

Inhalt

6. Entwerfen

- 6.1. Arbeitsschritte beim Gestalten (VDI Abbildung...)
- 6.2. Leitlinie beim Gestalten
- 6.3. Grundregeln zur Gestaltung
 - 6.3.1. Grundregel "eindeutig"
 - 6.3.2. Grundregel "einfach"
 - 6.3.2. Grundregel "einfach"
 - 6.3.3. Grundregel "sicher"
 - 6.3.3.1. Begriffe, Art & Bereiche der Sicherheitstechnik
 - 6.3.3.2. Prinzipien der unmittelbaren Sicherheitstechnik
 - 6.3.3.2 Prinzipien der unmittelbaren Sicherheitstechnik
 - 6.3.3.3. Prinzipien der mittelbaren Sicherheitstechnik
- 6.4. Gestaltungsprinzipien
 - 6.4.1. Prinzipien der Kraftleitung
 - 6.4.2. Prinzip der Aufgabenteilung
 - 6.4.3. Prinzip der Selbsthilfe
 - 6.4.4. Prinzip der Stabilität und Bistabilität
 - 6.4.4.1. Prinzip der Stabilität (Bsp Kolben)
 - 6.4.4.2. Prinzip der Bistabilität
- 6.5. Gestaltungsrichtlinien
 - 6.5.1. ausdehnungsgerecht
 - 6.5.2. korrosionsgerecht
 - 6.5.3. ergonomiegerecht
 - 6.5.4. formgebungsgerecht
 - 6.5.5. fertigungsgerecht
 - 6.5.6. montagegerecht
 - 6.5.7. Normgerecht
 - 6.5.8. recyclinggerecht
- 6.6. Bewerten von Entwürfen

7 Ausarbeiten

- 7.1. Arbeitsschritte beim Ausarbeiten
- 7.2. Systematik der Fertigungsunterlagen
 - 7.2.1. Erzeugnisgliederung
 - 7.2.2. Zeichnungssysteme
 - 7.2.3. Stücklistensysteme
- 7.3. Kennzeichnung von Gegenständen
 - 7.3.1. Nummerierungstechnik
 - 7.3.1.1. Sachnummernsysteme
 - 7.3.1.2. Klassifikationsnummernsysteme
 - 7.3.3. Sachmerkmale

8 Entwickeln von Baureihen und Baukästen

- 8.1. Baureihen
 - 8.1.1. Ähnlichkeitsgesetze
 - 8.1.1.4. Spezielle Ähnlichkeiten
 - 8.1.1.5. Ähnlichkeit bei gleicher Beanspruchung
 - 8.1.2. Dezimalgeometrische Normzahlreihen
 - 8.1.3. Wahl der Größenstufungen

- [8.1.4. geometrisch ähnliche Baureihen](#)
 - [8.1.5. Halbähnliche Baureihen](#)
 - [8.2. Baukästen](#)
 - [8.2.1. Baukastensystematik](#)
 - [8.2.2. Vorgehen beim Entwickeln von Baureihen](#)
 - [8.2.3. Vorteile und Nachteile von Baukastensystemen](#)
- [9. Methoden zur Qualitätssichernden Entwicklung](#)
 - [9.1. Fehler und Störgrößen](#)
 - [9.2. Fehlerbaumanalyse](#)
 - [9.3. Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse](#)
 - [9.3.1. Erstellen einer System-FMEA](#)
 - [9.4. Quality Function Deployment \(QFD\)](#)

6. Entwerfen

- konkrete Gestaltung der prinzipiellen Lösung
- Festlegen:
 - der Hauptabmessungen
 - Werkstoffe
 - Fertigungsverfahren
- Dimensionierung
- Ermittlung der Herstellkosten
- mehr korrektive Arbeitsschritte als Konzipieren
- kein allgemeingültiger Ablaufplan

Grundsätzliche Vorgehensweise:

- vom Qualitativen zum Quantitativen
- vom Abstrakten zum Konkreten
- von einer Grobgestaltung zu einer Feingestaltung

6.1. Arbeitsschritte beim Gestalten (VDI Abbildung...)

6.2. Leitlinie beim Gestalten

Gestalten: stets wiederkehrende Überlegungs- / Überprüfungsvorgang

Vorgehen:

- auslegen mit Werkstoffwahl
- erste maßstäbliche Darstellungen
- grobe Beurteilung der räumlichen Verträglichkeit
- Gesichtspunkte der Sicherheit, Ergonomie, Fertigung, ...
- iteratives Vorgehen
- wichtige Probleme früh erkennen & zuerst lösen

Leitlinie mit Hauptmerkmalen (S.12uff)

- Funktion
- Wirkprinzip
- Auslegung
- Sicherheit
- Ergonomie
- Fertigung
- Kontrolle
- Montage
- Transport
- Gebrauch
- Instandhaltung
- Recycling

- Kosten
- Termin

6.3. Grundregeln zur Gestaltung

Generelle Zielsetzungen:

- eindeutig technische Funktion
- einfach wirtschaftliche Realisierung
- sicher Sicherheit für Mensch & Umgebung

eindeutig:

- Wirkung & Verhalten zuverlässig vorhersagbar

einfach:

- geringe Anzahl der Teile
- einfache Gestaltungsformen
- ⇒ schnelle & kostengünstige Fertigung mit guter Qualität

sicher:

- Haltbarkeit
- Zuverlässigkeit
- Unfallfreiheit
- Umweltschutz

6.3.1. Grundregel “eindeutig”

Funktion:

- klare Zuordnung der Teilfunktionen der Funktionsstruktur

Wirkprinzip:

- beschreibbare Zusammenhänge zwischen Ursache & Wirkung
- geordnete Führung der Energie- bzw Kraftflusses, des Stoff- und Signalfusses
- Definierte Dehnungsrichtungen und -möglichkeiten konstruktiv vorsehen

Auslegung:

- eindeutig definierter Lastzustand
- bei fehlenden Angaben zweckentsprechende Annahmen
- in allen Betriebszuständen ein beschreibbarer Beanspruchungszustand
- eindeutiges Verhalten hinsichtlich Stabilität, Resonanzlagen, Verschleiß

Ergonomie:

- Reihenfolge und Ausführung von Bedienung mittels entsprechender Anordnung

Fertigung & Kontrolle:

- Eindeutige & vollständige Angaben in Zeichnungen, Stücklisten, & Anweisungen
- Erfüllung der festgelegten Ausführungsmerkmale

