



WOIS, QFD und TRIZ

21. Leibniz-Konferenz – Systematisches Erfinden 2016

24./25.11.2016, Lichtenwalde

Kai Hiltmann, Coburg



FACHBUCH

Konstruktion

Linde/Hill

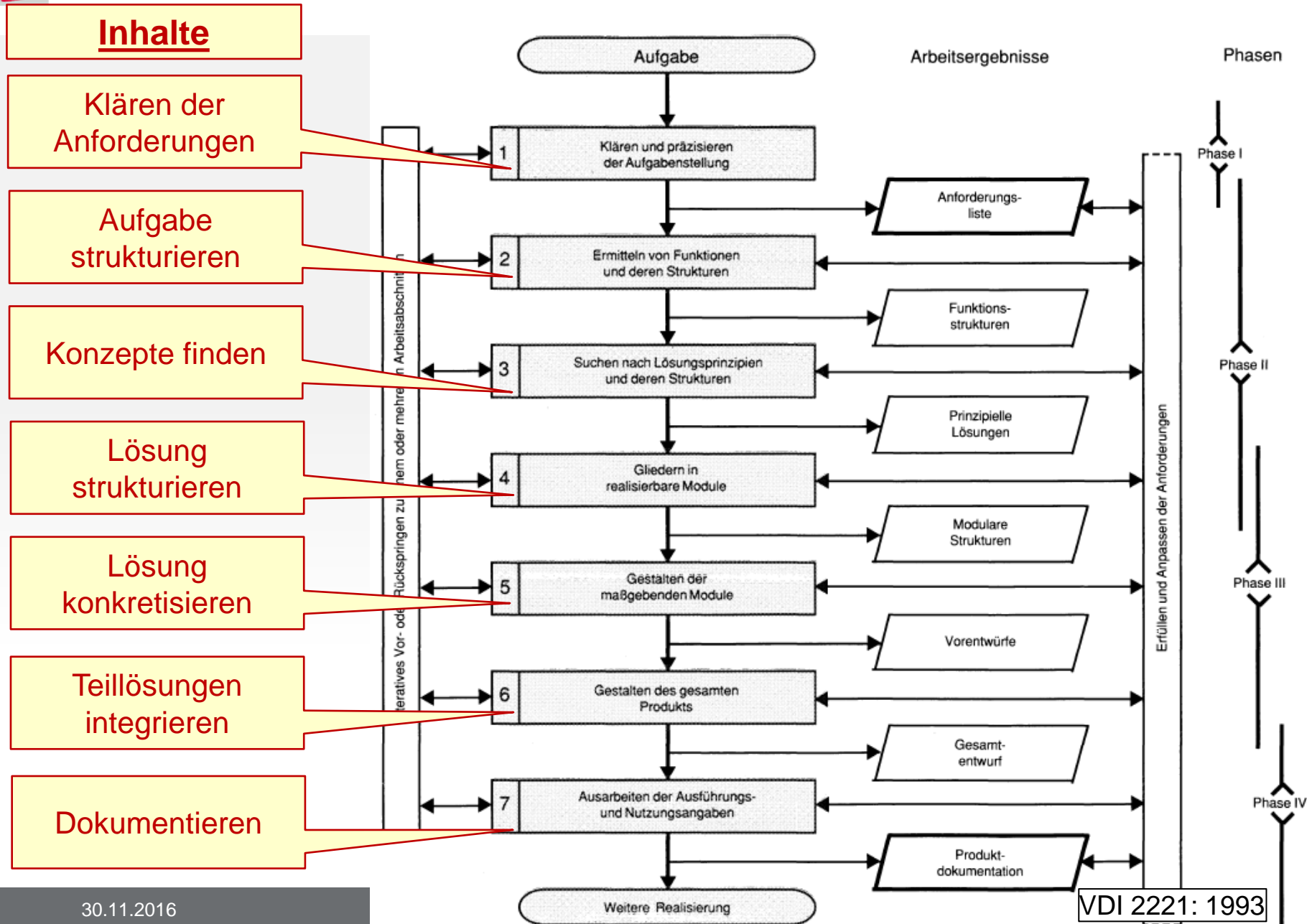
Erfolgreich erfinden

Widerspruchorientierte Innovationsstrategie
für Entwickler und Konstrukteure

Hoppenstedt Technik Tabellen Verlag

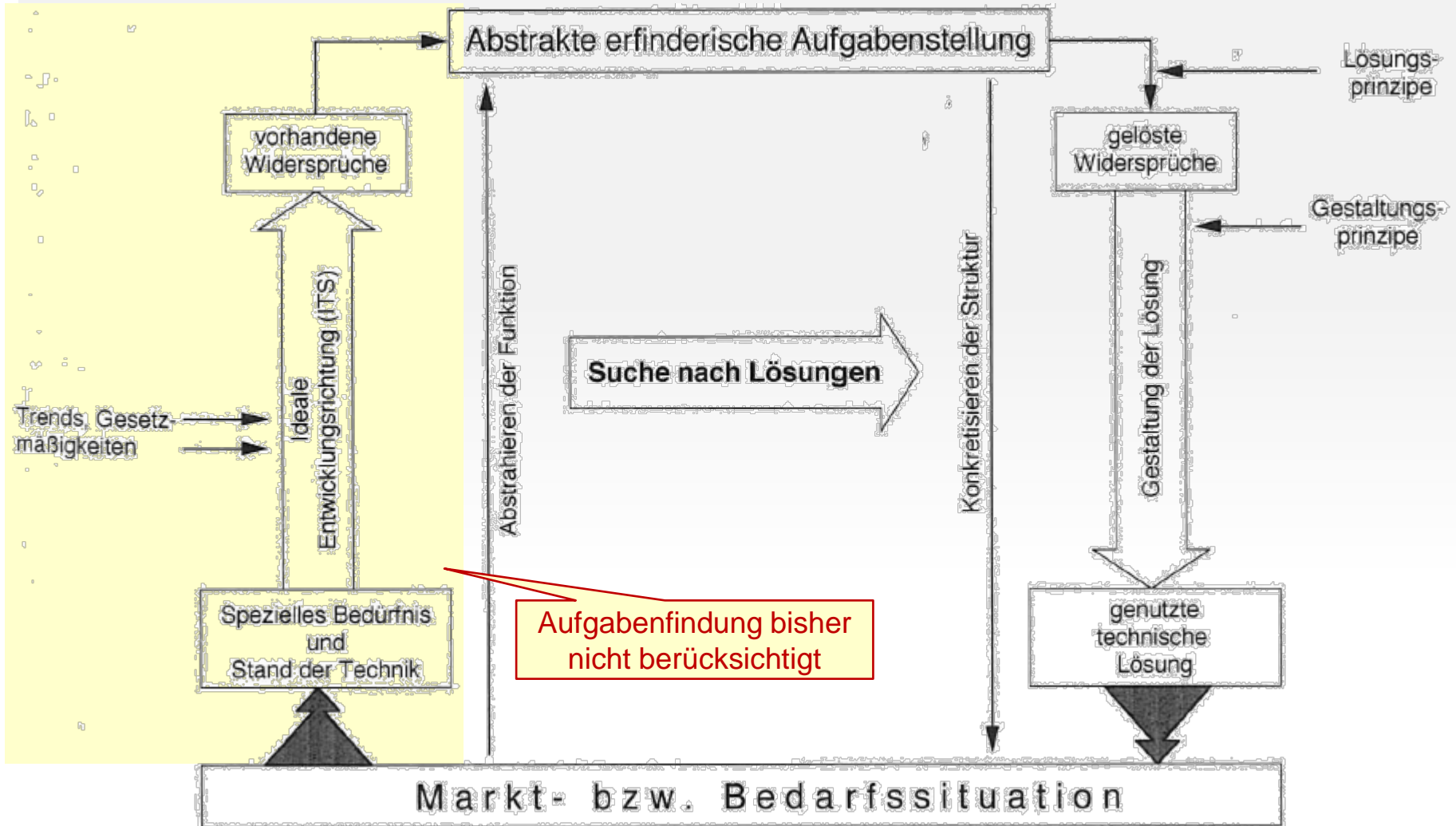
Hoppenstedt

Entwicklungsprozess nach VDI 2221



Ableitung und Lösung von Entwicklungsaufgaben nach Herrig

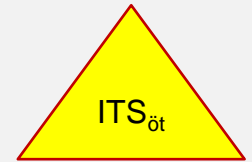
Basierend auf *Herrig, D.: Rationalisierungsfibel für den Konstruktionsbereich, 2. Auflage, Leitzentrum für Anwendungsforschung Schwerin, 1981*



Ziel nicht realisierbar wegen fehlender technischer Mittel:

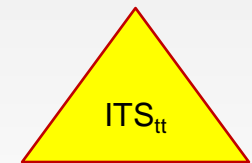
ökonomisch-technologischer Widerspruch

Ideales Technisches System



Technische Mittel nicht realisierbar wegen fehlender Verfahren

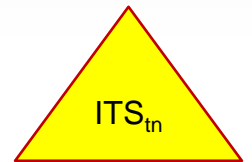
technologisch-technischer Widerspruch



TRIZ: „technischer WSP“

Verfahren aus naturgesetzlichen Gründen nicht realisierbar:

technisch-naturbedingter Widerspruch.

