

KDT-Erfinderschule

Die Methode des Herausarbeitens von
Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen -
Erfindungsmethode der KDT-Erfinderschulen

Verdienter Erfinder Dr.-Ing. Jochen Rindfleisch
Dr. habil. Rainer Thiel

"Die Erfinderschulen sind in allen Bereichen und Kombinat
als Trainingsstätten für das schöpferische Denken und als
Hilfen in der Nutzung von Patentrecherchen, Weltstandsver-
gleichen und Schutzrechtsanalysen zu organisieren...
Die staatlichen Leiter sichern die rechtzeitige Auswahl und
Delegierung der Kader sowie die Übergabe von wissenschaft-
lich-technischen Aufgabenstellungen, die während der Erfin-
derschulen zu bearbeiten sind. Die Festlegungen zum Besuch
der Erfinderschulen sind in die mit befähigten jungen For-
schern, Wissenschaftlern und Technikern abzuschließenden
Förderverträge aufzunehmen."

(Auszüge aus dem Beschluß des Ministerrates vom 6. August 1987
zum Erfinderwettbewerb der Jugend)

KAMMER DER TECHNIK
Präsidium
Sekretariatsbereich Weiterbildung
Kommission Wissenschaftlich-technisches
Schöpfertum
Berlin 1988



Die Methode des Herausarbeitens von Erfindungsaufgaben und
Lösungsansätzen - Erfindungsmethode der KDT-Erfinderschulen :
Lehrmaterial / Rindfleisch, Joehen ; Thiel, Rainer. - Berlin :
Präsidium d. Kammer d. Technik, 1988. - 125 S.

(Material für Lehrkräfte)

Zum Gelingen des Lehrmaterials haben durch förderliche Hinweise
beigetragen:

- Teilnehmer und Trainer der KDT-Erfinderschulen
- Mitglieder der (KDT)-AG(Z) "Erfindertätigkeit/Schöpfertum"
und der Kommission Wissenschaftlich-technisches Schöpfertum
- Mitarbeiter des Amtes für Erfindungs- und Patentwesen der DDR
sowie die Gutachter

Dr. so. K. Busch, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften
der DDR Dummerstorf

Dipl.-Ing. H. Schubert, Volkswerft Stralsund

Dipl.-Ing. O. Michalek, VEB Alu-Werk Merseburg

Dr. E. Heyde, Amt für Erfindungs- und Patentwesen

Als Manuskript gedruckt.

© by Präsidium der KDT, 1086 Berlin, Clara-Zetkin-Str. 115/117 |
1 12 4 Ag 238/49/89

Printed in the German Democratic Republic

Redaktionsschluß: 31. Juli 1988

Jede Verwendung als Lehrmaterial außerhalb der KDT bedarf
der Genehmigung durch das Präsidium der KDT.

<u>Inhalt:</u>	<u>Seite:</u>	
0.	Einleitung	6
1.	Einführung in das Programm "Herausarbeiten von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen" (Erfindungsprogramm für Erfinderschulen der KDT)	11
1.1.	Rezept oder Methode ?	11
1.2.	Treffendes Erfinden beginnt mit der Analyse der Bedürfnisse	13
1.3.	Die Anforderungen, Bedingungen, Erwartungen und Restriktionen (ABER) bei der Erneuerung des technischen Objekts.	17
1.4.	Der Anknüpfungspunkt der Erfindermethode in der Ingenieurpraxis: Die Widersprüchlichkeit in der Technik-Entwicklung	28
1.5.	Die Analyse der Widersprüche in der Entwicklung des technischen Objekts	31
1.6.	Die Beziehung des technisch-ökonomischen zum technisch-technologischen und zum technisch-naturgesetzlichen Widerspruch	35
1.7.	Die Systemanalyse des technischen Objekts	40
1.8.	Vertiefte Systemanalyse - schädlicher technischer Effekt und technisches Ideal, technisch-technologischer und technisch-naturgesetzlicher Widerspruch	44
1.9.	Die "raffiniert einfachen Lösungen" (REL)	49
2.	Allgemeines heuristisches Wegmodell der KDT-Erfinderschulen	53
2.1.	Die Struktur des Wegmodells	53
2.2.	Das gesellschaftliche Bedürfnis und die ABER	56
2.3.	Die Zielgröße und der Stand der Technik	57
2.4.	Die <u>Basisvariante</u>	62
2.4.1.	Der entscheidende Mangel und die Kernvariante	62
2.4.2.	Die strukturell aufbereitete Basisvariante	64

<u>Inhalt:</u>	<u>Seite:</u>
2.4.3. Die Aufbereitung der Basisvariante unter dem Gesichtspunkt der Funktionserfüllung	65
2.4.4. Die Optimierung der Basisvariante im Vergleich zur Referenzvariante und der technisch-ökonomische Widerspruch	68
2.5. Die erfinderische Kernvariante (Schlüsselvariante)	70
2.5.1. Der kritische Funktionsbereich der Basisvariante und die <u>Saber</u>	70
2.5.2. Der schädliche technische Effekt und das IDEAL	72
2.5.3. Der technisch-technologische Widerspruch und das neue Funktionsprinzip für die Schlüsselvariante	73
2.5.4. Der technisch-naturgesetzmäßige Widerspruch und das neue Wirkprinzip für die Schlüsselvariante	74
2.5.5. Der hemmende Traditionseffekt und die Entwicklungsgesetze der Technik	76
3. Spezielle Wegmodelle zum Erfindungsprogramm	78
3.1. Das Erfinden in der verfahrensbezogenen Projektierung	78
3.2. Das Erfinden in der strukturbezogenen Weiterentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren	81
3.3. Das Erfinden in der strukturbezogenen Neuentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren	85
3.4. Das Erfinden in der funktionsbezogene Weiterentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren	90
3.5. Das Erfinden in der funktionsbezogenen Neuentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren	95
3.6. Ausführliches Beispiel für das Erfinden in der funktionsbezogenen Neuentwicklung von Erzeugnissen (in Anlehnung an die Abschnitte 2.4. und 3.5.)	105
3.6.1. Der kritische Funktionsbereich und die <u>Saber</u>	106
3.6.2. Der schädliche technische Effekt und das IDEAL	107

<u>Inhalt:</u>	<u>Seite:</u>
3.6.3. Der technisch-technologische Widerspruch und Anforderungen an das neue Funktionsprinzip der Kernvariante	107
3.6.4. Der technisch-naturgesetzmäßige Widerspruch und das neue Wirkprinzip für die Kernvariante	108
3.6.5. Der hemmende Traditionseffekt und die Entwicklungsgesetze der Technik	109
3.6.6. Die Realisierung der erfinderischen Idee	109
4. Systemtheoretische Grundbegriffe der Erfindungsmethode	112
4.1. Die Struktur	116
4.2. Die Funktion	119
4.3. Funktion und Struktur	

Die Kapitel 2 und 4 sollten parallel zueinander beachtet werden.

Einleitung

=====

Das vorliegende Lehrmaterial stellt den Versuch dar, methodische Grundlagen und Mittel für ein planmäßiges und systematisches Erfinden bereitzustellen. Planmäßig - das heißt, daß das Erfinden als integrierter Bestandteil der Forschungs- und Entwicklungsarbeit dargestellt und dabei den diesbezüglichen staatlichen Normen (Nomenklatur der Arbeitsstufen des Planes Wissenschaft und Technik sowie Verordnung über das Pflichtenheft und den Erneuerungspaß) entsprochen wird. Systematisch - das bedeutet, daß das Erfinden nicht auf den Moment der Lösungsfindung beschränkt wird und so dem Zufall der spontanen Eingebung überlassen bleibt, sondern in die Problemfindung und Zielbestimmung bewußt mit einbezogen wird.

Hierfür wurde ausgehend von den Erkenntnissen der Denkpsychologie und auf der Systematischen Heuristik, der Konstruktionssystematik, der Gebrauchswert-Kostenanalyse, der Systemtheorie und der Kybernetik aufbauend eine Methodik entwickelt, in der analog zu der Methodik von Altschuller die Dialektik das charakteristische Moment im Denken des erfinderisch tätigen Ingenieurs ist. (siehe Abb. 1) Langjährige Berufserfahrungen in Forschung und Entwicklung sowie Erfahrungen aus einer Vielzahl von Lehrgängen der KDT-Erfinderschule sind dabei mit eingeflossen, sodaß insgesamt eine breite und ausbaufähige Palette methodischer Erkenntnisse angeboten wird, wie technische Probleme auf den Punkt gebracht und rationell gelöst werden können. Die Methode orientiert vor allem auf eine gründliche Analyse der gesellschaftlichen Bedürfnisse und des Weltstandes der Technik und ihrer entwicklungsbedingten Wechselbeziehung mit dem Ziel, die entscheidenden Widersprüche herauszuarbeiten, die erfinderisch zu lösen sind (siehe Abb. 2).

Das Lehrmaterial dient der Vorbereitung auf das Training im Praktikum der Erfinderschule sowie dem selbständigen, bewußt erfinderischen Herangehen an technische Probleme im Alltag des Forschungs- und Entwicklungsingenieurs nach dem Besuch der Erfinderschule. Dabei wird auch auf ein engeres Zusammenwirken von Erfinder, Leiter und Kollektiv hingewirkt (siehe hierzu auch Lehrbrief 1).

Abb. 1: Quellen des Erfindungsprogramms "Herausarbeiten von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen" für Erfinderschulen der KDT

Erfahrungen erfolgreicher Erfinder, Erfindungsgenesen	Beschlüsse von Partei und Regierung	Erfindungslehre von Altschuller (TRIS)
Erfahrungen aus Erfinderschulen	Rechtsvorschriften für Leitung und Planung von F/E	Konstruktionstheorie, Systematische Heuristik
Erkenntnistheorie, materialistische Dialektik	Schutzrechtswesen, spez. Lehre von der erfinderischen Leistung	Psychologische und morphologische Kreativitätstechniken aus verschiedenen hochentwickelten Industrieländern
Kybernetische Systemtheorie		Kritische Analyse antidialektischer idealistischer Kreativitätstheorien
Erfahrungen erfolgreicher Forscher in Naturwissenschaft und Technik		Optimierungsprinzipien und Bewertungsverfahren der Operationsforschung
Politische Ökonomie		
Gebrauchswert-Kosten-Analyse		Psychologie

Mit dem Lehrmaterial wird an die methodischen und theoretischen Kenntnisse angeknüpft, die an den Technischen Hochschulen und Universitäten der DDR vermittelt werden. In einem ersten Kapitel wird mit dem methodisch bewußten Herangehen beim systematischen und zielstrebigen erfinderischen Denken und Handeln vertraut gemacht und in das spezifische methodische Begriffssystem eingeführt, welches ihm zu Grunde liegt. Damit werden einerseits Grundregeln der Baukunst erläutert und andererseits das geistige Werkzeug und das gedankliche Baumaterial vorgestellt, mit denen sowohl **kühne** als auch nützliche erfinderische Gedankengebäude auf tragfähigem Fundament errichtet werden können.

In einem zweiten Kapitel wird ein allgemeines Wegmodell beschrieben, welches den methodischen Leitfaden für das planmäßige Vor-

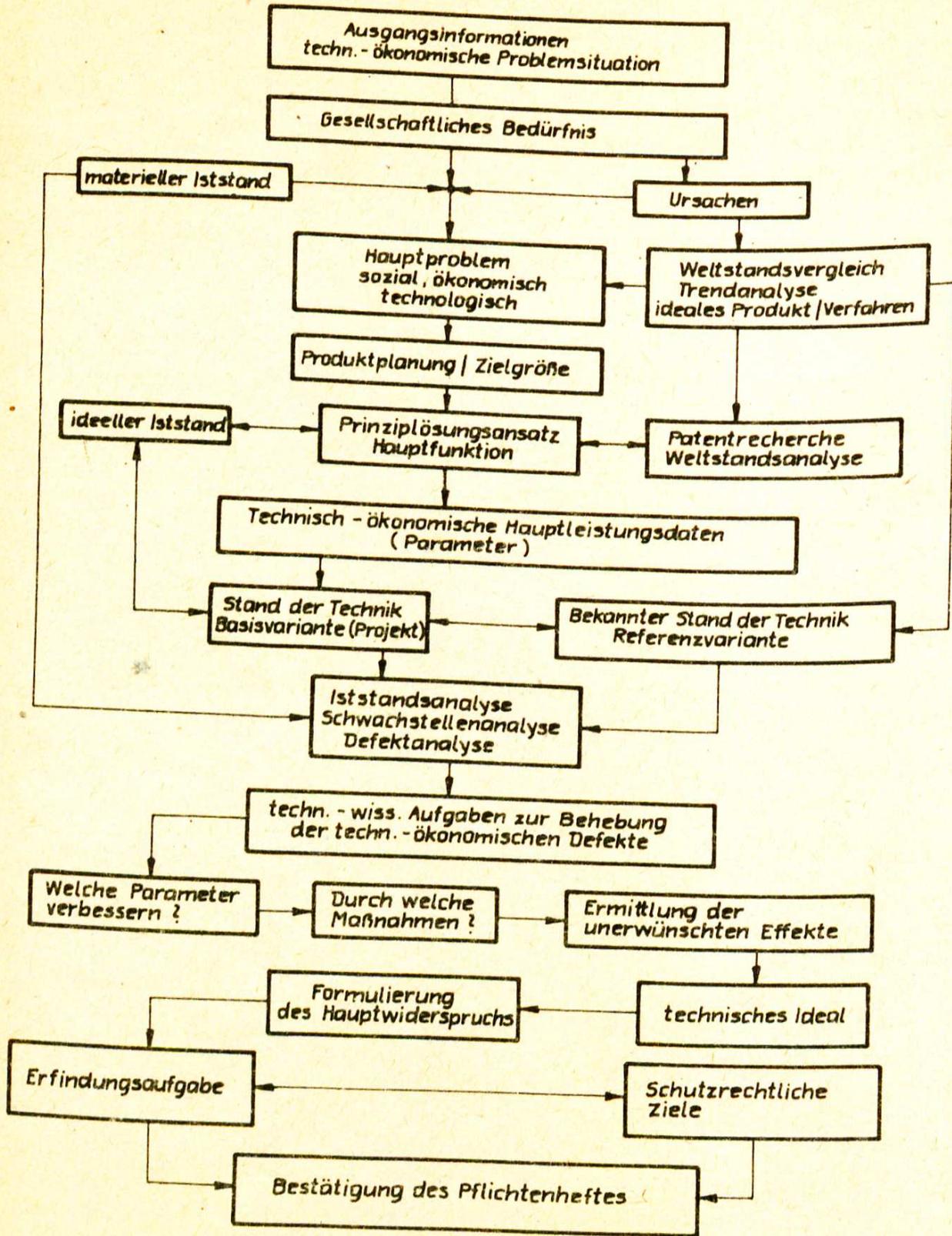


Abb. 2 : Informations- und Arbeitsstufen bei der Erarbeitung von Pflichtenheften mit erfinderischer Zielstellung

gehen im Problemerkennungs- und -lösungsprozeß enthält, also gewissermaßen die Bauplanung für das Hervorbringen des erfinderischen Gedankengebäudes von der Erschließung des Geländes und der Errichtung des Fundaments bis zur Fertigstellung des ausbaufähigen Rohbaus. Um dabei der Einsturzgefahr wirksam begegnen zu können, wird schrittweise - mit Umsicht und gleichzeitig vorausschauend - von einem Bauabschnitt zum anderen vorgegangen. Der jeweils nächste Abschnitt wird in Angriff genommen, wenn die Ergebnisse des vorangegangenen sich hierfür als tragfähig genug erwiesen haben und ein weiteres Vorgehen erforderlich machen.

