

# Systemplanung (Vorlesungsmitschrift vom 16. und 17.5.2003)

## Teil 2

### Bedarfs- und Umweltanalyse:

#### Bedarfsanalyse:

Mehrere Methoden:

Warten (das Problem löst sich vielleicht von selbst)

Introspektion (in sich hineinschauen, Spekulationen betreiben (Warum ist das so?))

Marktstatistik

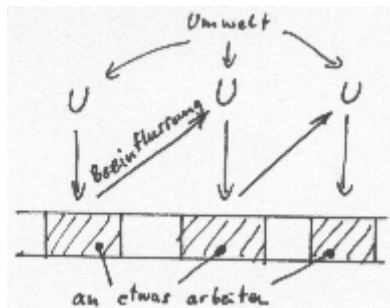
Computersimulation

#### Umweltanalyse:

Soziale Umweltanalyse (geht um Menschen)

Stakeholder Analysis (Einzelperson oder Gruppe von Menschen haben Erwartungen. => Diese müssen berücksichtigt werden.) Stakeholder: Kunde, Mitarbeiter, Eigentümer, Partner u. Lieferanten, übrige Gesellschaft

Während man an etwas arbeitet, darf man nie die Umwelt aus den Augen lassen, da diese sich durch den Arbeitsprozess schon während des Prozesses ändern kann.



z.B. Bau der Südumfahrung (B301)

z.B. U-Bahn-Bau durch Geschäftsviertel (Während der Bauphase kann das Einkaufsverhalten der Konsumenten so stark gestört werden, dass bis zur Fertigstellung schon alle Geschäfte abgewandert sind.)

### Life Cycle Concept:

1. Systembedarfsplanung (Problemdefinition)
2. Systemplanung (Systemdefinition)
3. Systemrealisierung (Systembau)
4. Systemeinführung (Inbetriebnahme)
5. Systemnutzung (Betrieb)
6. Systemstilllegung (Betriebsunterbrechung)
7. Systemvernichtung / Systemmodifikation

Wichtig ist folgende Erkenntnis: Alles was man entwickelt hat einen gewissen Lebenszyklus.

In den ersten Phasen der Produktentwicklung kann man am leichtesten die Kosten der folgenden Phasen senken.

Bsp: ÖBB und Siemens: Herstellung von Doppelstockwagen; Der Vertrag ging hier über das Festhalten der Anschaffungsbedingungen (einmalige Kosten) hinaus. Es wurden z.B. auch die max. Recyclingkosten festgehalten.

Bsp: In 4 Jahren (~2007) wird es nach EU-Verordnung für Autohersteller Pflicht sein, eine bestimmte Zerlegbarkeit eines Autos dem Kunden zu garantieren.

### Phasen des Unternehmens:

?

## Prognosemethoden:

Methoden, die sich mit äußerst komplexen Problemstellungen befassen:

Delphi- Methode

Szenario-Methode

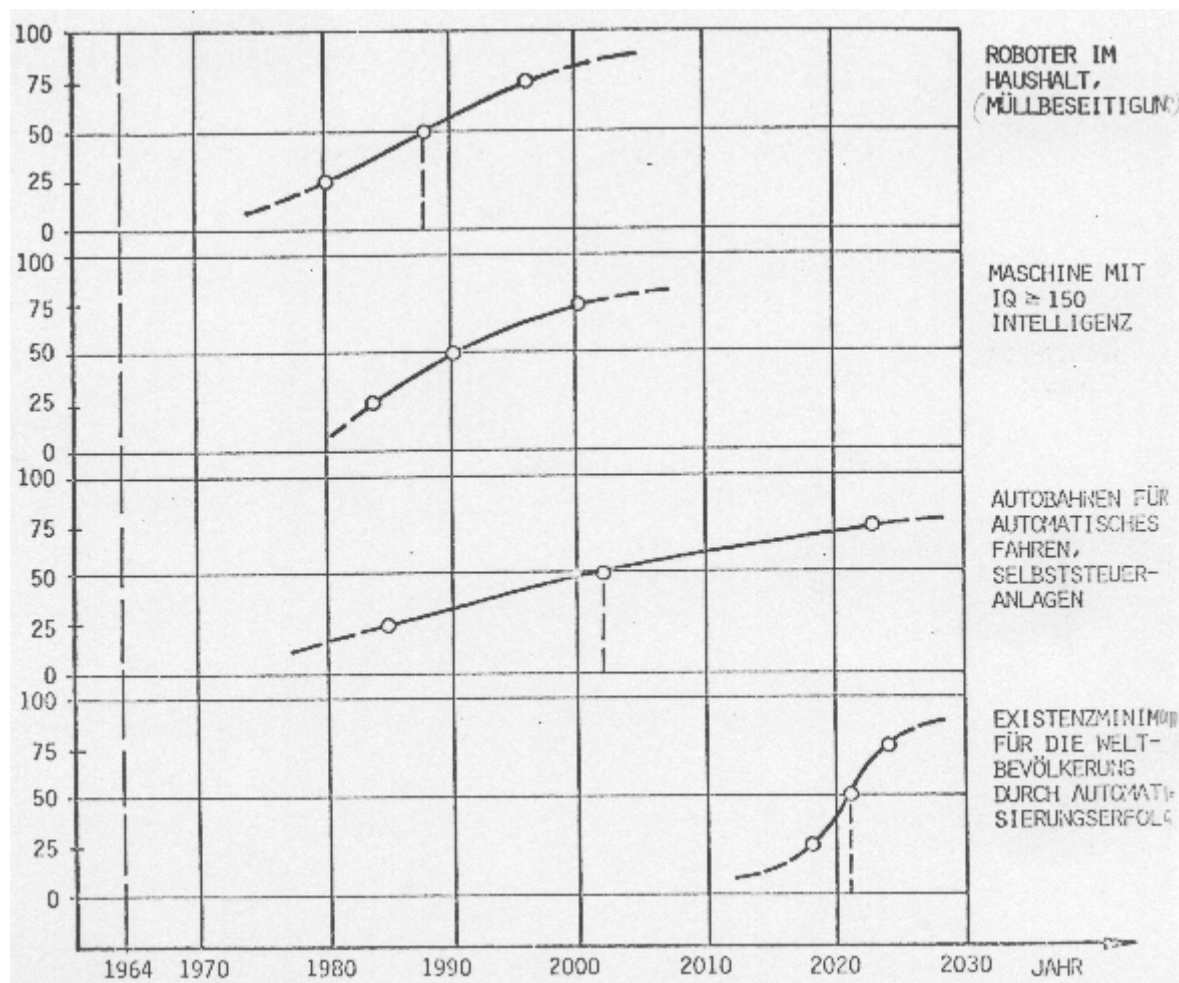
### Delphi-Methode:

