

- Nenne die Paare von technisch-ökonomischen Parametern, deren Entwicklung derart voneinander abhängig ist, daß Verbesserung der Werte des einen Parameters zwangsläufig zur Verschlechterung der Werte des anderen führt (äußere Widersprüche zwischen technisch-ökonomischen Parametern).

c) Untersuche, ob sich die widersprüchliche Entwicklung eines Parameters oder Parameterpaares besonders ungünstig auf die auftragegemäße Effektivitätsentwicklung auswirkt.

4.3. Warum ist das technisch-ökonomische Problem besonders jetzt aktuell?

a) Versuche, Dir einen Überblick über die zurückliegende technisch-ökonomische Entwicklung und ihre Ursachen zu verschaffen, soweit sie das zu betrachtende technische System betrifft.

b) Versuche, von dorthin die Notwendigkeit der technisch-ökonomischen Zielstellung (die objektive technisch-ökonomische Problemlage) als Resultat einer Zuspitzung zu verdeutlichen.

- Zeige, daß eine Abflachung der Entwicklungskurve der technisch-ökonomischen Effektivität des betrachteten technischen Systems vorliegt oder zu erwarten ist.

- Zeige, daß diese Abflachung auf die Wirkung eines maßgebend hervortretenden technisch-ökonomischen Widerspruchs und auf Abnahme der Möglichkeiten zu seiner Abschwächung durch kompromißbildende, optimierende Maßnahmen (Auslegungen, Dimensionierungen) zurückzuführen ist.

c) Prüfe, welche ABER in Zukunft noch an Gewicht gewinnen. Prüfe, ob auf Grund des wissenschaftlich-technischen Fortschritts im technisch-technologischen Umfeld hinsichtlich einiger Widersprüche in Kürze mit Entspannung statt Zuspitzung zu rechnen ist.

4.4. Welcher der ermittelten Widersprüche hat eine Schlüsselerstellung für die Lösung bzw. Abschwächung aller anderen Widersprüche? Formuliere den technisch-ökonomischen Hauptwiderspruch.

### 5. Der schädliche technische Effekt (stE)

5.1. Welche der Beziehungen zwischen Führungsgröße und dem System der technisch-ökonomischen Parameter ist für die Entstehung des technisch-ökonomischen Hauptwiderspruchs die entscheidende?



- a) Welcher technisch-ökonomische Parameter würde sich bei zielgemäßer Variation der gewählten Führungsgröße rückläufig verhalten? Gibt es mehrere solcher Parameter?  
Beschreibe diesen unerwünschten technisch-ökonomischen Effekt einerseits nach der Art des rückläufigen technisch-ökonomischen Parameters. Beschreibe ihn andererseits nach den kausalen technischen Zusammenhängen, die zwischen dem Verhalten des rückläufigen technisch-ökonomischen Parameters und der Führungsgröße bestehen.
- b) Schließe hieraus auf den kritischen Bereich der Entwicklung des technischen Systems ("Entwicklungsschwachstelle", kritischer Funktionsbereich), in dem derjenige schädliche technische Effekt (stE) erzeugt wird, in dessen Folge der unerwünschte technisch-ökonomische Effekt in Erscheinung tritt.
- c) Wie würden sich die Verhältnisse bei Wahl einer anderen Führungsgröße ändern?

5.2. Ist es im wesentlichen ein Teilsystem, das die "Entwicklungsschwachstelle" enthält?

Beschreibe die Kette derjenigen Wirkungen, die von strukturellen und/oder funktionellen Eigenschaften dieses Teilsystems ausgehend den unerwünschten technisch-ökonomischen Effekt hervorrufen. Gehe aus von den durchgeführten Systemanalysen (besonders Abschnitt 2.8., bezogen auf den kritischen Funktionsbereich).

5.3. Sind es zwei oder mehr Teilsysteme, auf deren Zusammenwirken der technisch-ökonomische Widerspruch zurückgeführt werden kann? Beschreibe die Kette derjenigen Wirkungen, die von Eigenschaften dieser Teilsysteme und deren Kopplung ausgehen und einen unerwünschten technisch-ökonomischen Effekt entstehen lassen. Gehe aus von den durchgeführten Systemanalysen (besonders Abschnitt 2.8., bezogen auf den kritischen Funktionsbereich).

5.4. Ist der schädliche technische Effekt (stE) mit vorhandenen Mitteln beherrschbar? Prüfe, ob er vielleicht durch Betriebsblindheit entstanden war. Garantiere, daß die etwaige Inanspruchnahme von Mitteln zur Behebung der Entwicklungsschwachstelle und damit des schädlichen technischen Effekts (stE) nicht dazu führt, daß ein anderer ins Gewicht fallender Effekt entsteht, der den ABER gemäß unzulässig ist. Setze dann oder im Zweifelsfall die Analyse gemäß Abschnitt 6 fort.

→ Ende Blatt



## 6. Das IDEAL. Anstoß und Orientierung zu vertiefter Systemanalyse

6.1. Welches Verhalten oder welche Eigenschaften müßte das Teilsystem oder müßten die Teilsysteme aufweisen, damit ein schädlicher technischer Effekt im technischen System nicht auftritt?

- 15
- a) Stelle Dir das Teilsystem oder die Teilsysteme, von denen der ste ausgeht, in ihrem Verhalten und/oder in ihrem Zusammenwirken so vor, daß seine (ihre) schädlichen Auswirkungen auf technisch-ökonomische Parameter des Systems nicht mehr auftreten. Laß dabei Strukturen und Wirkprinzipien zunächst unverändert.
- b) Nenne die Voraussetzungen, die bestehen müßten, damit das ideale Teilsystem oder das ideale Zusammenwirken zustande kommen kann.

Diese vorgestellten Voraussetzungen können technischer, technologischer oder naturgesetzlicher Art sein.

Beachte, daß jenes ideale Teilsystem oder ideale Zusammenwirken vorerst nur als fiktive Anordnung zur Verhinderung des ste gedacht ist.

Nimm im Augenblick keinen Anstoß daran, daß unter den Idealvorstellungen die Hauptfunktion und/oder die Herstellung des technischen Systems aus technisch-naturwissenschaftlicher Sicht vorerst in Frage gestellt sein wird.

29.7

6.2. Welche >aber< stehen den Idealvorstellungen im Wege? Sind sie im Hinblick auf die Hauptfunktion und/oder die Herstellung des technischen Systems (Basisvariante) irreal? Warum?

- a) Nenne die für das Funktionieren oder das Herstellen des technischen Systems notwendigen technischen Anforderungen und Bedingungen sowie naturgesetzlichen Einflüsse und Restriktionen (>aber<), die sich im Widerspruch zu den Idealvorstellungen befinden.
- b) Versuche jetzt, die gemäß 6.1.b) vorgestellten Voraussetzungen so zu denken, als wären sie real, wiederum ohne dabei auch nur in Gedanken an den Wirkprinzipien oder Strukturen des technischen Systems etwas zu ändern. Schwäche nun in Gedanken die Idealvorstellungen schrittweise soweit ab, daß der schädliche technische Effekt gerade noch nicht wieder in Erscheinung tritt.

- c) Stelle fest, ob und wieso auch die auf diese Weise modifizierten Idealvorstellungen immer noch mit der Funktion und/oder Herstellung des realen technischen Systems (der Basisvariante) unvereinbar sind.
- d) Kennzeichne diese systemspezifische Unvereinbarkeit unter Hinweis auf Zusammensetzung, Struktur und/oder systemspezifischen Zustand von Stoff, Energie und/oder Information sowie unter Hinweis auf Naturgesetze, die für die Wirkung der systemspezifischen Stoffeigenschaften und/oder Wirkprinzipie relevant sind.

6.3. Welche Eigenschaften des technischen Systems treten in erster Linie als eine Störung des Ideals in Erscheinung?

- a) Benenne die störenden Merkmale der Entwicklungsschwachstelle, die dem Ideal des Systems entgegenstehen, oder zwei sich gegenseitig ausschließende ideale Eigenschaften.
- b) Bilde in sich widersprüchliche, paradoxe Begriffe, die die störende reale Eigenschaft und die erstrebte ideale Eigenschaft oder die sich gegenseitig ausschließenden idealen Eigenschaften des technischen Systems in einer semantischen Einheit zum Ausdruck bringen.  
(Z. B. schwingende Ruhe, schreiende Stille, sprunghafte Beharrlichkeit, rasendes Rendezvous). Versuche hierzu, das technische System in seinen phänomenologischen Eigenschaften zu personifizieren, ihm einen "Willen" oder eine "Absicht" zu unterstellen, als ob es dem Idealzustand trotz seiner Unzulänglichkeit zustrebe.

6.4. Läßt sich das technische System so denken, daß es im idealen Endresultat den schädlichen technischen Effekt in der "Entwicklungsschwachstelle" von selbst, ohne Aufwand, beseitigt bzw. das Ideal von selbst, ohne Aufwand, erreicht? 9.3 A  
2.14, 2.15 c

- a) Formuliere das ideale Endresultat.
- b) Versuche zu erreichen, daß die Formulierung des idealen Endresultats die Wörter "von selbst" enthält. Versuche, hierzu verfügbare Nebenfunktionen auszunutzen.

6.5. Entspricht die Formulierung des idealen Endresultats den zuvor herausgearbeiteten >aber< gemäß 6.2.b)?



Gewährleiste, daß die Vorstellung des idealen Endresultats die (vorgestellte) Lösung des technisch-ökonomischen Widerspruchs ergibt.

## 7. Der technisch-technologische Widerspruch (ttW)

7.1. Welche Struktureigenschaften und/oder Wirkprinzipie des technischen Systems sind im Verlaufe seiner historischen Entwicklung zunehmend zur Grundlage des Widerspruchs zwischen dem Ideal und den ihm entgegenstehenden Systemmerkmalen (vgl. 6.3.) geworden?

- a) Gehe aus von den gemäß Abschnitten 2. - 6. festgestellten strukturellen, funktionellen und phänomenologischen Eigenschaften des technischen Systems, die im Hinblick auf die technisch-ökonomische Zielstellung schädlich sind.

Suche sie zu verstehen als Ergebnis eines historischen Prozesses, der durch die Grundstruktur und das funktionstragende Wirkprinzip des technischen Systems einerseits und die langzeitige Effektivitätsentwicklung andererseits bestimmt war.

- b) Unterscheide dabei Phasen der nur dimensionierenden Ausreifung und des Eintretens in qualitativ neue Entwicklungsphasen.
- c) Untersuche, in welchem Maße bzw. auf welche Weise die einzelnen Teilsysteme an dieser Entwicklung beteiligt waren.
- d) Stelle fest, ob hierbei
- Disproportionen im Zusammenwirken von Teilfunktionen oder im Verhältnis von Haupt- und Nebenwirkungen bzw. Haupt- und Nebenfunktionen hervorgerufen
  - und natürliche Grenzen des Wirkprinzips einer oder mehrerer der bereits als kritisch erkannten Teilfunktionen (Teilsysteme) erreicht worden sind.
- e) Formuliere das technisch-wissenschaftliche Problem, das dem Auftrag zugrunde liegt. Beantworte, warum es erst jetzt aktuell geworden ist und früher nicht in Erscheinung trat.

7.2. Auf welchem technisch-technologischen Widerspruch beruht das technische Problem?

- a) Interpretierte den schädlichen technischen Effekt (stE) als die technische Folge derjenigen technisch-naturgegebenen Anforderungen, Bedingungen, Einflüsse und Restriktionen (>aber<) im entwicklungsbedingt kritischen Funktionsbereich (in der "Entwicklungsschwachstelle") des technischen Systems, die eine Realisierung des Ideals objektiv ausschließen. Berücksichtige dabei 6.3.
- b) Entwickle eine technisch-naturwissenschaftliche Modellvorstellung oder Arbeitshypothese zur Erklärung derjenigen >aber<, die dem Ideal entgegenstehen.

Oberprüfe zunächst im Gedankenexperiment Deine Vorstellung über die kausalen Zusammenhänge, die dem schädlichen technischen Effekt zugrunde liegen. Bestimme die Prämissen und Ungewissheiten Deiner Modellvorstellung und leite daraus ein Versuchsprogramm zu ihrer experimentellen und/oder theoretischen Prüfung ab. Achte vor allem auf Ergebnisse, die Deinen bisherigen Vorstellungen oder der fachgemäßen Erwartung widersprechen. Füge sie logisch widerspruchsfrei in Deine Modellvorstellung ein. Oberprüfe zuvor, daß sie nicht auf einem experimentellen oder mathematischen Irrtum beruhen.

Suche zu erkennen, ob ein technisch-technologischer Widerspruch objektiv vorhanden ist. Entsteht bei dem Versuch, einen schädlichen technischen Effekt zu beheben, auf Grund der >aber< ein anderer?

2,14  
7.3. Welche einander ausschließenden, aber notwendigen Forderungen bilden den technisch-technologischen Widerspruch? Formuliere den technisch-technologischen Widerspruch (den Kern des technischen Problems) als Verhältnis der beim Verfolgen des idealen Endresultats sich einander erfordernden und sich gleichzeitig einander ausschließenden Komponenten des technischen Systems.

Diese im Verhältnis des dialektischen Widerspruchs stehenden Komponenten können sein:

- zwei technisch-technologische oder konstruktive (geometrische) Eigenschaften eines Bauelementes, das in zwei unterschiedliche Teilfunktionen eingebunden ist;
- je eine technisch-technologische und/oder konstruktive Eigenschaft von zwei unterschiedlichen Bauelementen eines Teilsystems;



- je eine funktionelle und/oder strukturelle Eigenschaft zweier miteinander unmittelbar verketteter Teilsysteme;
- Hauptwirkung und Nebenwirkung eines Teilsystems;
- Hauptwirkung und Nebenwirkung verschiedener Teilsysteme;
- Hauptfunktionen zweier Teilsysteme;
- eine Nebenfunktion und die Hauptfunktion des Systems.

Stelle den strukturellen und/oder funktionellen Erfordernissen der einen Komponente die entsprechenden Erfordernisse der anderen Komponente gegenüber. Nimm diese in die Formulierung des technischen Widerspruchs auf.

7.4. Stehen die Mittel zur Aufhebung des technischen Widerspruchs problemlos zur Verfügung?

Prüfe, ob das Bestehen des technisch-technologischen Widerspruchs auf ein Vorurteil der Fachwelt in bezug auf die Notwendigkeit bestimmter > aber< des technischen Systems zurückführbar ist.

### 8. Der technisch-naturgesetzmäßige Widerspruch (tnW)

8.1. Welche naturgesetzlichen Unvereinbarkeiten werden sichtbar, wenn versucht wird, den technisch-technologischen Widerspruch verschwinden zu lassen?

- a) Formuliere das naturgemäße (physikalische, chemische, biologische) Verhalten oder die naturgemäßen stofflichen Eigenschaften oder die geometrische Struktur jeder der beiden Komponenten des technisch-technologischen Widerspruchs fiktiv so,
  - daß ihre naturgesetzliche Unvereinbarkeit mit der jeweils anderen Komponente prägnant hervortritt
  - und zugleich so, daß die sowohl-als-auch-Realisierung beider Komponenten das ideale Endresultat - zunächst fiktiv - bedeuten würde.
- b) Beschreibe den technisch-naturgesetzmäßigen Widerspruch als ein Paar sich ausschließender Forderungen an
  - naturgemäße Eigenschaften eines Stoffes,
  - Naturvorgänge und/oder -zustände,
  - geometrische Strukturen.

8.2. Welche naturwissenschaftlich beschreibbare Paarung einander entgegengesetzter Wirkungen wurde bisher ignoriert, die den technisch-technologischen Widerspruch gesetzmäßig hervorruft und im jetzt erreichten Entwicklungsstadium maßgebend in Erscheinung treten läßt?

Versuche, Dir retrospektiv die technische Problemsituation und die technischen Möglichkeiten und Erkenntnisse zu ihrer Bewältigung, aber auch mögliche Vorurteile der Fachwelt zum Zeitpunkt der Entstehung des Widerspruchs vorzustellen und die allmähliche Zunahme seiner Wirkung bis zur jetzt erreichten Grenze der Kompromißmöglichkeiten zu verfolgen.

Mache Dir klar,

- daß dieser Widerspruch historisch bedingt, d. h. auf dem jeweils erreichten Stand der Technik in das technische System "implantiert" worden ist, ohne daß dadurch die zu jenem Zeitpunkt geforderte Effektivität nachteilig beeinflusst wurde;
- daß erst im jetzt erreichten Entwicklungsstadium die Überwindung dieses Widerspruchs zwingend erforderlich ist, um die weitere Effektivitätsentwicklung zu ermöglichen.

8.3. Sind während der letzten Jahre naturgesetzmäßige Effekte bekannt geworden, die einzeln oder in Verkettung eine direkte Realisierung des idealen Endresultats ermöglichen?

- a) Suche solche Effekte, aber garantiere, daß die etwaige Inanspruchnahme von Mitteln zu ihrer Nutzung nicht gegen die gemäß 1.5. und 1.7. begründeten ABER verstößt und der zu lösende Widerspruch nicht lediglich durch einen anderen ausgetauscht wird.
- b) Signalisiere (unter Wahrung der Vertraulichkeit) im Kombinat und möglichst durch eine Patentanmeldung die aufgedeckten Möglichkeiten zur Nutzung naturgesetzmäßiger Effekte, auch wenn deren Verwendung auf Grund von 1.5. und 1.7. im Augenblick nicht möglich ist.

## 9. Die Strategie zur Widerspruchslösung

9.1. Wo in seiner Struktur ist die Möglichkeit zur Auflösung des technisch-technologischen Widerspruchs enthalten?

Gehe davon aus, daß die Lösung des technisch-technologischen



Dialektik

Widersprüche in einer Veränderung

- des Verfahrensprinzips (Blockschema) und des räumlichen und/oder zeitlichen Aufbaus eines komplexen Teilsystems ("Entwicklungsschwachstelle", entwicklungsbedingter kritischer Funktionsbereich);
- des Funktionsprinzips, der räumlichen und/oder zeitlichen Anordnung eines elementaren Teilsystems (kritische Wirkstelle innerhalb des kritischen Funktionsbereichs)

zu suchen ist. Führe die weiteren Überlegungen ausgehend von dem Denkniveau, das nach dem Herausarbeiten des technisch-technologischen und des technisch-naturgesetzmäßigen Widerspruchs bestimmt ist durch

- Abstraktion von konstruktiven bzw. technologischen Details;
- Konkretisierung im Sinne der exakten, zugeschärften Kennzeichnung des zu lösenden Widerspruchs.

9.2. Untersuche den technisch-technologischen Widerspruch bezüglich

- seiner gegensätzlichen Komponenten und der technisch-naturgesetzlichen Art und Weise, in der sie sich ausschließen;
- der technisch-technologischen Erfordernisse, auf Grund derer die gegensätzlichen Komponenten sich gegenseitig hervorbringen und eine Einheit bilden;
- der Sachverhalte im System, welche die Trennstelle bestimmen, an der sich die Komponenten des technisch-technologischen Widerspruchs gegenüberstehen.

"Trennstelle" ist nicht unbedingt räumlich-geometrisch, sondern oft im übertragenen Sinne (als Scheide zwischen gegensätzlichen Erscheinungen) zu verstehen.

9.3. Versuche, einen Weg zur Überwindung des Widerspruchs zu finden durch

- (A) Auftrennen der Einheit der gegensätzlichen Komponenten, z. B. durch
- (1) technologisches Parallelschalten, räumliches Entkoppeln (Reißverschlußprinzip 1a)
  - (2) zeitliches oder zeitweiliges Entkoppeln (Reißverschlußprinzip 1b) bzw. Phasenverschieben der Wirkdauer der Komponenten

- Die Technik*
- (3) räumliches oder zeitliches Ineinanderschachteln von Bauelementen und/oder Wirkungen (Steckpuppenprinzip) oder Verzahnungen (Reißverschlußprinzip 2)
  - (4) Funktionstrennung bzw. Übertragen zweier Elementarfunktionen oder funktionswichtiger Elementareigenschaften von einem auf zwei Strukturelemente
  - (5) Spaltung einer Struktureinheit (Baugruppe, Prozeßstufe) in ein wechselwirkendes Paar von Komponenten (z. B. zur Selbstkompensation von Störungen) *2.4 6.4 9.4*
  - (6) Durchlaufen oder Koexistenz verschiedener Gebrauchs- bzw. Betriebszustände
  - (7) Gewährleistung extremer Geschwindigkeiten (Schock; Ab-schreckung, Kriechen).

(B) Überwinden der im Widerspruchsverhältnis stehenden Merkmale einer der beiden Komponenten, z. B. durch

- (1) Auffinden eines anderen, geeigneteren Wirkprinzips (z. B. des Gegen- oder Komplementärprinzips)
- (2) Auffinden oder Schaffen neuer Werkstoffe, eventuell Verbundwerkstoffe
- (3) Übertragen einer Elementarfunktion oder -eigenschaft auf ein noch zu findendes bzw. zu schaffendes (separates) technisches Teilsystem, das die nötigen Natureigenschaften, die bisher zum technisch-naturgesetzlichen Widerspruch führten, zu geeigneten Zeitpunkten, an geeigneten Orten und unter geeigneten Bedingungen hervorbringt.
- (4) Gezieltes Überschreiten der Werte eines ausgewählten Parameters bis zum Qualitätsumschlag (Nutzung einer Nicht-linearität)
- (5) Verstärken einer Elementarfunktion oder Abschwächen (Unterdrücken) ihrer Nebenwirkung durch positive bzw. negative Rückkopplung
- (6) Hierarchische Aufteilung einer Funktion auf mehrere Funktionsebenen (Segelschiffstakelage).

