

Konstruktionslehre

280.017

- Lehrstuhl für Bergbaukunde -
Fördertechnik und Konstruktionslehre

Univ.Ass.Dipl.-Ing. Eric FIMBINGER

Themenübersicht

Einleitung

Lösungssuche

Konstruktionsmethoden

Werkstoffwahl

Gestaltungslehre

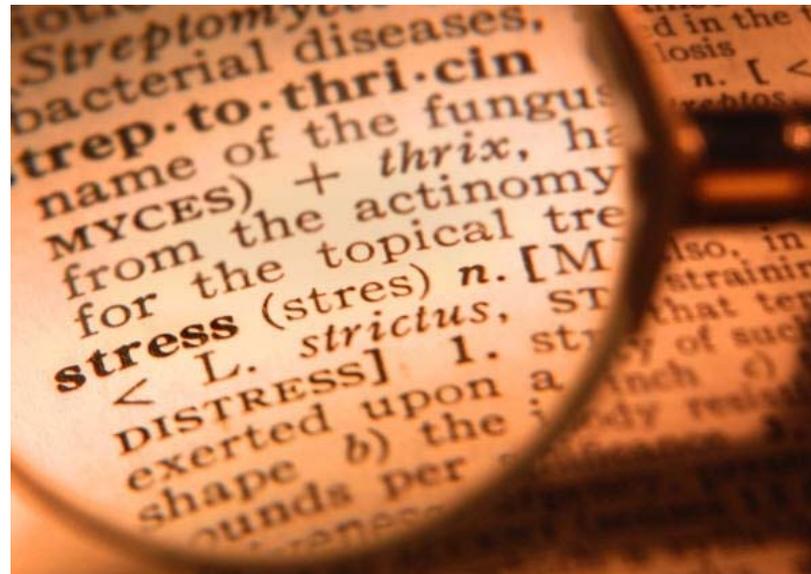
Maschinensicherheit

Einleitung

Konstruktionslehre

Definition

Die moderne Konstruktionslehre versteht sich heutzutage als Wissenschaft, die Methoden bereitstellt, systematisch alle Möglichkeiten oder Verbesserungen zu erfassen, mit denen die gewünschte Funktion einer Maschine erfüllt werden kann.



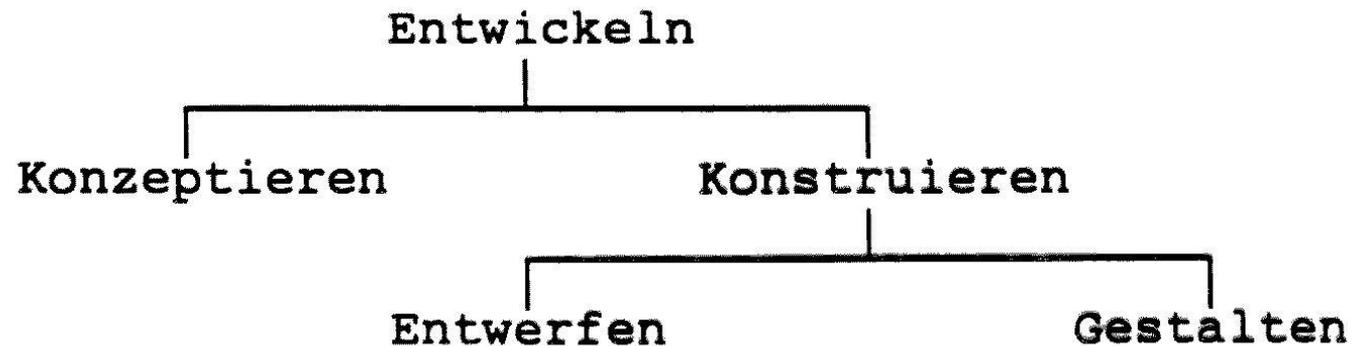
Konstruktionslehre

Einleitung

Die Konstruktionslehre vermittelt die Methodik des Konstruierens und geht dabei von (den physikalischen Grundlagen) der gewünschten Maschinenfunktion aus.

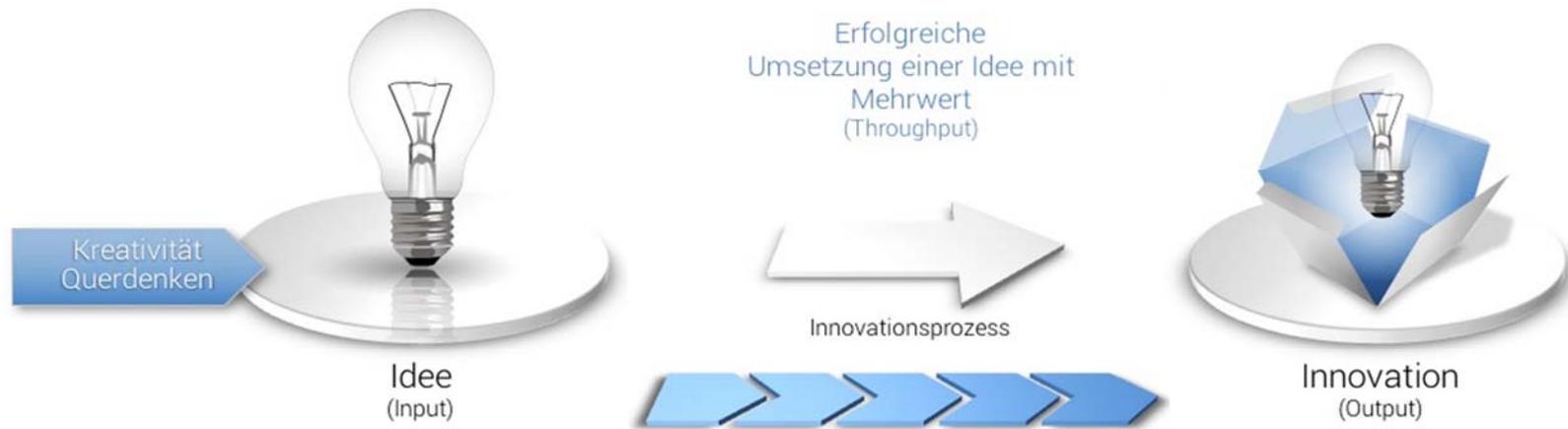
Vom Konstrukteur wird erwartet:

- selbstständiges Denken
- logisches Folgern
- richtiges Kombinieren ...



Konstruktionslehre

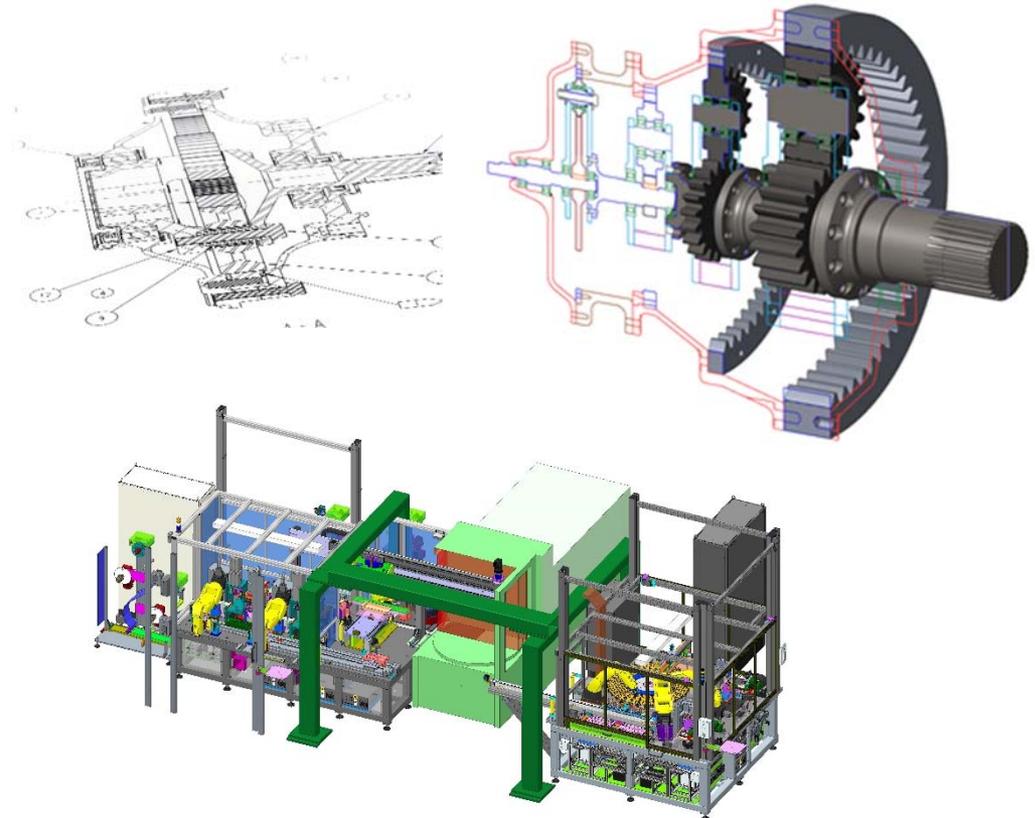
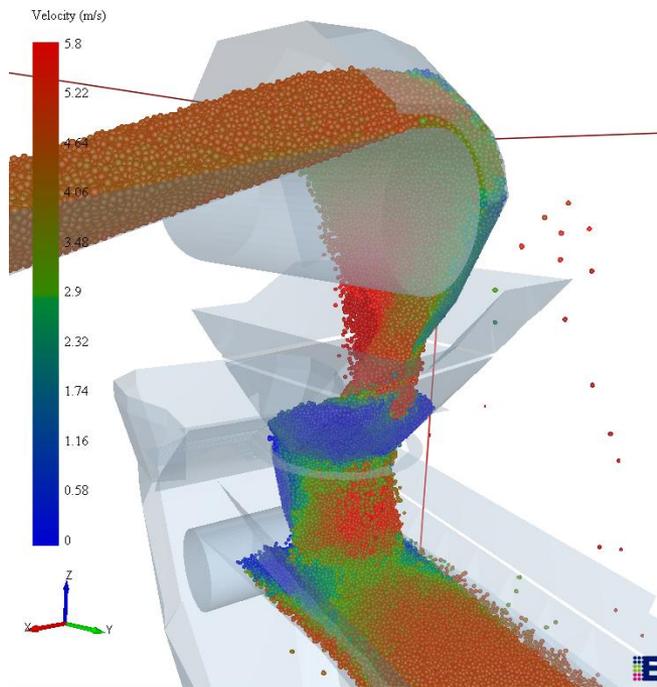
Von der Idee zur Innovation...



Konstruktionslehre

Softwareunterstützung

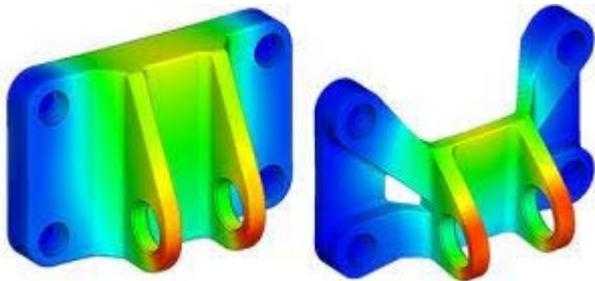
hat im Konstruktionsbereich zur Verbesserung und Beschleunigung der Konstruktionsprozesse geführt.



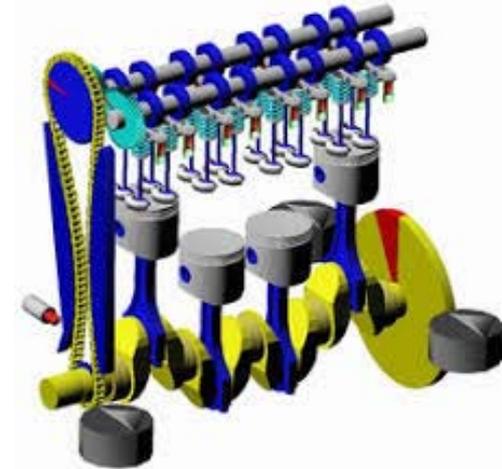
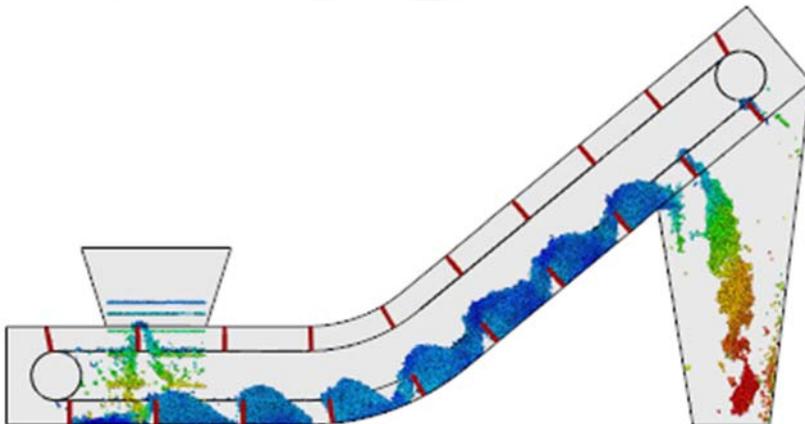
Konstruktionslehre

Grundlagen der Simulation

Konstruktionsbegleitende Simulation
als unterstützendes Tool in der Entwicklung

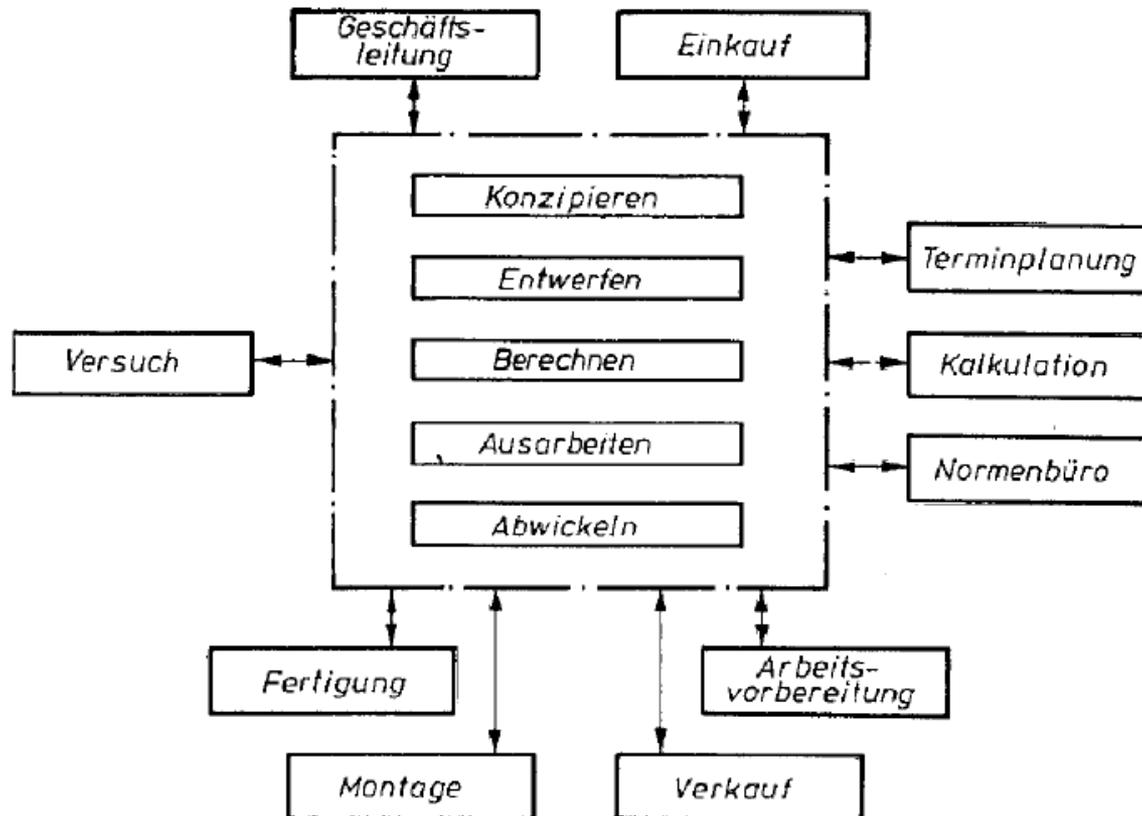


**Zielorientiertes
Simulieren**



Konstruktionslehre

Stellung der Konstruktionsbereiche und ihre Kontaktpartner



Konstruktionslehre

Die drei Grundregeln der Konstruktion

➤ **EINDEUTIG**

(Erfüllung der technischen Funktion)

Wirkung und Verhalten der Konstruktion klar und gut erkennbar definieren.

