

Zusammenfassung Methodisches Konstruieren I/II



Zusammenfassung

Methodisches Konstruieren I+II

Inhalt

I Aufgaben und Tätigkeiten	5
Definition: Konstruieren	5
Ein Konstrukteur benötigt	5
Konstruieren ist	5
Aufgaben und Tätigkeiten hängen ab von	5
Grobstruktur der Konstruktionstätigkeiten.....	6
Stellung im Unternehmen	6
II Notwendigkeit methodischen Konstruierens.....	6
Definition: Konstruktionsmethodik.....	6
Konstruktionsmethodik soll	6
Methodisches Vorgehen dem Problem anpassen	6
III Grundlagen	7
Das technische Gebilde	7
Systemtechnische Betrachtung nach Hubka	7
Energie-, Stoff- und Signalumsatz	7
Definition: Funktion.....	8
Funktionszusammenhang	8
Wirkzusammenhang.....	8
Zielsetzungen. Bedingungen und Leitlinien.....	8
Leitlinie	8
Begriffsdefinitionen.....	9
Voraussetzungen des methodischen Vorgehens	9
Lösungsprozess als Informationsumsatz.....	9
Allgemein anwendbare Methoden	9
1. Methode des gezielten Fragens	9
2. Methode der Negation und Neukonzeption	10
3. Methode des Vorwärtsschreitens	10

4. Methode der Faktorisierung	10
5. Methode des Systematisierens	10
IV Prozess des Planens und Konstruierens	10
Allgemeiner Lösungsprozess	10
V Produktplanung und Aufgabenklärung	11
Produktplanung: Aufgabe und Vorgehen.....	11
Impulse für Produktplanung.....	11
Analysieren der Situation	11
Finden von Produktideen	12
Auswählen von Produktideen	12
Definieren von Produkten	12
Erarbeiten der Anforderungsliste (AFL).....	13
VI Konzipieren	13
Definition: Konzipieren.....	13
Ziel der Abstraktion	13
Schrittweise Abstraktion anhand der AFL.....	13
Aufstellen von Funktionsstrukturen.....	14
Definition: Gesamtfunktion.....	14
Aufgliedern in Teilfunktionen.....	14
Vor-/Nachteile von Funktionsstrukturen mit allgemein anwendbaren Funktionen.....	14
Funktionsstruktur mit logischen Funktionen	14
Kochrezept: Aufstellen von Funktionsstrukturen.....	15
Suche nach Lösungsprinzipien.....	15
Intuitiv betonte Methoden.....	15
Diskursiv betonte Methoden.....	17
OGP: Energiearten, physikalische Effekte, Erscheinungsformen	17
OGP: Wirkgeometrie, Wirkbewegung, prinzipielle Stoffeigenschaften	17
Erstellen von Ordnungsschemata.....	17
Konstruktionskataloge.....	17
Kombinieren von Lösungsprinzipien	18
Vorgehen zu Lösungsprinzipien kombinieren	18
Auswählen geeigneter Lösungsvarianten	19
Bewerten von Varianten	19
Bestimmung der technischen und wirtschaftlichen Wertigkeit.....	19
Bewertungskriterien gewinnen aus:	20

VII Entwerfen	21
Definition: Gestalten	21
Vorgehen beim Gestalten	21
Grundregeln zur Gestaltung	21
Grundregel „eindeutig“	22
Grundregel „einfach“	22
Grundregel „sicher“	23
Gestaltungsprinzipien.....	26
Prinzip der Kraftleitung	27
Prinzip der Aufgabenteilung.....	28
Prinzip der Selbsthilfe.....	28
Prinzip der Stabilität und Bistabilität.....	29
Gestaltungsrichtlinien	30
(A) Ausdehnungsgerecht	30
(C) Korrosionsgerecht.....	30
(D) Ergonomiegerecht	31
(E) Formgebungsgerecht	31
(F) Fertigungsgerecht	31
(G) Montagegerecht	31
(H) Normgerecht.....	31
(I) Recyclinggerecht	32
VII Ausarbeiten	32
Systematik der Fertigungsunterlagen	32
Erzeugnisgliederung	32
Zeichnungssysteme	32
Stücklistensysteme	33
Kennzeichnung von Gegenständen	34
Nummerierungstechnik.....	34
Sachnummersysteme	34
Klassifikationsnummernsysteme.....	35
Sachmerkmale	36
VIII Entwickeln von Baureihen und Baukästen.....	36
Definition: Baureihe	36
Baureihen	36
Baureihenentwicklung.....	37

Ähnlichkeitsgesetze	37
Dezimalgeometrische Normzahlreihe	38
Geometrisch ähnliche Baureihen	38
Halbähnliche Baureihen	39
Baukästen	39
Definition: Baukasten	39
Baukastenentwicklung	39
Baukastensystematik.....	40
Vorgehen beim Entwickeln von Baukästen	41
IX Methoden zur qualitätssichernden Konstruktion	42
Definition: Qualität.....	42
Allgemeine Maßnahmen zur Qualitätssicherung.....	42
Fehler und Störgrößen	42
Fehler können MA unterlaufen wegen:	42
Störgrößen:.....	43
Störungen:	43
Fehlerbaumanalyse (FTA)	43
Vorgehen	43
Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA).....	43
System-FMEA Produkt.....	43
System-FMEA Prozess	43
Grundprinzip der FMEA.....	43
Erstellen einer System-FMEA	44
Quality Function Deployment (QFD)	44
Aufgabe/Ziel:	44
Allgemein:.....	44

I Aufgaben und Tätigkeiten

Definition: Konstruieren

- Schöpferische Tätigkeit
- Ausgangspunkt: Problemstellung / Anforderungen
- Suchen, Vergleichen und Bewerten von Lösungsalternativen
- Ausarbeiten der gefundenen Lösung
- Erstellen von Fertigungs- und Verkaufsunterlagen

Ein Konstrukteur benötigt

1. Natur- und Ingenieurwissenschaftliches Grundlagenwissen
2. Methodenwissen
3. Spezielle Erfahrung
4. Entschlusskraft
5. Entscheidungsfreudigkeit
6. Betriebswirtschaftliches Verständnis
7. Teamfähigkeit

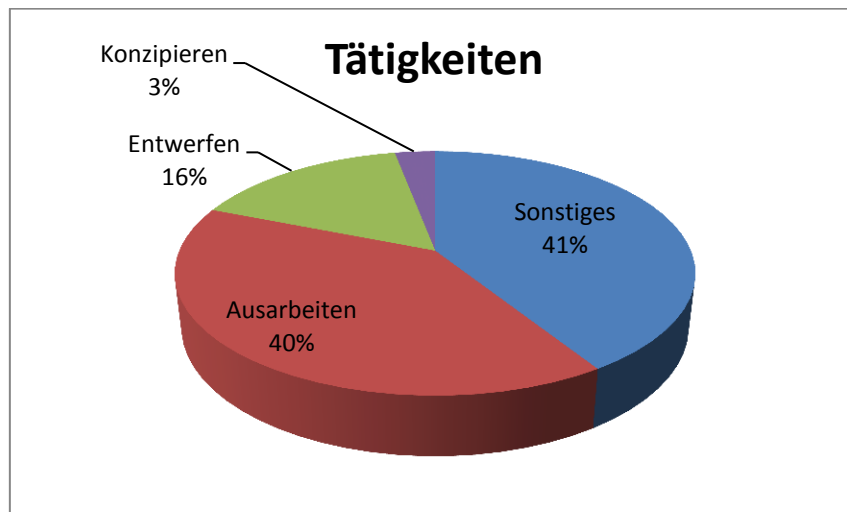
Konstruieren ist

1. Methodisch gesehen:
 - Optimierungsprozess unter gegebenen Zielsetzungen
 - Mit zeitlich sich veränderten Anforderungen
 - Optimale konstruktive Lösung existiert nur für die momentane gültigen Bedingungen
2. Organisatorisch gesehen:
 - Wesentlicher Teil des Produktkreislaufs
 - Wobei der Konstrukteur eng mit anderen Bereichen zusammenarbeitet

Aufgaben und Tätigkeiten hängen ab von

- | | |
|----------------------|--|
| (1) Aufgabenherkunft | [Serienproduktion/Massenfertigung] |
| (2) Organisation | [produktorientiert/problemorientiert] |
| (3) Neuheit | [Neukonstruktion/Anpassungskonstruktion/Variantenkonstruktion] |
| (4) Fertigung | [Einzel-/Kleinteilfertigung/Serien-/Massenfertigung] |
| (5) Branche | [Maschinenbau/Nahrungsmittel/Landmaschinen] |
| (6) Ziele | [Funktionsoptimierung/Kostenoptimierung/Gewichtsminimierung] |

Grobstruktur der Konstruktionstätigkeiten



Stellung im Unternehmen

Entwicklungs- und Konstruktionsbereich besitzt zentrale Bedeutung, da der Konstrukteur

- ➔ Wichtige Produkteigenschaften festlegt
- ➔ Herstellkosten wesentlich beeinflusst
- ➔ Qualität und DLZ in der Produktion mitbeeinflusst

II Notwendigkeit methodischen Konstruierens

Definition: Konstruktionsmethodik

Konkrete Handlungsweisen zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme, die sich aus den Erkenntnissen der Konstruktionswissenschaft und der Denkpsychologie, aber auch aus den Erfahrungen mit unterschiedlichen Anwendungen ergeben haben.

Konstruktionsmethodik soll

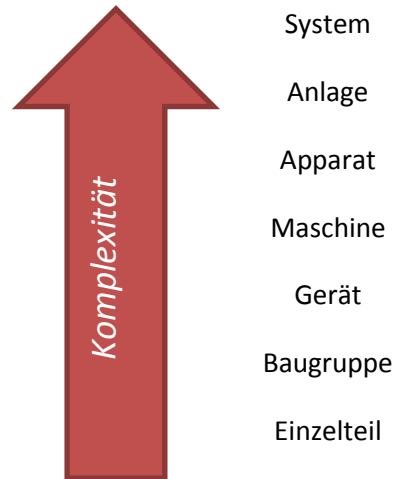
- Bei jeder konstruktiven Tätigkeit branchenunabhängig anwendbar sein
- Lösungen nicht zufallsbedingt erzeugen
- Arbeit erleichtern
- Konstruieren lernbar machen

Methodisches Vorgehen dem Problem anpassen

- Arbeitsschritte können Übersprungen werden, wenn Ergebnisse schon bekannt
- Nur wichtige Aufgabenteile methodisch bearbeiten
- Häufig muss keine ‚ganz neue‘ Lösung gefunden werden, sondern nur eine geeignete vorhandene
- Iterativ arbeiten

III Grundlagen

Das technische Gebilde

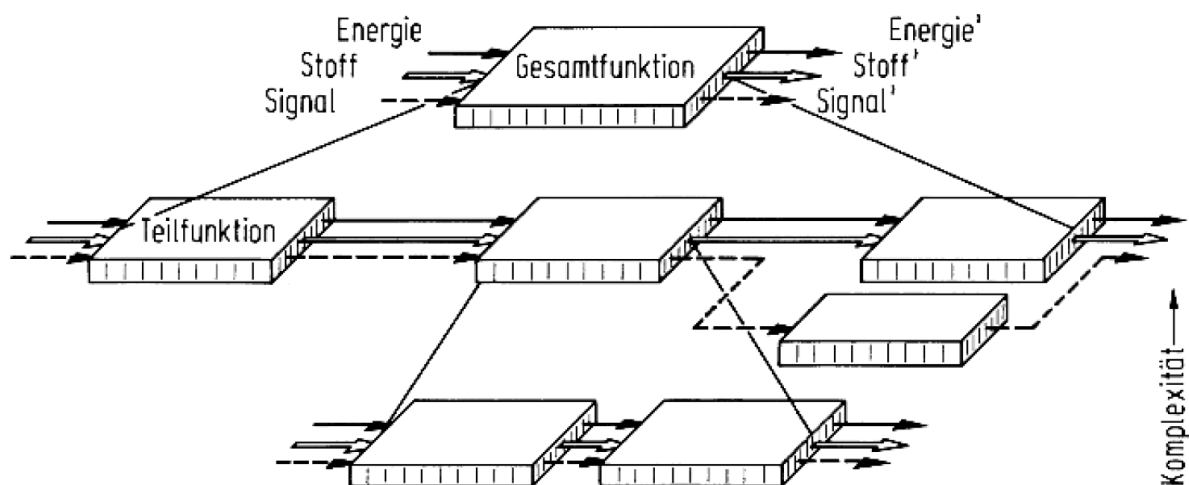


Systemtechnische Betrachtung nach Hubka

1. Technische Gebilde = Systeme, die mit ihrer Umgebung durch Einflussgrößen (Inputs) und Ausgangsgrößen (Outputs) in Verbindung stehen
2. Ein System ist in Teilsysteme untergliederbar
3. Die Systemgrenze grenzt das System von seiner Umgebung ab
4. Die Ein- und Ausgangsgrößen überschreiten die Systemgrenze