(ist eine Expertenbefragung)

1. Definition
2. Suche nach Experten (weltweit)
3. Per Post (oder E-Mail) werden die Experten mit dem Problem konfrontiert
4. Die Meinungen werden ausgewertet (auftragen auf einer Zeitachse)
5. Wo sind die Extremmeinungen?
6. Diese werden an alle zum nochmaligen Überdenken und anschließender Kompromissfindung zurückgeschickt

Folgerung: Dort wo der Durchschnitt von Experten ist, dort ist die Wahrheit.

Vorteil: kaum Kosten (außer für die Administration und Auswertung)

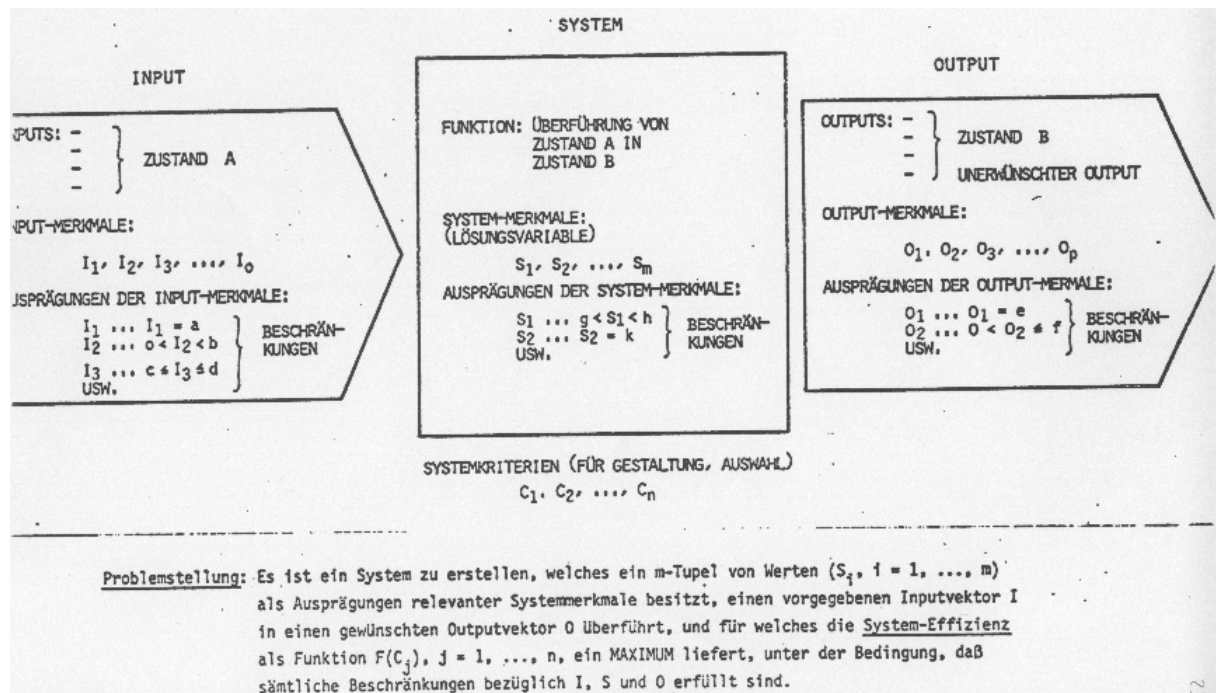


## Szenario-Technik:

Es wird hier der Versuch unternommen eine Art „Bühne“ des Szenario's in der Gegenwart aufzubauen. Anschließend wird die Entwicklung der einzelnen Größen in die Zukunft prognostiziert um dann mit diesen prognostizierten Größen eine „Bühne“ des Szenario's in der Zukunft aufbauen zu können.

Die Extremwertanalyse (best, most likely, worst) und Brainstorming sind auch miteinbeziehbar.

## Problemdefinition:



Bsp.: Ein System zum Wäsche waschen soll entwickelt werden (denken in Funktionen):

1. Inputs identifizieren (Wäsche, Energie, Katalysator, Medium, ...)
2. Merkmale (schmutzige Wäsche: Menge, Grad der Verunreinigung, ...)
3. Ausprägungen der Merkmale (Energie: 230V, ...)
4. Outputs identifizieren (Schmutz, Wäsche, ...)
5. Merkmale
6. Ausprägungen der Merkmale (max. zulässige Werte)
7. System entwickeln, dass die Inputs in die Outputs überführt.

## Ziele:

Zerlegung in kleinere Ziele ist notwendig!