➤ **EINFACH**

(Wirtschaftlichkeit und Bedienbarkeit)

Gestaltung mit übersichtlichen Formen anstreben
und den Fertigungsaufwand klein halten.

➤ **SICHER**

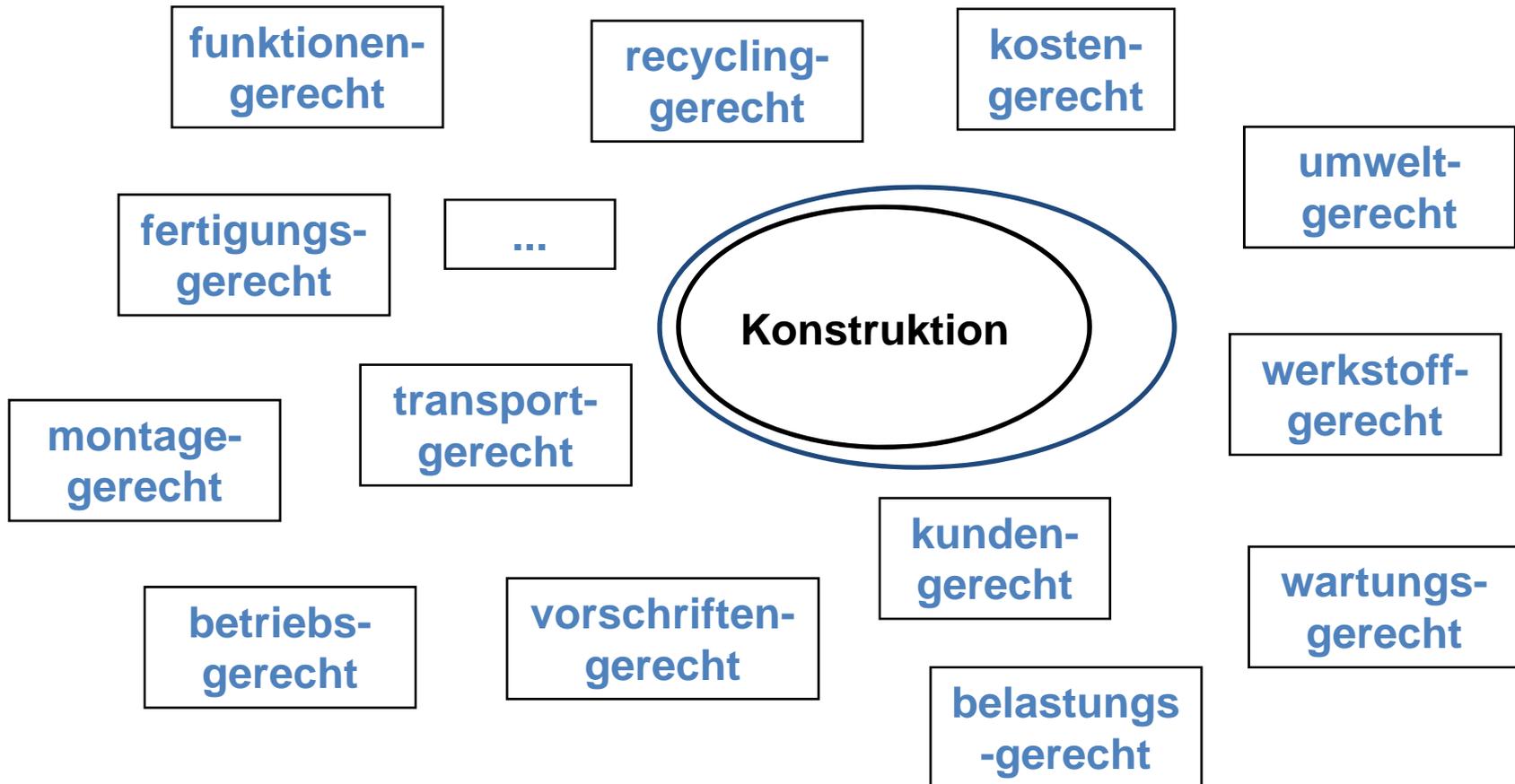
(Sicherheit für Mensch, Maschine und Umwelt)

Sicherheitsaspekte, Zuverlässigkeit, Umweltschutz etc. beim Gestaltungsvorgang berücksichtigen.

Konstruktionslehre

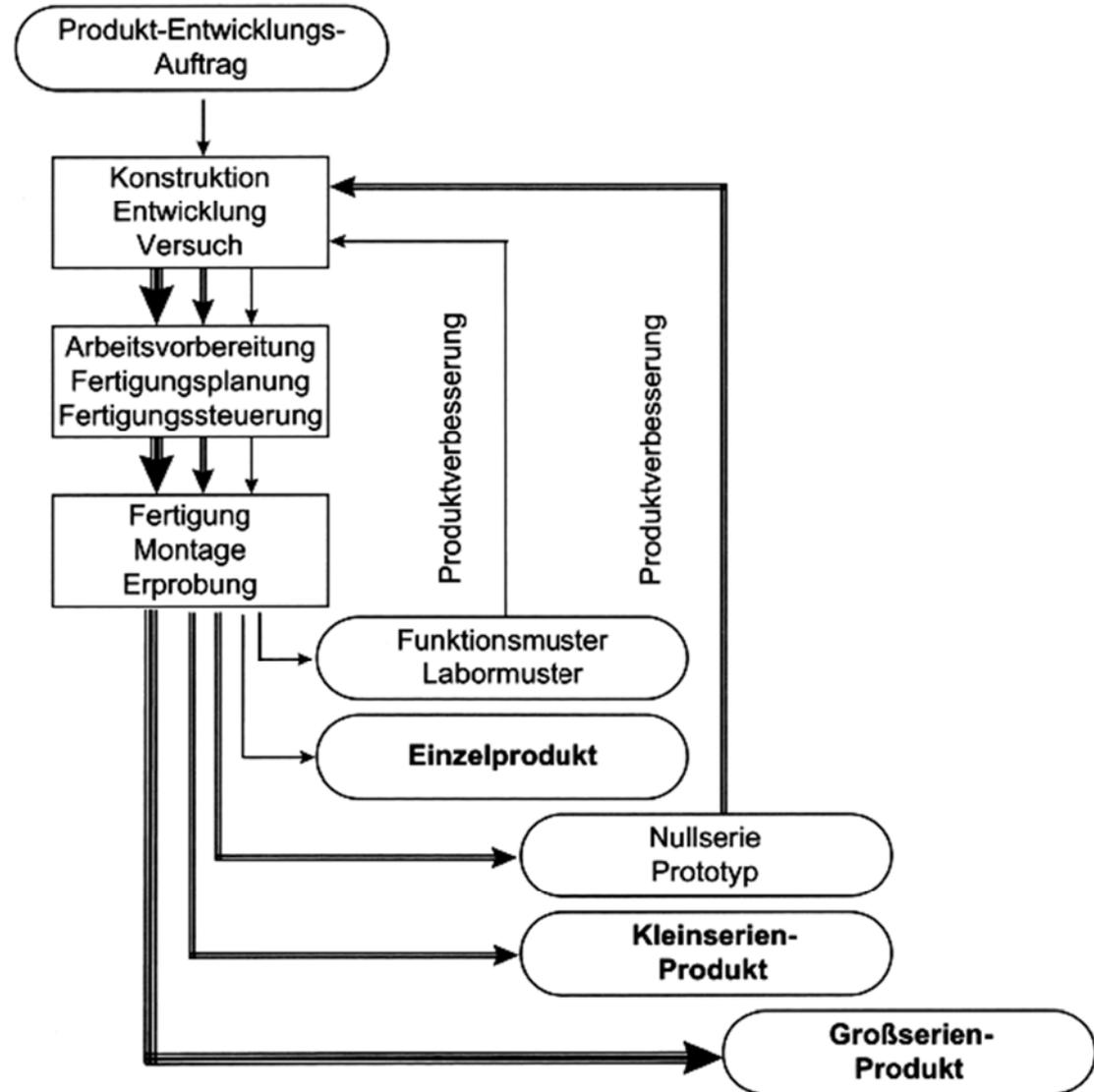
Anforderungen an die Konstruktion

„... gerechtes Konstruieren“



Konstruktionslehre

Ablauf der Produktentwicklung



Konstruktionslehre

Konstruktion nach Produkt-Stückzahl

Einzelproduktion

Die Entwicklung erfolgt in der Regel durch einen einmaligen Durchlauf der wichtigsten Abteilungen. Versuch und Erprobung werden, falls erforderlich, an der Kundenmaschine durchgeführt.

Kleinserienprodukt

Soll ein solches entwickelt werden, sind Funktionsmuster oder Labormuster sinnvoll, die im Rahmen einer Produktverbesserung die angegebenen Abteilungen noch einmal durchlaufen.

Serie oder Großserie

Fertigung von Null-Serien und noch detailliertere iterative Prozesse zur Produktverbesserung.



Konstruktionslehre

Einteilung der Konstruktionsarten

Neukonstruktion

Es wird ein in Auftrag gegebenes technisches Produkt von der „Wiege“ auf komplett neu entwickelt. Ca. 25% aller im Maschinenbau eingehenden Aufträge erfordern Neukonstruktionen.

Anpassungskonstruktion

Es erfolgt die Anpassung eines bekannten technischen Produktes bei gleichbleibenden Funktionsprinzip an veränderte Rahmenbedingungen. Vielfach müssen daher einzelne Baugruppen neu konstruiert werden. Ca. 55% der Aufträge erfordern Anpassungskonstruktionen.

Variantenkonstruktion

Es werden einzelne Funktionsgrößen eines technischen Produktes variiert. Z.B. Größe, Leistung usw. Ca. 20% der Aufträge sind Variantenkonstruktionen.

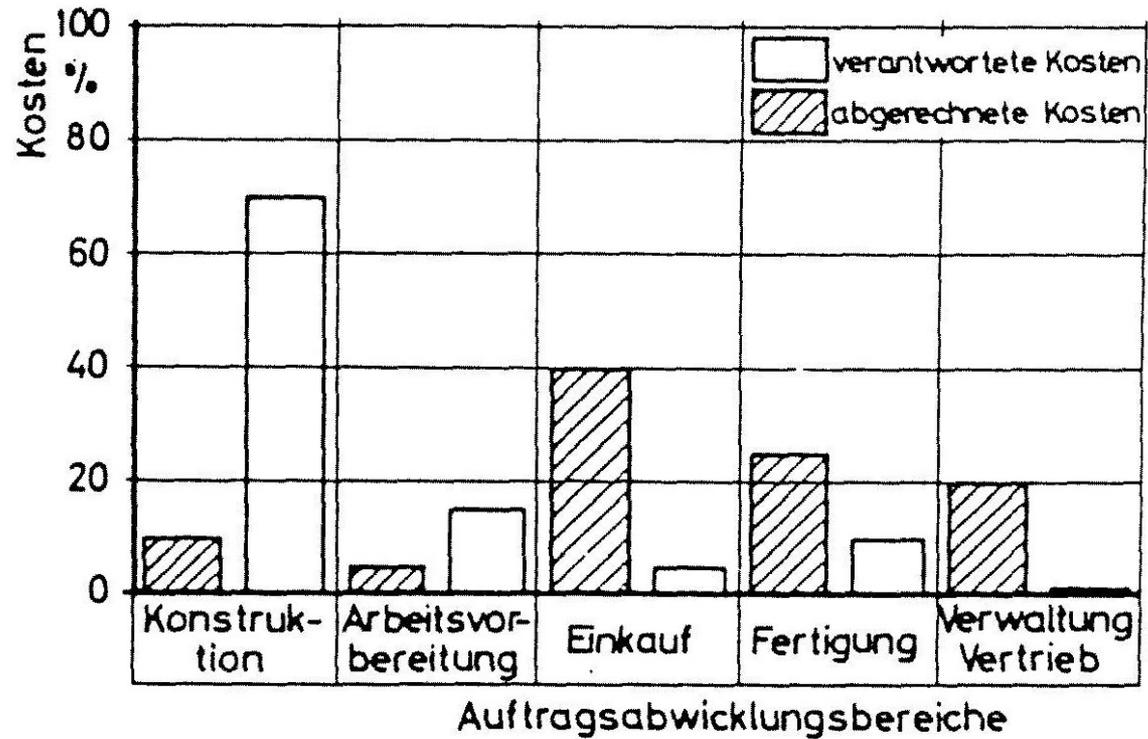
Konstruktionslehre

Zuordnung der Konstruktionsphasen zu den Konstruktionsarten

| Konstruktions- Phasen / Konstruktions- Arten | Neu- Konstruktion | Anpassungs- Konstruktion | Varianten- Konstruktion |
|--|----------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Planen | | | |
| Aufgabenklärung | | | |
| Konzipieren | | | |
| Funktionsfindung Prinziparbeit | | | |
| Entwerfen | | | |
| Gestaltung Berechnung | | | |
| Ausarbeiten | | | |
| Zeichnungserstellung Stücklistenherstellung | | | |