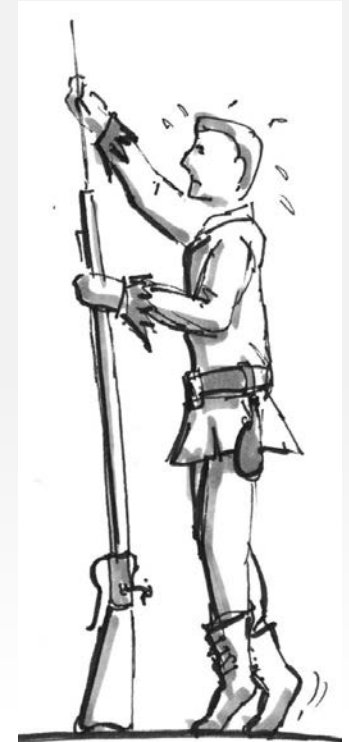
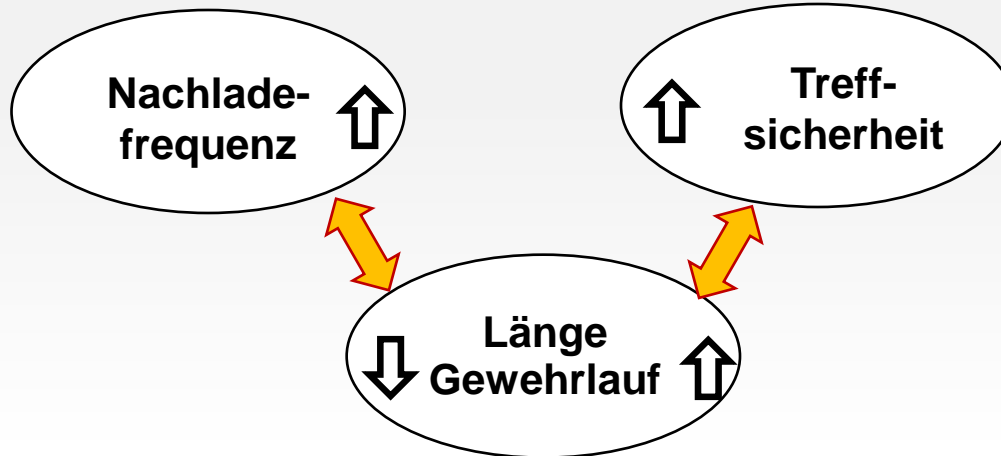


TRIZ: „physikalischer WSP“

Nach [Linde 1993]

Staustellen sind Entwicklungswidersprüche

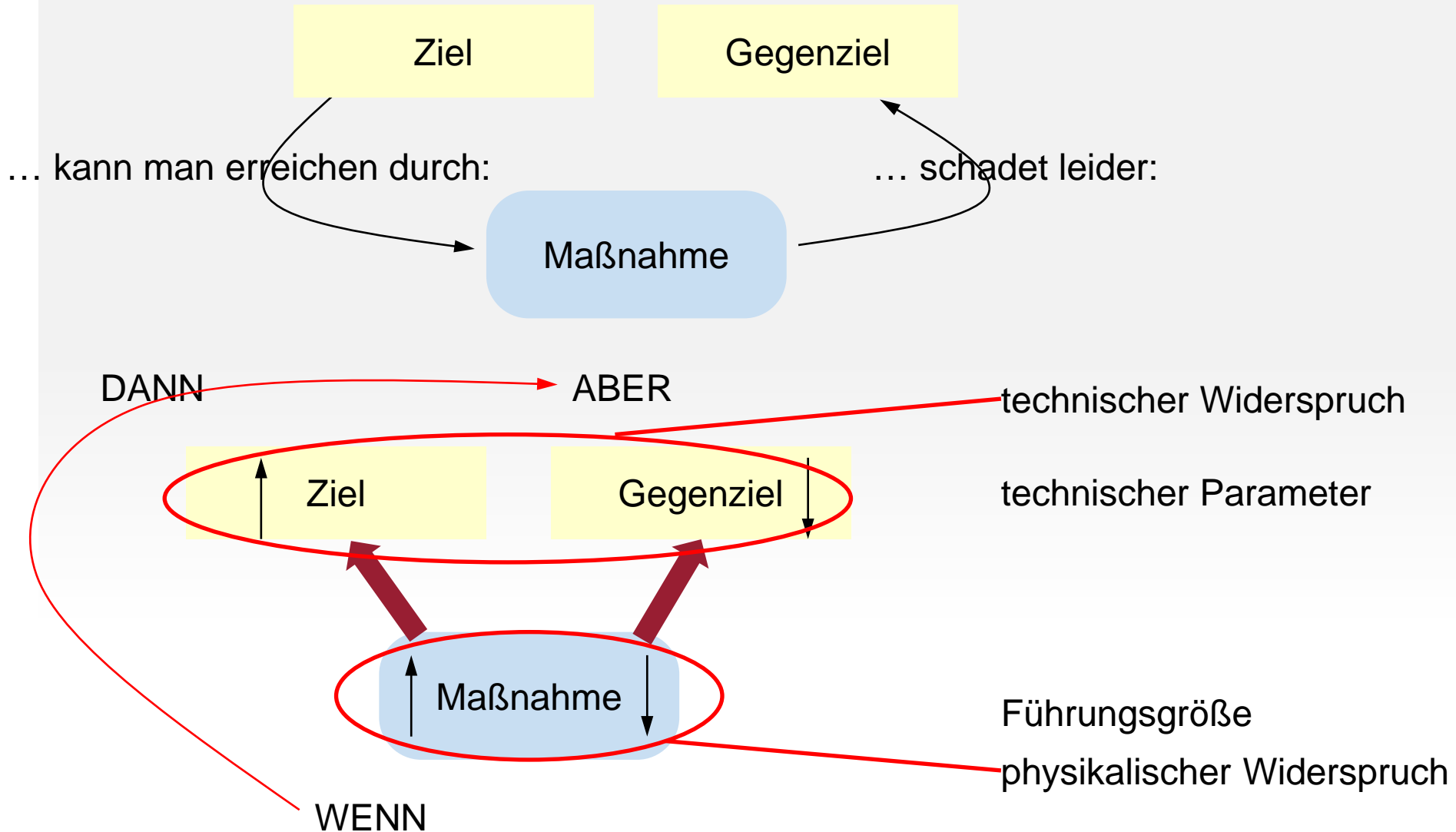
Widerspruch der Höherentwicklung von Vorderladern:



WOIS-Widerspruchsdreieck

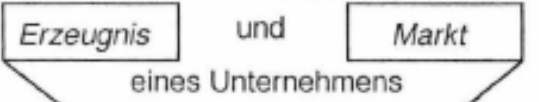


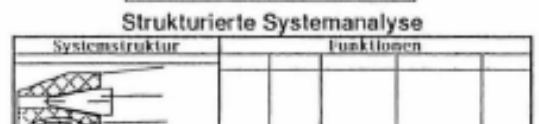
Johann Nikolas von Dreyse; 1866 Schlacht von Königgrätz

Widerspruchsdreieck nach Linde



Widerspruchsstufen und Lösungsstufen im Strategiemodell zur Bestimmung und Lösung von Entwicklungsaufgaben



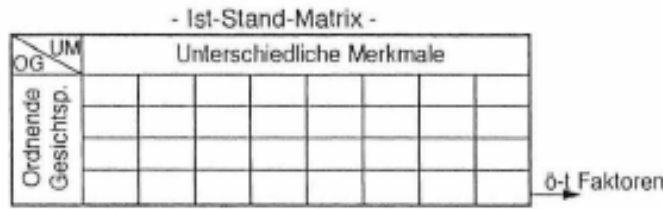
Arbeitsschritte	Methodische Handhabungsmodelle	Strategische Orientierungsmittel
0. Ausgangssituation	Fragliche, keine oder diffuse Aufgabenstellung	
1. Ableitung einer Aufgabenstellung aus dem wirtschaftlichen und technologischen Umfeld		<ul style="list-style-type: none"> - Betrachtung der Erzeugnisse - Nutzung der Erzeugnisse - Verfahren zur Herstellung - Gebilde zur Herstellung
1.1 Untersuchung der Markt- und Bedarfssituation Bestimmung des übergeordneten Betrachtungsbereichs- Oberzielbetrachtung		<ul style="list-style-type: none"> - W - Fragen - Berücksichtigung allgemeiner gesellschaftlich-sozialer Entwicklungstrends der <ul style="list-style-type: none"> • Bedürfnisse -> Katalog 1.1 • Normen -> Katalog 1.2 • Ressourcen -> Katalog 1.3 - Tendenzen, Signale, Rauschen
1.2 Untersuchung des speziellen Betrachtungsbereichs Bestimmung der Gesamtfunktion des angestrebten Systems		<ul style="list-style-type: none"> - W - Fragen - Berücksichtigung allgemeiner gesellschaftlich-technischer Entwicklungstrends der <ul style="list-style-type: none"> • Bedürfnisse -> Katalog 1.4 • Normen -> Katalog 1.5 • Ressourcen -> Katalog 1.6 - Trends in der Technikentwicklung, Tendenzen, Signale, Rauschen - Spezielle Entwicklungsziele
1.3 Durchführung einer strukturierten Systemanalyse Ermittlung der Teilfunktionen		<ul style="list-style-type: none"> - Strukturierte Funktionsanalyse <ul style="list-style-type: none"> • Nutzung der Erzeugnisse • Verfahren zur Herstellung der Erzeugnisse • Gebilde zur Herstellung der Erzeugnisse - Analyse der Bauteilstruktur (Obersystem/System/Untersystem) - Grundfunktionen -> Katalog 1.7 - Wertanalyse (Haupt-, Neben-, überflüssige Funktion)

[Linde 1993]

Arbeitsschritte	Methodische Handhabungsmodelle	Strategische Orientierungsmittel
-----------------	--------------------------------	----------------------------------

2. Ganzheitliche Analyse des Entwicklungsstandes

2.1 Erfassung des Standes der Technik



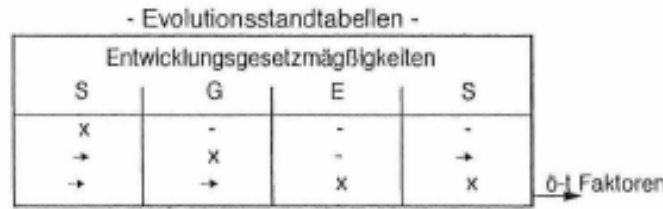
- Ermittlung bekannter Lösungsvarianten (Patentrecherchen, Literaturrecherchen, Firmenschriften, Konstruktionskatalogen, etc.)
- Allgemeine ordnende Gesichtspunkte (Stoff, Information, Zeit, Energie, Raum, Funktion)

2.2 Durchführung einer Generationsbetrachtung



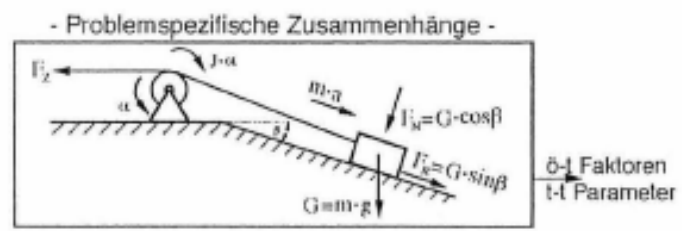
- Historische Entwicklung
 - gesellschaftlicher Bedürfnisse
 - technologischer Möglichkeiten
- Generationswidersprüche
- Entwicklungstrends technischer Systeme