Montage und Transport:

- zwangsläufige und Irrtümer ausschließende Montagefolge

Gebrauch und Instandhaltung:

- Inspektions & Wartungsmaßnahmen hinsichtlich Zeitpunkt und Umfang klar definieren

Recycling:

- Eindeutige Trennstellen zwischen Werkstoffen
- Eindeutige Montage und Demontagefolgen

6.3.2. Grundregel “einfach”

Funktion

- möglichst wenige Teilfunktionen
- übersichtliche Verknüpfungen von Teilfunktionen

Wirkprinzip:

- geringe Anzahl von Vorgängern & Komponenten
- wenig Aufwand

Auslegung:

- geometrische Formen, die in Festigkeits- & Elastizitätslehre einsetzbar sind
- symmetrische Formen

Ergonomie:

- sinnfällige Bedienvorgänge
- übersichtliche Anordnungen
- leicht verständliche Signale

Fertigung und Kontrolle:

- geometrische Formen für einfache Bearbeitungen
- wenige Fertigungsverfahren mit geringen Rüst- und Wartezeiten
- übersichtliche Formen zur einfachen Kontrolle

6.3.2. Grundregel “einfach”

Montage und Transport:

- montierende Teile leicht erkennbar

Gebrauch und Instandhaltung:

- Gebrauch ohne besondere, komplizierte Einweisung
- leichte Erkennbarkeit von Abweichungen oder Störungen erwünscht

Recycling:

- einfache Demontagevorgänge
- Einfachheit der Teile

6.3.3. Grundregel “sicher”

6.3.3.1. Begriffe, Art & Bereiche der Sicherheitstechnik

Drei Stufen-Methode der Sicherheitstechnik

Unmittelbare Sicherheitstechnik:

- von vornherein keine Gefährdung

Mittelbare Sicherheitstechnik:

- Schutzsysteme & -einrichtungen

Hinweisende Sicherheitstechnik:

- vor Gefahren warnen
- Gefährdungsbereich durch Hinweise kenntlich machen

Definition Zuverlässigkeit

ist die Fähigkeit eines technischen Systems, innerhalb vorgegebener Grenzen und während einer bestimmten Zeitdauer den durch den Verwendungszweck bedingten Anforderungen zu genügen



Zusammenhang zwischen Bauteil- und Funktionszuverlässigkeit einerseits und Betriebs-, Arbeits- und Umweltsicherheit andererseits

Definition **Betriebssicherheit**:

Einschränkung von Gefährdungen (Verminderung des Risikos) beim Betrieb von technischen Systemen, so dass diese selbst und ihre unmittelbare Umgebung (Betriebsstätten) keinen Schaden nehmen

Definition **Arbeitssicherheit**:

Einschränkung von Gefährdungen des Menschen bei der Arbeit bzw bei Benutzung oder Gebrauch technischer Systeme auch außerhalb der Arbeitswelt (zB Sport/Freizeit)

Definition **Umweltsicherheit**:

Einschränkung von Schädigungen im Umfeld technischer Systeme

Schutzmaßnahmen:

Schutzsysteme oder Schutzeinrichtungen haben die Aufgabe, eine bestehende Gefährdung einzuschränken, dass das Risiko auf ein vertretbares Maß reduziert wird.

6.3.3.2. Prinzipien der unmittelbaren Sicherheitstechnik

1. Prinzip des "Sicheren Bestehens" (safe-life)

alle Bauteile und ihr Zusammenhang so beschaffen, dass während der Einsatzzeit alle wahrscheinlichen/möglichen Vorkommnisse ohne Versagen oder Störung überstanden werden können.

Sichergestellt durch:

- Klärung der einzelnen einwirkenden Belastungen und Umweltbedingungen
- ausreichend sichere Auslegung aufgrund Hypothesen und Berechnungen
- Kontrollen
- Bauteil- oder Systemuntersuchung

Folgen:

- erfordert genaue Kenntnisse aller Einflüsse
- hat oft einen schweren Unfall zur Folge, wenn dennoch ein Versagen eintritt

2. Prinzip des "beschränkten Versagens" (fail-safe)

lässt während der Einsatzzeit eine Funktionsstörung und/oder einen Bruch zu, ohne dass es zu

schwerwiegenden Folgen kommen darf.

In diesem Fall muss:

- eine wenn auch eingeschränkte Funktion erhalten bleiben
- der Fehler oder das Versagen erkennbar werden

Einschränkungen der Hauptfunktion als Warnung:

- zunehmende Laufunruhe
- Undichtheiten
- Leistungsrückgang

3. Prinzip der “redundanten Anordnung”

Erhöhung der Sicherheit durch Mehrfachanordnung des parallel- oder in Serie angeordneten weitere Systemelements die volle oder eingeschränkte Funktion übernehmen

Arten der Redundanz:

- Aktive Redundanz:
 - alle Komponenten sind aktiv an der Aufgabe beteiligt
 - bei einem Teilausfall entsteht nur eine entsprechende Minderung
- Passive Redundanz:
 - Reserveeinheiten werden bei Ausfall der aktiven Einheit zugeschaltet
erfordern Schaltvorgang
- Prinzipredundant:
 - Mehrfachanordnung mit gleichen Funktion aber unterschiedlichem Wirkprinzip

6.3.3.2 Prinzipien der unmittelbaren Sicherheitstechnik

zum Einhalten tragen die Grundregeln “eindeutig”, “einfach”, sowie das Prinzip der Aufgabenteilung bei

6.3.3.3. Prinzipien der mittelbaren Sicherheitstechnik

- zur mittelbaren Sicherheitstechnik gehören Schutzsysteme & -einrichtungen
Schutzfunktion
- Schutzsysteme lösen bei Gefährdung eine Schutzreaktion aus
- Schutz**einrichtungen** haben eine Schutzfunktion ohne Schutzreaktion

Grundforderungen der Schutztechnik:

- **zuverlässig wirkend**
- **zwangsläufig wirksam**
- **nicht umgehbar**

6.4. Gestaltungsprinzipien

- **Prinzipien der Kraftleitung**
zur häufig wiederkehrenden Aufgabe, Kräfte oder Momente zu leiten
- **Prinzipien der Aufgabenteilung**
zur Trennung von Teilfunktionen und Zuordnung auf verschiedene Funktionsträger, um bessere Ausnutzung, höhere Leistungsfähigkeit und eindeutiges Verhalten der Bauteile zu erhalten
- **Prinzip der Selbsthilfe**
zur sinnvollen Verknüpfung von Teilfunktionen und der damit verbundenen Ausnutzung unterstützender Hilfswirkungen