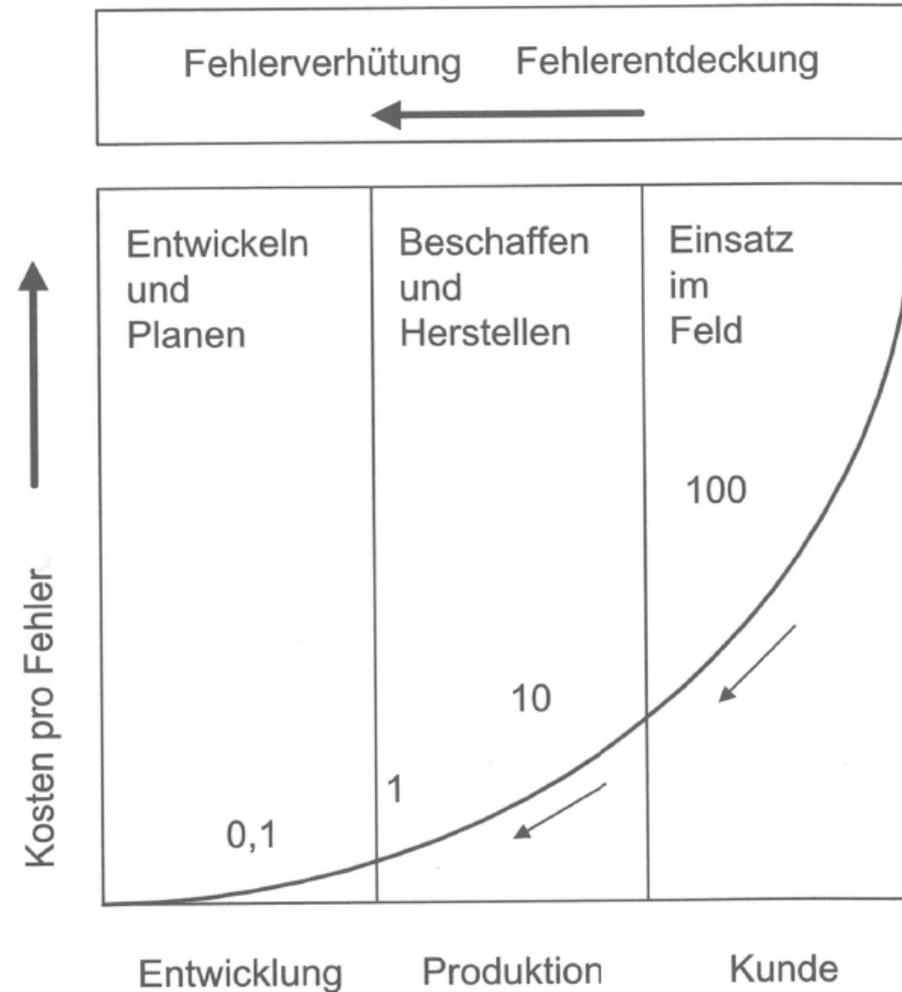
Konstruktionslehre

Kosteneinfluss



Konstruktionslehre

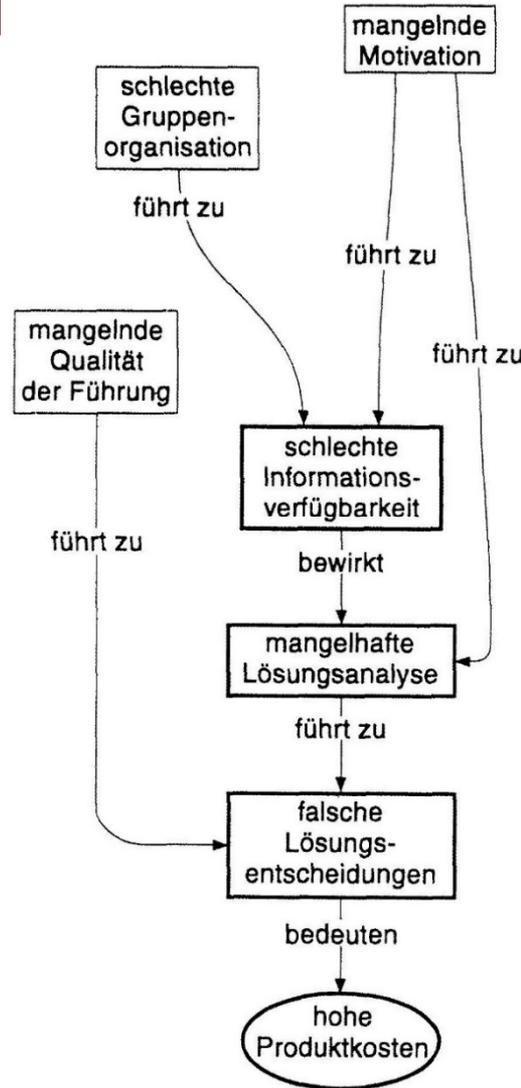
Auswirkungen von
Konstruktionsfehlern
auf die Kosten



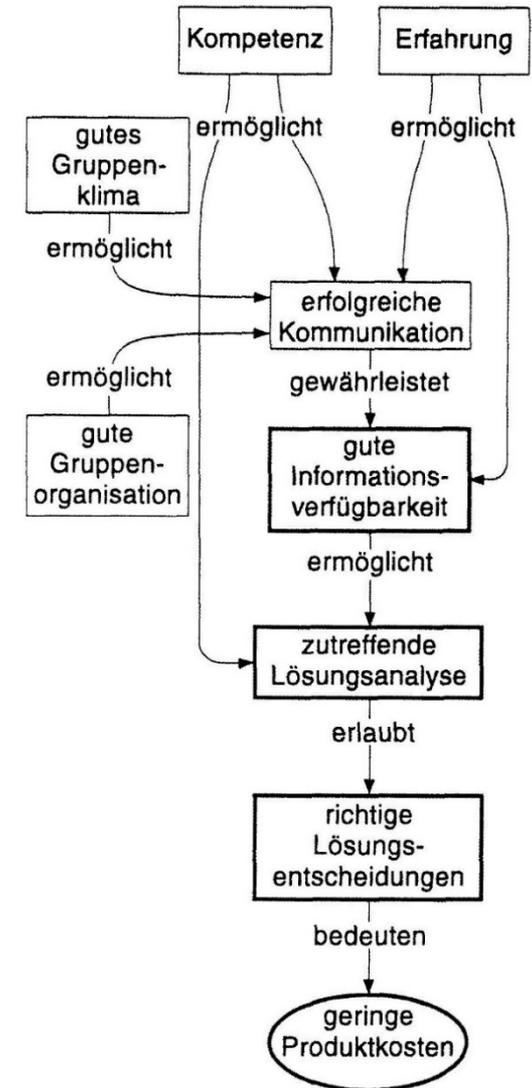
Konstruktionslehre

Mechanismen zur Kostenbeeinflussung

Mechanismen zum Kostensteigern



Mechanismen zum Kostensenken



Konstruktionslehre

Einflussfaktoren auf die Konstruktion

I. Betriebsaufgaben

Geforderte Wirkung
Mechanische Beanspruchung
Klimatische Einflüsse
Chemische Einflüsse
Mechanische Ortsbedingungen
Größe
Gewicht
Versandfähigkeit
Handhabung
Wartung
Instandsetzung
Wirtschaftlicher Energieverbrauch
Gebrauchsdauer
Betriebssicherheit
Betriebskosten
Aussehen

Termin
Stückzahl

II. Verwirklichungsaufgaben

Wirkungsweise
Mechanische Beanspruchung
Stückzahl
Gestalt
Baustoff
Baustoffzustand
Überzugstoff
Stoffbeschaffungslager
Herstellungsverfahren
Zusammenbauverfahren
Arbeitsaufwand
Maschinenpark
Passungen
Feinheit der Oberfläche
Vorrichtungen und Werkzeuge
Lehren und Prüfmöglichkeiten
Termin
Kosten der Herstellung
DIN-Normteile, Werknormteile
Baustoffnormen
Abfallverwertung
Schutzrechte
Verwendung vorhandener Erzeugnisse

Konstruktionslehre

Der Auftrag an die Konstruktionsabteilung sollte folgende Mindestangaben beinhalten:

| | |
|--|-------------------------------------|
| ➤ Art und Beschreibung des zu konstruierenden technischen Produktes ➤ Technische Anforderungen an das Produkt | technische Spezifikation |
| ➤ Zulässige Herstell- und Betriebskosten ➤ Zulässige Entwicklungs- und Investitionskosten | interne Planung |
| ➤ Zeitplanung | kaufmännische Spezifikation |

Sammeln von Informationen:

Ausgangspunkt für das Konstruieren ist

- der *Kundenauftrag* oder
- der vom Management oder der Planungsgruppe erarbeitete *Entwicklungsauftrag*

Konstruktionslehre

Weitere Informationsquellen

Stand der Technik

- Fachliteratur
- Konkurrenzprogramme und -prospekte
- Patentliteratur
- Konstruktionskataloge (Getriebe, Antriebe...)

Firmeninterne Informationen

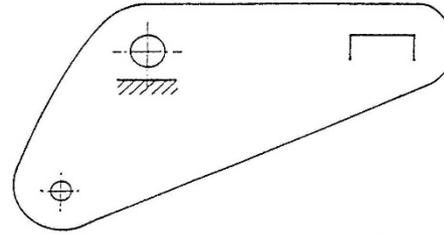
- Firmenunterlagen mit Trendstudien (Management)
- Kundenreklamationen und -wünsche
- Montage- und Prüfberichte (Präsentationen des Montagepersonals)
- Fachwissen der zuständigen Abteilungen

Vorschriften und Richtlinien

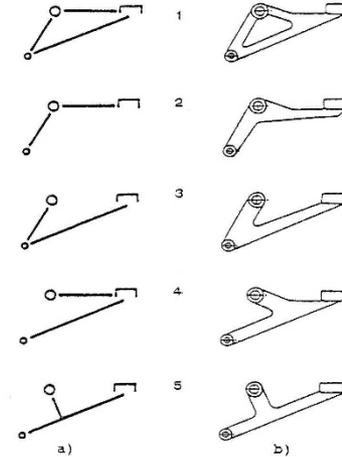
- Firmeninterne Vorschriften
- Nationale und internationale Standards (DIN, ISO, ASME ...)
- Richtlinien spezialisierter Vereine und Einrichtungen (VDI, FKM ...)

Konstruktionslehre

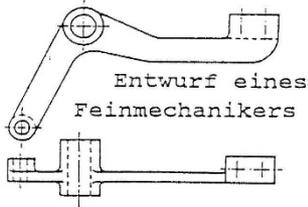
Konstruktionsvarianten
eines Hebels bei intuitiver
Lösungssuche



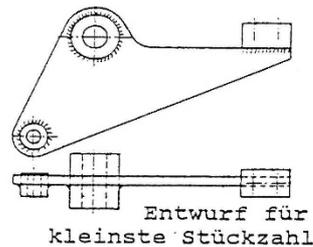
Symbolische Skizze für
alle Lösungen der Aufgabe



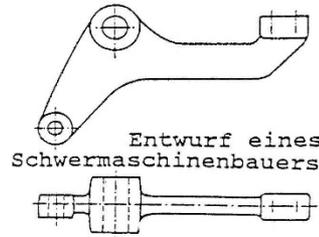
Ausführungen nach 2



Entwurf eines
Feinmechanikers



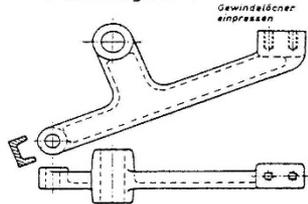
Entwurf für
kleinste Stückzahl



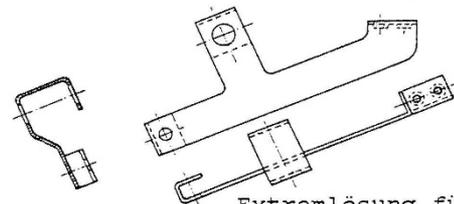
Entwurf eines
Schwermaschinenbauers

Die fünf möglichen prinzipiell
unterschiedlichen Bauformen für
den Doppelhebel schematisch a)
und gegenständlich b) dargestellt

Ausführungen nach 5



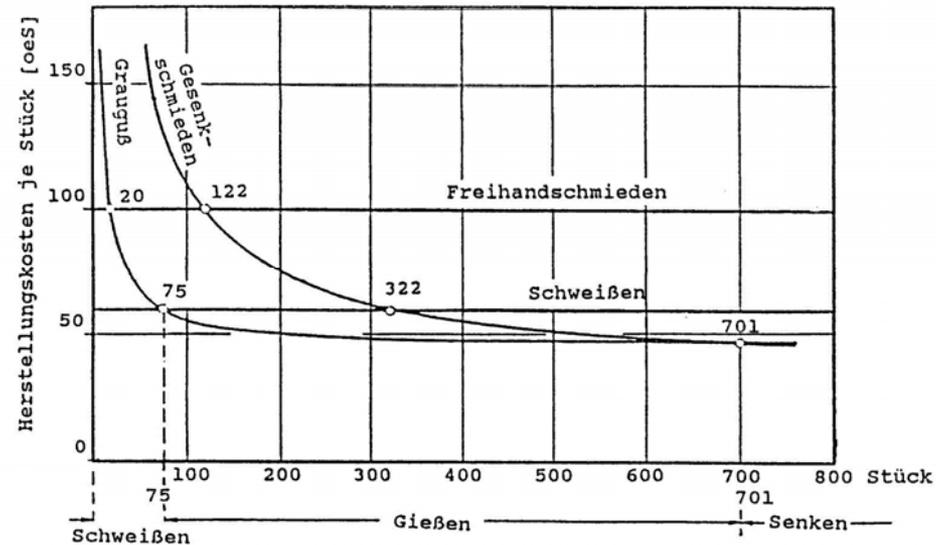
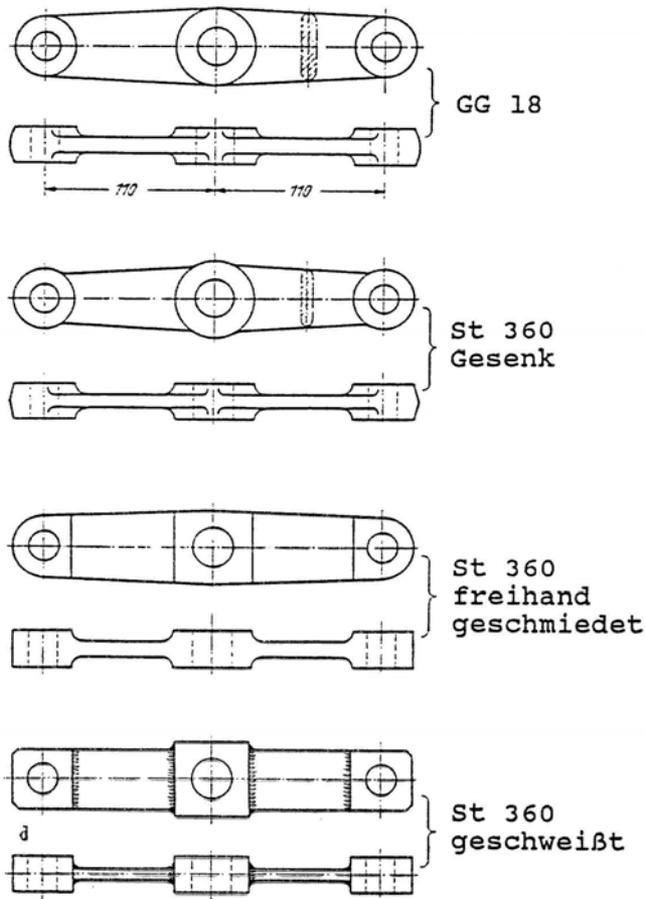
Eine Bestlösung für den
Doppelhebel aus Duroplast



Extremlösung für
den Leichtbau

Konstruktionslehre

- Gegenüberstellung von Herstellungsart und -kosten am Beispiel Doppelhebel



Konstruktionslehre

Methoden der Konstruktionslehre

- Methoden zum prinzipiellen Aufzeigen aller möglichen Lösungen bzw. Varianten ausgehend von einer festgelegten Aufgabenstellung.
- Methoden zur Kombination der Varianten zu möglichen Lösungskonzepten.
- Methoden zur optimalen Gestaltung von Lösungskonzepten und zur Optimierung von Konstruktionsparametern, um eine den Anforderungen gerechte (funktions-, fertigungs-, montage-, ...) Lösung der Aufgabenstellung zu erhalten.