2.3 Bestimmung des Evolutionsstandes



- Analyse der Merkmale des Evolutionsstandes
 1. Grundgesetze → Katalog 2.1
 2. Bedingungen → Katalog 2.2
 3. Faktoren → Katalog 2.3
 4. Strategien → Katalog 2.4
 5. Gesetze → Katalog 2.5
 6. Wege → Katalog 2.6
 7. Etappen → Katalog 2.7
 8. Schritte → Katalog 2.8

2.4 Ermittlung spezifischer Bedingungen



- Spez. Fachgebietenanforderungen, -bedingungen
- Einwände, -erwartungen
- Spezielle Entwicklungstendenzen im Fachgebiet
- Technologische Untersuchungen
- Theoretische / konstruktive Zusammenhänge
- Marktsituation - Trends
- Ökologische und soziologische Aspekte

[Linde 1993]

Arbeitsschritte	Methodische Handhabungsmodelle	Strategische Orientierungsmittel
-----------------	--------------------------------	----------------------------------

3. Bestimmung der Gesamtfunktion des angestrebten Systems

3.1 Bestimmung problemrelevanter Effektivitätsfaktoren

- Anforderungslisten -

X_i	Bezeichnung
$X_1 \uparrow$	=
·	=
·	=
$X_n \uparrow$	=

3.2 Formulierung der erforderlichen Effektivitätsfunktion

- Effektivitätsfunktionen -

$$E \uparrow = f(x_1 \uparrow; x_2 \uparrow; \dots; x_n \uparrow)$$

3.3 Aufstellung einer Anforderungsmatrix

- Anforderungsmatrizen -

	y_1	y_2	y_k
$X_1 \uparrow$	↓	↓				↓
$X_2 \uparrow$	↓	↑				↑
·	↓	↓				↓
·	↑	↓				↓
$X_n \uparrow$	↓	↓				↑

3.4 Auswahl effektivitätsbestimmender Entwicklungswidersprüche

- Auszug Anforderungsmatrix -

	y_1	y_2	y_3	y_4
$X_i \uparrow = f$	↓	↓	↑	↑
$X_{i+1} \uparrow = f$	↓	↑	↑	↓
$X_j \uparrow = f$	↓	↓	↓	↑

- Basis kann sein:
 - Ist-Stand
 - Welthöchstand
 - durch Mosaikbildung erhaltenes TS
- Systematische Feldforschung
- Allgemeine Anforderungstabellen --> Katalog 3.1
- Technische Formeln
- Unter Punkt 1+2 erarbeitete Effektivitätsfaktoren (ökonomisch - technologische Faktoren X_i)
- Ordnen von Faktoren und Parametern
 - Ordnen der ökonomisch-technologischen Faktoren X_i
 - Anordnen der X_i in der 1. Spalte
 - Ermittlung von die X_i beeinflussenden technologisch-technischen Parametern y_k --> Katalog 3.2
 - Anordnung der y_k in der 1. Zeile
 - Darstellen der Abhängigkeit der X_i von den y_k durch \uparrow bzw. \downarrow
- Auswahl der wesentlichen ökonomisch-technologischen Faktoren X_i und X_j
- Ermittlung des für die Konfliktzone problemrelevanten technologisch-technischen Parameters y_k als Führungsgröße, dessen Änderung widersprüchliche Wachstumsrichtungen der wesentlichen ökonomisch- technologischen Faktoren X_i und X_j bedingt.

[Linde 1993]

Modell der Effektivitätsfunktion

Effektivität E soll erhöht werden.

$$E = \frac{N}{A} = E \left(N_1 \cdots N_i; \frac{1}{A_1} \cdots \frac{1}{A_k} \right)$$

Effektivitätsfaktoren (Nutzenfaktoren N und Aufwandsfaktoren A):

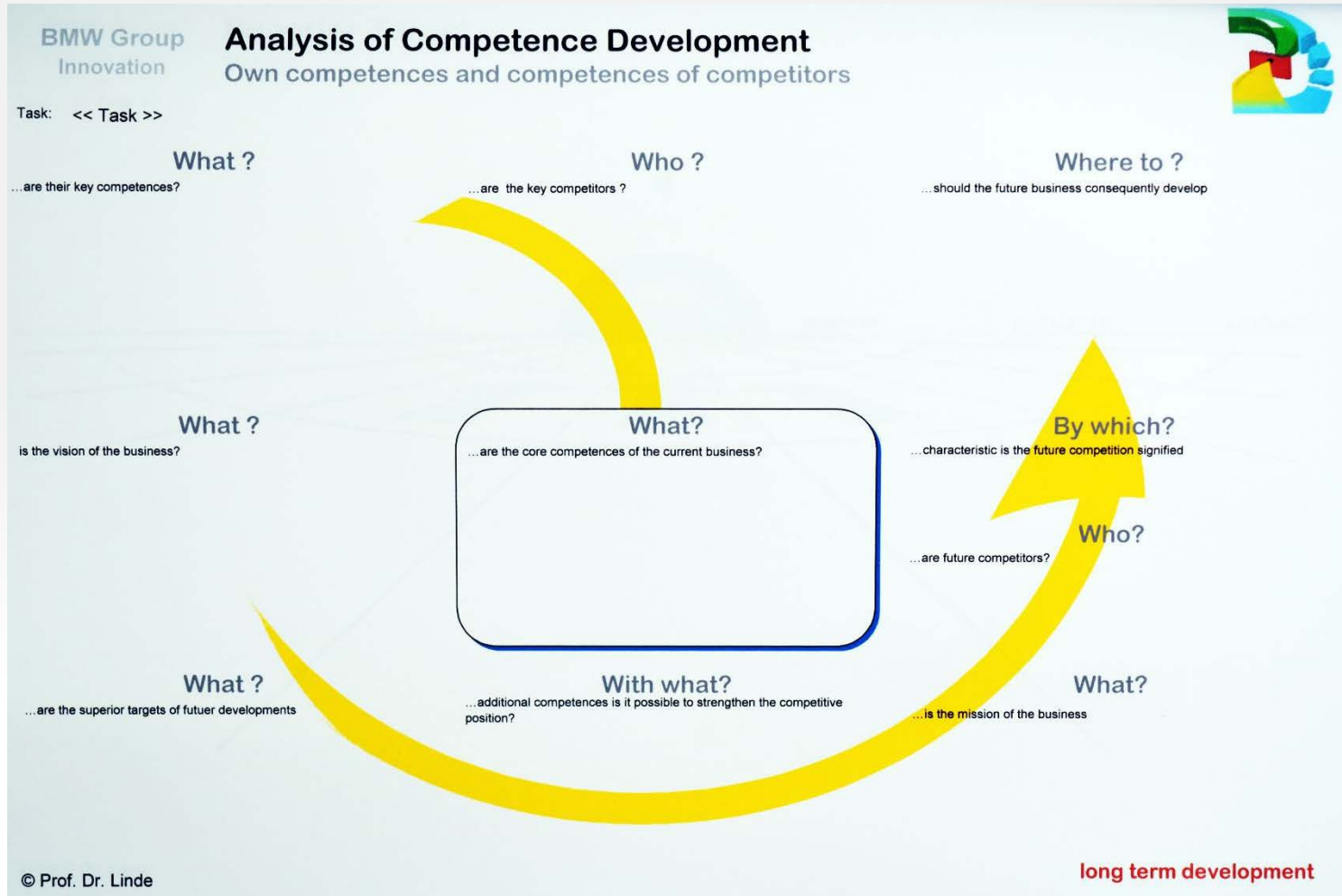
- Gebrauchswert (im Wesentlichen die Nützlichkeit);
- Betriebseigenschaften (Bedienbarkeit, Betreuungsaufwand, Zuverlässigkeit, Instandhaltungsfreundlichkeit, Energiebedarf, Raumbedarf
- usw.);
- Ökonomie der Herstellung (Arbeitskraft-, Energie-, Material-, Zulieferaufwand, Verfügbarkeit und Kosten von Grundmitteln, Entwicklungsaufwand usw.)
- Umweltbelastung bei Herstellung, Nutzung und Recycling [19]

[19] Rindfleisch, H.-J.; Thiel, R.: Beiträge zur Erhöhung des erfinderischen Schaffens - Schulungsmaterial-Programm zur Herausarbeitung von Erfindungsaufgaben, Bauakademie, Berlin, 1986

Problemstellung:		- Führungsgrößen - technologisch-technische, technisch-physikalische, technisch-geometrische Parameter (Entscheidungshilfe: Wenn X_i steigen soll, dann muß y_k steigen oder fallen!)											
- Zielgrößen - ökonomisch-technologische Effektivitätsfaktoren		$y_1=$	$y_2=$	$y_3=$	$y_4=$	$y_5=$	$y_6=$	$y_7=$	$y_8=$	$y_9=$	$y_{10}=$	$y_{11}=$	$y_{12}=$
$X_1 \uparrow$													
$X_2 \uparrow$													
$X_3 \uparrow$													
$X_4 \uparrow$													
$X_5 \uparrow$													
$X_6 \uparrow$													
$X_7 \uparrow$													
$X_8 \uparrow$													
$X_9 \uparrow$													
$X_{10} \uparrow$													
$X_{11} \uparrow$													
$X_{12} \uparrow$													
$X_{13} \uparrow$													
$X_{14} \uparrow$													
$X_{15} \uparrow$													
ökonomisch-technologische Widersprüche	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