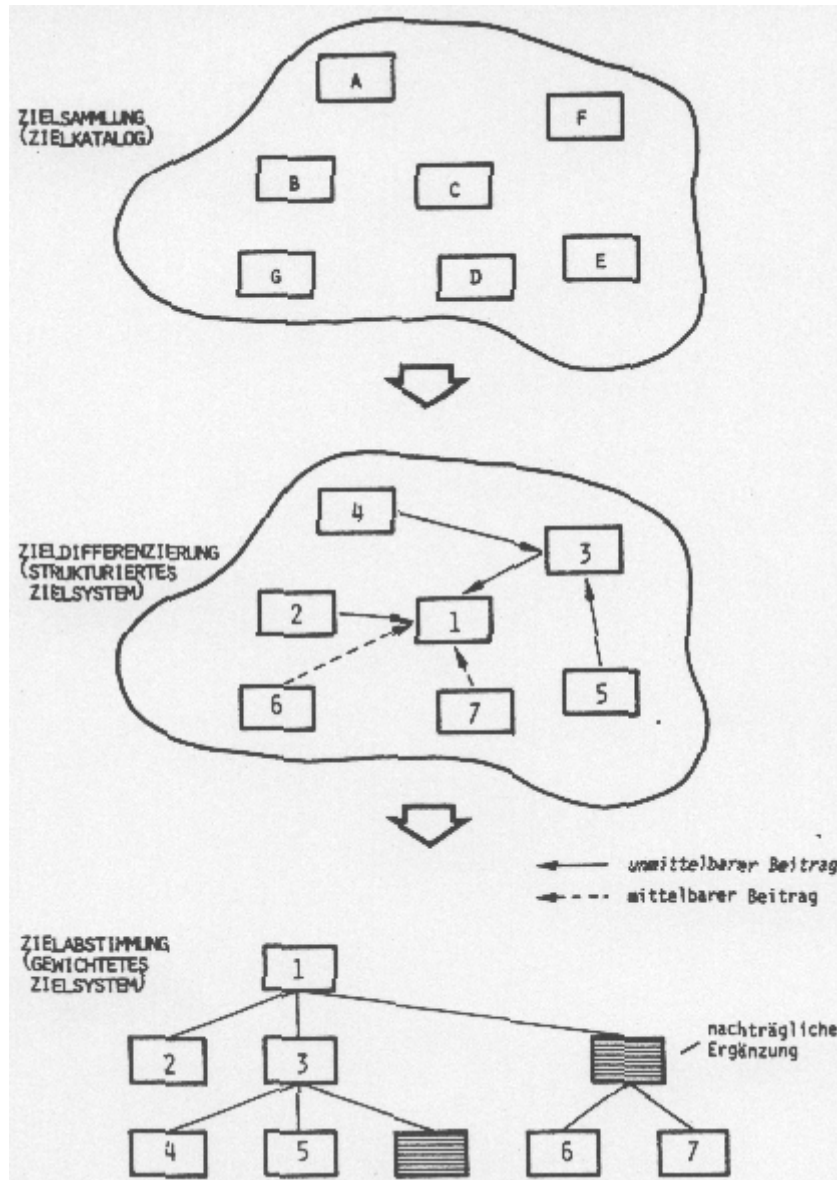
Hauptziel – Subziele – operable Ziele

Verhältnis zw. Oberziel und Unterziel: Das untere muss zum oberen beitragen (Zweck-Mittel-Beziehung).

Verhältnis zw. zwei Subzielen: Sie können in Konflikt stehen (Konkurrenz), eine Synergie bilden (gegenseitige Förderung) oder sie können sich auch ausschließen (dürfte in einer Zielhierarchie nicht vorkommen).

Ein Zielkonflikt kann durch zeitliches Staffeln gelöst werden.

Zielhierarchien:     Top-Down  
                          Bottom-Up



### **Problemanalyse:**

Fragen die sich stellen:

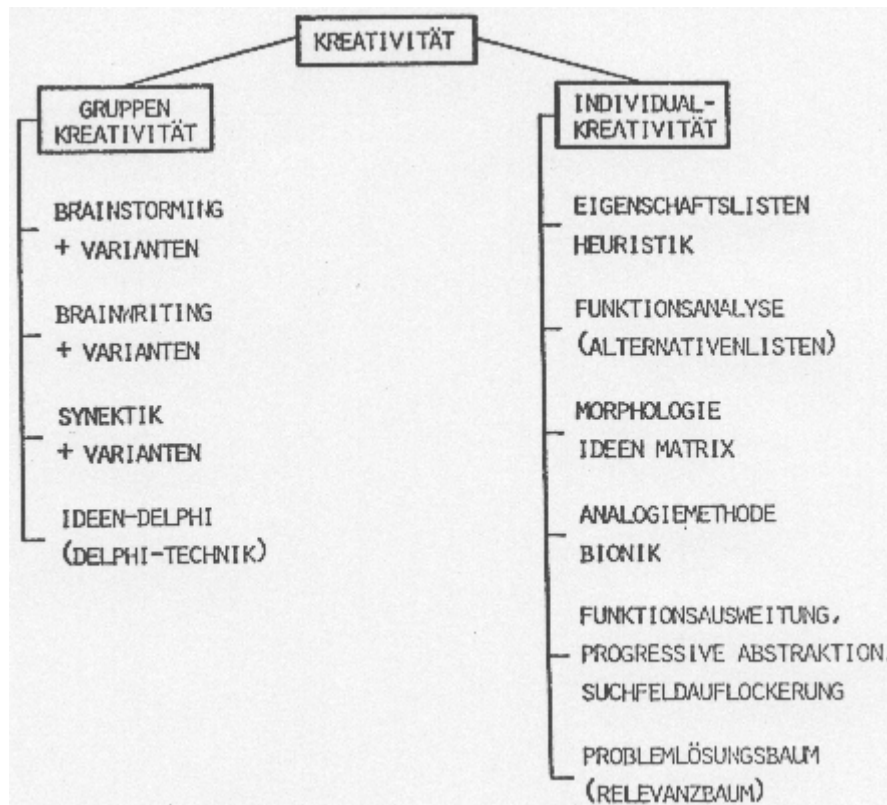
1. Ist das wirklich unser Problem? => muss geprüft werden!
2. Kann ich dieses Problem überhaupt lösen (z.B. zu kurze Zeit)? => Preliminary feasibility study (Machbarkeits- oder Durchführbarkeitsanalyse)
3. Ist es erstrebenswert das Problem zu lösen?
4. Welche Daten braucht man?

