



# ZUSAMMENFASSUNG – SYSTEM ENGINEERING

«Scientists dream about doing great things. Engineers do them.»

Kreienbühl Mika – Studierender Techniker HF System- &  
Netzwerktechnik mit Cyber-Security

Mika Kreienbühl  
mika.kreienbuehl@student.ipso.ch

## Inhalt

Übersicht Zusammenfassung System Engineering .....	3
Fächerinfos .....	3
Grundlagen System Engineering .....	4
System Denken .....	4
Warum überhaupt System Denken? .....	4
System Denken nur in der IT? .....	4
Was ist jetzt das System Denken? .....	4
Anwendung des Systemdenken .....	5
Systemik – eine integrierende Disziplin .....	8
Das SE-Männchen (Daenzer 1976) .....	8
Das SE-Männchen .....	8
Schritte des System-Engineering .....	9
System Engineering-Gedankengut .....	9
Systematisches Vorgehensmodell .....	10
Schematisches Vorgehensmodell .....	10
Elemente des Systems .....	11
Ziel .....	12
Zielformulierung .....	12
Zielgliederung und -strukturierung .....	13
Zielgewichtung .....	13
Zielanalyse .....	13
Zielhierarchie .....	13
SMART'e Ziele .....	14
Präferenzmatrix .....	14
Lösungssuche .....	15
Lösungssynthese .....	15
Systemdefinition .....	17
Systemdefinition – offen/geschlossen .....	17
Systemdefinition -Eigenschaften .....	17
Systemdefinition - Grenzen .....	18
Systemdefinition - Hierarchie .....	18
Systemdefinition – Blackbox .....	19
Systemdefinition - Systemabbildung .....	20
Werkzeuge des System Engineerings .....	21
Nutzwertanalyse .....	21

Kosten- / Nutzenanalyse .....	21
Bewertung .....	21
Entscheidung .....	21
Quellenverzeichnis .....	22

## Übersicht Zusammenfassung System Engineering

Im Rahmen der Techniker HF an der IFA (ipso Bildung) werden im 1. Semester System Engineering Kenntnisse erarbeitet, welche im Laufe der weiteren Weiterbildung wichtig für weitere Fächer wie die (Vor-)Diplomarbeit sind.

Als Referenz dieser Zusammenfassung dienen die Unterrichtsmaterialien, welche im Rahmen der Techniker HF im Herbst/Winter Semester 2021/22 an der IFA ausgehändigt wurden. Ausserdem werden die Notizen sowie selbst erarbeitete Informationen verwendet.

Sämtliche Angaben in diesem Dokument sind ohne Gewähr und jegliche Haftung wird abgelehnt.

Das Copyright liegt alleinig bei Mika Kreienbühl, 12.11.2000 und darf ohne ein schriftliches Einverständnis weder kopiert noch editiert werden.

### Fächerinfos

<b>Schule</b>	IFA, Bern
<b>Lehrgang</b>	Techniker HF System- & Netzwerktechnik mit Cyber-Security
<b>Dozierender</b>	Patrick Wyss
<b>Unterrichtszeitraum</b>	11.2021 bis 01.2022

## Grundlagen System Engineering

System Engineering ist das korrekte Verwenden von Werkzeugen um Ziele und Soll-Zustände korrekt und wie gewünscht, effizient und kontrolliert zu erreichen. Einfach gesagt «Wie komme ich vom aktuellen Zustand in den gewünschten Zustand?»

Es ist eine Technik, welche auf bestimmten Denkmodellen und Grundprinzipien beruhende Wegleitung zur zweckmässigen und zielgerichteten Gestaltung komplexer Systeme.

### System Denken

Sehr relevant ist dabei das «System Denken».

Das System Denken ist die Technik, strukturiert zu denken, während die Kreativität walten soll.

### Warum überhaupt System Denken?

Es werden dabei vor Allem folgende Anforderungen gefördert.

- Fördert Denken in geordneter Form
- Begriffe zur Beschreibung komplexer Gesamtheiten & Zusammenhänge
- Modellhafte Ansätze um reale komplexe Erscheinungen zu veranschaulichen, ohne dabei diese unzulässig zu vereinfachen.
- Unterstützt das gesamtheitliche Denken

Ein Nachteil ist jedoch, dass das System Denken viel Zeitaufwand bedeutet.

### System Denken nur in der IT?

Das System Denken findet sich in nahezu sämtlichen Teilen des Lebens wieder denn;

Alles ist ein System oder zumindest ein Teilsystem.

### Was ist jetzt das System Denken?

Das System Denken definiert sich folgendermassen:

Verschiedene Systeme müssen analysiert, untersucht und definiert werden können. Wobei Abhängigkeiten, Konsequenzen und Nacharbeiten von Systemen zu Teilsystemen, Umsystemen, Über- & Untersystemen abgeschätzt und beachtet werden können. Weiter sollen durch das System Denken Problemstellungen effizient gelöst / verhindert werden können.

Das System Denken besteht aus verschiedensten Faktoren und Einflussgrössen. Diese sind unten ersichtlich:

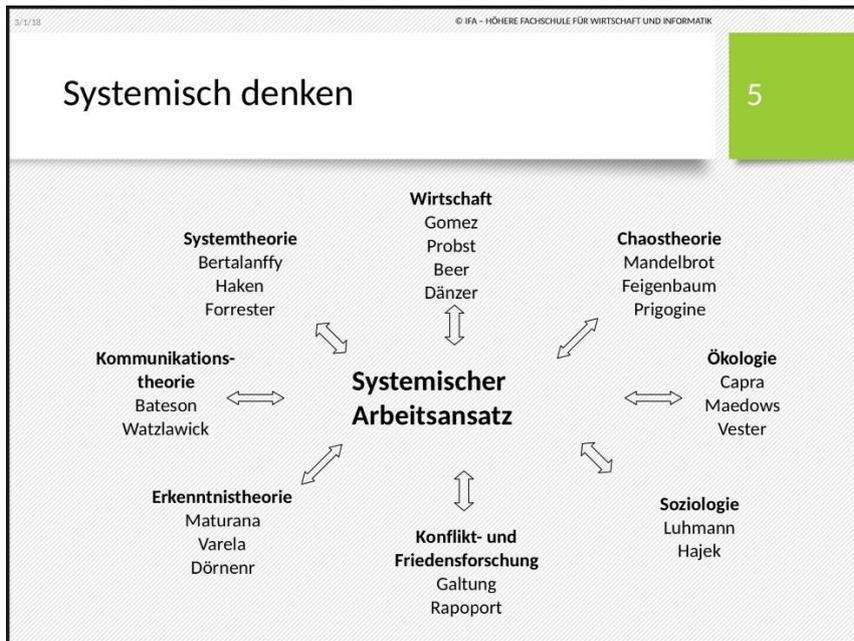


Figure 1 Systemisch denken

### Anwendung des Systemdenken

#### Problemidentifizierung

Ein Problem ist die Diskrepanz zwischen der vorhandenen sowie feststellbaren IST-Situation & der Soll-Vorstellung. Um das Problem zu identifizieren, gibt es eine Art von Problemidentifizierung. Dies ist das die Top-Down Technik wobei vom Groben ins Detail analysiert wird.