- **Prinzip der Stabilität und Bistabilität**

- zur Minimierung des Einflusses von Störungen, damit eine sie selbstaufhebende oder mindernde Wirkung hervorgerufen wird
- um durch gewollte Labilität ein stabiles Verhältnis zu erzielen

6.4.1. Prinzipien der Kraftleitung

1. Kraftfluss und Prinzip der gleichen Gestaltfestigkeit

- Kraftflussgerechte Gestaltung
 - Kraftfluss stets geschlossen halten
 - keine scharfen Umlenkungen
 - keine plötzliche Änderung der Kraftflussdichte durch schroffe Querschnittsänderung
 - symmetrische Formen gegenüber unsymmetrischen bevorzugen

Prinzip der gleichen Gestaltfestigkeit (S.43u)

2. Prinzip der direkten und kurzen Kraftleitung

- beachten, wenn Kräfte/Momente von einer Stelle zu einer anderen bei möglichst großer Steifigkeit und geringem Werkstoffaufwand zu leiten sind
- möglichst kleine Verformung gefordert:
 - kurzen und direkten Weg wählen
 - möglichst nur Druck- und Zugspannungen
- große elastische Verformung gefordert:
 - lange Kraftleitungswege
 - Biege- und/oder Torsionsbeanspruchungen

3. Prinzip der abgestimmten Verformungen

unter Last eine weitgehende Anpassung mit jeweils gleichgerichteter Verformungen bei möglichst kleiner Relativverformung

Gestaltung Passfederverbindungen

- Nabe möglichst torsionsnachgiebiger als Welle
- tragende Länge nicht größer als 1,3x Durchmesser

4. Prinzip des Kraftausgleichs

- Funktionsbedingte Hauptgrößen (Kräfte/Momente der direkten Funktionserfüllung)
- Begleitende Nebengrößen (Kräfte/Momente nicht zur direkten Funktionserfüllung, sich aber nicht vermeiden lassen)
- Nebengrößen belasten die Krafteinleitungszonen der Bauteile zusätzlich
- Nebengrößen sollen möglichst an ihrem Entstehungsort ausgeglichen werden

⇒ Lösung: **Ausgleichselemente** oder **symmetrische Anordnung**

6.4.2. Prinzip der Aufgabenteilung

1. Zuordnung der Teilfunktionen

- Zweckmäßige Wahl und Zuordnung der Funktionsträger
- Wirtschaftliches Ziel: Viele Funktionen mit wenigen Funktionsträgern

Vorteile:

- wenige Komponenten
- geringer Raumbedarf
- geringes Gewicht

mögliche Nachteile:

- Fertigungsaufwand
- Kompliziertheit der Montage

Alternative: Prinzip der Aufgabenteilung

Jede Funktion ein besonderer Funktionsträger

Prinzip der Aufgabenteilung anwenden, wenn bei gleichzeitiger Erfüllung mehrerer Funktionen durch einen Funktionsträger *Einschränkungen* oder *gegenseitige Behinderungen* bzw. *Störungen* entstehen

2. Aufgabenteilung bei unterschiedlichen Funktionen

3. Aufgabenteilung bei gleicher Funktion

Erreichung einer Grenze infolge von Leistungs- / Größensteigerung

⇒ Aufteilen der gleichen Funktion auf mehrere gleiche Funktionsträger
gleichmäßige Kraft-/Lastverteilung sicherstellen

6.4.3. Prinzip der Selbsthilfe

1. Begriffe und Definition

geschickte Wahl der Systemelemente bewirkt gegenseitig unterstützende Wirkung

- Normalsituation
- Notsituation

Selbsthelfende Konstruktion:

Ursprungswirkung + Hilfswirkung = Gesamtwirkung

Ursprungswirkung:

- leitet den Vorgang ein
- entspricht in vielen Fällen der Wirkung der herkömmlichen Wirkung, jedoch mit entsprechend kleinerer Höhe

Hilfswirkung:

- gewonnen aus funktionsbedingten Hauptgrößen
- mit Hilfe geänderter Kraftflussverteilung gewonnen

Selbsthilfegrad:

$$\kappa = \frac{\text{Hilfswirkung}}{\text{Gesamtwirkung}} = \frac{H}{G} = 0 \dots 1$$

Selbsthilfegewinn

$$\gamma = \frac{\text{technische Kenngröße mit Selbsthilfe}}{\text{technische Kenngröße ohne Selbsthilfe}} = \frac{G}{U}$$

gleiche konstruktive Mittel können je nach Anordnung selbsthelfend oder selbstschadend sein.

2. Selbstverstärkende Lösungen

- Hilfswirkung in fester Zuordnung aus funktionsbedingter Hauptgröße bereits unter Normallast

- dabei ergibt sich eine verstärkte Gesamtwirkung

3. Selbstausgleichende Lösungen

- Hilfwirkung wirkt der Ursprungswirkung entgegen
Ausgleich höhere Gesamtwirkung

Prinzip der Selbsthilfe:

Anordnungen oder Gestaltungen so vornehmen, dass

1. Kräfte und Momente einander weitgehend aufheben oder
2. zusätzliche Kräfte oder Momente in fester definierter Zuordnung entstehen, die einen solchen Ausgleich zur Leistungserhöhung ermöglichen

4. Selbstschützende Lösungen

im Überlastfall sollte Bauteil nicht zerstört werden

Ausnahme: Sollbruchstellen

Hilfwirkung aus einem zusätzlichen anderem Kraftleitungsweg

⇒ andere Kraftflussverteilung resultiert in anderer Beanspruchungsart

6.4.4. Prinzip der Stabilität und Bistabilität

Gleichgewichtszustände: (GGWZ = Gleichgewichtszustand)

- stabil (nach Störung kehrt in alte Lage mit altem GGWZ zurück)
- indifferent (nach Störung neue Lage mit unverändertem GGWZ)
- labil (nach Störung neue Lage mit neuem GGWZ)

Bei der Gestaltung von Lösungen muss stets der Einfluss von Störungen bedacht werden

6.4.4.1. Prinzip der Stabilität (Bsp Kolben)

6.4.4.2. Prinzip der Bistabilität

mit Erreichen eines Grenzzustandes wird ein neuer deutlich abgesetzter anderer Zustand oder Lage erreicht

