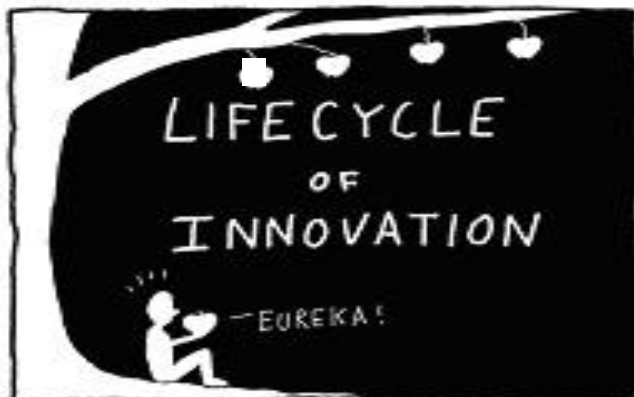
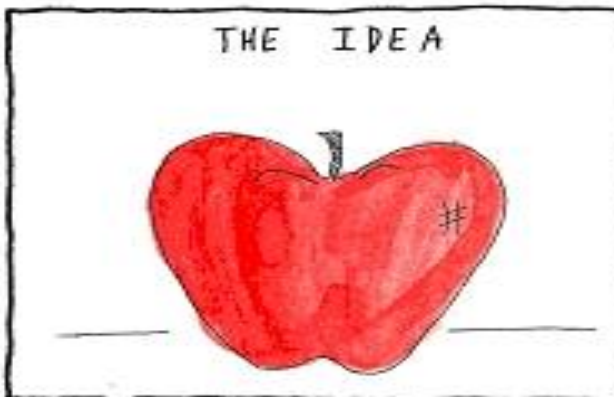


# Methodische Produktentwicklung

BRAND CAMP



THE IDEA



by Tom Fishburne

CAPITAL CONSTRAINTS



TECHNICAL FEASIBILITY



LEGAL REVIEW



MANAGEMENT INDECISION



DEVELOPMENT



FINAL PRODUCT



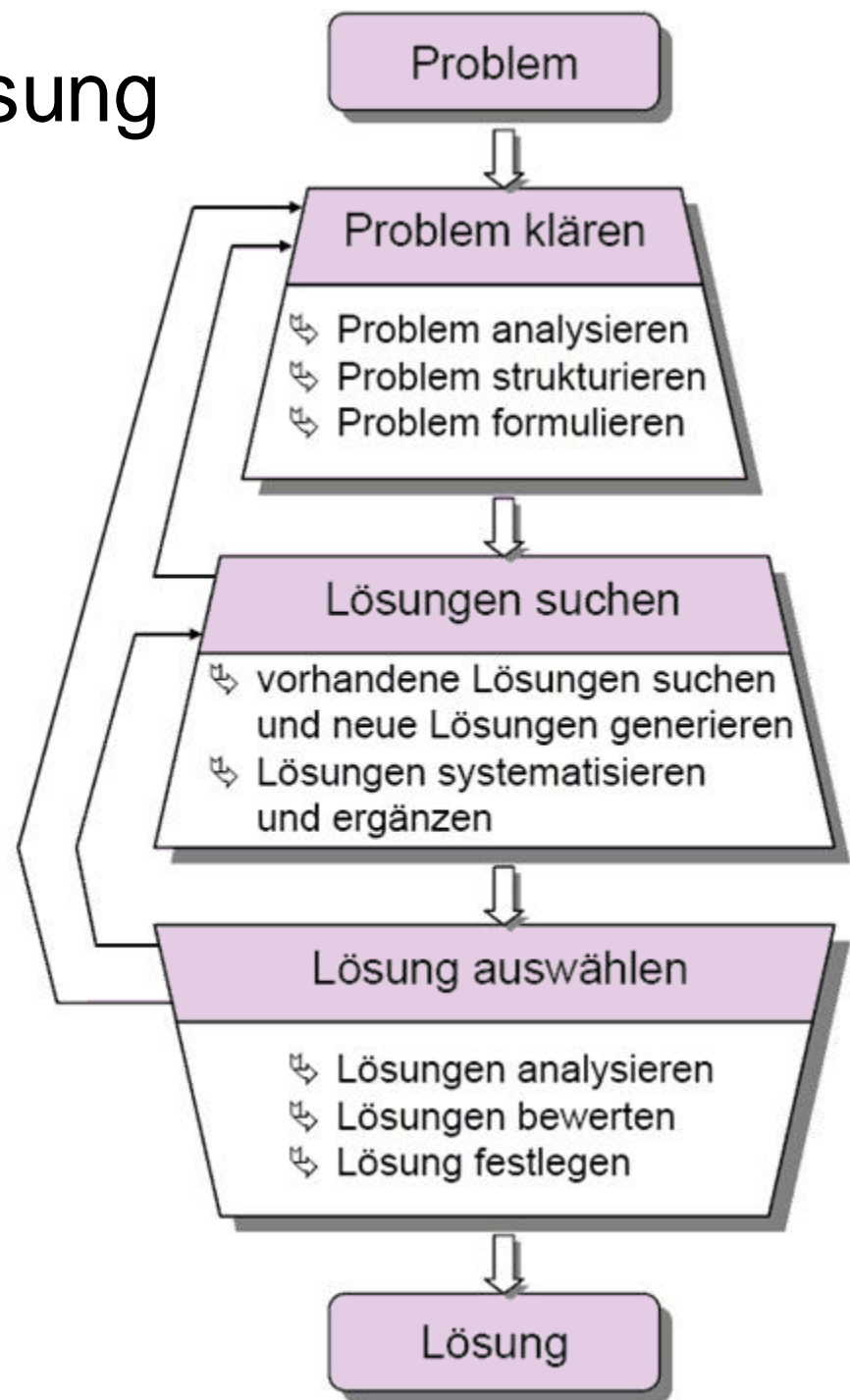
STUBBORNLY MARKETING  
AS ORIGINAL IDEA



# Vom Problem zur Lösung

Zunahme der  
Informationen zur  
Erzeugung einer  
Lösungsvielfalt

Einschränkung der  
Lösungsvielfalt



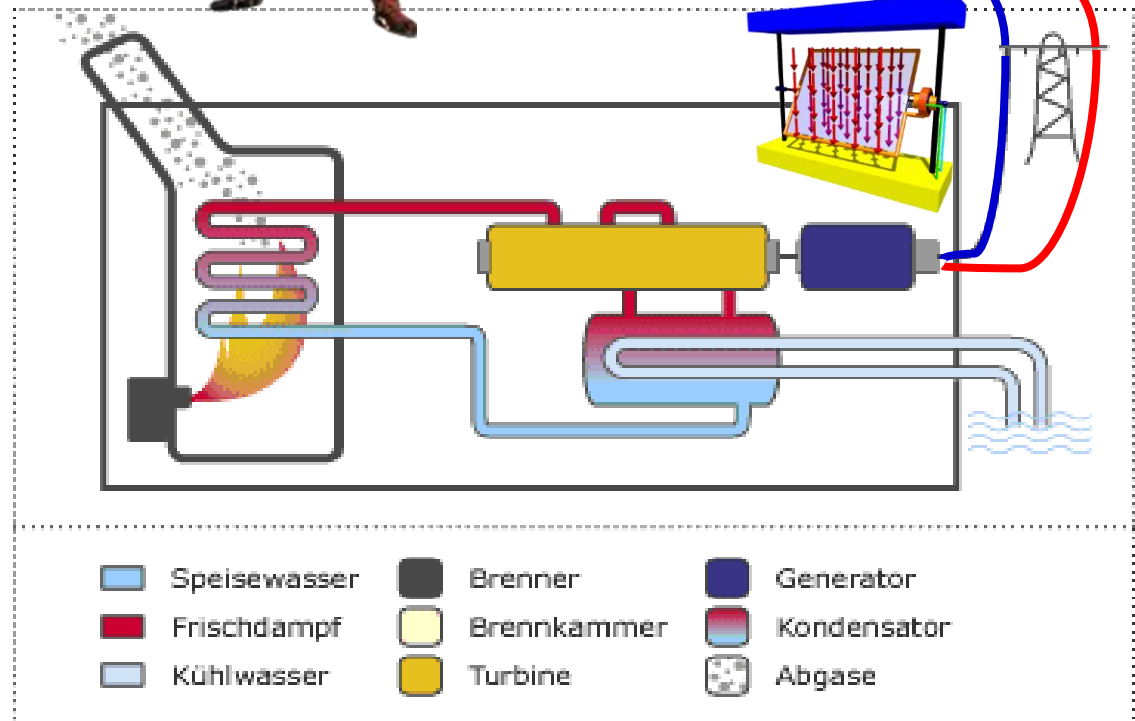
## FFN



# Straßenbeleuchtung früher...

# ... und heute

Würden wir es glauben ?





„Konstruieren Sie einen innovativen Wagenheber!“



# Die Crux

Wenn bereits eine Lösung für ein Problem bekannt ist, dient diese immer (bewusst oder unbewusst) als Vorlage oder Inspiration für Neues.

↳ Wirkliche Innovationen entstehen so bestimmt nicht !!