## Stufen des Syntheseproblems:

- Maß- und Stoffvariante (kann dazu führen, dass das Problem nicht mehr lösbar ist)
- Strukturvariation (z.B. Overhead: Vielleicht kann man die Elektronik auch oben anbringen?)
- Variation des Lösungsprinzips
- Originalentwicklung

Begriff: UVP ... Umweltverträglichkeitsprüfung

## **Konzipieren:**



### Gruppen Kreativität:

#### Brainstorming

#### Beteiligte:

Gruppenleiter (greift steuernd ein, darf inhaltlich nicht eingreifen)  
~10 Teilnehmer

#### Voraussetzungen / Empfehlungen:

- Das Team darf nicht nur aus Experten bestehen.
- Das Team darf sich nicht aus verschiedenen Hierarchiestufen (Direktor, Angestellte, ...) zusammensetzen.
- Flipchart, Overhead und dergl. sind förderlich
- Dauer darf nicht zu lange sein (<1 Stunde)
- Der Moderator muss darauf achten, dass alle zum Zug kommen.
- Vermeidung von Killerphrasen („Das geht ja eh nicht“) und direkter Bewertung (Evaluierung)

ca. 3% der Vorschläge sind durchführbar

in Amerika sehr beliebt: NGT ... Nominal Group Technique

### Brainwriting:

Vorgehensweise:

- Problem wird groß z.B. auf die Tafel geschrieben
- Matrix mit n Spalten und n Zeilen (n ... Anzahl der Teilnehmer)
- Jeder Teilnehmer bekommt ein Blatt Papier, auf welches nun jeder in die erste Zeile seine Lösung schreibt (Zeit: 3 Minuten).
- n-1 maliges zyklisches Weitergeben an den Nachbarn, durchlesen der Lösung des Vorigen und verändern, verbessern oder erweitern des Lösungsvorschlags.

Nachteil: Während dem Weitergeben wird nichts gesprochen.

Vorteil: Abwandlung der Ideen (forced relationship (erzwungene Abwandlung))

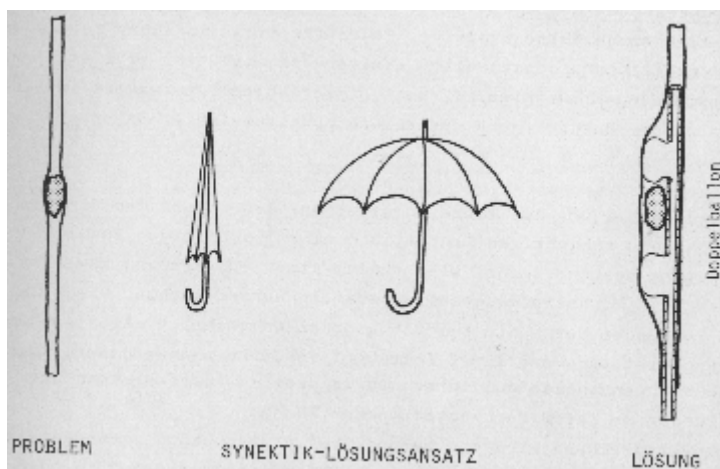
### Synektik:

Sie ist eine schwierige Methode, aber wahrscheinlich die beste! Synektik = Zusammenbringen von nicht zusammengehörigen Ideen;

Es wird ein Ausgebildeter Betreuer benötigt!

Prinzip:

- Problem klarmachen (z.B. Medizin: Verstopfung des Harnleiters durch Harnleitersteine)
- Aufwerfen eines komplett anderen Themas (z.B. Regenschirm)
- Moderator fragt: Welche Analogien gibt es?
- Teilnehmer sollen Spontanreaktionen geben (Blockaden werden gelöst)
- Analogien werden relativ lange bearbeitet (1-2 Stunden) => Die Teilnehmer denken nun nicht mehr an das ursprüngliche Problem.
- Moderator setzt einen abrupten Schlussstrich und wechselt wieder zu dem eigentlichen Problem
- Problemerkäufungen des anderen Themas sollen nun auf das Urproblem übertragen werden.



Begriffe:

Lastenheft: Mit den Worten des Kunden beschreiben, was er will.

Pflichtenheft: Mit den Worten des Kunden beschreiben, was der Kunde will (design specification).

## Individual Kreativität:

### Eigenschaftsliste:

#### Methodik:

- Störende Merkmale des bestehenden Systems aufschreiben. Bsp.: Overhead: Volumen, Lärm, Stang mit Spiegel im Blickfeld, ...)
- Frage: Sind diese störenden Merkmale überhaupt notwendig? z.B.: Stange mit Spiegel; Kann man das störende Merkmal ersetzen?
- 7-W-Fragen: Wer, was, wann, wo, womit, warum, wie;

Vorteil: einfach

Nachteil: nur für Verbesserungen gedacht

### Funktionszerlegung:

Bsp: Wie kann man das Gesundheitssystem verbessern?

Einwirkungsgegenstand: der Mensch, die Gesundheit, ...

Einwirkung-Wie: Lebensqualität, Verbesserung der Gesundheit, ...

=> Das Problem muss jetzt weiter zerlegt werden

z.B. Vergleich mit Maschinenbau => Instandhaltung, ...

=> Vorbeugen (z.B. Anti-Raucher-Komagne, ...) – Erkennen (Brustkrebs-Voruntersuchung) – Heilen

Funktionszerlegung ist nur ein Ansatz!