In einem dritten Kapitel werden verschiedene Situationen dargestellt, von denen Forschung und Entwicklung in der Praxis ausgehen kann. Diese Situationen unterscheiden sich durch die Art und den Grad der notwendigen technischen Erneuerung und damit auch in ihrer Zielstellung. Nur selten steht der Ingenieur auf "grüner Wiese", wenn er mit seiner schöpferischen Arbeit beginnt. Dem muß das methodische Vorgehen mit speziellen Wegmodellen Rechnung tragen, indem die vorgefundene gedankliche Bausubstanz auf ihre Entwicklungsschwachstellen untersucht wird, um danach entscheiden zu können, wo Erfinden eingreifen muß, um auf dem Vorhandenen aufbauend das notwendige Bessere hervorbringen zu können.

Im Anhang ist ein heuristisches Programm zum Herausarbeiten von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen enthalten, welches mit zehn tief gegliederten Abschnitten - logisch vorgehend - eine Art gedanklicher Zustandsanalyse an dem vorhandenen Bauwerk einschließlich seiner Umgebung und seinem tragenden Gedanken-Untergrund zu steuern erlaubt. In der Analyse entsteht der notwendige Stoff zu Ideen für die Bauplanung und Bauausführung des neuen erfinderischen Gedankengebäudes. Darüber hinaus sind im Anhang methodische Hilfsmittel enthalten, die zur Unterstützung des systematischen erfinderischen Denkens, sozusagen als geistige Baumaschinen, dienen sollen. Sie können in den verschiedenen Abschnitten des Wegmodells ihrem "technologischen" Charakter entsprechend zum Einsatz gebracht werden.

Die genannten Bestandteile des vorliegenden Lehrmaterials stehen nicht für sich, sondern bilden eine flexible methodische Einheit, welche dem jeweils zu bearbeitenden Problem und in gewissen

Grenzen auch der individuellen mentalen Veranlagung des Problem-
bearbeiters angepaßt werden kann. Es handelt sich also um eine
Methode, die nicht schematisch, sondern nur schöpferisch ange-
wandt werden kann. Anders ist zielstrebiges Erfinden auch nicht
möglich. Umso nötiger ist eine intensive persönliche Aneignung
der Methode und kritische Auseinandersetzung mit ihr.

Beim erreichten Entwicklungsstand der Methode kann selbstverständ-
lich kein Anspruch auf deren generelle Gültigkeit erhoben wer-
den. Die Methode ist jedoch auf Grund ihrer Flexibilität nicht
nur anpassungs-, sondern auch entwicklungsfähig, was von mög-
lichst vielen Ingenieuren, die sie in der KDT-Erfinderschule
kennengelernt und angewendet haben, als eine Herausforderung an-
genommen werden sollte.

1. Einführung in das Programm "Herausarbeiten von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen"

(Erfindungsprogramm für Erfinderschulen der KDT)

1.1. Rezept oder Methode?

Methode ist Bewußtsein über eine Handlung, z.B. über das Erfinden: Wie gestaltet man am besten den Prozeß? Wie aktiviert man das eigene Bewußtsein? Was ist an Erfindererfahrungen nutzbar? Was haben Methodik-Forscher in Erfahrung bringen können über Prozesse, die sich - oftmals verborgen - in der Intuition begabter Erfinder abspielen?

Auch ein Rezept ist Handlungsanleitung, aber man kann es mit sehr wenig Bewußtsein abarbeiten. Je weniger Bewußtsein das Rezept voraussetzt, um schnell und sicher zu einem Ziel zu gelangen, desto höher wird es geschätzt. Folglich wird man Rezepte nur für recht simple Prozesse ausarbeiten oder für solche Prozesse, bei denen sich das Denken ausruhen soll. Das Rezept zum Puddingkochen im Haushalt setzt kein Bewußtsein über die physikalisch-chemischen Eigenschaften von Eiweiß-Fett-Wasser-Emulsionen und Kartoffelstärke voraus und nicht viel Bewußtsein über Rührprozesse und Ökonomie, schon gar kein Bewußtsein über Systemanalyse, Abstraktionsprozesse und Ingenieur-Psyche. Außerdem: Was man zu nehmen hat und was das Ergebnis ist, steht von vornherein fest. Deshalb reicht ein Rezept aus: "Man nehme ..., rühre ..., lasse aufwallen ...". Ein Rezept ist immer als eine Menge von Regeln formuliert.

Erfinden ist ein Prozeß, für den es ein Rezept nicht geben kann. Aber es kann Bewußtsein über das zielstrebige Erfinden geben, wie über andere komplizierte Prozesse auch, und das nennen wir "Methode". +) Nach der Skala der Bewußtseinsaktivierung steht "Methode" unter den Handlungsanleitungen "ganz oben", "Rezept"

+) "Methode ist das Bewußtsein über die Form der inneren Selbstbewegung ihres Inhalts" (siehe W.I. Lenin: Konspekt zu Hegels "Wissenschaft der Logik", in: W.I. Lenin, Werke, Bd. 38, S. 88).

oder "maschinenausführbarer Algorithmus" ganz unten.

Es ist also unwesentlich, ob dieses Bewußtsein in Form von "Regeln" oder in einer anderen Form seinen literarischen Niederschlag findet. Methode des Erfindens hundertprozentig in Regeln darstellen zu wollen wäre gar nicht sinnvoll. Das Erfinden beansprucht viele, komplexe, miteinander wechselwirkende Bewußtseinsinhalte. Wollte man dieses geistige Potential vollständig in Regeln auflösen, so müßte man sich für eine von zwei Varianten entscheiden:

- Man begrenzt die Anzahl der Regeln auf etwa ein Dutzend. Ihre Aussagen wären dann zwangsläufig sehr allgemein. Man hätte nur Gemeinplätze, die ohne hinzutretendes Bewußtsein unpraktikabel bleiben. Aber wie kommt dieses Bewußtsein zustande?
- Man versucht, die Methode detailliert in Regeln aufzulösen. Der Nutzer stünde vielen tausend Regeln gegenüber. Wer sollte danach arbeiten können? Das Regelwerk würde das Denken blockieren; es wäre sein Tod. Es käme zu einer Selbstblockade des Denkens. Außerdem wäre es eine Qual, als Mensch mit entwicklungs-fähigem Bewußtsein so arbeiten zu müssen. Indessen haben wir die vielen tausend Regeln des Erfindens auch gar nicht, so daß der Computer dem Menschen die Freuden des eigenen Denkens genauso wenig wegnehmen kann wie die Freuden der liebevollen Zeugung des menschlichen Nachwuchses.

Methode liegt zwischen und über diesen beiden Extremen wie der Berg zwischen und über den Tälern. Methode ist Wissenschaft, und für diese gilt: "... nur diejenigen haben Aussicht, ihre hellen Gipfel zu erreichen, die der Ermüdung beim Erklettern ihrer steilen Pfade nicht scheuen." (K. Marx: Das Kapital, Band 1, in: K. Marx, F. Engels, Werke, Band 23, S. 31)

Methode ist auf Begriffe und Theorien gestütztes Bewußtsein über die Prozesse, die sich abspielen und miteinander verbinden müssen. Es ist - wenn es ums Erfinden geht - zumindest Bewußtsein über Fakten und Denkprozesse, welche betreffen:

- die Entwicklung der Bedürfnisse von Menschen (bzw. des Marktes) und ihre Ermittlung unter dem Gesichtspunkt der Strategie eines Betriebes, eines Kombinars oder der Volkswirtschaft,
- die Entwicklung der ökonomischen Ressourcen und ihrer Grenzen, ebenfalls unter diesem Gesichtspunkt,

- die Gesetze der Technikentwicklung,
- die Gesetze und Effekte der Natur selber (Physik, Chemie usw.),
- vor allem die Gesetze des Kombinierens von Natureffekten,
- die Gesetze des Entstehens von Erfindungsaufgaben,
- die Gesetze des Abstrahierens, der Informationsverdichtung, des Herausfindens der "richtigen" Abstraktionsgesichtspunkte, des Spezifizierens (Konkretisierens) der gewonnenen Abstrakta,
- die Gesetze der psychischen Anregung des erfinderischen Denkens, des Aktivierens und des Steuerns der Intuition.

Die Methode des Herausarbeitens von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen muß entweder das Bewußtsein darüber dokumentieren oder den Anschluß des Erfinderbewußtseins an vorhandenes Wissen hierüber vermitteln. Sie schließt Bewußtsein darüber ein, wie die menschliche Fähigkeit zum Zusammenspiel von Bewußtem und Unterbewußtem ausgeschöpft werden kann.

Fragen:

- Warum muß dokumentierte Methode zuerst begriffen, dann aber auch trainiert werden?
- Welchen Sinn hat die Unterscheidung von "bewußt", "aufmerksam", "unterbewußt", "unbewußt", "gedankenlos" sowie von "Zufall beherrschen" und "dem Zufall überlassen"?
- Wie wird man zum Autofahrer (EDV-Programmierer, Lokomotivführer, Chirurgen, Kapellmeister)?

1.2. Treffendes Erfinden beginnt mit der Analyse der Bedürfnisse

Mag ein Betrieb noch so gute Fachleute besitzen, die die Bedürfnisse z.B. des Marktes erforschen, mögen die Produktionsstrategie, die technologische und ökonomische Strategie des Betriebes noch so gut konzipiert sein - es werden stets nur allgemeine Konzepte sein, aus der Sicht des Betriebes geschaffen. Ihre vielfältigen Inhalte muß der Ingenieur unter dem Gesichtspunkt seines spezifischen Auftrages ("seines" Arbeitsgegenstandes) zu einer spezifischen Einheit zusammenfassen. Das wird bis jetzt nicht an den Hochschulen gelehrt. Der Ingenieur geht meist von der Fiktion aus, es gehöre nicht zu seinem Beruf. Müßten nicht Planer und Ökonomen ihm Stoff liefern? Gewiß. Aber es kann sich nur um Rohmaterial handeln, das von ihm unter dem Gesichtspunkt seines Erzeugnisses, seiner Technologie, seines Auftrages ausgewertet

werden muß. Deshalb beginnt das "Programm zum Herausarbeiten von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen," das in den nachfolgenden Abschnitten erläutert und im folgenden kurz "Erfindungsprogramm" genannt wird, an der "Nahtstelle" zwischen dem Entwicklerkollektiv und dem ihm übergeordneten betrieblichen System. An der Naht mitzuwirken kann ihm der Leiter, der Ökonom, der Planer erleichtern, aber nicht abnehmen.

Welche Art von Vorgaben der Ingenieur gesetzlich beanspruchen, ja fordern kann, ist z.B. für "Aufgaben zur Entwicklung von Erzeugnissen, Verfahren und Technologien und zu ihrer Überleitung in die Produktion", die für den Betrieb stehen, in der Verordnung über den Erneuerungspaß und das Pflichtenheft vom 11.9.1986 (GBL. I/30/1986) festgelegt. Aus dieser Verordnung geht auch hervor, daß die Leiter die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllen können, wenn sie die Mitarbeiter von der Basis nicht in die Vorbereitung der Pflichtenhefte einbeziehen. Das wird auch deutlich durch die Anordnung Nr. 2 über die Nomenklatur der Arbeitsstufen und Leistungen von Aufgaben des Planes Wissenschaft, und Technik vom 18.12.1986 (GBL. I/1/1987, besonders § 3 (1)), aus der hervorgeht, in welchen Formen die Vorbereitung von Aufgaben zur Entwicklung von Erzeugnissen, Verfahren und Technologien erfolgt.

Wichtige aktuelle Orientierungen sind:

- "Die Jugendforscherkollektive der FDJ sind aktiv in die Vorbereitung anspruchsvoller Ziele und Aufgaben für Forschung und Entwicklung einzubeziehen." (Gemeinsame Direktive des Politbüros des Zentralkomitees der SED, des Ministerrates der DDR und des Bundesvorstandes des FDGB zur Ausarbeitung des Volkswirtschaftsplanes 1988 und der eingehenden Beratung seiner Ziele und Aufgaben mit den Werktätigen, in: Neues Deutschland, 5.5.1987)
- An den 9. KDT-Kongreß gewandt, erklärte G. Mittag:
"Bereits die Vorbereitung anspruchsvoller Forschungsaufgaben ist eine angespannte wissenschaftlich-technische Arbeit... Je besser es gelingt, die besten Forscher und Ingenieure im Sinne unserer sozialistischen Demokratie von vornherein in die Entscheidungsvorbereitung einzubeziehen, desto mehr werden wissenschaftlicher Ehrgeiz und hohe Verantwortlichkeit für höchste

schöpferische Leistungen herausgefordert." Es gilt, "den Elan der jungen Menschen schon bei der Bestimmung der Ziele in Rechnung zu stellen und nicht erst bei der Realisierung vorgefertigter Aufgaben". (TG, 12/1987, S. 5/6)

- Vor allem mit dem Blick auf Erfindungen erklärte der Präsident des Amtes für Erfindungs- und Patentwesen der DDR (AFEP), Prof. Dr. J. Hemmerling: "... ist es die Pflicht jedes Leiters, den Jugendforscherkollektiven die zu lösenden Aufgaben nicht fertig vorzusetzen, sondern die Jugendlichen ganz bewußt in die Vorbereitung der Aufgabenstellung eng einzubeziehen." (Der Neuerer, 12/1986)

Worauf das "Erfindungsprogramm" mit dem ersten seiner zehn Abschnitte die Aufmerksamkeit des Erfinders lenkt, ist deshalb: "Das gesellschaftliche Bedürfnis, der Weltmarkt, und deren Entwicklung - die technisch-ökonomische Zielstellung".