Wird das Problem identifiziert so wird mit der Bottom-Up Technik die Lösung umgesetzt. Sie beschreibt, dass vom Detail ins Grobe das Problem gelöst wird. Ganz nach der 20 – 80 Regel welche besagt, dass mit 20 Prozent der Arbeit 80% des Ergebnisses erzielt wird und mit 80% der Arbeit 20% des Ergebnisses.

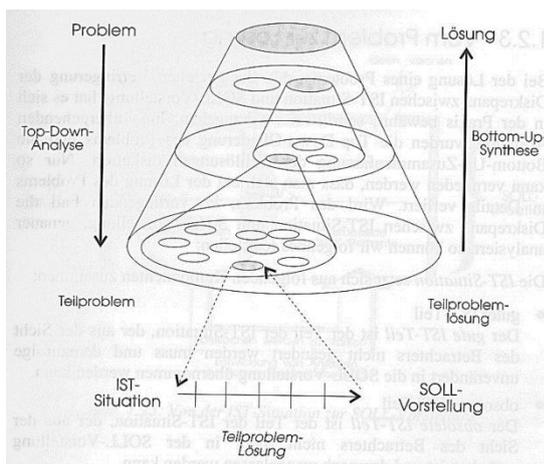


Figure 2 Top-Down || Bottom-Up

#### Problembhebung

Die Problembhebung wird folgendermassen beschrieben:

Die IST-Situation wird untersucht und der obsolete Teil fällt aus der Lösung heraus. Dieser wird durch einen neuen Teil ersetzt. Wobei der Ist-Teil mit Schwachstellen analysiert wird und die definierten Verbesserungen implementiert, werden und somit entsteht aus dem neuen Teil sowie dem verbesserten Teil die Soll-Situation. Grafisch ist dies nachfolgend aufgezeigt:

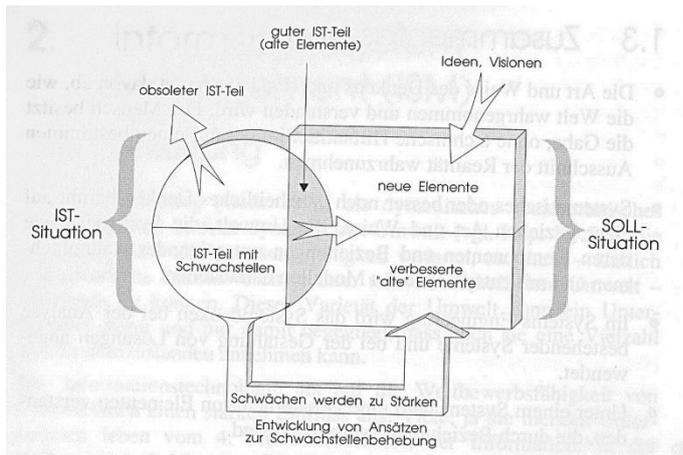
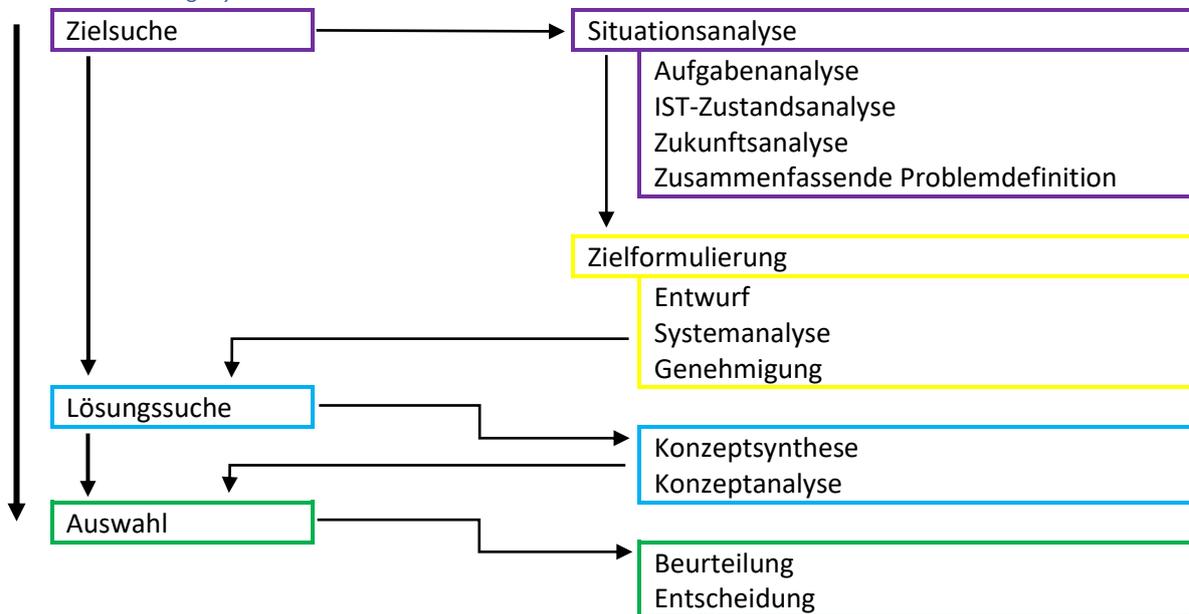


Figure 3 Problembhebung

Der Problemlösungszyklus



Problemlösungszyklus – Situationsanalyse

Das Ursachen-Wirkungs- / Ishikawa- / Fishbone- / Fischgrät- Diagramm ist dazu da, Wirkungen nach deren Ursache aufzuschlüsseln.