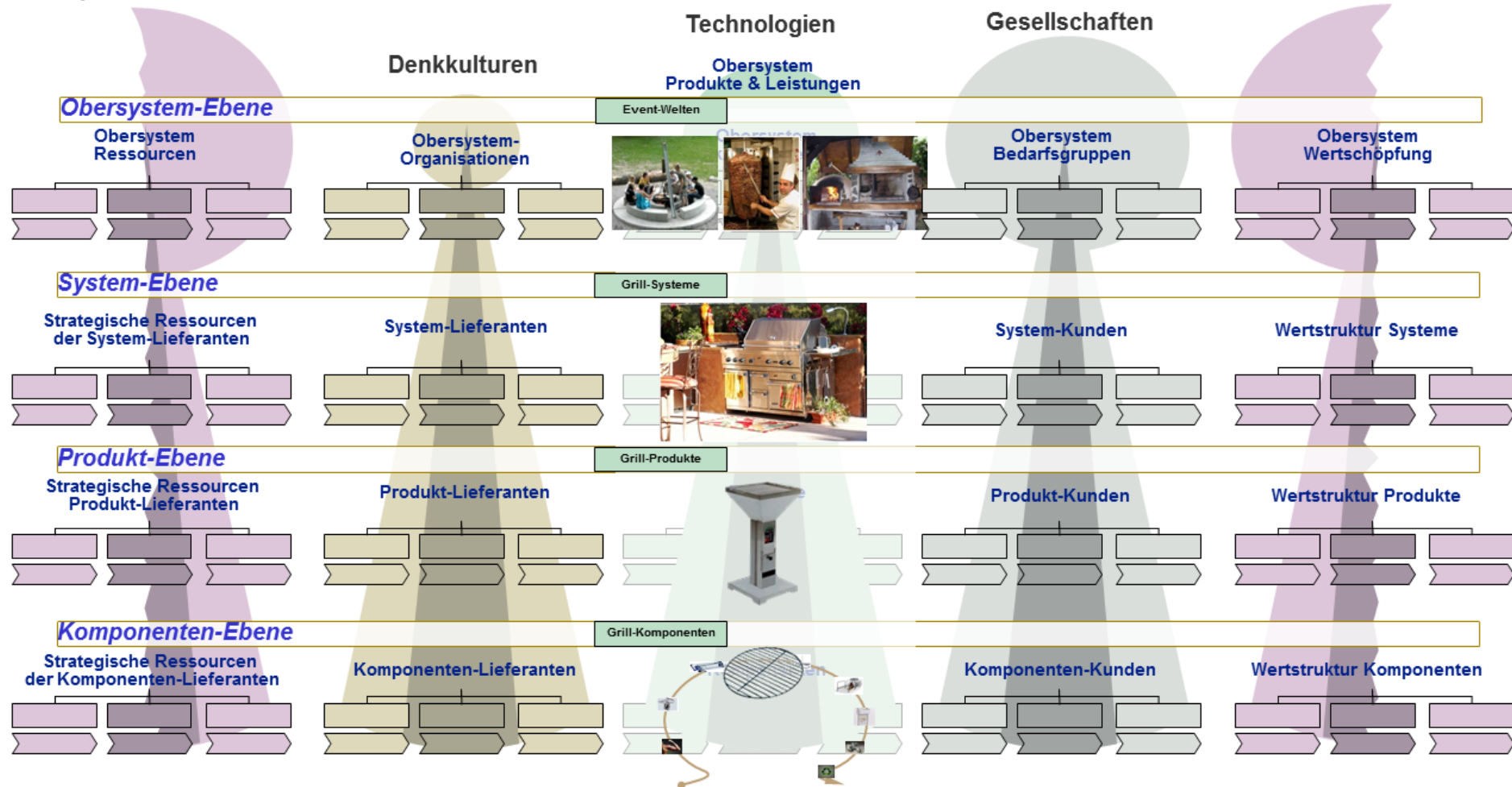
4 Analyse der Widersprüche, 5 Formulierung der Aufgabe

Arbeitsschritte	Methodische Handhabungsmodelle	Strategische Orientierungsmittel
4. Analyse der Entwicklungswidersprüche		
4.1 Bestimmung des ökonomisch-technologischen Widerspruches		
-Forderung -Realität -Ursachen -Formulierung des Ideals ITS 1	$E \uparrow = f(X_1 \uparrow; X_2 \uparrow)$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $E \uparrow = f_1(X_1 \uparrow \rightarrow \leftarrow X_2 \uparrow)$ </div> $U \leftarrow \begin{matrix} \text{technol.} \\ \nearrow \end{matrix} E \downarrow = f(X_2 \downarrow)$ $E_{ITS1} \uparrow = f(X_1 \uparrow; X_2 \uparrow)$	- Effektivitätsgleichungen - Bestehende ABER - Kataloge bekannter Widerspruchslösungen
4.2 Bestimmung der Teilfunktionsprinzipie (TFP)		
-Vorgabe der kritischen Teilfunktion des angestrebten Systems -Vorhandenes/erforderliches Gebilde-TFP -Vorhandenes/erforderliches Verfahren-TFP	- Schematische Darstellungen - - Lösungsmethoden - - Lösungsmethoden -	- Abstrahiertes Gebildeprinzip der kritischen Teilfunktion (Geometrischer Aufbau) - Abstrahiertes Verfahrensprinzip der kritischen Teilfunktion (Zeitlicher Ablauf) Naturbedingte Zusammenhänge zwischen phys. Größen - Kataloge bekannter Prinzipillösungen
4.3 Bestimmung des technologisch-technischen Widerspruches		
-Forderung -Realität -Ursachen -Formulierung des Ideals ITS2	$X_1 \uparrow, X_2 \uparrow = f(y_k \uparrow \downarrow)$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $E \uparrow = f_{12}(y_k \uparrow \rightarrow \leftarrow y_k \downarrow)$ </div> $U \leftarrow \begin{matrix} \text{technisch} \\ \nearrow \end{matrix} E \downarrow = f(y_k \downarrow)$ $E_{ITS2} \uparrow = f(y_k \uparrow)$	- Auswahl des fortschrittlichen Trends - Bestehende ABER - Kataloge bekannter Verfahrensprinzipie
4.4 Bestimmung der erforderlichen Grundfunktionen		
4.5 Bestimmung des technisch-naturbedingten Widerspruches		
-Forderung -Realität -Ursachen -Formulierung des Ideals ITS3	$z_x \uparrow = f(y_k \uparrow); z_x \downarrow = f(y_k \uparrow)$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $E \uparrow = f_{123}(z_x \uparrow \rightarrow \leftarrow z_x \downarrow)$ </div> $U \leftarrow \begin{matrix} \text{naturbed.} \\ \nearrow \end{matrix} E \downarrow = f(z_x \downarrow)$ $E_{ITS3} \uparrow = f(z_x \uparrow; z_x \downarrow)$	- Gewünschtes Verhalten der Konfliktzone - Spezielle naturbedingte ABER
5. Formulierung der Entwicklungsaufgabe mit erfinderischer Zielsetzung	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> Aufgabe mit paradoxer Forderung </div>	- Forderungen für $E \uparrow = f(X_1 \uparrow; X_2 \uparrow)$, "obwohl" Naturgesetze das bisher nicht zulassen - Kataloge bekannter Verwendungsregeln - Kataloge bekannter Lösungsstandards