Energie-, Stoff- und Signalumsatz

- Technische Systeme dienen einem technischen Prozess, in dem Energien, Stoffe und Signale geleitet und/oder verändert werden
- Dabei ist in der Regel ein Fluss dominierend → Hauptfluss
- Meistens ist ein weiterer Fluss begleitend



➔ Zur Beschreibung der Eingangs- und Ausgangsgrößen:

- Quantitätsangaben
- Qualitätsangaben
- Kostenangaben

Definition: Funktion

Allgemeiner und gewollter Zusammenhang zwischen Eingang und Ausgang eines Systems mit dem Ziel, eine Aufgabe zu erfüllen

Funktionszusammenhang

- Gesamtfunktion ergibt sich aus der Gesamtaufgabe
- Gesamtfunktion lässt sich in Teilfunktionen gliedern
- Verknüpfung von Teilfunktionen zur Gesamtfunktion ➔ Funktionsstruktur
- Hauptfunktionen:
 - Dienen unmittelbar der Gesamtfunktion
- Nebenfunktionen:
 - Tragen im Sinne von Hilfsfunktionen nur mittelbar zur Gesamtfunktion bei
 - Haben unterstützenden oder ergänzenden Charakter
 - Sind häufig von der Art der Lösung bedingt

Wirkzusammenhang

- Physikalische Effekte und geometrische/stoffliche Merkmale werden in Zusammenhang gebracht
- Wirkzusammenhang wird bestimmt durch:
 1. Gewählter physikalischer Effekt
 2. Festgelegte geometrische und stoffliche Merkmale

Zielsetzungen. Bedingungen und Leitlinien

Allgemeine Zielsetzung bei der Lösung technischer Aufgabe

- ➔ Erfüllung der technischen Funktion
- ➔ Wirtschaftliche Realisierung
- ➔ Einhaltung der Sicherheit für Mensch und Umgebung/Umwelt

Leitlinie

- | | | |
|------------------|-----|---|
| ○ Sicherheit | ... | Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit |
| ○ Ergonomie | ... | Mensch-Maschine-Beziehung |
| ○ Fertigung | ... | Fertigungsart, Fertigungsmittel |
| ○ Kontrolle | ... | zu jedem erforderlichen Zeitpunkt der Produktentstehung |
| ○ Montage | ... | innerhalb, nach und außerhalb der Teilefertigung |
| ○ Transport | ... | inner-/außerbetrieblich |
| ○ Gebrauch | ... | Betrieb, Handhabung |
| ○ Instandhaltung | ... | Wartung, Inspektion, Instandsetzung |
| ○ Recycling | ... | Wiederverwertung, Wiederverwendung |
| ○ Aufwand | ... | Kosten, Zeiten, Termine |

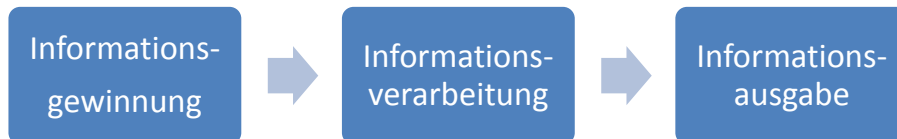
Begriffsdefinitionen

- Methode : planmäßiges Vorgehen zum Erreichen eines bestimmten Ziels.
- Methodik : planmäßiges Vorgehen unter Einschluss mehrerer Methoden und Hilfsmittel.
- Systematik : ganzheitliche Betrachtung mit ordnenden Gesichtspunkten bzw. Merkmalen
- Diskursiv : von einem Gedankeninhalt zum anderen fortschreitend, dabei ist die Entstehung in Teilschritten verfolgbar → schrittweises Denken
- Intuitiv : einfallsbetontes Erkennen, Gegensatz zu diskursiv

Voraussetzungen des methodischen Vorgehens

- Ziele definieren
 - ➔ Gesamt-/Teilziele benennen, Bedeutung erläutern
- Bedingungen aufzeigen
 - ➔ Rand-/Anfangsbedingungen klarstellen
- Vorurteile auflösen
- Varianten suchen
- Beurteilen
- Entscheidung fällen

Lösungsprozess als Informationsumsatz



-Brainstorming
-Fachliteratur
-Normen
-Lösungskataloge

-Info-Analyse
-Lösungskonzepte
-Berechnungen
-Skizzen, Zeichnungen

- Tabellen
-Schemata
-Skizzen
-Arbeitspläne

Allgemein anwendbare Methoden

1. Methode des gezielten Fragens

- Selbst gestellte Fragen oder vorgelegte Fragen regen Denkprozess und Intuition an
- Fragenkatalog/Checklisten fördern diskursives Vorgehen
- ‚Fragen stellen‘ wichtigstes methodisches Hilfsmittel

2. Methode der Negation und Neukonzeption

- Aussagen der Reihe nach für sich oder in Gruppen negieren (weglassen)
- Auch Weglassen eines Elements kann Negieren bedeuten
- Bewusste Umkehrung → neue Lösungsmöglichkeiten
- Bsp. Berührenden Dichtung → berührungslose Dichtung

3. Methode des Vorwärtsschreitens

- Ausgehend von erstem Lösungsansatz alle nur denkbaren oder möglichst viele Wege einschlagen, die von der Anfangssituation wegführen und weitere Lösungen liefern
- Divergentes Denken/Vorgehen, bedeutet nicht immer systematisches Variieren
- Durch Nutzung systematischer Merkmale kann Denkprozess bewusst unterstützt werden

4. Methode der Faktorisierung

- Komplexe Zusammenhänge/System in weniger komplexe einzelne Elemente (Faktoren) auflösen
- Gesamtaufgabe in Teilaufgaben gliedern, die für sich gesondert betrachtet einfacher gelöst werden können
- Dabei Gesamtzusammenhang im Auge behalten
- Bsp. Aufstellen einer Funktionsstruktur

5. Methode des Systematisierens

- Systematisches Variieren kennzeichnender Merkmale
- Charakteristisch ist das Aufstellen einer verallgemeinernden Ordnung → vollständige Lösungsübersicht
- Schematisierte Darstellung von Merkmalen und Lösungen unterstützt dieses Vorgehen
- Zählt zu den wichtigsten methodischen Hilfsmittel
- Bsp. Konstruktionskataloge

IV Prozess des Planens und Konstruierens

Allgemeiner Lösungsprozess

- Beschreibt den Ablauf einzelner Arbeitsschritte zur Lösung einer Aufgabe
- Bewusst schrittweises Vorgehen:
 - Erleichtert die Arbeit
 - Macht Prozesse besser planbar
 - Ermöglicht bessere Beurteilung der Arbeitsergebnisse
 - Führt zu umfassenderen, besseren Ergebnissen
- Lösungsfindung ist ein iterativer Vorgang

V Produktplanung und Aufgabenklärung

Produktplanung: Aufgabe und Vorgehen

- ✓ Produktidee → Produktentwicklungsprozess
- ✓ Ziel: zum richtigen Zeitpunkt das richtige Produkt auf den Markt bringen!
- ✓ Ausgangspunkt der Produktplanung: Marketing
 - Schnittstelle zum Kunden
 - Repräsentiert Stimme des Kunden
 - Wacht über die Erfüllung von Käuferwünschen
- ✓ Kundenorientierung = Kundenintegration (QFD)

Impulse für Produktplanung

Impulse vom Markt:

- Technische und wirtschaftliche Stellung des eigenen Produkts am Markt
- Technische und wirtschaftliche Vorteile der Wettbewerbsprodukte
- Änderungen der Marktwünsche
- Anregungen und Kritik des Kunden

Impulse vom Umfeld:

- Eintreten wirtschaftlicher Ereignisse
- Substitution durch neue Technologien und Forschungsergebnisse
- Umweltauflagen und Recycling bei bestehenden Produkte/Verfahren

Impulse vom eigenen Unternehmen:

- Eigene FuE-Ergebnisse nutzen
- Neue Funktionen zur Erweiterung oder Befriedigung des Absatzgebiets
- Rationalisierungsmaßnahmen
- Höherer Diversifizierungsgrad → Abstützung auf mehrerer Produkte

Analysieren der Situation

- ❖ Lebenszyklusbetrachtung
 - Je nach Branche und Produktart sehr unterschiedliche Lebenszyklen
 - Immer kürzere Zeit
 - Spätestens in Sättigungsphase → Maßnahmen zur Wiederbelebung oder Neu-Produkt
 - Merkmal: Marktanteil

❖ Produkt-Markt-Matrix

	derzeitige Märkte			neue Märkte		
derzeitige Produkte						
		1			2	
neue Produkte						
		3			4	

❖ Portfolio-Analyse

- Mehrdimensionale Darstellung strategischer Geschäftsfelder oder sonstiger Zusammenhänge zur Beschreibung einer:
 - Technologiesituation
 - Internationale Situation
 - Unternehmenssituation
 - Konkurrenzsituation
- Unterscheidung in IST-Portfolio und ZIEL-Portfolio
- Vereinfachte Darstellung mit 4-Felder-Matrix

Finden von Produktideen

- Funktion:
 - Welche Funktionen fordert der Kunde?
 - Welche ergänzen die bisherigen Funktionen?
- Wirkprinzip:
 - Kann der Wechsel des Wirkprinzips bessere Produkte bewirken?
- Gestaltung:
 - Raumbedarf angemessen?
 - Ist Design noch ansprechend?

Auswählen von Produktideen

Auswahlverfahren nach

- ➔ Unternehmenszielen
- ➔ Hoher Umsatz/Gewinn
- ➔ Hoher Marktanteil
- ➔ Funktionsvorteil für den Anwender

Definieren von Produkten

- Konkretisierung und Präzisierung der Produktidee
- Vorläufige Anforderungsliste
- Anforderungen lösungsneutral formulieren

Erarbeiten der Anforderungsliste (AFL)

Forderungen:

- ✓ **Müssen** unter allen Umständen erfüllt werden
- ✓ Ohne deren Erfüllung kein Produkt!
- ✓ Mindestanforderungen durch Formulierungen präzisieren

Wünsche:

- **Sollen** nach Möglichkeit erfüllt werden
- Dabei eventuell begrenzter Mehraufwand zulässig

Anforderungen formulieren mit:

Quantität: Anzahl, Stückzahl, Durchsatz ...

Qualität: Toleranzen, Tropenfest, Korrosionsbeständig ...

VI Konzipieren

Definition: Konzipieren

Prinzipielle Festlegung einer Lösung durch

- ❖ Abstrahieren auf die wesentlichen Probleme
- ❖ Aufstellen von Funktionsstrukturen
- ❖ Suche nach geeigneten Wirkprinzipien
- ❖ Kombination der Wirkprinzipien zu einer Wirkstruktur

Ziel der Abstraktion

- Konventionelle Vorstellung/Vorfixierungen/Vorurteile auflösen
- Durchbruch zu ungewohnten, besseren oder wirtschaftlicheren Lösungen ermöglichen
- Abstrahieren → das Allgemeingültige und Wesentliche hervorheben
- Wesenskern der Aufgabe
- Gesamtfunktion

Schrittweise Abstraktion anhand der AFL

1. Gedankliche Wünsche weglassen
2. Forderungen weglassen, die die Funktion und die wesentlichen Bedingungen nicht unmittelbar betreffen
3. Quantitative Angaben in qualitative umsetzen und dabei auf wesentliche Aussagen reduzieren
4. Erkanntes sinnvoll erweitern
5. Problem lösungsneutral formulieren

Aufstellen von Funktionsstrukturen

Definition: Gesamtfunktion

Die Gesamtfunktion gibt:

- * Unter Bezug auf den Energie-,Stoff- und Signalumsatz
- * In Blockdarstellung
- * Lösungsneutral

den Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen so konkret wie möglich an.