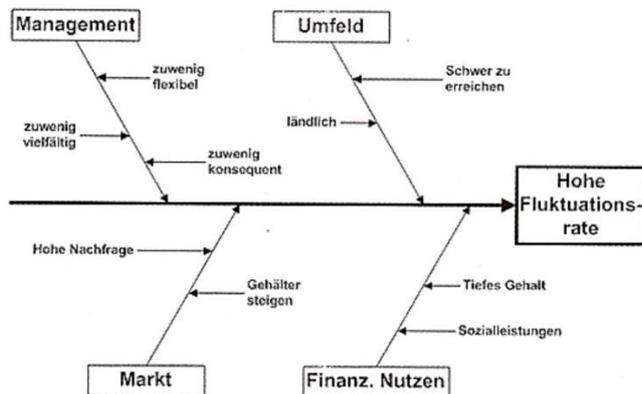


Figure 4 Fishbone-Diagramm

### Problemlösungszyklus – Bewertung / Entscheidung

In der Bewertung und Entscheidung im Problemlösungszyklus werden verschiedene Methoden und Instrumente eingesetzt welche wiederum speziell gegliedert und strukturiert werden.

3/1/18 © IFA - HÖHERE FACHSCHULE FÜR WIRTSCHAFT UND INFORMATIK

## Problemlösungszyklus

Bewertung/Entscheidung → Allgemeine Gestaltungsregeln

80

- Methoden & Instrumente
  - Paarvergleich
  - Argumenten Bilanz (Pro-/Contra)
  - Nutzwertanalyse
  - Kosten-/Nutzenrechnung, Kosten-/Wirksamkeitsanalyse
  - Investitions-/Wirtschaftlichkeitsrechnung
  - Sensitivitätsanalyse
  - Nutzenfunktion grafisch darstellen
- Gliederung & Strukturierung
  - Gewichtung der Kriterien (Wunschziele)
  - Ev. weitere Kriterien aus der Analyse
  - Erfüllungsgrad bestimmen
  - Bewertungstabelle, Rangreihenfolge
  - Sensitivitätsanalyse

BB Kap. 10

Figure 5 Problemlösungszyklus - Bewertung / Entscheidung

Systemik – eine integrierende Disziplin

In der Systemik wird zusammengefasst welche Bereiche beachtet werden müssen, damit aus der Ist-Situation die Soll-Situation erreicht werden kann.

<b>Aus einem Problem...</b>	<b>...wird...</b>	<b>...eine Lösung</b>
\$ Eine Investition...	<b>Systemik</b> ...wird richtig behandelt...	\$\$ ...ein Ertrag
Eine Produktidee...	...verarbeitet...	...Ergibt ein verkaufte Produkt
Von Ist...	...Entsteht durch Tools...	...das Soll
		<b>Tools:</b> Methodik Psychologie Handlungsethik Erfahrung Fachwissen Situationskenntnis

Das SE-Männchen (Daenzer 1976)

Das SE-Männchen ist in die Ebene Kopf, Bauch und Beine unterteilt. Wobei von den jeweiligen Teilen folgende Aufgaben übernommen werden:

<b>Kopf</b>	Im Kopf wird das Denken übernommen. Es werden Grundsätze systematischer Denkweise (System Denken) sowie Mittel vorgegeben, ein Vorhaben systematisch anzugehen (Vorgehensmodell).
<b>Bauch</b>	Im Bauch werden Probleme systematisch zu Lösungen gewandelt.
<b>Beine</b>	Die Beine unterstützen die Problemlösung mit unterschiedlichen Techniken.

Das SE-Männchen

<b>Problem</b>	SE-Philosophie				<b>Lösung</b>
	System Denken		Vorgehensmodell		
	Problemlösungsprozess				
	Systemgestaltung		Projektmanagement		
	Techniken der Systemgestaltung		Techniken des Projektmanagements		
	Techniken der Systemgestaltung		Techniken des Projektmanagements		

## Schritte des System-Engineering

System Engineering enthält mehrere Schritte, welche die Reihenfolge der zu erledigenden Arbeiten definieren. Das Wort heisst SEUSAG. Dies bedeutet folgendes:

- **S**ystemgrenze ermitteln
- **E**influssgrössen ermitteln
- **U**nter- & Teilsysteme ermitteln
- **S**chnittstellen analysieren
- **A**nalyse von Unter- und Teilsystemen
- **G**emeinsamkeiten ermitteln

## System Engineering-Gedankengut

Das System Engineering umfasst Leitgedanken, Leitfäden sowie Methoden und Techniken. Die Gliederung findet man z.B. im [SE-Männchen](#) wieder.

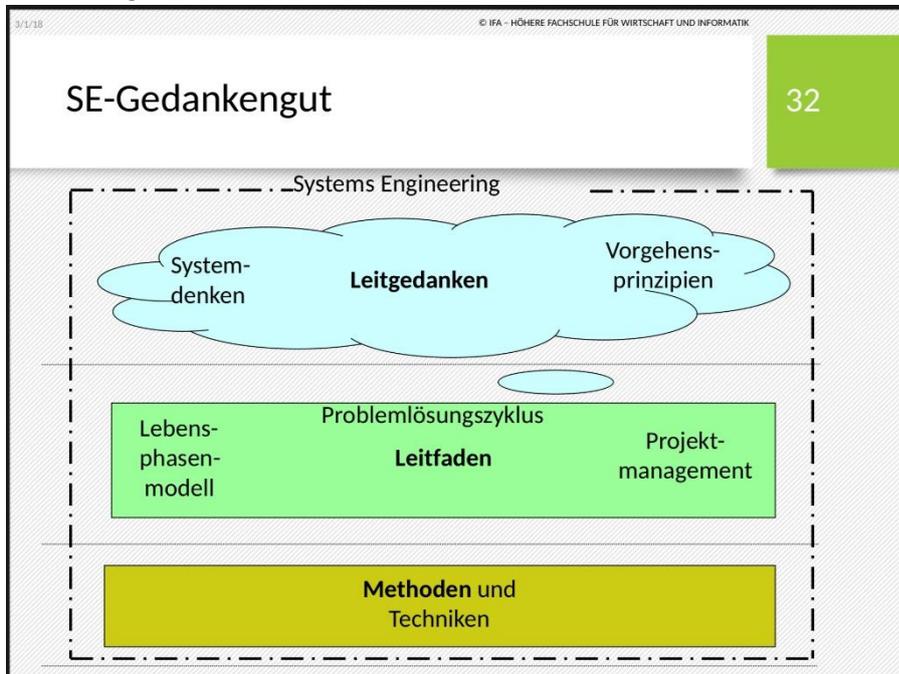


Figure 6 SE-Gedankengut

## Systematisches Vorgehensmodell

Um Probleme zu lösen, gibt es mehrere Vorgehensweisen, welche je nach Komplexität des Problems abweichen. Es wird grob unterschieden zwischen Einfach – kompliziert – komplex.