# Hauptfunktion und Nebenfunktionen

## Hauptfunktion

- Fahrzeug anheben

## Nebenfunktion

- Befestigung im Fahrzeug bei Nichtgebrauch
- Demontierbar (einfachere Unterbringung)

# Anforderungen

## Hauptfunktion

- Fahrzeug anheben

## Nebenfunktion

- Befestigung im Fahrzeug bei Nichtgebrauch
- Demontierbar (einfachere Unterbringung)

## Teilfunktion

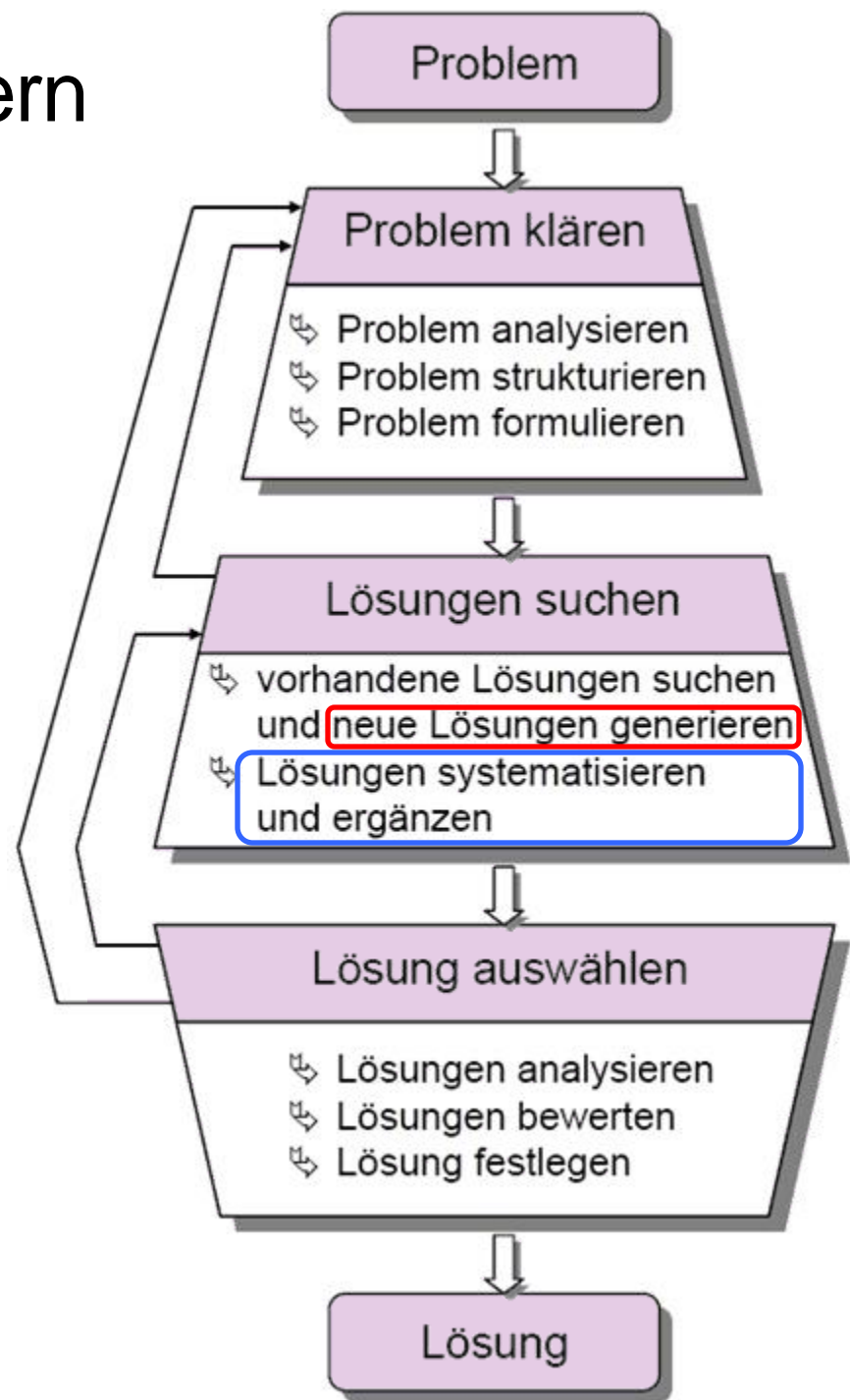
- Fixierung am Fahrzeug → Wo, Wie ?
- Muskelkraft verstärken → Betrag ?
- Fahrzeug oben halten → Gewicht ?



# Anforderungsliste

Nr.	Anforderung	Zahlenwert Toleranz	Forderung Wunsch	Name	Datum
1	Befestigungsmöglichkeit		F	AB	31.10.
2	Verfügbare Muskelkraft	100 N	F	EF	25.09.
3	Fahrzeugmasse	2000 kg	F	AB	05.11.
4	Unterbringung		W	GH	10.12.
5	Demontierbarkeit		W	CF	08.11.

# Lösungsraum erweitern



# Lösungsraum erweitern

- Bekannte oder zufällig gefundene Lösungen könnten unterschieden werden anhand:
  - Effekte, Form, Größe, Wirkflächen, Freiheitsgrade, Verbindungsarten, Fertigungsverfahren
- Gezielte Variation einzelner Merkmale vereinfacht die Suche nach alternativen Lösungen
- Zusammenfassung der Kombinationen einzelner Merkmale in Matrix-Form
- Zunächst freibleibende Felder deuten auf weitere, bisher unbekannte Lösungen hin (Systematische Erweiterung)

Aufgabe: „Objekt beschleunigen“ (vgl. „Werfen“)

## **Brainstorming:**

1.Idee:

2.Idee:

3.Idee:

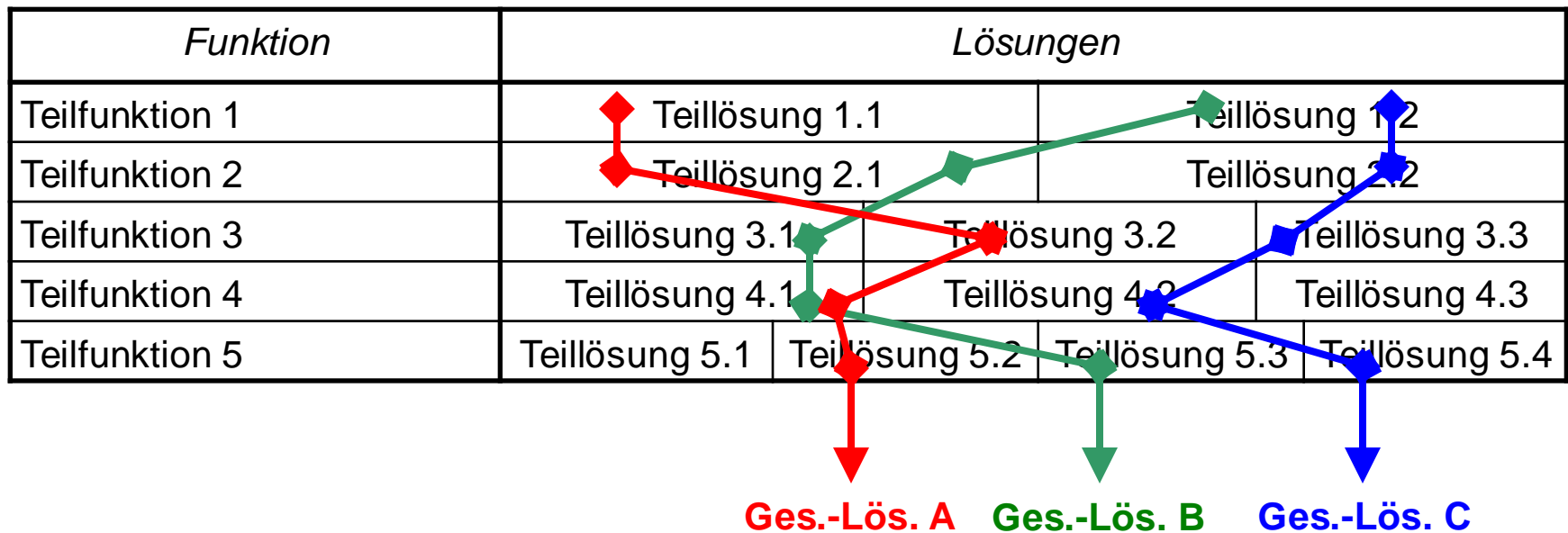
4.Idee:

# 2D-Ordnungschema: „Objekt beschleunigen“




# Morphologischer Kasten

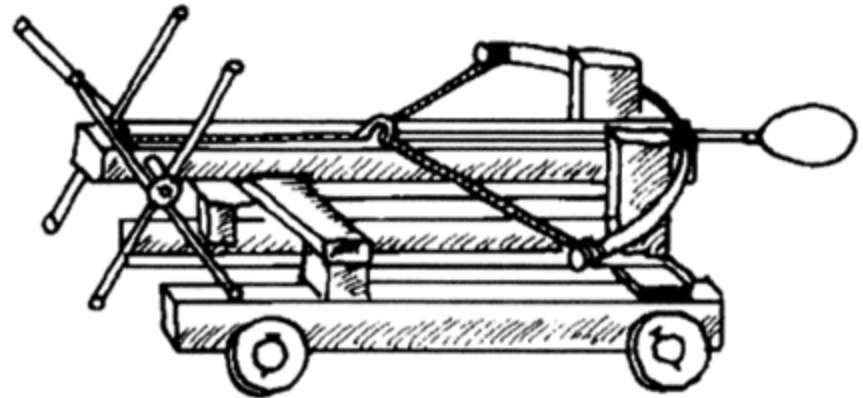
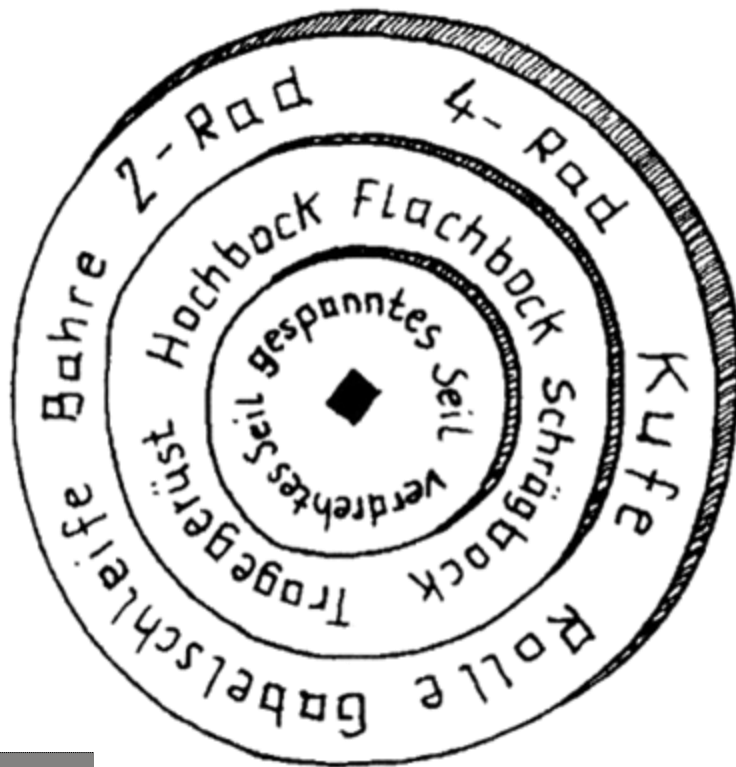
- Hilfsmittel zur Zusammenfassung von Teillösungen für Teilfunktionen
- Erlaubt die übersichtliche Kombination zu verschiedensten Gesamtlösungen



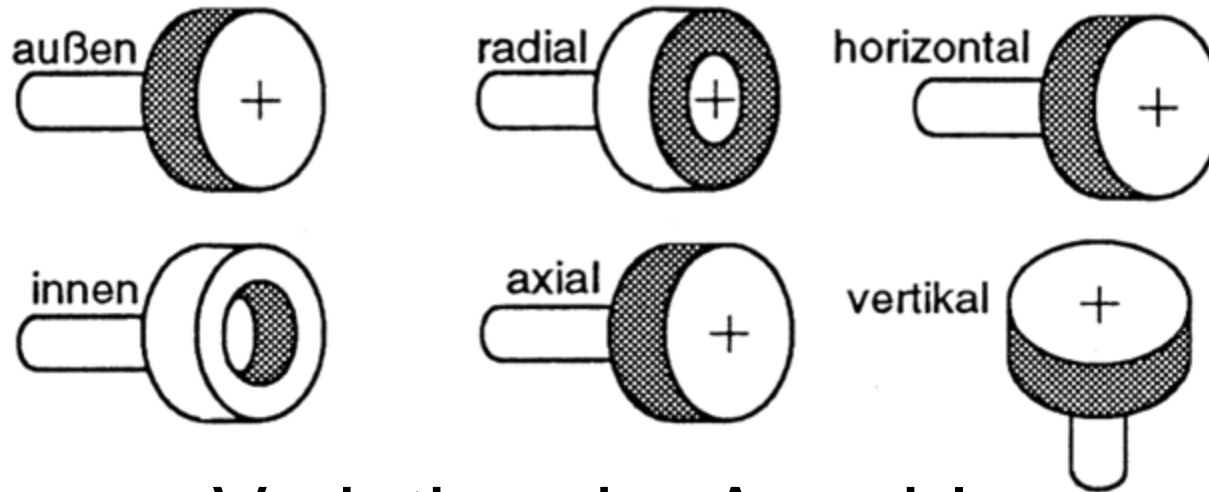
# Methodeneinsatz zu vorchristlicher Zeit

Holzscheiben mit gruppierten Konstruktionsmerkmalen zur Entwicklung neuer Kampfmaschinen

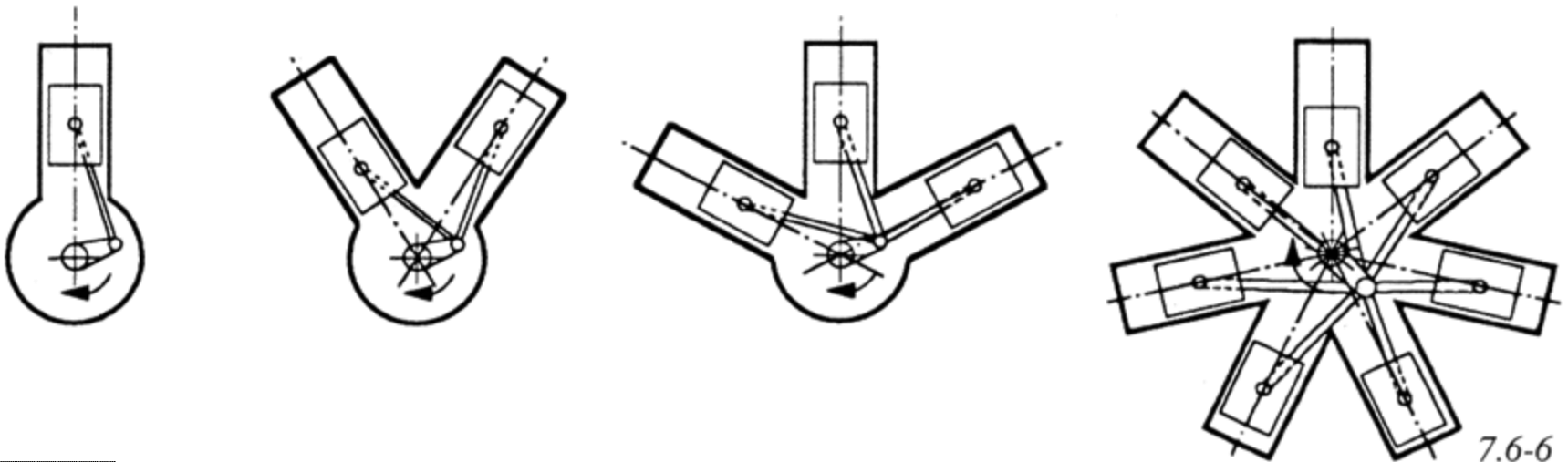
(Archimedes v. Syracus, 287-212 v.Chr.)