Konstruktionslehre

Allgemeingültige Werte der Konstruktionsmethodik

- systematisches Denken
- Erkennen logischer Zusammenhänge
- folgerichtiges Vorgehen
- Fähigkeit zur Abstraktion
- Pflege gesunder Selbstkritik ...

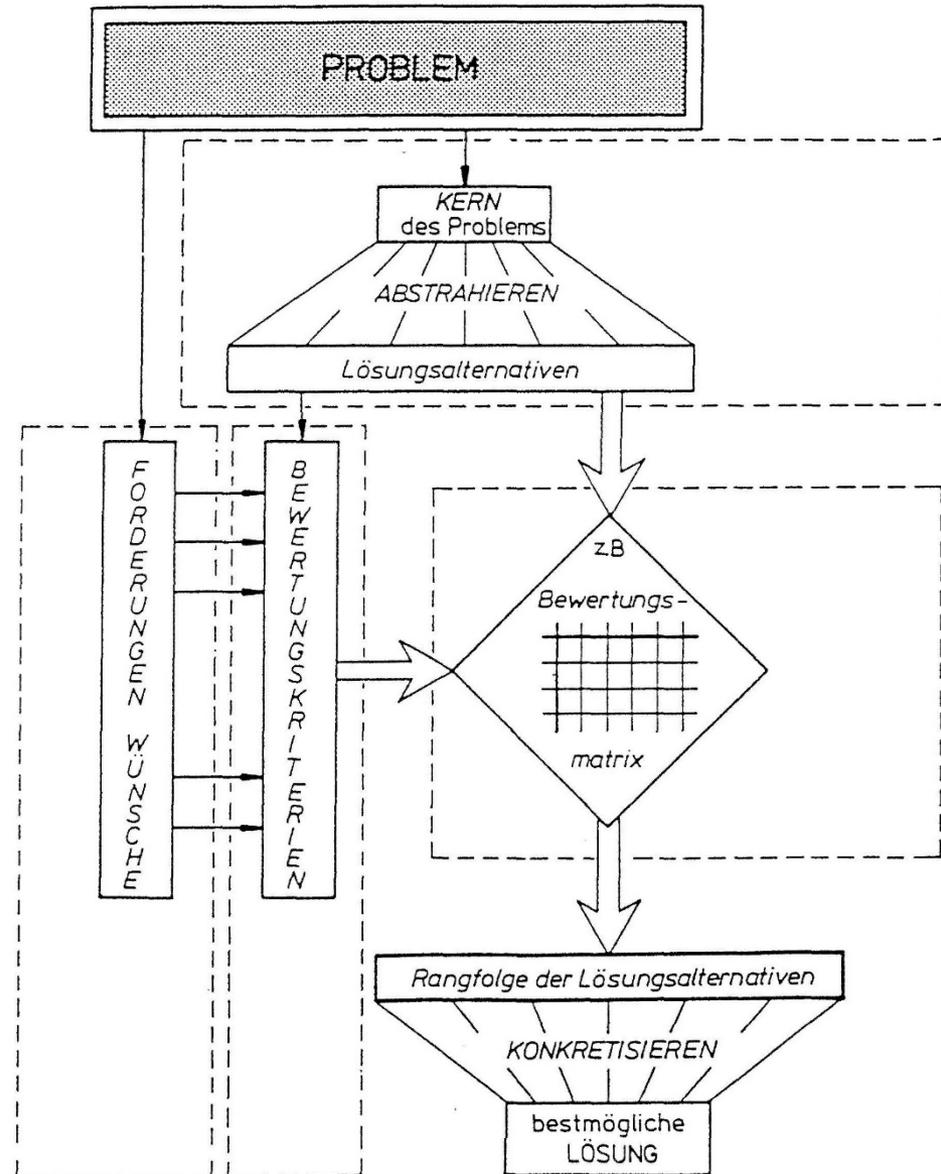
Konstruktionslehre

Weitere Werte für das Konstruieren



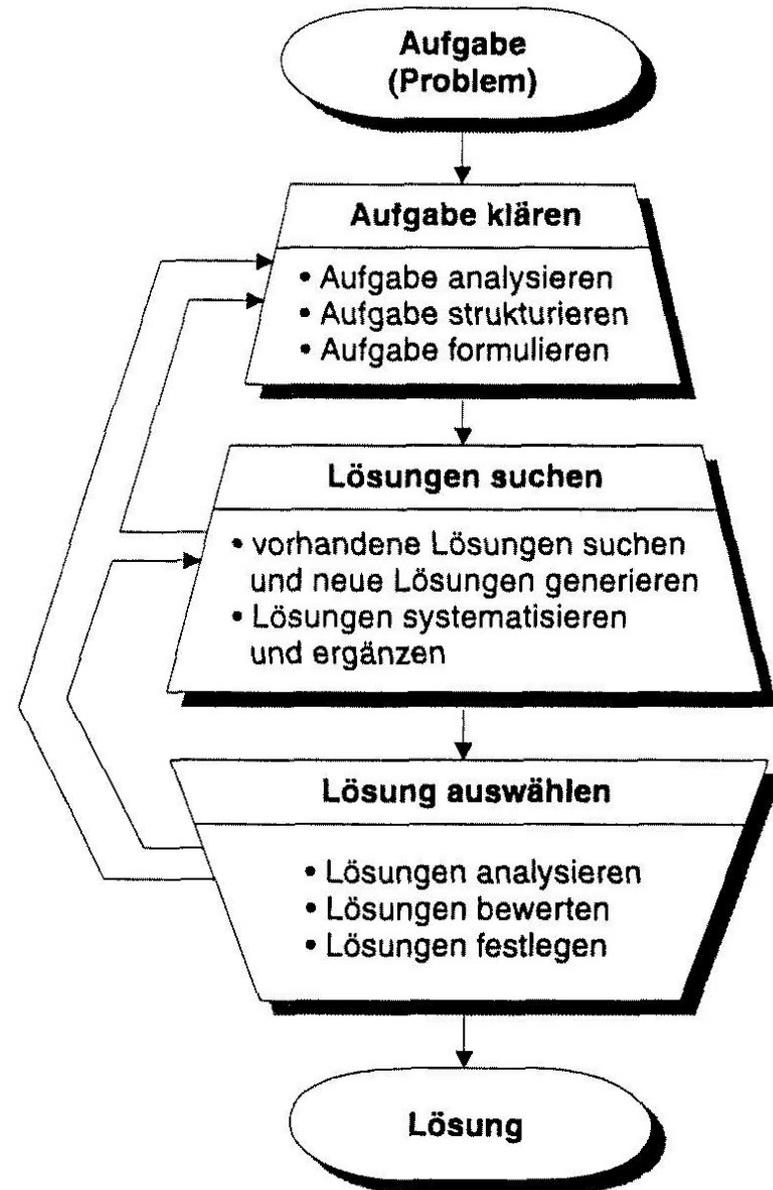
Konstruktionslehre

Prinzipieller Aufbau einer
Konstruktionsmethodik



Konstruktionslehre

Prinzipieller Ablauf
einer allgemeinen
Problemlösungsmethode



Lösungssuche

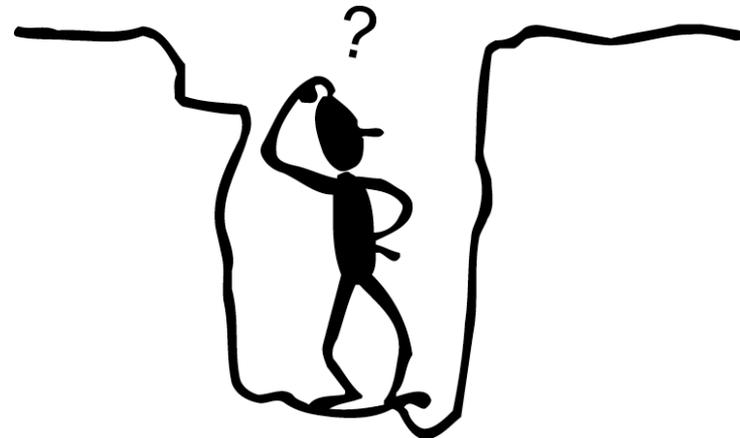
Lösungssuche

Lösungssuche

Ziel ist die Schaffung eines Lösungsfeldes, aus dem im letzten Arbeitsschritt dann eine alle Anforderungen erfüllende Lösung ausgewählt wird.

Die zwei grundsätzlichen Arten der Lösungssuche

- Konventionelle Suche
- Kreative Suche



Lösungssuche

Konventionelle Suche

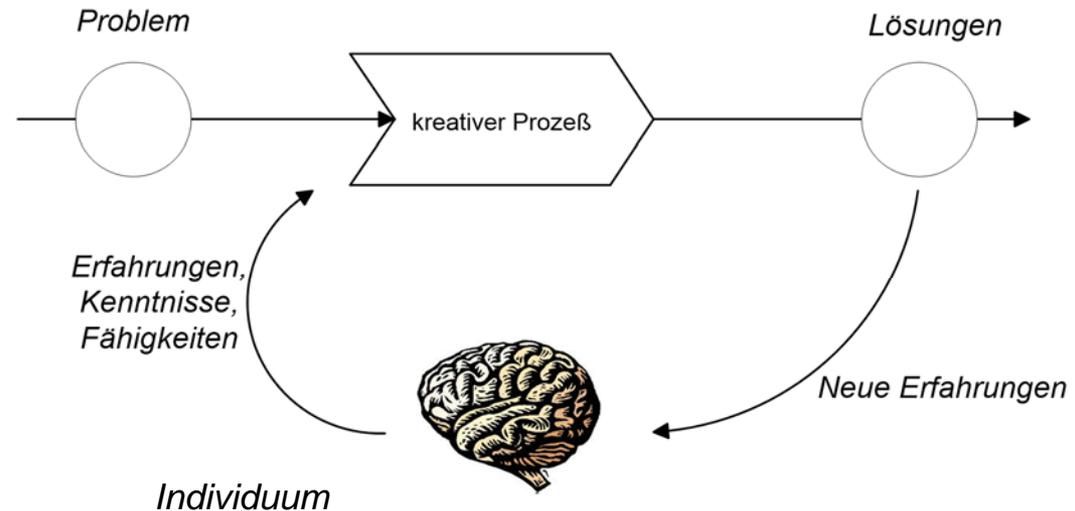
Es wird nach vorhandenen und bekannten Lösungen gesucht.

- Unternehmensinterne Lösungen
- Käufliche Lösungen (Prospekte, Kataloge, ...)
- Aufbereitete Lösungen aus der Literatur (Fachzeitschriften, -bücher, Forschungsberichte, ...)
- Lösungen aus der Patentliteratur (Patentrecherchen)
- Lösungen der Wettbewerber (Prospekte, Messebesuche, ...) usw.

Lösungssuche

Kreative Suche

Es wird nach
neuen Lösungen gesucht.



Die größte Schwierigkeit bei der Kreativität sind Blockaden.

Gefühlsblockaden:

Hemmen das Vorbringen neuer Ideen aus Angst möglicherweise eigene Schwächen bloßzulegen oder sich lächerlich zu machen.

Wahrnehmungsblockaden:

Hemmen die Wahrnehmung eines Problems oder der für die Lösung notwendigen Informationen.

Lösungssuche

Blockaden

- Normentreue
- Systemtreue
- Furcht vor Risiko und Chaos
- Erfahrung
- Hemmungen sich zu äußern
- Rein logisches Denken
- Zufriedenheit mit dem Erreichten
- Zu schnelle Meinungsbildung
- Suche nach dem absolut Richtigen

Teilweise Beseitigung durch **Teamarbeit!**



Lösungssuche

Methoden zur Ideenfindung

- **Brainstorming:**
Während Brainstorming keine Kritik üben!
- **Brainwriting:**
Ideen auf Kärtchen schreiben und gemeinsam diskutieren
- **Synektik:**
Mit Hilfe von Analogien aus nichttechnischen Bereichen wird versucht eine Lösung zu finden (aus Kunst, Biologie, Natur..)
- **6-3-5-Methode:**
6 Personen, je 3 Lösungsvorschläge und diese im Umlauf 5-mal ergänzen
- **Galeriemethode:**
Vorwiegend für Gestaltungsprobleme, Problemlösungen werden skizziert und anderen Teilnehmern wie in einer Galerie präsentiert



Lösungssuche

Ausgewählte Methoden zur Ideen- bzw. Lösungsfindung

- ❖ Brainstorming
- ❖ Methode nach TRIZ

Lösungssuche

Regeln des Brainstorming

1. Funktionsgerichtete Betrachtungsweise
Alles ist erlaubt, freies Gedankenspiel.
2. Quantität geht vor Qualität
Je mehr Vorschläge / Ideen, desto besser. Auch unsinnig erscheinende Vorschläge müssen aufgenommen werden.
3. Kein Konkurrenzdenken
Nicht die Einzelleistung in den Vordergrund stellen sondern das Team. Ideen anderer können aufgegriffen und weiterentwickelt werden.
4. Keine Kritik
Vorschläge von anderen sind nicht zu kritisieren, zu bewerten oder zu korrigieren.