(C) Überwinden der gegenseitigen Ausschließung der polaren Komponenten, z. B. durch

- (1) strukturelle und funktionelle Verschmelzung im Konflikt befindlicher Teilsysteme *oder Synchronisation*
- (2) Vereinigung von zwei gegensätzlichen Elementarfunktionen in einem Strukturelement *mit mind. 45*

*Die zwei Hauptformen der Synchronisation, die sich im Konfliktbereich befinden, werden synchronisiert.*



- Selbstkomparativa*
- (3) Oberlagern einander entgegengesetzter schädlicher Wirkungen *AS*
  - (4) Einführung einer dritten Komponente, besonders Erzeugung dieser Komponente aus systemeigenen Komponenten
  - (5) Simulation kennzeichnender Eigenschaften einer der beiden Komponenten und Einführung in die jeweils andere Komponente (adaptive Maskierung, Prinzip des Trojanischen Pferdes).

(D) Nutzung anderer Verfahren gemäß Listen nach Altschuller und anderen. (siehe Arbeitsblätter B 9 und B 10)

9.4. Welches Vorgehen ist der Natur des technisch-technologischen Widerspruchs adäquat?

- a) Entwickle eine Lösungsstrategie, indem Du von der Art derjenigen Lösung des Widerspruchs ausgehst, die an der schwächsten Stelle seiner Struktur angreift.
- b) Formuliere die Erfindungsaufgabe in einer möglichst detailfreien, aber problemspezifischen Weise so, daß sie den technisch-technologischen Widerspruch und den Auftrag zu dessen Überwindung zum Ausdruck bringt.  
Erstrebe eine knappe zugespitzte Form.

9.5. Formuliere die Erfindungsaufgabe so, daß die im System bereits vorhandenen Eigenschaften weitestgehend selbst die Aufhebung des Widerspruchs ermöglichen.

*(vgl. 6.4, 3.3AS)*

## 10. Die eigene Erfindung - Schrittmacher internationaler Entwicklung

10.1 Prüfe, ob die Lösung der Erfindungsaufgabe in der internationalen Entwicklung schrittmachend wirken wird und dazu beiträgt, das Kombinat in Spitzenposition zu bringen oder seinen technologischen Spielraum zu vergrößern. Aktualisiere die Analyse von Fach- und Patentliteratur, Markt-, Forschungs- und Reiseberichten (vgl. 1.3) entsprechend der fortgeschrittenen Zeit.

10.2 Könnte die Lösung ~~der Erfindungsaufgabe~~ auch für andere als die vorgegebenen Applikationsbereiche sein? (Multivalenz!)

10.3 Konzipiere die rasche Oberleitung. Beachte: Ohne Kampf kein Fortschritt.

Hinterfrage hierzu vor allem die Formulierung des Ziels und der Aufgabe der Erfindung in den Patentbeschreibungen.

10.3. Könnten Deine Ergebnisse auch in anderen Bereichen nützlich sein? (Multivalenz!)

10.4. Wie muß der erarbeitete und mit dem internationalen Stand konfrontierte Lösungsansatz zu einer Innovationsstrategie ergänzt werden?

- a) Disponiere die erforderlichen Experimente, Informationsbeschaffungen und Abstimmungen.
- b) Entwirf die Innovationsstrategie so, daß Dein Betrieb sie realisieren kann und damit selber den internationalen Stand bestimmt oder durch Überwindung von Engpässen sich hierzu den Spielraum verschafft.

→ 10.3 hinz.



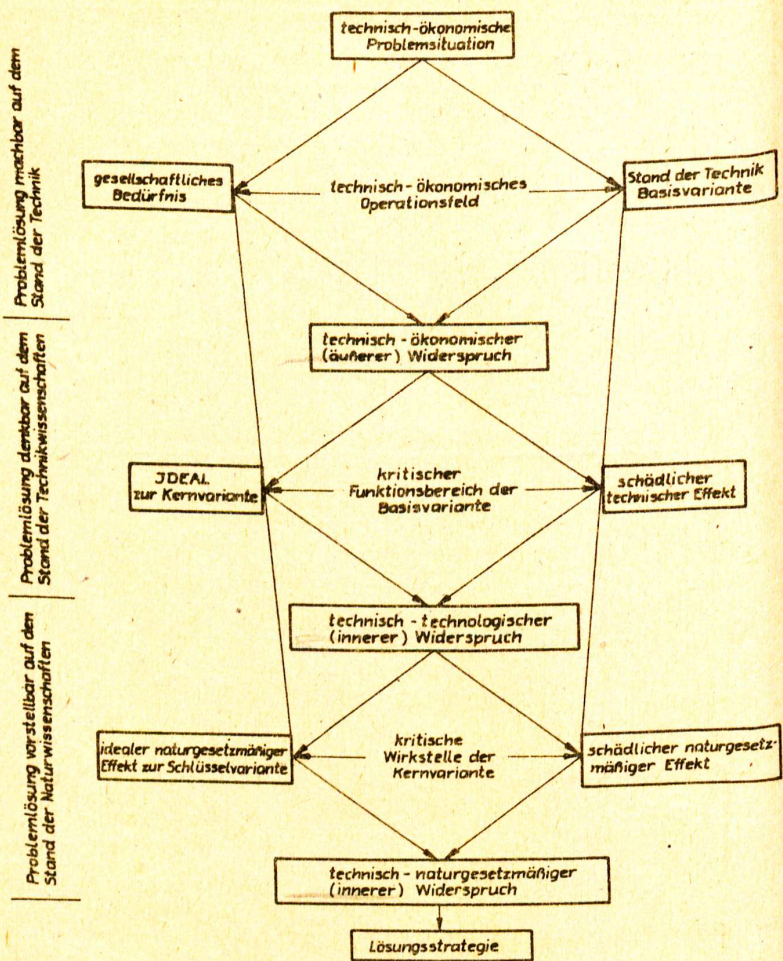
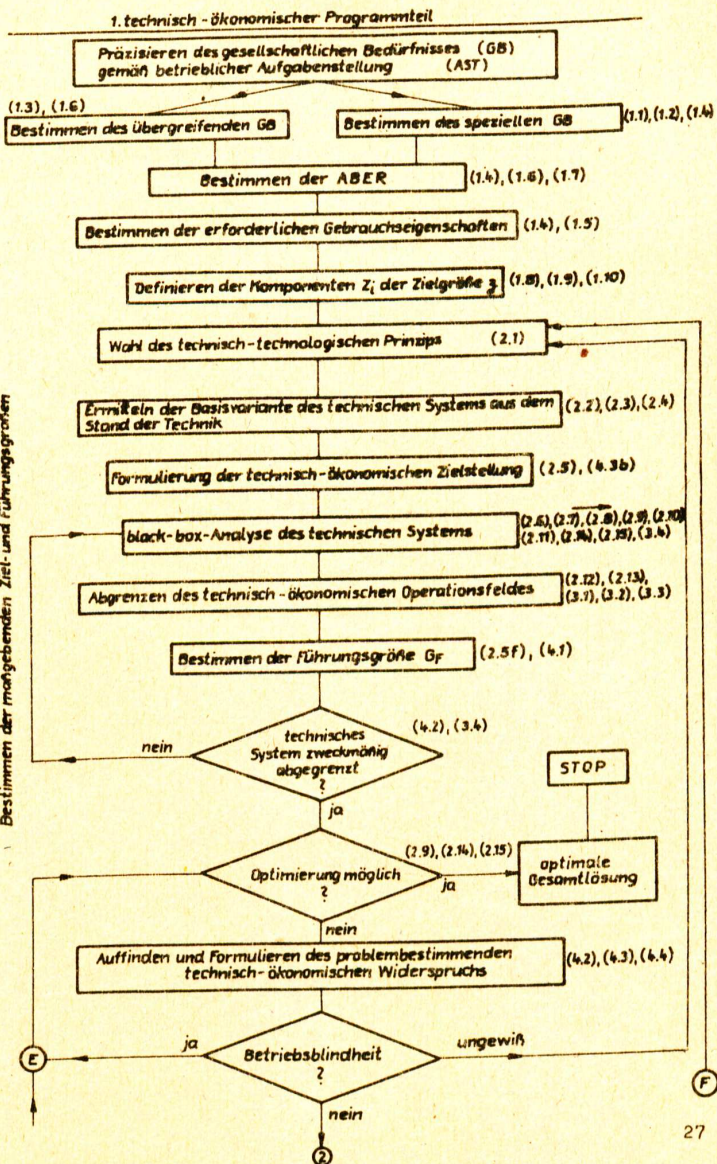


Abb.1: Denkfeldstruktur des Programms zum Herausarbeiten erfinderischer Aufgabenstellungen und Lösungsansätze

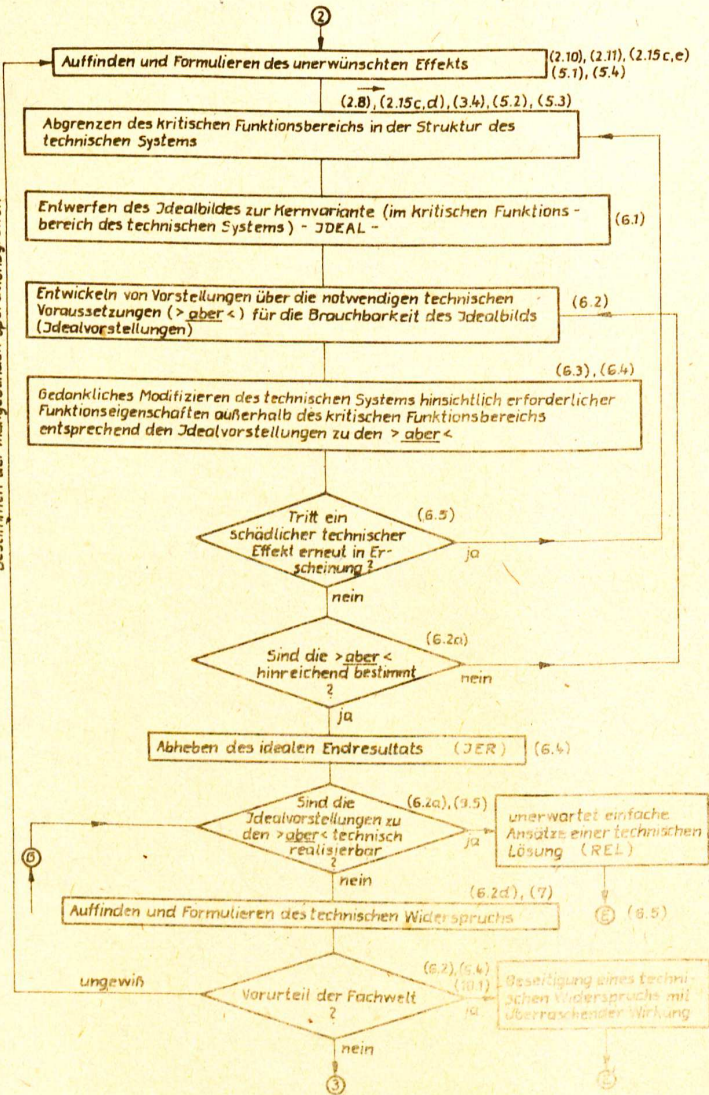
Kritik des Standes der Technik aus technisch-ökonomischer Sicht  
 Bestimmen der maßgebenden Ziel- und Führungsgrößen





2. technisch-technologischer Programmteil

Kritik des Standes der Technik aus technisch-technologischer Sicht  
Bestimmen der manglebenden Operationsgrößen



### 3 technisch-wissenschaftlicher Programmteil

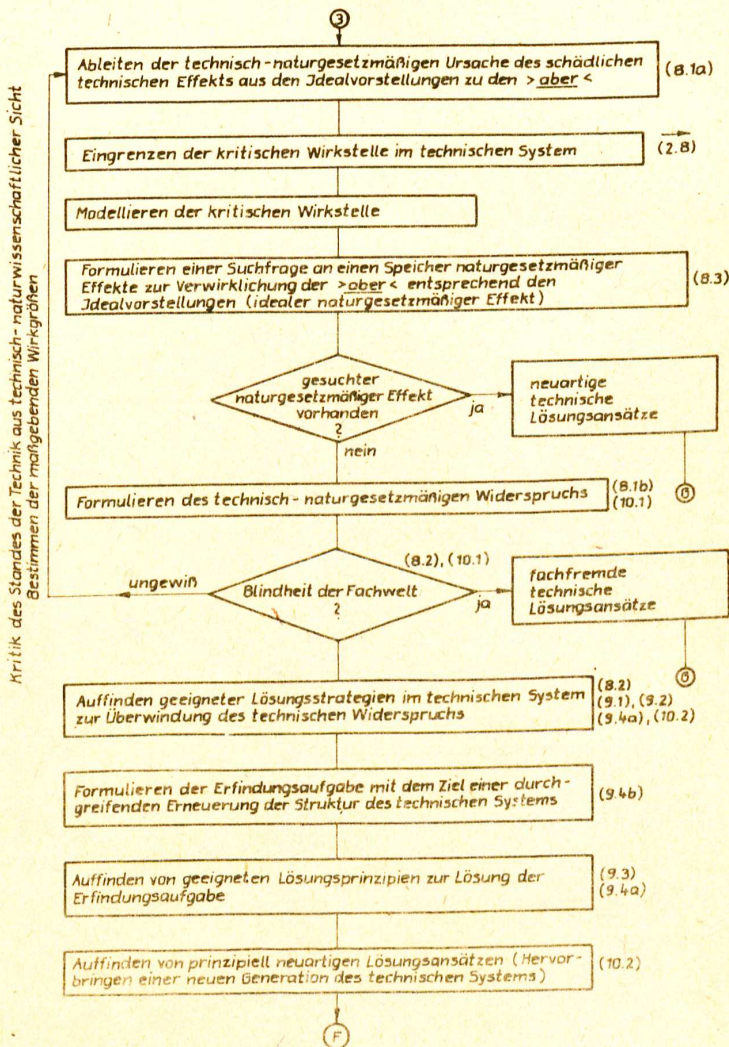


Abb. 2: Programmablauf „Herausarbeiten von Erfindungsaufgaben und -Lösungsansätzen“





	<u>Seite</u>
<b>B. Erfindungsmethodische Arbeitsblätter</b>	
B.1. Analyse des gesellschaftlichen Bedürfnisses - Bestimmen der Zielgröße	32
B.2. Ideenkonferenz und inverse Ideenkonferenz	45
B.3. Baumverfahren <b>I</b>	47
B.4. Baumverfahren <b>II</b>	52
B.5. Morphologische Schemata zur Erzeugung über- sichtlicher Mengen von Startvarianten	57
B.6. Aufgliedern von Teilsystemen in elementare Funktionseinheiten	61
B.7. Auflisten technisch-ökonomischer Widersprüche	68
B.8. Ermitteln technisch-ökonomischer Widersprüche	71
B.9. Zum Training der historischen Denkweise	76
B.10. Vierzig Prinzipie zum Lösen technischer Widersprüche	84
B.11. Rechnergestützte Arbeit mit einem Informations- speicher "Naturgesetzliche Effekte und Prinzipien" beim Herausarbeiten von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen	92
B.12. Hinweis auf den Baustein "Lehrmaterial 'Erfindungsmethodische Grundlagen - Die Methode des Herausarbeitens von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen'" (Aus dem Inhaltsverzeichnis)	96



## B.1. Analyse des gesellschaftlichen Bedürfnisses - Bestimmen der Zielgröße

### Heuristischer Zweck:

- Bedürfnisgerechtes Einbinden eines technischen Systems in seine Umgebung (in das übergeordnete technische System und das gesellschaftliche Obersystem);
- Aufklären sozialer, ökonomischer und technologischer Zusammenhänge zwischen einem technischen System und seiner Umgebung;
- Definition des Zwecks eines technischen Systems, Bestimmen der Zielparameter seiner Entwicklung und der auf diese maßgebend einwirkenden Faktoren;
- Aufdecken von technisch-ökonomischen Reserven und Widersprüchen in der Entwicklung eines existierenden technischen Systems (Referenzvariante);
- Ableiten von Suchkriterien für das Auffinden geeigneter technischer Mittel im Stand der Technik für die Konzeption eines neuen technischen Systems (Basisvariante). Aufbereiten des Patentfonds;
- Aufdecken von Lücken im Stand der Technik; Definition von Mittel-Wirkung-Beziehungen für neue, entwicklungsbestimmende Teilsysteme (Kernvarianten);
- Aufspüren und Nutzen bisher nicht erkannter Möglichkeiten im Stand der Technik für das Überwinden technisch-ökonomischer Widersprüche.

### Heuristischer Bezug zum Erfindungsprogramm:

Positionen 1, 2 (2.1. - 2.5.)

### Heuristische Anfangsbedingungen:

Problemstellung als Auftrag mit Vorgaben hinsichtlich

- der zu erzielenden ökonomischen, technologischen und/oder sozialen Effekte nach Art und Höhe;

- der ökonomischen, sozialen und technologischen Randbedingungen für den zu betrachtenden Nutzungs-, Herstellungs- und/oder Schädigungsprozeß (Systembedingungen);
- der sozialen, technologischen und technischen Definition des Gegenstandes, welcher bei der Verwirklichung des gesellschaftlichen Bedürfnisses die entscheidende Rolle im Nutzungs-, Herstellungs- und/oder Schädigungsprozeß spielt bzw. spielen wird;
- der ökonomischen, sozialen und technologischen Anfangsbedingungen für die Einführung der zu schaffenden neuen Lösung in die Praxis (Innovationsbedingungen).

#### Heuristisches Vorgehen:

- Identifizieren des von der Problemstellung betroffenen Gesamtprozesses und des gesellschaftlichen Bedürfnisses, welches ihm zu Grunde liegt;
- Definieren des Gesamtprozesses als Nutzungs- oder Herstellungsprozeß;
- Zerlegen des Gesamtprozesses in seine Teilfunktionen und Herausheben der Teilfunktionen, auf welche sich die Aufgabenstellung unmittelbar bezieht;
- Entwickeln der Zielgröße als System von Eignungs- und Effektivitätsmerkmalen durch
  - Definieren der notwendigen effektivitätsbestimmenden Merkmale des Gesamtprozesses, welche maßgebend sind für die Beurteilung der Eignung der in ihm zum Einsatz kommenden technischen Objekte;
  - Spezifizieren dieser Effektivitätsmerkmale des Prozesses in bezug auf die herausgehobenen Teilfunktionen und Systematisieren unter den folgenden Eignungsaspekten für die in Betracht zu ziehenden technischen Objekte:
    1. Zweckmäßigkeit
    2. Wirtschaftlichkeit
    3. Beherrschbarkeit
    4. Brauchbarkeit;
  - Ermitteln der Anforderungen, Bedingungen, Erwartungen und Restriktionen (ABER) zu den einzelnen Eignungsaspekten



und Eintragen in die Zielgrößenmatrix (siehe Tabelle 1) durch Definition von entsprechenden objektbezogenen Eignungsmerkmalen (Gebrauchseigenschaften) oder prozeßbezogenen Wirtschaftlichkeitseigenschaften;

- hierarchisches Ordnen der Eignungs- und Wirtschaftlichkeitsmerkmale in einer Prioritätsmatrix entsprechend ihrer gesellschaftlichen Bedeutung und technischen Wichtigkeit (siehe Tabelle 2).

### Erläuterungen:

#### a) Zu den Eignungsaspekten

Unter dem Eignungsaspekt "Zweckmäßigkeit" sind alle leistungsorientierten Gebrauchseigenschaften eines technischen Systems zusammenzufassen, die unmittelbar zur Befriedigung des speziellen gesellschaftlichen Bedürfnisses beitragen und für die eigentliche Zweckerfüllung und Leistungsfähigkeit des Prozesses unbedingt notwendig sind.

Unter dem Eignungsaspekt "Wirtschaftlichkeit" sind alle ökonomischen, sozialen, technologischen und konstruktiven Eigenschaften eines technischen Systems zusammenzufassen, welche die Beschaffungs-, Transport-, Herstellungs- und Betriebskosten sowie den Erlös im Rahmen des Gesamtprozesses maßgeblich bestimmen. Hierbei sind übergreifende volkswirtschaftliche und handelspolitische Aspekte zu berücksichtigen.

Unter dem Eignungsaspekt "Beherrschbarkeit" sind alle zuverlässigkeitsorientierten Gebrauchseigenschaften eines technischen Systems zusammenzufassen, welche betreffen:

- die Betriebssicherheit, das dynamische Verhalten und die Überlastbarkeit;
- die gefähderungsfreie, im Sinne des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sichere Anwendbarkeit und Bedienbarkeit;
- die langfristige soziale und psychische Zuträglichkeit;
- das Alterungs- und Verschleißverhalten;
- das Havarieverhalten;
- die Überwachbarkeit, die Instandhaltungs- und Wartungsfreundlichkeit.