# Variation der Lage

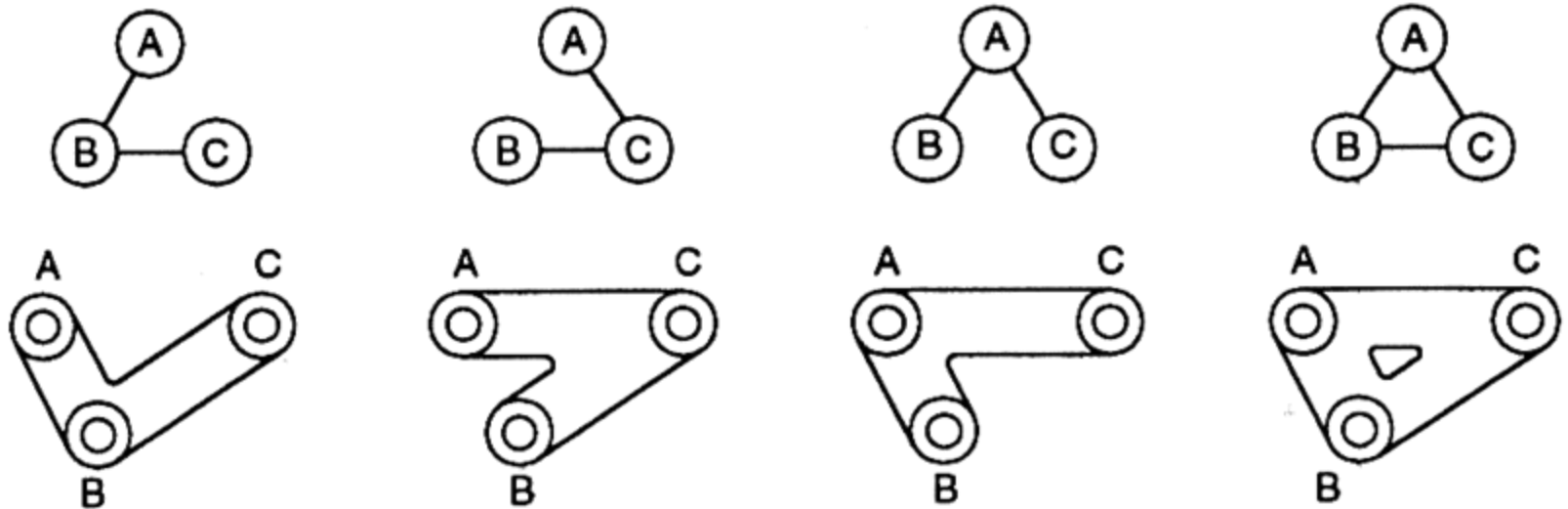


# Variation der Anzahl



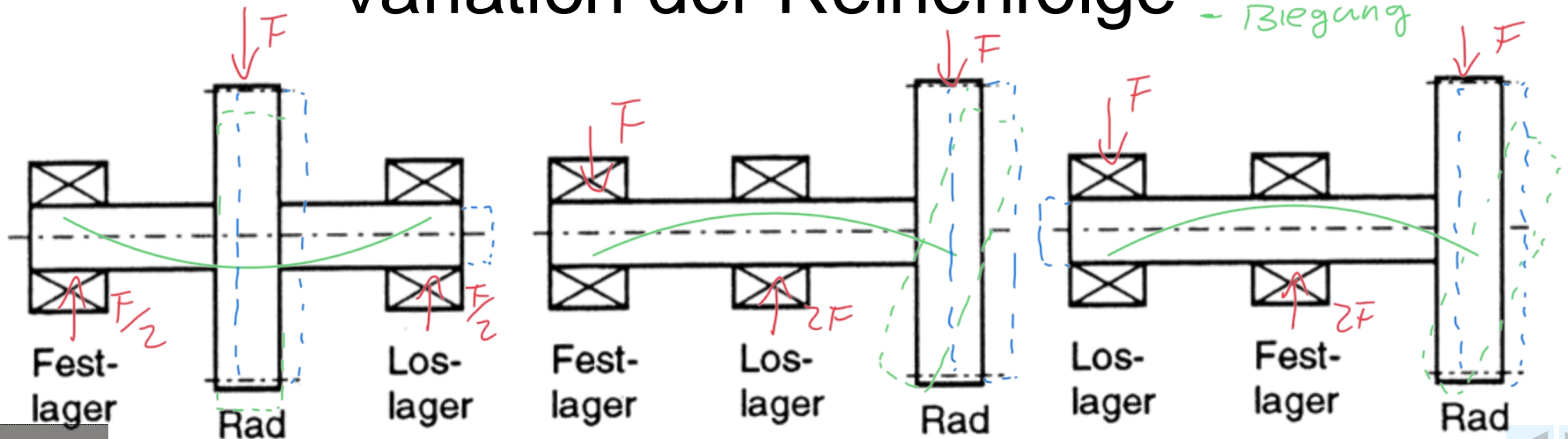
7.6-6

# Variation der Verbindungsstruktur



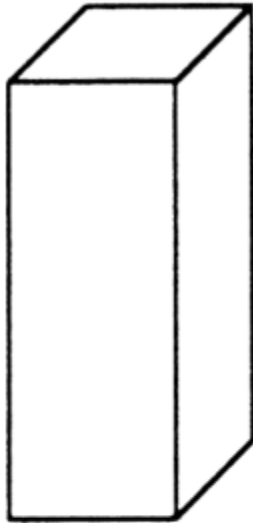
## Variation der Reihenfolge

- Wärmeausdehnung
- Kräfte
- Biegung

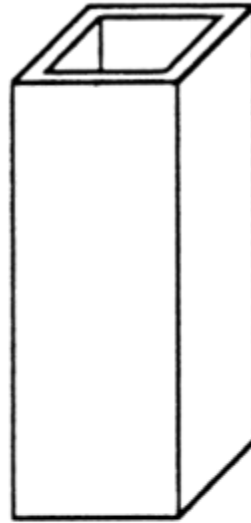


# Variation der Kompaktheit

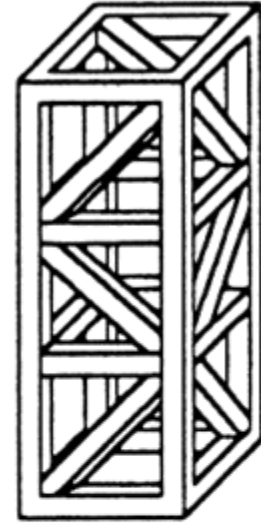
a) massiv



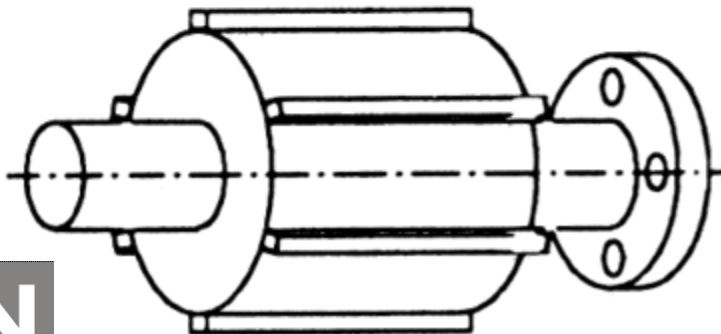
b) hohl bzw.  
geschlossen



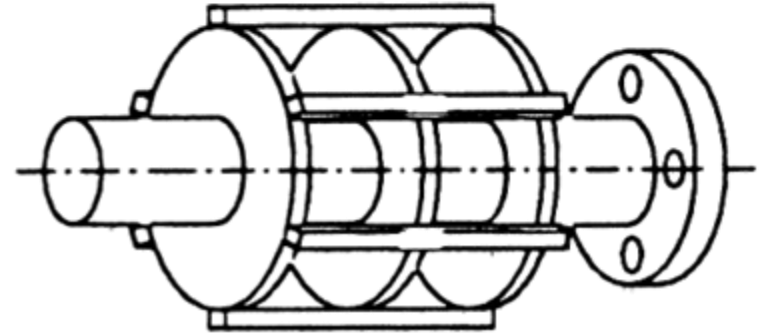
c) offen



d) massiv bzw. hohl



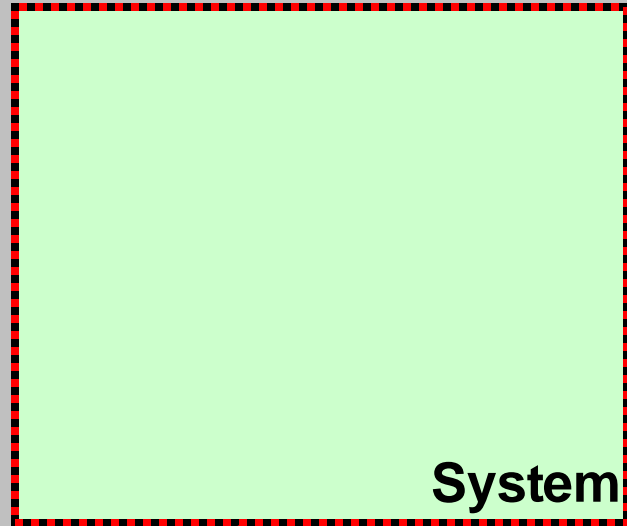
e) offen





# Wagenheber als System

Umwelt



**System**

Systemgrenze

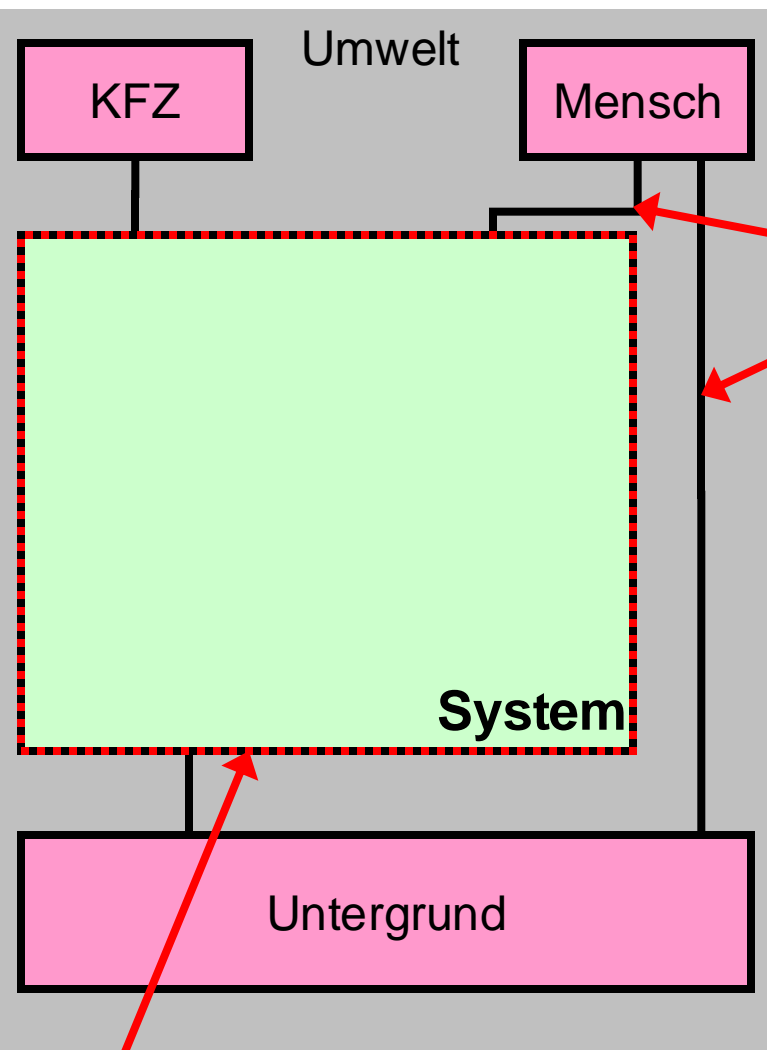
Abstrakte Betrachtungsweise  
(Black-Box-Prinzip)

Ein System interagiert über die  
Systemgrenzen hinweg mit  
seiner Umwelt

Systemgrenzen sollte derart  
festgelegt werden, dass die Zahl der  
Interaktionen gering ist und die Arten  
(Funktionen) der Interaktion bekannt  
bzw. einfach bestimmbar sind

Ein System kann aus Elementen  
und Subsystemen bestehen

# Wagenheber als System



Wirkzusammenhänge  
(Relationen)

Abstrakte Betrachtungsweise  
(Black-Box-Prinzip)