6.5. Gestaltungsrichtlinien

(aus der allgemeinen Leitlinie)

- ausdehnungsgerecht
- kriech- & relaxationsgerecht
- korrosionsgerecht
- ergonomiegerecht
- formgebungsgerecht
- fertigungsgerecht
- montagegerecht
- normgerecht
- instandhaltungsgerecht
- recyclinggerecht
- risikogerecht
- verschleißgerecht

6.5.1. ausdehnungsgerecht

1. Erscheinung der Ausdehnung:

Längenausdehnungszahl: $\beta = \frac{\Delta l}{l \cdot \Delta \vartheta m}$

2. Ausdehnung von Bauteilen:

- Bauteile in seiner Lage eindeutig und nur so viele Freiheitsgrade wie zur ordnungsgemäßen Funktionserfüllung benötigt
- Festpunkt bestimmen und dann für erwünschte Bewegungsrichtungen Translation & Rotation entsprechende Führungsflächen

3. Relativausdehnung zwischen Bauteilen

$$\delta_{rel} = \beta_1 \cdot l_1 \cdot \Delta \vartheta m_1(t) - \beta_2 \cdot l_2 \cdot \Delta \vartheta m_2(t)$$

6.5.2. korrosionsgerecht

- oft nur verminderbare Korrosionserscheinungen
- möglichst "Körper gleicher Korrosionsbeständigkeit"

⇒ Korrosionsgerechte Gestaltung ⇒ korrosionsverträgliche Gestaltung ⇒ Flüssigkeitsabfluss anstreben

Regeln:

- ausreichend lange und gleiche Lebensdauer
- kleine und glatte Oberflächen anstreben
- Feuchtigkeitssammelstellen vermeiden
- Korrosionsschutzüberzug vorsehen
- Spalte abdichten

6.5.3. ergonomiegerecht

- biomechanische Aspekte
- physiologische Aspekte
- psychologische Aspekte

6.5.4. formgebungsgerecht

- Technische Geräte sollten auch den Menschen im Sinne einer befriedigenden Ästhetik ansprechen
- sehr wichtig im Konsumgüterbereich
 - Ästhetik
 - Gebrauch
 - Empfinden
- Gestaltung: Festlegung von:
 - Aufbau
 - Form
 - Farbe
 - Graphik

6.5.5. fertigungsgerecht

- **Fertigungsgerechte Baustruktur bestimmt** den Fertigungsablauf durch Gliederung des Erzeugnisses nach Baugruppen und Einzelteilen, in Form

- eigengefertigter Werkstücke oder
- fremdgefertigter Zukaufteile als Neu-, Wiederhol- oder Normteile
- **Fertigungsgerechte Werkstückgestaltung bestimmt**
 - das Fertigungsverfahren
 - die Fertigungsmittel
 - die Qualität des Einzelteils
- **Fertigungsgerechte Werkstoffwahl bestimmt**
 - Fertigungsverfahren
 - Fertigungsmittel
 - Materialwirtschaft
 - Qualitätskontrolle
- **Einsatz von Standard- und Fremdteilen beeinflusst**
 - Kapazität
 - Lagerhaltung
 - Wirtschaftlichkeit

Gestaltungsrichtlinien: Beispielen folgen (S.89ff)

6.5.6. montagegerecht

Montageoperationen:

- Speichern
- Werkstück handhaben (Erkennen, Ergreifen, Bewegen)
- Positionieren
- Fügen
- Einstellen (Justieren)
- Sichern
- Kontrollieren
- Montagegerechte Baustruktur durch:
 - Gliedern
 - Reduzieren
 - Vereinheitlichen
 - Vereinfachen der Montageoperationen
- Montagegerechte Gestaltung der Fügestellen durch:
 - reduzieren
 - vereinheitlichen
 - vereinfachen

6.5.7. Normgerecht

1. Zielsetzung der Normung

Normen sind:

- anerkannte Regeln
- bewährte Lösungen
- führen zu sinnvollen Vereinheitlichungen

2. Normarten (Herkunft)

- DIN-Normen
- EN-Normen
- ISO-Normen
- DIN-EN-Normen (deutsche Übersetzungen von EN-Normen)
- DIN-ISO-Normen (deutsche Übersetzungen von ISO-Normen)

6.5.8. recyclinggerecht

Recycling:

Rückführung von:

- Herstellungsabfällen (Produktionsabfall-Recycling)
- Produkten (Produkt-Recycling)
- verbrauchten Produkt (Altstoff-Recycling)

Richtlinien zur aufarbeitungsfreundlichen Produktgestaltung

- Werkstoff-Verträglichkeit
- Werkstofftrennung
- Aufarbeitungsgerechte Fügestellen
- Hochwertige Werkstoffe besonders gut zerlegbar anlegen
- Gefährliche Stoffe in jedem Fall abtrennbar anordnen

6.6. Bewerten von Entwürfen

Bewertungskriterien müssen sich auf konkrete Ziele & Eigenschaften beziehen:

- Anforderungsliste
- Technische Eigenschaften

Technische und Wirtschaftliche Wertigkeit W_T & W_W bestimmen
Wertigkeitsdiagramm

7 Ausarbeiten

7.1. Arbeitsschritte beim Ausarbeiten

- letzte Phase des Konstruktionsprozess
- Erstellung aller Unterlagen (Zeichnungen, Stücklisten, Anleitungen)

⇒ Produktdokumentation

7.2. Systematik der Fertigungsunterlagen

7.2.1. Erzeugnisgliederung

Aufteilung des Erzeugnisses in kleinere Einheiten

- in hierarchischer Ordnung

Erzeugnisgliederung wird stark durch Fertigungsfluss beeinflusst und umgekehrt

7.2.2. Zeichnungssysteme

Unterscheidung technischer Zeichnungen:

- Darstellungsart (*Skizzen, maßstäbliche Zeichnungen, Pläne*)
- Anfertigungsart (*Tusche-, CAD-, Vordruck-Zeichnungen*)
- Inhalt (*Gesamt-, Gruppen-, Einzelteil-, Rohteil-, Modell-Zeichnung*)
- Zweck (*Entwurfs-, Konstruktions-, Fertigungszeichnung*)

Zeichnungssatz:

Gesamtheit aller Zeichnungen, die zur vollständigen Darstellung eines Gegenstandes erforderlich sind.