Einfaches Problem lösen:

- Was ist los?
- Was will ich?
- Welche Lösungsmöglichkeiten gibt es?
- Welches ist die beste Lösungsmöglichkeit?
- Was könnte dabei schief gehen?

Schwieriges Problem lösen:

- Situationsanalyse
- Zielformulierung
- Lösungsentwurf
- Bewertung und Entscheidung
- Umsetzung

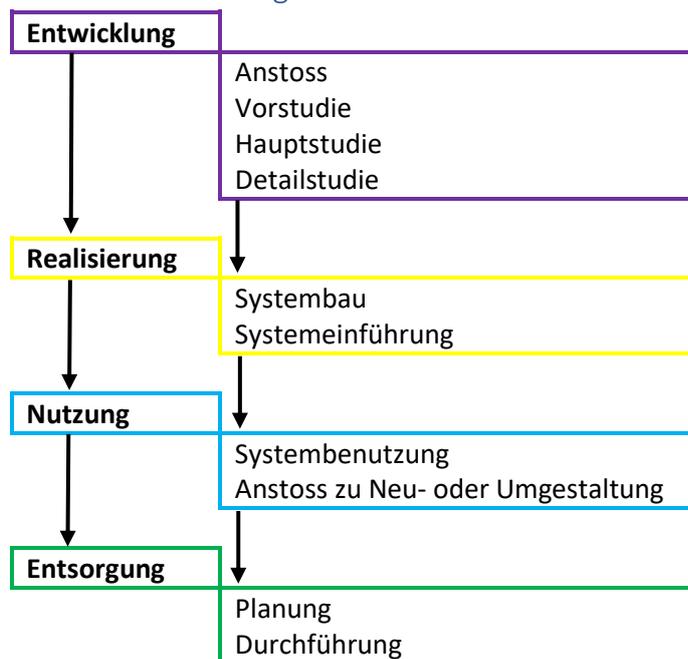
Chancen und Problemdefinitionen

Problemlösung

Umsetzung und Nutzen

Abfolge der einzelnen Schritte

## Schematisches Vorgehensmodell



## Elemente des Systems

Ein System hat mehrere Teile welche unter anderem auch die Funktionsweise vom System selbst oder auch von anderen Systemen beeinflusst.

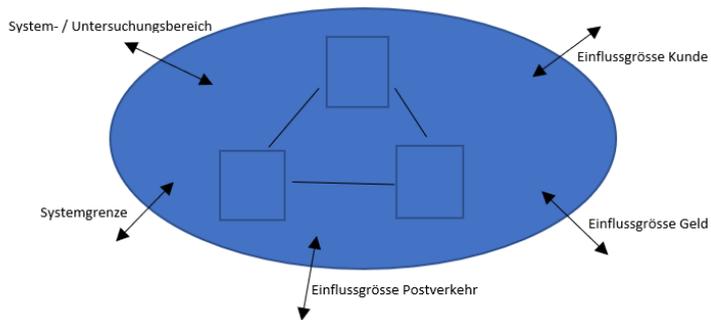


Figure 7 Elemente des Systems

Umsysteme sowie auch Unter- & Obersysteme können und sollen sich gegenseitig beeinflussen. Dabei ist die Schwierigkeit, alle Einflüsse abschätzen und planen zu können.

## Ziel

Ziele sind Aussagen darüber, was mit einer gestaltenden Lösung und dem Weg erreicht oder eben nicht erreicht werden soll. Dabei haben Zielformulierung im System Engineering eine grosse Bedeutung.

Sie steuern eine Lösungssuche und sollen daher nicht nachträglich der Vollständigkeit halber erfunden werden.

Wichtig ist ebenfalls, dass Ziele definiert, bekannt gemacht und akzeptiert werden müssen. Ansonsten bringen sie nichts oder nicht viel.

## Zielformulierung

- Zielformulierungen sind ein Prozess
- Der Zielkatalog ist ein lenkendes Instrument
- Ziele definieren was erreicht werden soll.
- Ziele definieren wie vorgegangen werden soll (Vorgehensziele).

Dabei müssen Ziele neutral, strukturiert, vollständig, operationalisiert und realistisch sein. Weiter beschreiben Ziele das **WAS** und **NICHT** das **WIE!!!**

Ein Ziel ist generell ein Zustand den man erreichen will/soll.

-> Was (soll erreicht werden)

Eine Anforderung ist eine Fähigkeit, die ein System besitzen muss um Ziele zu erreichen.

-> Wie (soll es erreicht werden)

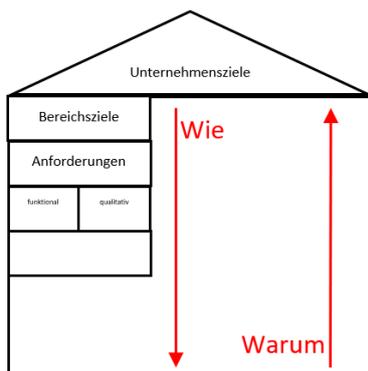


Figure 8 Zielhierarchie im Unternehmensumfeld

### Zielgliederung und -strukturierung

Für die Zielgliederung müssen die Voraussetzungen bestimmt werden. Dazu gehören Zuständigkeit sowie Methoden / Instrumente

Die Zielsuche kann in folgende Schritte eingeteilt werden:

- Ursache <> Wirkung ermitteln
- Ziele formulieren
- Systematische Zielgliederung und -Operationalisierung
- Konflikte erkennen und bereinigen
- Wunschziele bewerten und gewichten
- Zielkatalog dokumentieren
- Zielkatalog verabschieden

### Zielgewichtung

Kann-Ziele müssen neben der korrekten Gliederung und Definition auch bewertet und gewichtet werden. Somit kann später im klar definiert werden, welche Ziele wichtiger sind und welche priorisiert werden sollen.