Aufgliedern in Teilfunktionen

- ➔ Aufgabenspezifische Funktionen oder
- ➔ Allgemein anwendbare Funktionen oder
- ➔ Logische Funktionen

Bsp. für allgemein anwendbare Funktionen

- Energieumsatz:
 - * Energie wandeln [elekt. → mecha.]
 - * Energie leiten [Kräfte übertragen]
 - * Energie speichern [kin. Energie speichern]
- Stoffumsatz:
 - * Stoff wandeln [Luft verflüssigen]
 - * Stoff leiten [Kohle fördern]
 - * Stoff speichern [Stoffe lagern]
- Signalumsatz:
 - * Signal wandeln [mech. in elekt. Signal]
 - * Signal leiten [Daten übertragen]
 - * Signal speichern [Daten bereithalten]

Vor-/Nachteile von Funktionsstrukturen mit allgemein anwendbaren Funktionen

- + Hohes Abstraktionsniveau
- + Verallgemeinerung → lässt alle Lösungsmöglichkeiten offen
- + Erleichterte Systematisierung (Konstruktionskataloge)
- Wenig anschaulich
- Regt Praktiker nicht zur unmittelbaren Lösungssuche an

Funktionsstruktur mit logischen Funktionen

- Beschreibung der Zusammenhänge zwischen
 - Teilfunktionen (Wenn-dann-Beziehungen)
 - Ein- und Ausgangsgrößen der Teilfunktionen
- Beschreibung mit Booleschen Operationen
 - AND
 - OR
 - NOT
 - NOR/NAND

Kochrezept: Aufstellen von Funktionsstrukturen

- (1) Gesamtfunktion ermitteln
 - Stoff-, Energie-, und Signalfluss als Hauptfluss
- (2) Teilfunktionen ableiten
 - Beginne mit erkennbaren Hauptfunktionen und ergänze durch Nebenfunktionen
 - Hilfe: Eingang und Ausgang der Gesamtfunktion betrachten
- (3) Funktionsstruktur aufstellen
 - Teilfunktionen verknüpfen, logische und chronologische Zusammenhänge suchen
 - Hilfe: Zuerst Struktur für Hauptfluss, anschließend Nebenflüsse ergänzen
- (4) Systemgrenze festlegen
- (5) Funktionsstruktur variieren
 - Zerlegen oder Zusammenlegen einzelner Teilfunktionen (wenige FKT besser)
 - Reihenfolge der einzelnen Teilfunktionen ändern
 - Schaltungsart ändern (Reihenschaltung, Parallelschaltung, Brückenschaltung)
 - Systemgrenze verlegen

Suche nach Lösungsprinzipien

- ◆ Konventionelle Methoden und Hilfsmittel
 - Literaturrecherche, Messungen, Analysen
- ◆ Allgemein anwendbare Methoden
 - Gezieltes Fragen, Negation, Faktorisieren, Systematisieren
- ◆ Intuitiv betonte Methoden
 - Brainstorming, Galerie-Methode, Delphi-Methode
- ◆ Diskursiv betonte Methode
 - Syst. Untersuchung des phys. Geschehens, Ordnungsschemata

Intuitiv betonte Methoden

- * Nutzen Assoziationen und Analogievorstellungen
- * Relativ komplexe Zusammenhänge werden plötzlich ganzheitlich erfasst und erkannt
- * Erkenntnis bildet sich im Unterbewusstsein
- * Idee entsteht plötzlich

Brainstorming

- (1) Äußerer Rahmen:
 - ❖ Moderator (überwacht Spielregeln)
 - ❖ Protokollführer bestimmen
 - ❖ Sitzung nicht länger als 30 min
 - ❖ Gegebenenfalls mit neuem Informationsstand wiederholen
- (2) Ablauf:
 - ❖ Moderator erläutert Problemstellung
 - ❖ Spontane Vorschläge
 - ❖ Ablaufprotokoll ausarbeiten und verteilen

(3) Spielregeln:

- ❖ Keine Kritik, keine Killerphrasen
- ❖ Realisierungsmöglichkeit zunächst nicht beachten
- ❖ Vorgebrachte Ideen abwandeln, kombinieren
- ❖ Alle Ideen aufschreiben

(4) Ergebnisse:

- ❖ Von Fachleuten auf Realisierbarkeit überprüfen und weiterentwickeln lassen
- ❖ Eventuell mit neuer Problemformulierung eine weitere Sitzung durchführen

Galerie-Methode

(1) Einführungsphase:

- Moderator erläutert Problemstellung

(2) Ideenbildungsphase I:

- Gruppenmitglieder suchen für sich intuitiv und vorteilsfreie Lösung (Skizzen, Texte)
- 15 min

(3) Assoziationsphase:

- Ergebnisse werden wie in Galerie aufgehängt
- Galerierundgang mit Diskussionen
- Ziel: durch Negation/Neukonzeption neue Ideen oder ergänzende Vorschläge generieren
- 15 min

(4) Ideenbildungsphase II:

- Gruppenmitglieder entwickeln wieder für sich neue Einfälle

(5) Selektionsphase:

- Alle Ideen werden gesichtet, geordnet und gegebenenfalls vervollständigt
- Erfolgsversprechende Lösungsansätze werden ausgewählt

Vorteile Galerie-Methode

- + Intuitives Arbeiten in der Gruppe ohne ausufernde Diskussionen
- + Wirksame Vermittlung von Skizzen besonders bei Gestaltungsaufgaben
- + Individuelle Leistung bleibt erkennbar
- + Gut auswertbare, dokumentenfähige Unterlagen

Methode 635

- Weiterentwicklung des Brainstorming
- 6 Teilnehmer
- Jeder muss 3 Lösungsansätze aufs Papier bringen
- Ergebnisse an Nachbar weitergeben, anschließend 3 zusätzliche Lösungen hinzufügen
- Solange fortsetzen, bis alle 5 anderen Teilnehmer 3 Lösungsansätze hinzugefügt haben

Delphi-Methode

Schriftliche Expertenbefragung in 3 Runden

(1) Abfrage von spontanen Lösungsansätzen

(2) Ergebnisliste aus Runde (1) weitergeben und ergänzen

(3) Ergebnisliste aus Runde (2) verteilen und Vorschläge aufgrund von Realisierbarkeit auswählen

Synektik

„Zusammenfügen verschiedener und scheinbar voneinander unabhängigen Begriffe“

- ➔ Dem Brainstorming verwandtes Verfahren
- ➔ Vertrautes verfremden
- ➔ Analogien/Vergleiche aus fachfremden Bereichen zur Anregung heranziehen
- ➔ Systematischer als Brainstorming
- ➔ Max. 7 Teilnehmer

Diskursiv betonte Methoden

- * Sind durch schrittweises Vorgehen gekennzeichnet
- * Lösungssuche erfolgt hierbei durch Analysieren und systematischen Variieren von beteiligten physikalischen Größen und Gestaltungsmerkmale, die als Ordnenende Gesichtspunkte (OGP) für Ordnungsschemata genutzt werden

OGP: Energiearten, physikalische Effekte, Erscheinungsformen

- ◆ Mechanisch ... Gravitation, Trägheit
- ◆ Hydraulisch ... hydrostatisch, hydrodynamisch
- ◆ Optisch ... Reflexion, Biegung, Brechung
- ◆ Thermisch ... Ausdehnung, Wärmespeicher, Bimetall Effekt

OGP: Wirkgeometrie, Wirkbewegung, prinzipielle Stoffeigenschaften

- ◆ Wirkgeometrie:
 - Art ... Punkt, Linie, Fläche
 - Form ... Kreis, Ellipse, Dreieck
 - Lage ... axial, vertikal, radial
- ◆ Wirkbewegung:
 - Art ... ruhend, translatorisch, rotatorisch
 - Form ... gleichförmig, ungleichförmig
 - Betrag ... Höhe der Geschwindigkeit
- ◆ Prinzipielle Stoffeigenschaften:
 - Zustand ... fest, flüssig, gas
 - Verhalten ... starr, elastisch, plastisch
 - Form ... Festkörper, Pulver, Staub

Erstellen von Ordnungsschemata

- ➔ Parameter und ordnende Gesichtspunkte (OGP) suchen, die für die zu erfüllende Funktion, Merkmale von Lösungen sein können
- ➔ Ordnungsschema aufstellen, Zeilen und Spalten benennen
- ➔ Physikalisch unmögliche Kombinationen von Zeilen- und Spaltenparametern kennzeichnen
- ➔ Für mögliche Parameterkombinationen Lösungen suchen und einzeichnen oder kennzeichnen

Konstruktionskataloge

- Spezielle Art eines Ordnungsschemas
- Tabellarische Lösungssammlung
- Enthält bekannte und bewährte Lösungen für bestimmte konstruktive Aufgaben

- Unterschiedliche Konkretisierungsniveaus:
 - Physikalische Effekte
 - Wirkprinzipien
 - Maschinenelemente

Aufbau von Konstruktionskatalogen

- * Gliederungsteil:
 - Enthält OGP mit systematisierenden Merkmalen
 - Bestimmt den systematischen Aufbau des Kataloges
 - Beeinflusst die Handhabbarkeit
- * Hauptteil:
 - Enthält Objekte/Lösungen in Form von:
 - Skizzen, math. Gleichungen
 - Zeichnungen, Abbildungen
 - Ergänzt mit ID-Nr.
- * Zugriffsteil:
 - Enthält auswählerleichternde Merkmale
 - Beschreibt Eigenschaften der Objekte/Lösungen
 - Dien der Auswahl der geeigneten Objekte/Lösungen
- * Anhang
 - Ermöglicht Angabe über Herkunft
 - Ergänzende Anmerkungen

Anforderungen an Konstruktionskataloge

- Unabhängig von Konstruktionsmethode einsetzbar
- Allgemein gültig → universell einsetzbar
- Möglichst vollständiges Lösungsfeld
- Ergänzungen müssen möglich sein
- Schneller Zugriff auf Lösungen/Objekte und Informationen über deren Eigenschaften

Kombinieren von Lösungsprinzipien

- ◆ Sind für Teilfunktionen Lösungen gefunden worden, ergibt ihre sinnvolle Kombination die Gesamtlösung
- ◆ Hauptproblem: Erkennen von Verträglichkeiten bzw. Unverträglichkeiten
- ◆ Weiteres Problem: Auswahl der technisch und wirtschaftlich günstigsten Lösung
- ◆ Kombination übersichtlich in Ordnungsschema darstellen → Morphologischer Kasten

Vorgehen zu Lösungsprinzipien kombinieren

- 1.) Teilfunktionen in Kopfspalte entsprechend der Reihenfolge der Funktionsstruktur
- 2.) Zu jeder Teilfunktion zeilenweise die zugehörige Lösung aufführen
- 3.) Bildliche Darstellungen bevorzugen
- 4.) Lösungen durch zusätzliche Spaltenparameter ordnen (z.B. nach Energieart)
- 5.) Unverträglichkeiten zwischen Lösungen feststellen
- 6.) Sinnvolle Kombinationen als Gesamtlösungen suchen

Auswählen geeigneter Lösungsvarianten

- Kriterium A: Lösungen mit der Aufgabe und untereinander verträglich
 Kriterium B: Forderungen der AFL erfüllt
 Kriterium C: Realisierungschance gegeben
 Kriterium D: zulässiger Aufwand wird nicht überschritten
 Kriterium E: unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben
 Kriterium F: Lösungsart im eigenen Bereich bevorzugt