7.2.3. Stücklistensysteme

Stückliste

- tabellarische Zusammenstellung aller Einzelteile eines kompletten Erzeugnisses oder einzelner Baugruppen
- Informationen über Mengen, Sachnummern, Werkstoffe, etc...)

Stücklistensatz

Gesamtheit aller zu einem Erzeugnis gehörenden Stücklisten

Stücklistenart (mehr S.129f)

- Mengenübersichtsstückliste
- Strukturstückliste
- Variantenstücklisten
- Baukastenstückliste

weitere Unterscheidung von Stücklisten:

- Verwendungszweck (Konstruktions- Fertigungs-, Montage-Stückliste)

7.3. Kennzeichnung von Gegenständen

7.3.1. Nummerierungstechnik

Allgemeine Anforderungen an Nummernsysteme

- Identifizieren (eindeutiges Erkennen anhand von Merkmalen)
- Klassifizieren (Ordnen von Sachen und Sachverhalten)

7.3.1.1. Sachnummernsysteme

Sachnummer = Identnummer einer Sache

Sachnummernsysteme können aus Parallelnummern und Verbundnummern aufgebaut sein (Erklärung S.135 ff)

7.3.1.2. Klassifikationsnummernsysteme

Sinn und Zweck von Klassifizierungssystemen:

- schnelles Auffinden von Informationen / Dokumenten / Wiederholteilen
- Rationalisierung der Fertigung
- Rationalisierung der Lagerhaltung

Unterscheidung in Grob- und Feinklassifizierung

7.3.3. Sachmerkmale

- dienen der Kennzeichnung von Gegenständen unabhängig von ihrem Umfeld
- Ergänzung von Klassifikationssystemen eine wichtige Hilfe zur Speicherung und zum Wiederauffinden von Gegenständen

Sachmerkmal-Verzeichnisse

Sachmerkmal-Leiste (S.144u)

8 Entwickeln von Baureihen und Baukästen

Definition **Baureihe**:

Technische Gebilde (Maschinen, Baugruppen oder Einzelteile), die dieselbe Funktion, mit der gleichen Lösung, in mehreren Größenstufen bei möglichst gleicher Fertigung in einem weiten Anwendungsbereich erfüllen.

Definition **Baukasten**:

Technische Gebilde (Maschinen, Baugruppen oder Einzelteile), die als Bausteine mit oft unterschiedlichen Lösungen durch Kombination verschiedene Gesamtfunktionen erfüllen.

8.1. Baureihen

Vorteile für Hersteller:

- weniger Konstruktionsarbeit
- wirtschaftliche Fertigung (größere Losgrößen)
- höhere Qualität (Erfahrungsspektrum)

Vorteile für den Kunden:

- preisgünstiges, qualitativ gutes Produkt
- kurze Lieferzeit
- problemlose Ersatzteilbeschaffung

Nachteil:

- eingeschränkte Größenwahl

Baureihenentwicklung:

1. von einer Baugröße ausgehen und nach Gesetzmäßigkeiten ableiten
2. Ausgangsentwurf Grundentwurf (Index 0)
3. abgeleitete Baugrößen Folgeentwürfe (Index 1...k)
4. Ähnlichkeitsgesetze sind zwingend

8.1.1. Ähnlichkeitsgesetze

Ähnlichkeit:

- das Verhältnis beim Grund- und bei den Folgeentwürfen bleibt konstant
- mit den Grundgrößen Länge, Zeit, Kraft, usw lassen sich
- Grundähnlichkeiten definieren: (genauer auf S.150ff; Formeln, etc..)
 - geometrische Ähnlichkeit
 - zeitliche Ähnlichkeit
 - Kraftähnlichkeit

8.1.1.4. Spezielle Ähnlichkeiten

⇒ mehr als nur eine der Grundgrößenverhältnisse konstant

8.1.1.5. Ähnlichkeit bei gleicher Beanspruchung

in Maschinenbaulichen Systemen treten häufig auf:

- Trägheitskräfte
- elastische Kräfte

Cauchy Bedingung:

$$\varphi E = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} = 1 \text{ oder } \varphi E = \frac{\Delta l_1}{\Delta l_0} \cdot \frac{l_0}{l_1} = 1$$

8.1.2. Dezimalgeometrische Normzahlreihen

(S.156-159)

Vorteile von Normalzahlreihen:

- Reduzierung von Abmessungsvarianten
geringer Aufwand in der Fertigung für Lehren, Vorrichtungen, Meßwerkzeuge
- selbstständiges Wachsen sinnvoller Größenstufungen, die mit anderen schon vorhandenen oder zukünftigen Reihen verträglich sind.

8.1.3. Wahl der Größenstufungen

- zweckmäßige Größenstufung ist von großer Bedeutung
- Größenstufung richtet sich nach:
 - Marktsituation
 - Konstruktion
 - Fertigung

⇒ ganzheitliche Betrachtungsweise notwendig

konstanter Stufensprung nicht immer zweckmäßig

Typ A: streng geometrisch ähnlich, konstanter Stufensprung

Typ B: degressiv-geometrisch größere Stufung bei kleinen Baugruppen

Typ C: progressiv-geometrisch größere Stufung bei großen Baugruppen

Regel:

Stufung umso feiner, je größer der Bedarf und je genauer technische Eigenschaften eingehalten werden müssen

Halbähnliche Baureihen:

Teilbereiche mit mehreren Größenstufen werden jeweils nur mit einer Größenstufe realisiert.

8.1.4. geometrisch ähnliche Baureihen

- vorteilhaft: Grundentwurf (Index 0) etwa im Mittelfeld der beabsichtigten Baureihe
- technische Beziehungen: $y=c \cdot x^p$
- logarithmische Form: $\lg y = \lg c + p \cdot \lg x$

zu beachten:

- passungen und Toleranzen sind nicht geometrisch ähnlich gestuft
- technologische Einschränkungen (zB. Minimale Gußwanddicke)
- übergeordnete Normen
- übergeordnete Ähnlichkeitsgesetze oder andere Anforderungen

8.1.5. Halbähnliche Baureihen

Bedeutende Abweichungen von geometrischer Ähnlichkeit bei Gründen:

1. übergeordnete Ähnlichkeitsgesetze
2. übergeordnete Aufgabenstellung
3. übergeordnete wirtschaftliche Forderungen der Fertigung

8.2. Baukästen

Baukastenentwicklung

- Kombination diskreter Funktionsbausteine Gesamtfunktion
- technisch wirtschaftlich günstig, wenn
 - Funktionsvarianten eines Produktprogramms nur in kleinen Stückzahlen zu liefern sind und wenn
 - das geforderte Spektrum durch wenige Grund-/Zusatzbausteine realisiert werden kann

8.2.1. Baukastensystematik

- lösbare oder unlösbare Bausteinverbindungen
- Funktionsbausteine unter dem Gesichtspunkt der Erfüllung technischer Funktionen
- Fertigungsbausteine (unabhängig von Funktion) nach den Gesichtspunkten der Fertigungstechnik

Grundfunktionen sind in einem System:

- grundlegend
- immer wiederkehrend
- unerlässlich
- grundsätzlich nicht variabel

Eine Grundfunktion kann zur Erfüllung von Gesamtfunktionsvarianten allein auftreten oder mit anderen Funktionen verknüpft werden.