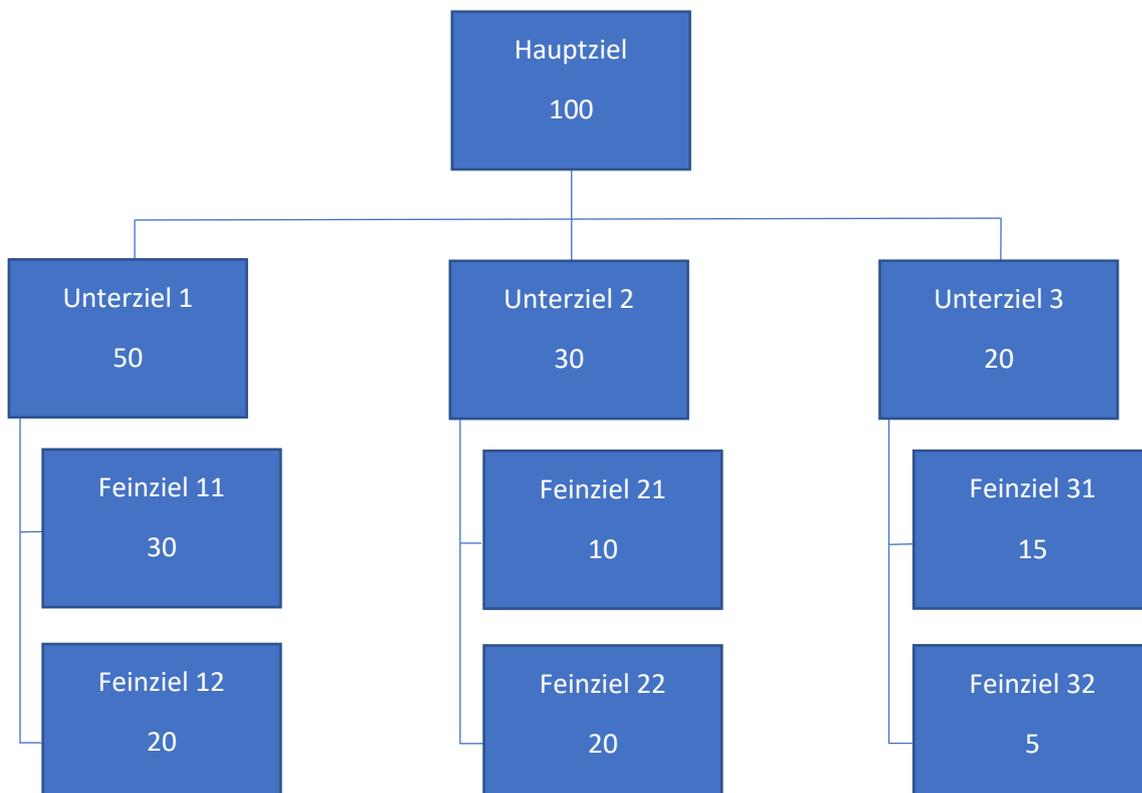
Muss-Ziele müssen NICHT gewichtet werden, da diese so oder so umgesetzt werden müssen und somit zur erfolgreichen Umsetzung des Projekts erfüllt sein müssen.

### Zielanalyse

Die Ziele können mit folgendem Katalog analysiert werden:

- Muss- / Kann-Ziele unterschieden?
- Alle Zielbereiche vorhanden? (Leistungs-, Finanz-, Sozial-, Terminziele)
- Ziele operationalisiert?
- Zielkatalog strukturiert?
- Zielkonflikte?

### Zielhierarchie



SMART'e Ziele

Ziele müssen nach der bekannten Ziel-«Schablone» definiert werden:

**S**pezifisch

**M**essbar

**A**nspruchsvoll

**R**ealistisch

**T**ermingebunden

Präferenzmatrix

Die Ziele können mittels Präferenzmatrix miteinander verglichen werden.

Somit kann veranschaulicht werden, welches Ziel jeweils zu den anderen Zielen «wichtiger» bzw. eine höhere Priorität hat.

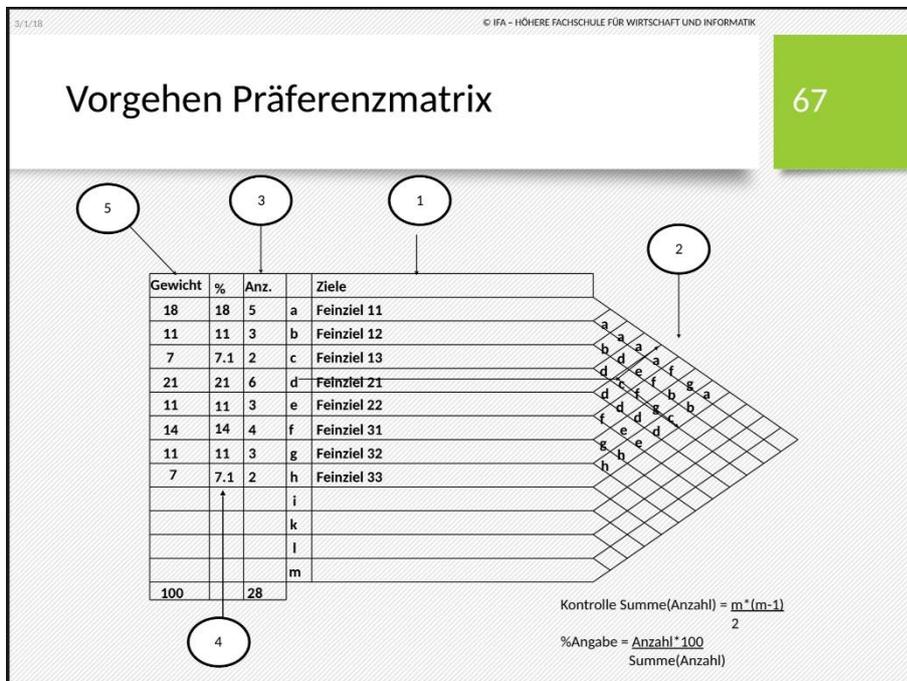


Figure 9 Vorgehen Präferenzmatrix

## Lösungssuche

Bei der Lösungssuche geht es darum - wie der Name schon sagt - Lösungen zu suchen und zu erarbeiten. Dabei werden folgende Tasks erledigt:

- Analyse von Aufgaben & Zielen
- Sammeln von Lösungsideen
- Ordnen und Ausschneiden von Lösungsideen
- Erarbeiten von Lösungsvorschlägen und -Varianten
- Analyse der Lösungsvorschläge
- Umarbeiten und Ausschneiden von Lösungsvarianten

## Lösungssynthese

Die Lösungssynthese definiert sich damit, dass in diesem Schritt Lösungen erarbeitet und zusammengefügt werden. Die Lösungen bestehen aus mehreren einzelnen Lösungselementen.