Die folgenden Abschnitte des "Erfindungsprogramms" enthalten Empfehlungen, wie die Vorläufer des zu schaffenden technischen Objektes zu analysieren sind, die den neuen Anforderungen nicht mehr gerecht werden und weiterentwickelt oder substituiert werden müssen. Das führt tief in die technischen Zusammenhänge hinein, von denen es abhängt, ob verschärfte Anforderungen hinsichtlich der Gebrauchs- und Funktionseigenschaften - trotz verschärfter Restriktionen beim Einsatz von Arbeitskräften, Material, Energie und anderen Ressourcen - zukünftig erfüllbar sind oder ob das System der technischen Zusammenhänge umstrukturiert werden muß. Damit ist im "Erfindungsprogramm" dem Herausarbeiten der Erfindungsaufgabe mehr Bedeutung beigemessen als in der älteren Literatur, in der das Erfinden meist nur als Erzeugen origineller Ideen behandelt wurde. In den Erfinderschulen der KDT wird demgegenüber der Effekt des erfinderischen Denkens hochgeschätzt, das heißt, "nicht die Frage, wie oft geschossen wurde, sondern wie oft ... getroffen wurde. Treffen aber heißt ökonomisch bessere Ergebnisse bringen." (Zentrale Konferenz des Präsidiums der KDT mit Konstrukteuren, Projektanten, Technologen und Designern, 4. Juli 1986. Referent: Prof. Dr.-Ing. Horst Bendix, Mitglied des Präsidiums der KDT und Chefkonstrukteur im VEB Schwermaschinenbau "S. M. Kirow", S. 18)

Deshalb werden in den Erfinderschulen die folgenden Positionen

Abstrakt!

geachtet:

- "Die richtige Fragestellung ist mindestens genauso wichtig wie die richtige Antwort ... Denn von der richtigen Fragestellung hängt es ab, ob ich die Antwort in der richtigen Richtung suche." (NPT Prof. Dr. Siegfried Schiller, Stellv. des Direktors des Forschungsinstituts M. v. Ardenne, in: Der Neuerer, 5/1986)
- "Wann eine Aufgabe richtig gestellt ist, das heißt, wenn sie den Anforderungen der gesellschaftlichen Entwicklung entspricht, ist viel gewonnen. In der Aufgabenstellung liegt die Schwierigkeit." (NPT Prof. Dr. P. A. Thiessen, Ehrenvorsitzender des Forschungsrates der DDR, in: Spektrum, 1/1984)
- "Auf die richtige Fragestellung, die Themenwahl, kommt es besonders an. Das Thema muß der Forderung der Zeit entsprechen und den nationalen Strukturen der Wissenschaft und Technik Rechnung tragen. (NPT Manfred v. Ardenne, nach: Neues Deutschland, 14. 11. 1985)
- "... in der Praxis erlebe ich täglich, wie durch falsches Fragestellen das eigentliche Problem verdeckt wird, und folglich wird auch keine befriedigende Antwort gefunden." - "Die richtige Frage führt zu unerwarteten Lösungen." (NPT Prof. Dr. Werner Gilde: Wege zum Erfolg, Halle 1985, S. 88 u. 189)
- "Neuerer und Erfinder zeichnen sich in besonderem Maße durch ihre Fähigkeit aus zu erkennen, welche technischen Prozesse effektiver gestaltet werden können, um ökonomische Wachstumspotenzen zu erschließen." (NPT Dipl.-Ing. W. Barthel, in: Der Neuerer, 8/1986)
- "Die große Kunst des Erfindens ist zuerst, die richtige Aufgabenstellung zu finden, zu erkennen, was zu erfinden ist." (Prof. Dr. Horst Bendix, Mitglied des Präsidiums der KDT, auf dem 9. KDT-Kongreß, in: Technische Gemeinschaft 1/1988, S. 8)
- "Richtige Problemerkennntnis ist der halbe Weg zur Lösung" (NPT Prof. Dr. Herbert Horz, Akademie der Wissenschaften der DDR, in: Initiativ-Information, 2/1986, S. 38)

F r a g e n :

- Wurden in Ihrem Betrieb "Studien" gemäß GBl. I/1/1987 zur Vorbereitung von Pflichtenheften erarbeitet?
- Was ist besser: Bei der Vorbereitung eines Pflichtenheftes zu-

legen oder zwei Jahre in einer Richtung arbeiten, die am objektiven Ziel vorbeigeht?

- Welche Reserven der Entwicklung unserer Volkswirtschaft sehen Sie, wenn entsprechend den vierten Rechtsvorschriften und Positionsaussagen das System der differenzierten Verantwortung vom Generaldirektor bis zum Mitglied des Themenkollektivs durchgehend verwirklicht würde? Was gebieten Ihnen selbst die Verfassung unseres Staates und Ihr Berufsethos?
- Könnten schon beim täglichen Sprachgebrauch mehr Treffer erzielt werden, indem undifferenzierter Gebrauch des Wortes "Aufgabenstellung" abgelöst würde durch Termini wie "Auftrag", "Ziel", "Zielorientierung", "Zielvorgabe", "Problem", "Aufgabe", "Erfindungsaufgabe" usw.?

1.3. Die Anforderung, Bedingungen, Erwartungen und Restriktionen (ABER) bei der Erneuerung des technischen Objekts

Bis jetzt haben wir vom Bedürfnis (der Gesellschaft, des Herstellers, des Anwenders), das der Erneuerung (Entwicklung, Substitution) des technischen Objekts oder der vorausgehenden Forschung zugrunde zu legen ist, nur allgemein gesprochen. Nun ist ein Schritt weiterzugehen. Die Kenntnis des Bedürfnisses ist konkret, wenn sie sich ausdrücken läßt in Gebrauchseigenschaften des technischen Objekts, in entsprechenden Parametern und ihren Werten, die sich zugleich als Komponenten der Zielgröße des F/E-Auftrags auffassen lassen. In der Regel wird ein Teil dieser Parameter und ihrer Werte, ein Teil der Zielgrößenkomponenten, dem Entwickler explizit vorgegeben sein (z.B. durch den Auftrag zur Pflichtentwässerung). Aber nicht alles, was am Ende über den Nutzen einer Erfindung entscheidet, wird explizit in den Vorgaben enthalten sein. Der Ingenieur muß sich Durchblick verschaffen, worauf es am Ende ankommen wird. Dazu wird jetzt ein zweifacher Überblick gegeben:

- Im ersten Teil des Überblicks (A) sind die Arten der zu beachtenden Parameter in einer gewissen Ordnung aufgeführt: vier Klassen von Zielgrößenkomponenten.
- Im zweiten Teil (B) sind Kriterien zur Handhabung der Zielgrößenkomponenten bei der weiteren Herausarbeitung der Erfindungsaufgaben gegeben.

Die in diesem Lehrbrief verwendeten Qualitätsbegriffe stehen sinn-

gemäß in Übereinstimmung mit den in der ASMW - VW 1486 v. 12.85 "Ordnung über die Bestimmung der Qualitätsmaßstäbe auf der Grundlage von Weltstandsvergleichen", Abschnitt 2.2 angeführten, die Gebrauchseigenschaften und die Effektivität wesentlich charakterisierenden Merkmalen und Kenngrößen.

Aus systematischen Gründen wurden sie in der unten angegebenen Weise zu Gebrauchswertkategorien bzw. Zielgrößenkomponenten zusammengefaßt und ergänzt.

A) Die Komponenten der Zielgröße sind technisch-ökonomische Parameter und ihre Werte.

Unabhängig davon, ob der Ingenieur deutliche Vorgaben empfangen hat oder nicht, ist ihm zu empfehlen, die ins Visier zu fassende Zielgröße Z für die Entwicklung des technischen Objekts unter den folgenden vier Gesichtspunkten zu durchdenken:

A1) Unter dem Gesichtspunkt der Zweckmäßigkeit (Komponente Z_1):

- alle Anforderungen an die Gebrauchs- und Funktionseigenschaften des technischen Systems, die zur Befriedigung des speziellen Bedürfnisses (das vom künftigen Nutzer ausgeht), notwendig und hinreichend sind;
- alle Anforderungen an das technische System, die den Bedingungen seiner praktischen Anwendung gemäß erfüllt sein müssen, damit diese Eigenschaften wirksam werden können, und die durch die zu findende Problemlösung zu schaffen bzw. zu modifizieren sind.

A2) Unter dem Gesichtspunkt des Aufwands, der Bezahlbarkeit, der Wirtschaftlichkeit (Komponente Z_2):

- alle ökonomischen (einschl. handels- und finanzpolitischen) Anforderungen und Restriktionen, die unbedingt einzuhalten sind, sowie die Erwartungen bezüglich des Erlöses;
- alle betriebswirtschaftlichen Bedingungen, die sich in bezug auf Herstellung oder Nutzung des technischen Systems ergeben.

A3) Unter dem Gesichtspunkt der Beherrschbarkeit (Komponente Z_3):
alle technisch-technologischen Bedingungen des technischen Systems, betreffend

- die Betriebssicherheit, das dynamische Verhalten und die Überlastbarkeit;
- die gefahrungsfreie, 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;

A4) Unter dem Gesichtspunkt der Brauchbarkeit (Komponente Z_4): alle einsatzort- und anwenderspezifischen (oft zufälligen) Bedingungen, unter denen sich das technische Objekt bewähren muß, darunter

- Möglichkeiten des Auftretens spezifischer 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 Beanspruchungen durch Havarie- und andere anormale Betriebszustände in den vor- und nachgelagerten Bereichen);
- technische bzw. konstruktive Bedingungen des Anschlusses an die Systemumgebung (Standardisierung, Montage- und Transportbedingungen usw.);
- ökologische Bedingungen;
- ästhetische Bedingungen.

Die Eigenschaften der Zweckmäßigkeit, der Beherrschbarkeit und der Brauchbarkeit (die Zielgrößenkomponenten Z_1, Z_3, 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").

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.

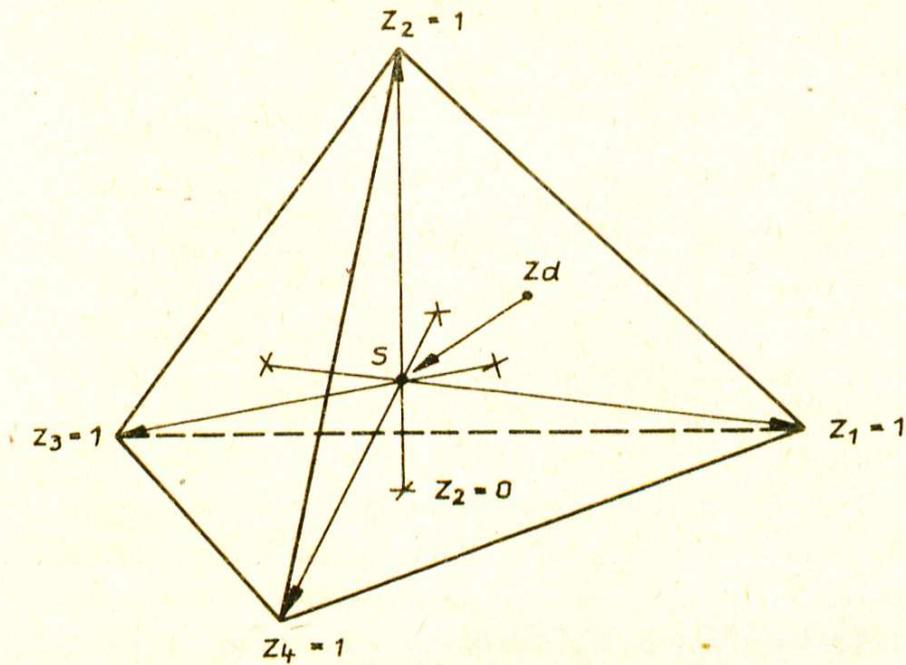
Effektivität: Optimale, dem jeweiligen Verwendungszweck gemäße Kombination von Zweckmäßigkeit, Beherrschbarkeit und Brauchbarkeit, also Nützlichkeit, bezogen auf den Aufwand, unter der Bedingung: minimaler finanzieller und materieller Aufwand.

In Abb. 3 ist die Zielgröße und der Zusammenhang zwischen ihren Komponenten in Form eines Tetraeders versinnbildlicht. Die Eckpunkte des Tetraeders stellen Idealbestimmungen der Zielgrößenkomponenten Z_1 bis Z_4 dar. Diese Idealbestimmungen sind jeweils partielle Ideale, also immer nur auf eine der Zielgrößenkomponenten bezogen. Die Kantenlängen sind so normiert, daß der Wert jedes partiellen Ideals Z_n (ideal) = 1 ist, wobei die dem jeweiligen Idealeckpunkt gegenüberliegenden Kanten des Tetraeders und die durch diese eingeschlossene Fläche den Ort aller Zielgrößenbestimmungen darstellt, an dem diese Zielgrößenkomponente den Wert $Z_n = 0$ hat.

Ziel der Problemlösung ist das totale Ideal, welches allen partiellen Idealen gleichermaßen gerecht wird.

$$0 \leq Z_i \leq 1$$

Z_d : Istzustand



Z_1 : Zweckmäßigkeit
 Z_2 : Wirtschaftlichkeit
 Z_3 : Beherrschbarkeit
 Z_4 : Brauchbarkeit
 \bar{z} : Effektivität

$Z_1 = 1$: Ideal des traumhaften Nutzeffekts
 $Z_2 = 1$: Ideal des aufwandlosen Gewinns
 $Z_3 = 1$: Ideal der Selbststeuerung
 $Z_4 = 1$: Ideal der Universalität
 $\bar{z} = S$: Ideal der Ausgewogenheit
 (Totales Ideal)

Abb. 3 : Die Zielgröße und ihre Idealbestimmungen

Das Ziel bildet den Schwerpunkt des Tetraeders mit den Koordinaten $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_4 = 1/3$ und stellt die Lösung mit der maximal möglichen Effektivität dar.

Bei der Zielbestimmung wird von der Ermittlung der "Schwerpunktkoordinaten" der Zielgröße ausgegangen, um die Zielgröße später denjenigen "Effektivitätskoordinaten" gegenüberstellen zu können, die dem technischen System auf dem gegenwärtigen Stand der Technik zukommen. Daraus geht der Zielvektor für die notwendige technische Entwicklung mit den benötigten neuen, erfinderisch hervorzubringenden Gebrauchseigenschaften und Effektivitätsmerkmalen hervor.

Zu diesem Zweck werden zunächst zu jeder Zielgrößenkomponente die Anforderungen, Bedingungen, Erwartungen und Restriktionen (ABER) entsprechend dem gesellschaftlichen Bedürfnis ermittelt und daraus die notwendigen sowie die darüberhinausgehenden erwünschten Eignungs- und Effektivitätsmerkmale des technischen Systems als Ganzes bestimmt.

B) Kriterien zur Ausarbeitung, Bewertung und Handhabung der Zielkomponenten

Bei der Bestimmung der Zielgröße ist Rücksicht darauf zu nehmen, daß vielerlei Bedürfnisse gleichzeitig, im Zusammenhang miteinander und bei gegebenen Ressourcen zu befriedigen sind. Daraus ergeben sich die

Anforderungen
und
Bedingungen
und
Erwartungen
und
Restriktionen,

denen das technische Objekt genügen muß und die wir unter der Kurzbezeichnung ABER zusammenfassen wollen.

Die Anforderungen entspringen einem speziellen Bedürfnis. Sie beziehen sich auf alle Gebrauchseigenschaften des technischen Objekts, die seinen eigentlichen Verwendungszweck betreffen. Dies können z. B. die Tragfähigkeit einer Brücke oder eines Kranes, die Geschwindigkeit eines Flugzeuges, eines Reisezuges oder eines

PKW oder die Ausbeute eines Rohstoffgewinnungsverfahrens oder eines Herstellungsverfahrens für Bauelemente oder Wirkstoffe sein.

Die Anforderungen beziehen sich darüber hinaus auch auf alle Gebrauchseigenschaften des technischen Objekts, durch die es beherrschbar und bedienbar ist, z.B. die Steuerbarkeit und Verkehrssicherheit eines PKW, eines Flugzeuges oder Reisezuges, die Steuerbarkeit und Überwachbarkeit eines Herstellungs- oder Fertigungsverfahrens. Die in einem Auftrag genannten Anforderungen sind in der Regel als unveränderlich zu betrachten. Sie können nicht modifiziert oder umgedeutet, sondern nur präzisiert und eventuell zielgerecht zugespitzt werden.

Weiterhin sind spezifische Anforderungen gerichtet auf die Anpass- und Wandelbarkeit der Gebrauchseigenschaften des technischen Objekts, gewissermaßen als zweckdienliche Reaktionsfähigkeit auf sich verändernde Umgebungsbedingungen und Einflußfaktoren klimatischer (z.B. Temperatur, Feuchtigkeit), technologischer (konstruktive Anschlußbedingungen, Betriebsparameter) oder sozialer (Gebrauchs- und Arbeitsgewohnheiten, Verhaltensnormen) Natur. Die Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit betreffen die Senkung von Zeit-, Energie- und Materialverlusten, den rationellen Einsatz von Arbeitskräften und die höhere Ausnutzung bzw. Ausbeute entsprechender Reserven.