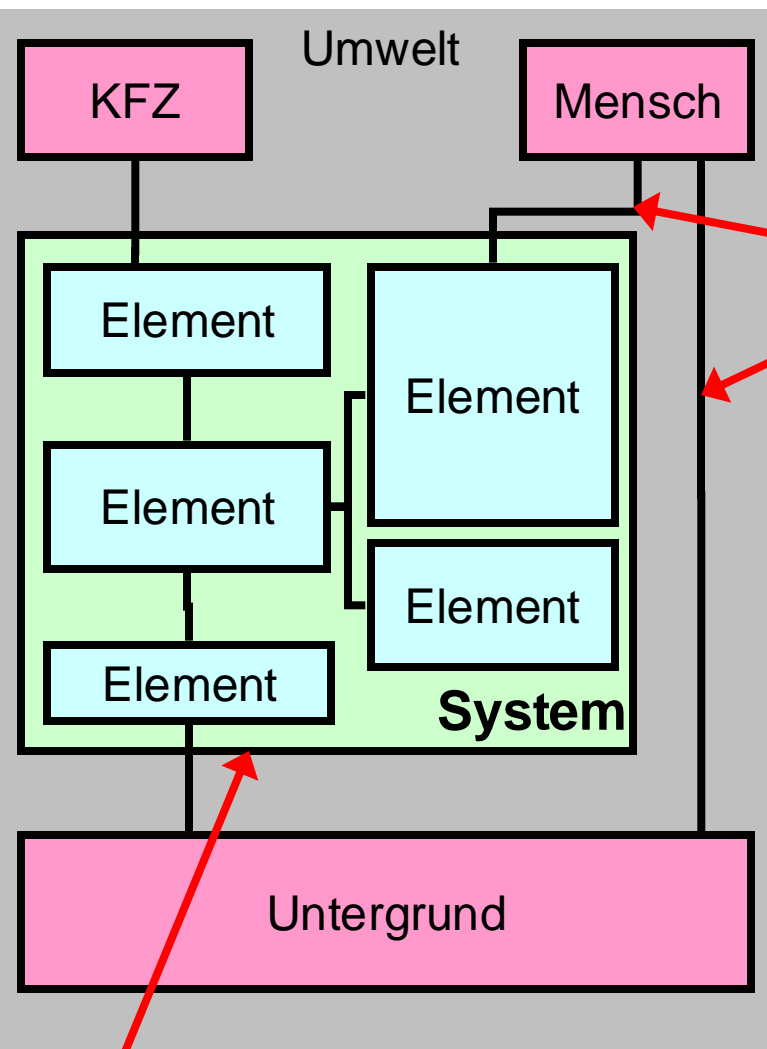
Ein System interagiert über die  
Systemgrenzen hinweg mit  
seiner Umwelt

Systemgrenzen sollte derart  
festgelegt werden, dass die Zahl der  
Interaktionen gering ist und die Arten  
(Funktionen) der Interaktion bekannt  
bzw. einfach bestimmbar sind

Ein System kann aus Elementen  
und Subsystemen bestehen

Systemgrenze

# Wagenheber als System



Wirkzusammenhänge  
(Relationen)

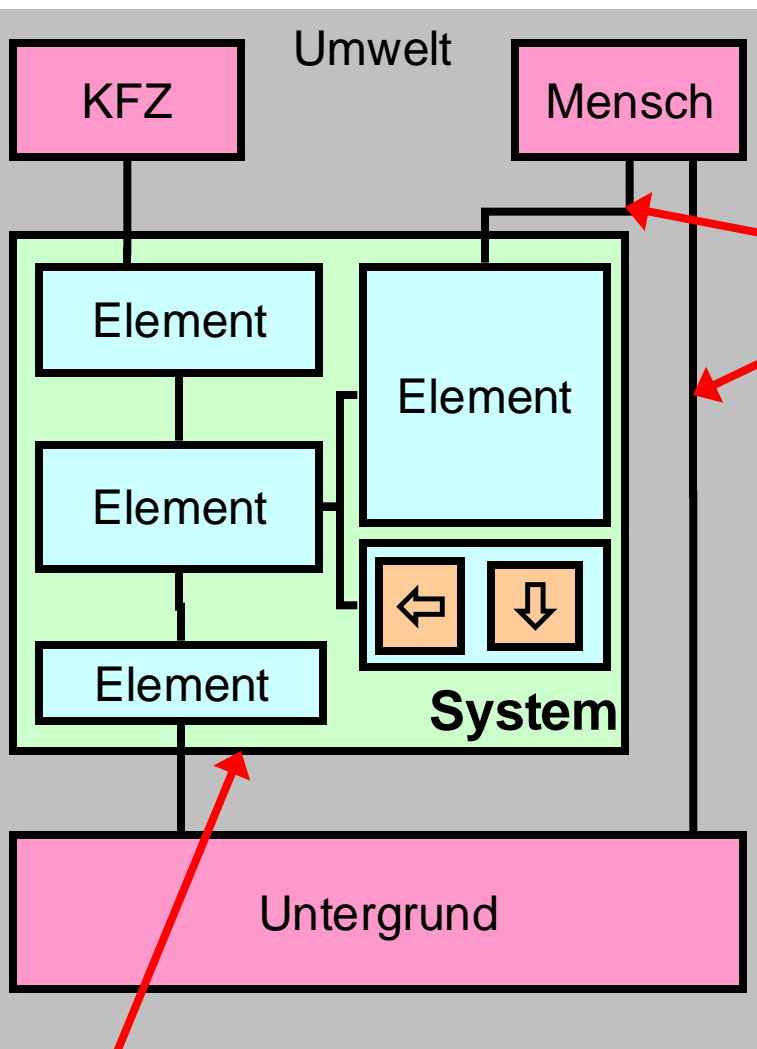
Abstrakte Betrachtungsweise  
(Black-Box-Prinzip)

Ein System interagiert über die  
Systemgrenzen hinweg mit  
seiner Umwelt

Systemgrenzen sollte derart  
festgelegt werden, dass die Zahl der  
Interaktionen gering ist und die Arten  
(Funktionen) der Interaktion bekannt  
bzw. einfach bestimmbar sind

Ein System kann aus Elementen  
und Subsystemen bestehen

# Wagenheber als System



Wirkzusammenhänge  
(Relationen)

Abstrakte Betrachtungsweise  
(Black-Box-Prinzip)

Ein System interagiert über die  
Systemgrenzen hinweg mit  
seiner Umwelt

Systemgrenzen sollte derart  
festgelegt werden, dass die Zahl der  
Interaktionen gering ist und die Arten  
(Funktionen) der Interaktion bekannt  
bzw. einfach bestimmbar sind

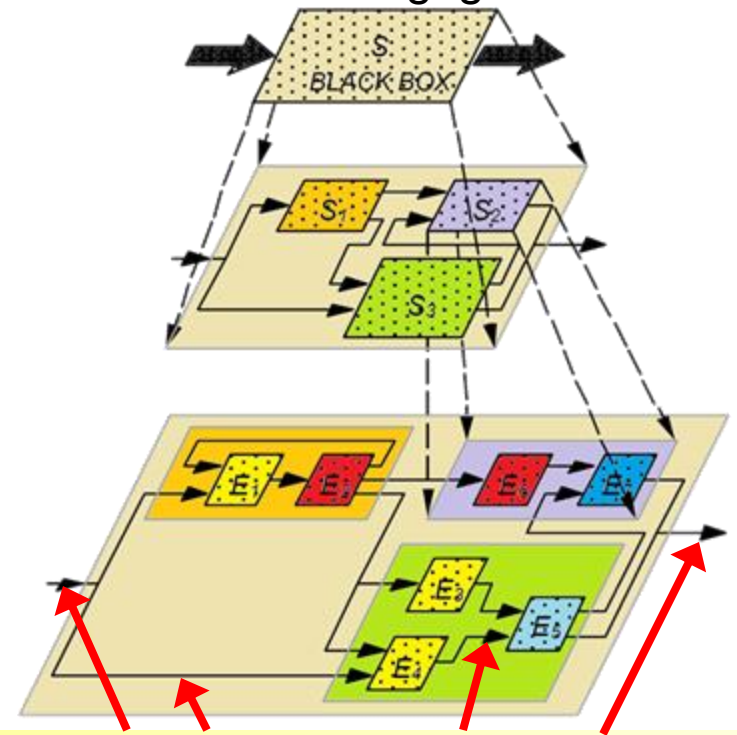
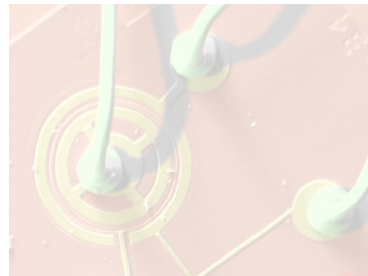
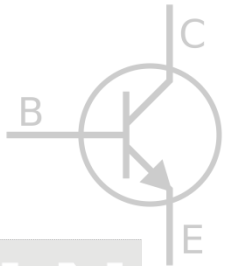
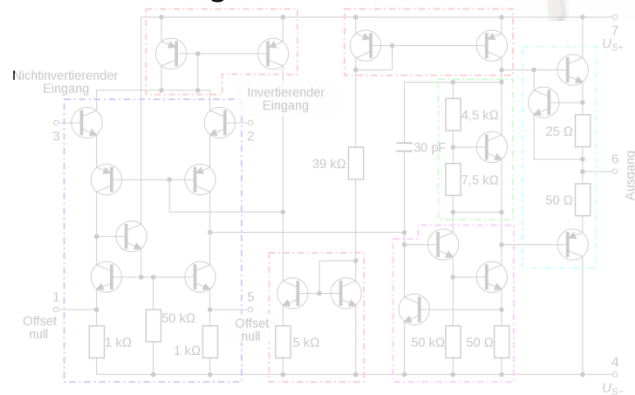
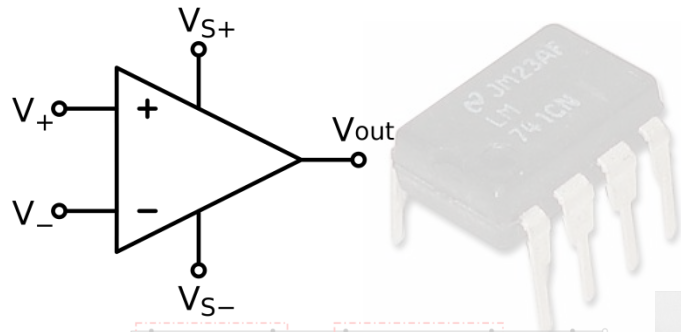
Ein System kann aus Elementen  
und Subsystemen bestehen