Die Synthese an sich beinhaltet folgende Tasks:

- Erhaltung eines Lösungskonzepts
- Finden der Lösungselemente
- Zusammenfügen der Elemente zur ganzen Lösung

Dabei ist es wichtig seine Kreativität auszuschöpfen und sich ebenfalls von bereits bestehenden Systemen inspirieren zu lassen.

Beim Zusammenführen von Lösungselementen dienen die Wunschziele als Rahmenbedingungen. Wobei die Beschreibungsbestandteile müssen/können Phasen- und Situationskonform angepasst werden.

## *Faktoren der Lösungssynthese*

Bei der Lösungssynthese haben mehrere Faktoren Einfluss auf die Erarbeitung der Lösungsvarianten. Diese beeinflussen die erarbeitete(n) Lösung(en) und bestehen aus folgenden Abteilungen:

- Funktionen
- Betriebsorganisation
- Systemtechnik
- Schnittstellen
- Sicherheit; Programmsicherheit sowie Identity- & Access-Management
- Wirtschaftlichkeit

Beim Zusammenführen von Lösungselementen dienen die Wunschziele als Rahmenbedingungen. Wobei die Beschreibungsbestandteile müssen/können Phasen- und Situationskonform angepasst werden.

*Das Prinzip der Variantenbildung*

Das Prinzip der Variantenbildung beschreibt das Vorgehen wie man mittels Vergleich mehrerer Varianten die beste Option eruiieren kann und somit diese Varianten weiter verfeinern kann mittels wiederum mehreren Möglichkeiten, bis am Schluss ein Detailkonzept der präferierten Variante herauschaut.

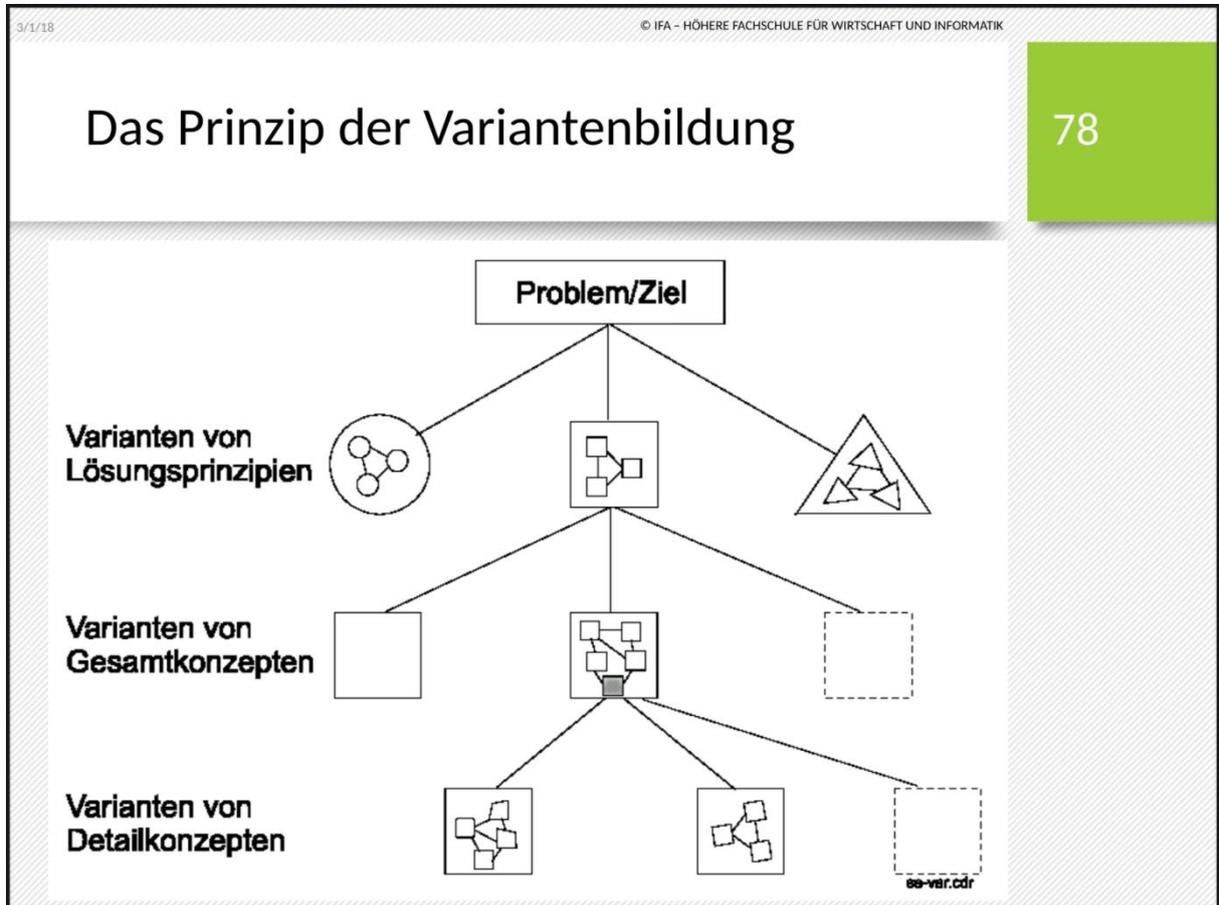


Figure 10 Das Prinzip der Variantenbildung

## Systemdefinition

### Systemdefinition – offen/geschlossen

In der Systemdefinition werden zwischen zwei verschiedenen Typen von Systemen unterschieden. Es gibt offene sowie geschlossene Systeme.