Die Bedingungen resultieren aus den speziellen sozialen und technologischen Umständen, unter denen das technische Objekt zur Anwendung kommt und denen es genügen oder sich anpassen lassen muß: zum Beispiel die Landebedingungen für ein Flugzeug, die Fahrbahnbedingungen für einen PKW, die Gründungsbedingungen für ein Bauwerk oder die sozialen Bedingungen (Qualifikation der Arbeitskräfte) für ein Herstellungsverfahren. Solche Bedingungen sind meist Schnittstellenbedingungen an der Grenze zwischen technischem Objekt und seiner Umgebung, welche im Rahmen einer rationalen Lösungsfindung in einem gewissen Maße, sozusagen auf dem Verhandlungswege, beeinflussbar und damit veränderbar sind (Schaffen von Möglichkeiten zur Anpassung der Umgebung an das Objekt).

Die Erwartungen entspringen einem latenten, d.h. noch nicht offen zutage tretenden, gesellschaftlichen Bedürfnis. Sie beziehen sich auf solche Eigenschaften des technischen Objekts, mit denen in Zukunft neuen Zweckbestimmungen, aber auch veränderten Anwendungs- bzw. Marktbedingungen entsprochen werden kann. Diese Erwartungen

sind für den Erfinder von besonderem Reiz, weil sie über die Anforderungen der Entwicklungsaufgabe hinausgehen. Indem der Erfinder sie in seiner Problemlösung berücksichtigt, schafft er entwicklungsfähige, zukunftsichere Lösungen.

Die Restriktionen entspringen 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 sind daher sowohl national als auch vom Gesellschaftssystem geprägt. Das betrifft u.a. Bedingungen mit Gesetzescharakter, welche sich z.B. für den Transport des technischen Objekts aus den Eigenschaften des vorhandenen Verkehrswegesystems (Regellichtraumprofil der Eisenbahn, Straßenverkehrszulassungsordnung) ergeben, oder einschränkende Bedingungen, welche aufgrund vorhandener Grundmittelbestände für die Herstellung eines technischen Gebildes oder die Durchführung eines technischen Verfahrens gegeben sind. Vor allem ergeben sich Restriktionen aus der begrenzten Belastbarkeit der Umwelt, der begrenzten Verfügbarkeit von Energie, Investmitteln, Rohstoffen und Halbzeugen, aber auch aus umweltbedingten Einflußfaktoren, wie z.B. Witterungsbedingungen und sozialen Bedingungen (Arbeits- und Gesundheitsschutz, Arbeitszeitregelungen, allgemeine Lebensgewohnheiten, Gewinnung von Arbeitskräften und Senkung des Anteils monotoner Tätigkeiten).

Solche Restriktionen bei der Entwicklung technischer Objekte zu berücksichtigen, ist eine wesentliche Voraussetzung für eine progressive gesellschaftliche und ökonomische Entwicklung. Je ernster eine Restriktion genommen wird, desto eher kann sie fruchtbar gemacht werden. Das wußten schon die alten Römer; sie nannten eine Restriktion schlicht "conditio sine qua non" ("Bedingung, ohne die es nicht geht") und bauten ein mächtiges Imperium auf, indem sie solche Restriktionen respektierten. Im Jargon des kapitalistischen Managements heißt eine Restriktion "strategischer Imperativ." Für die DDR haben Partei und Regierung solche Maßstäbe und Restriktionen mit der Intensivierungsstrategie sowie mit der Einheit von Wirtschafts- und Sozialpolitik gesetzt.

Häufig werden Restriktionen als Hemmnis für die technische Entwicklung und die Entfaltung des technischen Schöpfertums angesehen. Genau das Gegenteil ist der Fall! Gerade Restriktionen stellen eine Herausforderung für den Erfinder dar. Der Volksmund sagt

das sehr drastisch: "Not macht erfinderisch."

In dem Sonett "Natur und Kunst" von Goethe heißt es:

"Vergebens werden ungebundene Geister
Nach der Vollendung reiner Höhe streben,
Wer Großes will, muß sich zusammenraffen,
In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister,
Und das Gesetz nur kann uns Freiheit geben."

Für die Problemfindung ist es daher auch wichtig, in jeder Situation die richtige Unterscheidung zwischen Bedingungen und Restriktionen zu treffen. Letzten Endes entscheiden Restriktionen über die generelle Zulässigkeit einer Problemlösung, Bedingungen dagegen nur über ihre Brauchbarkeit im speziellen Anwendungsfall.

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 Leichtfertigkeit in der Disposition von Ressourcen zu vermeiden.

Die Bedingungen haben zwar 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 im System der ABER einen geringeren Rang als die Bedingungen. Sie haben jedoch eine große heuristische Bedeutung für das erfinderische Vorgehen, 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".

In 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. In Form charakteristischer Endsilben können sie durch Verknüpfung mit entsprechenden Stammsilben zur auftragspezifischen Formulierung von Gebrauchseigenschaften und Eignungsmerkmalen genutzt werden. Auch die anderen Basisformulierungen sind selbstverständlich noch auftragsgerecht zu spezifizieren.

Abb. 4 erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie soll nur zur Suche nach relevanten Gebrauchseigenschaften und Eignungsmerkmalen anregen und Hilfe für das diesbezügliche "Abchecken" des gesellschaftlichen Bedürfnisses sowie für die übersichtliche, durchschaubare Darstellung im System der Zielgröße sein.

Besonders auf die Durchschaubarkeit der komplexen technisch-ökonomischen Zusammenhänge kommt es an. Denn die Zielgröße fordert nicht, einzelne, isoliert herausgegriffene Parameter zu erhöhen, sondern alle diejenigen Parameter, die im Verbund einen hohen Effektivitätsgewinn für die Volkswirtschaft, für die sozialistische Gesellschaft erbringen, wie es z.B. auch Anliegen des Kosten-Nutzen-Denkens und der Gebrauchswert-Kosten-Analyse ist. Der Effektivitätsgewinn ist von Gebrauchswert erhöhungen ebenso abhängig wie von den Kosten, der Einsparung von Arbeitskräften, Energie, Material, Investmitteln usw., sowohl beim Hersteller wie auch beim Anwender (Kunden), der bereit sein muß, das technische Objekt zu kaufen. Erst alles zusammengenommen, bestimmt, wie dem Wohl des Volkes gedient wird.

Dieser Zusammenhang, dieser Imperativ, läßt sich in der folgenden Formel zusammenfassen:

$$E^{\uparrow} = f(x^{\uparrow}_1, x^{\uparrow}_2, \dots, x^{\uparrow}_n)$$

Zielgröße (Eignungs- merkmale)	Zweckmäßigkeit Z ₁	Wirtschaftlichkeit Z ₂	Beherrschbarkeit Z ₃	Brauchbarkeit Z ₄
Anforderun- gen	... fähig ... tüchtig ... gerecht ... genau	... sparend ... arm ... (aus)nutzend ... intensiv	zugänglich (für) verfügbar handhabbar	anpaßbar (an) wandelbar (in) ...kompatibel
Bedingungen	... tauglich	... dienlich ... freundlich	überlastbar ... folgend	... abweisend ... anhaltend ... ausgleichend
Erwartungen	... frei ... vermögen	... ergiebig ... günstig	selbständig selbst...	unabhängig(von) unempfindlich (ge- gen)
Restriktionen	... getreu ... gemäß	genügsam anspruchlos	... sicher ... fest	... verträglich ... beständig unbedenklich (für)

Abb.: 4 Die ABER und die Komponenten Z der Zielgröße - Eignungs- und Effektivitätsmerkmale technischer Systeme

Die x_1 sind die technisch-ökonomischen Parameter, die aus den ABER und der Zielgröße abzuleiten sind. Sie sollen möglichst hohe Werte annehmen. Je stärker sie wachsen, je weniger einzelne Parameter stagnieren oder sich rückläufig bewegen, desto besser für das Wachstum der Effektivität.

(Die Parameter x_1 sind durch geeignete Definition oder durch Kehrwertbildung bzw. durch Umformung in $1 - x_1$ so zu normieren, daß "alle Pfeile nach oben" das Wünschenswerte ist.)

F r a g e n :

- Worin sehen Sie den Unterschied zwischen "Zweck eines technischen Objekts" und "Bedürfnis der Gesellschaft, das der Entwicklung eines technischen Objekts zugrunde liegt"?
- Was würden Sie unter "geträumter Unabhängigkeit von Restriktionen" verstehen?

1.4. Der Anknüpfungspunkt der Erfindungsmethode in der Ingenieurpraxis. Die Widersprüchlichkeit in der Technik-Entwicklung.

Wenn es um höchste Ansprüche an Effektivität durch Wissenschaft und Technik geht, dann geht es um treffsicheres Erfinden. Dabei ist das Verstehen und Beherrschen der Dialektik, darunter vor allem der in der Technik-Entwicklung entstehenden Widersprüche, unerlässlich.

Aus der Sicht der in Forschung und Entwicklung tätigen Ingenieure ergeben sich doch oft Probleme folgender Art:

- Ein Erzeugnis, eine Baugruppe oder ein Verfahren bzw. ein Arbeitstakt ist in seiner Qualität und Leistungsfähigkeit zu verbessern, also hinsichtlich seiner Gebrauchs-, Funktions- oder Betriebseigenschaften weiter- oder neu zu entwickeln. Ja, aber dabei darf der notwendige Aufwand an Arbeitszeit, Material und Energie für seine Herstellung bzw. Realisierung nicht steigen, sondern er soll eher fallen.
- Es wird gefordert, Arbeitskräfte freizusetzen, Importe abzulösen, Material und Energie einzusparen. Ja, aber das betreffende technische Objekt darf nicht an Güte verlieren, eher soll es noch gewinnen.
- Es müssen neue Produktionsstätten gebaut werden, um mehr und besser produzieren zu können. Ja, aber Investitionsmittel und Baukapazitäten sind begrenzt.

Dialektik II

D4

Man kann sich leicht noch viele ähnliche "ja aber" denken, die auf spezielle Maßnahmen oder Ziele bezogen sind, welche ein technisches Objekt sowohl für den Hersteller als auch für den Nutzer effektiver machen sollen. Immer stößt man auf ein "ja, aber", wenn ein Ziel anvisiert wird, das anspruchsvoll ist.

Bei jeder Zielbestimmung bzw. Lösungsstrategie muß der Fachmann zunächst die "für und wider" abwägen. Dabei kommt er häufig in die Situation, sich letzten Endes zu einem "entweder oder" zu entscheiden. Die Entscheidung mag mit allem gebotenen Sachverstand und Verantwortungsbewußtsein getroffen werden, sie wird dennoch im nachhinein immer auf ein "ja, aber" treffen, und wenn es vor dem eigenen Gewissen des Ingenieurs ist.

Eine entsprechende Zielstellung, welche erfinderisches Herangehen herausfordert, beruht auf der möglichst genauen Kenntnis aller denkbaren "ja, aber", strebt dabei jedoch nicht die Entscheidung zu einem "entweder oder", sondern eine Lösung für ein "sowohl als auch" bzw. für ein "weder noch" an. Ein solches anspruchsvolles Ziel wirft immer ein bisher noch nicht gelöstes Problem auf. Häufig wird das bloß als ein Informationsdefekt bezeichnet. Demnach müßte man sich nur fleißig bemühen, fehlende Information zu beschaffen, um am Ende zu wissen, wie bzw. womit das Problem zu lösen ist. Erfahrungsgemäß fördert das bloße Informieren über bereits Geschaffenes und Gedachtes jedoch mindestens ebensoviele "wider" wie "für" in bezug auf die Problemlösung (das "sowohl als auch") hervor, aus denen sich zwangsläufig neue "ja aber" ergeben. Und eben diese sind es, die den Fachmann in einen Teufelskreis geraten lassen, in dem er sich entweder resignierend "häuslich" einrichtet oder als Erfinder herausgefordert fühlt und zielstrebig nach Auswegen sucht.

D4

Die "ja, aber" signalisieren dem Erfinder, daß ein dialektischer Widerspruch besteht. Dieser kommt nicht allein durch eine bloße Soll-Ist-Differenz, sondern durch deren tendenzielles Verhalten zum Ausdruck, das wie folgt beschrieben werden kann:

1. Einer Anforderung gemäß ist vorgesehen, einen Parameter zu verbessern, um eine Soll-Ist-Differenz zu beheben.
2. "Ja, aber" das droht - zunächst einmal, beim Stand der Technik, der gemäß Fach- und Patentliteratur bekannt ist - zur Verschlechterung eines anderen Parameters (zur Verletzung einer Restriktion) zu führen,

3. und zwar zwangsläufig, auf Grund technischer Zusammenhänge. Erst, wenn ein solches gegenläufiges Verhalten gegenseitig abhängiger Parameter vorliegt, auf Grund dessen die Beseitigung einer Soll-Ist-Differenz zwangsläufig eine andere, ebenso schwerwiegende Soll-Ist-Differenz hervorruft, sind die wesentlichen Merkmale eines dialektischen Widerspruchs, gegeben, nämlich:

- Zwei Tendenzen sind einander entgegengerichtet, sie schließen einander aus (Kampf der Gegensätze), aber die eine dieser Tendenzen bringt die andere zwangsläufig hervor (Einheit der Gegensätze).

Die praktische Erforschung des Widerspruchs im Wesen der Dinge selbst beginnt im Ingenieuralltag mit den oben erläuterten ABER, die anspruchsvoll gesetzt sein müssen. "Zärtlichkeit für die Dinge", als dürften sich diese nicht widersprechen, ist die Sackgasse. Hohe Ansprüche machen die Vorstellungen über die Parameter gegeneinander regsam. Ihre Beziehungen kommen in Fluß. Werden die Ansprüche auf die Spitze getrieben, wird die Mannigfaltigkeit der Beziehungen geradezu lebendig. (Vgl. W. I. Lenin: Werke, Band 38, S. 125 bzw. 133). Chancen entstehen, Denkblockaden brechen zusammen. Ansatzpunkte werden analysierbar.

Dabei hat der erfolgsbewußte Erfinder bezüglich der notwendigen Entwicklung des technischen Objekts

- a) die technisch-ökonomische Zielgröße mit der Gesamtheit ihrer Zielgrößenkomponenten und diese wiederum mit der Gesamtheit der ihnen zugehörigen Parameter,
- b) die Gesamtheit der ABER, welche sich auf diese Parameter beziehen,

in ihrem Zusammenhang, also als System, im Blick. Die erfinderische Lösungsstrategie zielt darauf ab, den Widerspruch in der Entwicklung eines technischen Objekts zu überwinden durch

- Zerstören der Einheit, d.h. der gegenseitigen Abhängigkeit der gegenläufigen Parameter, z.B. durch Verändern der äußeren Rahmen- bzw. Randbedingungen.
- Ersetzen eines der beiden Parameter durch einen in gleicher Weise und gleichermaßen nützlichen, aber zu dem anderen nicht mehr gegenläufigen Parameter, z.B. indem bisher vernachlässigte Merkmale des technischen Objekts stärker ausgeprägt werden.
- Ersetzen des sich ausschließenden, gegenläufigen Verhaltens durch

kooperatives, gleichsinniges Verhalten der Parameter, z.B. indem die inneren Strukturbedingungen des Systems verändert werden.