Systemgrenze

# Systemtheorie (Black-Box-Prinzip)

Komplexität der Produkte  
nimmt stetig zu

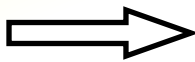
Verständnis eines Produkts durch Verständnis  
aller Einzelteile nicht mehr gegeben



Wirkzusammenhänge

Umsatzarten → drei „allgemeine Größen“

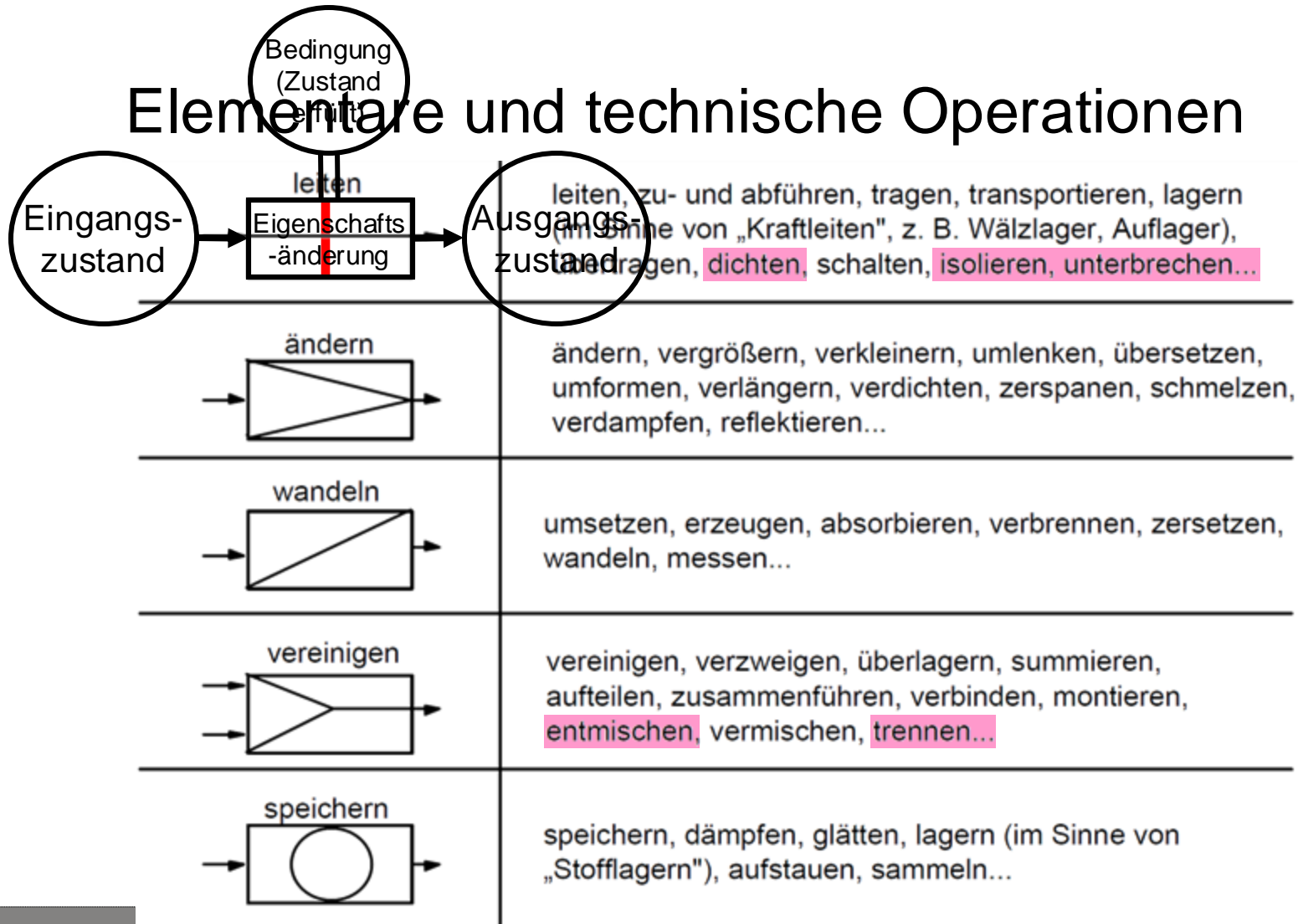
**Energie – Information – Stoff**





Funktionen → der drei allgemeinen Größen  
 → Betrachtung auf abstrakter Ebene

## Elementare und technische Operationen



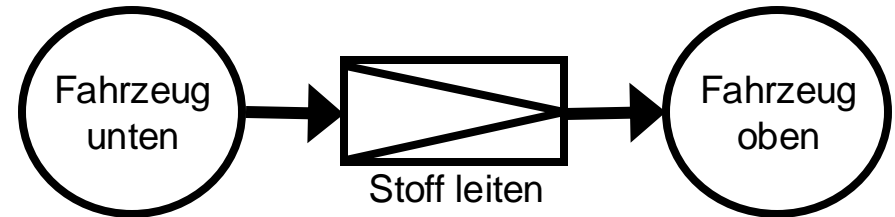
Negation

Umkehrung

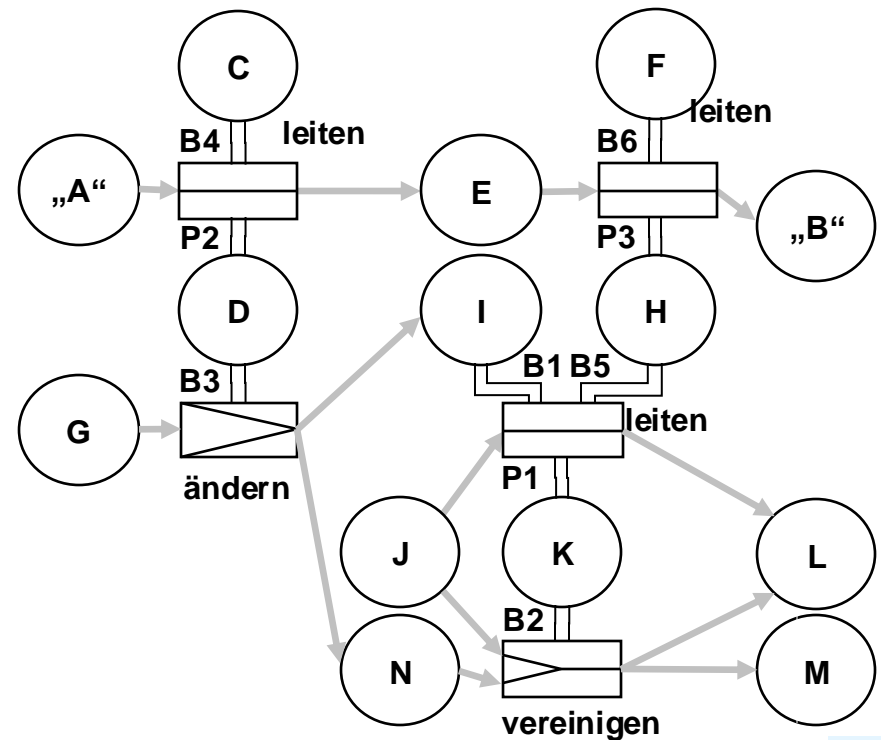
# Ermitteln von Funktionen

# Hauptfunktion

- Wagen anheben



# Funktionsstruktur



# Teilfunktionen

## → elementare Funktionen

- Fixieren am Fahrzeug  
➔ Stoff verbinden
- Muskelkraft verstärken  
➔ Energie ändern
- Fahrzeug oben halten  
➔ Energie speichern

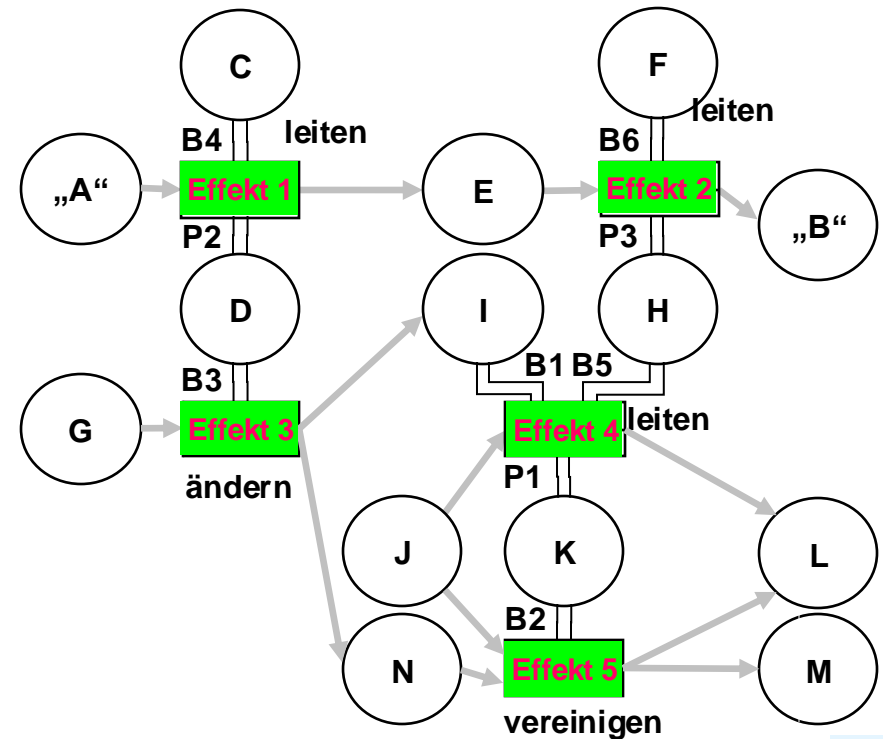
# Funktionen realisieren → Suche nach Effekten