TH Darmstadt MuK		AUSWAHLLISTE für Geber für Tankinhaltsmeßgerät						Blatt: 1 Seite:		
Lösungsvariante (Lv) eintragen:	Lösungsvarianten (Lv) nach <u>AUSWAHLKRITERIEN</u> beurteilen :						ENTSCHEIDEN			
	(+) ja (-) nein (?) Informationsmangel (!) Anforderungsliste überprüfen Verträglichkeit gegeben Forderungen der Anforderungsliste erfüllt Grundsätzlich realisierbar Aufwand zulässig Unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben Im eigenen Bereich bevorzugt						Lösungsvarianten (Lv) kennzeichnen:			
							(+ Lösung weiter verfolgen			
							(-) Lösung scheidet aus			
							(?) Information beschaffen (Lösung erneut beurteilen)			
							(!) Anforderungsliste auf Änderung prüfen			
	Lv	A	B	C	D	E	F	G	Bemerkungen (Hinweise, Begründungen)	Entscheidung
	1	1	+	+	+	?			Anzahl der Meßstellen	?
	2	2	+	-					Unterbringung der Hasse	-
	3	3	-						Radioaktivität	-
4	4	+	+	+	+	(+)		(Weiterentwicklung bisheriger Lösungen)	+	
5	5	+	+	+	+				+	
6	6	-						Flüssigkeit nicht leitend	-	
7	7	+	+	+	+				+	
8	8	+	+	+	+			s. Lv 7	+	

Bewerten von Varianten

- Erkennen der entscheidungsrelevanten Eigenschaften
 - Wichtige technischen Eigenschaften/Mindestanforderungen
- Prüfen ihrer Bedeutung (Gewicht) für den Gesamtwert der Lösung
 - Nur gleichgewichtiges vergleichen sonst Gewichtungsfaktoren verwenden
- Eigenschaften möglichst in quantitative Kenngrößen beschreiben
 - Leistung, Verbrauch, Anzahl
- Beurteilen der jeweiligen Eigenschaften der verschiedenen Varianten nach festgelegten Wertvorstellungen
 - Punktebewertung der Eigenschaften (VDI 2225)
- Vergleich der Varianten
- Abschätzen der Beurteilungsunsicherheiten
- Schwachstellenanalyse zur Verbesserung der favorisierten Variante(n)
 - Kennzeichen: Eigenschaften mit geringen Punktzahlen

Bestimmung der technischen und wirtschaftlichen Wertigkeit

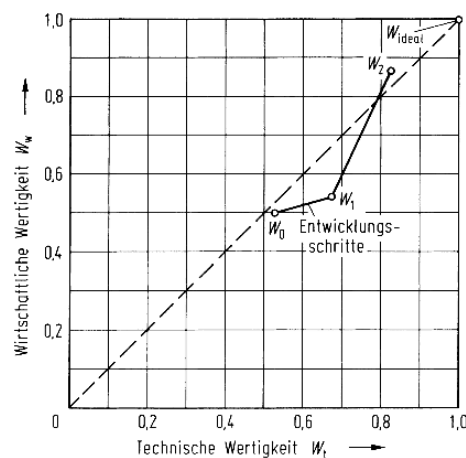
- Voneinander unabhängige Bewertungskriterien angeben
- Möglichst gleiche Gewichtung anstreben
- Varianten neutral bezeichnen
- Stets Vorzüge als Bewertungsgrundlage wählen

$$W_t = \frac{\sum p_k}{\sum p_{id}} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n \cdot p_{max}} \quad \text{ohne Gewichtung}$$

$$W_t = \frac{\sum g_k \cdot p_k}{\sum p_{id}} = \frac{g_1 \cdot p_1 + g_2 \cdot p_2 + \dots + g_n \cdot p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) \cdot p_{max}} \quad \text{mit Gewichtung}$$

$$W_w = \frac{H_0}{H_{variante}} \quad \text{mit} \quad H_0 = 0,7 \cdot H_{Zielkosten} \quad \text{oder} \quad H_0 = 0,7 \cdot H_{Minimum}$$

- $W > 0,8$ gute Lösung
 $W \approx 0,7$ gute Lösung aber punktuell verbessern
 $W < 0,6$ unbefriedigende Lösung



Bewertungskriterien gewinnen aus:

1.) Anforderungen der AFL

- ✓ Wahrscheinlichkeit der Erfüllung von Forderungen
- ✓ Erstrebenswerte Überschreitungen von Mindestanforderungen
- ✓ Wünsche

2.) Allgemein technische und wirtschaftliche Eigenschaften und Merkmale →

Hauptmerkmalliste (Leitlinie)

- ✓ Fertigung : keine aufwendigen Vorrichtungen, einfache Teile
- ✓ Gestaltung: wenig Komplexität, geringer Raumbedarf
- ✓ Montage: leicht, keine besonderen Hilfsmittel

VII Entwerfen

- * Konkrete Gestaltung der prinzipiellen Lösung
- * Festlegen der Hauptabmessungen / Werkstoffe / Fertigungsverfahren
- * Dimensionierung
- * Ermittlung der Herstellkosten
- * Beinhaltet im Vergleich zum Konzipieren mehr korrektive Arbeitsschritte
- * Komplexität → viele Tätigkeiten werden zeitlich parallel und iterativ durchgeführt
- * Kein allgemeingültiger Ablaufplan

Vorgehen:

- 1.) Vom Qualitativen zum Quantitativen
- 2.) Vom Abstrakten zum Konkreten
- 3.) Von einer Grobgestaltung zu einer Feingestaltung

→ Checkliste: „Leitlinie mit Hauptmerkmalen beim Gestalten“

Definition: Gestalten

Stets wiederkehrender Überlegungs- und Überprüfungsvorgang

Vorgehen beim Gestalten

1. Auslegen mit Werkstoffwahl → Funktionserfüllung
2. Erste maßstäbliche Darstellungen
3. Grobe Beurteilung der räumlichen Verträglichkeit
4. Gesichtspunkte der Sicherheit, Ergonomie, Fertigung, Montage, Gebrauch, Instandhaltung, Recycling, Kosten
5. Viele gegenseitige Beeinflussungen
6. Iteratives Vorgehen
7. Wichtige Probleme früh erkennen und zuerst lösen

Grundregeln zur Gestaltung

- Eindeutig → Erfüllung der technischen Funktion
 - Wirkung und Verhalten zuverlässig vorhersehbar
- Einfach → wirtschaftliche Realisierung
 - Geringe Anzahl der Teile, einfache Gestaltungsformen, schnelle kostengünstige Fertigung mit guter Qualität
- Sicher → Sicherheit für Mensch und Umgebung
 - Haltbarkeit, Zuverlässigkeit, Unfallfreiheit, Umweltschutz

Grundregel „eindeutig“

Funktion:

- klare Zuordnung der Teilfunktionen der Funktionsstruktur mit zugehörigen In/Output

Wirkprinzip:

- geordnete Führung des Energie-/Kraftflusses, des Stoff-/Signalflusses sicherstellen
- definierte Dehnungsrichtungen und –möglichkeiten konstruktiv vorhersehen

Auslegung:

- eindeutig definierter Lastzustand nach Art, Größe, Häufigkeit und Zeit notwendig
- eindeutiges Verhalten hinsichtlich Stabilität, Resonanzlagen, Verschleiß, Korrosion

Ergonomie:

- Mensch-Maschine-Beziehungen: Ausführen von Bedienung sollen mittels entsprechender Anordnung und Schaltungsart auf folgerichtiger Weise erzwungen werden

Fertigung und Kontrolle:

- Eindeutige und vollständige Angaben in Zeichnungen, Stücklisten und Anweisungen
- Erfüllung der festgelegten Ausführungsmerkmale gegebenenfalls in Form von Protokollen einfordern

Montage und Transport:

- Eine zwangsläufige und Irrtümern ausschließende Montagefolge sollte aufgrund der konstruktiven Gestaltung gegeben sein

Gebrauch und Instandhaltung:

- Betriebsergebnisse sollen übersichtlich anfallen und kontrollierbar sein
- Inspektionen/Wartungen mit wenig unterschiedlichen Hilfsstoffen und Werkzeugen
- Inspektions-/Wartungsmaßnahmen hinsichtlich Zeit und Umfang klar definieren

Recycling:

- Eindeutige Trennstellen zwischen verwertungsunverträglichen Werkstoffen vorsehen
- Eindeutige Montage- und Demontage vorsehen

Grundregel „einfach“

Funktion:

- Möglichst wenige Teilfunktionen
- Übersichtliche und folgerichtige Verknüpfungen von Teilfunktionen

Wirkprinzip:

- Geringe Anzahl von Vorgängen und Komponenten
- Durchschaubare Gesetzmäßigkeiten
- Wenig Aufwand

Auslegung:

- Geometrische Formen zugrunde legen, die direkt für Festigkeit und Elastizitätslehre tauglich sind

Ergonomie:

- Sinnfällige Bedienvorgänge
- Übersichtliche Anordnungen
- Leicht verständliche Signale

Fertigung und Kontrolle:

- Wenige Fertigungsverfahren mit geringen Rüstzeiten
- Übersichtliche Formen, die Kontrolle erleichtern und beschleunigen

Montage und Transport:

- Montierende Teile leicht erkennbar
- Schnelle durchschaubare Montage
- Jeder Einstellvorgang nur einmal nötig
- Keine Wiedermontage

Gebrauch und Instandhaltung:

- Ohne besondere, komplizierte Einweisung möglich
- Übersichtlichkeit der Vorgänge und leichte Erkennbarkeit von Abweichungen

Recycling:

- Verwendung verwertungsverträglicher Werkstoffe
- Einfache Demontage
- Einfachheit der Teile

Grundregel „sicher“

- ➔ Zuverlässige Erfüllung der Funktionen
- ➔ Gefahrenminderung für den Menschen und für die Umgebung

DIN 3100

- 1) Unmittelbare Sicherheitstechnik
 - ◆ Lösung so wählen, dass von vorneherein und aus sich heraus keine Gefährdung entsteht
- 2) Mittelbare Sicherheitstechnik
 - ◆ Aufbau von Schutzsystemen
 - ◆ Anordnung von Schutzeinrichtungen
- 3) Hinweisende Sicherheitstechnik
 - ◆ Vor Gefahren warnen
 - ◆ Gefährdungsbereich durch Hinweise kenntlich machen

Definition: Zuverlässigkeit

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

Bereiche der Sicherheitstechnik

Betriebssicherheit:

Umfasst die Einschränkungen der Gefährdungen beim Betrieb von technischen Systemen, so dass diese selbst und ihre unmittelbare Umgebung keinen Schaden nehmen

Arbeitssicherheit:

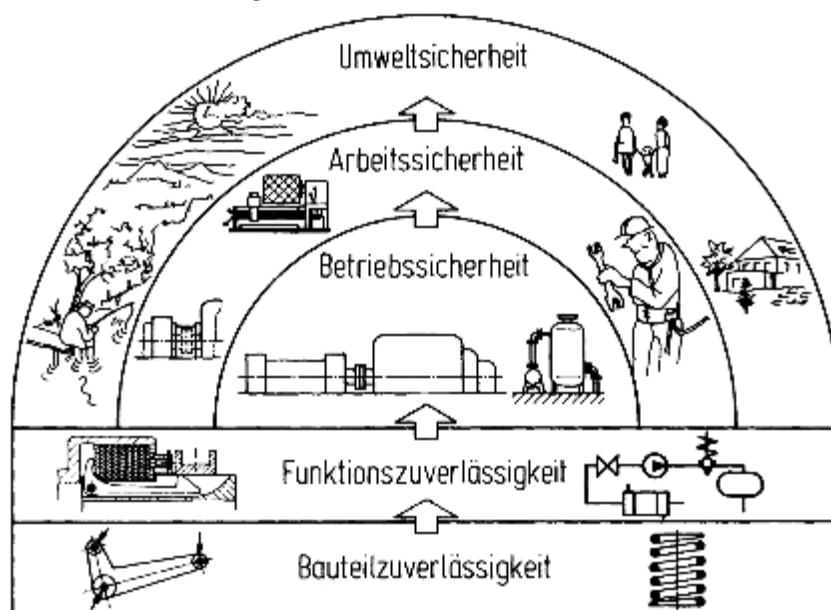
Betrifft die Einschränkungen von Gefährdungen des Menschen bei der Arbeit bzw. bei der Benutzung oder Gebrauch technischer Systeme auch außerhalb der Arbeitswelt

Umweltsicherheit:

Befasst sich mit der Einschränkung von Schädigungen im Umfeld technischer Systeme

Schutzmaßnahmen:

Schutzsysteme/Schutzeinrichtungen haben die Aufgabe, eine bestehende Gefährdung so einzuschränken, dass das Risiko auf ein vertretbares Maß reduziert wird, wenn dies nicht durch unmittelbare Sicherheitstechnik möglich ist