Erfinden ist deswegen mehr, als bloß Neues hervorbringen. Jede Erfindung ist zwar etwas Neues. Aber nicht alles Neue ist eine Erfindung. Etwas Neues zu machen nach der Devise "Man nehme...", und man braucht nur hinzugreifen, ist keine Kunst. Und etwas Neues auszudenken, ohne daß es Nutzen bringt und/oder realisierbar ist, ist nur brotlose Kunst.

F r ä g e:

In welchem Zusammenhang stehen die Begriffe "Zielgröße", "ABER", "ja, aber" und "hoher Anspruch"?

1.5. Die Analyse der Widersprüche in der Entwicklung des technischen Objekts

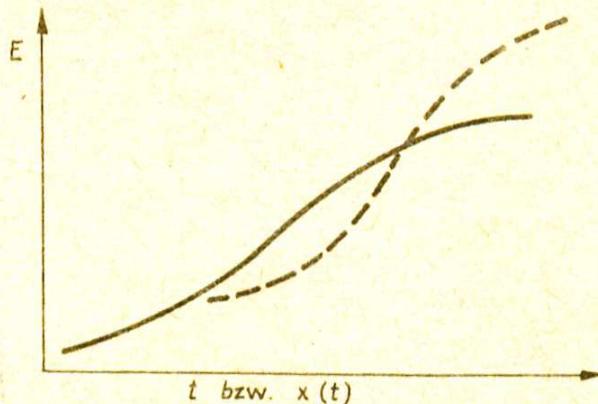
Die Widersprüche ergeben sich bei anspruchsvollen Vorhaben zur Entwicklung eines technischen Objekts. Dabei stellen wir uns vor, daß ausgegangen wird vom technischen Objekt auf dem Stand der Technik, daß es also eine "Basissvariante" als eine Art von Referenzmuster gibt, die entschieden verbessert, erneuert oder durch eine neue Generation ersetzt werden soll. (Abb. 5)

Vereinfachte Evolutionskurve (Evolon), hier: Evolon der Effektivität E einer Produktgeneration.

Punkte: Evolon einer Ablöse-Generation auf der Grundlage eines neuen Konzepts.

Retrospektive Evolon-Betrachtungen sind interessant.

Prospektive Evolon-Betrachtungen sind lebensnotwendig!



Die typische Gestalt des Evolon (Sättigungskurve!) beruht darauf, daß in Abhängigkeit von einer Führungsgröße $x(t)$ technisch-technologische Parameter und infolgedessen technisch-ökonomische Parameter (etwa $y(x)$, $z(x)$) ihre Beziehungen zueinander ändern. Oft werden Beziehungen, die ursprünglich "kooperativ" waren, mehr und mehr gegenläufig (abb. 6)

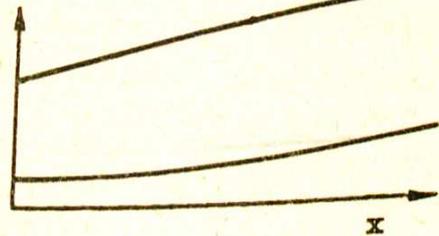
Weltstandsvergleiche ohne prospektive, eigenständige Modellüberlegungen (etwa gemäß Abb. 6) verleiten zum Hinterherlaufen.

Abb. 6: Beispiele für Verhalten von Parametern y, z in Abhängigkeit von einer Führungsgröße x .

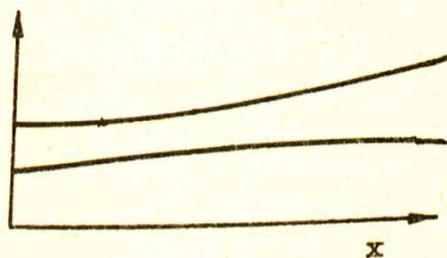
y und z können mit sehr unterschiedlichem, aber auch gleichem Gewicht, als Paar oder auch im Verbund mit weiteren Parametern die Entwicklung der Effektivität E bestimmen.

Die Beispiele können auch als verschiedene Stadien der Entwicklung des Verhaltens aufgefaßt werden.

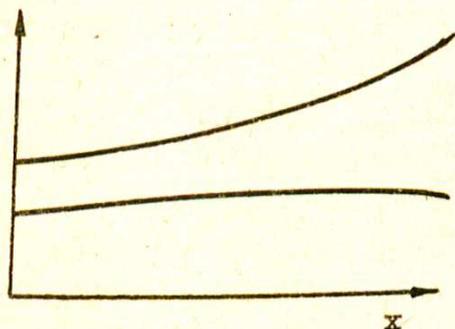
- a) Die Steigungswinkel der Kurven unterscheiden sich nur wenig: y, z
Die Parameter verhalten sich "kooperativ".



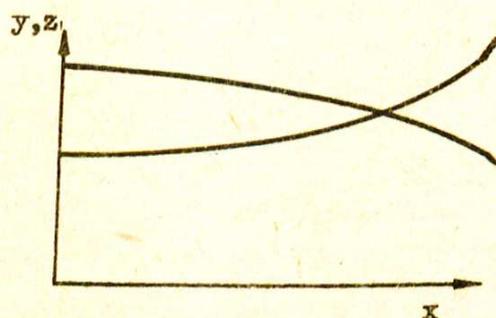
- b) Die Steigungswinkel beginnen sich wesentlich zu unterscheiden: Die Parameter beginnen "auseinanderzugehen". Optimierung noch ergiebig.



- c) Die Differenz der Steigungswinkel gerät in die Nähe von 90° : Beginn der Gegenläufigkeit. Falls beide Parameter für E gewichtig sind, muß das ihrem Zusammenhang zugrundeliegende Konzept erfinderisch erneuert werden.



- d) Die Differenz der Steigungswinkel überschreitet 90° : Der Widerspruch in der Entwicklungstendenz der Parameter "spitzt sich zu" und droht "diametral" zu werden. Optimierung kann höchstens noch Schaden begrenzen.



Die obligatorische Zielgröße (entweder vollständig vorgegeben oder vom verantwortungsbewußten Ingenieur vervollständigt) war in Abschnitt 1.3. als Ausdruck des Systems der ABER gekennzeichnet worden. Aus der Zielgröße werden die technisch-ökonomischen Parameter abgeleitet. Daß einige oder viele von ihnen sich kräftig verbessern sollen (aber keiner sich verschlechtern soll), ist zunächst nur ein Auftrag oder Wunsch. Sie haben ihr Wurzelgerlecht im System der technisch-technologischen und technisch-naturgesetzlichen Eigenschaften der Basisvariante und sind durch diese Eigenschaften miteinander verbunden, vernetzt. Aus diesen Verbindungen ergeben sich im System der ABER zwangsläufig die "ja, aber", die erfinderisch- durch Wandlungen in der Basisvariante - in "sowohl als auch" zu überführen sind. In dieser Zwangsläufigkeit liegt die Schwierigkeit des zielstrebigen, wirksamen Erfindens.

Die "ja aber" werden umso heikler und umso akuter,

- je kräftiger die Effektivität E gesteigert werden soll, weil dann Grenzbereiche der nur optimierenden Verbesserung des technischen Objekts erreicht werden oder überschritten werden müssen;
- je konsequenter die Zielgröße - das System der ABER - in ihrer Komplexität respektiert wird, so daß Verbesserungen hinsichtlich einiger Parameter nicht mehr "unter der Hand" auf Kosten von Verschlechterungen anderer Parameter erzielt werden können, die man unzulässigerweise ignoriert.

In dieser Situation bringen die "ja, aber" zum Ausdruck: Achtung! Wenn ich einen Parameter sehr stark verbessern will, kann sich - zunächst einmal, beim Stand der Technik - ein anderer verschlechtern, und das darf in der Regel nicht sein. (Abb. 6). Daß - zunächst einmal, beim Stand der Technik - die Verbesserung eines technisch-ökonomischen Parameters die Verbesserung eines anderen zwangsläufig beeinträchtigt oder ausschließt oder gar zur Verschlechterung eines anderen Parameters führt, bezeichnen wir als technisch-ökonomischen Widerspruch.

In der technisch-ökonomischen Entwicklung können solche Widersprüche eine Zeitlang in Kauf genommen werden. Das ist dann möglich,

- wenn sie ihrer Bedeutung (ihrem Gewicht) nach nicht gravierend sind, weil die im Widerspruchsverhältnis stehenden Parameter (je ein Parameter des Widerspruchspaares oder beide) im Gesamtsystem nicht gravierend sind; anders gesagt, wenn die komplexe Zielgröße (das System der ABER) eine entsprechende Unterscheidung zwischen grundlegenden und weniger wichtigen Parametern zuläßt.

- Altstadt / zu politisch
- wenn der Widerspruch im Anfangsstadium seiner Entwicklung steht, wo sich die Verbesserungen beider Parameter schon gegenseitig beeinträchtigen, aber noch nicht gegenseitig ausschließen. In diesem Anfangsstadium kann auf dem Stand der Technik durch Optimierung (Kompromißbildung) noch ein günstiger, mitunter ausreichend erhöhter Wert für jeden der beiden Parameter gefunden werden.

Die Erfindungsmethode muß nun das Bewußtsein hervorrufen,

- wie der zu lösende technisch-ökonomische Widerspruch durch Analyse des technischen Objekts - genauer: der Basisvariante - bestimmt wird. Welche Zusammenhänge im technischen Objekt sind "verantwortlich" für die "Konfliktsituation" im System der ABER? (Diese primären, häufig komplexen Zusammenhänge sind meist nicht ohne weiteres entflechtbar. Wie die Analyse bis zur Bestimmung des technisch-ökonomischen Widerspruchs getrieben werden kann, zeigen die Abschnitte 1 bis 4 des "Erfindungsprogramms".)
- wie man den noch tiefer im technischen Objekt, in seiner Struktur verborgenen Punkt oder sekundären Zusammenhang findet, wo so geändert werden kann, daß der primäre Zusammenhang (s.o.), welcher dem technisch-ökonomischen Widerspruch unmittelbar zugrunde liegt, unschädlich gemacht werden kann. Das führt auf die Frage nach dem technisch-technologischen und evtl. nach dem technisch-naturgesetzlichen Widerspruch, der aufgedeckt werden muß, wenn der technisch-ökonomische Widerspruch zum Verschwinden gebracht werden soll. (Vgl. hierzu die Abschnitte 5 bis 9 des "Erfindungsprogramms".)

Das zielstrebige Erfinden ist zu einem beträchtlichen Teil tiefgründige Analyse. Aus dieser ergeben sich schrittweise die Lösungsansätze: Nicht nur der Suchraum wird eingegrenzt. Durch die Herausarbeitung der genannten Widersprüche entsteht vor allem das Bild von der Struktur des zu lösenden Problems. Es zeichnet sich ab, welche Lösungsstrategie zu wählen ist (vor allem die Abschnitte 8 und 9 des "Erfindungsprogramms"). Auf diese Weise geht die Analyse allmählich in die Lösung über. (Das beginnt - genau besehen - bereits in Abschnitt 2 des "Erfindungsprogramms".)

F r a g e n:

- Gibt es graduelle Abstufungen der "Gegenläufigkeit der Entwicklung von Effektivitätsparametern"?
- Wann muß begonnen werden, Erfindungsaufgaben zu konzipieren?
- Wann dienen Weltstandsvergleiche der Erzielung günstiger Positionen?

1.6. Die Beziehungen des technisch-ökonomischen zum technisch-technologischen und zum technisch-naturgesetzlichen Widerspruch

Verschaffen wir uns weiteren Einblick in den Prozes, der, von der Zielgröße ausgehend, immer tiefer in die technisch-technologischen Zusammenhänge im Inneren des technischen Objekts und in deren naturgesetzliche Bedingtheit hineinführt. Knüpfen wir dabei an den schon umrissenen Begriff des technisch-ökonomischen Widerspruchs an.

Zuvor ist jedoch der Begriff "Führungsgröße" zu definieren. Die Führungsgröße ist ein systemspezifischer Parameter von zentraler Bedeutung, durch dessen Variation die Entwicklung der Leistungsfähigkeit und/oder der Effektivität eines technischen Systems erhöht werden soll. Anders gesagt: Solche Erhöhungen werden - meist auf Grund langjähriger Erfahrungen - als Folge einer Variation der Führungsgröße erwartet. Führungsgröße kann z.B. sein: die Einheitsleistung eines Großtransformators oder eines großen Generators, die Anzahl der integrierten Schaltkreise eines Mikroprozessors, die Laststufe eines Transportsystems, das Anlaufdrehmoment eines Elektromotors (bezogen auf sein Nennmoment), die Taktzahl einer Werkzeugmaschine, die Gleichgewichtskonzentration eines chemischen Prozesses, die spezifische Trennstufenzahl eines Extraktionsverfahrens. (Zum Begriff der Führungsgröße siehe auch Abschnitt 2.3.4. dieses Lehrbriefs.)

Ein technisch-ökonomischer Widerspruch ($t\ddot{O}W$) besteht darin, daß bei der Variation eines für das Erreichen eines höheren volkswirtschaftlichen Effekts entscheidenden technischen Parameters - der Führungsgröße G_F - zumindest zwei wichtige technisch-ökonomische Effektivitätsparameter $E_{t\ddot{O}1}$ und $E_{t\ddot{O}2}$ des technischen Objekts in ihrem Verhalten zueinander gegenläufig werden.

Betrachten wir zum Beispiel die Entwicklung eines Containers. Als Führungsgröße G_F wird die Wandstärke des Containers im Verhältnis zu seinen Kantenlängen gewählt. Durch Verringerung der Wandstärke werden zwei wesentliche technisch-ökonomische Effektivitätsparameter des Containers günstig beeinflußt: der spezifische Materialeinsatz, bezogen auf das Containervolumen, und das Nutzlastverhältnis, d.h. das Verhältnis von zuladbarer Masse zu Eigenmasse des Containers. Wir können daher beide Parameter zu dem technisch-

D₄
ökonomischen Effektivitätsparameter $E_{t\ddot{o}1}$ zusammenfassen. Der sich dazu gegenläufig verhaltende technisch-ökonomische Effektivitätsparameter $E_{t\ddot{o}2}$ ist die spezifische Belastbarkeit des Containers, d.h. die zuladbare Last im Verhältnis zur Laststufe des infrage kommenden Transportsystems. Diese wird sich bei Unterschreiten einer bestimmten Grenzwandstärke des Containers so stark verringern, daß dadurch die ökonomischen Vorteile der Materialeinsparung und der geringeren Eigenmasse des Containers bei weitem aufgewogen werden. Hinzu kommt bei abnehmender Wandstärke eine höhere Anfälligkeit des Containers gegen Korrosion und mechanische Beschädigung. Eine weitere Verminderung der spezifischen Wandstärke unter den charakteristischen Grenzwert ruft somit einen kritischen technisch-ökonomischen Widerspruch hervor.

D₄
Ein technisch-technologischer Widerspruch (TTW) besteht darin, daß bei der Variation des für die Ausprägung eines funktionstragenden technischen Effekts vorrangig bestimmenden technischen Parameters - der Strukturgröße G_S - mindestens zwei maßgebende technisch-technologische Effektivitätsparameter E_{tt1} und E_{tt2} des technischen Objekts in ihrem Verhalten gegenläufig zueinander werden.