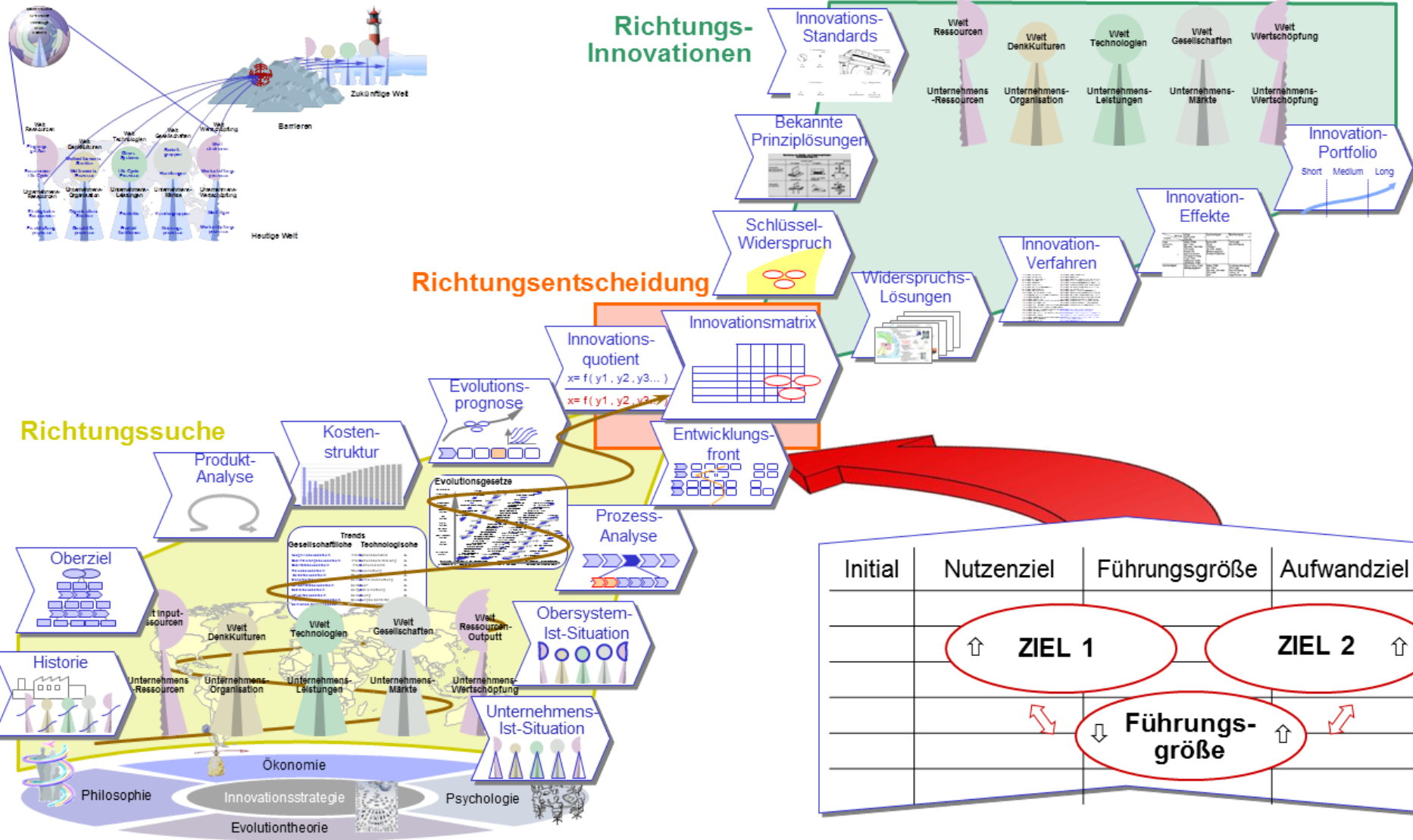


Input-Ressourcen

Ressourcen-Output



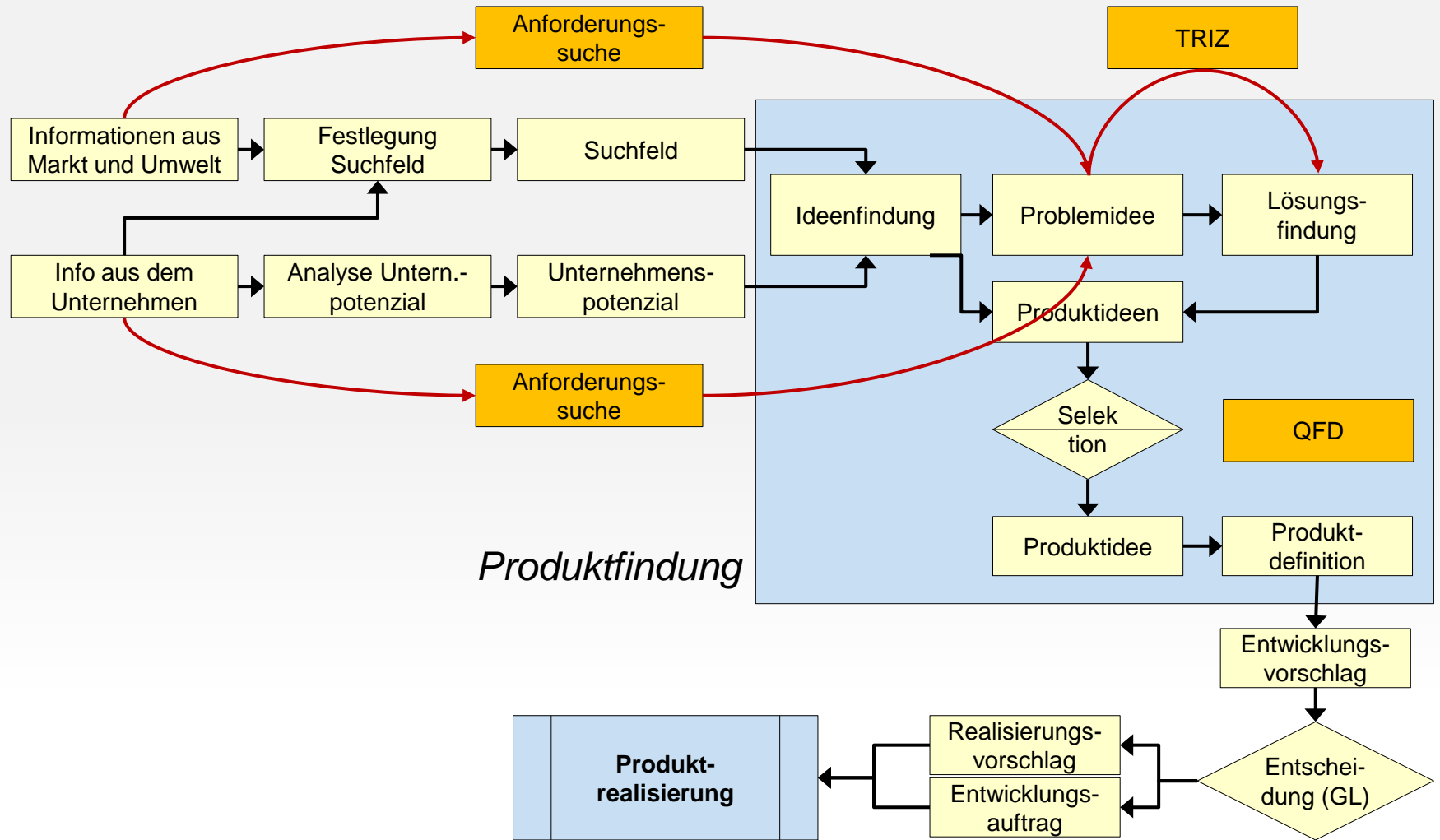
... analysieren das Chancenfeld hierarchisch strukturiert und umfassend!

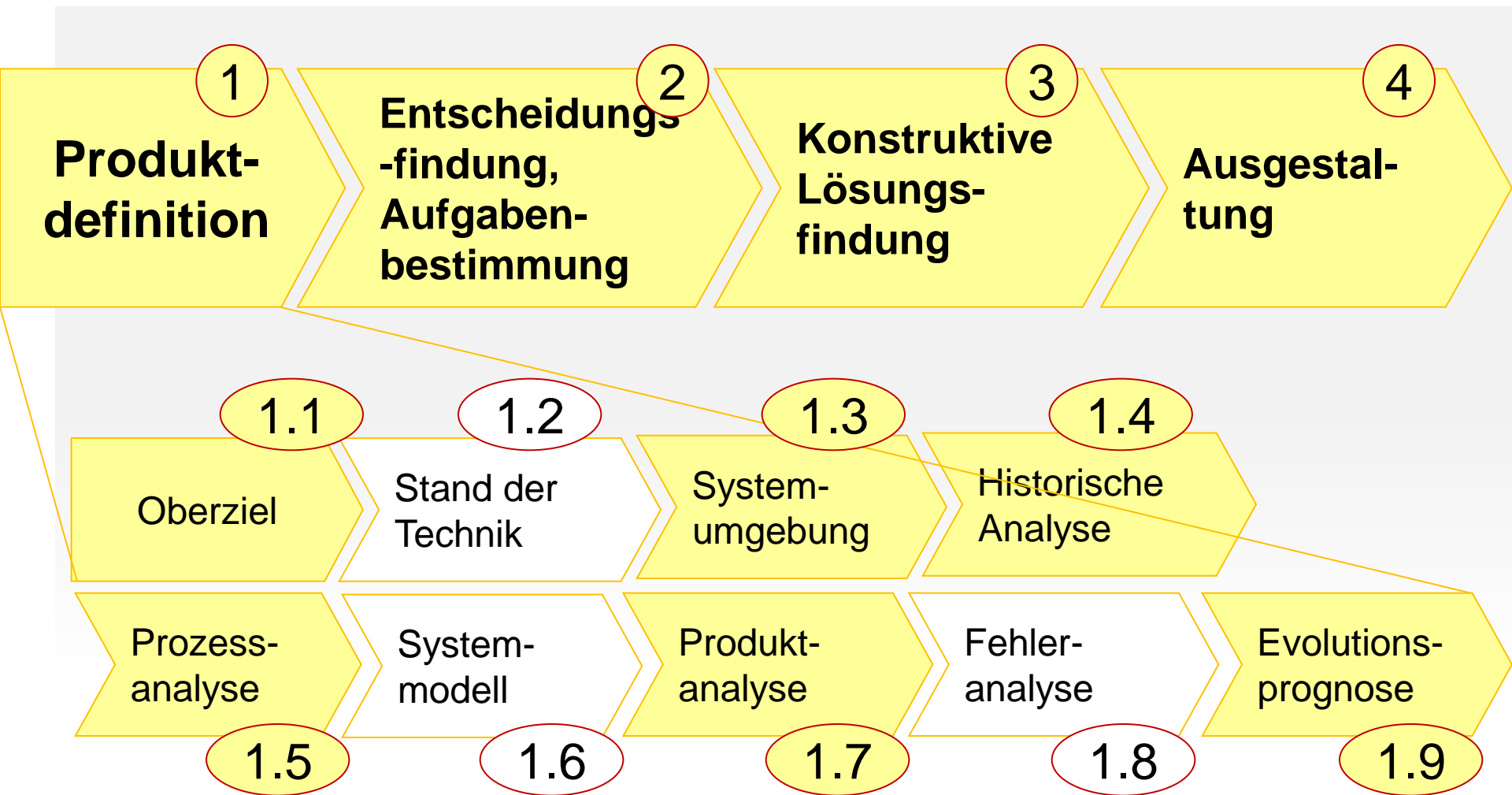


Initial	Nutzenziel	Führungsgröße	Aufwandziel
	↑ ZIEL 1		ZIEL 2 ↑
		↓ Führungsgröße	↑

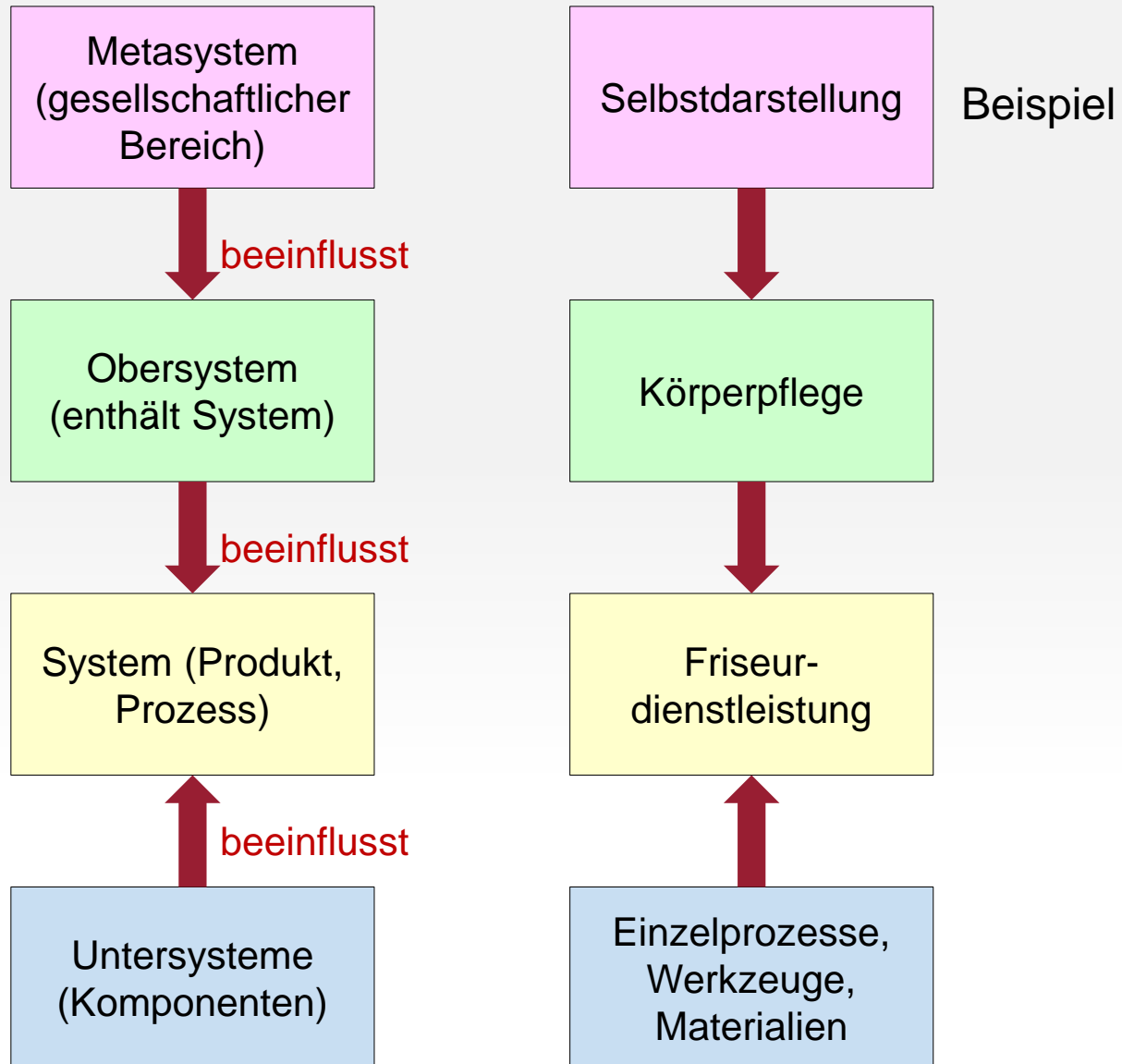
Aktueller Stand an der Hochschule Coburg