### Morphologie (Morphologischer Kasten) - Ideenkasten:

Zwicky hat es entwickelt (Morphologie ... Die Lehre der Gestalt)

#### Vorgehensweise:

- Gesamtfunktion erfassen
- Funktionszerlegung in Teile
- Suchen („Vorgehen mit Scheuklappen“ bzw. nicht an die Gesamtfunktion denken) von 3-15 Realisierungsmöglichkeiten für jede einzelne Teilfunktion. Man kann hier auch für bestimmte Probleme fertige Lösungskataloge (z.B. für die Energiegewinnung) zu Rate ziehen.
- Mathematisch / kombinatorisches Problem: Man kombiniert jede einzelne Realisierungsmöglichkeit mit allen anderen. => Lösungskörper ...  $\Pi(a_i)$  über n ...Anzahl der Teilfunktionen

TEIL-FUNKTIONEN	REALISIERUNGEN der Teilfunktionen durch FUNKTIONSTRÄGER									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENERGIE ZUFÜHREN	Hand-aufzug	Wärmeausdehnung	Druck-schwankung	Temp.-schwankung	hydrau. Energie	galvani-sches Element	Photo-element	Gravi-tation	elektr. Netz	
ENERGIE SPEICHERN	Feder	Binmetall	Druck-gefäß	Akku	Gewicht-speicher	kein Speicher				
ZEITNORMMAL LIEFERN	Dreh-schwin-ger	Pendel	Spiral-schwin-ger	Längs-schwin-ger	Wechsel-strom	Schwing-quarz				
ÜBERSETZUNG STEuern	mechani-sche Hemmung	Schritt-schalt-werk	Flieh-kraft-regler	Wirbel-strom-brems	kein Regler					
ENERGIE WANDLEN	Feder-haus	Elektro-motor	pneuma-tischer Motor	hydrau-lischer Motor	elektro-nisch	kein Motor				
ENERGIE ÜBERSETZEN	Zahnrad	Kette	Rollen	Schnecke	Magnet	Flüssig-keit	keine Über-setzung			
DEKODIEREN, ANZEIGEN	bewegl. Zeiger, Zifferbl.	bewegl. Zifferbl.	Rollen-fenster	Leucht-dioden	Wende-blätter	Projek-tion	Flüssig-keits-kristall	akust. Anzeige		

Übungsbeispiel:

Gesamtfunktion:

Orangen ernten

Teilfunktionen:

Zusammenbringen von Maschine und Orangenbaum

Reife Frucht erkennen

Frucht vom Baum trennen

Früchte sammeln

Realisierungsmöglichkeiten:

Zusammenbringen von Maschine und Orangenbaum:

Stelzen, Schienen, Kettenfahrzeug, ...

Reife Frucht erkennen:

Frucht meldet sich selbst, Farbe, Form (Mustererkennung), Geruch, Gewicht, ...

Frucht vom Baum trennen

Schneiden, brennen (Laser), Schwingung, reißen, schießen, chemisch, Wasserstrahl, saugen, ...


Früchte sammeln:

Freier Fall / Gravitation und Netz, Trichter, Schlauch (3dimensional geführt), Förderband (2dimensional geführt), ...

Bsp: Polaris Rakete:

- Feld 60: Start der Rakete, geführt, im Wasser, fremd weggeschossen;
- Feld 90: fremd weggeschossen, im Wasser, nicht mehr geführt (Gesetzmäßigkeit)
- Feld 3: Atmosphäre, Eigenantrieb, gesteuert (3dim. Freiheitsgrad)
- Feld 72: Weltraum, Wurfbahn (gesetzmäßig), Fremdantrieb
- Feld 74: Fremdantrieb, gesetzmäßig, Weltraum, 2 Dimensionen

P1 Bewegungsort		K1.1 Weltraum		K1.2 Atmosphäre		K1.3 auf der Erde		K1.4 auf dem Wasser		K1.5 im Wasser		
P2 Antrieb		K2.1 eigen	K2.2 fremd	K2.1 eigen	K2.2 fremd	K2.1 eigen	K2.2 fremd	K2.1 eigen	K2.2 fremd	K2.1 eigen	K2.2 fremd	
P3 Bewegungsart	K3.3 gesteuert	K4.3 xyz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		K4.2 xy	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		K4.1 x	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	K3.2 geführt	K4.3 xyz	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
		K4.2 xy	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
		K4.1 x	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	K3.1 gesetzmäßig	K4.3 xyz	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
		K4.2 xy	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
		K4.1 x	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	P4 Freiheitsgrad											


unvereinbare Kombinationen  
(Null-Lösungen)

Analogiemethode – Bionik:

Hypothese: In der Natur ist alles bereits gelöst.

Bionik, die Wissenschaft, die sich mit dem Studium der lebenden Organismen befasst, mit dem Ziel aufgefundene Funktionsprinzipien und Strukturen in Biosystemen als Anleitung für die Problemlösung bei der Entwicklung von Technosystemen (technischer oder soziotechnischer Systeme) zu verwenden.

Es geht somit um ein Transportieren und Adaptieren von in der Natur vorgefundenen Lösungsprinzipien für beliebige Problemstellungen im Zuge der Gestaltung neuer künstlicher Systeme.

Statik:

Spinnennetz => Seilkonstruktionen

Halme, Pflanzenstiele => Leichtbaukonstruktionen

Kinematik:

Kieferkonstruktionen bei Raubfischen => Öffnungsmechanismen (Tore)

Augenkonstruktionen => Scharfstellen bei opt. Geräten ohne Verschiebung

Dynamik:

Fischkörper bzw. -haut (Hai, Delphin) => strömungsgünstige Gestaltung von

Transportmitteln (Schiffe, Flugzeuge, ...)

Energieumformung:

Biolumineszenz (Glühwürmchen) => Lichterzeugung mit hohem Wirkungsgrad

Funktionsausweitung:

=Progressive Abstraktion

Leitfaden: Entferne dich vom Problem!

Bsp.: Huhn steht vor dem Zaun und kommt nicht ans Futter. Schafft es nicht einfach um den Zaun herum zu gehen.

Bsp.: Maiersches Problem: 9 Punkte im Quadrat, die durch 4 Linien verbunden werden sollen.

Bsp.: Torte mit 3 Schnitten in 8 gleiche Teile teilen.