## Effekte

- sind in der Natur vorkommende physikalische und chemische Phänomene
- können nur „entdeckt“ aber nicht „erfunden“ werden
- Die Nutzbarmachung eines Effekts kann sehr wohl eine Erfindung sein

## Funktionserfindung

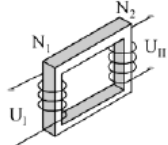
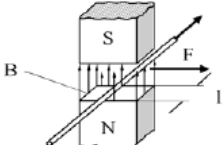
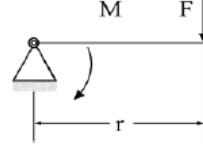
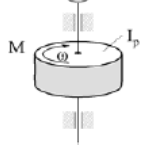
Eingang	F	p <sub>i</sub>	s	v	a	M	L	φ	ω	∂	f	p <sub>d</sub>	V	m	I	U	E	H	T	Q
Ausgang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
F	1	•	•	•	•	•		•	•			•	•	•	•	•	•	•		
p <sub>i</sub>	2	•		•																
s	3	•		•	•	•					•	•			•				•	
v	4	•	•	•	•				•			•				•				
a	5	•				•					•									
M	6	•						•	•	•	•									
L	7																			
φ	8					•														
ω	9			•		•		•												
∂	10			•		•	•													
f	11	•		•	•									•					•	
p <sub>d</sub>	12	•		•	•								•						•	
V	13											•								
m	14																			
I	15			•											•	•				
U	16	•		•	•				•		•	•			•	•			•	
E	17																			
H	18																		•	
T	19																		•	
Q	20	•		•							•				•				•	•



# Beispiel: Antrieb eines Schwenkarms

- Ausgangsgröße: Winkelbeschleunigung
- Wahl der Form der Eingangsenergie
  - ➔ **elektrische Energie vorteilhaft**
- Suche nach einem Effekt oder Effektketten
  - ➔ Anpassung der Funktionsstruktur


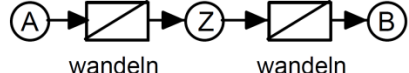


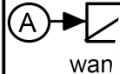

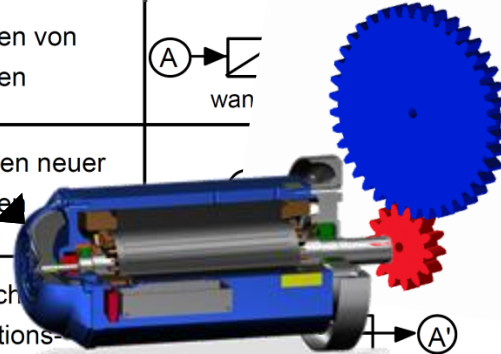
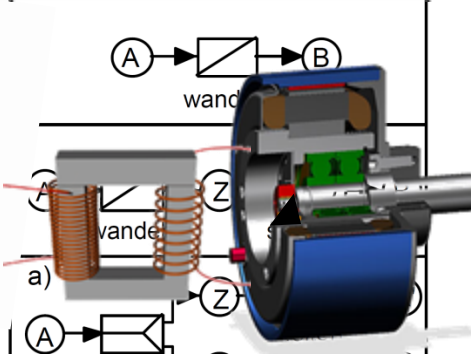
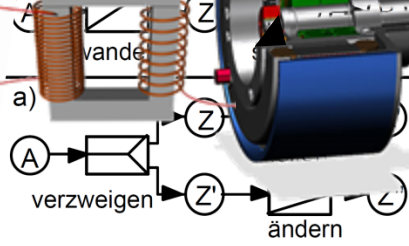
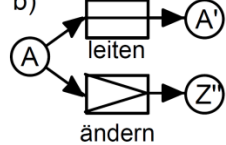
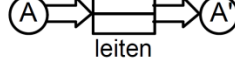
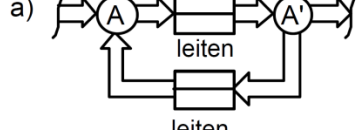
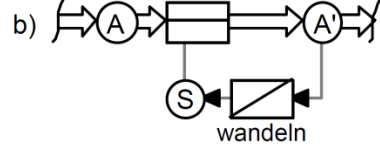
Eingang	F	p <sub>i</sub>	s	v	a	M	L	φ	ω	α	f	p <sub>d</sub>	V	m	I	U	E	H	T	Q
Ausgang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
F	1	•	•	•	•	•		•	•			•	•	•	•	•	•	•		
p <sub>i</sub>	2	•		•																
s	3	•		•	•	•					•	•			•				•	
v	4	•	•	•	•				•			•				•				
a	5	•				•			•											
M	6	•					•	•	•	•										
L	7																			
φ	8					•														
ω	9			•		•	•													
α	10					•														
f	11	•		•	•									•					•	
p <sub>d</sub>	12	•		•	•								•						•	
V	13											•								
m	14																			
I	15			•											•	•				
U	16	•		•	•				•		•	•			•	•			•	
E	17																			
H	18																		•	
T	19																			•
Q	20	•		•							•				•				•	

Induktion  $I = f(I)$  15.15-1		$I_2 = \frac{N_1}{N_2} I_1$ N Windungszahl	Transformator  [18]
Biot-Savart-Gesetz  $F = f(s)$  01.15-1		$F = B I l$	Elektromotor, Generator, Lautsprecher  [2]
Hebel  $M = f(F)$  06.01-1		$M = r F$	Fahr Antrieb, Drehmoment-schlüssel  [18]
Trägheit  $\omega = f(M)$  10.06-1		$\omega = \frac{1}{I_p} M$ I <sub>p</sub> pol. Trägheitsmoment	Schwungscheibe  [2]

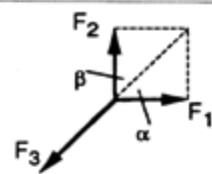

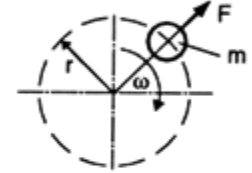
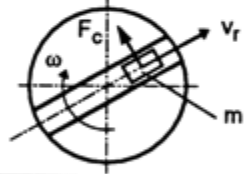
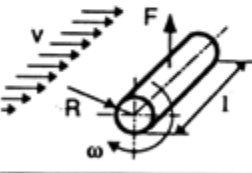
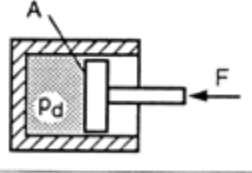
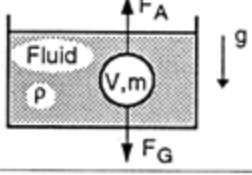
# Variationen

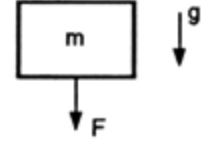
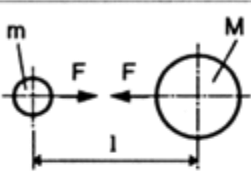
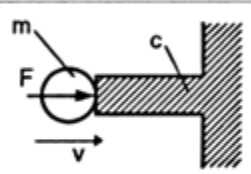

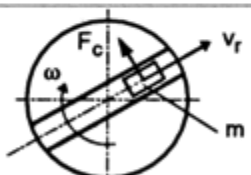
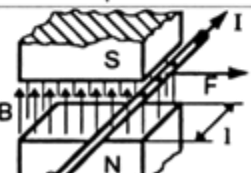
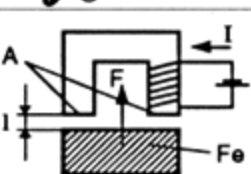
## Vorteil der Abstrahierung:

- Einfacheres Erzeugen alternativer Lösungen
- Variation der Funktionsstruktur auf der abstrakten Ebene
- Variation der physikalischen Effekte
- Freimachen von „Althergebrachtem“
- Überwindung von Blockaden

Variationsmerkmal	Ausgangsvariante	neue Variante
Reihenschaltung gleicher Funktionen	 <p>wandeln</p>	 <p>wandeln      wandeln</p>
Vertauschen von Funktionen (Reihenfolge)	 <p>wandeln      ändern</p>	 <p>ändern      wandeln</p>
Weglassen von Funktionen	 <p>wandeln</p>	 <p>wandeln</p>
Hinzufügen neuer Funktionen		
Parallelschaltung	<p>a) Operations-</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- verzweigen</li> <li>- vereinigen</li> </ul> <p>b) Zustands-</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- verzweigung</li> <li>- vereinigung</li> </ul>	 <p>verzweigen      ändern</p> <p>b)</p>  <p>leiten      ändern</p>
Kreisschaltung	<p>a) Kreisschaltung des Flusses</p>  <p>leiten</p> <p>b) Regelung</p>	<p>a)</p>  <p>leiten</p> <p>b)</p>  <p>wandeln</p>