Wobei ein offenes System mindestens eine Interaktionsbeziehung zu einem umgebenden System hat. Ein geschlossenes System hat keinerlei Interaktionsbeziehungen zu anderen Systemen und der Umwelt. Wie sicherlich bereits bemerkt, gibt es grundsätzlich kein geschlossenes System, denn alles interagiert mit anderen Systemen und der Umwelt. So zu sagen, kann als einziges geschlossenes System das Universum als geschlossenes System gesehen werden. Zumindest nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft.

«Die Umwelt beeinflusst das System und das System die Umwelt.»

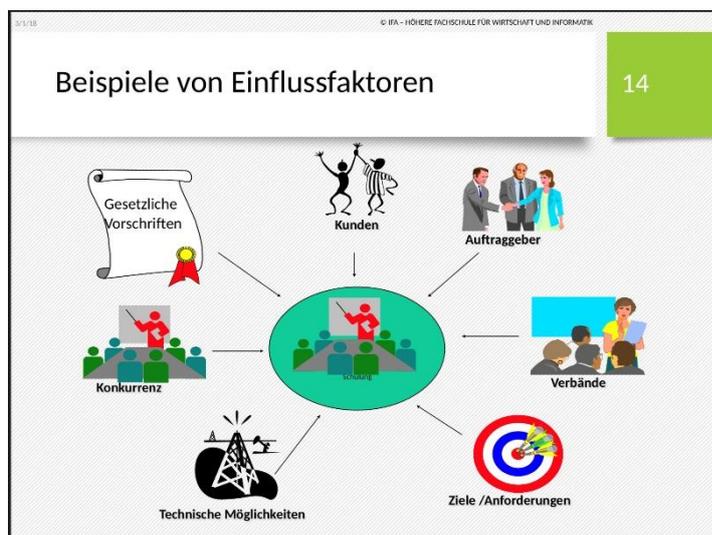


Figure 11 Einflussfaktoren

### Systemdefinition -Eigenschaften

Die Eigenschaften eines Systems sind folgendermassen aufzuschlüsseln:

- Es umfasst mehrere Teile
- Die Teile sind verschieden
- Die Teile sind vernetzt & liegen nicht wahllos nebeneinander

Ein System stellt ein Ganzes dar, das mehr ist als die Summe seiner Teile. Durch die Verknüpfungen entstehen zusätzliche Werte und Funktionen welche das System erst erstrebenswert machen.

## Systemdefinition - Grenzen

Systemgrenzen zeigen auf wo ein System aufhört, wo eine Vernetzung eine Verknüpfung zu einem anderen System bedeutet und wo der Zuständigkeits- & Problembereich aufhört. Die Grenzen können aufgrund von verschiedenen Eigenschaften definiert werden. Es sind dies:

- Geografisch
- Politisch
- Juristisch
- Betriebsorganisatorisch

Grenzen der Systementwicklung:

- Untersuchungs- bzw. Problembereich
- Gestaltungs- bzw. Eingriffsbereich
- Effektiver Lösungsbereich
- Wirkungsbereich

Generell kann gesagt werden, dass die Anzahl der Beziehungen der Elemente im System gegenüber den Beziehungen der Elemente zwischen System und Umwelt grösser sein soll. Man spricht hier von einem Übergewicht der inneren Bindung.

Zusätzlich sind die Schnittstellen zwischen System <> Umwelt so zulegen sind, dass möglichst wenige und einfache Schnittstellen nach aussen bestehen.

## Systemdefinition - Hierarchie

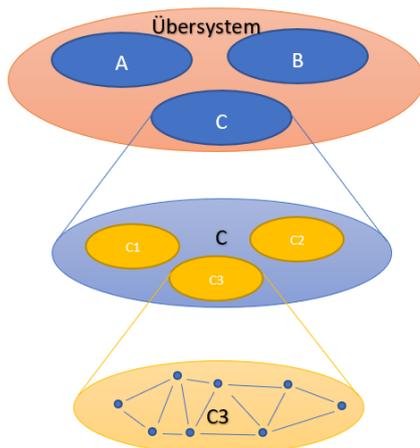


Figure 12 Systemhierarchie

### Systemdefinition – Blackbox

Durch die Untersuchung eines Systems, genauer durch den Input sowie der erwartete und erhaltene Output, kann man bei Problemanalysen, das betroffene System bzw. den betroffenen Systemteil identifizieren. Somit wird im ersten Schritt lediglich der Input und Output verglichen.

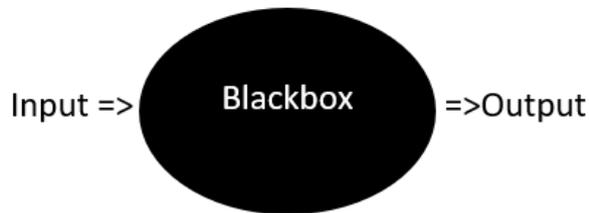


Figure 13 Blackbox

Ist das System oder der Systemteil identifiziert, so wird das System durch weitere Tests bzw. Vergleiche sukzessive aufgelöst und somit den problemmachenden Teil zunehmend eingeschränkt.

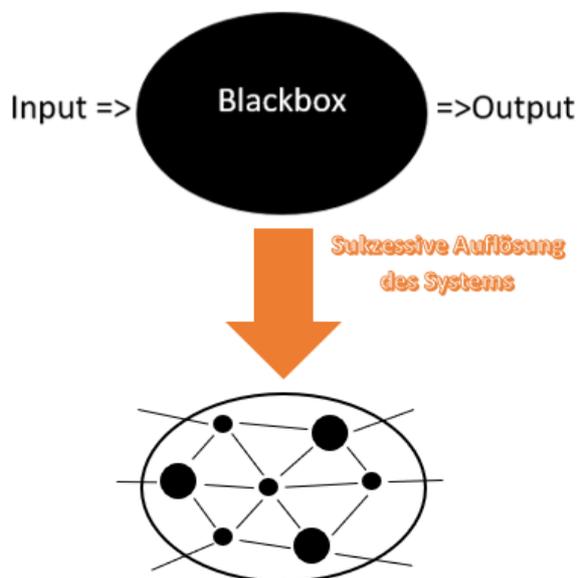


Figure 14 Sukzessive Auflösung des Systems

### Systemdefinition - Systemabbildung

Modelle von Systemen helfen bestehende Systeme zu verstehen. Weiter kann so etwas völlig Neues geplant werden und an bestehenden Varianten Veränderungen geprüft werden. Ausserdem kann es die Kommunikation zwischen Menschen deutlich vereinfachen.