Eine Grundfunktion wird durch einen **Grundbaustein** verwirklicht
in der Baustruktur als "Muss-Bausteine" angegeben

Hilfsfunktionen sind:

- verbindend
- anschließend

Hilfsfunktionen werden durch **Hilfsbausteine** erfüllt, die Verbindungs-/Anschlusselemente darstellen in der Baustruktur meistens "Muss-Bausteine"

Sonderfunktionen sind:

- ergänzend
- aufgabenspezifisch

Sonderfunktionen werden durch **Sonderbausteine** erfüllt in der Baustruktur "Muss- oder Kann-Bausteine"

Auftragsspezifische Funktionen:

- nicht im Baukastensystem vorgesehen
- mit Nichtbausteinen verwirklicht, die in Einzelkonstruktion entwickelt werden
- Mischsystem als Kombination von Bausteinen und Nichtbausteinen

8.2.2. Vorgehen beim Entwickeln von Baureihen

Klären der Aufgabenstellung

- Forderungen und Wünsche an das Produktionsprogramm
- mehrere Gesamtfunktionen

Ziel:

- Optimierung für die häufigste Gesamtfunktionsvarianten & Eliminierung der selten benötigten Varianten

Aufstellen von Funktionsstrukturen:

- wichtig, da in Teilfunktionen die Baustruktur des Systems festgelegt wird
Ziel: möglichst wenige, gleiche, wiederkehrende Teilfunktionen
- Funktionsstrukturen der Gesamtfunktionsvarianten müssen untereinander logisch und physikalisch verträglich sein
- Teilfunktionen müssen austausch-/kombinierbar sein
Schnittstellenproblematik

Suchen nach Wirkprinzipien und Lösungsvarianten

- Lösungen suchen, die bei gleichem Wirkprinzip die grundsätzlich gleiche Gestaltung von Varianten ermöglichen
- günstig: Funktionsbausteine mit gleicher Energieart
- fertigungstechnisch günstig: Erfüllung mehrerer Funktionen durch nur einen Baustein mit verschiedenen Bearbeitungsstufen

Auswählen und Bewerten:

- vor allem wirtschaftliche Wertigkeit ist von Bedeutung
- "Funktionskosten" der Teilfunktionen bzw. der erfüllenden Bausteine abschätzen
- besonders kostengünstige Grundbausteine (da in allen Varianten vorhanden)
- gegenseitige Beeinflussung der Bausteine betrachten
- Auslegen der Grundbausteine nach den umsatzstarken Funktionsvarianten

Erstellen der Gesamtentwürfe:

- fertigungs- und montagegerechte Bausteine
möglichst viele gleiche und wiederkehrende Werkstücke

- richtige Wahl des Auflösungsgrads
- Baukastensysteme für Anwender: gleich hohe Gebrauchsdauer und leichte Austauschbarkeit der Bausteine
- auch Gemeinkosten für Auftragsabwicklung beachten

Ausarbeiten der Fertigungsunterlagen:

- einfache, EDV-gestützte Zusammenstellung der Gesamtfunktionsvarianten

8.2.3. Vorteile und Nachteile von Baukastensystemen

Vorteile für Hersteller:

- auftragsgebundener Konstruktionsaufwand nur für nicht vorhersehbare Zusatzeinrichtungen
- Kombinationsmöglichkeit mit Nichtbausteinen
- schnelle Lieferbereitschaft
- einfache Kalkulation
- Bausteine auftragsunabhängig in optimalen Losgrößen gefertigt
- geringere Gemeinkosten

Vorteile für Anwender:

- kurze Lieferzeiten
- besserer Ersatzteildienst

Nachteile für Hersteller:

- Verlust von Flexibilität und Kundenorientierung
- einmalig großer Konstruktionsaufwand
hohe einmalige Entwicklungskosten
- erhöhter Montageaufwand

Nachteile für Anwender:

- spezielle Wünsche schwer erfüllbar
- bestimmte Qualitätsmerkmale eventuell eher ungünstiger

9. Methoden zur Qualitätssichernden Entwicklung

Definition Qualität:

Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produkts oder einer Tätigkeit, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung gegebener Erfordernisse bezieht

- Produktqualität beinhaltet Funktionserfüllung und die Einhaltung der Anforderungen hinsichtlich:
 - Sicherheit
 - Gebrauchseigenschaften
 - Ergonomieeigenschaften
 - Recycling/Entsorgung
 - Herstellungs- und Nutzungskosten
- Qualitätsbeherrschung heißt Beherrschung der Arbeitsprozesse
Total Quality Management (TQM)
- Qualität eines Produkts wird maßgeblich in der Entwicklungsphase festgelegt

Allgemeine Maßnahmen zur Qualitätssicherung in der Produktentwicklung/Konstruktion:

- integrierte Produktentwicklung (Simultaneous Engineering)
- Projektmanagement
- methodische Vorgehensweise

Methoden:

- *Quality Function Deployment (QFD) (Konzeptphase)*
Kundenanforderungen in möglichst quantifizierbare Forderungen umsetzen und die Umsetzung sicherstellen
- *Finite Elemente Methode (FEM)*
Strukturanalyse hinsichtlich Spannungen und Verformungen
- *Toleranzanalyse und -synthese*
Festlegung Kosten- und qualitätsgünstiger Toleranzen
- *Fehlerbaumanalyse (FTA) (Konzeptphase)*
Abschätzen von Störgrößen- und Fehler-Auswirkungen
- *Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA) (Konzept-/Gestaltungsphase)*
Analyse möglicher Fehler und Abschätzung der damit verbundenen Risiken/ Auswirkungen)
- *Zuverlässigkeitsanalysen:*
Abschätzen der Lebensdauer bzw. der Ausfallwahrscheinlichkeit von Maschinenkomponenten, Maschinen und Anlagen
- *Design Reviews:*
Ergebnisüberprüfungen im Team am Ende der einzelnen Entwicklungs- und Konstruktionsphasen