Problemlösungsbaum – Relevanzenbaum:

= Funktionszerlegung, jedoch mit Gewichtung (Relevanzen)

**Systemanalyse:**

- Intuitiv
- Formal (systematisch)
- Exante (Modell besteht, Analyse noch nicht)
- Expost (Lösung besteht und wird analysiert)

Analysearten:

Durchführbarkeitsanalyse (technisch, zeitlich, finanziell, ...)

Akzeptanzanalyse (Verträglichkeit)

Zustandsanalyse (Beschreibung, ...)

Funktionsanalyse (Input vorgeben => Output analysieren)

Systemstruktur-Analyse

## Systemverhaltensanalyse in der spez. Umwelt:

### Sensibilitätsanalyse:

- Inputparameter werden verändert
- => Wie stark wirkt sich das aus?
- => Wie nervös ist das System?

### Extremwertanalyse:

Worst case, ...

### Stabilitätsanalyse:

Variation der Parameter

### Zuverlässigkeitsanalyse:

Definiert als Wahrscheinlichkeit, dass ein System seine Funktion über eine gewisse Zeitspanne erbringt.

- Begriffe:
- Fehlerrate  $\lambda$
  - Lebensdauer MTBF ( Mean time , ...)
  - Fehlerratenverlauf (Badewannenkurve)
  - Redundanz (mehr Komponenten, als für die Funkt. notwendig)
  - RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Security)

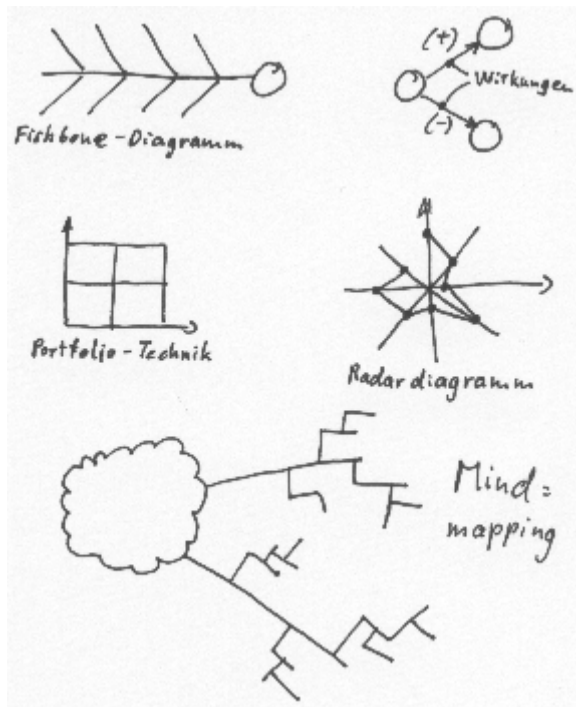
### Verträglichkeitsanalyse:

UVP ... Umweltverträglichkeitsprüfung

### Konsequenzanalyse

## Listung von einfachen Tricks und Techniken:

- Histogramm
- Regressionsanalyse (Auswertung von Datenmengen und ...)
- Parettodiagramm (Die 20 wichtigsten Elemente werden ermittelt. Diese haben 80% Auswirkung)
- Fishbone-Diagramm (auch Ursache Wirkungsdiagramm oder Ishikawa-Diagramm) (7 M: Mensch, Maschine, Material, Methode, Management, Mitwelt, Messung;)
- Einflussdiagramm
- Fehlerbaumanalyse (ähnlich zu Einflussdiagramm nur mit Wahrscheinlichkeiten)
- FMEA ... Fehlermode and Effects Analysis
- Portfoliotechnik
- Radardiagramme
- Mindmapping



### **Systemoptimierung:**

- Analytisch (z.B. Diffgl.) optimieren (meistens zu komplex)
- Iterativ opt.
- Heuristisch opt.

Mehrere Funktionen auf eine Komponente bündeln:

z.B. Autokarosserie:

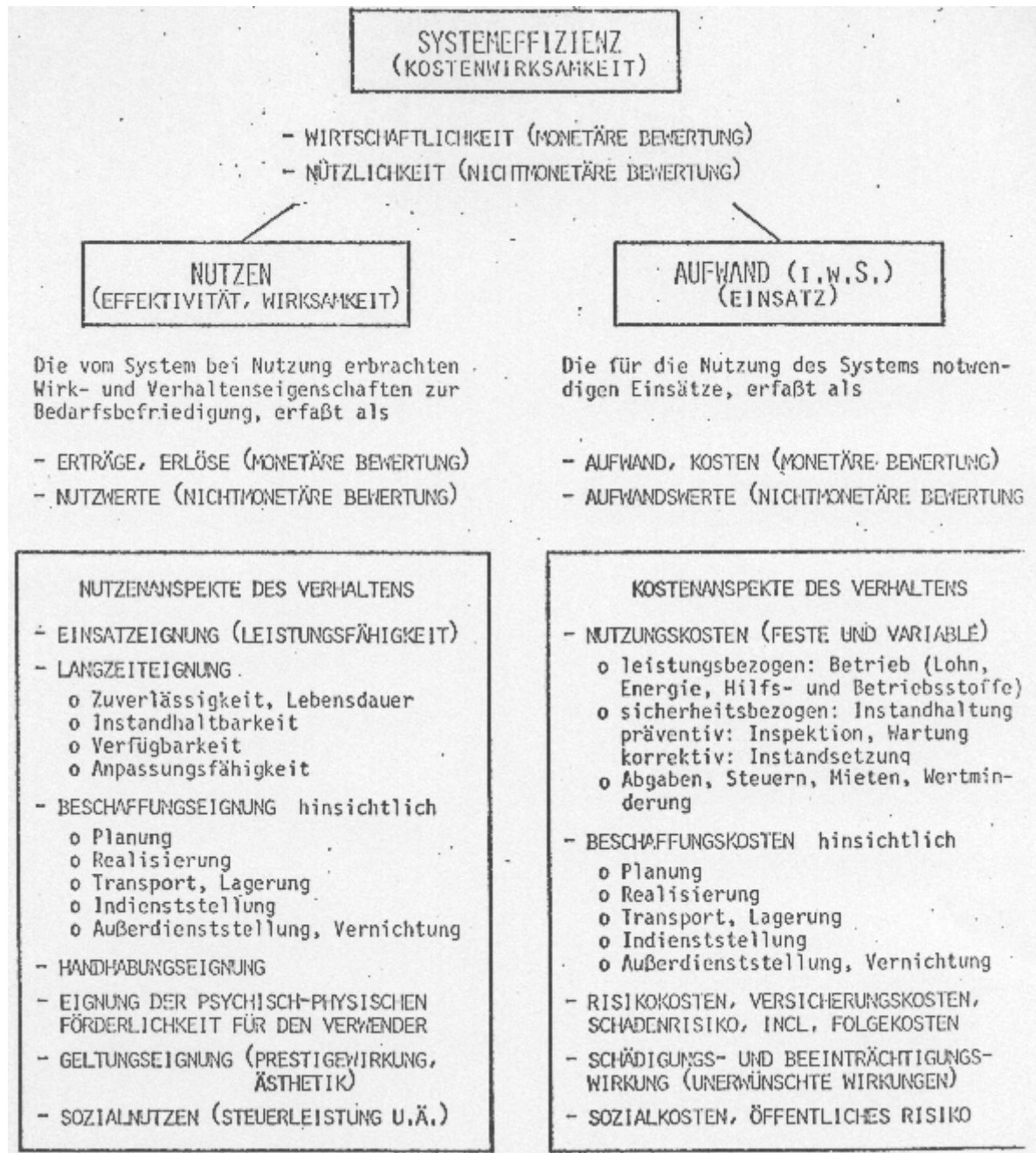
Funktion früher:	Schutz der Personen
Funktion heute:	Geltungsfunktion (teuer, billig, Angeberauto, sportlich, ...)
	El. Versorgung (Masse)
	Verringerung des Luftwiderstandes
	Sicherheit
	Tragende Funktion
	Diebstahlschutz

Weitere Optimierung:

- Redundanz: Wenn dann auf möglichst geringer Ebene
- Komponentenzahl gering halten (=> hohe Zuverlässigkeit)
- Regelungen der Nieder- und Hochenergie trennen

## Systembewertung:

Gesamtbewertung ist gleichzusetzen mit Systemeffizienz (Nutzen/Aufwand)



Bewertungsarten:

- ganzheitlich (z.B. Kauf einer Hose)
- analytische

### Verfahren zur ganzheitlichen Bewertung:

#### Rangordnungsverfahren (1., 2., 3. Platz, ...)

Hier wird jedoch der Abstand der Elemente zueinander vernachlässigt.

#### Singulärer Vergleich

Ein Element wird zum Pivotelement bestimmt => Bewertung der anderen durch Vergleich mit diesem.

#### Direkte Bewertung:

Jedem Element wird eine Note zugeordnet.

#### Sukzessiver Vergleich (nicht häufig verwendet)

Man hat eine gewisse Rangordnung. => Dem ersten Element wird der Wert 100 zugeordnet. Die anderen Elemente werden dann mit diesem verglichen und auch bewertet. Anschließend übernimmt man den letzten Wert für das letzte Element in die nächste Spalte und geht nun vom letzten Element aus und vergleicht alle anderen Elemente mit dem Wert für dieses Element.

A hand-drawn comparison matrix with 5 rows labeled  $A_3, A_4, A_2, A_3, A_1$  and 3 columns. The first column contains values 100, 75,  $\vdots$ ,  $\psi$ , and -30. The second column contains 110,  $\vdots$ ,  $\wedge$ ,  $\vdots$ , and -30. The third column contains 110,  $\vdots$ ,  $\psi$ ,  $\vdots$ , and -40. A 'Start' arrow points to the 100 in the first row. Curved arrows indicate the flow of values from one column to the next.

#### Paarweiser Vergleich (stark angewandt)

Hier werden die Elemente sowohl waagrecht in die erste Zeile, als auch senkrecht in die erste Spalte einer Tabelle eingetragen. In die Hauptdiagonale trägt man den Wert 0,5 ein. Anschließend trägt man Zeile für Zeile Werte (1 für Zeilenelement ist besser als Spaltenelement und 0 für Zeilenelement ist schlechter als Spaltenelement) ein. Man vergleicht immer das aktuelle Zeilenelement mit dem aktuellen Spaltenelement. Danach kann man die Summen über die Zeilen bilden. Das Zeilenelement mit der höchsten Summe bekommt den 1. Rang, das mit der zweithöchsten den 2., usw.

i \ j	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	PUNKTE	RANG	GEWICHT %
$A_1$	1/2	1	0	1	1	3.5	2	28
$A_2$	0	1/2	0	1	1	2.5	3	20
$A_3$	1	1	1/2	1	1	4.5	1	36
$A_4$	0	0	0	1/2	0	0.5	5	4
$A_5$	0	0	0	1	1/2	1.5	4	12
						12.5	-	100

## Analytische Methoden:

KNA ... Kosten-Nutzen-Analyse

KWA ... Kosten-Wirksamkeits-Analyse

NWA ... Nutzwert-Analyse

### KNA – Kosten-Nutzen-Analyse:

Bsp.: Eine neue Brücke ist zu bauen:

1. Nutzen:      Wieviel Nutzen? (Einzugsgebiet, Ausweichbrücken, ...)  
                  Was ist der subjektive Nutzen? (4 Min. kürzerer Weg => Wie hoch ist dadurch die Ersparnis)

=> Ansichtssache

Zeitersparnis?