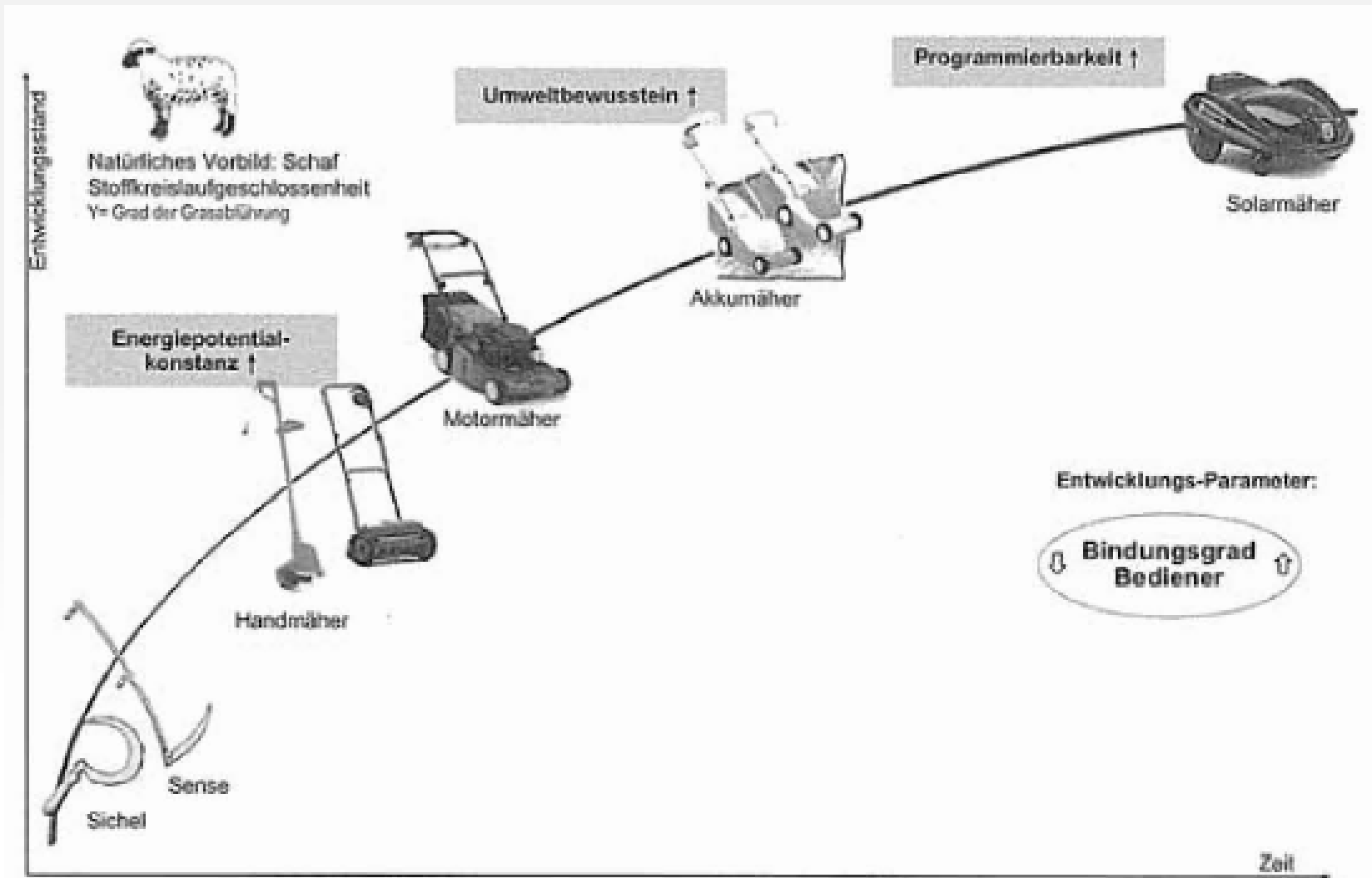
- Beratungsaktivitäten nicht höchste Priorität
- TRIZ ist in den Analysebereich vorgedrungen → Fokus auf TRIZ
- Forschung im Bereich der Aufgabenableitung und der Produktfindung





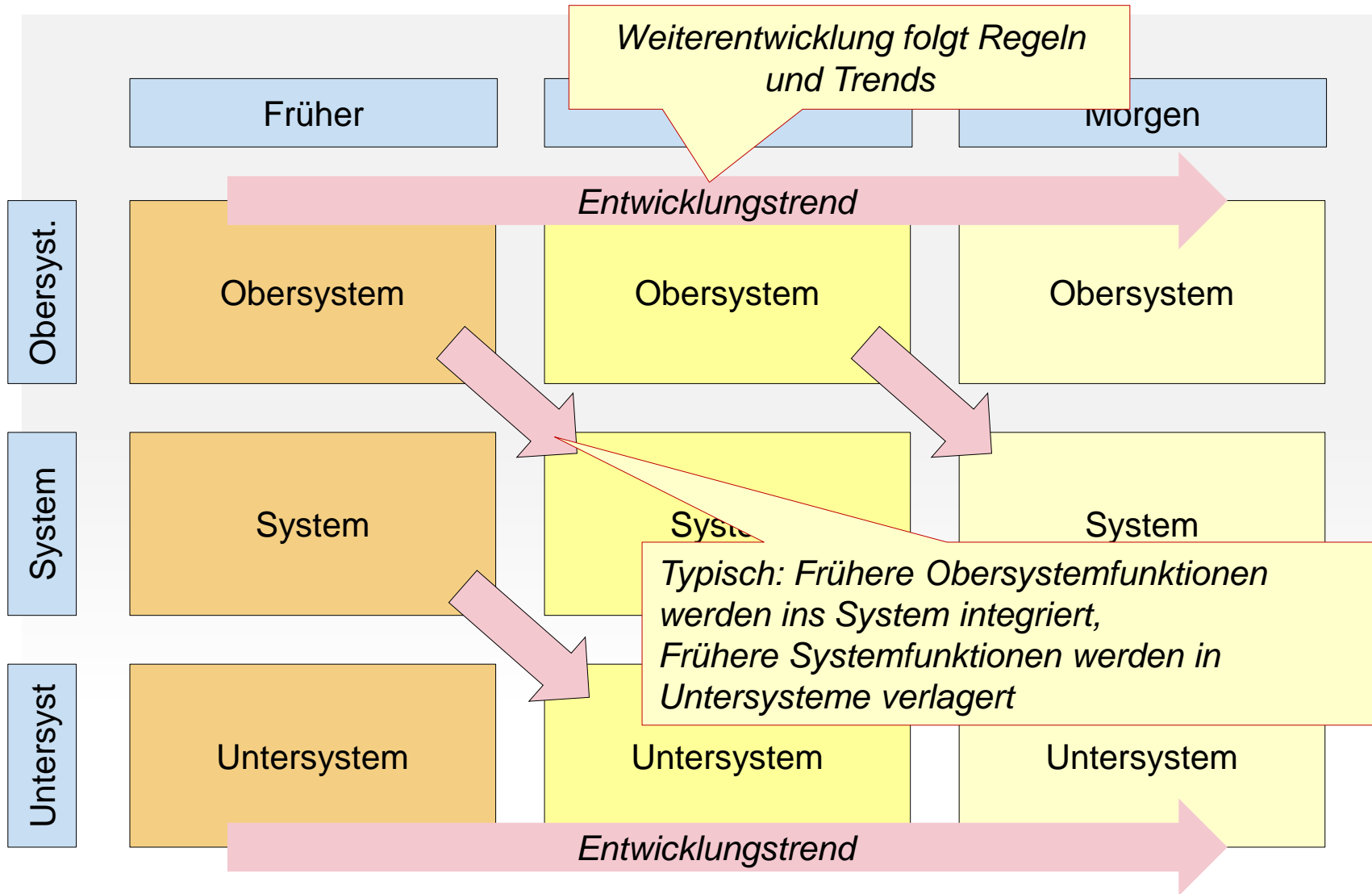
1.1 Systemebenen







9-Felder-Tabelle: Entwicklungstrends



1.3 Systemumgebung



<http://www.flickr.com/photos/uli46/3409702700/> -- mit freundlicher Genehmigung

- Modell:
 - Vereinfachte Darstellung eines Systems
- Ziel:
 - Systemaufbau, Funktionsweise, Verbesserungsmöglichkeiten erkennen
- Unterschiedliche Modelle üblich
 - Komponenten und Interaktionen (Funktionen)
 - Ursache-Wirkungs-Modelle
 - Funktionenmodell FAST
 - ...