Physikalischer Effekt (Prinzip)			
Name Nummer	Prinzipskizze	Gleichung	Anwendung Literatur
Kohäsion fester Körper  $F_1 = f(F_2)$  01.01-1		$F_1 = F_2$ für $D > d$	Formschluß
Hebel  $F_1 = f(F_2)$  01.01-2		$F_2 = \frac{r_1}{r_2} F_1$	Kraftübersetzung, Zahnrad, Hebelgetriebe  [16]
Kniehebel  $F_1 = f(F_2)$  01.01-3		$F_2 = \frac{F_1}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2}$	Backenbrecher  [15]
Keil ohne Reibung  $F_1 = f(F_2)$  01.01-4		$F = \tan \alpha F_Q$	Bewegungs- schraube  [2]
Keil mit Reibung  $F_1 = f(F_2)$  01.01-5		$F = \frac{\tan(\alpha \pm \rho_2) \pm \tan \rho_1}{1 \mp \tan(\alpha \pm \rho_2) \tan \rho_3} F_Q$ für Heben und Senken	Schraubenverbind- ung  [2]
Seilleck  $F_1 = f(F_2)$  01.01-6		$F_3 = F_1 \cos \alpha + F_2 \cos \beta$	Seilstatik  [15]
Flaschenzug  $F_1 = f(F_2)$  01.01-7		$F = \frac{1}{n} F_Q$ $F_2 = F_1 + F_0$ $n$ Anzahl der Rollen	Hebezeug  [2]

Physikalischer Effekt (Prinzip)			
Name Nummer	Prinzipskizze	Gleichung	Anwendung Literatur
Seileck  $F = f(\varphi)$  01.08-2		$F_3 = F_1 \cos \alpha + F_2 \cos \beta$	
Umschlingungsreibung  $F = f(\varphi)$  01.08-3		$F_{s2} = F_{s1} e^{\mu \alpha}$ $\mu$ Reibwert	Seilbefestigung  [2]
Zentrifugalkraft  $F = f(\omega)$  01.09-1		$F = mr\omega^2$	  [16]
Corioliskraft  $F = f(\omega)$  01.09-2		$F = 2m\omega v_r$	  [2]
Magnus-Effekt  $F = f(\omega)$  01.09-3		$F = 2\pi R^2 \rho \omega l v$	Schiffsantrieb  [16]
Druckkraft  $F = f(p_d)$  01.12-1		$F = A p_d$	Kolben  [18]
Auftrieb  $F = f(V)$  01.13-1		$F_A = \rho_f g V$ $F_G = mg$	Schiff  [18]

Physikalischer Effekt (Prinzip)			
Name Nummer	Prinzipskizze	Gleichung	Anwendung Literatur
Gravitation  $F = f(m)$  01.14-1		$F = gm$ $g$ Erdbeschleunigung	Waage
Gravitation  $F = f(m)$  01.14-2		$F = GmM \frac{1}{l^2}$ $G$ Gravitationskonstante	Mondumlauf  [1]
Elastischer Stoß  $F = f(m)$  01.14-3		$F_{\max} = \sqrt{\frac{c}{m}} mv$	Billardkugel  [16]
Zentrifugalkraft  $F = f(m)$  01.14-4		$F = \omega^2 r m$	Zentrifuge  [2]
Corioliskraft  $F = f(m)$  01.14-5		$F_c = 2\omega v_r m$	  [6]
Biot-Savart-Gesetz  $F = f(s)$  01.15-1		$F = B l I$	Elektromotor, Generator, Lautsprecher  [2]
Elektromagnetische Anziehung  $F = f(s)$  01.15-2		$F = \frac{\mu_0 w^2 A}{l^2} I^2$ $w$ Windungszahl	Elektromagnet  [16]



# Was ist bekannt?

1. Wagen (Stoff) anheben (Potentielle Energie erhöhen)
2. Wagen oben halten (zugeführte Energie speichern)

A: Schwerenwagenheber

Muskelkraft einbringen → mechanische Kraftverstärkung

Energie Speichern → **Effekt: Reibung** (Nachteilig, da hoher Kraftaufwand)



B: Hydraulischer Wagenheber

Muskelkraft einbringen → hydraulisch-mechanische Kraftverstärkung

Energie speichern → **Stoff trennen** (Rückschlagventil für Hydrauliköl)

C: innovative Lösung?



# Alternative Lösung



# Lösungsauswahl

## Analysieren

### (Eigenschaften ermitteln)

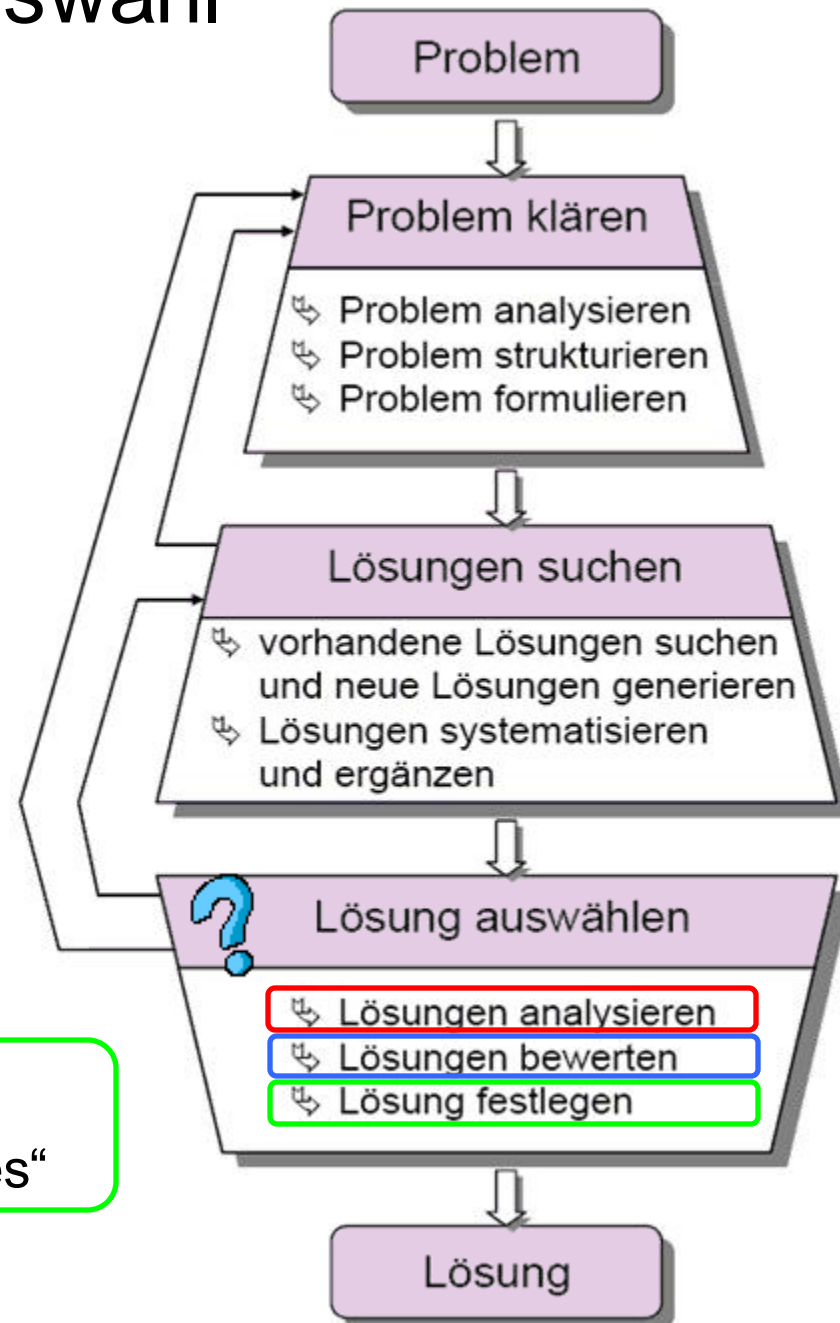
- Grundsätzliche Überlegungen
- Berechnungen
- Simulationen (FEM, CFD ...)
- Versuche,
- Prototypen

## Bewerten

- Vergleich mehrer Lösungen hinsichtlich Ihrer Eignung das gewünschte Ziel zu erfüllen (siehe Anforderungsliste)

## Festlegen

- Auswahl des „besten Kompromisses“



# Auswahl anhand von K.O.-Kriterien

Anforderung	Fahr- rad	Motor- rad	PKW	LKW
Nur Führerschein Klasse A und B vorhanden	J	J	J	N
Witterungsunabhängig	N	N	J	J
Lösung verwendbar	N	N	J	N

# Einfache Punktbewertung

Anforderung		Fahr- rad	Motor- rad	PKW	LKW
Geringe Kosten		6	4	2	1
Hohe Geschwindigkeit		1	6	5	3
Hoher Komfort		2	4	6	4
Hohe Nutzlast		1	2	4	6
Summe		10	16	17	14
Relativ [%]		58	94	100	82

1 = Anforderung nicht erfüllt ... 6 = Anforderung sehr gut erfüllt

# Gewichtete Punktbewertung

Anforderung	Gew. G	Fahr- rad		Motor- rad		PKW		LKW	
		E	E·G	E	E·G	E	E·G	E	E·G
Geringe Kosten	3	6	18	4	12	2	6	1	3
Hohe Geschwindigkeit	5	1	5	6	30	5	25	3	15
Hoher Komfort	4	2	8	4	16	6	24	4	16
Hohe Nutzlast	1	1	1	2	2	4	4	6	6
Summe			32		60		59		40
Relativ [%]			53		100		98		67

E: 1 = Anforderung nicht erfüllt ... 6 = Anforderung sehr gut erfüllt