Im Beispiel des Containers ist mit Blick auf die Überwindung des technisch-ökonomischen Widerspruchs zunächst die Behälterform als Strukturgröße G_S in Betracht zu ziehen. Durch sie wird ein funktionstragender technischer Effekt entscheidend ausgeprägt, nämlich die Verteilung der Lastkräfte und der Art ihrer Wirkung (in Form von Druck-, Zug-, Schub- und/oder Biegespannungen) in Relation zur örtlichen Festigungsverteilung in der Wandung des Containers. Auf der Wirkung dieses technischen Effekts beruht einer der wesentlichen Effektivitätsparameter des Containers, seine spezifische, d.h. auf sein Volumen bezogene Tragfähigkeit. Wir bezeichnen ihn mit E_{tt1} . Durch geeignete Formgebung der Behälterwandung kann der technische Effekt so zur Wirkung gebracht werden, daß sich Materialeinsparung und höheres Nutzlastverhältnis nicht mehr in einem technisch-ökonomischen Widerspruch mit der spezifischen Belastbarkeit des Containers befinden müssen.

D₄
Gelingt dies nicht, so liegt ein technisch-technologischer Widerspruch vor. Dieser kommt dadurch zustande, daß mit der Behälterform als Strukturgröße G_S nicht allein die Tragfähigkeit, sondern auch das spezifische Nutzvolumen, d.h. der durch das Ladegut ausfüllbare Anteil des Containervolumens, sowie seine Zugänglichkeit,

d.h. die Be- und Entladbarkeit des Containers, maßgeblich bestimmt werden. Diese Eigenschaften können wir zum technisch-technologischen Effektivitätsparameter E_{tt2} zusammenfassen. Der technisch-technologische Widerspruch kann darin bestehen, daß zur Erzielung einer höheren Tragfähigkeit eine Behälterform erforderlich wird, die ein geringeres spezifisches Nutzvolumen und/oder ungünstigere Be- bzw. Entladbarkeit eines Containers notwendig zur Folge hat. Dies ist z.B. der Fall, wenn der Behälterboden zur Erhöhung der Tragfähigkeit eine gewölbte Form erhalten soll und dadurch die nutzbare Behälterhöhe (bei Transport von Sperrgut) oder seine Entladbarkeit (bei Transport von Schüttgut) unzulässig beeinträchtigt wird.

Ein technisch-naturgesetzmäßiger Widerspruch (TNW) entsteht dann, wenn bei der Variation eines für das Eintreten einer naturgesetzmäßigen Wirkung maßgebenden technisch-naturgesetzmäßigen Parameters, der Wirkgröße G_W , sich mindestens zwei technisch-naturgesetzmäßige Effektivitätsparameter E_{tn1} und E_{tn2} des technischen Objekts gegenläufig zueinander verhalten, statt wunschgemäß in gleicher Richtung.

Im Hinblick auf die Lösung des technisch-technologischen Widerspruchs kann im Fall des Containers zumindest örtlich die Elastizität des Materials der Behälterwandung als Wirkgröße G_W in Betracht gezogen werden. Die mit dieser Einwirkgröße eintretende naturgesetzmäßige Auswirkung ist die elastische Verformung der Behälterwandung. Durch diese Auswirkung werden zwei wesentliche technisch-naturgesetzmäßige Effektivitätsparameter gegenläufig beeinflusst:

- einerseits die Anpassungsfähigkeit der Form des Behälters an die Form des Ladegutes sowie die Anpassungsfähigkeit seiner Festigkeitsverteilung an die Verteilung der spezifischen Belastung (E_{tn1}), aber auch
- andererseits die Formbeständigkeit des Behälters (E_{tn2}).

Beide Effektivitätsparameter werden dann nicht in Widerspruch zueinander stehen, wenn die Elastizität als Wirkgröße in der Behälterwandung zweckmäßig verteilt ist bzw. wenn die Formbeständigkeit keine maßgebende Rolle spielt oder sogar unerwünscht ist. Letzteres ist z.B. beim Müllcontainer der Fall. Deswegen gibt es den Müllsack aus extrem dünner, hochelastischer und biologisch abbaubarer Plastikfolie. Hier entsteht durch die Wahl der Wirkgröße

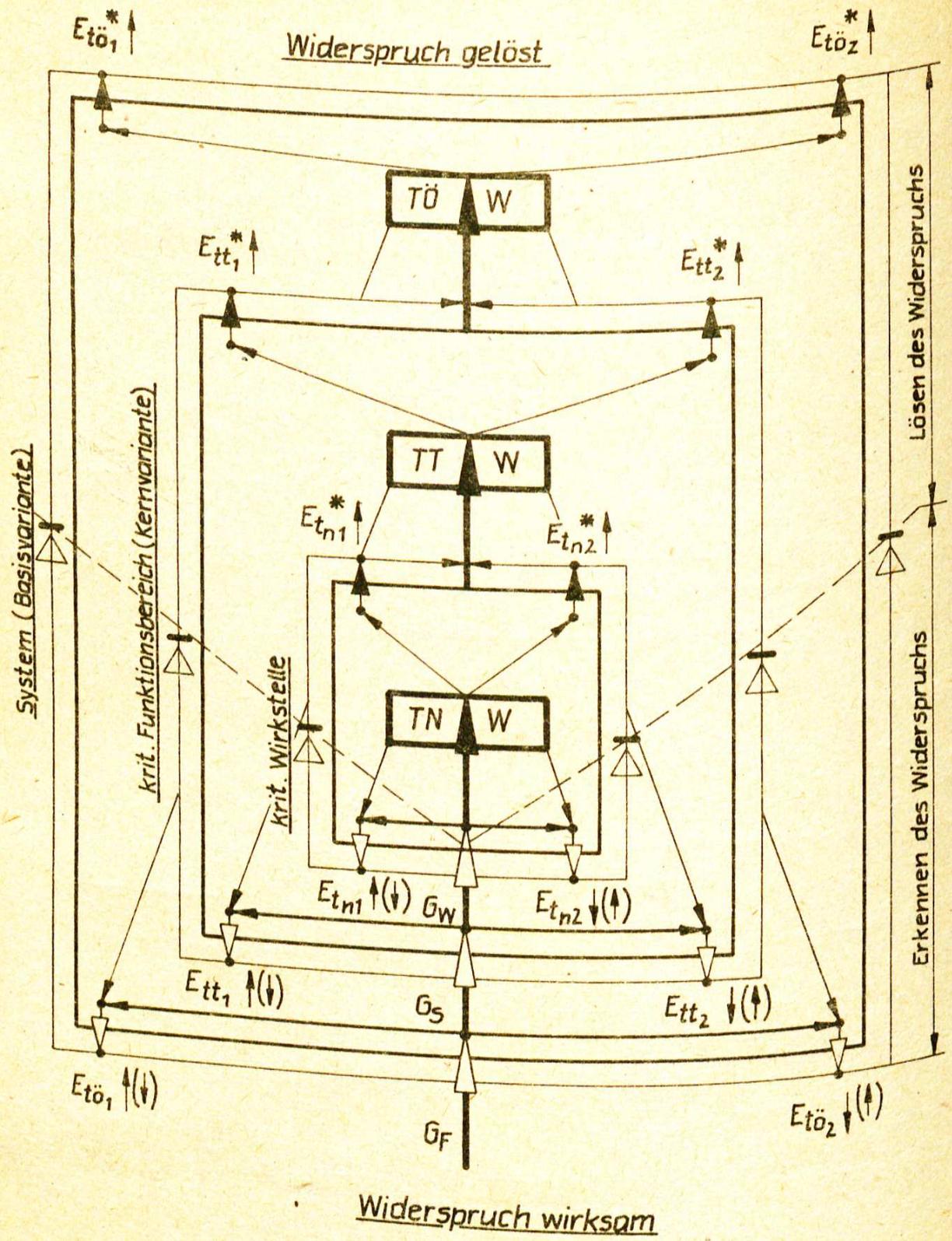


Abb. 7: Leitgrößen, Effektivitätsparameter und Widersprüche in der Entwicklung technischer Objekte

Abb. 7

Legende zu Abb. 7

Die Widersprüche in der Entwicklung des technischen Systems.

TÖW - technisch-ökonomischer Widerspruch

TTW - technisch-technologischer Widerspruch

TNW - technisch-naturgesetzmäßiger Widerspruch

TÖW, TTW und TNW sind auseinander hervorgehende Widersprüche in der technischen Entwicklung eines Objekts

G_F - Führungsgröße

G_S - Strukturgröße

G_W - Wirkgröße

G_F , G_S und G_W sind Leitgrößen der technischen Entwicklung eines Objekts

$E_{tö}$ - technisch-ökonomischer Effektivitätsparameter

E_{tt} - technisch-technologischer Effektivitätsparameter

E_{tn} - technisch-naturgesetzbedingter Effektivitätsparameter

$E_{tö}$, E_{tt} , E_{tn} sind technische Effektivitätsparameter eines Objekts. Sie unterscheiden sich nach der Art des Aufwandes, der für die Erzielung des technischen Effekts erforderlich ist.

E_t^+ - Technischer Effektivitätsparameter eines technischen Objekts mit einem im Ergebnis der Widerspruchslösung veränderten Variationsverhalten.

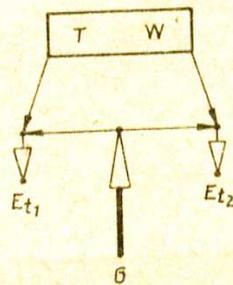
E_t - technischer Effektivitätsparameter steigend bei Variation der Leitgröße

E_t - technischer Effektivitätsparameter fallend bei Variation der Leitgröße

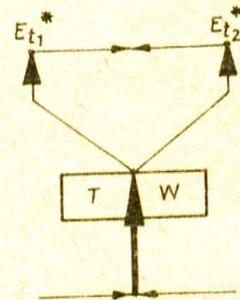
ERLÄUTERUNG DER SYMBOLE ZU ABB. 7



„heuristische Diode“;
sperrt den Lösungsweg, wenn $E_t \downarrow$;
gibt den Lösungsweg frei, wenn $E_t \uparrow$



Widerspruch lösen



Optimieren durch
 Parametervariation (bei $G \hat{=} G_F$)
 Strukturvariation (bei $G \hat{=} G_S$)
 Effektvariation (bei $G \hat{=} G_W$)

14
"Elastizität" nicht nur kein technisch-naturgesetzmäßiger Widerspruch, sondern es wird auch der technisch-technologische Widerspruch gelöst und mit ihm der technisch-ökonomische Widerspruch. Dabei ist die durch die extrem dünne Behälterwand bedingte höhere "Korrosionsanfälligkeit" hier sogar erwünscht, weil sie einen schnellen biologischen Abbau des Behälters auf der Mülldeponie zur Folge hat.

Ein technisch-naturgesetzmäßiger Widerspruch kann z.B. dann gegeben sein, wenn der negative Einfluß der gewählten Wirkgröße "Elastizität" auf die Formbeständigkeit darin besteht, daß bei dynamischer Belastung Schwingungen der Behälterwand auftreten, die zu Resonanzerscheinungen und infolgedessen zu einer Beeinträchtigung des Ladegutes und/oder zur vorzeitigen Zerstörung der Behälterwand führen können.

F r a g e:

Welche Zusammenhänge sehen Sie zwischen

- a) der Gesamtheit der Voraussetzungen zur Erteilung eines Erfindungsschutzrechts und zur Vergütung des Erfinders (auf Grund des Nutzens der Erfindung) einerseits
- b) und der Lösung eines technisch-ökonomischen Widerspruchs andererseits?

1.7. Systemanalyse des technischen Objekts

"... das Widersprechende im Dinge selbst..., die widersprechenden Kräfte und Tendenzen in jedweder Erscheinung; ... das Ding (die Erscheinung etc.) als Summe und Einheit der Gegensätze", der "innerlich widerstrebenden Tendenzen (und Seiten) in diesem Ding", wobei fast jedes Teil dieses Systems "mit jedem verbunden" ist. (W. I. Lenin: Konspekt zu "Wissenschaft der Logik", in: Werke, Band 38, S. 212 f.)

So wurde in vorstehenden Abschnitten zur Geltung gebracht: Die dialektische Widersprüchlichkeit der zur Geschichte gewordenen und der bevorstehenden Entwicklung des technischen Objekts reduziert sich nicht auf ein einzelnes Gegensatzpaar. Sie ist vielmehr die Form und der Trieb der Entwicklung des technischen Objekts als eines Systems, als einer Gesamtheit von vielen Elementen und vielen Beziehungen, die ihrerseits in Beziehungen zur gesellschaftlichen und zur technischen Umgebung des Objekts eingebunden sind. Das stofflich vorliegende technische Objekt ist ein System. Im techn.

Entwicklungsprozeß, den der Erfinder zu sehen hat, ist es eine Momentaufnahme, ein Ausschnitt, dazu veranlassend, das Konzept des Objekts in Entwicklung und Beziehung zu sehen. Das erfordert erst recht, das Objekt als System zu sehen.

In vorstehenden Abschnitten wurde begonnen, die Menge der Beziehungen in ihrer Systematik zu zeigen, die zunächst einmal durch den gesellschaftlichen und den technischen Entwicklungsprozeß gegeben ist und grob durch die Betrachtungsebenen

- technisch-ökonomisch (mit den ABER und der Zielgröße)
- technisch-technologisch (mit den ABER)
- technisch-naturgesetzlich

gekennzeichnet wurde. Die Beziehungen innerhalb jeder Ebene - z.B. zwischen den ABER - wurzeln in Beziehungen anderer Ebenen. Die Wurzeln sind selbst Beziehungen. Die widersprüchlichen Beziehungen wurden hervorgehoben, weil sie jeder Entwicklungsproblematik ihre Schärfe, ihre konkrete Struktur, und dem Erfinder seine Ansatzpunkte und die Fingerzeige zur schöpferischen Lösung geben.

In Abschnitt 1.9. wird auch angedeutet werden, wie der Erfinder im technischen Objekt Paare technischer Elemente schaffen kann, deren entgegengesetztes Wirken gerade diejenige Resultante hervorbringt, die als technisches Ideal gewünscht wird. Auch diese Wechselwirkungen sind hervorzuhebende Relationen. So gesehen heißt Erfinden, Relationen hervorzuheben. Auch das setzt voraus, technische Objekte in ihrer Eigenschaft als Systeme zu analysieren.

Methode des Erfindens ist daher zu einem beträchtlichen Teil Methode des Analysierens von Systemen. Zumindest muß sie den Erfinder, der zielstrebig sein will, dazu anregen, die systemanalytischen Mittel zu nutzen, die die Wissenschaft hervorgebracht hat. Im Programm zum Herausarbeiten von Erfindungsaufgaben und Lösungsansätzen geschieht das durchgehend; vor allem geschieht es in den Programmabschnitten 2, 3, 5, 6, 7, 9.

Die systemtheoretische Betrachtung kann durch verschiedene Grundmuster gesteuert werden. Am gebräuchlichsten ist bisher das Muster "black box". Dabei wird gegenübergestellt:

- Eine Menge von Eingangsgrößen
- einer Menge von Ausgangsgrößen.

Das technische System hat die Menge der Eingangsgrößen in die Menge der Ausgangsgrößen zu überführen. Darin besteht seine Über-

führungsfunktion. Der Erfinder hat beide Mengen - der Eingangsgrößen und der Ausgangsgrößen - einander gegenüberzustellen und zu fragen:

- Worin besteht der Zweck der Überführung?
- Wie wird beim Stand der Technik die Überführungsfunktion in Teilfunktionen und Elementarfunktionen zergliedert und verwirklicht?
- Ist eine andere Realisierung der Überführungsfunktion denkbar?
- Sind in den Mengen der Eingangs- bzw. Ausgangsgrößen Änderungen möglich, um einen Widerspruch zu lösen?