Sicherheit? (Anzahl der Unfälle, die dadurch vermieden werden, muss durch Simulation gezeigt werden)

=> schwierig zu bewerten, da große Bandbreite

2. Quantifizierung in Währungseinheiten
3. Zwischenabhängigkeiten klären
4. Opportunitätskostenprinzip (wenn man das Geld in etwas anderes investieren würde)
5. Aufaddieren der Geldwerte

### KWA – Kosten-Wirksamkeits-Analyse:

Wirksamkeitsmodell wird aufgestellt;

Bsp.: Entwicklung von Großtransportern (Flugzeug) in den USA:

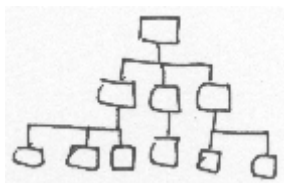
Für die Entscheidung wurde eine einfache Formel verwendet in der z.B. die Nutzlast, die Geschwindigkeit, die Lebensdauer, usw. enthalten waren. => Einfache Multiplikation => repräsentativer Wert

Fa. Lockheed Martin mit ihrem Galaxy erhielt dabei den Zuschlag

### NWA - Nutzwertanalyse:

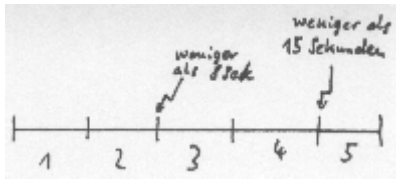
Es wird nicht in Währungen bewertet, sondern mit Punkten.

Aufstellen eines Zielprogramms  
Gewichtung der Ziele



Zielerträge ermitteln

z.B. VW-Golf: Beschleunigungswerte ermitteln und bewerten von 1 bis 5



Kritik: Die Nutzwertanalyse für sich selbst zu machen ist nicht sehr sinnvoll, wenn man vorher schon gewisse Vorstellungen hatte. Jedoch wird man sich mit der Nutzwertanalyse auch in diesem Fall klarer, was man denn eigentlich möchte.

		ZIELWERTMATRIX (Bsp. Systematische Standortauswahl)																																
Stufe 2:	Finanzierungsziele						Technische Projektziele					Flächenangebot				Geographische Lage:						Strategische Ziele:					Summe Nutzwerte	Ordinale Ordnung der Alternativen						
	Stufe 3:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25								
Kriterien	Eigenkapitalbedarf	Investitionsvolumen während der ersten 10 Jahre	Paybacktime Joint Venture	Interner Zinssatz Joint Venture	Paybacktime Holding (Investor)	Interner Zinssatz Holding (Investor)	Zwischensumme:	Tiefe 100-jähriges Hochwasser	Möglicher Abfallabtrag	Geologische Situation	Kontamination	Hanglage	Zwischensumme:	Größe der Fläche*	Erweiterungsmöglichkeit	Bestehende Infrastruktur	Querschnitts Versorgungsleitungen	Zwischensumme:	Entfernung bewohntes Gebiet	Entfernungen zu den wichtigsten Kunden	Windsituation	Eisenbahnkette	Zuleitbarkeiten für LKW	Naturschutzsituation	Zwischensumme:	Synergien mit bestehenden Projekten	Synergien mit möglichen Projekten	Eigener Anteil am Joint Venture	Geschätzte Realisierungsdauer des Projektes	Zwischensumme:	Summe Nutzwerte	Ordinale Ordnung der Alternativen		
Gewichte g(i)/In %	5,3	8,8	2,8	2,1	9,8	6,3	35,0	3,4	3,4	3,0	1,9	0,4	12,0	2,6	3,9	1,0	5,5	13,0	2,3	3,0	1,0	1,4	1,9	0,4	10,0	4,5	9,0	4,5	12,0	30,0	100,0			
Variante 1	pers.	6	2	3	2	6	9	177	0	9	0	0	7	33	8	2	2	9	80	8	6	5	6	6	8	64	0	0	9	8	137	480,6	2	
	real	9	3	4	4	8	10	235	1	10	1	1	7	44	9	3	2	9	88	9	6	6	7	7	9	71	1	2	9	9	171	607,6	1	
	opt.	10	5	7	5	9	10	278	3	10	1	2	7	53	9	5	2	10	100	10	7	7	8	7	10	80	1	4	10	10	206	715,2	1	
Variante 2	pers.	4	0	2	1	3	8	109	6	9	3	8	8	78	8	1	2	9	76	8	5	8	8	6	0	64	9	3	7	6	171	497,1	1	
	real	5	1	3	2	5	9	153	7	9	4	9	8	86	9	2	4	9	85	9	5	9	9	7	0	71	9	3	9	8	204	596,3	2	
	opt.	7	2	5	2	6	9	188	7	10	5	10	9	96	9	3	6	10	98	10	5	10	10	7	1	76	9	4	10	10	242	695,7	4	
Variante 3	pers.	4	3	2	1	2	4	100	0	6	2	0	5	28	1	0	2	8	48	2	4	4	0	6	5	34	9	3	9	3	144	354,1	4	
	real	5	6	3	1	4	7	173	2	7	3	0	7	42	1	0	2	9	54	4	4	5	1	7	6	43	9	6	9	5	195	506,4	3	
	opt.	8	7	4	2	4	8	208	3	8	4	1	7	53	1	0	3	10	60	6	4	6	2	7	7	51	9	9	10	7	251	623,2	4	
Variante 3	pers.	4	0	0	0	2	5	72	6	2	2	9	6	52	5	1	2	4	41	7	5	2	3	6	0	49	9	3	5	3	126	339,9	5	
	real	5	3	1	2	4	7	143	7	5	5	9	8	75	6	4	4	6	68	8	5	3	4	6	3	55	9	5	7	5	177	518,0	5	
	opt.	6	3	1	2	5	7	158	8	6	5	10	8	84	8	5	3	8	87	9	5	5	4	7	5	62	9	5	9	7	210	600,7	5	

pers. := pessimistische Schätzung      real. := realistische Schätzung      opt. := optimistische Schätzung