Unter dem Eignungsaspekt "Brauchbarkeit" sind alle einsetzorientierten Gebrauchseigenschaften zusammenzufassen, die betreffen:

- Unempfindlichkeit bzw. Toleranz gegenüber spezifischen Störfaktoren
  - aus der sozialen Umwelt (Fehlbedienung, Mißbrauch),
  - aus der natürlichen Umwelt (klimatische und biologische Einflüsse, geophysikalische Ereignisse),
  - aus dem technisch-technologischen Umfeld (z. B. nicht zweckentsprechende Beanspruchung durch Havaris- oder andere anormale Betriebszustände an vor- und nachgelagerten Systembereichen);
- Kompatibilität zur Systemumgebung (Standardisierung, Anschluß-, Einbau-, Montage- sowie Transport- und Lagerbedingungen);
- Umweltverträglichkeit, ökologische Eigenschaften;
- ästhetische Akzeptanz, formgestalterische Eigenschaften.

Die Eigenschaften der Zweckmäßigkeit, der Beherrschbarkeit und der Brauchbarkeit (die Zielgrößenkomponenten  $Z_1, Z_2, Z_4$ ) lassen sich auch unter dem Terminus "Nützlichkeit" zusammenfassen. Die "Nützlichkeit eines Dinges macht es zum Gebrauchswert." (K. Marx: Das Kapital, Band 1, in: K. Marx, F. Engels, Werke Band 23, S. 50).

Das Verhältnis des Gebrauchswertes zu dem für seine Herstellung und für seine Nutzung erforderlichen Aufwand wird als Effektivität bezeichnet (in Anlehnung an "ökonomisches Lexikon").

Effektivität: heißt auch optimale, dem jeweiligen Ziel gemäß Kombination von Zweckmäßigkeit, Beherrschbarkeit und Brauchbarkeit, also Nützlichkeit, bezogen auf den Aufwand, unter der Bedingung eines minimalen finanziellen und materiellen Aufwandes.

Am Beispiel der Uhr sei der Begriff "Zielgröße" erläutert:

Zweckmäßigkeit: Genaue Zeitanzeige in folgenden Varianten:

- laufende Tageszeit, Datum: Uhr
- Zeitintervall: Stoppuhr, Kurzzeitwecker
- Zeitpunkt: Wecker, Schaltuhr

Wirtschaftlichkeit: Die Kosten für die Herstellung und die Kosten für die Wartung dürfen ein spezifisches Limit nicht übersteigen.



Allerdings kann das Limit beeinflussbar sein, wenn es gelingt, die Nützlichkeit der Uhr bedürfnisgemäß über bestehende Standards zu steigern.

Beherrschbarkeit: Möglichkeiten der Korrektur und Einstellung der Zeitanzeige, Möglichkeit des Nachladens bzw. des Ersatzes des Energiespeichers und des rechtzeitigen Erkennens seiner Erschöpfung.

Brauchbarkeit:

- Genauigkeit der Zeitbestimmung (Stunden, Minuten, Sekunden, Zehntelsekunden usw.);
- Eignung unter verschiedenen äußeren Bedingungen, z.B. während der Arbeit, beim Autofahren, in der Nacht, unter Wasser, als Bestandteil der Wohnungseinrichtung oder der Kleidung;
- Schutz gegen Diebstahl, Verlust, Stoß, Verschmutzung;
- Gangruhe, Größe, Gewicht.

Die Nützlichkeit einer Uhr hängt davon ab, in welchem Grade, mit welcher Genauigkeit und ob überhaupt die Kenntnis der aktuellen Zeit erforderlich und gewünscht ist. Eine Atomuhr ist zwar sehr genau, aber für den individuellen Gebrauch ohne Nutzen. Und der "Glückliche, dem keine Stunde schlägt", ist von der Nützlichkeit einer Uhr kaum zu überzeugen.

Das technische System (die Basisvariante) ist nun daraufhin zu prüfen, ob die erforderliche Erhöhung seiner Effektivität im Rahmen des Standes der Technik möglich ist. Die Ansprüche an die Erhöhung der Effektivität können von vornherein so hoch festgelegt werden, daß sich technisch-ökonomische Widersprüche ergeben, so daß erfinderische Lösungen zwingend erforderlich werden (Erfindungsprogramm Position 2.15.). Die Formulierung der Ansprüche zur Erhöhung der Effektivität kann auf zwei Wegen erfolgen:

- Durch Erhöhung der Werte aller oder ausgewählter, besonders wichtiger technisch-ökonomischer Parameter. In diesem Falle muß jeder variierte Parameter zu ausnahmslos jedem anderen technisch-ökonomischen Parameter in Beziehung gesetzt werden, um zu prüfen, welche technisch-ökonomischen Widersprüche entstehen. (Vgl. Arbeitsblatt B 7). Die Anzahl der zu prüfenden Parameterpaare beträgt bei dieser Art des Vorgehens im Extremfall  $n(n - 1)$ .

- Es wird ein Parameter zur Führungsgröße erklärt und damit als "zentrierender" Parameter gesetzt. Die Führungsgröße wird dann im Sinne der Effektivitätserhöhung variiert, und es werden die Konsequenzen für das Verhalten aller anderen technisch-ökonomischen Parameter analysiert. Bei dieser Art des Vorgehens sind nur n Parameterpaare auf Entstehung technisch-ökonomischer Widersprüche zu prüfen. Dazu folgende Erläuterung (vgl. Arbeitsblatt B 8):

Zur Führungsgröße wird im allgemeinen die wichtigste Anforderung an die Zweckmäßigkeit des technischen Systems erklärt. Das ist diejenige Anforderung, welche sich in der bisherigen Entwicklung des technischen Systems am nachhaltigsten und durchgreifend auf seine Funktions- und Strukturparameter ausgewirkt hat bzw. in Zukunft auswirken wird.

Führungsgrößen sind technisch-technologische Leistungsparameter (Parameter, welche die Leistungsfähigkeit eines Produkts oder Verfahrens oder eines Prozesses kennzeichnen.) Sie müssen jeweils bezogen auf die Art des zu erzielenden Nutzeffekts und des für seine Erzeugung erforderlichen Aufwands spezifisch und quantifizierbar definiert werden. Der Aufwand sollte dabei vorzugsweise in den Dimensionen "Zeit" und "Abmessungen" ("Raum", "Fläche") und Anzahl von aufwandsrelevanten Ereignissen (z.B. Reparaturen, Nachladungen von Energiespeichern, Überwachungsturnus) angegeben werden.



Beispiele für Führungsgrößen:

1. Kraftfahrzeug im Nutzungsprozess

Nutzeffekt: Überwinden einer Entfernung (km)

1.1. Aufwand: Zeit (h)  
Führungsgröße: Fahrgeschwindigkeit ( $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ )

1.2. Aufwand: Kraftstoffvolumen (l)  
Führungsgröße: spezifischer Aktionsradius ( $\frac{\text{km}}{\text{l}}$ )

2. Kraftfahrzeug im Herstellungsprozess

Nutzeffekt: Anzahl der hergestellten Kraftfahrzeuge (Stück)

2.1. Aufwand: Zeit (d)  
Führungsgröße: Produktionsrate ( $\frac{\text{Stück}}{\text{d}}$ )

2.2. Aufwand: Produktionsfläche ( $\text{m}^2$ ) und Zeit (d)  
Führungsgröße: Produktionsdichte ( $\frac{\text{Stück}}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$ )

3. Kraftfahrzeug im Schädigungsprozess

3.1. Nutzeffekt: Lebensdauer

Aufwand: Anzahl der notwendigen Reparaturen

Führungsgröße: MBTF (Mean time between two failures = mittlere Zeitspanne (a) zwischen Fehlerereignissen)

3.2. Nutzeffekt: Verkehrssicherheit

Aufwand: erforderlicher Grad der Aufmerksamkeit und Anzahl der notwendigen Operationen zur Abwendung eines Unfalls

Führungsgröße: Automationsgrad des Steuer- und Bremssystems (%) (z. B. Bremssystem mit automatischer Einstellung der Bremsverzögerung)

b) Zu den ABER

Anforderungen beziehen sich auf die Leistungsfähigkeit des Prozesses bzw. auf die Höhe des zu erzielenden Effekts, der in bezug auf das jeweilige Eignungsmerkmal bei Nutzung des technischen Systems eintreten soll. Die Anforderungen zielen stets auf eine Erhöhung spezifischer Leistungs- und Effektivitätsparameter ab.

*Der Prozess der Problemlösung*  
*1. Dr. Müller*

Sie haben damit eine zielorientierende heuristische Wirkung und bestimmen maßgeblich die Wahl der Mittel-Wirkungs-Beziehungen (Verfahrens-, Funktionsprinzip).

Bedingungen resultieren aus prozeßspezifischen sozialen und technologischen Umetänden, unter denen das technische System zum Einsatz kommt, und denen er genügen bzw. denen er sich anpassen lassen muß. Die Bedingungen haben keine zielorientierende, sondern eine wegbestimmende heuristische Wirkung und bestimmen damit maßgeblich die Wahl der Mittel.

Erwartungen entpringen einem latenten, d. h. noch nicht offen zutage tretenden gesellschaftlichen Bedürfnis. Sie beziehen sich auf solche Eigenschaften des technischen Systems, mit denen in Zukunft neuen Zweckbestimmungen, aber auch veränderten Anwendungs- bzw. Marktbedingungen entsprochen werden kann. Diese Erwartungen haben für den Erfinder eine besondere hohe, zielorientierende heuristische Wirkung. Indem er sich von ihnen auf der Suche nach der Lösung leiten läßt, kommt er zu entwicklungsfähigen und zukunftsicheren Ergebnissen auf der Grundlage neuartiger Mittel-Wirkungs-Beziehungen.

Restriktionen entpringen einem übergreifenden gesellschaftlichen Bedürfnis. Es sind einschränkende Bedingungen, die sich aus der Begrenztheit natürlicher und gesellschaftlicher Ressourcen, aber auch aus ethischen und politischen Normen ergeben. Sie kommen in der Regel in Form von Parameterwerten zum Ausdruck, die nicht über- bzw. unterschritten werden dürfen.

Die Restriktionen haben eine wegweisende heuristische Wirkung und schränken die Wahl der Mittel häufig stark ein. In der Regel werden Restriktionen daher als Hemmnis für die technische Entwicklung und das technische Schöpfertum empfunden. Aber genau das Gegenteil ist der Fall! Gerade Restriktionen fordern zum Erfinden heraus. "Geht nicht, gibt es nicht!" (Horst Bendix, Siegfried Schiller) Sie zwingen, neue Wege zu gehen, neue Mittel zu nutzen, die zuvor noch niemand in Betracht gezogen hat. Der Erfinder erreicht dabei nicht selten raffiniert einfache Lösungen.

Für die Problemfindung ist es wichtig, in jeder Situation die richtige Unterscheidung zwischen Anforderungen und Erwartungen



sowie zwischen Restriktionen und Bedingungen zu treffen. Anforderungen entscheiden über die Akzeptanz einer Problemlösung in der Gegenwart, Erwartungen über ihre Akzeptanz in der Zukunft; Restriktionen entscheiden über die generelle Zulässigkeit einer Lösung, Bedingungen dagegen nur über ihre Brauchbarkeit im speziellen Anwendungsfall.

### c) Zur Hierarchie der Eignungs- und Effektivitätsmerkmale

Die Priorität der Eignungs- und Effektivitätsmerkmale ergibt sich zunächst aus der gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Bedeutung der Anforderungen, Bedingungen, Erwartungen und Restriktionen, auf welche sie zurückgehen, und innerhalb dieser Anspruchskategorien sind sie nach ihrer technischen und technologischen Wichtigkeit abgestuft.

Restriktionen und Anforderungen beanspruchen in der hierarchischen Struktur der ABER den höchsten Rang. Sie sind als nicht veränderbar zu betrachten und müssen daher so genau wie möglich bestimmt und so präzise wie möglich formuliert werden, um falsche Zuspitzungen des Problems, unzutreffende Zielorientierungen und Leichterfertigkeit in der Disposition von Ressourcen zu vermeiden.

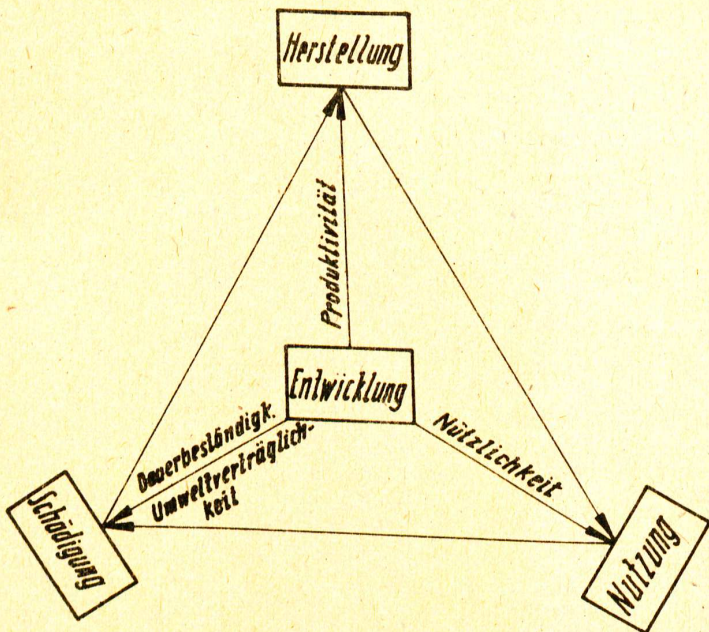
Die Bedingungen haben einen niedrigeren Rang in der hierarchischen Struktur der ABER, dürfen deswegen aber nicht minder ernst genommen werden. Sie dürfen hingegen im Sinne der Problemgestaltung als veränderbar betrachtet werden. Hier ist also die "Weichstelle" des Problems, wo günstige Voraussetzungen für seine Bearbeitung und spätere Lösung geschaffen werden können. Bedingungen sollten daher vorerst noch nicht zu scharf formuliert, sondern nur möglichst gut begründet werden. Eine Problemmodifizierung ist dann möglich, wenn Gründe für bestimmte Bedingungen beseitigt und/oder durch andere ersetzt werden können.

Die Erwartungen beanspruchen große Aufmerksamkeit, weil sie die zukünftige Entwicklung des gesellschaftlichen Bedürfnisses zum Ausdruck bringen. Sie sind also das dynamische Element in den ABER. Nur in dem Maße, wie sie in der Zielgröße zur Geltung gebracht werden, gelingt es, die entscheidenden Widersprüche sichtbar werden zu lassen, welche zu lösen sind, um eine nicht nur für die Gegenwart, sondern auch für die Zukunft gültige Übereinstimmung zwischen materialisierter Lösungsidee und gesellschaftlichem Bedürfnis zu erreichen.

Aus Anzahl und Art der unterschiedlichen ABER im bezug auf die Zielgrößenkomponenten ergibt sich die Komplexität der Zielgröße. Zugleich folgen hieraus Art und Wertigkeit der in Betracht zu ziehenden technisch-ökonomischen Parameter. In der Zielgröße werden ABER systematisch zusammengefaßt, dabei aus ihren ursprünglich gesellschaftlichen Zusammenhängen in technisch-technologisch-ökonomische Zusammenhänge "transformiert" und schließlich mit Hilfe technisch-ökonomischer und technisch-technologischer Parameter in die Sprache der Technik "übersetzt".

Im Lehrmaterial "Erfindungsmethodische Grundlagen", Abb. 4 sind für die einzelnen Zielgrößenkomponenten jeweils zutreffende BASIS-Formulierungen von Eignungsmerkmalen und Gebrauchseigenschaften angegeben, welche die Erfüllung der jeweiligen Anforderung, Bedingung, Erwartung oder Restriktion zum Ausdruck bringen sollen.





Prozesse, in die ein technischer Gegenstand - Verfahren oder Gebilde - einbezogen ist und Führungsgrößen, die seine Entwicklung bestimmen

Abb. 1 Die technische Entwicklung als prozeßbezogene Verwirklichung des gesellschaftlichen Bedürfnisses

Hier wird stattdessen zwecks der Reparatur, aber nicht der  
 Verfertigung, es fallen 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000

Tabelle 1: Das gesellschaftliche Bedürfnis als prozeßbezogene Zielgröße (Beispiel: Kraftfahrzeug) *(grün)*

	Z1	Z2	Z3	Z4
ABER	Zweckmäßigkeit	Wirtschaftlichkeit	Beherrschbarkeit	Brauchbarkeit
Anforderungen (A)	1. Leistungsfähig und fahrtüchtig bis Fahrtgeschwindigkeit von $x \frac{\text{km}}{\text{h}}$	1. Kraftstoffsparend (Kraftstoffverbrauch $\times \frac{1}{100 \text{ km}}$ ) 2. Abgaswärme nutzand	1. Leicht bedienbar 2. Verschleißteile leicht zugänglich 3. Ersatzteile an Bord verfügbar (mitführbar)	1. Anpaßbar an örtlich gegebene Verkehrsbedingungen 2. Verwendbar als Zugmaschine, Lieferwagen und Reisewagen
Bedingungen (B)	1. Verkehrstauglich 2. zugbetriebs-tauglich	1. Servicefreundlich 2. Lastentransportdienlich	1. kurzzeitig auf einfache Normalachslast überlastbar 2. Fahrverhalten (verzögert) Lenkung folgend	1. Steinschlagabhaltend 2. Hitzestabilität 3. Temperaturhaltend 4. Feuchteausgleichend
Erwartungen (E)	1. Hohe Beschleunigungsvermögen 2. Verzögerungsfrei Beschleunigung	1. Transportergiebiger 2. Preisgünstig <i>Handlung 3, 4</i>	1. Schleuderbewegungen selbsttätig ausgleichend 2. Auf rasch veränderliche Fahrbedingungen selbst einstellend 3. selbst überwachend	1. Unabhängig von Tankstellen 2. Unempfindlich gegen tiefe Temperaturen (z. B. beim Starten)
Restriktionen (R)	1. Antriebs- und Bremssystem spurgetreu 2. Verkehrsregelgemäße Licht- und Signalanlage	1. Anspruchslos in bezug auf Instandhaltung 2. Genügsam in bezug auf Kraftstoffqualität	1. Verkehrssicher 2. Rüttelfest 3. Stoß- und schlagfest 4. diebstahlsicher	1. Verträglich mit Abgasnormen 2. Korrosionsbeständig bei Taueiswirkung 3. Unbedenklich für innerstädtischen Verkehr



Logid / d. l. 2. Papir / in der mit R - 1 A

Wozu ist das 2  
Reihe 1 Teil 2

Tabelle 2: Prioritätsstruktur des gesellschaftlichen Bedürfnisses (Beispiel: Kraftfahrzeug) *gewählt*

					technische Wichtigkeit
R 1.1	A 1.1	B 1.1	E 1.1		
R 3.1	A 2.1	B 2.1	E 1.2		
R 4.1	A 4.2	B 3.1	E 2.1		
R 2.1	A 3.2	B 4.1	E 2.2		
R 3.2/3.3	A 4.1	B 4.2	E 4.1		
R 4.2	A 3.1	B 1.2	E 4.2		
R 2.2	A 3.3	B 2.2	E 3.3		
R 1.2	A 2.2	B 4.2	E 3.2		
R 3.4		B 4.3	E 3.3		
R 4.3		B 4.4			
R	A	B	E		

~~Administrative~~ Rigorosität

- R: Restriktionen
- A: Anforderungen
- B: Bedingungen
- E: Erwartungen
- 1: Zweckmäßigkeit
- 2: Wirtschaftlichkeit
- 3: Beherrschbarkeit
- 4: Brauchbarkeit

Eigentlich müsste bei Tabelle 1 in 2 Vorgehensschritten;  
 Wartsung 1990 und seine Vorkauf  
 Trabs 1990 und von, Zelauff

## B.2. Ideenkonferenz und inverse Ideenkonferenz

Unterstütze Deinen Leiter, Ideenkonferenzen zu einem kollektiven Arbeitsmittel zu machen. Stelle Dich auch selbst als Moderator zur Verfügung. Interessiere Kollegen anderer Bereiche im Sinne der Gemeinschaftsarbeit an der Teilnahme. Nutze die Möglichkeiten der KDT. Informiere über die Erfahrungen Deine Gewerkschaftsgruppe. In der Erfinderschule empfiehlt es sich, Ideenkonferenzen vor allem zu den Positionen 2.1., 2.14., 8.3. und 9.3. des Erfindungsprogramms durchzuführen.

Beachte:

1. Teilnehmer: 6 bis 12 (Fachleute und Laien)
2. Beratungsraum ohne Präsidiumsplatz (Ideal: runder Tisch)
3. Dauer: 20 bis 60 min.
4. Ablauf: Der Moderator sorgt für freundliche, aufgelockerte Atmosphäre. Er benennt das schon mit der Einladung bezeichnete Problem sowie den Grundsatz: Jedwede verbale oder mimische Kritik ist verboten; Ideen eines anderen können weitergeführt werden. Begründungen werden vorerst nicht gegeben. Zuerst muß reichlich Begründenswertes auf den Tisch. Das fordert heraus zur Gründlichkeit beim späteren Begründen.
5. Schweigende Teilnehmer werden vom Moderator zur Äußerung aufgefordert. Ideen hervorzubringen ist Recht und Pflicht.
6. Wenn der Ideenfluß ins Stocken gerät, trägt der Moderator erstmals eigene Ideen vor.
7. Die Ideen werden notiert, möglichst mit Namen des Äußernden.
8. Wer Kritik übt oder zu lange spricht, wird vom Moderator auf die Regeln verwiesen (gelbe Karte, rote Karte).