Kapitel 4 enthält das Minimum systemtheoretischer Begriffe, die sich an das Muster der black-box-Darstellung anschließen. Noch wenig erforscht, aber aussichtsreich ist die Nutzanwendung des von Altschuller vorgeschlagenen systemtheoretischen Grundmusters der WePol-Darstellung /1/, /2/.

Die Grundmuster "black box" und "WePol" sind Richtungsweiser des systemtheoretischen Analysierens, und damit auch des Abstrahierens.

Objekte in ihrer Eigenschaft als Systeme zu analysieren schließt ein, zeitweilig von vielen Details abzusehen, die der Ingenieur zu sehen gewohnt ist. Zielstrebiges Absehen heißt "Abstrahieren". Abstrahieren heißt, nach einem vorab gewählten Gesichtspunkt das Bild eines Objektes (oder Problems) zu vereinfachen. "Genies lösen scheinbar unlösbare Probleme, weil sie sie als kognitiv einfach identifizieren können. Die Genialität liegt in der Fähigkeit zur Verminderung von Schwierigkeiten, in der Reduktion des Informationsgehalts einer Problemsituation durch kognitive Vorverarbeitung." (F. Klix: Erwachendes Denken, Berlin 1980, S. 256)

Abstrahieren heißt unter anderem auch, den Zugang zu Analogien zu schaffen. Analogienbildung wird seit jeher als Instrument erfinderischer Tätigkeit gesehen. Was zwei Objekte gegenseitig als Analoga zu sehen erlaubt, sind identische (ähnliche) Strukturen und/oder Funktionen, also Beziehungen, die durch Abstrahieren von einander nichtidentischen (unähnlichen) Eigenschaften der Vergleichsobjekte sichtbar werden. (Auch Funktionen sind Beziehungen, z.B. zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen.)

Bei genauerem Hinsehen stellt sich heraus, daß das Abstrahieren von Eigenschaften zugleich einen tieferen Einblick in den Reichtum von Beziehungen (darunter Funktionen) schafft, der einem tech-

nischen Objekt zugehört. Damit ist auch der Weg frei zu einer tieferen Einblick in den Reichtum von Eigenschaften, die jeder einzelnen Beziehung (bzw. Funktion) zukommen. Insofern ist Abstrahieren zugleich auch Konkretisieren. Die Vereinfachung ist nur eine Seite der Medaille: Der Blick wird frei für Zusammenhänge von denen sich das Nicht-Genie oder der im Abstrahieren Ungeübte nichts träumen läßt. Die "kognitive Einfachheit" wird durch die Arbeit des Abstrahierens gewonnen. Der erfinderisch vereinfachende Ingenieur ist keineswegs der Zauberer, als der er erscheint, wenn man nur das fertige Resultat betrachtet, das mittels Vereinfachung gewonnen wurde. Die Vereinfachung ist Mittel und Inhalt des gekonnten Abstrahierens, der geistigen Anstrengung. Das Instrumentarium wird vor allem aus den systemanalytischen Verfahrensweisen und Begriffen gebildet. Sie zu nutzen ist zugleich stärkstes Mittel der erfinderischen Analogiensuche.

Daß Erfinden trainierbar ist, beruht zu einem beträchtlichen Teil auf dem Verbund von dialektischen und systemanalytischen Denkweisen. Sie sind einzeln und im Verbund trainierbar. Die Fähigkeit, Denkblockaden zu überwinden, die in der älteren Kreativitätsliteratur als wichtigstes Vehikel des Erfindens behandelt wird, ist darin aufgehoben und eingeschlossen. Dialektisches und systemanalytisches Denken schließt das "Negieren" (Infragestellen, Ingegensätzen-Denken, Andersmachen) und das "Verfremden" (den Verfremdungseffekt nach B. Brecht) ein, aber befreit es von dem chaotischen Spiel des trial and error. Systemtheoretisch und dialektisch geschultes Denken hilft, mit dem Fachwissen des Ingenieurs so vorzugehen, daß die Ansatzpunkte und die Richtungen des "Negierens" und des Bessermachens aus dem Bestehendem (der Tradition und dem historisch gewachsenen Stand der Technik) ableitbar werden. Es schließt die historische Analyse der objektrelevanten Bedürfnisse und der vorausgegangenen Entwicklung des Objekts selber ein. Die dialektische, systemtheoretisch bereicherte Denkweise ist dem Erfinder auf den Leib geschrieben wie dem Revolutionär, "sie in dem positiven Verständnis des Bestehenden zugleich auch das Verständnis seiner Negation, seines notwendigen Unterganges einschließt, jede gewordene Form im Flusse der Bewegung, also nach ihrer vergänglichen Seite auffaßt, sich durch nichts Impfen läßt, ihrem Wesen nach kritisch und revolutionär ist." (K. Marx, Das Kapital, Nachwort zur zweiten Auflage. In: K. Marx, F. Engels: Werke Band 23, S. 28)

F r a g e n:

- Haben Sie schon versucht, die black-box-Darstellung auch dann anzuwenden, wenn die Ein- und Ausgänge von Systemen nicht als Rohstoffe (Rohlinge), Energieströme und Informationen, sondern als Zustände bzw. Kräfte aufzufassen sind?
- Haben Sie sich vorgenommen, nach der Erfinderschule auch andere systemanalytische Darstellungsmittel kennenzulernen (z.B. die WePol-Darstellung nach Altschuller)?
- Erkennen Sie die Zusammenhänge zwischen
 - a) der Widersprüchlichkeit im Verhältnis technisch-ökonomischer bzw. technischer Parameter einerseits
 - b) und dem Verhältnis von erwünschten und unerwünschten Wirkungen am Systemausgang andererseits?

1.8. Vertiefte Systemanalyse - schädlicher technischer Effekt und technisches Ideal, technisch-technologischer und technisch-natur-gesetzlicher Widerspruch

Im Erfindungsprogramm (Abschnitte 2, 3, 4) wird gezeigt, wie Systemanalyse in einem ersten Anlauf zur Wirkung gebracht wird: Vom vollständig erfaßten System der ABER und der Zielgröße wird auf systemanalytischem Weg zur Feststellung des gravierenden technisch-ökonomischen Widerspruchs vorgedrungen. Unter Umständen können schon auf dieser Wegstrecke erfinderische Ergebnisse gewonnen werden. Ist das nicht der Fall, heißt das: Die Ansatzpunkte zur Zielerfüllung sind im technischen System tiefer verborgen; ausgehend vom gravierenden technisch-ökonomischen Widerspruch ist die Systemanalyse zu vertiefen. Auch hierfür stehen die systemtheoretischen Mittel zur Verfügung.

Aber die Handhabung der Mittel bedarf der Steuerung. Ziel der Analyse ist jetzt, den technisch-technologischen Widerspruch herauszuarbeiten. Der Steuerung zum Ziel dienen die Begriffe "schädlicher technischer Effekt" (STE) und "technisches Ideal". Mit ihnen kann der Gebrauch systemtheoretischer Werkzeuge zielstrebig gesteuert werden. Das Erfindungsprogramm (Abschnitt 5 bzw. 6) zeigt, wie STE und Ideal aus den bisherigen Analyseergebnissen herausgearbeitet und zur vertieften Analyse genutzt werden können. Das geschieht auf folgendem Hintergrund:

Die vertiefte Analyse, zu der der Erfinder nun Anlauf nimmt, läßt

sich mit der Defektanalyse vergleichen, die der Fahrzeugschlosser am Auto ausführt, mit dem der Chauffeur nicht weitergekommen ist. Dieser Vergleich bringt Gemeinsamkeiten und Unterschiede beider Analysearten zutage.

Instandsetzungstechniker sind im Vergleich zum Laien die Meister des "Gewußt wo". Sie kennen das technische System in- und auswendig, seine Bestandteile und ihre Beziehungen, seine Struktur. Wenn das System, das gestern noch gut funktioniert hat, anfängt zu versagen, finden sie durch eine geschickte Diagnose schnell den schädlichen Effekt. Ist dieser gefunden, hat man die Schadstelle eingekreist und weiß, was zu tun ist.

In einem sehr allgemeinen Sinne ist auch der Erfinder ein Meister des "Gewußt wo". Auch der Erfinder muß einen unerwünschten, schädlichen Effekt finden. Es gibt allerdings zwei gravierende Unterschiede zur Instandsetzung:

1. Das technische System (die Basisvariante) kann durchaus funktionieren, allerdings nur entsprechend den ABER vergangener Zeiten, in denen es konzipiert wurde. Und nun sollen seine Systemparameter derart erhöht werden, daß es den neuen, beträchtlich erhöhten ABER gerecht wird. Das gelingt nicht auf Anhieb. Die neuen ABER führen zum technisch-ökonomischen Widerspruch (TÖW).
2. Die Systemanalyse, die zur Erkenntnis des technisch-technologischen Widerspruchs (TTW) führen soll, muß auch solche Zusammenhänge zwischen Systembestandteilen und Systemfunktionen aufdecken, die der Instandsetzer gar nicht zu überdenken braucht, weil das Systemkonzept den alten ABER gemäß stimmt. Der schädliche Effekt, der den Instandsetzer interessiert, ist die Auswirkung einer Schadstelle im System auf die Funktionsfähigkeit des Systems. Der schädliche Effekt, den der Erfinder sucht, beruht nicht auf einer Schadstelle im eigentlichen, sondern in einem übertragenen Sinne. Es ist eine charakteristische Auswirkung irgendwelcher Entwicklungsschwachstellen im technischen System (der Basisvariante), das (die) den neuen ABER nicht gewachsen ist. Gerade das ist es, was im TÖW in Erscheinung tritt.

Anders gesagt: Für den Erfinder ist der schädliche Effekt die nachteilige Auswirkung einer Entwicklungsschwachstelle im System auf die Entwicklungsfähigkeit des Systems im Sinne der Zielgröße.

Dieser schädliche Effekt (STE) kommt im Auftreten eines TÖW zum Ausdruck. Er hat zur Folge, daß bei Veränderung einer bestimmten Führungsgröße (bei Variation der Werte des entwicklungsbestimmenden technischen Parameters des Systems) mindestens ein hochrangiger technisch-ökonomischer Parameter in unzulässigem Maße abnimmt. Aus der Art dieses kritisch gewordenen technisch-ökonomischen Parameters und seiner Änderung sind Rückschlüsse auf den kritischen Funktionsbereich des technischen Systems im Sinne einer strukturbedingten Entwicklungsschwachstelle möglich. Um diesen Systembereich näher einzugrenzen, ist die technische Kausalkette zu verfolgen, die der Korrelation zwischen Führungsgröße und den kritischen technisch-ökonomischen Parametern zugrunde liegt. Die Wurzel des TÖW liegt im technischen System dort, wo einander widersprechende Anforderungen an technische Strukturparameter gestellt werden müssen, um das rückläufige Verhalten des kritischen technisch-ökonomischen Parameters zu vermeiden bzw. seine Erhöhung zusammen mit den anderen Parametern der Zielgröße bei Variation der Führungsgröße (z.B. Erhöhung) zu erreichen.

Der Erfinder hat Glück, wenn es ihm auf Anhieb gelingt, durch geschickte Umgestaltung der Entwicklungsschwachstelle den schädlichen Effekt zu beseitigen. Oft ist das gerade wegen systembedingter Restriktionen ausgeschlossen. Würde der Erfinder wagen, dem schädlichen Effekt einfach seine Grundlage "wegzunehmen", würde das System andere schädliche Effekte zeitigen. Deshalb muß der Erfinder die Systemanalyse über die Erkennung des schädlichen Effektes hinaus fortsetzen, bis die "Schwachstelle" der Schwachstelle, der Angriffspunkt zur schadlosen Beseitigung (evtl. Umgehung) des schädlichen Effekts, gefunden ist.

Diesem Anliegen dienen die Abschnitte 5, 6, 7 und 8 des "Erfindungsprogramms". Abschnitt 5 enthält Hinweise, wie mittels Systemanalyse der für den Erfinder schädliche Effekt gefunden werden kann.

Im Programmabschnitt 6 wird ein Begriff des technischen Ideals eingeführt.

Im Grunde genommen benötigt der Ingenieur Idealvorstellungen in mindestens zwei Abstufungen. Höchstes Ideal ist eine technische Lösung, die darin besteht, daß eine Funktion erfüllt wird, ohne daß dafür ein besonderes technisches Objekt erforderlich ist. Der benötigte Effekt wird sozusagen gratis erzielt. (/1/, S. 52)

78-2. Br. Dunkel-Papier

Ein solches Ideal kann angenähert erreichbar sein, indem ein technisches Objekt mit wenig technischem Aufwand und ohne Schaden derart umgestaltet wird, daß es zugleich mit einer traditionsgemäß ausgeführten Funktion die Ausführung einer weiteren Funktion übernimmt, für die bisher ein spezifisches Organ erforderlich war. Die technische Entwicklung führt mitunter zu Situationen, in denen dieses Ideal nicht nur sinnvoll erstrebt, sondern auch angenähert erreicht werden kann. Im Erfindungsprogramm ist es vor allem die Position 2.14, die die Aufmerksamkeit auf solche Situationen lenkt. In Abschnitt 1.9 dieses Lehrmaterials werden zwei Beispiele beschrieben, die diesem Ideal nahekommen. Der Erfinder ist darauf eingestellt, solche Situationen aufzudecken und auszunutzen. Er ist darauf eingestellt, in günstigen Situationen das höchste Ideal zu erjagen. Er stellt sich darauf ein, indem er von solchen Lösungen träumt. Ohne zu träumen wird niemand die Kraft entwickeln, seine angeborenen Fähigkeiten voll auszubilden und zur Auswirkung zu bringen. Im Zeitalter globaler Probleme wird dieses Erfinderideal immer mehr zu einem Ideal aller Technik werden.

D4

III

Zugleich wird der Erfinder bestrebt sein, in beliebigen Situationen das Äußerste zu erreichen. Wenn der schädliche technische Effekt (STE) zutreffend ermittelt ist, besteht die radikalste Annahme darin, daß der STE unschädlich gemacht werden kann. Diese Annahme ist ausnahmslos immer sinnvoll. Sie ist am ehesten realisierbar,

- wenn alle Information ausgewertet wird, die der bisherige, gesellschaftlich und entwicklungsgeschichtlich orientierte Analyseprozeß (Abschnitte 1 bis 5 des Erfindungsprogramms) erbracht hat,
- wenn diese Auswertung nunmehr vor allem genutzt wird, um das spezifische Ideal zu bestimmen, das gerade die Negation des spezifischen schädlichen Effekts ergibt, der seinerseits durch die Analyse erkannt wird, die mit dem gesellschaftlichen Bedürfnis, den spezifischen ABER und der spezifischen Zielgröße begann.

