
| <i>Montage:</i> | einfach und eindeutig ausführbar? |
| <i>Transport:</i> | Bedingungen und Risiken überprüft / berücksichtigt? |
| <i>Gebrauch:</i> | Alle Erscheinungen beim Gebrauch beachtet? |
| <i>Instandhaltung:</i> | In sicherer Weise durchführbar und kontrollierbar? |
| <i>Recycling:</i> | Wiederverwendung / -verwertung techn./ökon. mögl.? |
| <i>Kosten:</i> | Kostenvorgaben eingehalten? Zusätzliche Kosten? |
| <i>Termin:</i> | Termine einhaltbar? Verbesserung durch Gestaltung? |



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Entwurfsphase - Methodisches Vorgehen beim Gestalten

----> *Grundregeln zur Gestaltung*

Immer anwendbar (Selbstverständlichkeiten!):

- **Eindeutigkeit:**
jeder Effekt/Aspekt mit eindeutiger Ursache-Wirkungsbeziehung beschreibbar.
- **Einfachheit:**
möglichst wenige Komponenten mit einfacher Gestaltung (meist Kompromiss!);
sinngemäß auch auf Handhabungsvorgänge anzuwenden (Montage, Bedienung usw).
- **Sicherheit:**
zuverlässige Funktionserfüllung u. Gefahrenminderung;
3-Stufen-Methode nach DIN 31000 (unmittelbare, mittelbare, hinweisende
Sicherheitstechnik) - Schwerpunkt auf unmittelbare Sicherheit durch sichere
Lösungen (damit entfallen zusätzliche Schutzeinrichtungen)



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Entwurfsphase - Methodisches Vorgehen beim Gestalten

----> *Gestaltungsprinzipien*

Anwendung abhängig von den Anforderungen:

<i>Prinzip(ien) der ...:</i>	Inhalt
<i>Kraftleitung:</i>	<ul style="list-style-type: none">• gleiche Gestaltfestigkeit;• direkte und kurze Kraftleitung;• abgestimmte Verformungen;• Kraftausgleich.
<i>Aufgabenteilung:</i>	<ul style="list-style-type: none">• mehrere Teilfunktionen auf 1 Funktionsträger (wenn einfach u. ökonom.);• jede Teilfunktion ein Funktionsträger (optimale Auslegung);• 1 Teilfunktion auf N gleiche Funktionsträger (Leistungsverzweigung);
<i>Selbsthilfe:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Gegenseitige Unterstützung von Teilfunktionen<ul style="list-style-type: none">◦ im Normalbetrieb (z.B. bei Druck besser dichtende Dichtungen);◦ für den Fehlerfall (Schutz gegen Überlast);
<i>Stabilität u. Bistabilität:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Störungen erzeugen Kompensationswirkung;• Bistabilität genutzt in Schaltern (Selbstverstärkung der Einwirkung);
<i>fehlerarmen Gestaltung:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Einfachheit minimiert toleranzbehaftete Größen;• Eindeutigkeit der Wirkstrukturen;• Kompensation durch sich gegenläufig ändernde Strukturparameter;



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.4. Entwurfsphase - Methodisches Vorgehen beim Gestalten

----> *Gestaltungsrichtlinien*

- Beschreiben sehr konkret den Stand der Technik in Form von Berechnungsvorschriften, Lösungsvorschlägen und Beispiellösungen, um folgenden Gestaltungsaspekten gerecht zu werden:
 - Ausdehnung
 - Kriechen und Relaxation (=Vorspannungsverlust)
 - Korrosion
 - Ergonomie
 - Formgebung
 - Fertigung
 - Montage
 - Normen
 - Instandhaltung
 - Recycling
 - Risiken
 - ...
- Man spricht dann z.B. von "fertigungsgerechtem" Gestalten.



2. Phasen des Konstruktionsprozesses

2.5. Ausarbeitungsphase

- Erstellung endgültiger Vorschriften für alle Details aller Einzelteile.
- Schwerpunktmäßig unterstützt durch Tools von CAD-Systemen.
- Arbeitsschritte:
 - Erarbeiten der Einzelteil-"Zeichnungen"
 - Erarbeiten der Gruppen-"Zeichnungen" und der Gesamt-"Zeichnung"
 - Zusammenfassen zu Stücklisten
 - Fertigungs-, Montage-, Transportvorschriften und Bedienungsanleitungen
 - Prüfen der Fertigungsunterlagen
 - Freigabe zur Fertigung
- Grundlage der Verwaltung der Fertigungsunterlagen ist eine geeignete Erzeugnisgliederung (Baugruppen/Einzelteile) und deren Abbildung auf ein Zeichnungssystem. Notwendig sind an das Erzeugnis angepasste Nummernsysteme zur Klassifizierung und Identifikation der Erzeugniskomponenten.