Prinzipien der unmittelbaren Sicherheitstechnik

1.) Prinzip des „Sicheren Bestehens“ (safe-life)

Alle Bauteile und ihr Zusammenhang sind so beschaffen, dass während der vorgesehenen Einsatzzeit alle wahrscheinlichen oder sogar möglichen Vorkommnisse ohne ein Versagen oder eine Störung überstanden werden können

„Sicheren Bestehens“ wird sichergestellt durch:

- ➔ Ausreichend sichere Auslegung aufgrund bewährter Hypothesen und Rechenverfahren
- ➔ Zahlreiche und gründliche Kontrollen des Fertigungs- und Montagevorgangs
- ➔ Bauteil- oder Systemuntersuchungen zur Ermittlung der Haltbarkeit

Prinzip „Sicheren Bestehens“:

- * Erfordert genaue Kenntnisse aller Einflüsse
- * Erfordert einschlägige Erfahrung oder sehr oft erheblichen Aufwand an Voruntersuchungen
- * Hat oft einen schweren Unfall zur Folge, wenn dennoch Versagen eintritt (Einsturz Brücke)

2.) Prinzip des „Beschränkten Versagens“ (fail-safe)

Lässt während der Arbeitszeit eine Funktionsstörung und/oder einen Bruch zu, ohne dass es dabei zu schwerwiegenden Folgen kommen darf

In dem Fall „Sicheren Bestehens“ muss:

- ✓ Eine wenn auch eingeschränkte Funktion/Fähigkeit erhalten bleiben, die einen gefährlichen Zustand vermeidet
- ✓ Der Fehler oder das Versagen erkennbar werden
- ✓ Die Versagensstelle ein Beurteilen ihres für die Gesamtsicherheit maßgebenden Zustands ermöglichen
- ✓ Funktion des versagenden Teils muss übernommen werden, bis sicher abgeschaltet werden kann

Warnungen bei „Beschränkten Versagens“:

- Laufunruhen
 - Leckage
 - Leistungsrückgang
 - Bewegungsbehinderungen
 -
- ➔ Das Prinzip setzt die Kenntnis des Schadensablaufs und eine solche konstruktive Lösung voraus, die die eingeschränkte Funktion im Falle des Versagens übernimmt oder erhält

3.) Prinzip der „Redundanten Anordnung“

Durch Mehrfachanordnungen wird die Sicherheit erhöht, sofern ein möglicherweise ausfallendes Systemelement von sich aus keine Gefährdung hervorruft und das parallel oder in Serie angeordnete weitere Systemelement die volle oder wenigstens eingeschränkte Funktion übernehmen kann

Aktive Redundanz:

- ❖ Alle Komponenten sind aktiv an der Aufgabe beteiligt
- ❖ Bei Teilausfall entsteht nur Energie-/Leistungsminderung
- ❖ Bsp. Mehrere Triebwerke im Flugzeug / parallele Versorgungsleitungen

Passive Redundanz:

- * Reserve-Einheit werden bei Ausfall zugeschaltet
- * Aktivierung erfordert Schaltvorgang
- * Bsp. Ersatzpumpen / Ersatz-Rechnersysteme

Prinzip Redundanz:

- ◆ Mehrfach-Anordnung mit gleicher Funktion aber unterschiedlichem Wirkprinzip

Fazit: Prinzipien der unmittelbaren Sicherheitstechnik

Zum Einhalten der Prinzipien der unmittelbaren Sicherheitstechnik tragen die Grundregeln „einfach“ und „eindeutig“ sowie das „Prinzip der Aufgabenteilung“ in besonderem Maße bei

Prinzipien der mittelbaren Sicherheitstechnik

- Schutzsysteme und Schutzeinrichtungen
- Diese übernehmen Schutzfunktion, soweit die unmittelbare Sicherheitstechnik den nötigen Schutz nicht bieten zu vermag
- Schutzsysteme lösen bei Gefährdung eine Schutzreaktion aus
- Schutzeinrichtungen haben eine Schutzfunktion ohne Schutzreaktion

Beispiele für Schutzsysteme:

- Mit mehrfachen Redundanzen versehene Überwachung der Temperatur im Kernreaktor
- Überwachung der Nichtzugänglichkeit von Roboterarbeitsplätzen
- Verriegelungen mit Einschaltsicherungen an Deckeln von Zentrifugen
- ➔ Können sowohl beseitigend, begrenzend oder trennend wirken

Beispiele für Schutzeinrichtungen:

- Verkleidungen
- Verdeckungen
- Umwehrungen
- ➔ Passive Rolle des Trennens, Fernhaltens und Schützens durch Anordnung von formgestalteten Stoff

Grundforderungen der Schutztechnik

- 1.) Zuverlässig wirkend
- 2.) Zwangsläufig wirksam
- 3.) Nicht umgehbar

Gestaltungsprinzipien

- * Stellen Strategien dar, die nur unter bestimmten Voraussetzungen zweckmäßig, aber nicht total anwendbar sind
- * Können einander widersprechen oder Anforderungen entgegenstehen
- * Helfen, anforderungsgerechte Baustruktur zu entwickeln

- A) Prinzipien der Kraftleitung
 - a. Zur häufig wiederkehrenden Aufgabe, Kräfte oder Momente zu leiten
- B) Prinzipien der Aufgabenteilung
 - a. Zur Trennung von Teilfunktionen und Zuordnung auf verschiedene Funktionsträger
- C) Prinzip der Selbsthilfe
 - a. Zur sinnvollen Verknüpfung von Teilfunktionen und Ausnutzung unterstützender Hilfswirkungen
- D) Prinzip der Stabilität und Bistabilität
 - a. Um durch gewollte Labilität ein stabiles Verhalten zu erzielen

Prinzip der Kraftleitung

(1) Kraftfluss und Prinzip der gleichen Gestaltfestigkeit

- Kraftflussgerechte Gestaltung:
 - ✓ Kraftfluss stets geschlossen halten
 - ✓ Keine scharfen Umlenkungen
 - ✓ Keine plötzlichen Änderungen der Kraftflussdichte durch Querschnittsänderungen
 - ✓ Symmetrische Formen bevorzugen
- Prinzip der gleichen Gestaltfestigkeit
 - ✓ Gleiche Ausnutzung der Festigkeit durch geeignete Wahl von Werkstoffen und Formen anstreben, sofern wirtschaftliche Gründe nicht dagegen sprechen

(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
- Bei kleine Verformungen: kurze/direkte Wege, nur Zug-/Druckbeanspruchungen
- Bei großen, elastischen Verformungen: lange Wege, Biege-/Torsionsbeanspruchungen

(3) Prinzip der abgestimmten Verformung

- Komponenten so gestalten, dass unter Last eine weitgehend Anpassung mit Hilfe entsprechender, jeweils gleichgerichteter Verformungen bei möglichst kleiner Relativverformung entsteht
- Bsp. Überlappte Kleb- oder Lötverbindung, Welle-Nabe-Verbindung

(4) Prinzip des Kraftausgleichs

- Funktionsbedingte Hauptgrößen:
 - ✓ Kräfte/Momente, die direkt der Funktionserfüllung dienen
- Begleitende Nebengrößen:
 - ✓ Kräfte/Momente, die nicht direkt der Funktionserfüllung dienen, aber sich nicht vermeiden lassen
- Nebengrößen belasten die Krafteinflusszonen zusätzlich
- Nebengrößen sollten an ihrem Entstehungsort ausgeglichen werden
- Lösung: Ausgleichselemente, symmetrische Anordnung

Prinzip der Aufgabenteilung

(1) Zuordnung der Teilfunktionen

- Zweckmäßige Wahl und Zuordnung der Funktionsträger
- Wirtschaftliches Ziel: Viele Funktionen mit wenigen Funktionsträgern verwirklichen
- Vorteile:
 - ♦ Wenige Komponenten
 - ♦ Geringer Raumbedarf
 - ♦ Geringes Gewicht
- Nachteile:
 - ♦ Fertigungsaufwand
 - ♦ Kompliziertheit der Montage
 - ♦ Grenzleistungen bezüglich einer oder mehreren Funktionen nicht erreichbar

- ALTERNATIVE: Jede Funktion → ein besonderer Funktionsträger

- Vorteile:
 - ♦ Bessere Ausnutzung des betreffenden Bauteils
 - ♦ Höhere Leistungsfähigkeit
 - ♦ Eindeutiges Verhalten
- Nachteil:
 - ♦ Baulicher Aufwand meist größer

(2) Aufgabenteilung bei unterschiedlichen Funktionen

- Rotorblattbefestigung
- Großgetriebe mit Torsionswelle am Abtrieb (Hohlwelle)

(3) Aufgabenteilung bei gleicher Funktion

- Wird infolge Leistungs- oder Größensteigerung eine Grenze erreicht → Aufteilen der gleichen Funktionen auf mehrere Funktionsträger
- Leistungsverzweigung und anschließende Sammlung
- Bsp. Keilriemen, Planetengetriebe, Mehrweggetriebe
 - ♦ Gleichmäßige Kraft-/Lastverteilungen ist problematisch sicherzustellen
 - ♦ Kann nur erreicht werden, wenn die jeweiligen Elemente
- 1. Sich selbständig einstellen
- 2. Flache Kennlinie, ausgleichende Eigenschaften

Wann wird das „Prinzip der Aufgabenteilung“ angewendet?

Prinzip anwenden, wenn bei gleichzeitiger Erfüllung mehrerer Funktionen durch einen Funktionsträger Einschränkungen oder gegenseitige Behinderungen/Störungen entstehen
--

Prinzip der Selbsthilfe

1.) Begriffe und Definitionen

- Durch geschickte Wahl der Systemelemente und ihre Anordnung im System selbst wird eine sich gegenseitig unterstützende Wirkung erzielt, die hilft, die Funktion besser zu erfüllen
- Normallast: gleichsinnig mitwirken, entlasten, ausgleichen
- Überlast: schützen, retten
- Selbsthelfende Konstruktion: Ursprungswirkung + Hilfswirkung = Gesamtwirkung

- Ursprungswirkung:
 - Leitet den Vorgang ein
 - Stellt notwendige Anfangssituation sicher
- Hilfswirkung:
 - Gewonnen aus Hauptgrößen und Nebengrößen
 - Kann auch mit Hilfe geänderter Kraftflussverteilung gewonnen werden
- Selbsthilfegrad:
$$\kappa = \frac{\text{Hilfswirkung}}{\text{Gesamtwirkung}} = \frac{H}{G} = 0 \dots 1$$
- Selbsthilfegewinn:
$$\gamma = \frac{\text{techn. Kenngröße mit Selbsthilfe}}{\text{techn. Kenngröße ohne Selbsthilfe}} = \frac{G}{H}$$
- Gleiche konstruktive Mittel können je nach Anordnung **selbsthelfend** oder **selbstschadend** sein

2.) Selbstverstärkende Lösungen

- Bereits unter Normallast wird die Hilfswirkung in fester Zuordnung aus einer funktionsbedingten Haupt-/Nebengröße gewonnen
- Verstärkte Gesamtwirkung
- Bauteile werden mit zunehmender Hauptgröße entlastet und/oder...
- ...Bauteile werden nur im Maße der Wirkungshöhe der Funktionserfüllung belastet

3.) Selbstausgleichende Lösungen

- Bereits unter Normallast wird die Hilfswirkung in fester Zuordnung aus einer funktionsbedingten Haupt-/Nebengröße gewonnen
- Dabei wirkt die Hilfswirkung der Ursprungswirkung entgegen → Ausgleich → höhere Gesamtwirkung
- Kräfte/Momente mit ihrer resultierenden Beanspruchung aufheben oder...
- ...zusätzliche Kräfte/Momente erzeugen die ausgleichen

4.) Selbstschützende Lösungen

- Bei Überlast keine Betriebszerstörung
- Ausnahme: Sollbruchstelle
- Andere Kraftflussverteilung und somit auch eine andere Beanspruchungsart, die insgesamt tragfähiger ist

Prinzip der Stabilität und Bistabilität

Gleichgewichtszustände:

- Stabil
 - ◆ System kehrt nach Störung von selbst in die Ausgangslage zurück
- indifferent
 - ◆ System nimmt nach Störung eine neue Lage mit unverändertem Gleichgewichtszustand ein
- Labil
 - ◆ System nimmt nach Störung eine neue Lage mit neuem Gleichgewichtszustand ein

Stabiles Verhalten → auftretende Störungen sollen resultierende Wirkungen erzeugen, die entgegenwirken

Labiles Verhalten → auftretende Störungen wirken selbstverstärkend, Labilität führt zu bistabilen Verhalten

- Mit dem Erreichen eines Grenzzustandes wird ein neuer deutlich abgesetzter anderer Zustand erreicht. Wobei Zwischenzustände unerwünscht sind (Motorrad-Ständer)

Gestaltungsrichtlinien

- (A) Ausdehnungsgerecht
- (B) Kriech- und Relaxionsgerecht
- (C) Korrosionsgerecht
- (D) Ergonomiegerecht
- (E) Formgebungsgerecht
- (F) Fertigungsgerecht
- (G) Montagegerecht
- (H) Normgerecht
- (I) Instandhaltungsgerecht
- (J) Recyclinggerecht
- (K) Risikogerecht
- (L) Verschleißgerecht

(A) Ausdehnungsgerecht

- Werkstoffe dehnen sich aus bei Erwärmung
- Thermischer Maschinenbau, Reibungsvorgänge
- Längenausdehnungszahl: $\beta = \frac{\Delta l}{l \cdot \Delta \vartheta_M}$
- Jedes Bauteil muss in seiner Lage eindeutig festgelegt werden
- Festpunkt bestimmen und für Translation und Rotation entsprechende Führungsflächen vorsehen
- Wärmeausdehnungsführungen mit nur einem Freiheitsgrad, müssen auf einem Strahl durch den Fixpunkt angeordnet werden
- Strahl = Symmetrielinien des Verzerrungszustandes
- Stationärer Fall:
 - Gleiche Längenausdehnungszahl → Angleichen der Temperatur
 - Unterschiedliche Temperaturen → Werkstoffe mit untersch. Ausdehnungszahlen

(C) Korrosionsgerecht

- Korrosionserscheinungen lassen sich oft nicht vermeiden, sondern nur vermindern
- Körper gleicher Korrosionsbeständigkeit vorsehen
- Korrosionsschutzgerechte Gestaltung = Korrosionsverträgliche Gestaltung

Regeln:

- 1.) Ausreichend lange und gleiche Lebensdauer mit entsprechender Wanddickenwahl
- 2.) Kleine, glatte Oberflächen
- 3.) Feuchtigkeitssammelstellen vermeiden
- 4.) Korrosionsschutzüberzug vorsehen
- 5.) Spalte abdichten

- 6.) Stumpfnähte oder durchgeschweißte Kehlnähte verwenden
- 7.) Spalte so groß machen, dass Belüftung möglich wird
- 8.) Mechanische/thermische Wechselbeanspruchung vermeiden
- 9.) Spannungsüberhöhungen durch Kerben vermeiden
- 10.) Druckvorspannung als Eigenspannung hilfreich

(D) Ergonomiegerecht

- Biomechanische Aspekte
- Physiologische Aspekte
- Psychologische Aspekte

(E) Formgebungsgerecht

- * Nicht nur technische Zweckerfüllung, auch befriedigende Ästhetik sehr wichtig
- * Konsumgüterbereich: Ästhetik, Gebrauch, Prestige
- * Aufbau, Form, Farbe, Grafik
- * Konstruieren von außen nach innen → enge Kooperation von Designer und Konstrukteur

(F) Fertigungsgerecht

- Fertigungsgerechte Baustruktur legt Fertigungsablauf fest
- Fertigungsgerechte Werkstückgestaltung legt Fertigungsverfahren, Fertigungsmittel und Qualität des Einzelteils fest
- Fertigungsgerechte Werkstoffwahl bestimmt ihrerseits Fertigungsverfahren, Fertigungsmittel, Materialwirtschaft und Qualitätskontrolle
- Fertigungsgerechte Fertigungsunterlagen müssen Rücksicht auf Art der Fertigung, Arbeitsablauf und Qualitätskontrolle nehmen

(G) Montagegerecht

Montageoperationen:

- speichern
- Werkstücke handhaben
- positionieren
- fügen
- einstellen (Justieren)
- sichern
- kontrollieren

Montagegerechte Baustruktur durch:

→ Gliedern → Reduzieren → Vereinfachen ... der Operationen

Montagegerechte Fügestellen durch:

→ Reduzieren → Vereinheitlichen → Vereinfachen

(H) Normgerecht

- + Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen
- + Kein Sondervorteil einzelner
- + Fördert Rationalisierung und Qualitätssicherung
- + Dient der Sicherheit von Menschen und Sachen
- + Sind bewährte Lösungen für häufig wiederkehrende Aufgaben
- + Führt zu sinnvollen Vereinheitlichungen → Kostenersparnisse

- + ISO 1207 (international) / EN ISO (europäisch) / DIN EN ISO 1207 (national)
- + VDI-Normen bzw. AD-Merkblätter
- + Individuelle Werksnormen

(I) Recyclinggerecht

- Produktionsabfall-Recycling (Herstellungsabfälle)
- Produkt-Recycling (Austauschmotoren)
- Altstoff-Recycling (Autoschrott)
- Werkstoffverträglichkeit
 - Nur verträgliche Werkstoffkombinationen untrennbar entwerfen
- Werkstofftrennung
 - Fügestellen zur Demontage vorsehen

VII Ausarbeiten

- ❖ Letzte Phase des Konstruktionsprozess
- ❖ Erstellung aller Unterlagen für Herstellung, Montage, Vertrieb, Transport und Betrieb des Erzeugnisses
- ❖ Bsp. Stücklisten, Zusammenbauzeichnungen, Transporthinweise
- ❖ Produktdokumentation

Systematik der Fertigungsunterlagen

Erzeugnisgliederung

- Aufteilung des Erzeugnisses in kleinere Einheiten
- Grundlage für Strukturierung/Ordnung der Fertigungsunterlagen
- Kann zu einer funktionsorientierten oder fertigungs- bzw. montageorientierten Struktur führen
- Oft hierarchische Gliederung
- Erzeugnisgliederung wird stark durch Fertigungsfluss beeinflusst und umgekehrt
- Immer produkt- und firmenspezifisch (keine Allgemeingültigkeit)
- Wichtige Voraussetzung für Baureihen- und Baukastensysteme

Zeichnungssysteme

(A) Darstellungsart:

- ~ Skizzen
- ~ Maßstäbliche Zeichnungen
- ~ Pläne

(B) Anfertigungsart:

- ~ Tuschezeichnung
- ~ CAD-Zeichnung
- ~ Vordruck-Zeichnung

(C) Inhalt:

- ~ Gesamt-Zeichnung
- ~ Gruppen-Zeichnung
- ~ Einzelteil-Zeichnung

(D) Zweck:

- ~ Entwurfs-Zeichnung
- ~ Konstruktions-Zeichnung
- ~ Fertigungs-Zeichnung

➔ Zeichnungssatz = Gesamtheit aller Zeichnungen

Stücklistensysteme

- Tabellarische Zusammenstellung aller Einzelteile
 - Wichtige Informationen über Menge, Sachnummer, Normen, Werkstoffe
 - Wichtigstes Hilfsmittel zum Informationsaustausch
 - Kann direkt auf Gesamt- oder Gruppenzeichnung angeordnet werden
-
- Stücklistensatz = Gesamtheit aller Stücklisten
 - Stücklistenart = gibt an, wie sich die Erzeugnisgliederung/Fertigungsstufen im Stücklistenaufbau niederschlagen

Mengenübersichts-Stückliste

- Nur Einzelteile mit Sachnummer und Menge
- Keine mehrfach vorkommenden Einzelteile
- Einfachste Form, keine Stufengliederung

Struktur-Stückliste

- ❖ Gibt Erzeugnisstruktur wieder
- ❖ Gliederung entspricht in der Regel dem Fertigungsablauf
- ❖ Vorteil: Gesamtstruktur erkennbar
- ❖ Nachteil: bei vielen Positionen unübersichtlich

Varianten-Stückliste

- * Stücklisten-Sonderform
- * Informationen mehrerer Stücklisten werden zu einer Liste zusammengeführt
- * Gleichbleibende Teile → Grund-Stückliste
- * Vorteilhaft bei Baukastensystemen mit hohem Anteil an gleichen Bausteinen

Baukasten-Stückliste

- ◆ Einstufige Auflösung des Erzeugnisses oder einer Gruppe
- ◆ Enthält nur Gruppen und Teile der nächsttieferen Stufe
- ◆ Mehrere Baukasten-Stücklisten → Stücklistensatz
- ◆ Modularer Aufbau, EDV gestützt
- ◆ Vorteil:
 - Bei Wiederholbaugruppen nur einmal anlegen → dann geringer Aufwand
 - Andere Stücklistenformen lassen sich leicht ableiten
- ◆ Nachteil:
 - Kein Gesamtbedarf des Gesamterzeugnis einsehbar
 - Funktionsbedingter/fertigungstechnischer Zusammenhang erst bei Stücklistensatzerstellung erkennbar

Konstruktions-Stückliste

- Erzeugnisstruktur nach Funktions Gesichtspunkten
- Auftrags- und fertigungsneutral

Fertigungs-Stücklisten

- Konstruktions-Stückliste um Fertigungs- und Montageangaben ergänzt

Montage-Stücklisten

- Erzeugnisstruktur nach Montagegesichtspunkten

Fazit von Stücklistensystemen

- ✓ Informationen der Stücklisten sind im gesamten Unternehmen sehr wichtig (PPS)
- ✓ Informationen nur einmal abspeichern → Stammdaten
- ✓ Aufbau des Zeichnungs- und Stücklistensystems muss aufeinander abgestimmt sein
- ✓ Verknüpfungen von Zeichnungen und Stücklisten mittels einheitlichem Nummernsystem

Kennzeichnung von Gegenständen

Nummerierungstechnik

Anforderungen an Nummernsysteme:

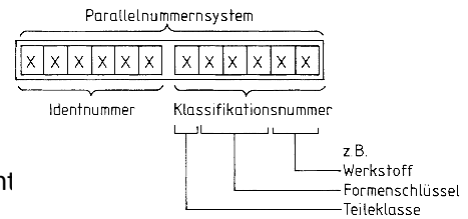
- 1.) Identifizieren → eindeutiges/unverwechselbares Erkennen
- 2.) Klassifizieren → ordnen von Sachen und Sachverhalten nach festgelegten Merkmalen
- 3.) Identifizierung und Klassifikation getrennt handhabbar
- 4.) Weitgehende Erweiterungsmöglichkeiten
- 5.) EDV-verträglich
- 6.) Logischer Systemaufbau → intuitiv bedienbar

Sachnummersysteme

- Sachnummer = Identnummer (ID) einer Sache
- Müssen identifizieren, können darüber hinaus klassifizieren
- „Sachen“ = Gegenstände, Unterlagen, Vorschriften zum Vorgehen
- Können aus Parallelnummern und Verbundnummern aufgebaut sein

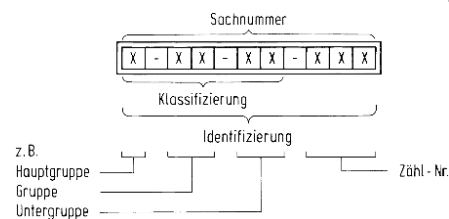
➔ Parallelnummern (Kombination einer ID mit unabhängiger Klassifizierungsnummer)

- Leicht zu handhaben
- Sehr übersichtlich
- Flexibel
- Große Stellenzahl erforderlich ☹



➔ Verbundnummern (besteht aus mehreren Nummern)

- Sehr anschaulich
- Schnelles „Plätzen“



Klassifikationsnummernsysteme

Sinn und Zweck:

- ➔ Schnelles Auffinden von Informationen, Dokumentationen, Fertigungsmittel
- ➔ Rationalisierung der Fertigung
- ➔ Rationalisierung der Lagerhaltung