- Oberziel**

- System und Umgebung**

- Generationsanalyse**

- Prozess-Analysen**

- Produkt-Analysen**

- Entwicklungsfrent**

- Innovationsquotient**
$$x = f(y_1, y_2, \dots)$$

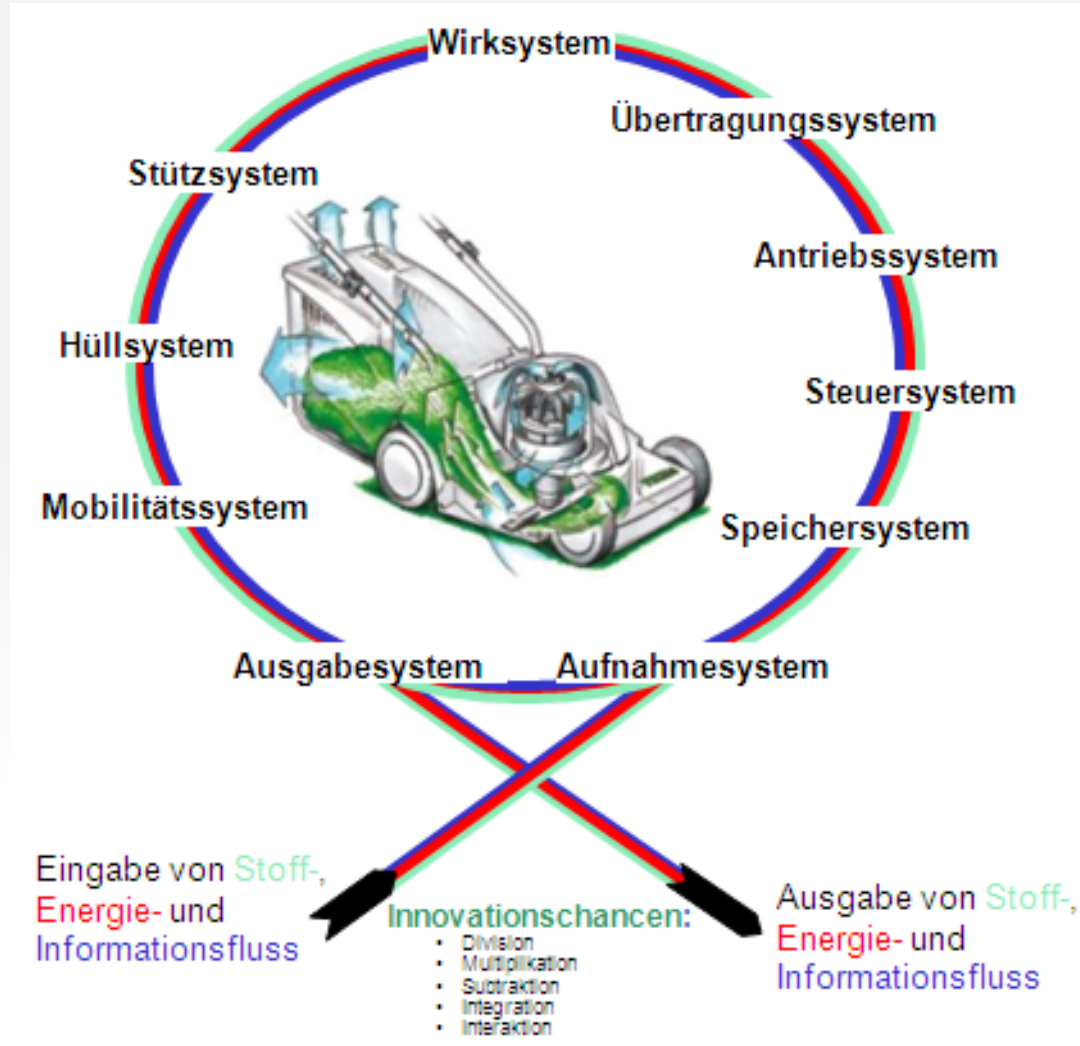
$$x^2 = f(y_1, y_2, y_3, \dots)$$
- Schlüsselwiderspruch**

- Prinziplösungen**

- Innovationsverfahren**

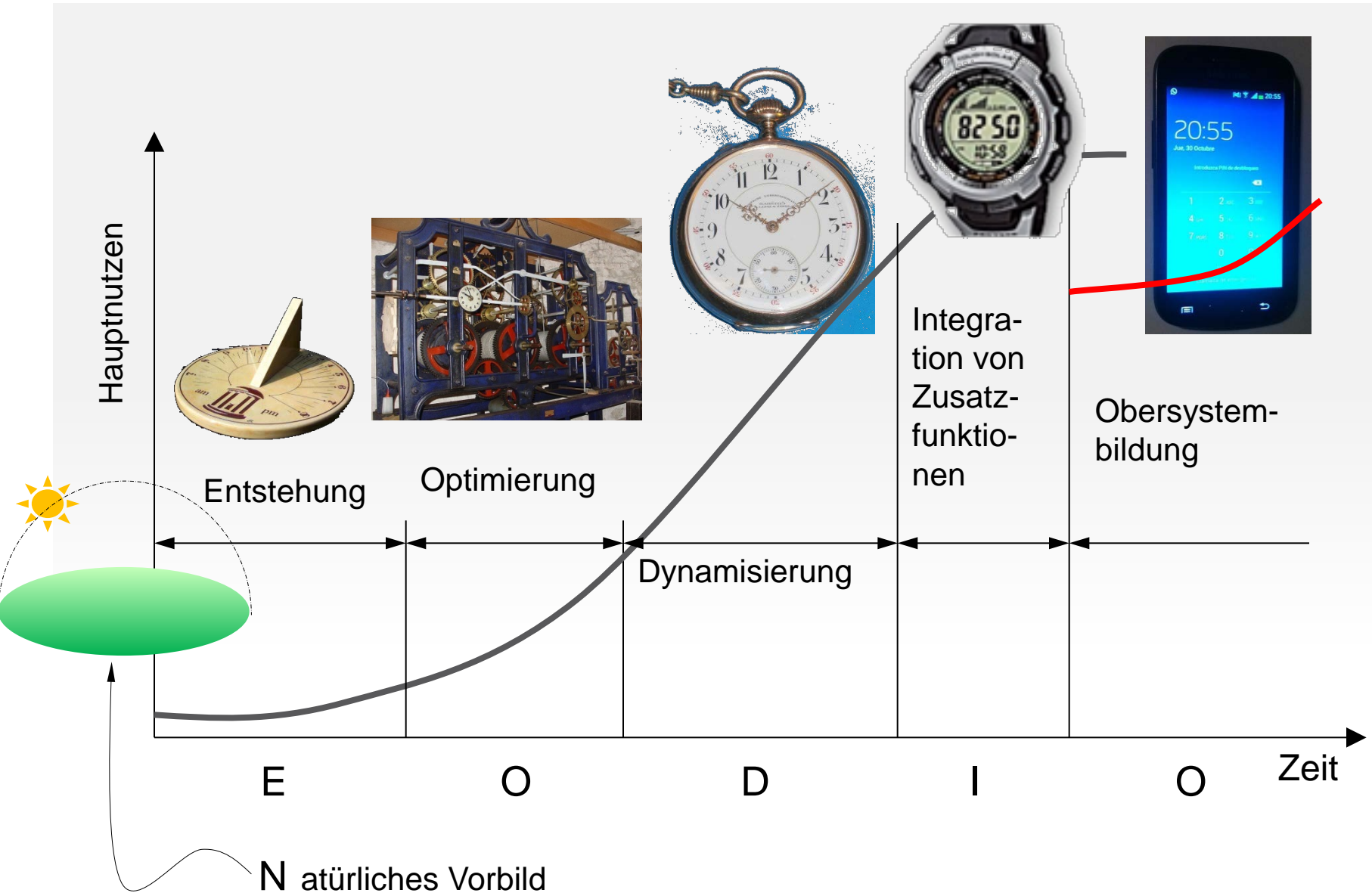
- Innovations-Ansatz**

- Effektivste Ausreizung**
Größe Oberfläche
Anzahl Richtung
Lage Bewegung
Form Umgebung
Material Schlussart
- Effiziente Ausgestaltung**
• Materialgerecht
• Fertigungsgerecht
• Montagegerecht
• Baukastengerecht
• ...
- Effizientes Konzept**

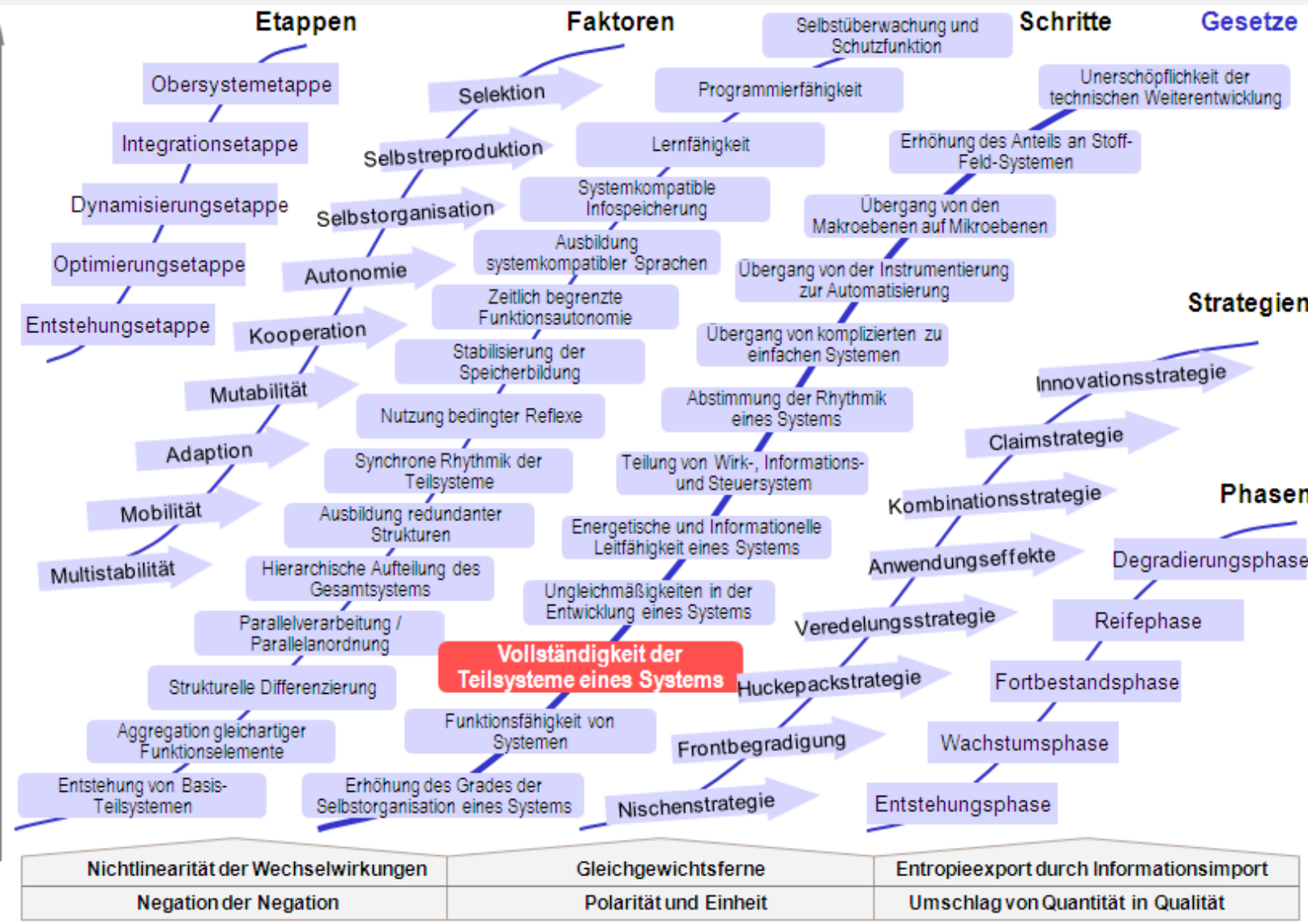



© Prof. Dr.-Ing. Linde, WOIS Innovation School

S-Kurve technischer Systeme



- Teilsysteme
- Entsorgungssystem
 - Hilfssystem
 - Steuerungssystem
 - Speichersystem
 - Hüllsystem
 - Stützsysteem
 - Antriebssystem
 - Übertragungssystem
 - Wirkssystem
 - Aufnahmesystem
- Bedingungen
Grundgesetze