Wichtig ist, daß die Teilnehmer lernen, ihre Hemmungen abzulegen. Daher das einstweilige Verbot der Kritik.

Einige Stunden oder Tage nach der Ideenkonferenz folgt die inverse



Ideenkonzferenz, in der Erfinderschule vorzugeweise zu den Positionen 2.13., 2.15.c), 3.1., 3.4., 4.2.b und c des Erfindungsprogramms. Hier wird in derselben ungezwungenen Atmosphäre ausgesprochen, was den Ideen entgegensteht. Geboten ist Sachlichkeit. Zurückgewiesen wird Schwarzmalerei. Zeige den Teilnehmern, daß Dir bekannt ist: Technische Widersprüche sind in der Geschichte immer wieder gelöst worden. Neu entstehende Widersprüche sind eine Herausforderung: "Wer seine Lage erkannt hat, wie soll der aufzuhalten sein?" (B. Brecht) Außerdem haben wir Methoden.

Die Gegenüberstellung von Ideen und Gegenideen schafft stets Voraussetzungen für die Herausarbeitung der zu lösenden Widersprüche.

Schriftliche Formen der Ideenkonzferenz und der inversen Ideenkonzferenz:

Zum Beispiel "6-3-5": Etwa sechs Personen - jede Person zunächst für sich - notieren zu einem Problem drei Ideen. Nach fünf Minuten überreichen alle ihr Papier dem rechten Nachbarn. Dieser sucht die vorgefundenen Ideen mit eigenen Gedanken weiterzuführen und notiert sie auf dem Zettel. Nach fünf Minuten wird dieser abermals weitergereicht.

So kann der Prozeß noch mehrmals fortgesetzt werden. Vorteil der Schriftform ist die lückenlose Dokumentation. Der Moderator wertet mit dem Kollektiv aus. Er sollte sich darauf vorbereiten und kann die Notizen auch unter methodischen Gesichtspunkten kommentieren.

Symmetrik

S. 24/25 Nr. 3, 50 f.

B.3. Baumverfahren (A) angewandt zum Erzeugen von Listen denkbarer technisch-technologischer und technischer Prinzipie

Heuristisches Ziel:

- a) Im Zusammenhang mit Position 2.1. des Erfindungsprogramms:
- Nominieren bekannter und Aufdecken denkbarer technisch-technologischer Prinzipie, die geeignet sein könnten, gemäß einem speziellen Bedürfnis eine technische Funktion zu erfüllen.
  - Herstellen des Überblicks über die Gesamtheit dieser Prinzipie zum Zwecke der weiteren Analyse, besonders zum Bewerten und Auswählen eines Prinzipie am Beginn des Herausarbeitens einer Erfindungsaufgabe, als einer Grundlage des Ermitteln technisch-ökonomischer Widersprüche.
- b) Im Zusammenhang mit Positione 2.4.e) des Erfindungsprogramms, besonders zum Aufbau eines morphologischen Schemas, das genutzt werden kann, um eine Basisvariante auf dem Stand der Technik zu konzipieren, die der Herausarbeitung technisch-ökonomischer Widersprüche zugrundegelegt wird:
- Nominieren bekannter und Aufdecken denkbarer technischer Prinzipie als denkbare Varianten zur Erfüllung einer Teilfunktion, die als Zeileneingang eines morphologischen Schemas notiert ist. (Vgl. Arbeitsblatt B.4.)

Heuristische Voraussetzungen:

- Herausarbeitung der Funktion, die ein auftragegemäß zu erneuerndes technisches System erfüllen soll (Erfindungsprogramm Position 1.1.), bzw. Herausarbeitung einer Teilfunktion dieses Systems (Erfindungsprogramm Position 2.3.a)
- Bereitschaft zur Feststellung der Anforderungen, Bedingungen, Erwartungen und Restriktionen (ABER), die die Entwicklung der gesellschaftlichen Effektivität des technischen Systems bestimmen und in der Regel zum Erfinden zwingen (Erfindungsprogramm Position 1.7.)

Heuristisches Vorgehen:

Die Grundform:

- Funktion des technischen Systems so allgemein wie möglich aufschreiben.

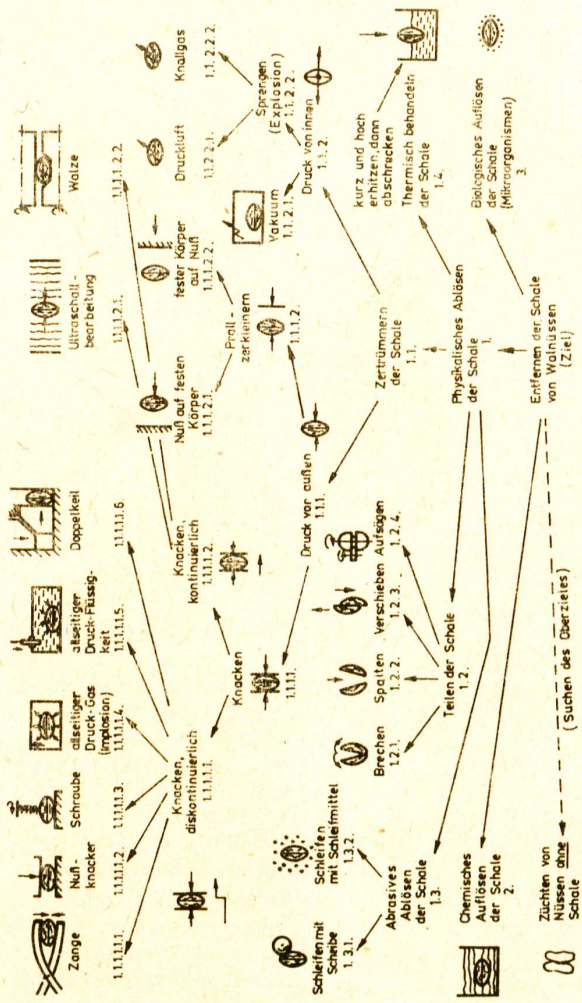


Die Benennung muß "gerade noch" sinnvoll sein. (In der beige-fügten Abbildung steht sie als Stiel der herabhängenden Dolde oder - auf dem Kopf stehend gesehen - als Stamm des gesamten Baumes.)

- Zum Begriff der höchst allgemein formulierten Funktion die ihn logisch erfüllenden Unterbegriffe erster Ordnung bilden. In der beige-fügten Abbildung entsprechen die Unterbegriffe erster Ordnung den ersten Abzweigungen vom Stiel bzw. vom Stamm.
  - Zu einem oder einigen oder allen Unterbegriffen erster Ordnung wiederum logisch erfüllende Unterbegriffe bilden. Diese sind in bezug auf die Unterbegriffe erster Ordnung selbst wieder von erster Ordnung, in bezug auf den Stiel bzw. den Stamm von zweiter Ordnung.
  - In der Bildung von Unterbegriffen weiter fortschreiten, evtl. bis zur vierten oder fünften Ordnung (vom Stiel aus gezählt).
  - Die Untergliederung der Begriffe ist abubrechen,
    - wenn die sinnvollen Möglichkeiten erschöpft sind
    - oder wenn die Anzahl der gewonnenen Varianten so groß wird, daß die Gründlichkeit ihrer Analyse nicht gewährleistet werden kann. Das Untergliedern der Begriffe ist ohnehin nur ein Teil der zu leistenden Analysearbeit, und rasches, intuitives Bewerten, zu dem man sich beim Vorliegen großer Variantenmengen veranlaßt sieht, kann gründliche Analysen nur manchmal überflüssig machen.
- Es kommt darauf an, die im Erfindungsprogramm berücksichtigten anderen Vorgehensweisen zur Herausarbeitung der Erfindungsaufgabe ins Spiel zu bringen und die ihnen entsprechenden Fähigkeiten des Erfindens zu aktivieren.

#### Beispiel:

Die auftragsgemäß zu betrachtende Funktion eines technischen Systems sei "Befreiung von Nüssen von ihrer Schale in einem industriellen Verarbeitungsprozeß". Gesucht ist die Gesamtheit der denkbaren Arten, Nüsse von der Schale zu befreien. Wie findet man sie? Man geht vom Allgemeinen aus und untergliedert schrittweise. Das aktiviert den gesamten, auch den latenten, Gedächtnisinhalt. Jedes einzelne Notat erweckt Assoziationen. Der Grundgedanke dieser Vorgehensweise, das spezielle Beispiel "Nuß" und die Grafik



**Beispiel: Entfernen der Schale von Walnüssen**  
 (Dr.-Ing. W. Preisler unter Verwendung einer Idee von Prof. Dr.-Ing. Adler,  
 Dies. A 1975, A 91)  
 Beisp. für Lösungssystematik



(siehe Abbildung) sind /1/ entnommen. Dort (s. 72 - 85) wird das Dolden- bzw. Baum-Verfahren jedoch als "Lösungssystematik" bezeichnet. Wir schließen uns diesem Sprachgebrauch nicht an, weil die Unterbegriffe/Zweige - die Varianten für ein technisch-technologisches oder technisches Prinzip - in der Praxis nicht als Lösungen, sondern nur als Denkansätze zu betrachten sind. Wege zur Arbeit mit den Denkansätzen ergeben sich aus Positionen 2.1. bzw. 2.3.a) des Erfindungsprogramms und den jeweils nachfolgenden Positionen. Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens können sich ferner auch im Anschluß an Position 9.3. ergeben, wenn ein Ansatz zur Lösung eines technisch-technologischen Widerspruchs gefunden und zu spezifizieren ist.

#### Inverser Gebrauch und "Aus-der-Mitte-Gebrauch" ("ex-medio-Gebrauch") des Dolden/Baum-Verfahrens:

Mitunter besteht vor Beginn eines Entwicklungsprozesses Mangel an Klarheit über Bedürfnisse der Gesellschaft (bzw. des Exportkunden) und damit an Klarheit über das Entwicklungsziel. Man muß sich erst Zugang zur Erkenntnis eines gesellschaftlichen Bedürfnisses verschaffen. Ohne diese Klarheit dürfen keine Entwicklungsprozesse begonnen werden. In solchen Fällen knüpft man gern an vorhandene, gewohnte technische Systeme an, denen ein spezielles technisches Prinzip zugrundeliegt, z. B. traditioneller Nußknacker zum Hausegebrauch, traditioneller Wagenheber als Kfz-Bordwerkzeug usw. Es ist dann zu fragen: Könnte man ein Traditionen überschreitendes, umfassenderes oder anderes Bedürfnis befriedigen, das auch durch andere (weitergehende, schärfere) ABER gekennzeichnet ist, wenn es gelänge, Nußschalen auch anders und PKW nicht nur zum Zwecke des Radwechsels zu heben? Wer hat ein solches Bedürfnis? Unter welchen Bedingungen tritt es auf? Kann es eine zahlungsfähige Nachfrage geben? Ist man bereit, sich auch den anderen ABER zu stellen?

In einem solchen Falle könnte man induktiv, vom anschaulich gegebenen Speziellen ausgehend, dem man gewohnheitgemäß verhaftet ist, zunächst andere spezielle technische Prinzipie benennen und dann von diesen zu Oberbegriffen verschiedener Ordnung - "Knacken", "Druck von außen" usw. - aufsteigen. Unter jedem Oberbegriff findet man leicht die Gesamtheit der ihm unmittelbar subordinierten Unterbegriffe. So kann die gesamte Dolde, der gesamte Baum, auch vom Speziellen ausgehend aufgebaut werden.

Man könnte das gesamte hierarchische System leicht auch von der Mitte (in der Abbildung zum Beispiel "Zertrümmern der Schale") her aufbauen, indem man nach den logisch nebengeordneten, untergeordneten und übergeordneten Begriffen fragt.

Die Ermittlung eines gesellschaftlichen Bedürfnisses sowie der zugehörigen ABER ist auf diesem Wege nicht im mindesten umgebar. Sie bleibt in aller Strenge gefordert. Aber sie kann aus der Sicht des Technikers durch Anregungen unterstützt werden, etwa in der Art: Angenommen, ein Wagenheber mit anderem Prinzip wäre machbar, der es auch erlaubt, einen PKW nicht nur zum Radwechsel zu heben, sondern auch quer zur Längsachse in eine Parklücke zu schieben. Angenommen, alle ABER werden erfüllbar gemacht (z. B. Standsicherheit, Eignung als Bordwerkzeug, Handhabbarkeit, niedrige Herstellungskosten und vieles andere mehr). Sollte man dann nicht rasch prüfen, ob ein solches Bedürfnis latent besteht?

/1/ W. Preisler: Voraussetzungen für Spitzenleistungen - Methoden und Verfahren zum Gewinnen und Bewerten von Lösungen, Karl-Marx-Stadt, 1984.



abgewandelt

II

B.4. Baumverfahren (B) analog Arbeitsblatt B.3., angewandt zum Aufgliedern technischer Systeme (in ihre funktionsbestimmenden Komponenten)

Heuristische Ansatzpunkte:

Das in Arbeitsblatt B. 3. vorgestellte Dolden- bzw. Baumverfahren ist eingeschränkt anwendbar, wenn technische Systeme in Teilsysteme, Teilsysteme der Teilsysteme usw. zu unterteilen sind. An Stelle technischer Prinzipie und den sie konkretisierenden Unterbegriffen stehen dann Namen technischer Systeme bzw. ihrer Teilsysteme, die in der Regel nicht als Varianten untereinander substituierbar sind, sondern örtlich und zeitlich unterscheidbar für notwendige Teil-prozesse stehen. Solche Unterteilungen sind erforderlich, um

- Einblicke in die bestehende und auftragegemäß zu erneuernde Struktur technischer Systeme zu erlangen;
- hinreichend tiefgründige analytische Erkenntnisse bereitzustellen, so daß Entwicklungsschwachstellen bloßgelegt werden können und Anregungen für erfinderische Lösungsansätze entstehen;
- analytische Erkenntnisse so übersichtlich, mit wenigen Blicken überschaubar darzubieten, daß sich lösungsorientiertes, mit oftmals unstabilen Intuitionen durchsetztes Denken ungestört entfalten kann, ohne immer wieder durch Nachschlagen und Rekonstruieren von Analyseergebnissen unterbrochen zu werden;
- insbesondere Vernetzungen sicher aufdecken zu können, und zwar um
  - bestehende Vernetzungen, die bei höher angesetzten ABER schädliche Effekte hervorbringen (Funktionsstörungen, Beeinträchtigungen der Sicherheit, Energieverluste, ökonomisch ungünstige Auslegungen usw.),
  - dankbare Vernetzungen als Möglichkeiten für Vereinfachungen (Einsparung von Kosten, Material, Raumbedarf, Gewicht, Bedienaufwand!) sowie zu Synchronisationen und Rückkopplungen (Einsparung spezieller Maß- und Stellglieder) aufzudecken.

Erfordernisse zur Nutzung eines Baumverfahrens bestehen vor allem bei den Positionen 1.1., 1.5., 2.2., 2.3., 2.6., 2.7., 2.10., 6.1., 9.1. des Erfindungsprogramms. Diesen Positionen gemäß werden Erkenntnisse bereitgestellt, die im gesamten erfinderischen Prozeß benötigt sind.

### Heuristische Voraussetzungen:

- Kenntnis der Bedürfnisse, die dem Nutzungsprozeß und dem Zweck des zu unterteilenden technischen Systems zugrundeliegen.
- Bereitschaft zum Abstrahieren von konstruktiven Details. Bereitschaft zum Denken in Funktionen, die sich aus dem Zweck des zu erneuernden technischen Systems direkt (Hauptfunktion!) oder indirekt (Hilfsfunktionen, Nebenfunktionen!) ergeben.

### Heuristisches Vorgehen:

- Zweck des technischen Systems so allgemein wie möglich ("gerade noch sinnvoll") formulieren und als "Stiel der Dolde" bzw. "Stamm des Baumes" notieren.
- Teilsysteme bzw. Teilfunktionen erster Ordnung so allgemein wie möglich formulieren und als "Äste" erster Ordnung am "Stamm" ("Stiel") anordnen.
- In analoger Weise bei allen Teilsystemen bzw. Teilfunktionen die ihrerseits notwendigen untersetzenden Teilsysteme bzw. Teilfunktionen anordnen.
- In Unterteilungen so weit wie sinnvoll fortfahren. Die Unterteilung muß gerade so weit gehen, daß Vernetzungen zwischen Teilsystemen mit Sicherheit identifiziert werden können.
- Die aufgeschriebenen Untersysteme ("Teilbäume", "Äste", "Zweige") daraufhin untersuchen, ob horizontale Zusammenhänge bestehen oder denkbar sind.

### Anmerkung

Begabte und trainierte Erfinder suchen solche Zusammenhänge instinktiv und durchmustern technische Systeme, deren "Modell" sie in ihrem Gedächtnis tragen, mitunter schnell und sicher nach solchen Zusammenhängen. Zugleich ist ihre Fähigkeit zum Abstrahieren stark ausgebildet. Offensichtlich benutzen sie Baumverfahren intuitiv, ohne in jedem Fall weitverzweigte Bäume aufschreiben zu müssen. Gerade deshalb sollte der angehende Erfinder sich an die Suche von Vernetzungen in Baumstrukturen gewöhnen.

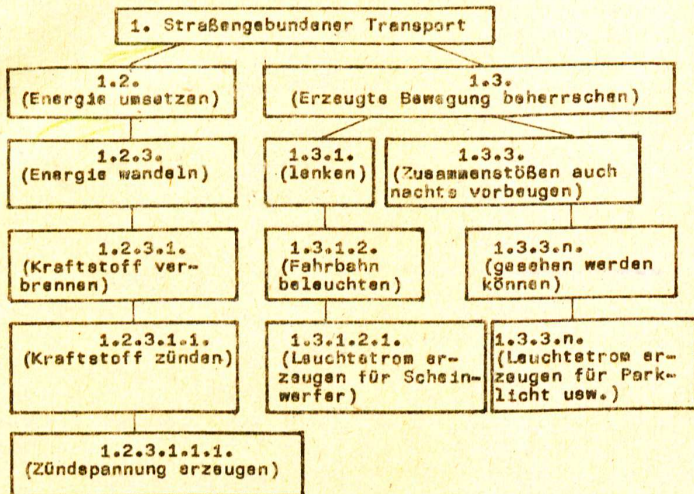
### Erstes Beispiel

1. Verfahren zum straßengebundenen Transport mit autonomer Energieversorgung
  - 1.1. Last aufnehmen (Tragen)
  - 1.2. Energie umsetzen



1.3. Erzeugte Bewegung beherrschen (an lokale und zeitliche, innere und äußere Erfordernisse anpassen)

Ausschnitt aus dem Funktionsbaum zum System "Kraftfahrzeug"



Nun ist zunächst zu entscheiden, ob die Unterteilung aller Zweisteller oder nur eines Teils der Zweisteller sinnvoll ist. Angenommen, es sei ein Problem zu bearbeiten, das die Bereitstellung elektrischer Spannung betrifft. Man sieht sofort, daß dieses Problem dem Ast 1.2. untersteht, denn die Unterteilung von 1.2. ergibt

- 1.2.1. Energie speichern
- 1.2.2. Energie aufbereiten
- 1.2.3. Energie wandeln.

Die noch tiefere Unterteilung führt auf "Starten" und "Zündfunken erzeugen".

Weniger offensichtlich ist, daß das Problem "elektrische Spannung" auch dem Ast 1.3. unterstehen kann, dessen Name auf die Beherrschung der Bewegung hinweist, womit zunächst nur Lenken und Bremsen angesprochen zu sein scheint. Aber zum Beherrschen gehört die Verfügbarkeit von Licht. Also muß auch 1.3. weiter unterteilt werden.

Die Unterteilung braucht nicht vollständig zu sein. (Zu hoher Arbeitsaufwand!) Aber es kann zum Nachteil der Erfindungsaufgabe und ihrer Lösung sein, wenn sie nicht so fein ist, daß sie vor Augen führt: Elektrische Spannung muß bei Fahrt und beim Parken (Parkleuchte, Rundumleuchte, Innenraumbelichtung, Stecklampe!) verfügbar sein.

Ein Teil der erforderlichen Untergliederung ist in der Abbildung wiedergegeben.

Natürlich erinnert das vorstehende Beispiel nur an Vernetzungen, die jedem Kraftfahrer geläufig sind. Obri gens hat die Frage "separate oder gemeinsame Stromerzeugungsanlage für Zündstrom und Leuchtstrom?" in der Vergangenheit eine wichtige Rolle gespielt.

Aber in einem realen Problemlösungsprozeß sind die Zusammenhänge nicht von vornherein für jeden Bearbeiter überschaubar. Die Unterteilung muß so geführt werden, daß sie auch die Bloßlegung von Zusammenhängen anregt, die nicht für jedermann vermutbar oder deutlich sind oder die nicht von jedermann gebührend ernst genommen werden.