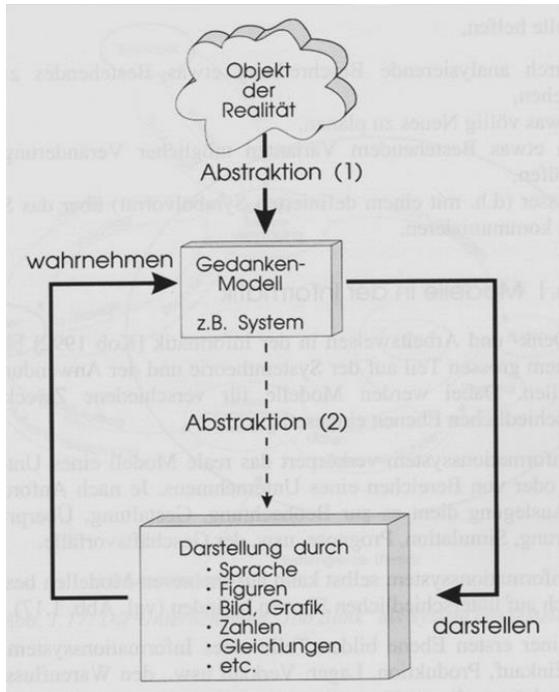


Figure 15 Prozess der Systemabbildungsentwicklung

In der Erhebung der Ist-Situation können verschiedene Techniken zum Einsatz kommen. Wobei ein Beispiel das Bubble Chart ist. Es hilft Systemgrenzen, Verknüpfungen und Abhängigkeiten grafisch darzustellen und so die Ist-Situation schnell und einfach zu erfassen und Probleme schnell zu erkennen. Nachfolgend ist als Beispiel ein solches Bubble Chart abgebildet:

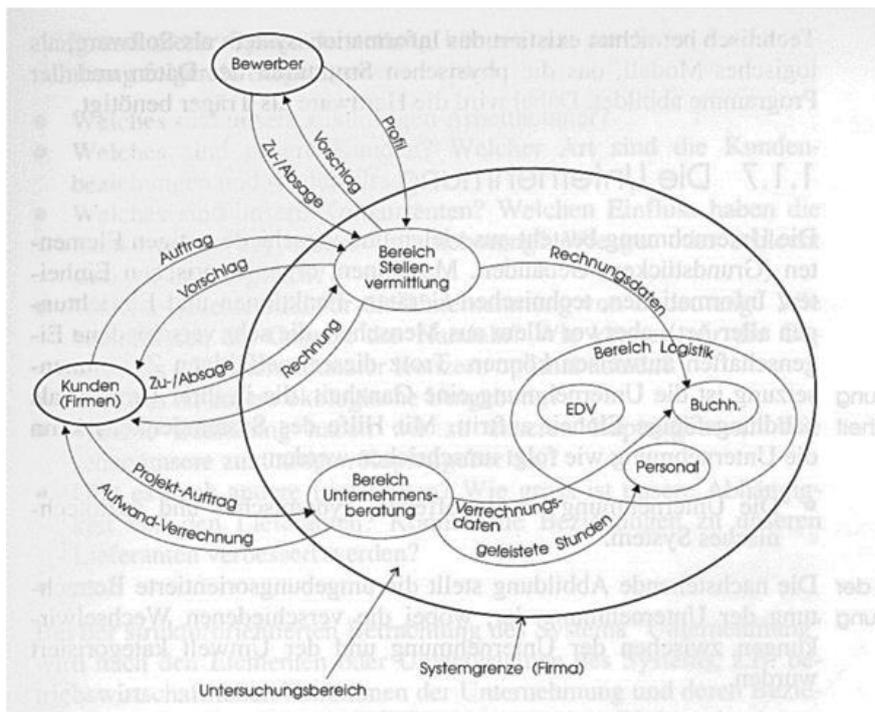


Figure 16 Bubble Chart

## Werkzeuge des System Engineerings

Nr	Ablauf	Technik
1	Systemgestaltung – Ist-Situation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bubble Chart</li> <li>- Modelle verwenden</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektphasen (Makro-Logik)               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Vorstudie (5-10%)</li> <li>o Hauptstudie (20-25%)</li> <li>o Detailstudie (25-30%)</li> <li>o Systembau (30-40%)</li> <li>o Systemeinführung (5-10%)</li> <li>o Systemnutzung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasserfallmodell</li> <li>- Wasserfallmodell mit Rückkopplung</li> <li>- V-Modell</li> <li>- Spiralmodell</li> </ul>
	Problemlösungszyklus (Mikro-Logik)	
2	Situationsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sammeln von Informationen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhebungstechniken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interview</li> <li>- Fragebogen</li> <li>- Laufzettelverfahren</li> <li>- Selbstaufschreibung</li> <li>- Multimomentstudie</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Darstellungstechniken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ABC-Analyse</li> <li>- Datenflussdiagramm</li> <li>- Programmablaufplan</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Würdigungstechniken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwachstellenkatalog</li> <li>- SWOT-Analyse</li> <li>- Ursache- Wirkungsanalyse</li> <li>- Fishbone-Diagramm</li> </ul>
3	Zielbildungsprozess	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SMART-Analyse</li> <li>- Zielhierarchie-Pyramide</li> <li>- Zielgewichtungstechniken</li> <li>- Präferenzenmatrix</li> <li>- Zieldokumentationstechniken</li> </ul>
4	Lösungssuche / Konzept	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthese</li> <li>- Analyse</li> <li>- Brainstorming</li> <li>- Pro- / Kontraspiel</li> <li>- Kärtchen Methode</li> <li>- Morphologische Analyse</li> </ul>
5	Bewerten / Entscheiden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutzwertanalyse</li> <li>- Kosten- / Nutzeverfahren</li> </ul>

### Nutzwertanalyse

Vergleicht Lösungen wobei genug, aber nicht zu viele Muss-Ziele definiert sein müssen.

### Kosten- / Nutzenanalyse

Gegenüberstellung von Lösungen mit dem Faktor Kosten/Nutzen

### Bewertung

Aufgrund von Kriterien entsteht eine Reihenfolgender Lösungen

### Entscheidung

Aufgrund der Reihenfolge der Bewertung wird eine Entscheidung gefällt.

## Quellenverzeichnis