Lösungssuche

Anwendung des Brainstorming

Es ist mit brauchbaren Ergebnissen zu rechnen wenn:

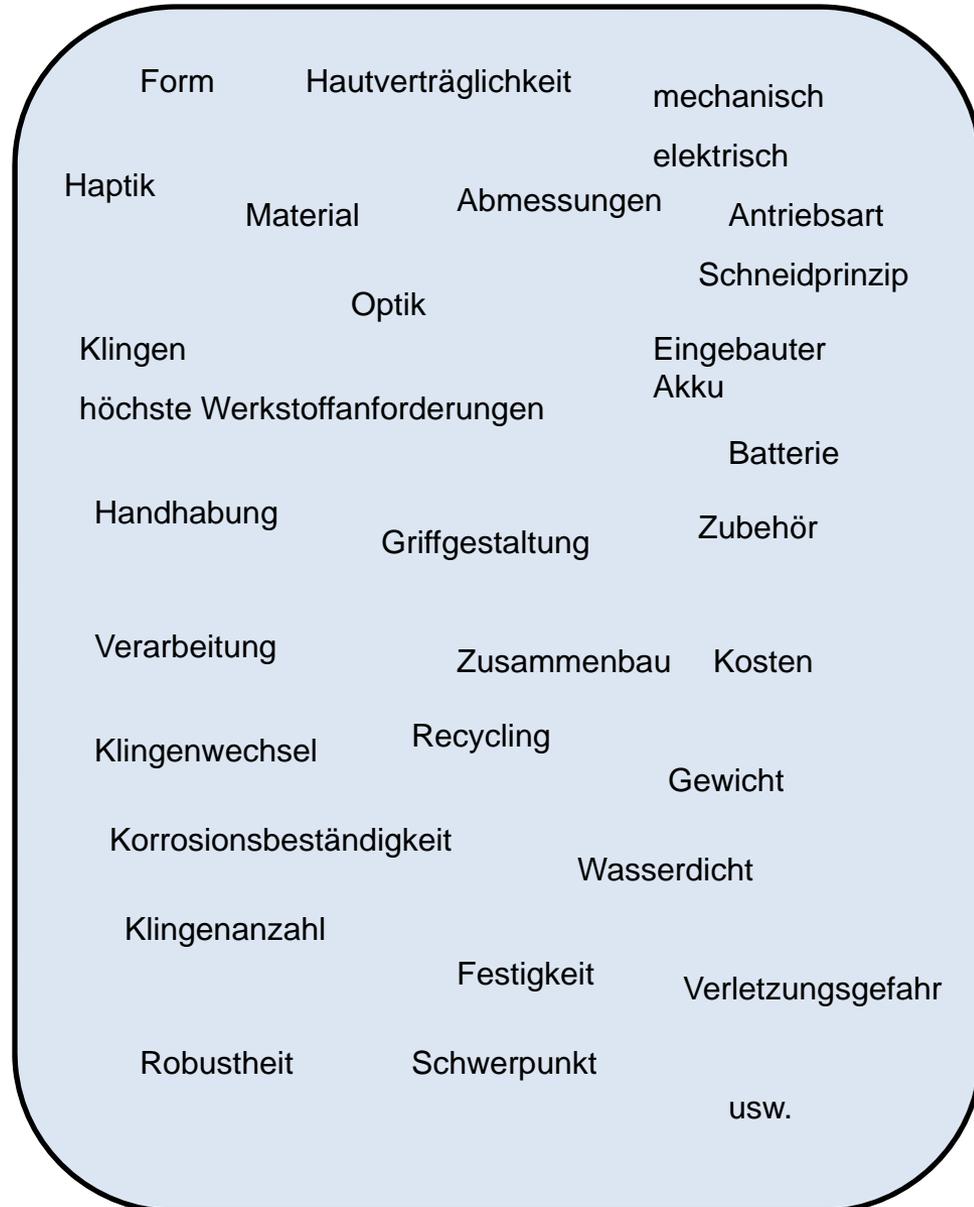
- noch kein realisierbares Lösungskonzept vorliegt
- gewisse Zusammenhänge nicht oder nur ungenau bekannt sind
- kein Weiterkommen mit bisherigen Lösungskonzepten möglich ist
- man von eingefahrenen, nicht mehr ausbaufähigen Lösungen wegkommen will

Lösungssuche

Brainstorming

„Ihre Mitarbeit ist gefragt“

- **Beispiel: Welche Überlegungen müssen bei der Entwicklung eines Rasierers beachtet werden?**



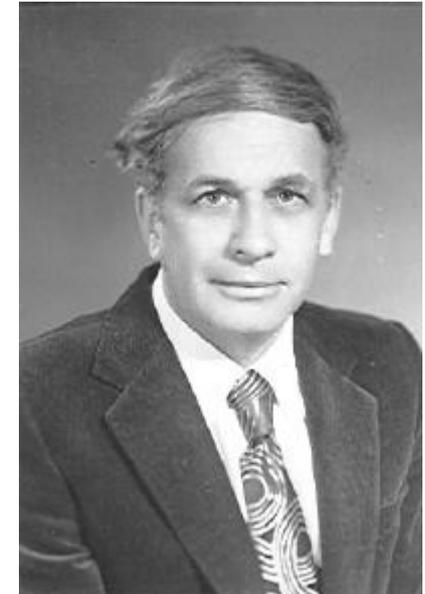
Lösungssuche

Methode nach TRIZ

- Die Methodik TRIZ geht auf den russischen Ingenieur G. Altschuller zurück.
- Basierend auf eigenen Untersuchungen entwickelte Altschuller eine „Gesetzmäßigkeit des Erfindens“, welche er aus der Analyse von bestehenden Patenten abgeleitet hat.
- Gedacht für den „klassischen Erfinder“

Überlegungen:

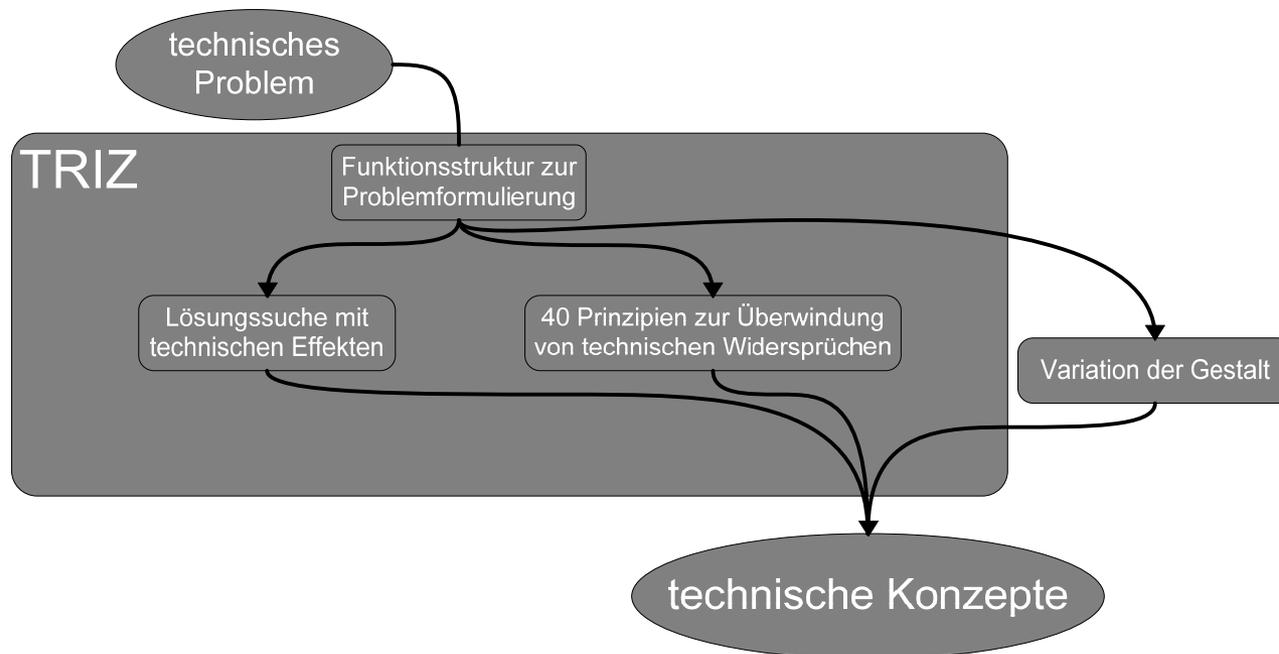
- Einer großen Anzahl von Erfindungen liegt eine vergleichsweise kleine Anzahl von allgemeinen Lösungsprinzipien zugrunde.
- Erst das Überwinden von Widersprüchen macht innovative Entwicklungen möglich.
- Die Evolution technischer Systeme folgt bestimmten Mustern und Gesetzen.



Lösungssuche

Methode nach TRIZ

- Anhand der Methode nach TRIZ ergeben sich neue Ideen und Ansätze zu technischen Konzepten zur Lösung des betrachteten Problems.



Die TRIZ enthält eine Reihe von methodischen Werkzeugen, die es erleichtern ein gegebenes technisches Problem besser zu analysieren und die es ermöglichen, kreative Lösungen zu finden.

Lösungssuche

Methodische Vorgehensweise nach TRIZ

1. Aufbau einer Funktionsstruktur
2. Ableiten von Problemformulierungen
3. Lösungssuche
 - nach technischen Effekten
 - mit Prinzipien zur Überwindung von technischen Widersprüchen

Lösungssuche

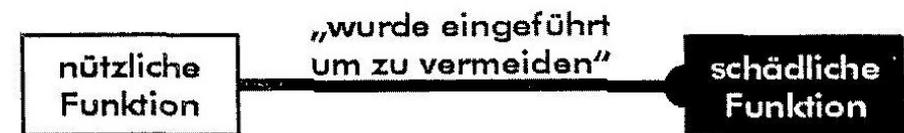
1. Funktionsstruktur

- Diese besteht aus technischen Funktionen

TRIZ unterscheidet zwischen zwei Funktionen:

- Nützliche Funktionen
- Schädliche Funktionen

Die Funktionen werden durch Verknüpfungen miteinander verbunden.

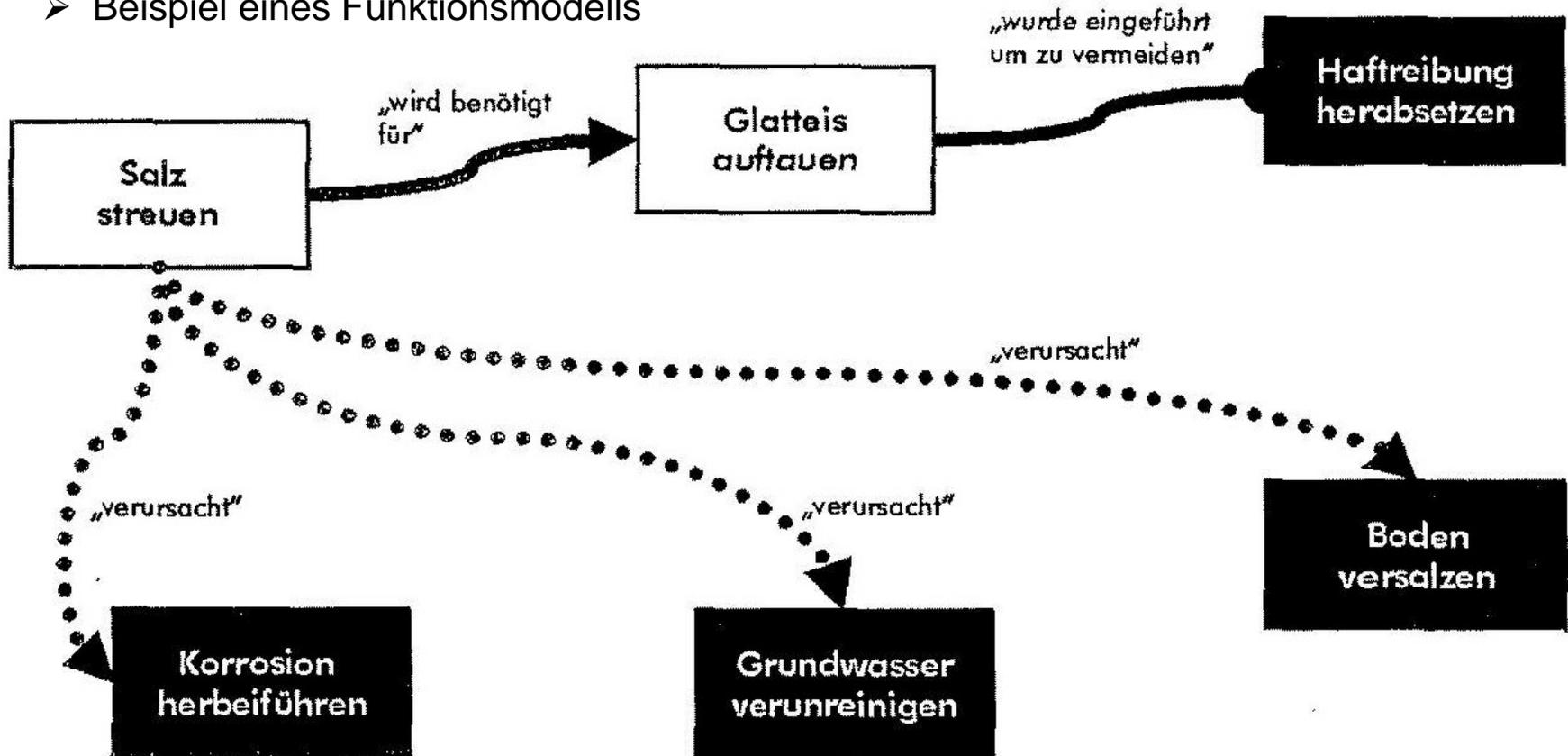


Funktionsmodelle werden aufgebaut, um daraus die Problemformulierungen abzuleiten.