### Zweites Beispiel

Von der Pendeluhr zur Kompensationspendeluhr (s. Lehrmaterial "Erfindungsmethodische Grundlagen", Abschnitt 1.9.). Gesucht war ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Sicherung der temperaturwechselresistenten Zeitmessung per Pendeluhr unter Verwendung vorhandener Komponenten. Verfahren bzw. Vorrichtung als Objekt der Untersuchung erhalten als "Stiel" bzw. "Stamm" die Nummer "1". Davon ausgehend ergeben sich insbesondere folgende zwei Teilbäume:

#### a) 1.3. Taktgaben

- 1.3.1. Taktgeber mit Energie versorgen
- 1.3.2. Takt bemessen (Pendelperiode!)
- 1.3.3. Takt auf Hauptantrieb der Uhr zurückkoppeln.

Unter 1.3.2. findet sich

- 1.3.2.1. Pendelgewicht vorm Herunterfallen bewahren
- 1.3.2.2. Distanz zwischen Aufhängung und Schwerpunkt konstant halten

(Bekanntlich werden beide Teilfunktionen vernetzt durch den Pendeletab realisiert)!



- b) 1.5. Uhr gegen abträgliche Umwelteinflüsse sichern  
1.5.1. Uhr gegen "Störfunktion "Temperaturwechsel" sichern.

Mit 1.5.1. könnte die Frage verbunden sein: Welche Varianten gibt es dafür? Das Baumverfahren im Sinne von Arbeitsblatt B.3. angewandt, liefert hierfür keine <sup>bei</sup> Ergebnisse. Wie sich aber herausstellte, wurden <sup>in der Beantwortung</sup> faktisch die beiden folgenden Fragen erfolgreich beantwortet:

→ Können die Störungen zu ihrer Selbstbeseitigung herangezogen werden? (Selbstkompensation?) Kann die Störenergie dazu gebracht werden, sich selbst zu liquidieren?

→ Können im Baum der Pendeluhr Teilfunktionen oder Teilsysteme entdeckt werden, die die Funktion 1.5.1. mit übernehmen, ohne daß großer Zusatzaufwand entsteht? Kann in der Uhr etwas schon Vorhandenes so modifiziert werden, daß es die Störenergie zur Selbstliquidation bringt? Die Uhr selbst, das Vorhandene selbst muß mit dem schädlichen Effekt fertig werden! Eine aufwendige Zusatzmaschine darf gar nicht erst in Erwägung gezogen werden.

Abw des Baumverfahren II kann leicht werden, um Leistende Bedingungen zu schaffen, die  $\rightarrow$  erleichtern, derartige Fragen in Stellung zum Beispiel:

In diesem Sinne kann das Baumverfahren II Leistend entscheidend effektiver sein als die morphologischen Verfahren.

B.5. Morphologische Schemata zur Erzeugung übersichtlicher Mengen von Startvarianten

Vorzugsweise anwendbar im Vorfeld des Erfindens (Basisvariante! Vgl. Erfindungsprogramm Position 2.4. und 2.5.) und zur felddeckenden Steuerung von Patentrecherchen. Im Nachgang des eigentlichen Erfindungsprozesses geeignet zur Variantenbildung beim projektierenden bzw. konstruktiven Ausgestalten der Erfindung und als Hilfsmittel bei der Bestimmung des Schutzzumfanges.

Voraussetzung: Aufgliedern eines technischen Begriffes (z. B. Zerlegen einer Funktion in Teilfunktionen), Auflisten der Glieder als Eingangsspalte. Zum zeilenweisen Ausfüllen der Tabellenfelder können Ideankonferenzen oder Baumverfahren genutzt werden.

a) Morphologischer Kasten, Grundform in Anlehnung an die traditionelle Literatur, demonstriert am Beispiel der Erzeugung von Dankvarianten für den Aufbau einer Uhr: vierzeiliger (vierdimensionaler) morphologischer Kasten.

Morphologisches Schema für Dankvarianten zum Baufbau einer Uhr (Hauptfunktion: Die Zeit zu modellieren)

Teilfunktionen	Varianten für die Teilfunktionen				
	Int	1	2	3	...
Energie empfangen von	Hand	elektr. Netz	Batterie	Wärmequelle	...
Energie speichern mittels	Feder	Akku	Gewicht	Bimetallelement	...
Takt geben mittels	Unruh	Pendel	Netzfrequenz	Schwingquarz	...
Anzeigen mittels	Zeiger	Scheiben	Flüssigkristall	Wandblätter	...

Das Beispiel ist sehr speziell. Folgende Modifikationen sind möglich:

- In der Eingangsspalte können statt Teilfunktionen aufgeführt sein: Funktionseinheiten bzw. Baugruppen.
- Was im Beispiel eine Teilfunktion ist, kann Hauptfunktion einer Funktionseinheit sein, die ihrerseits in Teilfunktionen zerlegbar sein kann.

*mit Teilfunktionen beginnend  
mit Variante beginnend vgl. Fraunhofer 11, S. 59, 62*



- Von Zeile zu Zeile kann die Anzahl der aufgeschriebenen Varianten verschieden sein.

Ist das morphologische Schema aufgestellt, wird jedes Element einer Zeile mit jedem Element der jeweils nächsten Zeile verbunden (aggregiert). Die Aggregate wachsen nach Länge und Anzahl. Am Ende enthält jedes Aggregat aus jeder Zeile genau ein Element. Im Beispiel können so 4.4.4.4. = 256 Varianten durch Aggregation gebildet werden.

In der Regel ergibt sich daraus allein jedoch noch keine erfinderische Leistung, sondern nur eine Übersicht über Denkrichtungen. Problematisch ist die gründliche Beurteilung der Denkvarianten, wenn deren Anzahl sehr groß ist. Treffsicherer Erfinden ist mit dem morphologischen Schema allein nicht trainierbar, sehr wohl aber Vollständigkeit und Konsequenz bei Fallunterscheidungen.

b) Morphologische Matrix. Besteht ein morphologischer Kasten nur aus zwei Zeilen (zwei Dimensionen) oder interessiert man sich vorerst nur für die Aggregation der Elemente zweier Zeilen, kann das Schema in die Form einer Matrix umgebildet werden: Eine Zeile wird als Eingangsspalte, die andere als Eingangszeile geschrieben. In den Matrixfeldern können dann Notizen zur Bewertung der Aggregate eingetragen werden, zum Beispiel: "Soll das Aggregat weiter durchdacht werden oder nicht?" Oder: "Wie werden die vorliegenden Informationen bewertet?"

	Anzeigen mittels			
Takt geben mittels	Zeiger	Scheiben	Flüssig- kristall	Wende- blätter ...
Unruh				
Pendel				
Nutz- frequenz				
Schwing- quarz				

c) Sonderfall einer morphologischen Matrix - eine Spalte mit sich selber konfrontieren.

Beispiel: Paarung verfügbarer Wirkungen (bzw. Funktionseinheiten bzw. Funktionen)  $X_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) eines komplexen technischen Objekts gemäß Erfindungsprogramm, Position 2.14. Die Paare sind daraufhin zu untersuchen, ob und unter welchen Bedingungen nützliche Wirkungen verstärkt oder zusätzlich hervorgerufen bzw. schädliche Wirkungen entschärft oder zur gegenseitigen Kompensation (Tilgung) gebracht werden können. Im günstigsten Fall funktionelle Verschmelzung, Kombinationseffekt: "Das Ganze ist mehr als die Summe der Teile" (synergistischer Effekt). Im Gegensatz zur Aggregation patenthöflich - erfinderische Leistung!

Diese Matrix regt dazu an, alle Paare  $(X_i, X_j)$  zu prüfen. Die Tabellenfelder repräsentieren die Paare. Die Felder können zu Notizen genutzt werden:

- Mit welchem Ergebnis wurde die Prüfung ausgeführt? Sollte nicht ein Kombinationseffekt angestrengt gesucht werden?
- Wie werden nach einer ersten Prüfung die verfügbaren Informationen eingeschätzt? (sog. "Problemmatrix" nach J. Müller)

Nach Aufgliederung des jeweils verfügbaren technischen Objekts in Funktionseinheiten und evtl. Subeinheiten kann die abgewandelte morphologische Matrix exemplifiziert werden. Dabei ergibt sich zunächst unter Berücksichtigung von Arbeitsblatt B.4. (Pendel)

	1.3.1.	1.3.2.	1.3.3.	...	1.5.1.
1.3.1.					
1.3.2.					x
1.3.3.					
⋮					
1.5.1.					

Wenn von der Hauptdiagonale abgesehen wird, enthält die Matrix mindestens 12 Felder, die zur Analyse anstehen. Daß die Vernetzung (Verkopplung) von 1.3.2. und 1.5.1. genauer als alle anderen betrachtet werden sollte, ist zunächst nur eine Vermutung. Für sie spricht die theoretische Überlegung, daß die Temperaturschwankung gerade beim Pendel nicht an der energetischen Kopplung des Pendels mit dem Hauptantrieb der Uhr stört, sondern am Pendel im engeren



Sinne. Das ist ein wichtiges Indiz. Es deutet an, wo die Baumstruktur (B) (Arbeitsblatt B.4.) tiefer gegliedert, welcher Zweig noch weiter verzweigt werden sollte. Aber noch hat man sehr wenig Anhaltspunkte, was mit dem Pendel geschehen könnte. Das Pendelstab in zwei Komponenten mit gegenseitiger störungskompensierender Wechselwirkung zu spalten ist eine beachtenswerte heuristische Aufforderung. Aber man weiß noch wenig, wie die Spaltung und wie die Einheit der Komponenten aussehen könnte.

Das beste ist, 1.3.2. zunächst einmal tiefer zu gliedern und mindestens die Positionen 1.3.2.1. bis 1.3.2.2. (siehe Arbeitsblatt B.4.) als Zeile und evtl. auch als Spalte in die Matrix aufzunehmen. Die tiefere Aufgliederung in Teilobjekte (hier Teilfunktionen) erleichtert es, Lösungsmöglichkeiten aufzudecken. Da aber die Vernetzungsmatrix größer geworden ist, sind mehr Felder (Vernetzungsmöglichkeiten) zu durchdenken. Der hohe Zeit- und Denkaufwand ist aber berechtigt, denn er ist jetzt auf den Abschnitt gerichtet, in dem Aussichten auf überdurchschnittlichen Effektivitätszuwachs (überdurchschnittlich günstiges Ergebnis von Nutzungen zu Realisierungsaufwand) bestehen.

Ober die Paarbildung hinausgehend können auch Tripel ( $X_i, X_j, X_k$ ) im Sinne einer dreidimensionalen Matrix gebildet werden. Die Tripelbildung kann aber dazu führen, daß riesige Variantenmengen geprüft werden müssen, die entsprechende Kapazitäten erfordern. Deshalb empfiehlt sich, auch andere Wege zu Lösungsansätzen in Betracht zu ziehen, vor allem die Fortsetzung der Problemanalyse gemäß Erfindungsprogramm.

+ In diesem Falle

## B.6. Aufgliedern von Teilsystemen in elementare Funktionseinheiten

### Heuristisches Ziel des Aufgliederns:

- Aufklären funktioneller Zusammenhänge in technischen Systemen
- Erkennen und Lokalisieren der Ursachen schädlicher Effekte
- Abgrenzen eines kritischen Funktionsbereiches
- Bestimmen des technisch-naturgesetzmäßigen Bedingungsgefüges (> aber <)
- Aufbau von Schlüsselvarianten für erfinderische Lösungen
- Eingrenzen einer kritischen Wirkstelle
- Aufdecken naturgesetzlicher Wirkprinzipie in Elementarfunktionen der Basisvariante

### Heuristischer Bezug zum Erfindungsprogramm:

Positionen 2 (2.6., 2.7., 2.8.), 5 (5.2., 5.3., 5.4.), 6., 8. (8.2.) vgl. auch Lehrmaterial Teil 3, Abschnitte 2.5. und 4.3.

### Heuristische Voraussetzungen:

- prozeßbezogene Funktion
  - objektbezogene Überföhrungsfunktion
  - technisch-technologisches Prinzip
- } des Teilsystems bekannt bzw. gewählt.

### Heuristisches Vorgehen:

Identifizieren, Definieren und/oder Generieren

- des Verfahrensprinzips
  - des Funktionsprinzips
  - des Technischen Prinzips
- } des Teilsystems
- der gemäß Verfahrensprinzip notwendigen und gemäß Funktionsprinzip hinreichenden Verfahrensstufen
  - der gemäß Funktionsprinzip notwendigen und gemäß technischen Prinzips hinreichenden Verfahrensschritte (Operation, Operand)
  - der gemäß technischem Prinzip notwendigen und den > aber < genügenden technischen Mittel-Wirkung-Beziehungen (Operator, Gegenoperator, Gegenoperation).

### Erläuterungen:

Was sind die Bestimmungsgrößen elementarer Funktionseinheiten?  
Vier Beispiele unterschiedlicher Komplexität.



### Erstes Beispiel:

Metalle formen in der Schmiede

Die Hauptfunktion hat eine charakteristische Teilfunktion. Diese besitzt nur eine einzige Elementarfunktion. Ihre Komponenten sind:

- Operator (Or) - der Hammer
- Operation (On) - beschleunigte Bewegung des Hammers bis zu seiner Einwirkung auf das Schmiedestück
- Operand (Od) - das Schmiedestück (erwärmt plastisch verformbar).

Die Operation würde nicht die beabsichtigte Wirkung haben, wenn das Schmiedestück (Od) bei der Operation (On) des Or auf dem weichen Erdboden liegen würde. Erforderlich sind deshalb

- als GOr der Amboß, d. h. ein Körper mit den Eigenschaften
  - elastisch
  - Massenträgheit so groß, daß bei maximaler Kraft des Hammers die auf die Partikel der Oberschicht des Erdbodens unter dem Amboß ausgeübte Beschleunigung nicht zum Nachgeben des Untergrundes führt;
- als GOn: Aufbau der für die Verformung des Od notwendigen Gegenkraft.

Nutze in analogen Situationen das folgende Muster und suche es auszufüllen:

	Operator Or	Operation On	Operand Od	Gegenop. GOr	Gegenoperator GOn
Elementar- funktion F <sub>10</sub>					

### Zweites Beispiel:

Fixieren eines Bootes gegen Abdrift - ehemals unter Verwendung eines schweren, aus dem Boot geworfenen monolithischen Körpers.

Wie konnte die Wirksamkeit der Fixierung des Bootes erhöht werden? Konnte die Ursache der unerwünschten Abdrift genutzt werden, um ihre eigene Auswirkung zu überwinden? (Die Ursache überwindet sich selbst. Sog. "Selbstmordschaltung").

In derartigen Situationen sind die möglicherweise rückführenden Komponenten mit derselben Sorgfalt zu untersuchen wie die hinführenden. Im vorliegenden vereinfachten Beispiel werden die beiden interessierenden Prozesse wie zwei

vom Objekt (Operand) zum Störfaktor

entgegengesetzt ablaufende Elementarfunktionen behandelt:

	Or	On	Od	GOn	GOr
Funktion "Hin"	Körper auf Meeresgrund	fixiert mittels Schwerkraft und Trägheit	Schiff	ziehen mittels Leine <i>an Or</i>	Wind, Strömung
Funktion "Zurück"	Wind, Strömung	Drücken	Schiff	ziehen	Körper Meeresgrund

Die unerwünschte Wirkung des Windes selbst (siehe erste Zeile) kann mittels des Schiffes selbst zur Quelle von Nutzen gemacht werden: "Verwandle Schädliches in Nützlich." (Altschuller).

Wind und Schiff werden durch Aufschreiben von Hin-Prozeß und Zurück-Prozeß leichter als Potenzen erkannt, die eine "Maschinerie" zur Befestigung des Körpers am Meeresgrund antreiben können. Bekanntlich wurde dem ursprünglichen Monolithen eine Struktur verliehen, durch die er selbst zu dieser "Maschinerie" wird. Eine eigentliche, besondere Maschinerie ist gar nicht notwendig. Kraftschluß am Meeresboden geht dabei in Formschluß über. Analog wurde beim "Pendel" erkannt, daß die umweltinduzierte Wärmeexpansion des (ursprünglich monolithischen) Pendelstabes die Antriebskraft für eine kompensierende Relativ-Verstellung des Pendelgewichts sein kann.

### Drittes Beispiel:

"Schiff/Anker" - Beschreibung des gegenwärtigen technischen Prinzips unter Verwendung aufgegliederter Elementarfunktionen. Das Fixieren des Schiffes ist dabei aufgefaßt als Hilfsfunktion unter Nutzung der zu verhindernden Nebenwirkung der Hauptfunktion (= Selbstkompensation einer schädlichen Wirkung):

Verfahrensstufe	Operation	Operand	Operator	Gegenop.	Gegenoperation
Herstellen einer festen Verbindung zum Meeresgrund (Verhindern des Abdriftens)	Positionieren	Schiff	Antrieb/Ruder	Wind/Strömung/Seegang	Abdriften (Abtreiben)
	Versenken	Anker	Sail	Wasser	Auftrieb
	Schleppen	Anker	Seil und Schiff in Wind/Strömung/Seegang	Meeresboden	Verhaken (Verankern)



#### Viertes Beispiel:

"Kraftfahrzeug", Teilfunktion "Erzeugen des mechanischen Antriebs"; mögliche technische Prinzipie: "Viertakthubkolben" und "Zweitakthubkolben". Die beiden Abbildungen 1 und 2 zeigen, wie beim bisherigen Stand der Technik die Teilfunktion aufzugliedern ist. Die in den beiden Abbildungen dargestellten Aufgliederungen dienen der Beschreibung des bisherigen Standes der Technik. Sie sind eine Grundlage, seiner Kritik sowie der Analyse zum Zwecke der Weiterentwicklung.

#### Heuristischer Kommentar zum Beispiel "Zweitakthubkolbenmotor"

- Unerwünschter Effekt: Spülverluste, dadurch Begrenzung der Leistung, Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs und Belastung der Umwelt
- Kritischer Funktionsbereich: Takt II mit den Elementarfunktionen 3, 4, 8
- >aber< folgen aus den funktionellen Erfordernissen der gegenseitigen Anordnung der verbrennungsraumseitigen Öffnungen von Auslaß- und Überstromkanal gemäß Konstruktionsprinzip (keine Ventile); sie lassen durchmischungsfreie Spülung ohne Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit nicht zu (technisch-technologischer Widerspruch)
- IDEAL: Frischgasgemisch verdrängt in steiler Druckfront das Verbrennungsgas vollständig ohne Durchmischung (schneller Durchgang!); technische Voraussetzung: Erhöhung des Ladadrucks des vorverdichteten Frischgasgemisches.
- Lösungsidee zur Schaffung der technischen Voraussetzungen für das Ideal (außerhalb des kritischen Funktionsbereichs): Abdichten des Zylinderraums gegen den Kurbelraum, möglich gemacht durch starre Kolbenstange, eingebettet im Trennwandgleitlager; Kraftübertragung auf Antriebswelle (Momenterzeugung) über Kulisstein und Kurbelschlaufe im Gegentakt zu einem um  $180^\circ$  versetzt angeordneten zweiten Zylinder mit analoger Kolbenstangenanordnung. Dadurch wird bedeutend geringeres Volumen unterhalb des Kolbens im unteren Totpunkt und damit höhere Vorverdichtung in Elementarfunktion 2 sowie höherer Ansaugunterdruck in Elementarfunktion 1 erreicht. Außerdem wird damit Druckölmulaufschmierung im Kurbelgehäuse möglich.

Vorläufiges Ergebnis: Prototyp, 65 kW, 5500 U/min, Hubraum 1 l,

Elementarfunktionen/Funktionseinheiten						
Verfahrensstufen	lfd. Nr.	Verfahrensschritte		Mittel-Wirkung → Beziehungen		
		Operation	Operand	Operator	Gegenoperator	Gegenoperation
Herstellen des zündwürdigen Kraftstoffgemisches	1	Ansaugen in den Verbrennungsraum	Kraftstoff und Luft	Kurbeltrieb/ Kolben/ Einlaßventil	Vergaser	Zerstäuben im Luftstrom
	2	Antreiben von UT nach OT	Kolben	Kurbeltrieb	Zylinderwandung Zylinderkopf	Aufbau des zündgerechten Drucks des Kraftstoff/Luftgemisches
Erzeugen des Antriebsdrucks	3	Zünden	Kraftstoff/Luftgemisch	Zündkerze	Verbrennungsraum	Ausbreiten der Druckfront
	4	Übertragen	Druck des Verbrennungsgases	Kolben/ Pleuelstange	Kurbelwelle, Kurbellager	Bereitstellen des Gegenmoments
Wiederherstellen des arbeitsfähigen Eingangszustandes	5	Ausstoßen	Verbrennungsgas	Kurbeltrieb/ Kolben/ Auslaßventil	Auspuffanlage	Abbauen des Restdrucks des Verbrennungsgases

Takt      I    II    III    IV  
Elementarfunktionen    1    2    3,4    5

Abb. 1: Verfahrensstufen, Elementarfunktionen und operationales Ablaufschema zum Viertakthubkolbenmotor



Elementarfunktionen/Funktionseinheiten						
Verfahrensstufen	Verfahrensschritte		Mittel-Wirkungs-Beziehungen			
	Operation	Operend	Operator	Gegenoperator		
Herstellen des zündwürdigen Kraftstoffgemisches	1	Ansaugen in das Kurbelgehäuse	Kurbeltrieb/Kolben/Einströmkanal	Vergaser	Zerstäuben im Luftstrom	
	2	Antreiben von OT nach UT	Kolben	Druck des Verbrennungsgases	Kurbelgehäuse	Vorverdichten des Kraftstoff/Luftgemisches
	3	Einleiten in den Verbrennungsraum	vorverdichtetes Kraftstoff/Luftgemisch	Oberströmkanal/Kolben	Restdruck des Verbrennungsgases	Brüchliches Vermischen KL-Gemisch/Verbrennungsgas
	4	Ausepülen	Verbrennungsgas	KL-Gemisch im Verbrennungsraum	Kolben/Ausströmkanal	Rücktau des Verbrennungsgases
	5	Antreiben von UT nach OT	Kolben	Kurbeltrieb	Zylinderwandung	Aufbauen des Druckes des KL-Gemisches
	6	Zünden	KL-Gemisch	Zündkerze	Verbrennungsraum	Ausbreiten der Druckfront
	7	Übertragen	Druck d. Verbrennungsgases	Kolben/Pleuelstange	Kurbelwelle/Kurbelgehäuse	Bereitstellen des Gegenmoments
	8	Ausstoßen	Verbrennungsgas	Druck des KL-Gemisches	Kolben/Ausströmkanal	Abbau des Restdruckes des Verbrennungsgases

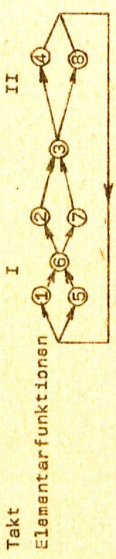


Abb. 2: Verfahrensstufen, Elementarfunktionen, und operationales Ablaufschema zum Zweitakthubkolbenmotor

ausgestellt auf der Hannover-Messe 1988 vom Entwicklungsbüro Ficht GmbH, Kirchseeon bei München, BRD. "Der Ficht-Motor läuft äußerst ruhig, verbrennt kein Öl mehr, und seine Abgase sind so kohlenwasserstoffarm wie die von Viertaktern"; Auszeichnung mit Philip-Morris-Preis.