❖ Grobklassifizierung

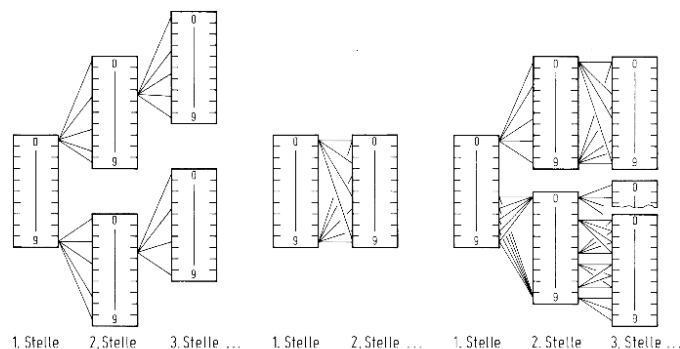
- Rohmaterial, Halbzeuge
- Zukaufteile
- Hilfs- und Betriebsstoffe

❖ Feinklassifizierung

- Nach Merkmalen über Sachgebiete sortiert
- Schnelles Auffinden
- Formenschlüssel → 2,3,4 ... stellig

❖ Verknüpfungsmöglichkeiten der Merkmale

- 1.) Jedem Merkmal einer vorhergehenden Stelle ist eine eigene Merkmalgruppe in der Folgestelle zugeordnet → Verzweigung
- 2.) Merkmale der Folgestelle können jedem Merkmal der vorhergehenden Stelle zugeordnet werden
- 3.) Mischsystem



Sachmerkmale

- * Nach DIN 4000 → Kennzeichnung von Gegenständen unabhängig von ihrem Umfeld
- * Ergänzung von Klassifikationssystemen
- * In Sachmerkmal-Verzeichnissen werden Merkmale einer Gegenstandsgruppe gespeichert
- * Sachmerkmal-Leiste = Zusammenstellung der für eine Gegenstandsgruppe relevanten Sachmerkmale
- * Datenbanksysteme → Normteil- und Wiederholteil-Datenbanken
- * Sachmerkmale können auch als Kombinationshilfe für Bausteine eines Bausteinsystems dienen

Sachmerkmal-Leiste DIN 4000 – 11 – 1			für Druckfeder						
Kennbuchstabe	A	B	C	D	E	F	G	H	J
Sachmerkmal-Benennung	Drahtdurchmesser oder Dicke×Breite A ₁ ; A ₂	Äußerer Windungsdurchmesser	Länge unbelastet	Feder-rate	Länge max. belast.	Federkraft zu E	Anzahl d. fed. Windg. oder Windungsrichtung	Werkstoff	Oberfläche und/oder Schutzart
Referenzhinweis									
Einheit	mm	mm	mm	N/mm	mm	N	—	—	—

VIII Entwickeln von Baureihen und Baukästen

Definition: Baureihe

Technische Gebilde, die dieselbe Funktion mit gleicher Lösung, in mehreren Größenstufen, bei möglichst gleicher Fertigung in einem weiten Anwendungsfeld erfüllen

Baureihen

Vorteile für Hersteller:

- + Weniger Konstruktionsarbeit
- + Wirtschaftliche Fertigung
- + Höhere Qualität

Vorteile für Kunden:

- + Preisgünstiger
- + Kurze Lieferzeit
- + Problemlose Ersatzteilbeschaffung

Nachteil:

- Eingeschränkte Größenwahl mit nicht immer optimalen Betriebseigenschaften

Baureihenentwicklung

- Von einer Baugröße der zu entwickelnden Baureihe ausgehen und von dieser weitere Baugrößen nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten ableiten
- Ausgangsentwurf → Grundentwurf
- Ähnlichkeitsgesetze sind zwingend
- Dezimalgeometrische Normzahlen sind zweckmäßig

Ähnlichkeitsgesetze

- ➔ Verhältnis mindestens einer physikalischen Größe beim Grund- und bei den Folgeentwürfen bleibt konstant
- ➔ Mit den Grundgrößen: Länge, Zeit und Kraft lassen sich die Grundähnlichkeiten definieren:
 - Geometrische Ähnlichkeit
 - Zeitliche Ähnlichkeit
 - Kraftähnlichkeit

Geometrische Ähnlichkeit

- Grundgröße: Länge
- Verhältnis aller jeweiligen Längen bei den Folgeentwürfen zum Grundentwurf bleibt stets konstant
- Konstante: Stufensprung $\varphi_L = \frac{L_1}{L_0} = konst.$

Zeitliche Ähnlichkeit

- Grundgröße: Zeit
- Konstante: Zeitmaßstab $\varphi_t = \frac{t_1}{t_0} = konst.$

Kraftähnlichkeit

- Grundgröße: Kraft
- Konstante: Kraftmaßstab $\varphi_F = \frac{F_1}{F_0} = konst.$

Spezielle Ähnlichkeiten

- Mehr als nur eine der Grundgrößenverhältnisse bleibt konstant
- Bsp. Statische Ähnlichkeit = Länge und Kraft konstant

Ähnlichkeit bei gleicher Beanspruchung

In maschinenbaulichen Systemen treten Trägheitskräfte und elastische Kräfte aus dem σ - ϵ -Zusammenhang aus. Wenn Beanspruchungen in Baureihen gleich hoch sein sollen, muss $\sigma = \epsilon \cdot E = konst.$ sein.

Stufensprung der Spannung:

$$\varphi_\sigma = \frac{\sigma_1}{\sigma_0} = \frac{\epsilon_1 \cdot E_1}{\epsilon_0 \cdot E_0} = 1$$

- ➔ Bei gleichem Werkstoff gilt $E_1 = E_0$

$$\varphi_\epsilon = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_0} = 1 \quad \text{oder} \quad \varphi_{\Delta l} = \varphi_l$$

Stufensprung einer elastischen Kraft:

$$\varphi_{F_E} = \varphi_l^2$$

Stufensprung der Trägheit:

$$\varphi_{F_T} = \frac{\varphi_l^4}{\varphi_t^2}$$

➔ Bei dynamischer Ähnlichkeit gilt $\varphi_1 = \varphi_t$ $\varphi_{F_T} = \varphi_1^2$

Dezimalgeometrische Normzahlreihe

- ◆ Zweckmäßig für Baureihen: Stufung nach Normzahlreihen DIN 323
- ◆ Jedes Glied geht aus dem vorhergehenden durch Multiplizieren mit einem konstanten Faktor hervor
- ◆ Stufensprung der Reihe: $\varphi = \sqrt[n]{10}$ mit n=Stufenzahl innerhalb der Dekade
- ◆ Bsp. 10 Stufen = R10 $\rightarrow \varphi = \sqrt[10]{10} = 1,25$
- ◆ Grundreihen R5, R10, R20 und R40 sind als Hauptwerte in DIN 323 Teil 1 aufgeführt

Vorteile von Normzahlreihen

- + Reduzierung von Abmessungsvarianten $\rightarrow$ geringerer Aufwand
- + Auslegung/Berechnung nur multiplizieren oder dividieren

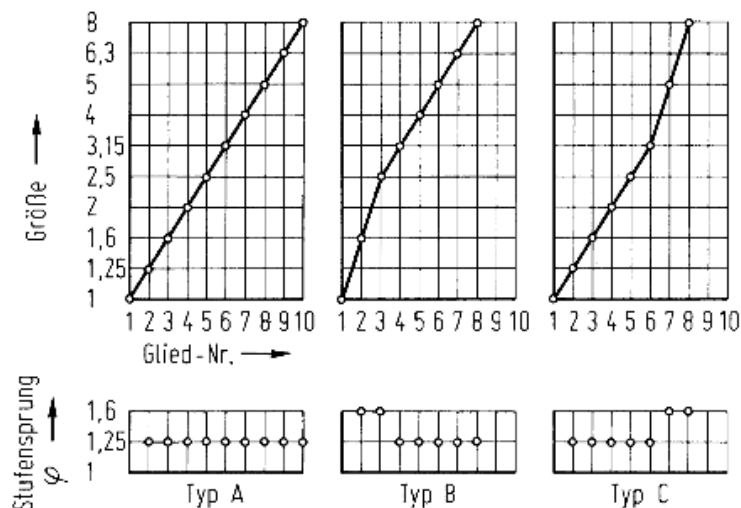
Wahl der Größenstufungen

- ➔ Zweckmäßiger Größensprung für Abmessungen, Leistungen sehr bedeutend
- ➔ Größenstufung richtet sich nach Marktsituation, Fertigung, Konstruktion
- ➔ Ganzheitliche Betrachtung notwendig
- ➔ Konstanter Stufensprung nicht immer zweckmäßig

Typ (A): streng geometrisch ähnlich $\rightarrow$ konstanter Stufensprung

Typ (B): degressiv geometrisch $\rightarrow$ gröbere Stufung bei kleineren Baugrößen

Typ (C): progressiv geometrisch $\rightarrow$ gröbere Stufung bei großen Baugrößen



Geometrisch ähnliche Baureihen

- ❖ Grundentwurf (Index 0) etwa im Mittelfeld der beabsichtigten Baureihe von Vorteil
- ❖ Technische Beziehung: $y = c * x^p$
- ❖ Normzahlen an Koordinaten statt Logarithmen
- ❖ Passungen und Toleranzen sind mit den Nennmaßen nicht geometrisch ähnlich gestuft! I

$$i = 0,45 * \sqrt[3]{D} + 0,001 * D \quad \text{oder} \quad \varphi_i = \varphi_1^3$$

- Technologische Einschränkungen führen oft zu Abweichungen (Wanddicke)
- Übergeordnete Normen basieren nicht immer auf Normzahlen
- Übergeordnete Ähnlichkeitsgesetze oder andere Anforderungen führen oft zu Abweichungen

➔ halbähnliche Baureihen

Halbähnliche Baureihen

1. übergeordnete Ähnlichkeitsgesetze
 - Bsp. Einfluss von Schwerkraft
 - Stufensprung der Schwerkraft $\varphi_{FG} = \varphi_1^3$
 - Stufensprung der elastischen Kraft und Trägheit $\varphi_{FE} = \varphi_{FT} = \varphi_1^2$
 - Kann nicht aufrecht erhalten bleiben
2. Übergeordnete Aufgabenstellung
 - Bsp. Ergonomische Anforderungen
 - Bauteile müssen den Körperabmessungen entsprechen
 - Bauteile können i.a. nicht mit der Nenngröße der Baureihenglieder wachsen
3. Übergeordnete wirtschaftliche Forderungen der Fertigung
 - Bei geometrisch ähnlichen Baureihen kann gröber gestuft werden → höhere Stückzahlen → wirtschaftlichere Fertigung
 - Voraussetzung: Funktion und umgebende Zonen erlauben dies
 - Folge: umgebenden oder anschließenden Teile werden zu halbähnlichen Baureihen

Baukästen

Definition: Baukasten

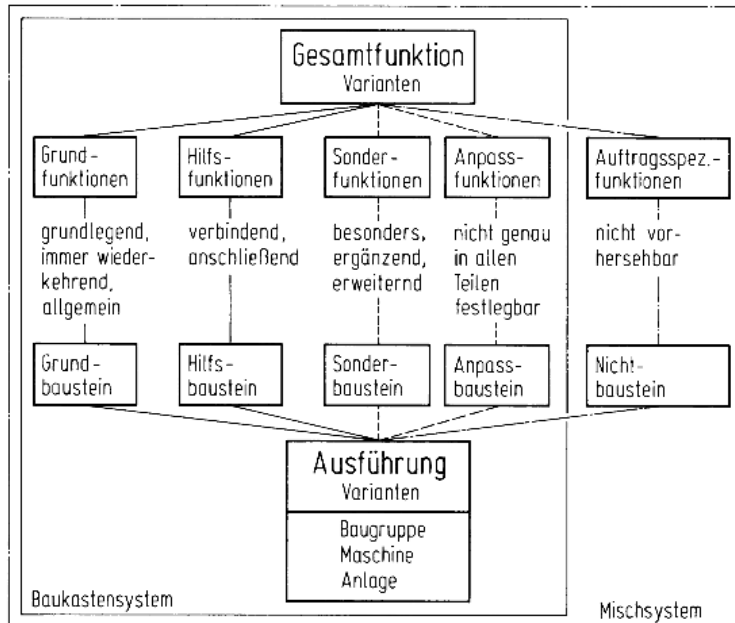
Technische Gebilde, die als Bausteine mit oft unterschiedlichen Lösungen durch Kombination verschiedener Gesamtfunktionen erfüllen. Baukästen enthalten oft auch Baureihen – mehrere Größenstufen der Bausteine. Bausteine sollen nach möglichst ähnlicher Technologie gefertigt werden