Lösungssuche

1. Funktionsstruktur

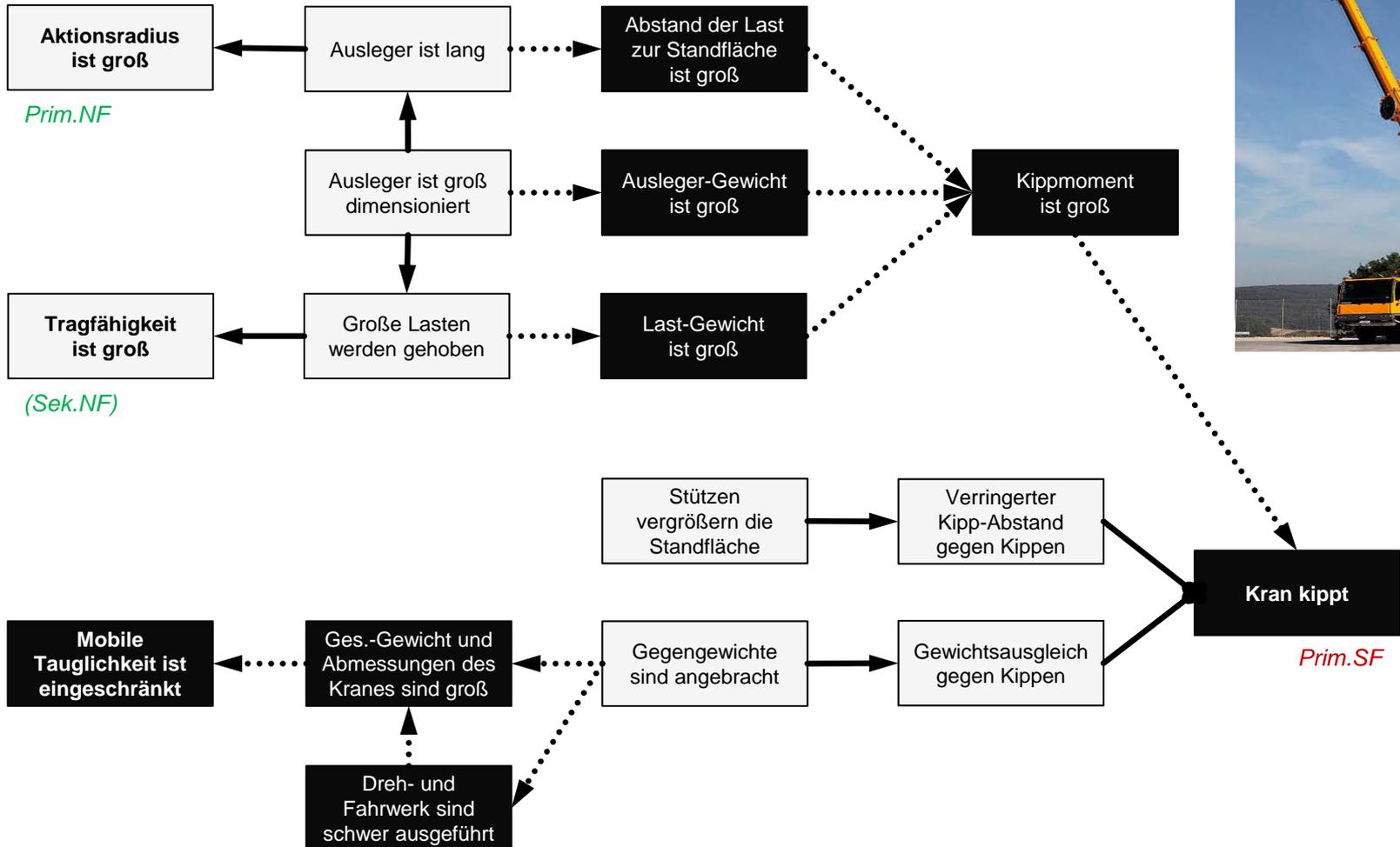
➤ Beispiel eines Funktionsmodells



Funktionsmodelle werden aufgebaut, um daraus die Problemformulierungen abzuleiten.

Lösungssuche

➤ Beispiel eines Funktionsmodells für einen Mobilkran



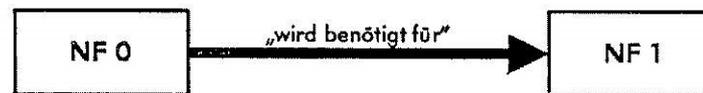
Lösungssuche

2. Problemformulierungen

Problemformulierungen werden für die Suche nach Lösungen benötigt.

Dabei unterscheidet man folgende Vorgehensweise:

1. Funktionen werden mit einer Ordnungsnummer versehen
2. Beginnend mit der Funktion Nr. 1 werden Problemformulierungen aus der Funktionsstruktur abgeleitet.
3. Auf diese Art und Weise wird das gesamte Funktionsmodell analysiert.



Nützliche Funktionen werden
in den Problemformulierungen
durch **runde Klammern**
gekennzeichnet!

- ⇒ Finde eine Möglichkeit um (NF 1) zu verbessern.
- ⇒ Finde einen alternativen Weg um (NF 1) zu ermöglichen, der nicht (NF 0) voraussetzt.

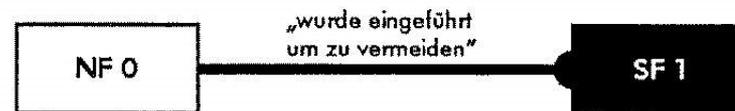
Lösungssuche

2. Problemformulierungen



Schädliche Funktionen werden
in den Problemformulierungen
durch **eckige Klammern**
gekennzeichnet

- ⇒ Finde eine Möglichkeit um [SF 1] zu vermeiden oder zu vermindern, unter der Bedingung, daß [SF 0] erfolgt.
- ⇒ Finde eine Möglichkeit, von [SF 1] zu profitieren.



- ⇒ Finde einen alternativen Weg um [SF 1] zu vermeiden oder zu vermindern, der nicht (NF 0) voraussetzt.
- ⇒ Finde eine Möglichkeit, von [SF 1] zu profitieren.

Lösungssuche

3. Lösungssuche

Erfolgt in zwei Schritten:

1. Lösungssuche nach technischen Effekten:

Neues bzw. alternatives Konzept zur Erfüllung der technischen Funktionen

2. Lösungssuche mit Prinzipien zur Überwindung von technischen Widersprüchen:

Widersprüche sind z.B.:

- Auto: Leistung steigern und Treibstoffverbrauch senken
- Akku: Baugröße verkleinern und Energiespeicherkapazität erhöhen

Es wird die Überwindung des Konfliktes mithilfe neuer Wirkprinzipien angestrebt

Lösungssuche

3. Lösungssuche

Prinzipien zur Überwindung von technischen Widersprüchen – Vorgehensweise:

- Identifizieren der Widersprüche (Zielkonflikte) im Rahmen der Problemformulierung
- Altschuller-Matrix:
 - Zuordnung der sich widersprechenden Merkmale des Systems zu **39 technischen Parametern**
 - Anwenden der **40 Prinzipien** auf das Problem zum Auffinden von geeigneten Lösungen
- Zeigt auf, welche widersprüchlichen Merkmale (Parameter) mithilfe welcher Prinzipien behoben werden können
- Nähere Betrachtung dieser Prinzipien zur Ermittlung geeigneter Lösungskonzepte

Lösungssuche

3. Lösungssuche

Vorgehensweise zur Beseitigung des Widerspruches:

39 technische Parameter

WAS?

- | | |
|--|--|
| 1. Masse des beweglichen Objekts | 21. Leistung, Kapazität |
| 2. Masse des unbeweglichen Objekts | 22. Energieverluste |
| 3. Länge des beweglichen Objekts | 23. Materialverluste |
| 4. Länge des unbeweglichen Objekts | 24. Informationsverluste |
| 5. Fläche des beweglichen Objekts | 25. Zeitverluste |
| 6. Fläche des unbeweglichen Objekts | 26. Materialmenge |
| 7. Volumen des beweglichen Objekts | 27. Zuverlässigkeit |
| 8. Volumen des unbeweglichen Objekts | 28. Messgenauigkeit |
| 9. Geschwindigkeit | 29. Fertigungsgenauigkeit |
| 10. Kraft | 30. Von außen auf das Objekt wirkende schädliche Faktoren |
| 11. Spannung oder Druck | 31. Vom Objekt selbst erzeugte schädliche Faktoren |
| 12. Form | 32. Fertigungsfreundlichkeit |
| 13. Stabilität der Zusammensetzung des Objekts | 33. Bedienkomfort |
| 14. Festigkeit | 34. Instandsetzungsfreundlichkeit |
| 15. Dauer des Wirkens des beweglichen Objekts | 35. Adaptionfähigkeit, Universalität |
| 16. Dauer des Wirkens des unbeweglichen Objekts | 36. Kompliziertheit der Struktur |
| 17. Temperatur | 37. Kompliziertheit der Kontrolle und Messung |
| 18. Sichtverhältnisse | 38. Automatisierungsgrad |
| 19. Energieverbrauch des beweglichen Objekts | 39. Produktivität |
| 20. Energieverbrauch des unbeweglichen Objekts | |

Lösungssuche

3. Lösungssuche

Vorgehensweise zur Beseitigung des Widerspruches:

40 Prinzipien

WIE?

- | | | |
|--|--|---|
| 1. Zerlegung | 18. Ausnutzung mechanischer Schwingungen | 31. Verwendung poröser Werkstoffe |
| 2. Abtrennung | 19. Periodische Wirkung | 32. Farbveränderung |
| 3. Örtliche Qualität | 20. Kontinuität der nützlichen Wirkung (Kontinuität der Wirkprozesse) | 33. Gleichartigkeit (Homogenität) |
| 4. Asymmetrie | 21. Prinzip des Durcheilens (Überspringen) | 34. Beseitigung und Regenerierung der Teile |
| 5. Kopplung | 22. Umwandlung von Schädlichem in Nützlichem | 35. Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften (Veränderung des Aggregatzustandes) |
| 6. Universalität | 23. Rückkopplung (Feedback) | 36. Anwendung von Phasenübergängen |
| 7. Integration (Steckpuppe, Matrijoschka) | 24. Prinzip des "Vermittlers" | 37. Anwendung der Wärmeausdehnung |
| 8. Gegengewicht (Gegenmasse) | 25. Selbstbedienung | 38. Anwendung starker Oxydationsmittel |
| 9. Vorherige Gegenwirkung (vorgezogene Gegenwirkung) | 26. Kopieren | 39. Anwendung eines trägen Mediums (Verwendung eines inerten Mediums) |
| 10. Vorherige Wirkung (vorgezogene Wirkung) | 27. Billige Kurzlebigkeit anstelle teurer Langlebigkeit | 40. Anwendung von Verbundwerkstoffen (Anwendung zusammengesetzter Stoffe) |
| 11. Prinzip des "vorher untergelegten Kissens" (Prävention) | 28. Ersetzen des mechanischen Systems (Ersatz mechanischer Wirkprinzipien) | |
| 12. Äquipotentialität | 29. Anwendung von Pneumo- und Hydrosystemen | |
| 13. Funktionsumkehr (Inversion) | 30. Anwendung biegsamer Hüllen und dünner Folien | |
| 14. Kugelähnlichkeit (Sphäroidalität) | | |
| 15. Dynamisierung | | |
| 16. Partielle oder überschüssige Wirkung | | |
| 17. Übergang zu anderen Dimensionen (Übergang zur höheren Dimension) | | |

Lösungssuche

3. Lösungssuche

Vorgehensweise zur Beseitigung des Widerspruches: (Matrix)

| | | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>sich verschlechternder Parameter</p> <p>→</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>↓</p> <p>zu verbessern-der Parameter</p> </div> </div> | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | | Gewicht eines bewegten Objektes | Gewicht eines stationären Objektes | Länge eines bewegten Objektes | Länge eins stationären Objektes | Fläche eines bewegten Objektes | Fläche eines stationären Objektes | Volumen eines bewegten Objektes | Volumen eines stationären Objektes | Geschwindigkeit | Kraft, Intensität | Druck, Spannung |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Gewicht eines bewegten Objektes | + | - | 15, 8, 29, 34 | - | 29, 17, | - | 29, 2, 40, 28 | - | 2, 8, 15, 38 | 8, 10, 18, 37 | 10, 36, |
| 2 | Gewicht eines stationären Objektes | - | + | - | 10, 1, 29, 35 | - | 35, 30, | - | 5, 35, 14, 2 | - | 8, 10, 19, 35 | 13, 29, |
| 3 | Länge eines bewegten Objektes | 8, 15, 29, 34 | - | + | - | 15, 17, 4 | - | 7, 17, 4, 35 | - | 13, 4, 8 | 17, 10, 4 | 1, 8, 35 |
| 4 | Länge eines stationären Objektes | | 35, 28, | - | + | - | 17, 7, 10, 40 | - | 35, 8, 2, 14 | - | 28, 10 | 1, 14, 35 |
| 5 | Fläche eines bewegten Objektes | 2, 17, 29, 4 | - | 14, 15, | - | + | - | 7, 14, 17, 4 | | 29, 30, 4, | 19, 30, | 10, 15, |
| 6 | Fläche eines stationären Objektes | - | 30, 2, 14, 18 | - | 26, 7, 9, 39 | - | + | - | | - | 1, 18, 35, 36 | 10, 15, |
| 7 | Volumen eines bewegten Objektes | 2, 26, 29, 40 | - | 1, 7, 4, 35 | - | 1, 7, 4, 17 | - | + | - | 29, 4, 38, 34 | 15, 35, | 6, 35, 36, 37 |
| 8 | Volumen eines stationären Objektes | - | 35, 10, | 19, 14 | 35, 8, 2, 14 | - | | - | + | - | 2, 18, 37 | 24, 35 |

Ausschnitt der
Altschuller-Matrix

Lösungssuche

Beispiel zum besseren Verständnis

- Eine Computertastatur soll leichter gestaltet werden
- Problemstellung (technischer Widerspruch):
Wird die bestehende Tastatur leichter gemacht wird sie weniger robust.
→ Diesen Konflikt gilt es zu lösen.



Lösungssuche

Beispiel zum besseren Verständnis

Die Widerspruchsmatrix gibt folgende innovative Prinzipien:

Abtrennen (Prinzip Nr: 2)

Entfernen überflüssiger Teile und Konzentration auf die Hauptfunktion.

Z.B. Entfernen von Sondertasten, Displays und Komponenten, die primär nichts mit der Funktion zu tun haben.

Billige Kurzlebigkeit (Prinzip Nr: 27)

Ersetzen teurer Systemkomponenten durch kostengünstigere, wodurch in gewisser Weise auf die Langlebigkeit verzichtet wird. (Haltbarkeit wird ausgelegt für Hobbynutzer.)

Z.B. Ausführung in günstigerem Material oder mit geringerem Materialverbrauch (dünnere Wandstärken etc).

Poröse Materialien (Prinzip Nr: 31)

Gestalten mit porösen Materialien oder Schäumen.

Z.B. Schäumen gewisser Teile (Gehäuse) und dadurch Materialeinsparung und Gewichtsreduzierung durch die Lufteinschlüsse im Material.

Lösungssuche

3. Lösungssuche

Erkenntnisse und Nutzen:

- Man erhält Hinweise darauf, wie der bestehende technische Widerspruch grundsätzlich überwunden werden kann.
- Man erhält mögliche Lösungsansätze, die jedoch erst genauer betrachtet und entwickelt werden müssen.
- Basierend auf den ermittelten Ansätzen kann dann eine neue technisch-wirtschaftliche Lösung entwickelt werden.
- Für den weiteren Entwicklungsprozess stehen wiederum verschiedene grundlegende Konstruktionsmethoden zur Auswahl (z.B. Matousek, Kesselring).