Entwicklungsperspektiven: 100 PS bei 1 l Hubraum; Bauvolumen etwa 30 % und Masse etwa 40 % niedriger als bei Viertakter gleicher Leistung; Kraftstoffverbrauch des Viertakters erreichbar. Hinsichtlich Stickoxydemission wesentlich günstiger.

Entwicklungstendenzen: Analoge Entwicklungen bei General Motors (Lizenz von Sarich, Australien), elektronische Magergemischeinspritzung (Übergang zum Funktionsprinzip des aufgeladenen Motors), Reduzierung der Masse auf 95 Pfund bei 90 PS. Der Zweitaktmotor "könnte alle heutige Motortechnik in den Schatten stellen" (David E. Cole, Forschungsleiter für Antriebstechnik an der Universität Michigan). Zitate: high Tech., 8. Aug. 88, S. 66 - 68.



*und Konsequenzen*

### B.7. Auflisten technisch-ökonomischer Widersprüche

Grundlage: erste Systemanalysen gemäß Erfindungsprogramm Abschnitt 2. und 3.

Nutzbar zur Realisierung der Positionen 2.15. und 4.1. - 4.4. des Erfindungsprogramms.

Voraussetzung zur Ermittlung des gravierenden Widerspruchs (der gravierenden Widersprüche) durch Experteneinschätzung oder durch erneute Nutzung systemtheoretischer Arbeitsmittel.

Das folgende Schema zeigt die Grundform: Die technisch-ökonomischen Parameter  $X_i$  sind aus den ABER und den Zielgrößenkomponenten herausgearbeitet. Es besteht überschlägiger Einblick oder besser durch Systemanalyse erzielte genaue Einsicht in ihre Zusammenhänge, die durch die technische Struktur der Basisvariante (Startvariante, Referenzmuster im Stand der Technik) bestimmt sind. Nun verbessert man (in Gedanken oder experimentell) einen technisch-ökonomischen Parameter nach dem anderen. Welche Konsequenzen hat das für jeden technisch-ökonomischen Parameter? Zuvor kann eine Tabelle dieser Art bereits benutzt worden sein, um Feld für Feld Noten für die Aussagekraft vorliegender Informationen einzutragen. (Problemmatrix nach J. Müller). Jetzt geht es aber darum: Was geschieht? Die Ergebnisse werden durch Symbole oder Notizen in der Tabelle vermerkt.

Beim momentanen Stand der Analyse interessiert:

- Sind die Konsequenzen erwünscht? Verhalten sich die Parameter "kooperativ", so daß eine Verbesserung die andere befördert? Wozu kann das ausgenutzt werden?
- Sind Konsequenzen etwa nicht sichtbar? Verhalten sich die Parameter bei Werte-Variation indifferent zueinander? Oder wird tatsächlich bestehende Abhängigkeit durch ein Drittes verdeckt?
- Ist die Konsequenz unerwünscht? Hat die Verbesserung der Werte eines Parameters die Verschlechterung der Werte anderer zur Folge? Schließen sich die Verbesserungen gegenseitig und in zunehmendem Maße aus? Die Zwangsläufigkeit der Ausschließung ist dann die Einheit der Gegensätze. Ein (dialektischer) technisch-ökonomischer Widerspruch liegt vor. Im jetzigen Stadium der Analyse kommt es darauf an, vor allem dies in der Tabelle zu vermerken.

Man kann sich das nachfolgende Muster vorstellen als eine Abwandlung der von Altschuller vorgeschlagenen Tabelle technischer Widersprüche. (Altschuller unterscheidet nicht zwischen technisch-ökonomischen und technisch-technologischen Widersprüchen.) Altschuller nimmt an, daß es generell 39 verschiedene Klassen technischer Parameter gibt. Jede Klasse wurde von ihm zum einen als Eingang einer Zeile und zum anderen (zugleich) als Eingang einer Spalte geschrieben, so daß eine Tabelle mit 39 mal 39 Feldern entstanden ist (vgl. Arbeitsblatt B 10):

	1	2	3	...	39
1					
2					
3					
.					
39					

Der Nutzer hat nun herauszufinden, in welcher Klasse (Zeile sowie Spalte) die von ihm herausgearbeiteten Parameter  $X_i$  liegen. Die Felder der Tabelle können dann wie vorstehend beschrieben ausgefüllt werden. Altschuller selbst springt an dieser Stelle unvermittelt in die Lösungsphase, indem er generell angibt, welche Lösungsstrategien sich in der jüngeren Technikgeschichte als besonders erfolgreich erwiesen haben. Als Lösungsstrategien fungieren hierbei die vierzig Prinzipie zur Lösung technischer Widersprüche (siehe Arbeitsblatt B.10.), deren Nummern von Altschuller in seine allgemein empfohlene Tabelle eingetragen sind.

Es hat den Anschein, als genüge es, die Matrix unterhalb der Hauptdiagonale auszufüllen. Da aber  $X = f(X_a)$  eine nichtlineare Funktion sein kann, braucht  $X_k \uparrow$ ,  $X_1 \downarrow$  nicht dasselbe zu sein wie  $X_1 \uparrow$ ,  $X_k \downarrow$ .

Vorstehende Matrix kann auch bei Analysen sehr komplexer Systeme genutzt werden, die erforderlich sind, um noch im Vorfeld spezifizierter Erfindungsaufgaben, etwa bei perspektivischen Analysen komplexer F/E-Projekte, vorläufige Einsichten in Problemschwerpunkte zu gewinnen. So ergab eine Analyse der Zielgrößenkomponenten für ein universell nutzbares mobiles Fassadenlift-System (Bauwesen) folgende hypothetische Auflistung der erforderlichen Teilfunktionen:

1. Arbeitsbühne antreiben
  - 1.1. Treiben
  - 1.2. Fahren
  - 1.3. Last umlenken



- Knotenpunkte 5/18
2. Arbeitsbühne halten
    - 2.1. Halten
    - 2.2. Auflager (auf Bauwerkeshülle) ermöglichen
    - 2.3. Bremsen
    - 2.4. Lastmoment kompensieren (z. B. Ballast, Gegengewicht)
  3. Anpassen an Gebäudeprofile verschiedener Art
    - 3.1. An Grundriß anpassen
    - 3.2. An Längsprofil anpassen
    - 3.3. An Querprofil anpassen
  4. Montierbarkeit gewährleisten
    - 4.1. Funktionseinheiten präzise distanzieren
    - 4.2. Verbindungen zuverlässig gewährleisten
    - 4.3. Handhabbarkeit der Elemente für rasche Montage und Demontage gewährleisten
    - 4.4. Elemente nach Montage justieren

Es wurde ein Referenzmuster zugrundegelegt, aber hinsichtlich der vorstehenden 3 + 4 + 3 + 4 Funktionen wurden gedanklich die Anforderungen erheblich verschärft. Dazu wurde die folgende Matrix formuliert. Kollektive Experteneinschätzung ergab, daß die Aufmerksamkeit voraussichtlich auf acht Widersprüche zu richten ist, mit denen bei erheblich verschärften Anforderungen vor allem unter dem Gesichtspunkt der Herstellungsökonomie zu rechnen ist. Das wurde in der Matrix durch Kreuze symbolisiert:

	1.1.	1.2.	1.3.	2.1.	2.2.	2.3.	2.4.	3.1.	3.2.	3.3.	4.1.	4.2.	4.3.	4.4.
1.1.														
1.2.														
1.3.														
2.1.														
2.2.		x												
2.3.														
2.4.		x												
3.1.								x						
3.2.														
3.3.									x					
4.1.		x												
4.2.		x												
4.3.		x												
4.4.		x												

Weitere Experteneinschätzung ergab, daß drei der acht voraussehbaren technisch-ökonomischen Widersprüche vermutlich Schlüsselcharakter haben. Demnach wären deren Lösungen die Eckpfeiler der weiteren Arbeit.

# Linde

## B.8. Ermitteln technisch-ökonomischer Widersprüche

Grundlage: Abhängigkeiten technisch-ökonomischer Parameter  $X_1$  von technisch-technologischen Parametern  $Y_j$ . Arbeitsblatt nach Linde (Diss. TUD 1988).

Das Arbeitsblatt kann nach Systemanalyse **sehr präzisiert** ausgefüllt werden, wie sie auch im Erfindungsprogramm Abschnitt 2 empfohlen ist. Im Arbeitsblatt können die Ergebnisse festgehalten werden, die gemäß Erfindungsprogramm Positionen 2.15., 4.1. und 4.2. zu erarbeiten sind. (Ausführliche Analyse bei Linde).

Das nachfolgende Schema ist als Beispiel ausgeführt. (Ausführliche Analyse bei Linde). Die technisch-ökonomischen Parameter sind so normiert, daß ihre Zahlenwerte steigen müssen, um die ABER und die Zielgröße zu erfüllen. Im Schema wird mit Pfeilen ausgewiesen, wie sich dann - den systemanalytisch zuvor ermittelten Zusammenhängen folgend - die Werte der technisch-technologischen Parameter verändern müßten. Das Schema vermittelt nun den Überblick, daß ein Teil der technisch-ökonomischen Parameter gerade auf Grund der Zusammenhänge im technischen Objekt zwangsläufig entgegengesetzte, einander ausschließende Forderungen an technisch-technologische Parameter stellt. Daraus folgt - wie ablesbar - :

Beim Stand der Technik ergeben sich mehrere technisch-ökonomische Widersprüche. Kräftiges Verbessern eines technisch-ökonomischen Parameters führt - beim Stand der Technik - zwangsläufig zum Verschlechtern eines anderen. Die Zwangsläufigkeit beruht auf der gemeinsamen, aber entgegengesetzt gerichteten Abhängigkeit von ein und demselben technisch-technologischen Parameter.

Die folgende Wiedergabe weicht in einigen Bezeichnungen von Linde ab. Die Analyse ist in der nachfolgenden Darstellung nicht enthalten.

Das Beispiel betrifft die Erhöhung der Qualität und der Herstellungseconomie von Eiskrem im Strang, von dem leicht Portionen zum Verpacken abgetrennt werden können. Die technisch-ökonomischen Parameter sind als Zeileneingänge notiert. Die jeweils vorrangig zu beachtenden technisch-technologischen Parameter, von denen erstere abhängen, sind als Spalteneingänge aufgeschrieben. Es bedeuten:

- $Y_1$  Temperatur des Eiskrems vor und nach dem Härten
- $Y_2$  Temperaturdifferenz der Gefriereinrichtung während der Härtezyklen



- $Y_3$  mittlere lineare Gefriergeschwindigkeit des Eiskrems  
 $Y_4$  Pausenzeit in der Förderbewegung des technischen Systems  
 $Y_5$  Wärmedurchgangsfläche vom Eis zur Gefrierkrem.

Die Pfeile zeigen an, wie sich die Werte der technisch-technologischen Parameter ändern müßten, wenn die Werte der technisch-ökonomischen Parameter in bezug auf ein Referenzmuster verbessert werden sollen.

technisch- technologisches Parameter / technische ökonomische Parameter	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$
$X_1$ Oberflächengüte der Softeis-Portion	↑	↑		↓	
$X_2$ Geschmack der Stücke	↓	↓	↑		
$X_3$ Handhabbarkeit der Portionen				↑	
$X_4$ Transportökonomie				↓	
$X_5$ spezifischer Energiebedarf pro Portion	↓	↓			↑
$X_6$ Gefrierzeit	↓	↓	↑		↑
$X_7$ Zuverlässigkeit des Einfüll-, Härte- u. Ausformprozesses	↑	↑		↑	↓
$X_8$ Kontinuität des Einfüll-, Härte- und Ausformprozesses	↓	↓		↓	↓

Aus der Tabelle läßt sich ablesen, daß ein technisch-ökonomischer Widerspruch besteht zwischen

$X_1$  und  $X_2$  bezüglich  $Y_2$

$X_1$  und  $X_4$  bezüglich  $Y_4$

$X_1$  und  $X_5$  bezüglich  $Y_1, Y_2$

$X_1$  und  $X_6$  bezüglich  $Y_1, Y_2$

$X_1$  und  $X_8$  bezüglich  $Y_1, Y_2$

$X_2$  und  $X_7$  bezüglich  $Y_1, Y_2$

$X_2$  und  $X_8$  bezüglich  $Y_1, Y_2$

$X_3$  und  $X_4$  bezüglich  $Y_4$

$X_3$  und  $X_8$  bezüglich  $Y_4$

$X_4$  und  $X_7$  bezüglich  $Y_4$

$X_5$  und  $X_6$  bezüglich  $Y_5$

$X_5$  und  $X_7$  bezüglich  $Y_1, Y_2$

$X_6$  und  $X_7$  bezüglich  $Y_1, Y_2, Y_5$

$X_6$  und  $X_8$  bezüglich  $Y_5$

$X_7$  und  $X_8$  bezüglich  $Y_1, Y_2, Y_4$

*Skizze der Welt der Zielgrößen*

Außerdem zeigt die Tabelle, welche technisch-ökonomischen Parameter bezüglich welcher technisch-technologischen Parameter "kooperativ" sind. Zwei technisch-ökonomische Parameter können sowohl gegensätzlich als auch kooperativ zueinander sein, je nach dem technisch-technologischen Parameter, in dessen Abhängigkeit das Paar beider technisch-ökonomischen Parameter betrachtet wird.

Schließlich kann ein Parameter auch in sich selbst widersprüchlich sein, nämlich gespalten nach den Konsequenzen, die er (unter einem übergreifenden Gesichtspunkt - hier der Effektivitätsentwicklung -) bei anderen hierzu notwendigen Faktoren hervorruft. Diese Konsequenzen können einander entgegengesetzt sein. Damit kann die Tabelle speziell auch als Veranschaulichung der Position 4.2.b) des Erfindungsprogramms dienen.

In der Terminologie des Erfindungsprogramms (Position 2.15.b)) sind die  $Y_1$  der vorstehenden Tabelle "Leitgrößen", z. B. "Führungsgrößen". Der Tabelle entsprechen die Analysresultate, die gemäß Erfindungsprogramm Positionen 2.15.a), b), c), 4.1., 4.2. und 5.1. zu erarbeiten sind. Die in 4.4. enthaltene Empfehlung, denjenigen technisch-ökonomischen Widerspruch auszuwählen, der Schlüsselcharakter für die Effektivitätsentwicklung besitzt, erschließt natürlich die nachfolgenden vertiefenden Systemanalysen.

Im vorliegenden Beispiel gibt die Matrix Anlaß zur Vermutung, daß einige technisch-technologische Parameter eine Art Schlüsselcharakter für die Entstehung mehrerer technisch-ökonomischer Widersprüche besitzen. Im vorliegenden Beispiel sind von 15 technisch-ökonomischen Widersprüchen 9 von  $Y_1$  und/oder  $Y_2$  abhängig, darunter 7 ausschließlich. Anders gesagt:  $Y_1$  und  $Y_2$  bringen rund die Hälfte der technisch-ökonomischen Widersprüche hervor. Was bedeutet das heuristisch?

- Es sind Rückschlüsse möglich darauf, wo der technisch-ökonomische Widerspruch zu suchen ist, der Schlüsselcharakter besitzt.
- Dafür kann entscheidend sein herauszufinden, welche technisch-technologischen Parameter Schlüsselcharakter für die Entstehung von technisch-ökonomischen Widersprüchen haben.
- Es lassen sich Vermutungen ableiten, ob die Lösung eines Teils der technisch-ökonomischen Widersprüche zum Gegenstand separater Erfindungsaufgaben werden könnte, im Beispiel etwa die technisch-ökonomischen Widersprüche, die nicht von  $Y_1$  und/oder  $Y_2$  abhängen.



- Es entsteht eine günstige Position, um zu unterscheiden zwischen "technisch-ökonomischen Widersprüchen mit Schlüsselcharakter" und "technisch-ökonomischen Widersprüchen mit dem augenblicklich größten Gewicht im technisch-ökonomischen System". (Diese zwei Begriffe sind streng auseinanderzuhalten.)
- Es bleibt die Entscheidung zu fällen, ob die Aufmerksamkeit auf einzelne oder auf alle technisch-ökonomischen Widersprüche zu richten ist. (Linde entschied sich für letzteres.) Solche Entscheidungen können dem Leiter vorbehalten sein. Sie sind aber ohne Expertenuntersuchungen gemäß vorstehender Tabelle nicht rationell begründbar.
- Vorstehende Tabelle zeigt nicht nur im Sinne des Erfindungsprogramms (Position 4.4.), welche technisch-ökonomischen Parameter hinsichtlich ihrer Konsequenzen innerlich in Gegensätze gespalten sind, sondern auch, bei welchen technisch-technologischen Parametern bezüglich ihres Einflusses auf technisch-ökonomische Widersprüche eine (innere) dialektische Spaltung eintritt.  
(In der sog. Spin-Glas-Theorie werden analoge dialektische Erscheinungen derzeit als "Frustration" bezeichnet. Diese Wortwahl ist nur partiell treffend. Sie resultiert aus Assoziationen, die nicht völlig unberechtigt sind. Sie behindert zugleich das Anliegen: Weiterführendes Denken in Bewegung zu setzen, im konkreten Widerspruch die Keime seiner Lösbarkeit aufzudecken, die Lösbarkeit erfinderisch nachzuweisen.)
- Die spaltenweise Betrachtung der Pfeile in vorstehender Tabelle zeigt, daß unter  $Y_3$  alle  $Y_1$  in sich gespalten sind. Die Spaltung technisch-technologischer Parameter zu erkennen führt nahe an die Formulierbarkeit von technisch-technologischen Widersprüchen heran.

Demontsprechend verfuhr Linde. Beim Referenzmuster trat zunächst als Zwischenergebnis der weiteren Systemanalyse folgender schädlicher Effekt in Erscheinung:

"das wechselnde Temperaturniveau der Gefriereinrichtungen zum zuverlässigen Ausformen der Eiskrömmstücke in jedem Arbeitszyklus von ca.  $-35^{\circ}\text{C}$  auf ca.  $+20^{\circ}\text{C}$ , denn es verhindert eine Verringerung des spezifischen Energiebedarfs und eine Verkürzung der Gefrierzeit."

Weitere schädliche technische Effekte wurden gesondert beachtet. Zu dem zitierten stE fand Linde als Ergebnis weiterer Systemanalyse unter Einfluß von Idealbildungen und Herausarbeitung der  
> aber <

- als dementsprechenden technisch-technologischen Widerspruch: Der Härteprozeß muß kontinuierlich und bei gleichbleibend tiefer Temperatur der Gefriereinrichtung durchgeführt werden.

Andererseits:

Um die Zuverlässigkeit des Ausformens des gehärteten Eiskrems zu sichern, muß die Temperatur an der Kontaktfläche zwischen Form und Eisstück beträchtlich über der Temperatur in der Härtephase liegen.

- als dementsprechenden technisch-naturgesetzmäßigen Widerspruch: Zur Erzielung eines hohen Wärmeübergangs während des Härtens muß zwischen Eiskrem und den Gefrierflächen eine Haftkraft vorhanden sein.

Andererseits:

Zur Erzielung einer zuverlässigen Trennung während des Ausformens darf zwischen Eiskrem und den Gefrierflächen keine Haftkraft vorhanden sein.

Der patentierten Lösung (WP A 23G/198 411 8) liegt insbesondere folgender Gedanke zugrunde: Eiskrem enthält mit der Milch auch Wasser. Das gefrierende Wasser übt auf Grund seiner Anomalie eine Druckkraft auf die Gefrierfläche aus. Das dient dem guten Wärmeübergang, widerspricht aber u. a. den Forderungen an die Ausformbarkeit. Ist nun die Gefrierform (der Querschnitt des Eisstranges) nicht rechteckig, sondern leicht trapezförmig, so entsteht mit der wachsenden Druckkraft eine wachsende Kraftkomponente, mit der sich die Eiskrem "von selbst" aus der Form herausdrückt. Das funktioniert sehr gut, weil die Kohäsion der Eiskrem größer ist als die Adhäsion an den Metallflächen der Gefriereinrichtung.