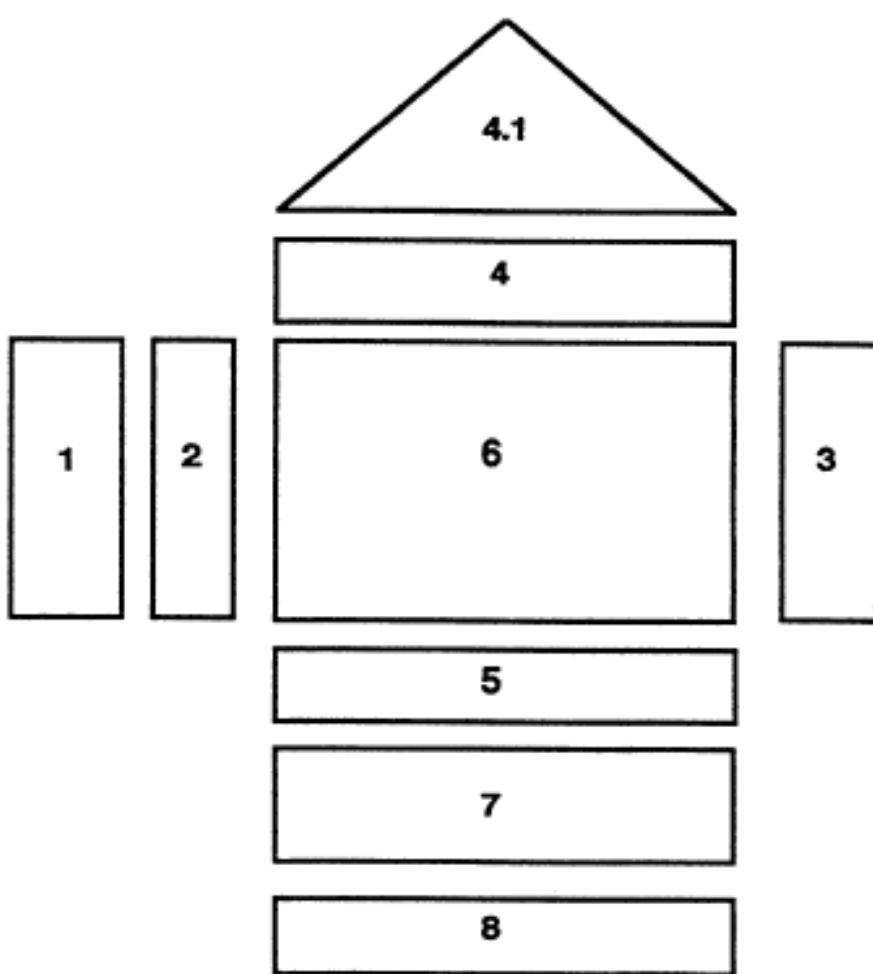


© Prof. Dr.-Ing. Linde, WOIS Innovation School

- 1966 entwickelt von Yoji Akao, Japan
- 1972 erstmals eingesetzt bei Mitsubishi Kobe Werft
- seit 1977 eingesetzt bei Toyota
- 1983 Vorstellung von QFD in den USA
- seit 1988 in Deutschland bekannt

Inhalt:

- was will der Kunde?
- was ist ihm am wichtigsten?
- wie stehen wir da im Verhältnis zur Konkurrenz?
- was bedeutet der Kundenwunsch technisch?
- was sollte technisch gemacht werden und was können wir machen?
→ Auswahl technischer Maßnahmen



Aufbau:

1. Kundenwünsche ...
2. ... mit Bewertung
3. Vergleich der KW-Erfüllung mit Konkurrenzprodukten
4. technische Parameter („Qualitätsmerkmale“, QM'e)
5. Zielwerte der QM'e
6. Zusammenhänge zw. QM'n und KW'n
7. QM'e des Wettbewerbs
8. Wichtigkeit der QM'e bewerten und Projekt festlegen

Qualitätstabelle (Tab. 6): Stimme des Kunden → Stimme des Ingenieurs

Kundenwünsche

hohe Bremswirkung
geräuschlos
kostengünstig
zuverlässig
wartungsarm
recyclebar
Design

gewichtete Bedeutung
gewichtete Bedeutung, %

Tabelle 1

Qualitätsmerkmale / technische Parameter	Kraftverstärkung	Material Belag	Rauheit Belag	Dicke Dämpferschicht	gleichmäßige Pressung	Rauheit der Backe	zus. Dämpfer vorhanden	anzahl Teile	ückstellkraft	erschleißausgleich
	Einheit	1	-	µm	mm	%	µm	ja	-	-

9	9	1	0	3	0	1	2	3	0
3	9	9	9	3	3	9	1	0	0
0	3	0	3	0	0	3	9	0	9
0	0	0	0	0	0	0	9	3	9
0	9	0	0	9	0	0	3	3	3
0	9	0	3	0	0	3	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

271,7	486,2	160,9	191,2	169,4	45,2	216,4	504,8	187,2	439,4
10,2	18,2	6,0	7,2	6,3	1,7	8,1	18,9	7,0	16,4

Tabelle 6

Tabelle 4

- ↑ möglichst groß
- ↓ möglichst klein
- genau

Symbole:

- Starke Korrelation (9)
- ◐ mittlere Korrelation (3)
- schwache Korrelation (1)
- keine Korrelation (0)

relative
Gewichtung, %

25,16
15,08
15,20
31,82
5,40
3,31
4,02

aus
Tabelle 3

Auch schlecht: Nicht beeinflussbar?



Projekte auswählen

Kundenwünsche

hohe Bremswirkung
geräuschlos
kostengünstig
zuverlässig
wartungsarm
recyclebar
Design

Qualitätsmerkmale /
technische Parameter
in Einheit

	Kraftverstärkung	Material Belag	Rauheit Belag	Dicke Dämpfungsschicht	gleichmäßige Pressung	Rauheit der Backe	z.us. Dämpfer vorhanden	Anzahl Teile	Rückstellkraft	Verschleißausgleich
Einheit	1	-	µm	mm	%	µm	j/n	1	N	j/n
hohe Bremswirkung	9	9	1	0	3	0	1	2	3	0
geräuschlos	3	9	9	9	3	3	9	1	0	0
kostengünstig	0	3	0	3	0	0	3	9	0	9
zuverlässig	0	0	0	0	0	0	0	9	3	9
wartungsarm	0	9	0	0	9	0	0	3	3	3
recyclebar	0	9	0	3	0	0	3	0	0	0
Design	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gewichtete Bedeutung	271,7	459,2	150,9	101,2	109,4	45,2	216,4	604,0	107,2	439,4
gewichtete Bedeutung, %	10,2	15,2	5,0	7,2	5,3	1,7	5,1	18,9	7,0	15,4

Bewertung durch Kunden

Unser Produkt	Wettbewerber 1	Wettbewerber 2	Wettbewerber 3
---------------	----------------	----------------	----------------

relative Gewichtung, %

4	4	4	3	hieran wollen wir arbeiten	25,16
2	3	3	3		15,08
2	3	3	2		15,20
3	4	3	3		31,82
3	4	4	2		5,40
2	2	3	2		3,31
1	1	2	1		4,02

aus Tabelle 3

Gemessene Daten

Unser Prod.	Wettbew. 1	Wettbew. 2	Wettbew. 3
3 M1 50 0 60 25 n 15 25 j	3,5 M2 30 0,2 70 25 j 12 15 j	3 M3 35 0,2 70 25 j 12 27 j	2,5 M4 35 0,3 40 25 j 15 19 j

Zielwerte

3	M2	50	0,2	60	25	j	12	25	j	
Einheit	1	-	µm	mm	%	µm	j/n	1	N	j/n

Rang

Umsetzbarkeit	3	5	2	2	2	1	2	5	2	4
unsere Maschinen geeignet	2	5	2	3	1	3	4	1	3	2
Summe	2	1,5	1,5	2	2	1,5	1,8	1,8	2	2
Auswahl	7	11,5	5,5	7	5	5,5	7,8	7,8	7	8
	ja		ja			ja	ja			

5: höchster Rang
5: leicht umsetzbar
2: Maschinen sehr geeignet

- LINDE, H.-J. und HILL, B. *Erfolgreich erfinden: Widerspruchsorientierte Innovationsstrategie für Entwickler und Konstrukteure*. Darmstadt: Hoppenstedt (1993).
- HERR, Gunther: *Improved Effectiveness, Efficiency and Manageability of the Structured Innovation Strategy WOIS in Large Scale Industry Environment*. Huddersfield (GB), University, School of Engineering: Dissertation Thesis, 2001 [classified].
- LINDE, H.-J.; HERR, G.A. und REHKLAU, A. Professional Strategic Innovation: WOIS - Widerspruchsorientierte Innovationsstrategie. In: Linde, H.-J. (Hrsg.): *6. WOIS Innovations-Symposium „Professional Strategic Innovation“*. Coburg, WOIS-Institut (2003). S. 17 – 54.
- LINDE, H.-J. Einführung. In: *7. WOIS- Innovations-Symposium*. 18./19.10.2005. Coburg: WOIS-Institut (2005).
- LINDE, H.-J.: *Konstruktives Gestalten*. Vorlesungsskript M4, Sommersemester 2009. Coburg: Hochschule, Fak. Maschinenbau (2009).