9.1. Fehler und Störgrößen

Störgrößen:

- verursachen oft das Fehlverhalten
- können aus Schwankungen der Eingangsgrößen (Stoff-, Signalflüsse) entstehen
- können von außen einwirken

Störungen: können sich ergeben aus:

- der Funktionsstruktur, wenn Zuordnung & Verknüpfung nicht eindeutig
- dem Wirkprinzip, wenn physikalische Effekte nicht die angenommene Wirkung annimmt
- fertigungs- und montagebedingten Abweichungen
- schwankende Werkstoffeigenschaften

9.2. Fehlerbaumanalyse

- Methode zur Ermittlung des Fehlverhaltens und Störgrößeneinflusses
- auf wichtige Zonen und kritische Abläufe beschränkt

Vorgehen:

1. Funktionsstruktur ggf um Nebenfunktionen ergänzen
2. erkannte Funktionen nacheinander negieren
3. mögliche Ursachen eines solchen Fehlverhaltens suchen (s. Leitlinie zum Gestalten)
4. Abhilfemaßnahmen definieren (Verbesserung des Entwurfs, Überprüfung des Konzepts)

9.3. Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse

FMEA-Grundgedanke:

Methode, um für Bau- oder Systemteile:

- mögliche Ausfall-Arten
- mögliche Ausfall-Folgen
- mögliche Ausfall-Ursachen

aufzuzeigen, das Risiko zu bewerten und Maßnahmen zur Optimierung festzulegen

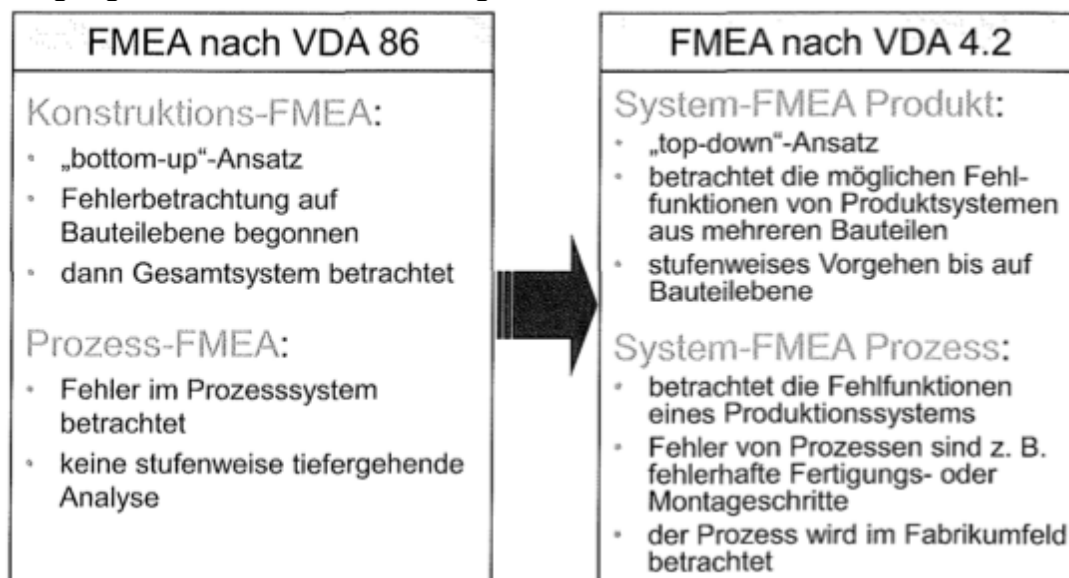
Allgemeines:

- Hauptziel: *Risikoverminderung bzw Vermeidung*
- qualitativer Charakter
- Methode der Qualitätsbewertung

Anwendung/Einsatz:

- in interdisziplinären Teams
- in vielen Qualitätsmanagementsystemen zwingend vorgeschrieben
- entwicklungsbegleitend (präventiv) und in Nutzungsphase (korrektiv)

Ausgangszustand und Entwicklung:



Gründe für die Weiterentwicklung:

- bei *Konstruktions-FMEA*: Betrachtung überwiegend auf **Bauteilebene**
Funktionaler Zusammenhang aller Bauteile wurde nicht systematisch erfasst
- bei *Prozess-FMEA*: Betrachtung nur in einzelnen Prozessschritten
keine strukturierte Beschreibung von Funktions-/Fehlfunktionszusammenhängen

System-FMEA-Produkt:

- Betrachtung von Fehlfunktionen/Ausfallarten von Produkten
- Betrachtungen über verschiedene Systemhierarchien bis zu Versagensarten der Bauteile:
Fehlfunktionen der Bauteile sind physikalische Ausfallarten (Bruch, Verschleiß,

Klemmen)

System-FMEA-Prozess:

- Betrachtung von Fehlfunktionen eines Produktionsprozesses (Fertigung, Montage, Logistik, Transport)
- Prozess wird über Systembeschreibungen strukturiert
- die letzte Struktur bildet die **5M** (Mensch, Maschine, Material, Methode, Milieu/Mitwelt)

FMEA: Generelles Vorgehen:

Ablauf:

1. Ziele definieren
2. Analyseumfang und Systemgrenzen festlegen
3. Team bilden
4. organisatorische Planung

Grundprinzip der FMEA:

- Fehlerart
- Fehlerfolgen
- Fehlerursachen
- Maßnahmen
- Bewertungen Risiko-Prioritäts-Zahl (RPZ)
- systematische Erfassung im Formblatt

9.3.1. Erstellen einer System-FMEA

Die 5 Schritte der FMEA:

1. Systemelemente und Systemstruktur definieren
2. Funktionen und Funktionsstrukturen festlegen
3. Fehleranalyse erstellen
4. Risikobewertung vornehmen
5. Optimierung durchführen

9.4. Quality Function Deployment (QFD)

Aufgabe und Ziel:

- Kundenbedürfnisse bezüglich Produkt in die einzelnen Bereiche des Unternehmens zu transportieren, verständlich machen & Umsetzung sicherstellen
- dabei alle Bereiche des UNs am Produktplanungs- & Entwicklungsprozess beteiligen

wichtig:

- Methode zur Qualitätsplanung und -sicherung
- dient der systematischen Kundenorientierung der Produkt- & Prozessplanung
- Kundenanforderungen gezielt in Produktmerkmale und diese in Betriebsabläufe und Produktionsanforderungen übertragen
dazu: Matrizen (House-of-quality) und ergänzende Tabellen

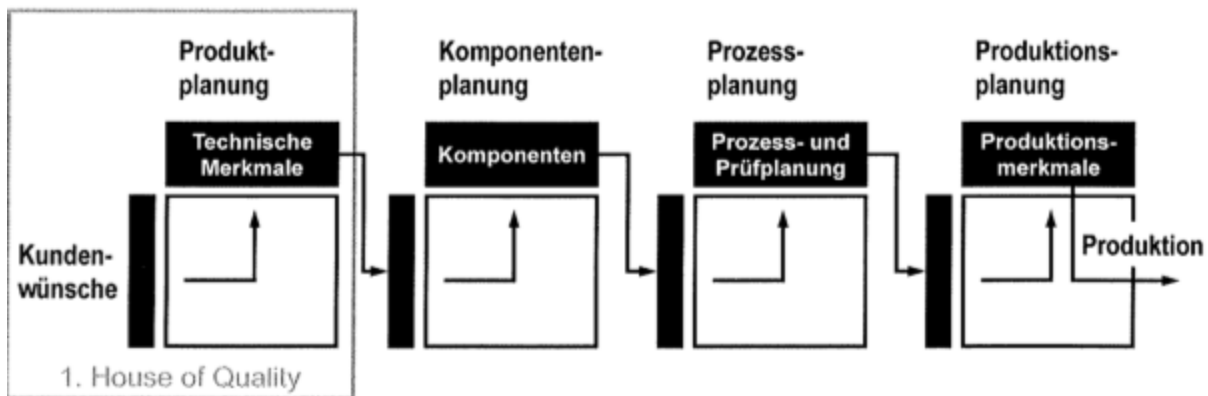
Einteilung der Produktmerkmale nach Kano-Modell:



QFD hat bis heute keine entsprechende Norm

QFD gliedert sich in **4 Phasen** (nach ASI)

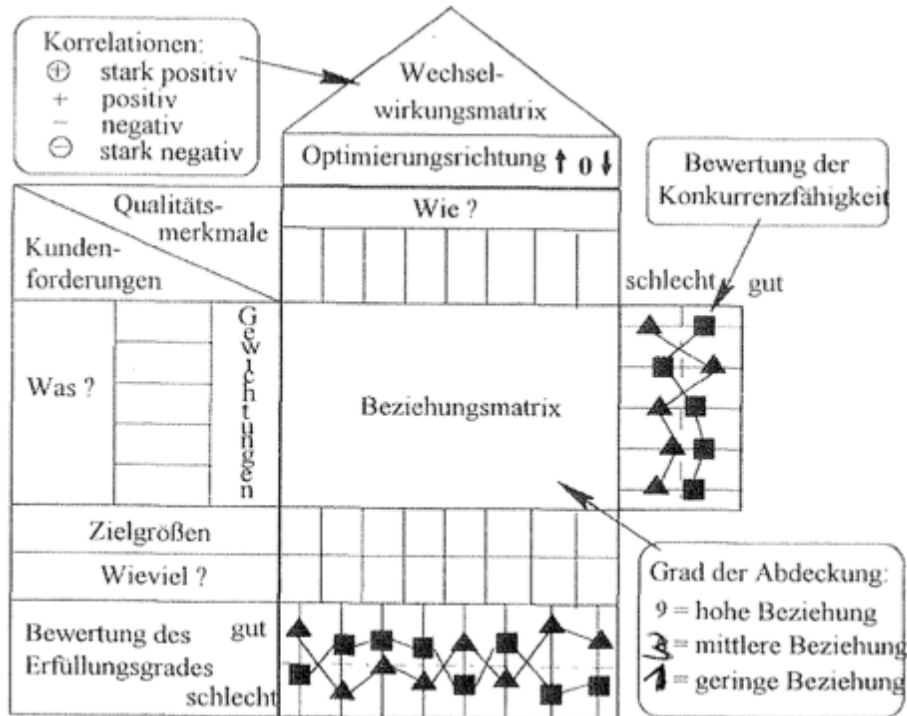
1. Produktplanung
2. Teileplanung
3. Prozessplanung
4. Produktionsplanung



Zusätzlich eingesetzte Methoden

- | | | | |
|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Markuntersuchungen ▪ Marktsegmentierung ▪ Trendanalyse ▪ u. a. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wertverbesserung ▪ Wertgestaltung ▪ Systematische Konstruktion ▪ FMEA ▪ Make or Buy ▪ u. a. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ FMEA (Prozess) ▪ SPC ▪ Design for Assembly ▪ Design for Manufacturing ▪ Prüfplanung ▪ u. a. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Industrial Engineering ▪ Durchlaufzeitmodelle ▪ Logistik ▪ Rüststrategien ▪ Montagestrategie ▪ Prüfanweisungen ▪ u. a. |
|---|--|--|--|

Quelle: VDI 2247 „Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung“ (Entwurf)



Vorgehensweise:

- interdisziplinäres Team bilden (Vertrieb, Marketing, Konstruktion, Planung, Produktion, QM)

Arbeitsschritte:

1. Dokumentation der Kundenanforderungen
2. Gewichten der Kundenanforderungen (mittels paarweiser Vergleich)
3. Wettbewerbsanalyse aus Sicht des Kunden
4. Ableiten der technischen (konstruktiven) Merkmale aus den Kundenanforderungen (möglichst lösungsneutral und quantifizierbar)
5. Feststellung von Wechselwirkungen
 - a. Abhängigkeiten im "Dach" dokumentieren
 - b. Wechselwirkungen können positiv oder negativ sein
6. Optimierungsrichtungen festlegen
 - a. jedem Produktmerkmal zugeordnet
 - b. Optimierungsrichtung gibt an, wie das Merkmal verändert werden muss
7. Aufzeigen der Zusammenhänge und Abhängigkeiten der technischen Merkmale von den Kundenanforderungen (Beziehungsmatrix)
8. Quantifizieren der technischen Merkmale