Konstruktions- methoden

Konstruktionsmethoden

Ausgewählte Methoden der Konstruktionslehre:

- ❖ Methode nach Matousek
- ❖ Methode nach Kesselring
- ❖ Morphologischer Kasten
- ❖ Technisch-wirtschaftliches Konstruieren



Konstruktionsmethoden

Methode nach Matousek

- Ablauf: Übergang von der Aufgabenstellung zu einer Prinzip-Konstruktion
- Diese Prinzip-Konstruktion wird durch Betrachtung hinsichtlich Werkstoff, Herstellung, Gestaltung und Kosten ausgearbeitet
- Die konstruktive Tätigkeit geht dabei von einem Studium der Forderungen und Wünsche des Auftraggebers aus
- Da die Wichtigkeit verschiedenen Forderungen und Wünsche unterschiedlich hoch ist, steht an erster Stelle die Forderung nach einer (einzelnen) bestimmten (Haupt-)Funktion der Konstruktion

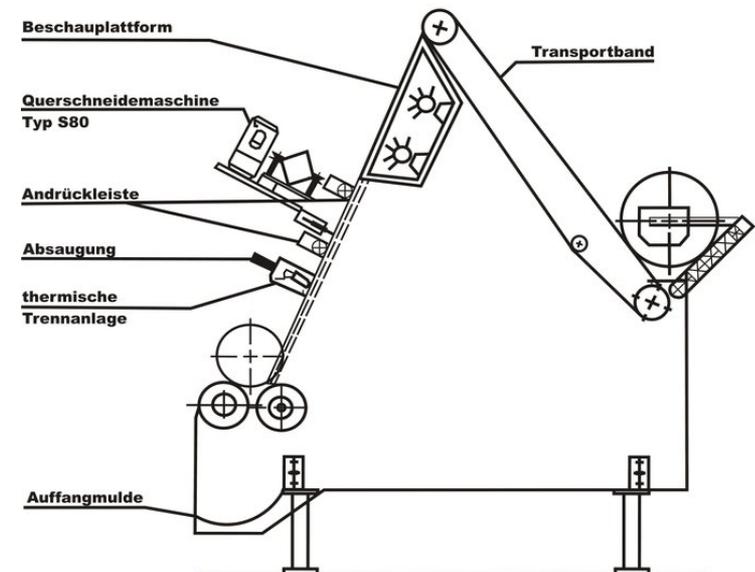
Konstruktionsmethoden

Methode nach Matousek

- Unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung versucht der Konstrukteur die Konstruktionen zu entwickeln
- Dabei bedient er sich verschiedenster Anregungen zum Erstellen der **Prinzip-Konstruktion**

Anregungen aus:

- bekannten Ausführungen
- Überlegungen zur Kinematik
- der Kombination bekannter Bauelemente
- der geschichtlichen Entwicklung
- Patentschriften
- Fachzeitschriften und Vorträgen
- Ausstellungen
- anderen Fachgebieten
- der Natur
- Versuchen ...



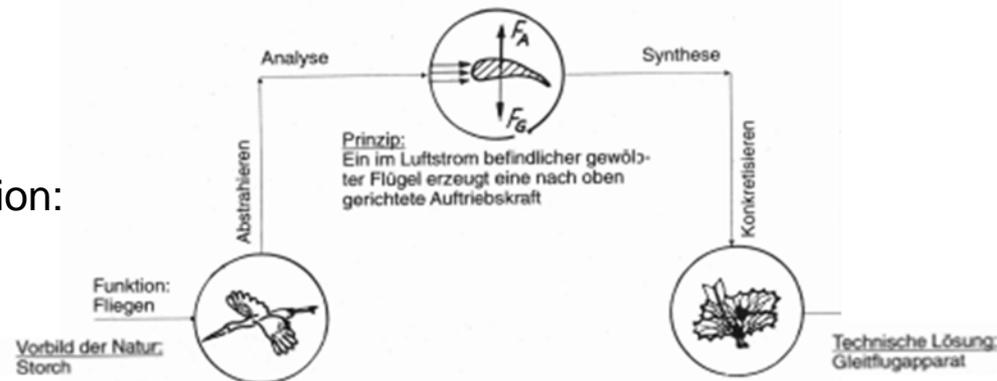
Prinzip einer Stoffschneidemaschine

Konstruktionsmethoden

Methode nach Matousek

- Je größer die Erfahrung des Konstrukteurs ist, desto schneller und einfacher wird es ihm gelingen entsprechende Lösungen zu finden
- Ausgehend von der Prinzip-Konstruktion hat der Konstrukteur die Aufgabe, die bestimmenden Gesichtspunkte der Konstruktion zu konkretisieren.
D.h. er muss sich von der rein prinzipiellen Ausführung lösen, um zu einer tauglichen Abstraktion der Prinzip-Konstruktion als mögliche Lösungsvariante zu gelangen.
- Dadurch schafft der Konstrukteur wiederum verschiedenartige Lösungsvarianten, die anschließend einer kritischen Bewertung unterzogen werden.
- Die gefundenen Lösungsvarianten werden anhand eines Bewertungsplanes beurteilt

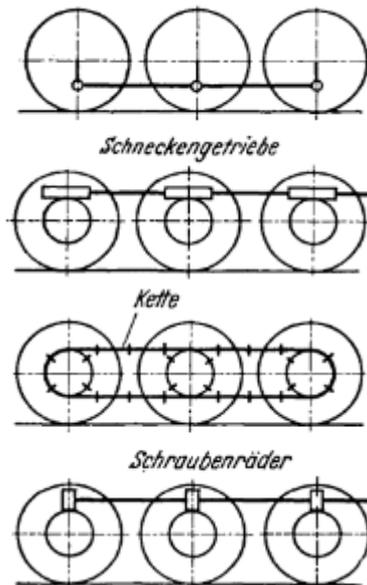
- Beispiel für eine Abstraktion:



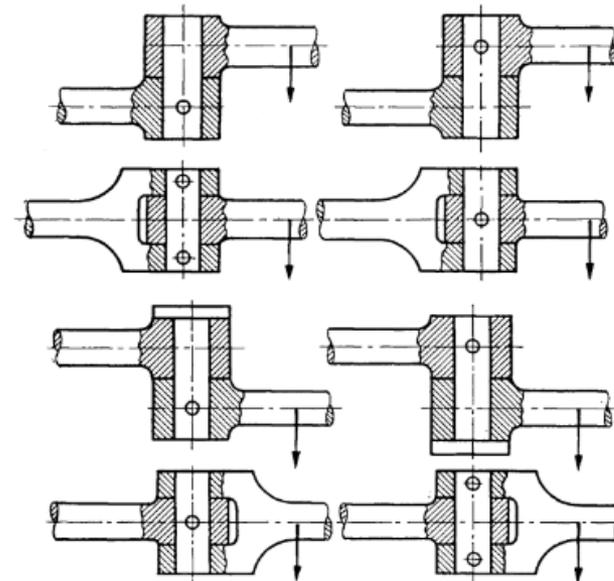
Konstruktionsmethoden

Methode nach Matousek

- Beispiele für unterschiedliche Lösungsvarianten



Möglichkeiten des Antriebs von gekoppelten Rädern



Ausführungsmöglichkeiten eines Gelenkes

Konstruktionsmethoden

Methode nach Matousek

Bewertungsplan – Bewerten der Lösungen nach z.B.:

- Genauigkeit der geforderten Wirkung
- Einfachheit der Ausführung / Umsetzung / Anwendung
- geringer Verschleiß in Gelenken, Führungen und sonstigen Kontaktstellen
- geringer Energieverbrauch
- geringe Herstell- / Betriebs- / Wartungskosten ...

Die Lösungen werden bewertet mit:

sehr gut *gut* *brauchbar* *unbrauchbar*

Der Bewertungsplan führt einerseits zur Ausscheidung unbrauchbarer Lösungen und zeigt andererseits gute Lösungen auf.

Konstruktionsmethoden

Methode nach Matousek

Beispiel: Erstellung eines Bewertungsplanes

„Ihre Mitarbeit ist gefragt“

Aufgabenstellung:

Bewerten zweier unterschiedlicher Auslegerkonstruktionen eines Stacker-Reclaimers mithilfe eines Bewertungsplanes. Wählen geeigneter Bewertungskriterien.



Vollwandkonstruktion



Fachwerkkonstruktion

Konstruktionsmethoden

Methode nach Matousek

Beispiel: Erstellung eines Bewertungsplanes

... welche Methode bietet sich zum Finden der Bewertungskriterien an?



Konstruktionsmethoden

Methode nach Matousek:

Beispiel: Erstellung eines Bewertungsplanes

- Mögliche Bewertungskriterien finden
- Bewerten ausgewählter Kriterien

Notenschlüssel für den Bewertungsplan:

| | |
|-------------|---|
| sehr gut | 3 |
| gut | 2 |
| brauchbar | 1 |
| unbrauchbar | 0 |



Vollwandkonstruktion

Auslegerkonstruktionen eines
Stacker-Reclaimers



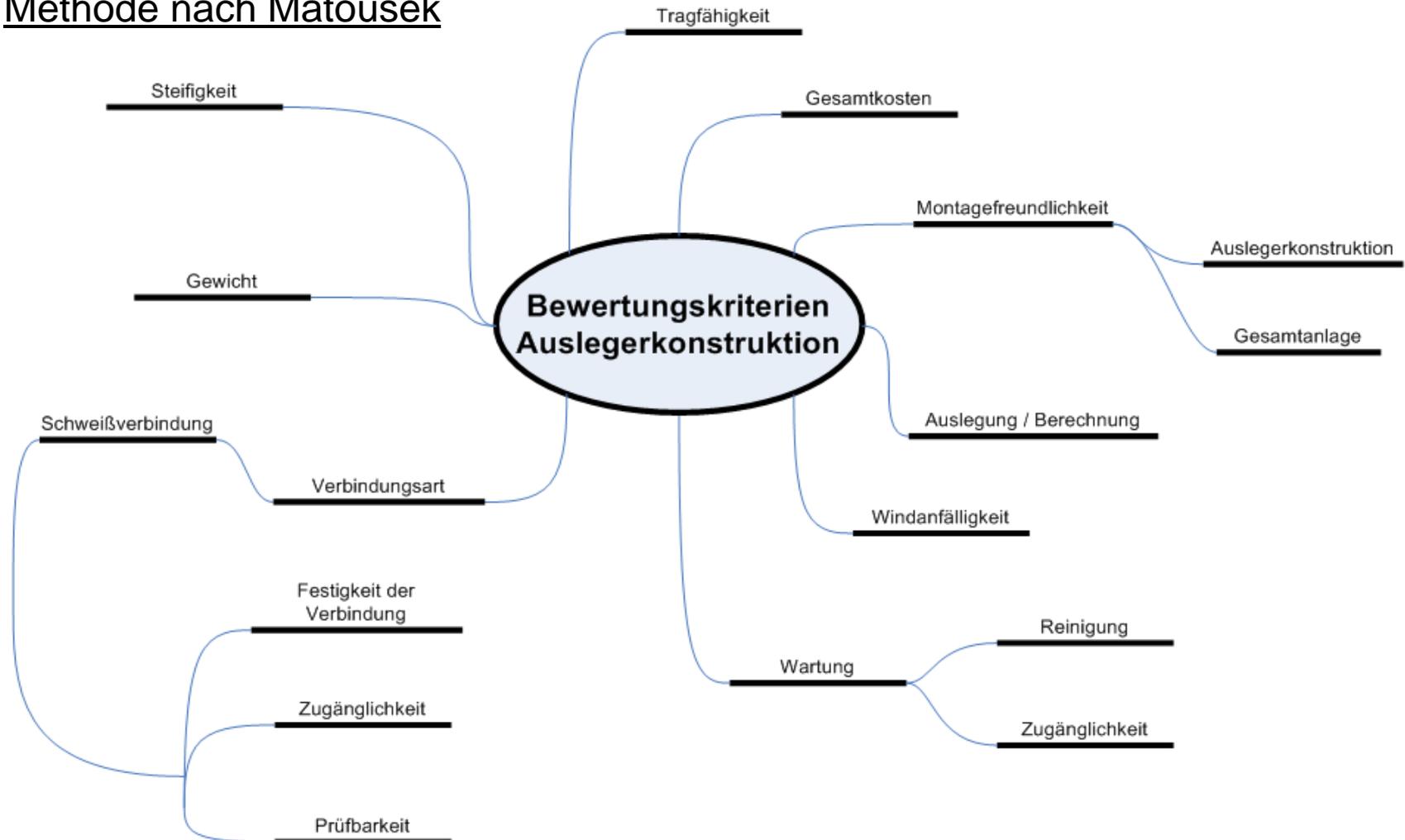
Fachwerkkonstruktion



Konstruktionsmethoden

Beispiel: Erstellung eines Bewertungsplanes

Methode nach Matousek



Konstruktionsmethoden

Methode nach Matousek

Beispiel: Erstellung eines Bewertungsplanes

| Bewertungskriterien | Auslegerkonstruktion | |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | Vollwandkonstruktion | Fachwerkkonstruktion |
| Gewicht | 1 | 3 |
| Tragfähigkeit | 3 | 2 |
| Gesamtkosten | 1 | 2 |
| Steifigkeit | 2 | 2 |
| Windanfälligkeit | 1 | 3 |
| Auslegung / Berechnung | 2 | 1 |
| Fertigung des Auslegers | 2 | 2 |
| Montagefreundlichkeit: | | |
| Auslegerkonstruktion | 1 | 2 |
| Gesamtanlage | 2 | 2 |
| Wartung: | | |
| Reinigung | 1 | 2 |
| Zugänglichkeit | 1 | 3 |
| Schweißverbindung: | | |
| Festigkeit | 2 | 2 |
| Zugänglichkeit | 2 | 3 |
| Prüfbarkeit | 2 | 1 |
| Summe | 23 | 30 |

Vorschlag des
Bewertungsplanes

sehr gut 3

gut 2

brauchbar 1

unbrauchbar 0

Konstruktionsmethoden

Methode nach Kesselring

Fünf übergeordnete Gestaltungsprinzipien:

Diese sollten für jede Konstruktion bestimmend sein

1. Prinzip der minimalen Herstellkosten (kostenorientiert)
2. Prinzip des minimalen Raumbedarfs (platzbedarfsorientiert)
3. Prinzip des minimalen Gewichts (leichtbauorientiert)
4. Prinzip der günstigsten Handhabung (anwendungsorientiert)
5. Prinzip der geringsten Verluste (wirkungsgradorientiert)

Konstruktionsmethoden

Methode nach Kesselring

Gesamtdarstellung der Konstruktionsmethodik:

Zum methodischen Konstruieren technischer Produkte nach Kesselring wird von einem **Vorgehensplan** ausgegangen der in drei Arbeitsfolgen unterteilt:

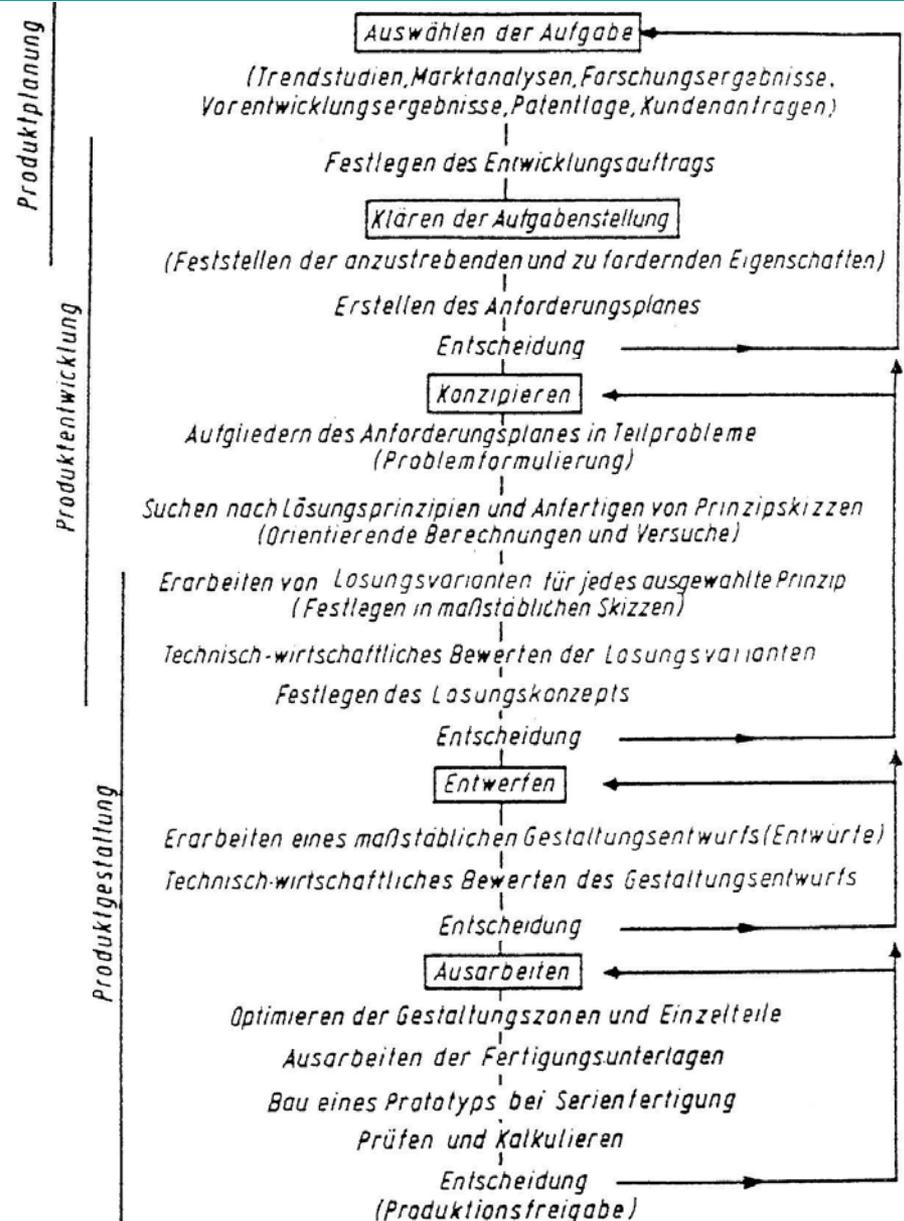
1. Produktplanung
2. Produktentwicklung
3. Produktgestaltung

Konstruktionsmethoden

Methode nach Kesselring

Vorgehensplan:

Arbeitsfolgen und Haupttätigkeiten



Konstruktionsmethoden

Methode nach Kesselring

Im Zuge des Vorgehensplans nach Kesselring eingesetzte Methoden und Hilfsmittel:

| <div style="text-align: center;"><i>Methoden und Hilfsmittel</i></div> <div style="text-align: center;"><i>Haupttätigkeiten</i></div> | <i>Brainstorming</i> | <i>Marktanalyse</i> | <i>Konstruktionssystematik</i> | <i>Techn.-wirtschaftl. Bewertung</i> | <i>Netzplantechnik</i> | <i>Wertanalyse</i> | <i>Morphologischer Kasten</i> | <i>Bemessungslehre</i> | <i>Techn. Formgebung</i> |
|---|----------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|
| <i>Auswählen der Aufgabe</i> | ○ | ○ | | | | | | | |
| <i>Klären der Aufgabenstellung</i> | | | ○ | ○ | | | | | |
| <i>Konzipieren</i> | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| <i>Entwerfen</i> | | | | ○ | ○ | ○ | | | ○ |
| <i>Ausarbeiten (Optimieren)</i> | | | | | ○ | ○ | | ○ | |

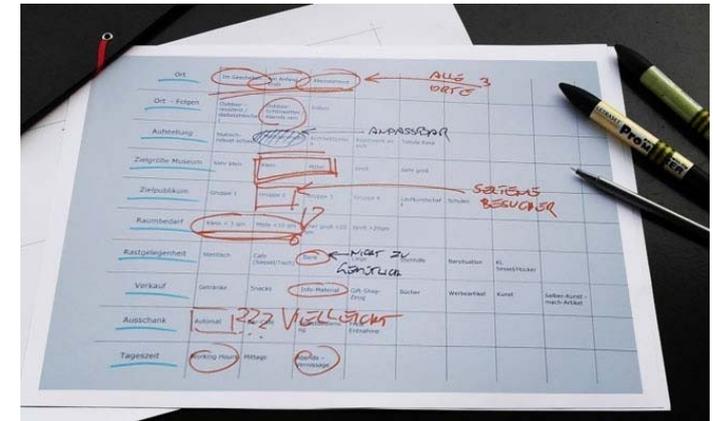
Konstruktionsmethoden

Der morphologische Kasten

Für eine zu lösende (konstruktive) Aufgabe sollen möglichst **alle denkbaren** und dem Stand der Technik entsprechende Lösungen gefunden werden.

Vorgehensweise:

- Betrachtung der Aufgabe als „Black Box“ (Input – „Black Box“ – Output)
- Suchen und Zusammenstellen bereits bekannter Lösungen für diese Aufgabe (Information über den „Ist“-Stand)
- Die gesamte Aufgabe der „Black Box“ in zu erfüllende Teilfunktionen unterteilen
- Eintragen dieser Teilfunktionen in die erste Spalte des morphologischen Kastens
- Suchen und Eintragen verschiedener Lösungsmöglichkeiten (Lösungselemente) zu jeder Teilfunktion (Ausfüllen der jeweiligen Zeilen – ergibt das Gesamtlösungsfeld)
- Reduzieren auf das eingeschränkte Lösungsfeld durch streichen nicht sinnvoller Lösungen
- Auswerten des eingeschränkten Lösungsfelds durch Verbinden geeigneter Lösungselemente



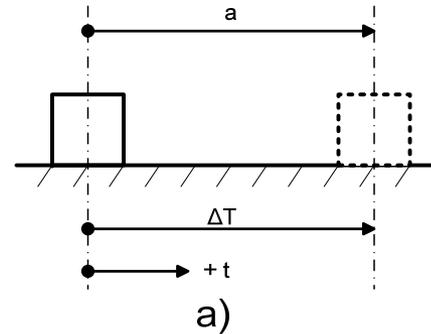
Konstruktionsmethoden

Der morphologische Kasten

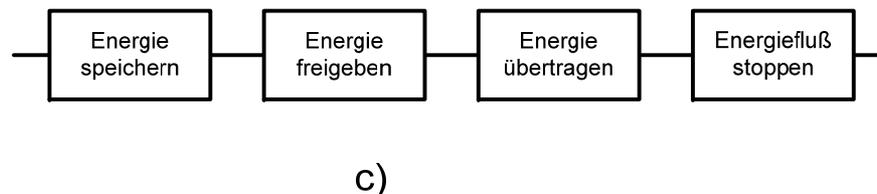
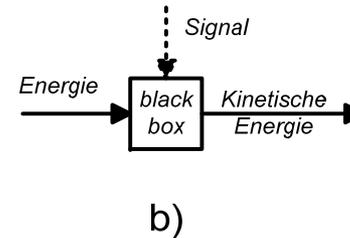
Beispiel: Impulsantrieb

Es soll ein Impulsantrieb entwickelt werden, der

- mit möglichst geringer Energie
- eine Masse m
- in der Zeit ΔT
- über einen Weg a zu bewegen vermag.



Impulsantrieb
a) Aufgabenstellung
b) black box
c) Blockschema



Konstruktionsmethoden

Der morphologische Kasten

Beispiel:
Impulsantrieb

| Nr. | Teilfunktion | Alternativmöglichkeiten | | | | |
|-----|---------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1 | Energie speichern | Gespannte Feder | Druckgas-speicher | Rotierende Masse | Geladener Kondensator | Chemische Energie |
| 2 | Energie freigeben | Sperrung lösen | Mechanisch koppeln | Ventil öffnen | Schalter schließen | Furkenstrecke zünden |
| 3 | Energie übertragen | Stab + Masse | Spule + Masse | Kolben + Masse | --- | --- |
| 4 | Energiefluß stoppen | Mechanisch entkoppeln | Ventil schließen | Strom unterbrechen | Ausströmen lassen | --- |

Konstruktionsmethoden

Technisch-wirtschaftliches Konstruieren

- Wird verwendet, wenn in kurzer Zeit ein brauchbares Ergebnis benötigt wird.
- Wird ebenso bei konstruktiven Neu- oder Weiterentwicklungen verwendet, bei denen im Konstruktionsverlauf vermehrt mit Änderungen zu rechnen ist.

Kern der Vorgehensweise:

Die Bewertung erarbeiteter Gestaltungsvarianten mit technischen und wirtschaftlichen Bewertungskriterien.

- Die technische Bewertung erfolgt basierend auf einer Vielzahl technischer Eigenschaften
- Die wirtschaftliche Bewertung betrachtet die Kosten

Konstruktionsmethoden

Technisch-wirtschaftliches Konstruieren

Technische Bewertung:

- Erfolgt nach einer Bewertung von technischen Eigenschaften der Konstruktion (Punktebewertung)
- Wird mit einer „Ideallösung“ verglichen, die alle angeführten technischen Eigenschaften ideal verwirklicht (maximale Punkteanzahl)
- Die Summe an erreichten Punkten der Konstruktion wird dann mit der maximal erreichbaren Punktezahl der Ideallösung ins Verhältnis gesetzt.
→ Ergibt die „technische Wertigkeit“ in Form eines Zahlenwertes (vgl. „Wirkungsgrad“ der Lösung)

Zu bewertende technische Eigenschaften:

1. Anzahlbedingte Eigenschaften
2. Geometrische Eigenschaften
3. Mechanische Eigenschaften
4. Thermische Eigenschaften
5. Elektrische und magnetische Eigenschaften
6. Optische Eigenschaften
7. Akustische Eigenschaften
8. Stoffliche und chemische Eigenschaften
9. Herstell- und Montageeigenschaften
10. Gebrauchseigenschaften
11. Eigenschaften bezüglich Sicherheit und Umweltschutz

Konstruktionsmethoden

Technisch-wirtschaftliches Konstruieren

Technische Bewertung:

Beispiel der Punktebewertung:

| Erfüllung der techn. Eigenschaft: | Punkte: |
|--------------------------------------|---------|
| ideal | 5 |
| sehr gut | 4 |
| gut | 3 |
| ausreichend | 2 |
| gerade noch tragbar | 1 |
| unbefriedigend | 0 |

Konstruktionsmethoden

Technisch-wirtschaftliches Konstruieren

Wirtschaftliche Bewertung:

- Zur Beurteilung dienen die Herstellkosten der Konstruktion
- Die tatsächlichen zu erwartenden Herstellkosten werden mit den abgeschätzten „idealen“ Herstellkosten verglichen
- Aus dem Verhältnis der tatsächlichen zu den idealen Herstellkosten ergibt sich die „wirtschaftliche Wertigkeit“ (ähnlich der „technischen Wertigkeit“, aber auf Kosten basierend)

Nutzen des technisch-wirtschaftlichen Konstruierens

- Einfache vergleichende Bewertung von Konstruktionen (auch bzgl. der Ideal-Lösung)
- Möglichkeit zur Verwendung eines Stärkediagramms (s-Diagramm):
 - Auftragen der wirtschaftlichen Wertigkeit über der technischen Wertigkeit
 - Lage einer Konstruktion im s-Diagramm spiegelt die gesamte Wertigkeit wieder (je weiter rechts-oben, desto besser – ideal-Lösung bei 1,0/1,0)
 - Übersichtlicher und einfacher Vergleich von Konstruktionen im s-Diagramm

Konstruktionsmethoden

Technisch-wirtschaftliches Konstruieren

Ausarbeiten des ersten maßstäblichen Entwurfs

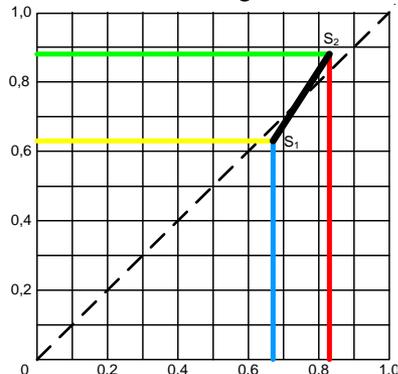
Technische Bewertung
Tafel A

| Technische Eigenschaften | Punktezahlen | | |
|---|--------------|--------------|-------------|
| | 1. Entw. | 2. Entw. | Ideal |
| 1 Zahl d. Konstr.- Teile | 3 | 4 | 4 |
| 2 Raumbedarf | 2 | 3 | 4 |
| 3 Gewicht | 2 | 3 | 4 |
| 4 Einfachheit d. Bearb. | 2 | 4 | 4 |
| 5 Wartung | 3 | 3 | 4 |
| 6 Lebensdauer | 4 | 3 | 4 |
| Summen Σp_i | 16 | 20 | 24 |
| Techn. Wertigk. $\Sigma p_i / \Sigma p_i$ | $x_1 = 0,67$ | $x_2 = 0,83$ | $x_i = 1,0$ |

Wirtschaftliche Bewertung
Tafel B

| Stckz. | Teil | V_0 (cm ³) | | $k_v \cdot 10^3$ (DM/cm ³) | | 1 + g _M 1 + g _Z | M (DM) | | H (DM) | | | |
|---------------------------------------|------|--------------------------|------|--|---------|--|--------|------------------|-------------------------------------|--------------|--------------|--|
| | | 1.E. | 2.E. | 1.Entw. | 2.Entw. | | 1.E. | 2.Entw. | 1.E. | 2.E. | | |
| 1 | 1 | Gestell | 2200 | 1450 | 7,7 | 7,2 | 1,3 | 22,- | 13,60 | | | |
| 2 | 1 | Riemenscheibe | 1400 | 1100 | 13,6 | 13,2 | 1,3 | 21,20 | 18,90 | | | |
| 4 | 2 | Lagerdeckel | 340 | 150 | 4,0 | 4,4 | 1,3 | 1,77 | 0,86 | | | |
| - | - | Kleinteile | | | | | 1,3 | 6,78 | 4,04 | | | |
| 2 | 2 | Rillenkugellager | | | | | 1,1 | 7,50 | 11,80 | | | |
| Ideale Herstellkosten $H_i = 72,-$ DM | | | | | | | | Materialkosten M | | | | |
| | | | | | | | | Σ | 59,25 | 49,20 | | |
| | | | | | | | | | Materialkostenanteil M' (geschätzt) | 52% | 60% | |
| | | | | | | | | | Herstellkosten H = M/M' * 100% | 114,- | 82,- | |
| | | | | | | | | | Wirtsch.Wertigkeiten $y = H/H_i$ | $y_1 = 0,63$ | $y_2 = 0,88$ | |

Stärke-Diagramm



Beseitigen der techn.
Schwachstellen

Beseitigen der wirtschaftl.
Schwachstellen

Allgemein sind Konstruktionen hinsichtlich *technischer Wertigkeit* wie folgt anzusehen:

- > 0,8 sehr gut
- 0,7-0,8 gut
- < 0,6 nicht befriedigend