Auch die anderen Widersprüche wurden gelöst. Die Überleitung in die Produktion ist vollendet.

---

/1/ H. J. Linde: Gesetzmäßigkeiten, methodische Mittel und Strategien zur Bestimmung von Entwicklungsaufgaben mit erfindersicherer Zielstellung. Fakultät für Maschinenwesen des wissenschaftlichen Rates der Technischen Universität Dresden. Eingereicht 1987, verteidigt 1988



### B.9. Zum Training der historischen Denkweise

Ausnutzung der historischen Denkweise für den zielstrebigem Erfinder fundamental ist in vielfacher Weise möglich. Im Erfindungsprogramm werden besonders mit den Positionen 1.4., 4.2., 4.3., 7.1., 8.2. objektbezogene entwicklungsgeschichtliche Überlegungen empfohlen. Die folgenden speziellen Anregungen decken nicht das ganze Spektrum. Sie werden ergänzt werden müssen. Doch könnten auch die Operationen der Arbeitsblätter 6 und 7 der historischen Denkweise zugeordnet werden.

Training im erfinderischen Denken schließt nicht nur Training der historischen Denkweise überhaupt, sondern Training der Aufmerksamkeit auf allgemeine Entwicklungsgesetze und allgemeine, oft wiederkehrende Entwicklungsformen in der Technik ein. Dieses spezielle Training der historischen Denkweise trägt dazu bei,

- die Technik in ihrer Entwicklung (und nicht nur in ihrem Stand) zu sehen;
- Differenzierungsvermögen für zu Bewahrendes (das Vorhandene ausschöpfen!) und zu Überwindendes auszubilden;
- die Fähigkeit zur Gewinnung von Anregungen für Denkstrategien (auch qualitativ neue!) aus der Analyse der Entwicklungsdialektik der Technik auszubauen;
- die alte Gewohnheit abzubauen, lineare Abhängigkeiten immer nur als lineare und quantitative Veränderungen immer nur als quantitative zu sehen;
- das Abstraktionsvermögen zu stärken;
- das Denken in Analogien auszubilden.

In jüngster Zeit sind Vorschläge für zusammenfassende Listen von Entwicklungsgesetzen bzw. allgemeinen Entwicklungsformen der Technik veröffentlicht worden. Daraus wird im folgenden eine Auswahl vorgelegt. Diese Auswahl sollte

- im Zusammenhang mit anstehenden Entwicklungs- (F/E)- Aufträgen immer wieder befragt werden;
- vom Ingenieur durch Literaturstudium und vor allem durch eigene Beobachtungen ergänzt, präzisiert und tiefer gegliedert werden;
- zum Training auch mit Beispielen aus der technikgeschichtlichen Literatur belegt werden.

Damit trainiert man das Denken in Analogien. Zugleich ist

auch eine kritische Haltung zu den vorgeschlagenen Listen anzuraten.

Im Erfindungsprogramm, Abschnitt 9.3. sind die publizierten Vorschläge en bloc berücksichtigt. Sie sind in den Zusammenhang der empfohlenen situationspezifischen, bedürfnisgetreuen Analyse einzubetten (Bedürfnis - ABER - Zielgröße - Widersprüche - Ideal usw.).

In diesem Zusammenhang können sie heuristisch wirksam werden. Der Erfinder ist durch die vorangegangenen Analysen aufgeschlossen. Gedankliche Materialien sind in der Vorstellung ausgebreitet. Es müssen viele Materialien ausgebreitet sein (schöpferische Tätigkeit!). Aber sie sind ausgebreitet wie Blätter im Wind. Das ist typisch für den schöpferischen Prozeß (Neuland!). Oft gelingt es nicht, diese Materialien auch zusammenzuhalten, um sie simultan sehen zu können. Aber im Gehirn soll es stürmen (brain-storming!). Die Vorstellungskraft ist aufs äußerste angespannt. Soll sie außerdem noch in mühseligen Suchprozessen angespannt werden, können die Gebilde der Phantasie, die anfällig sind wie lose Blätter, wie Kartenhäuser unter freiem Himmel zum Einsturz kommen. In dieser Situation bewirken die Listen erhebliche Entlastung der Phantasie. Sie liegen fertig vor Augen und brauchen nur durchdacht zu werden. Auf ihren Gebrauch muß man vorbereitet sein. Die Vorstellungskraft verfügt dann über freie Kapazität zur Analyse bisher unzugänglicher Zusammenhänge.

Dagegen birgt Nutzung der Listen von Entwicklungsgesetzen und allgemeinen Entwicklungsformen, wenn sie ohne situationspezifische Analyse erfolgt, das Risiko schematischen, unhistorischen, spekulativen Vorgehens in sich und führt in der Regel zu Frustrationen.

Die folgenden Listen enthalten überwiegend Elemente, die dem Ingenieur bekannt sind. Das Eigentümliche besteht darin, daß durch die Listen ermöglicht wird, mühelos mit Gesamtheiten, mit "Spektren" von Gesetzen und Entwicklungsformen zu arbeiten.



Linde 1973 S. 296 H

A.) Liste A Überwiegend nach Altschuller /1/ und Linde /2/,  
gekürzt und z. T. modifiziert.

a) Aufbaugesetze. Sie bestimmen die Anfangsperiode im Leben technischer Systeme.

1. Gesetz der Vollständigkeit der Teile eines Systems:

- Vorliegen der Hauptteile mit funktioneller Mindesteignung,
- Steuerbarkeit mindestens eines dieser Teile

2. Gesetz der energetischen Leitfähigkeit eines Systems:

- Jedes technische System ist Energiewandler,
- Energieübertragung kann erfolgen
  - stofflich
  - feldförmig
  - stofflich-feldförmig (z. B. Strom geladener Teilchen);
- Energiebrücken können sein:
  - homogen (Art der Energie bleibt bei Übergang erhalten)
  - heterogen;
- Voraussetzung für Steuerbarkeit bzw. Meß- und Nachweisbarkeit eines Teiles:
  - Energieleitfähigkeit,
  - Informationsleitfähigkeit.

3. Gesetz der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems:

- Bewegungsablauf aller Teile des Teilsystems aufeinander abgestimmt;
- anzustrebende Abstimmungen
  - Synchronität von Bewegungen
  - Resonanz von Schwingungen
  - Kontinuität des Ablaufs.

b) Entwicklungsgesetze technischer Systeme:

1. Gesetz der Erhöhung des Grades der Idealität eines Systems:  
Gegen Null gebracht werden:

- Masse,
- Volumen,
- Fläche,
- Energieverbrauch,
- Abfälle,
- Störungen,
- Stillstandszeiten,
- usw.

Aber:

- . Arbeitsfähigkeit bleibt erhalten,
  - . Leistung steigt,
  - . Operationen erfolgen zunehmend "von selbst".
2. Gesetz der Ungleichmäßigkeit der Entwicklung der Teile eines Systems (Ursache, Erscheinungsform und Folge der Widersprüchlichkeit aller Entwicklung).
- Beispiele:
- Schiffsbau: Ungleichmäßigkeit der Entwicklung von
    - . Antriebssystemen,
    - . Bremssystemen,
  - **Elektrotraktion der Eisenbahn:**
    - . Durchlaßfähigkeit der Streckenabschnitte,
    - . Unabhängigkeit von extremen Wiedereinflüssen.
3. Gesetz des Übergangs in ein Obersystem: "Nach Erschöpfung seiner Entwicklungsmöglichkeit wird ein System als ein Teil in ein Obersystem aufgenommen: Dabei erfolgt die weitere Entwicklung auf der Ebene des Obersystems."
4. Gesetz der Unerschöpflichkeit der Entwicklung technischer Konzepte - die scheinbare Beharrung beim Alten.
- Die Gültigkeit dieses heuristischen Gesetzes wird häufig angefochten. Wann gilt das Gesetz, und wann gilt es nicht?

Beispiele:

- Fahrrad
  - . Draisine mit Holzrädern,
  - . Stahlrahmenfahrrad mit Luftbereifung,
  - . Klapprad (dritte Erfindung des Fahrrads),
  - . Tretmobil mit superleichter Verkleidung (Luftwiderstandsverminderung, Wetterschutz, Konditionstrainer!) Umweltfreundliches, benzinfreies Verkehrsmittel! In höchst entwickelten Industrieländern in Vorbereitung (vierte Erfindung des Fahrrads)
- Zweitaktmotor für PKW. Dreizylinder-Testmotor mit neuartiger Kraftstoff-Luft-Gemisch-Erzeugung bei General Motors. Vorbereitung der Serienproduktion. (Vgl. Der Neuerer, 7/1988, S. 147; weitere Informationen Arbeitsblatt B.6.)



D<sub>3</sub>  
5. Gesetz der Ausnutzung der Nichtlinearität /4/

Der leichteren Beschreibbarkeit wegen werden mathematische Funktionen zur Widerspiegelung technischer und naturgesetzlicher Vorgänge meist linearisiert. Wird diese gedankliche Vereinfachung wieder zurückgenommen (Umkehroperation!), so werden Einblicke in die Entwicklungsperspektive technischer Objekte freigegeben. Vor allem dann, wenn Variable über übliche Variationsintervalle hinausgehend vergrößert oder verkleinert werden (vgl. auch MZK-Operator nach Altschuller), treten Nichtlinearitäten gravierend in Erscheinung. Bisher unbeachtete Wirkprinzipien machen sich unübersehbar geltend, Qualitätsumschläge kommen in Sicht. Das kann schädlich oder nützlich sein. Aus beiden kann der Erfinder Anregungen beziehen. Der Prognostiker kann Voraussagen einleiten.

Grundsatzbeispiele:

- 4.11.11 =  
LKW =
- D<sub>3</sub>
- Das Verhältnis von Volumen zur Oberfläche eines regelmäßigen konvexen Körpers wirkt bei Maßstabvergrößerung
    - wie eine Kraft zur Verhinderung von Verlusten (pro Volumeneinheit) im Energieaustausch mit der Umgebung,
    - bzw. wie eine Kraft zur Einsparung von Baukapazität und Material bei der Herstellung von Umhüllungsfläche.

D<sub>3</sub>

Es wird unter sonst gleichen Bedingungen etwas möglich, was vorher nicht möglich war: Qualitätssprung! Des sog. Qualitäts =  
sprung besteht darin, daß wir allmählich ein Zielobjekt erreichen

- D<sub>3</sub>
- Die aerodynamischen Kräfte, die an einem Landfahrzeug angreifen, wachsen mit der 2. Potenz der Geschwindigkeit. Es existiert
    - eine Kraft zur Erzeugung zusätzlichen Energieverbrauchs pro Fahrkilometer,
    - aber auch eine Auftriebskraft, die das Fahrzeug zum Luftfahrzeug machen kann.
- Ziele Kraft vermindert

- D<sub>3</sub>
- Beim vierbeinigen Typ des Landtieres wächst (annähernd) die Fläche der Füße (die das Gewicht aufnehmen) mit der zweiten, aber das Volumen (Gewicht) des Körpers mit der dritten Potenz der Schulterhöhe. Mit der Schulterhöhe wächst eine belastende Zusatzkraft pro Einheit Fußfläche. Die Baupläne "Wirbeltier" bzw. "Vierbeiner" werden problematisch. Für Landtiere größer als Elefant wären andere Baupläne nötig. Die

Umkehrung ist noch interessanter: Mit abnehmender Körpermasse der Tiergattungen bestehen - auf Grund anderer Zusammenhänge mit nichtlinearer Charakteristik - Erfordernisse und Möglichkeiten zu originellen Formen des Stoffwechsels und der Fortbewegung, z. B. flugfähige Tiere.

- Nach dem Ohmschen Gesetz ist  $U$  eine lineare Funktion von  $I$ . Demgemäß hat ein Stück Draht eine lineare  $I, U$ -Kennlinie. Bei genügender Zunahme des Stromes  $I$  erweist sich die Kennlinie des Leiters jedoch als nichtlinear. Das deutet auf Zusammenhänge, die tatsächlich erfinderisch genutzt worden sind oder denen durch Erfindungen entgegengewirkt werden mußte.

Man trainiert die Aufmerksamkeit für erfinderisch interessante Zusammenhänge, indem man

- in Gedanken Parameterwerte extrem groß oder extrem klein werden läßt (MZK-Operator nach Altschuller);
- die bekannten oder mutmaßlichen Nichtlinearitäten ins Auge faßt;
- die schädlichen und die nützlichen praktischen Konsequenzen hinzudenkt;
- beim Beobachten seiner Umgebung (Technik, Natur, Gesellschaft) und beim Lesen von Zeitungen, Zeitschriften, Arbeitsberichten, Büchern usw. beiläufig (ohne großen Aufwand) Beispiele sammelt.

Dem Training des Umgangs mit Linearisierungen müßte unter erfindungsmethodischem Gesichtspunkt ein Training des Erkennens, Verfolgens und Durchdenkens von Nichtlinearitäten an die Seite gestellt werden.

c) Entwicklungstendenz technischer Systeme (nach Herrig sowie nach Linde)

- Systemzustände vielfältiger
- Systemzustände multistabiler
- Funktionserfüllung einfacher, fast "von selbst"
- Funktionserfüllung anpassungsfähiger
- Strukturvielfalt größer
- Strukturaufbau modularer
- Strukturbindung lockerer
- Struktur dynamisierter (wandelbarer)
- Energiepotential konstanter



B.) Liste B Einige Evolutionsschritte bei der Herausbildung höher organisierter Strukturen. Auszug aus R. Reichel /3/

1. Aggregation von gleichartigen Funktionselementen- bzw. -gruppen (Windmühlenflügel, Wasserrad, Egge, Mehrzylindermotor)
2. Strukturelle Differenzierung und funktionelle Spezialisierung (Hammer, Pfeil und Bogen, mechanische Uhr, Verkehrs- und Nachrichtensysteme)
3. Hierarchische Aufteilung der Gesamtfunktion auf mehrere Funktionsebenen (Takelage von Segelschiffen, Speicherhierarchie in Rechnern)
4. Ausbildung redundanter Strukturen (Säulenhalle, Notbeleuchtung, Bremsysteme in Fahrzeugen, Flugzeugtriebwerke)
5. Ausbildung einer synchronen Rhythmik von gekoppelten Teilprozessen (Geleere, Gewindeschneiden, Webstuhl, Kopplung von Stahlwerk-Walzwerk)
6. Zeitlich begrenzte Funktionsautonomie (Gewichte- und Federuhr, Batteriegeräte, Kraftfahrzeug)
7. Stabilisierung von Stoff- und Energieflüssen durch Anwendung des Speicherprinzips (Zisternen, Wärmespeicher, Pumpspeicherwerke, Werkstückmagazine)
8. Prinzip der Parallelverarbeitung (Satztechnik beim Drucken, Mehrspindelbohrmaschine, kollektive Halbleitertechnologien, parallele Datenverarbeitung)
9. Teilung von Wirk-, Informations- und Steuerfunktion (Jacquard-Webstuhl, Thermostat, NC-Maschine)
10. Anwendung des Prinzips der bedingten Reflexe (Koinzidenzschaltungen, Speicherdirektzugriff beim Rechner)
11. Systemkompatible Informationsspeicherung (Schrift, Zeichnung, analoge Tonfrequenzspeicherung, digitale Datenspeicherung)
12. Selbstüberwachung und Schutzfunktion (Sicherheitsventil, Sollbruchstelle, Havarieprogramm)
13. Programmierbarkeit (Kurvenscheibe, festes EDV-Programm, frei programmierbarer Rechner)

#### 14. Lernfähigkeit

(Teach-in-Roboter, Lernprogramme)

Die Reihenfolge der Aufzählung beansprucht nicht, allgemeingültig zu sein.

#### Literatur:

- /1/ G.S. Altschuller: Erfinden - Wege zur Lösung technischer Probleme. Verlag Technik, Berlin 1986
- /2/ H.J. Linde: Gesetzmäßigkeiten, methodische Mittel und Strategien zur Bestimmung von Entwicklungsaufgaben mit erfinderischer Zielstellung (Dissertation). TU Dresden 1988
- /3/ R. Reichel: Dialektisch-materialistische Gesetzmäßigkeiten der technischen Evolution. URANIA-Schriftenreihe für den Referenten, Heft 6/1984
- /4/ R. Thiel: Methodologische Grundlagen des schöpferischen Problemlösungsprozesses. Reihe "Grundlagen des wissenschaftlich-technischen Schöpfertums in Forschungs- und Entwicklungsprozessen", Lehrbrief 2.2., Bauakademie DDR und VEB Carl Zeiss, Berlin, Jena 1986



## B.10. Vierzig Prinzipie zum Lösen technischer Widersprüche

### Hinweise:

1. Die Liste ist /1/ entnommen. Eine äquivalente Liste ist enthalten in /2/. Ein Vorläufer dieser Liste ist enthalten in /3/. Dort enthält die Liste nur 35 Prinzipie.
2. Interessant ist auch dank ihrer Struktur eine Tabelle technischer Widersprüche in /1/, denen Altschuller besonders geeignete, ausgewählte Prinzipie zugeordnet hat (s.a. Arbeitsbl. B 7/2).
3. Altschuller hat zu allen Prinzipien Beispiele angegeben. Es ist jedoch schwierig, alle Beispiele erfindungsmethodisch exakt zu deuten. Sie wurden deshalb weggelassen.
4. Ist ein technischer Widerspruch herausgearbeitet, sollte die Liste mehrmals durchgegangen werden, um Anregungen zur Lösung zu gewinnen.  
In der Regel trägt mehr als ein Prinzip dazu bei, eine Lösung zu finden. Genau besehen könnte man alle Paare der 40 Prinzipie bilden und fragen, ob zwei Prinzipie gepaart zu einer Lösung führen. Man hätte dann allerdings 1560 Paare auf Lösungsträchtigkeit zu untersuchen. Das würde den Arbeitsprozeß erheblich extensivieren.
5. In D. Zobel /4/, Kapitel 4, ist eine zutreffende prinzipielle Charakteristik der Prinzip-Liste Altschullers gegeben (auf der Basis von /3/). Daraus kann abgeleitet werden, daß etwa zehn der vierzig Prinzipie allgemeine Bedeutung haben und daß bei der Paarbildung der Prinzipie nach Punkt 4 einige wenige Paare von umfassender heuristischer Bedeutung sind.
6. Zobel schlägt vor, beim Auswerten von Fach- und Patentliteratur nicht zuletzt auch darauf bedacht zu sein, Anregungen  
- zur Belegung der Prinzipie mit Beispielen  
- und zur eigenständigen Ergänzung der Liste zu empfangen. Dieser Vorschlag ist nachdrücklich zu unterstützen, weil er darauf hinausläuft, das Denken in Analogien zu trainieren.
7. Zugleich ist dem Nutzer der Liste zu empfehlen, selbständige Überlegungen anzustellen, um die von Altschuller begonnene Untersetzung der wichtigsten Prinzipie weiterzuführen

Abstrakte  
Liste der vierzig Prinzipien zum Lösen technischer Widersprüche von  
G. S. Altschuller

1. Zerlegung

- a) Das Objekt ist in unabhängige Teile zu zerlegen.
- b) Das Objekt ist zerlegbar auszuführen.
- c) Der Grad der Zerlegung des Objekts ist zu erhöhen.

2. Abtrennung

Vom Objekt ist der "störende" Teil (die "störende" Eigenschaft) abzutrennen oder umgekehrt, es ist der einzigste notwendige Teil (die einzigste notwendige Eigenschaft) abzutrennen.  
Im Unterschied zum vorangegangenen Prinzip, in dem es um die Zerlegung des Objekts in gleiche Teile ging, wird hier vorgeschlagen, das Objekt in unterschiedliche Teile zu zerlegen.

3. Örtliche Qualität

- a) Von der homogenen Struktur des Objekts oder des umgebenden Mediums (des äußeren Einflusses) ist zu einer inhomogenen Struktur überzugehen.
- b) Die verschiedenen Teile des Objekts sollen unterschiedliche Funktionen erfüllen.
- d) Jedes Teil des Objekts soll sich unter solchen Bedingungen befinden, die seiner Arbeit am meisten zuträglich sind.

4. Asymmetrie

- a) Von der symmetrischen Form des Objekts ist zu einer asymmetrischen Form überzugehen.
- b) Wenn das Objekt schon asymmetrisch ist, ist der Grad der Asymmetrie zu erhöhen.

5. Kopplung

- a) Gleichartige oder für zu koordinierende Operationen bestimmte Objekte sind zu koppeln.
- b) Gleichartige oder zu koordinierende Operationen sind zeitlich zu koppeln.

6. Universalität

Das Objekt erfüllt mehrere unterschiedliche Funktionen, wodurch weitere Objekte überflüssig werden.



### 7. Matrjoschka

- a) Ein Objekt ist im Inneren eines anderen untergebracht, das sich wiederum im Inneren eines Dritten befindet usw.
- b) Ein Objekt verläuft durch den Hohlraum eines anderen Objekts.