Baukastenentwicklung

- Kombination diskreter Funktionsbausteine → Gesamtfunktion
- Konzept- und Entwurfsphase viel stärker beeinflusst als bei reiner Baureihenentwicklung
- Technisch-wirtschaftlich günstig wenn:
 - Funktionsvarianten eines Produktionsprogramms nur in kleinen Stückzahlen zu liefern sind
 - Geforderte Spektrum durch wenige Grund- und Zusatzbausteine realisiert werden kann

Baukastensystematik

- ◆ System ist aus Bausteinen aufgebaut, welche lösbar und unlösbar zusammengeführt sind
- ◆ Funktionsbausteine = Erfüllung technischer Funktionen
- ◆ Fertigungsbausteine = rein fertigungstechnische Gesichtspunkte



- Muss-Baustein
- Kann-Baustein
- Nur in besonderen Fällen, führt zu Mischsystemen

Grundfunktionen

- Grundlegend
- Immer wiederkehrend
- Grundsätzlich nicht variabel
- Werden durch Grundbaustein verwirklicht
- Muss-Baustein

Hilfsfunktionen

- Sind verbinden und anschließend
- Werden als Hilfsbausteine dargestellt
- Oft Verbindungs- und Anschlusselement
- Sind meistens Muss-Bausteine

Sonderfunktionen

- Sind besondere, ergänzende, auftragspezifische Teilfunktionen die nicht in allen Gesamtfunktionsvarianten wiederkehren müssen
- Werden durch Sonderbausteine verwirklicht
- Kann-Bausteine

Anpassungsfunktionen

- Sind zum Anpassen an andere Systeme und Randbedingungen notwendig
- Werden durch Anpassbausteine verwirklicht
- Treten als Muss- oder Kann-Bausteine auf

Auftragsspezifische Funktionen

- Nicht im Baukastensystem vorgesehen
- Lassen sich nicht immer vermeiden
- Werden mit Nichtbausteinen verwirklicht und müssen in Einzelkonstruktionen entwickelt werden
- Führt zu Mischsystem aus Bausteinen und Nichtbausteinen

Vorgehen beim Entwickeln von Baukästen

1. Klären der Aufgabenstellung
 - Forderungen/Wünsche aus Produktprogramm
 - Mehrere Gesamtfunktionen
 - Ziel: Optimierung für die häufigste Gesamtfunktionsvarianten, Eliminierung der seltenen Gesamtfunktionsvarianten
2. Aufstellen von Funktionsstrukturen
 - Aufgliedern in Teilfunktionen sehr wichtig, da die Baustuktur des Systems weitgehende dadurch festgelegt wird
 - Teilfunktionen müssen austausch-/kombinierbar sein
 - Ziel: wenige, gleiche und wiederkehrende Teilfunktionen
3. Suche nach Wirkprinzipien
 - Lösungen suchen mit gleichen Wirkprinzipien und gleicher Gestaltung aber hoher Varianz
 - Erfüllung mehrerer Funktionen durch nur einen Baustein
 - Funktionsbausteine mit gleicher Energieart (z.B. nur E-Motoren)
4. Auswahl und Bewerten
 - Wirtschaftliche Wertigkeit maßgebend
 - Funktionskosten abschätzen
 - Kostengünstige Grundbausteine anstreben
5. Erstellen der Gesamtentwürfe
 - Fertigungs- und montagegerechte Bausteine
 - Richtig Wahl des Auflösungsgrads der Bausteine
 - GMK für Auftragsabwicklung beachten
6. Ausarbeiten der Fertigungsunterlagen
 - Einfache, EDV-gestützte Zusammenstellung der Gesamtfunktionsvarianten ermöglichen
 - Sachnummerierung und Klassifizierung
 - Variantenstücklisten

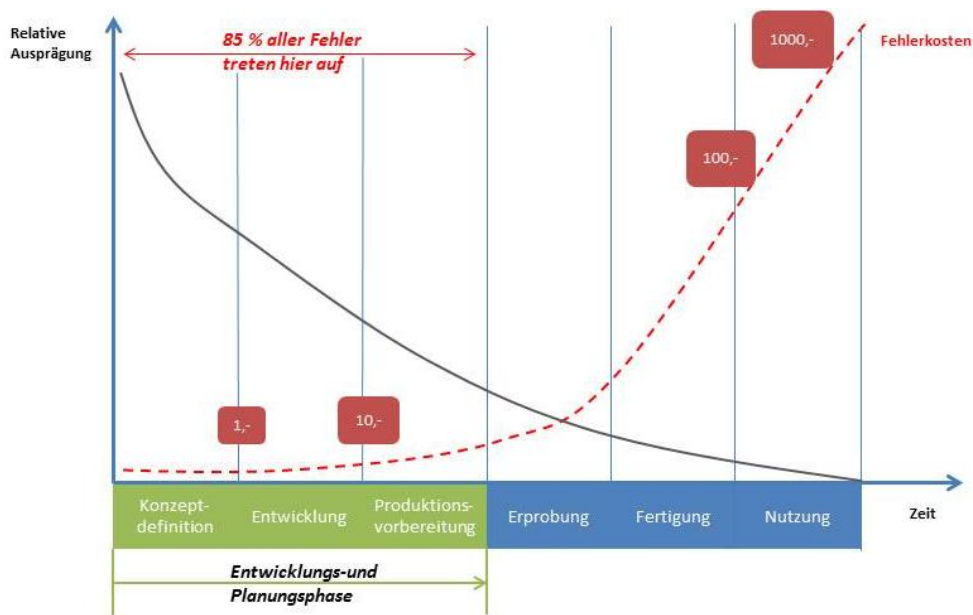
	Hersteller	Anwender/Kunde
+	schnelle Lieferbereitschaft	kurze Lieferzeiten
	einfache Kalkulation	besserer Ersatzteildienst
	geringe GMK	spätere Funktionsänderungen möglich
	geringerer Konstruktionsaufwand	
-	Verlust von Flexibilität	spezielle Wünsche schwer erfüllbar
	großer Konstruktionsaufwand vorab	z.T. höhere Gewichte und erhöhter Raumbedarf
	erhöhter Montageaufwand	

IX Methoden zur qualitätssichernden Konstruktion

Definition: Qualität

Qualität ist die Eignung eines Produktes/einer Dienstleistung zur Erfüllung von Kundenanforderungen und Kundenerwartungen

- ⇒ Qualität kann nicht erprüft werden, sondern muss konstruiert und produziert werden
- ⇒ Qualitätsbeherrschung = Beherrschung der Arbeitsprozesse (TQM)
- ⇒ Qualität wird maßgeblich in der Entwicklungsphase festgelegt



Allgemeine Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- + Integrierte Produktentwicklung/Simultaneous Engineering in interdisziplinären Teams
- + Projektmanagement
- + Methodisches Vorgehen
- + QFD: Kundenforderungen integrieren
- + FEM: Strukturanalyse hinsichtlich Spannungen/Verformungen
- + FTA: Abschätzen von Störgrößen- und Fehlerauswirkungen
- + FMEA: Abschätzen von Fehler, ihren Auswirkungen und das Risiko
- + Zuverlässigkeitsanalysen: Abschätzen von Lebensdauer

Fehler und Störgrößen

Fehler können MA unterlaufen wegen:

- Informationslücken
- Überlastung
- Fehlinterpretationen

Störgrößen:

- verursachen oft Fehlverhalten
- können auch von außen wirken (Temperatur)
- aus Schwankungen der Eingangsgrößen

Störungen:

- Zuordnung oder Verknüpfung der Teilfunktionen nicht eindeutig
- Schwankende Werkstoffeigenschaften

Fehlerbaumanalyse (FTA)

- ~ Zur Ermittlung des Fehlverhaltens und Störgrößeneinfluss
- ~ Wegen Arbeitsaufwand, nur auf wichtige und kritische Zonen fokussieren
- ~ Prinzipielle Denkweise auch ohne formalen Aufwand vorteilhaft

Vorgehen

1. Funktionsstruktur
2. Funktionen nacheinander negieren
3. Mögliche Ursachen des Fehlverhaltens suchen
4. ODER / UND Verknüpfungen erkennen
5. Abhilfemaßnahmen definieren

Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA)

Grundgedanke: mögliche Ausfall-Arten, Ausfall-Folgen, Ausfall-Ursachen aufzeigen, Risiko bewerten und Optimierungsmaßnahmen festlegen

Allgemeines: Ziel = Risikominimierung bzw. Risikovermeidung
Eher qualitativer Charakter → Methode der Qualitätsbewertung

Anwendung: in interdisziplinären Teams, präventiv oder korrektiv

System-FMEA Produkt

- ➔ Fehlfunktionen/Ausfallarten von Produkten
- ➔ Betrachtung über Systemhierarchien
- ➔ Fehlfunktionen der Bauteile → Bruch, Klemmen, Verschleiß

System-FMEA Prozess

- ➔ Fehlfunktionen von Prozessen
- ➔ Prozess über Systembeschreibung strukturiert
- ➔ Letzte Ebene „5M's“ : Mensch, Maschine, Material, Methode, Mitwelt

Grundprinzip der FMEA

Fehlerart	→	Fehlerfolge	→	Fehlerursache	→	Maßnahmen	→	RPZ
-----------	---	-------------	---	---------------	---	-----------	---	-----

Erstellen einer System-FMEA

1. Schritt: Systemelemente und Systemstruktur definieren
2. Schritt: Funktionen und Funktionsstrukturen festlegen
3. Schritt: Fehleranalyse erstellen
4. Schritt: Risikobewertung $RPZ = B * A * E$
5. Schritt: Optimierung durchführen

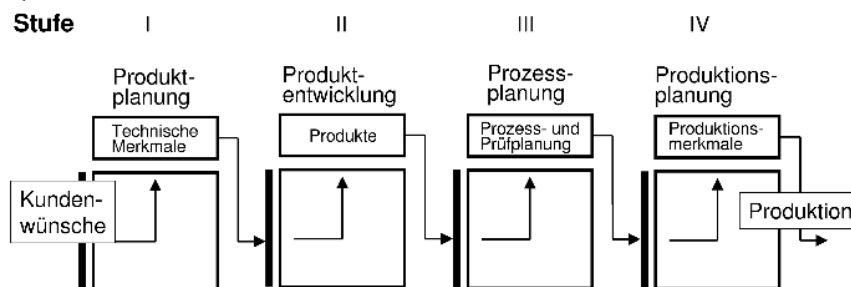
Quality Function Deployment (QFD)

Aufgabe/Ziel:

- ⇒ Kundenbedürfnisse an das Produkt ins Unternehmen und in alle Bereich transportieren
- ⇒ Alle Bereich an Umsetzung beteiligen
- ⇒ Integrativer und interdisziplinärer Ansatz über alle Planungsstufen im Unternehmen

Allgemein:

- Methodik zur Qualitätsplanung- und Qualitätssicherung
- Kundenanforderungen werden gezielt in Produktmerkmale übertragen und diese wiederum in technische Anforderungen
- Systematische Kundenorientierung
- Einteilung der Produktmerkmale nach Kano-Modell
- QFD-Methode nach ASI



- Interdisziplinäre Teams aus Vertrieb, Marketing, Entwicklung, Produktion, Planung und QM
- Arbeitsschritte:
 - (1) Dokumentation der Kundenanforderungen (**Was?**)
 - (2) Gewichten der Kundenanforderungen
 - (3) Wettbewerbsanalyse aus Sicht des Kunden (**Wie?**)
 - (4) Ableiten der technischen Merkmale aus den Kundenanforderungen (lösungsneutral)
 - (5) Feststellen von Wechselwirkungen
 - (6) Optimierungsrichtung festlegen
 - (7) Quantifizieren der technischen Merkmale → Zielgrößen (**Wieviel?**)
 - (8) Einschätzen der Schwierigkeit der technischen Umsetzung
 - (9) Bewertung des Erfüllungsgrads im Vergleich zum Wettbewerb
 - (10) Gewichtete Bewertung vornehmen