### 8. Gegenmasse

- a) Die Masse des Objekts ist durch Kopplung mit einem anderen Objekt mit entsprechender Tragfähigkeit zu kompensieren.
- b) Die Masse des Objekts ist durch Wechselwirkung mit einem Medium (vornehmlich Wind- und Wasserkraft) zu kompensieren.

### 9. Vorherige Gegenwirkung

Wenn gemäß den Bedingungen der Aufgabe eine bestimmte Wirkung erzielt werden soll, muß eine erforderliche Gegenwirkung vorab gewährleistet werden.

### 10. Vorherige Wirkung

- a) Die erforderliche Wirkung ist **vorab** zu erzielen (vollständig oder auch teilweise).
- b) Die Objekte sind **vorab** so aufzustellen bzw. einzusetzen, daß sie ohne Zeitverlust vom geeignetsten Ort aus wirken können.

### 11. Schadenevorbaugung

Eine unzureichende Zuverlässigkeit des Objekts wird durch vorher bereitgestellte Schadenevorbaugungsmittel ausgeglichen.

### 12. Äquipotential

Die Arbeitsbedingungen sind so zu verändern, daß das Objekt weder angehoben noch herabgelassen werden muß.

### 13. Funktionsumkehr

- a) Statt der Wirkung, die durch die Bedingungen der Aufgaben vorgeschrieben wird, ist die umgekehrte Wirkung zu erzielen.
- b) Der bewegliche Teil des Objekts oder des umgebenden Mediums ist unbeweglich und der unbewegliche ist beweglich zu machen.
- c) Das Objekt ist "auf den Kopf zu stellen", ist umzukehren.

### 14. Kugelähnlichkeit

- a) Von geradlinigen Konturen ist zu krummlinigen, von ebenen Flächen ist zu sphärischen und von Teilen, die als Würfel oder Parallelepipaed ausgeführt sind, ist zu kugelförmigen Konstruktionen überzugehen.

- b) Zu verwenden sind Rollen, Kugeln, Spiralen.
- c) Von der geradlinigen Bewegung ist zur Rotation überzugehen; die Fliehkraft ist auszunutzen.

#### 15. Dynamisieren

- a) Die Kennwerte des Objekte (oder des umgebenden Mediums) müssen so verändert werden, daß sie in jeder Arbeitsetappe optimal sind.
- b) Das Objekt ist in Teile zu zerlegen, die sich zueinander verstellen oder verschieben lassen.
- c) Falls das Objekt insgesamt unbeweglich ist, so ist es beweglich (verstellbar) zu machen.

#### 16. Partielle oder überschüssige Wirkung

Wenn 100 % des erforderlichen Effektes schwer zu erzielen sind, muß "ein bißchen weniger" oder "ein bißchen mehr" erzielt werden. Die Aufgabe kann dabei wesentlich leichter werden.

#### 17. Übergang zu höheren Dimensionen

- a) Schwierigkeiten, die aus der Bindung der Bewegung eines Objektes an eine Linie resultieren, werden beseitigt, wenn das Objekt die Möglichkeit erhält, sich in zwei Dimensionen (d. h. in einer Ebene) zu bewegen. Analog werden auch die Schwierigkeiten, die mit der Bewegung von Objekten auf einer Ebene verbunden sind, beim Übergang zum dreidimensionalen Raum beseitigt.
- b) Statt Anordnung in nur einer Ebene (Etage) werden Objekte in mehreren Ebenen (Etagen) angeordnet.
- c) Das Objekt ist geneigt aufzustellen.
- d) Die Rückseite des gegebenen Objektes ist auszunutzen.
- e) Auszunutzen sind die Lichtströme, die auf die Umgebung oder auf die Rückseite des gegebenen Objektes fallen.

#### 18. Ausnutzung mechanischer Schwingungen

- a) Das Objekt ist in Schwingungen zu versetzen.
- b) Falls eine solche Bewegung bereits erfolgt, ist ihre Frequenz zu erhöhen (bis hin zur Ultraschallfrequenz).
- c) Die Eigenfrequenz ist auszunutzen.
- d) Anstelle von mechanischen Vibratoren sind Piezovibratoren anzuwenden.
- e) Auszunutzen sind Ultraschallschwingungen in Verbindung mit elektromagnetischen Feldern.



### 19. Periodische Wirkung

- a) Von der kontinuierlichen Wirkung ist zur periodischen (Impulswirkung) überzugehen.
- b) Wenn die Wirkung bereits periodisch erfolgt, ist die Periodizität zu verändern.
- c) Die Pausen zwischen den Impulsen sind für eine andere Wirkung auszunutzen.

### 20. Kontinuität

- a) Die Arbeit soll kontinuierlich verlaufen (d. h., alle Teile des Objekts sollen ständig mit gleichbleibend voller Belastung arbeiten).
- b) Leerläufe und Unterbrechungen sind zu vermeiden.

### 21. Durcheilen

Der Prozeß oder einzelne seiner Etappen (z. B. schädliche oder gefährliche) sind mit hoher Geschwindigkeit zu durchlaufen.

### 22. Umwandlung von Schädlichem in Nützlich

- a) Schädliche Faktoren (insbesondere die schädliche Einwirkung eines Mediums) sind für die Erzielung eines positiven Effekts zu nutzen.
- b) Ein schädlicher Faktor ist durch Überlagerung mit anderen schädlichen Faktoren zu beseitigen.
- c) Ein schädlicher Faktor ist bis zu einem solchen Grade zu verstärken, bei dem er aufhört, schädlich zu sein.

### 23. Rückkopplung

- a) Es ist eine Rückkopplung einzuführen.
- b) Falls eine Rückkopplung vorhanden ist, ist sie zu verändern.

### 24. Vermittlung

- a) Es ist ein Zwischenobjekt zu benutzen, das die Wirkung überträgt oder weitergibt.
- b) Zeitweilig ist an das Objekt ein anderes (leicht zu entfernendes) Objekt anzuschließen.

### 25. Selbstbedienung

- a) Das Objekt soll sich selbst bedienen sowie Hilfs- und Reparaturfunktionen selbst ausführen.
- b) Abprodukte (Energie, Material) sind zu nutzen.

### 26. Modellianwendung

- a) Anstelle eines unzugänglichen, komplizierten, kostspieligen, schlecht handhabbaren oder zerbrechlichen Objekts sind vereinfachte und billige Kopien oder Modelle zu benutzen.
- b) Das Objekt oder das System von Objekten ist durch seine optischen Kopien (Abbildungen) zu ersetzen. Dabei ist der Maßstab zu verändern (die Kopien sind zu vergrößern oder zu verkleinern).
- c) Wenn optische Kopien benutzt wurden, so ist zu infraroten oder ultravioletten Kopien überzugehen.

### 27. Preiswerte Kurzlebigkeit

Das teure Objekt ist durch ein Sortiment preiswerter Objekte zu ersetzen, wobei auf einige Qualitätseigenschaften verzichtet wird (z. B. Langlebigkeit).

### 28. Ersatz mechanischer Lösungen

- a) Die mechanische Lösung ist durch eine optische, akustische oder geruchsaktive zu ersetzen.
- b) Elektrische, magnetische bzw. elektromagnetische Felder sind für eine Wechselwirkung mit dem Objekt auszunutzen.
- c) Von unbeweglichen Feldern ist zu bewegten Feldern, von konstanten zu veränderlichen, von strukturlosen zu strukturierten Feldern überzugehen.
- d) Die Felder sind in Kombination mit Ferromagnetteilchen zu benutzen.

### 29. Anwendung von Pneumo- und Hydrokonstruktionen

Anstelle der schweren Teile des Objekts sind gasförmige oder flüssige zu verwenden: aufgeblasene oder mit Flüssigkeit gefüllte Teile, Luftkissen, hydrostatische und hydroreaktive Teile.

### 30. Anwendung biegsamer Hüllen und dünner Folien

- a) Anstelle der üblichen Konstruktionen sind biegsame Hüllen und dünne Folien zu benutzen.
- b) Das Objekt ist mit Hilfe biegsamer Hüllen und dünner Folien vom umgebenden Medium zu isolieren.

### 31. Verwendung poröser Werkstoffe

- a) Das Objekt ist porös auszuführen, oder es sind zusätzliche poröse Elemente (Einsatzstücke, Überzüge usw.) zu benutzen.
- b) Wenn das Objekt bereits porös ausgeführt ist, sind die Poren



vorab mit einem bestimmten Stoff zu füllen.

### 32. Farbveränderung

- a) Die Farbe des Objekts oder des umgebenden Mediums ist zu verändern.
- b) Der Grad der Durchsichtigkeit des Objekts oder des umgebenden Mediums ist zu verändern.
- c) Zur Beobachtung schlecht sichtbarer Objekte oder Prozesse sind färbende Zusätze zu benutzen.
- d) Wenn solche Zusätze bereits angewendet wurden, sind Leuchtstoffe zu benutzen.

### 34. Beseitigung und Regenerierung von Teilen

- a) Der Teil eines Objekts, der seinen Zweck erfüllt hat oder unbrauchbar geworden ist, wird beseitigt (aufgelöst, verdampft u. ä.) oder unmittelbar im Arbeitsgang umgewandelt.
- b) Verbrauchte Teile eines Objekts werden unmittelbar im Arbeitsgang wiederhergestellt.

### 35. Veränderung des Aggregatzustandes eines Objekts

Hierzu gehören nicht nur einfache Übergänge, z. B. vom festen in den flüssigen Zustand, sondern auch die Übergänge in "Pseudo-" oder "Quasizustände" ("Quasiflüssigkeit") und in Zwischenzustände, z. B. Verwendung elastischer fester Körper.

### 36. Anwendung von Phasenübergängen

Die bei Phasenübergängen auftretenden Erscheinungen sind auszunutzen, z. B. Volumenveränderung, Wärmeentwicklung oder -absorption usw.

### 37. Anwendung von Wärmedehnung

- a) Die Wärmedehnung (oder -verdichtung) von Werkstoffen ist auszunutzen.
- b) Es sind mehrere Werkstoffe mit unterschiedlicher Wärmedehnzahl zu verwenden.

### 38. Anwendung starker Oxydationsmittel

- a) Die normale Luft ist durch angereicherte zu ersetzen.
- b) Die angereicherte Luft ist durch Sauerstoff zu ersetzen.
- c) Die Luft oder der Sauerstoff ist der Einwirkung ionisierender Strahlung auszusetzen.
- d) Es ist ionisierter Sauerstoff zu benutzen.

- e) Ozonisierter (oder ionisierter) Sauerstoff ist durch Ozon zu ersetzen.

#### 39. Anwendung eines trägen Mediums

- a) Das übliche Medium ist durch ein reaktionsträges zu ersetzen.  
b) Der Prozeß ist im Vakuum durchzuführen.

Dieses Prinzip kann als Gegenstück zu dem vorangegangenen betrachtet werden.

#### 40. Anwendung zusammengesetzter Stoffe

Von gleichartigen Stoffen ist zu zusammengesetzten überzugehen.

Beispiel: "Kühlmittel für Metalle in Prozessen mit Wärmebehandlung, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlmittel zur Sicherung der vorgegebenen Kühlgeschwindigkeit aus einem Gas-Flüssigkeits-Gemisch besteht."

#### Literatur:

- /1/ Altschuller, G. S.: Erfinden - Wege zur Lösung technischer Probleme. Verlag Technik Berlin 1986  
/2/ Altschuller, G. S.: Seljuzki: Flügel für Ikarus. Leipzig, Jena, Berlin, Moskau 1983  
/3/ Altschuller, G. S.: Erfinden (k)ein Problem. Berlin 1973  
/4/ Zobel, D.: Erfinderfibel, Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin 1985



B.11. Rechnergestützte Arbeit mit einem Informationsspeicher  
"Naturgesetzliche Effekte und Prinzipien" beim Herausarbeiten  
von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen

---

Gemäß Erfindungsprogramm vor allem geeignet in folgenden Phasen  
(Positionen):

- Auswahl eines zweckerfüllenden technisch-technologischen Prinzips (Positionen 2.1. und 2.4.d), ausgehend davon, daß ein solches Prinzip durch einen naturgesetzlichen Zusammenhang gekennzeichnet sein kann.
- Naturgesetzsmäßige Interpretation technischer Mittel-Wirkungs-Beziehungen bei Analysen technischer Systeme (Positionen 2.4.e, f), 2.5.d), 2.8., 2.10., 2.12., 7.2.a)
- Aufdecken naturgesetzlich bedingter Anforderungen, Bedingungen, Einflüsse und Restriktionen (>aber<), denen zufolge im Zusammenhang mit der technischen Hauptfunktion Nebenwirkungen zwangsläufig auftreten, die man genauer untersuchen muß, um sie ausnutzen oder unterdrücken zu können. (Positionen 2.10.a) und 2.11.a)
- Analyse des kritischen Funktionsbereichs (der "Entwicklungsschwachstelle" des technischen Systems), wo ein schädlicher technischer Effekt auftritt, wenn ABER verschärft werden. (Position 5.1.). Analyse entsprechender Kausalketten in technischen Systemen (Positionen 5.2. und 5.3.)
- Auflisten von naturgesetzlichen Voraussetzungen, die bestehen müßten, damit ein ideales technisches System zustande kommen kann. (Positionen 6.1., 6.2., 7.2.b)
- Ermitteln technisch-naturgesetzsmäßiger Widersprüche (Positionen 8.1. und 8.2.)
- Prüfung, ob während der letzten Jahre naturgesetzsmäßige Effekte bekannt geworden sind, die einzeln oder in Verkettung eine Realisierung des Ideals ermöglichen. (Position 9.3.). Diese Prüfung kann erneut zweckmäßig werden, falls gemäß Position 9.3. eine bestimmte technische Lösungsstrategie besonders vorteilhaft wäre, wenn sich vermeiden ließe, daß sie naturgesetzliche >aber< verletzt: Gibt es einen naturgesetzsmäßigen Effekt, dessen Nutzung mit den bestehenden >aber< vereinbar ist oder bestehende

- aber zu reduzieren erlaubt  
 • und die Erfüllung der technisch-ökonomischen ABER garantiert?

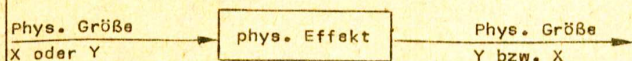
Zu diesen Schritten können Kataloge physikalischer Prozesse herangezogen werden:

- Speicher Konstruktionsprozeß "Physikalische Effekte", Technische Universität Dresden, Sektion 10 (317 Seiten auf 9 Mikrofilmchen, 2000 Mark Nachnutzungsentgelt)
- M. v. Ardenne: Effekte der Physik und ihre Anwendung. Berlin 1988
- J. Schubert: Physikalische Effekte. Weinheim (BRD) 1984

Die Katalogarbeit wird wesentlich erleichtert, wenn ein computer-gespeicherter Katalog (etwa auf Diskette) zur Verfügung steht.

Die heuristische Nutzbarkeit jedes Speichers physikalischer Effekte beruht auf dem Prinzip:

Gegeben bzw. identifiziert worden sei eine physikalische Größe X. Benötigt werde eine physikalische Größe Y. Welcher physikalische Effekt (F) oder welche Kette physikalischer Effekte realisiert die Überführung?  
 X kann Eingang oder Ausgang, Y kann Ausgang oder Eingang eines technischen Objektes sein:



Und gleichermaßen auf dem inversiven Prinzip

Gegeben bzw. identifiziert worden sei ein Prozeß, der auf dem physikalischen Effekt F beruht. Die Kenntnisse über seinen Eingang X und/oder seinen Ausgang Y seien lückenhaft. Welche Schlüsse lassen sich aus dem Bekannten auf das Unbekannte ziehen?

Die Nutzung eines maschinenlesbaren Speichers ist praktisch unumgänglich,

- wenn physikalisches Wissen oft und erschöpfend ausgenutzt werden soll,
- wenn damit gerechnet werden muß, daß eine Überführung  $X \rightarrow Y$  nur über Zwischenglieder, d. h. über zwei oder mehr serial ablaufende Effekte, möglich ist. (Die Anzahl der durchzuprüfenden



Zweier- oder Dreier-Aggregationen kann viele Tausend betragen.)

Überführungsmatrix

Eingang	Ausgang	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11.										
		ga	1	A	V	t	v	a	f	m	c	F
1. Winkel	ga	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
2. Radius, Länge, Position	1	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
3. Fläche	A	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+
4. Volumen	V	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
5. Zeit	t	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
6. Geschwindigkeit	v	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7. Beschleunigung	a	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
8. Drehzahl, Frequenz	f	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+
9. Durchfluß, Masse	m	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
10. Dichte, Konzen- tration	c	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	+
11. Druck, Kraft	F	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12. Energie	W	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+
13. Spannung	U	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+
14. Stromstärke	I	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
15. elektr. Feld	E	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+
16. Dicke	d	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+
17. elektr. Kapazität	C	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
18. elektr. Widerst.	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19. rel. Dielektrizitätskonst.	dr	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+
20. magnet. Feld	H	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+
21. rel. Permeabilität	pr	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+
22. Induktivität	L	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
23. Temperatur	T	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+
24. rel. Feuchtigk.	fr	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-
25. Reststrahlungsstärke	EE	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+
26. Brechungsindex	n	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
27. Schallintensität	Is	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+
28. Aktivität	Ar	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
29. Viskosität, Zähigkeit	z	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+

Matrizelement:

- + direkte Verknüpfung der Eingangs- und Ausgangstemperatur
  - Verknüpfung über einen Zwischenparameter
- Leerfeld: Verknüpfung über mindestens zwei Zwischenparameter

Gut verfügbar ist ein von G. Rüdlich et. al. geschaffener Speicher (Diskette), der es erlaubt, die vorstehenden Fragen rechnergestützt in einem Suchfeld gemäß Abb. 1 zu beantworten. Dieser Speicher ist implementierbar auf Rechnern mit 3-bit-Verarbeitungsbreite

	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.
	W	U	I	E	d	C	R	dr	H	pr	L	T	fr	EE	N	Is	Ar	Z
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.	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-
26.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
27.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-
28.	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
29.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Im ersten Schritt werden die Kode-Nummern der verknüpften Effekte ausgegeben. Unter der Kode-Nummer findet man im Speicher den entsprechenden Effekt. Die Mehrfach-Verknüpfungen erhält man im Dialog mit dem Rechner über die leicht feststellbaren Zwischangrößen. Interessenten für das Rechnerprogramm sowie für weitere Programme zur Unterstützung von Innovationsprozessen wenden sich an

Bauakademie der DDR  
 Direktion Kader und Weiterbildung  
 Abteilung Wissenschaftspsychologie  
 Plauener Str. 163  
 Berlin 1092

Tel. 3783 2225 oder 3783 3370

Literatur:

- D. Herrig: HEUREKA, Berlin 1988  
 (enthält mehrere Programme zur Rechnerunterstützung innovativer Prozesse)  
 G. Rüdric; H.-U. Grünberg: Nutzung von naturgesetzmäßigen Effekten. Berlin 1988



- B.12. Hinweis auf den Baustein  
"Lehrmaterial 'Erfindungsmethodische Grundlagen - Die  
Methode des Herausarbeitens von Erfindungsaufgaben und  
Lösungsansätzen'" (beim Trainer einzusehen)

Aus dem Inhaltsverzeichnis

1. Einführung in das Programm "Herausarbeiten von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen" (Erfindungsprogramm für Erfinderschulen der KDT)
  - 1.1. Rezept oder Methode?
  - 1.2. Treffendes Erfinden beginnt mit der Analyse der Bedürfnisse
  - 1.3. Anforderungen, Bedingungen, Erwartungen und Restriktionen
  - 1.4. Anknüpfungspunkt der Erfindermethode in der Ingenieurpraxis: Die Widersprüchlichkeit in der Technik-Entwicklung
  - 1.5. Die Analyse der Widersprüche in der Entwicklung des technischen Objekts
  - 1.6. Die Beziehung des technisch-ökonomischen zum technisch-naturgesetzlichen Widerspruch
  - 1.7. Die Systemanalyse des technischen Objekts
  - 1.8. Vertiefte Systemanalyse - schädlicher technischer Effekt und technisches Ideal, technisch-technologischer und technisch-naturgesetzlicher Widerspruch
  - 1.9. Die "raffiniert einfachen Lösungen" (REL)
- 2.0. Allgemeines heuristisches Wegmodell der KDT-Erfinderschulen
  - 2.1. Die Struktur des Wegmodells
  - 2.2. Das gesellschaftliche Bedürfnis und die ABER
  - 2.3. Die Zielgröße und der Stand der Technik
  - 2.4. Die Basisvariante
  - 2.5. Die erfinderische Kernvariante (Schlüsselvariante)
- 3.0. Spezielle Wegmodelle zum Erfindungsprogramm
  - 3.1. Erfinden in der verfahrensbezogenen Projektierung
  - 3.2. Erfinden in der strukturbezogenen Weiterentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren
  - 3.3. Das Erfinden in der strukturbezogenen Neuentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren
  - 3.4. Erfinden in der funktionsbezogenen Weiterentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren
  - 3.5. Erfinden in der funktionsbezogenen Neuentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren
  - 3.6. Ausführliches Beispiel für das Erfinden in der funktionsbezogenen Neuentwicklung von Erzeugnissen
- 4.0. Systemtheoretische Grundbegriffe der Erfindungsmethode

Alfred (1850-1885)