Dieses Ideal ist die technische Lösung, die es erlauben würde, den TÖW zu lösen. Dementsprechend wird in Abschnitt 6 des Erfindungsprogramms ein Idealbegriff eingeführt, der jeder beliebigen Widerspruchssituation gemäß ist und auf die Spezifik der jeweili-

gen Widerspruchssituation orientiert. Ein solcher Idealbegriff wird dort definiert, und zwar in Form einer Denkanleitung. Das Ideal, das in der jeweiligen Widerspruchssituation diesem Idealbegriff entspricht, wird nun seinerseits benötigt als intellektuelles Steuerungsmittel, die Systemanalyse zu vertiefen. In Abschnitt 6 und 7 des Erfindungsprogramms wird gezeigt, wie aus der Gegenüberstellung von STE und Ideal der technisch-technologische Widerspruch herausgearbeitet werden kann. In diesem Stadium wird selbst für komplizierte Erfindungsprobleme der Höhepunkt der Analyse erreicht: Das Problem ist aufgeklärt, zugespitzt, "auf den Punkt gebracht". Die Analyse gelangt in das Stadium, in dem sie nun auch für Probleme hohen Schwierigkeitsgrades in eine Lösungsstrategie umzuschlagen beginnt. Die Ansatzmöglichkeiten für vielerlei Verfahren, technische Widersprüche zu lösen, sind jetzt gegeben. Eine gedrängte Übersicht von Prinzipien für Lösungsstrategien ist im Programmabschnitt 9 enthalten. Man kann u.U. vom Abschnitt 7 zum Abschnitt 9 springen.

Sollte eine Lösung beim Sprung von Abschnitt 7 zu Abschnitt 9 nicht gefunden werden, ist zu fragen, welche Tatbestände aus naturgesetzlicher (physikalischer, chemischer, biologischer) Sicht dem technisch-technologischen Widerspruch zugrunde liegen. (Frage-liste siehe Programmabschnitt 8). Damit wird von der technisch-technologischen zur naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise übergegangen. Scheint der TTW nicht lösbar, gehe man auf die naturgesetzliche Denkebene über. Stehen sich zwei Forderungen gegenüber, die sich auf Grund der Naturgesetze gegenseitig ausschließen? Das gleichzeitige Bestehen dieser zwei Forderungen läuft auf eine naturgesetzliche Paradoxie hinaus: Jetzt ist das Erfindungsproblem bis zum äußersten zugespitzt. Jetzt kann auch die Frage nach bisher nicht genutzten naturgesetzlichen (z.B. physikalischen) Effekten sehr effektiv gestellt werden.

Dennoch bleibt die Lösung des TTW ein technisches Problem: Es ist die Struktur des technischen Systems, wo etwas geändert werden muß. Wie ist die Struktur des technischen Systems zu ändern, damit der TNW verschwindet? Die Herausarbeitung des TNW kann für die Lösung des TTW die Strategie offenlegen. Physikalische Effekte können dafür neue Möglichkeiten eröffnen.

Abschnitt 9 des "Erfindungsprogramms" enthält auch für diesen Fall die Fragen, deren Beantwortung zur Lösungsstrategie des TTW führt.

Der Übergang von der Analyse zur Ideenfindung ist zu seinem Höhepunkt fortgeschritten, die Ideenfindung tritt in den Vordergrund. Die analytische Arbeit verlagert sich jetzt darauf, zu klären, welche Lösungsprinzipien geeignet sind, und wie die Lösung schutzrechtlich zu sichern, experimentell zu testen, rechnerisch durchzuarbeiten und auf den Weg zur Überleitung zu bringen ist.

F r a g e n:

- Welche Konsequenzen ergeben sich daraus, daß der Entwickler (Erfinder) vor allem die Entwicklungsschwachstelle des technischen Systems finden muß? Was kann die Folge sein, wenn Entwickler nur die Schwachstelle im Sinne des Instandsetzers sehen?
- Welche Konsequenzen können sich beim Übergang zu neuen physikalischen Prinzipien für den Bedarf an Investmitteln ergeben?

1.9. Die "raffiniert einfachen Lösungen" (REL)

Die REL sind Lösungen mit besonders günstigem Verhältnis von Aufwand und Nutzen. In den Abschnitten 6.4. und 9.3. des "Erfindungsprogramms" wird die Aufmerksamkeit unter anderem auf Lösungen gerichtet, deren verbale Beschreibung Wörter wie "von selbst", "Selbstkompensation", "Selbstfixierung", "Selbstregelung", "Selbstbewegung" enthält. Bereits der Programmabschnitt 2.14 enthält eine Frage, die auf solche Lösungen abzielt: "Welche Nebenfunktionen im System eignen sich, um andere Nebenwirkungen nutzbar zu machen oder schädliche Nebenwirkungen zu unterdrücken oder in nützliche zu verwandeln?" Ist eine solche Eignung gegeben, so kann eine Lösung oder Teillösung des Typs "von selbst" schon während der gerade begonnenen Systemanalyse gefunden werden, in diesem Falle eine Selbstkompensation.

Solche Lösungen sind dadurch gekennzeichnet, daß ihre stoffliche Realisierung überwiegend mit schon vorhandenen Funktionseinheiten und Energiepotentialen, mit wenig apparativem Aufwand und/oder wenig Betriebsenergie auskommt. In diesem Sinne sind sie einfach, elegant, ideal. Die technische Welt ist seit alters her voller solcher Lösungen, an denen wir leider achtlos vorübergehen, weil wir uns schon im Kindesalter an sie gewöhnt haben. Typisch ist der Schiffsanker, ein äußerst einfaches Gerät, dessen Spitzschau-feln sich "von selbst" umso tiefer in den Meeresgrund eingraben,

je stärker Wind oder Strömung am Schiff angreifen. (Analog verhält sich der Angelhaken im Fischmaul).

Nähme man an, daß vor der Erfindung des Ankers vielleicht ein schwerer Körper vom Boot ins Wasser geworfen wurde, könnte man sich die Erfindung des Ankers folgendermaßen vorstellen: Dieser schwere Körper war eine Funktionseinheit. Diese wurde in zwei Komponenten gespalten: Eine Komponente, die sich unter gewissen Umständen eingraben kann, und eine Komponente in Form eines Querstabes am Ankerschaft, die dafür sorgt, daß am Meeresboden stets eine Spitzschaufel in Eingrabestellung ist. Kein Taucher, kein Roboter braucht am Meeresboden eine der Spitzschaufeln in Eingrabestellung zu postieren. Mit seiner Komponente "Querstab" besorgt das der Anker "von selbst". Oft haben Anker drei oder vier Spitzschaufeln, wobei eine Spitzschaufel die Funktion des Querstabes mit übernimmt.

Außerdem wird der Anker insgesamt als Teilsystem, als Komponente des übergeordneten Systems //Meeresboden, Anker, Schiff, Wind// aufgefaßt, und dieses System wird seinerseits in zwei Hauptkomponenten gespalten:

- die Komponente /Wind, Schiff/,
- die Komponente /Anker, der sich in den Meeresgrund eingräbt, falls eine Zugkraft am Ankerschaft angreift/.

Damit entsteht eine verblüffend einfache Lösung: Der schädlichen Abtrift wird umso stärker entgegengewirkt, je stärker sie zu werden droht. Anders gesagt: Dem schädlichen Phänomen wird umso stärker entgegengewirkt, je stärker die Kraft ist, die das schädliche Phänomen hervorbringt. "Das Schädliche macht sich selbst unschädlich." Es kompensiert sich selbst. Die beiden Komponenten /Wind, Schiff/ und /Anker.../ sind so gebildet und so zusammengefügt, daß eine funktionelle Verschmelzung ihrer Einzelwirkungen entsteht, und zwar eine Verschmelzung, welche die Selbstkompensation zum Effekt hat. Und diese erlaubt, alle denkbaren ABER zu erfüllen: Es wird nicht nur die Abtrift verhindert, sondern dies geschieht mit äußerst geringem Aufwand an Mitteln. Die gratis zur Verfügung stehende Naturkraft "Wind" wird in den Dienst der Sache gestellt, desgleichen das Schiff als Wandler der Windenergie zur Antriebsenergie, die mittels Kette auf den Anker übertragen wird.

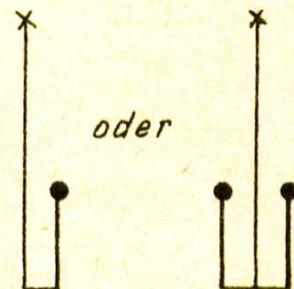
Ebenso sinnreich wurden viele andere Ingenieuraufgaben gelöst.

Sollten nicht schon Schüler und Studenten angeregt werden, solche besonders sinnreichen Lösungen in ihrer technischen Umwelt und in der Technik-Literatur aufzuspüren? Interessant ist, daß erfinderrisch besonders Berähigte über Jahrzehnte hinweg die Erinnerung an eine solche Musterlösung bewahrt haben, falls sie ihnen in der Schule vermittelt wurde, z.B. das Muster "Wie das Uhrenpendel zum Kompensationspendel umstrukturiert wurde": Vor hundert Jahren konnten Uhrwerke so präzise gebaut werden, daß Temperaturschwankungen, die die Pendellänge immer beeinflussen, wegen der hohen Ganggenauigkeit auch spürbar wurden. Was war zu tun?

Wird diese Frage Ingenieuren unserer Zeit zum Test vorgelegt, wird - wie Untersuchungen beweisen - überwiegend zur Antwort gegeben: "Man stelle die Uhr in ein Isoliergehäuse. Da aber länger andauernde kräftige Temperaturänderungen auch durch das Gehäuse hindurchschlagen, installiere man Temperaturregler, Heizgerät oder Kühlaggregat und Energieversorgung, um die Temperatur konstant halten zu können." Nur selten wird von den Ingenieuren unserer Zeit Anstoß daran genommen, daß diese Anlagen sehr, sehr aufwendig wären. (Was die Anlage kostet, "das ist doch nicht mein Bier", "das juckt mich doch nicht", "sollen sich doch die da oben 'nen Kopf machen".)

Indessen löste man das Problem vor hundert Jahren viel eleganter: Der Pendelstab wurde längs in zwei Komponenten gespalten. Eine der Komponenten wurde stark verkürzt. Die Spaltung in Komponenten erfolgte so sinnreich, daß sich folgende sinnreiche Kopplung ermöglichen ließ (Vgl. Abb. 8):

Die lange Komponente besteht aus Material mit kleinem Wärmedehnungskoeffizienten, die kurze aus Material mit großen W-Koeffizienten. Die lange dehnt sich bei Erwärmung nach unten, die kurze nach oben. Die Störung kompensiert sich selbst.



Anker und Kompensationspendel sind zwei sehr einfache Beispiele. Entscheidend für die kluge, ja raffinierte Einfachheit der Lösung war in beiden Fällen:

- Betrachtung des Systems "Störquelle(Wind, Temperaturänderung)-Regelstrecke (in der Ortslage zu fixierendes Schiff, in der Frequenz zu bewahrende Pendelbewegung)".
- Die Störquelle wirkt zugleich als Energiespender der Kompensa-

tion.

- Die geschickte Spaltung der Regelstrecke in einander entgegengesetzt und zugleich kooperativ wirkende Komponenten.

Das ist nicht "metaphysische" Zerlegung und mechanistische Aggregation, sondern eine dialektische Spaltung und dialektische Kombination. Die Spaltprodukte, die Komponenten, sind so "raffiniert", eigentlich dialektisch gebildet und zusammengefügt, daß sie eine Einheit und zugleich eine Ausschließung von Gegensätzen verkörpern. "Bedingung der Erkenntnis aller Vorgänge in der Welt in ihrer 'Selbstbewegung' ... ist die Erkenntnis derselben als Einheit von Gegensätzen⁺⁾

Bis jetzt wurde kein Algorithmus entdeckt, solche dialektischen "raffiniert einfachen Lösungen" (REL) zu finden. Systemanalyse und das Wissen, daß es solche Lösungen gibt, sind entscheidend. Es empfiehlt sich, in jeder Erfinderschule Beispiele aus Geschichte und Stand der Technik zusammenzutragen, z.B. mittels Ideenkonferenz, um die Sensibilität für mögliche REL zu trainieren.

F r a g e n:

- Welche REL sind aus der Geschichte der Technik und aus der Technik unseres Alltags sowie aus der Patentliteratur benennbar?
- Welche Verstöße gegen das Prinzip "möglichst von selbst" sind Ihnen in Ihrer Umwelt aufgefallen? Was hätte u.U. an Investmitteln und Betriebskosten gespart werden können?
- Wie würden Sie selbst die Unterschiede zwischen erfinderischen und nichterfinderischen, zwischen dialektischen und nichtdialektischen Kombinationen und Zerlegungen formulieren? (In der Schutzrechtsliteratur werden nichterfinderische Kombinationen als "Aggregationen" bezeichnet.)

⁺⁾ Bei metaphysischer Betrachtung "bleibt die Selbstbewegung, ihre treibende Kraft, ihre Quelle, ihr Motiv im Dunkel (oder diese Quelle wird nach außen verlegt - Gott, Subjekt etc.)" Bei der dialektischen Herangehensweise "richtet sich die Hauptaufmerksamkeit gerade auf die Erkenntnis der Quelle der 'Selbst'bewegung." (W.I. Lenin: Zur Frage der Dialektik, in: Werke, Band 38, S. 339)

2. Vorgehensweise bei der Arbeit mit dem Erfindungsprogramm (Allgemeines heuristisches Wegmodell der KDT-Erfinderschule)

Das allgemeine Wegmodell der KDT-Erfinderschule dient dem rationalen Vorgehen bei der Bearbeitung realer F/E-Probleme. Dabei soll die Aufmerksamkeit in jeder Bearbeitungsstufe auf solche Kernprobleme gerichtet werden, die ein erfinderisches Herangehen erfordern. Hierfür werden allgemeine Grundsätze und spezielle, für die jeweilige Bearbeitungsstufe typische Vorgehensweisen angegeben.

2.1. Die Struktur des Wegmodells

Das Wegmodell ist in Abb. 9 als heuristisches Schema dargestellt. Es zeigt, wie, von den technisch-ökonomischen Sachverhalten ausgehend, auf die notwendigen Effektivitäts- und Gebrauchseigenschaften technischer Objekte, ihre Struktur- und Funktionseigenschaften und schließlich auf die funktionstragenden technisch-naturgesetzlichen Effekte abstrahiert wird und wie man dabei, von Abstraktionsstufe zu Abstraktionsstufe fortschreitend, auf der Suche nach Lösungsideen immer weiter vom eigenen Fachgebiet in entfernte Analogiebereiche vordringt.

Das heuristische Wegmodell beruht in seiner ersten Etappe auf den Informations- und Arbeitsstufen gemäß Abb. 2, wobei die heuristisch wichtigsten Zwischenergebnisse in der methodischen Reihenfolge ihrer Erarbeitung und in ihrer gegenseitigen Verknüpfung dargestellt sind. Insgesamt ist das heuristische Wegmodell mit den in Abb. 9 eingetragenen Etappen in das "Organisationsmodell" zur Erfindungsmethodik gemäß Lehrbrief 1 (Abb. 2) eingebunden. Je nach Aufgabenstellung können das entscheidende Schlüsselproblem und seine Lösung in Etappe II oder schon in Etappe I gefunden werden. In letzterem Fall wird von der Etappe I, dem Feld der Erkundung und Aufbereitung von Problemaspekten und Lösungsmöglichkeiten, direkt in die Etappe III, in das Feld der materiellen Realisierung der neuen technischen Lösung, übergegangen. Hierbei können bereits Erfindungen mit hohem volkswirtschaftlichen Nutzen entstehen, ohne daß die Etappe II, das typische Feld des Erfindens, durchlaufen werden mußte. Das Charakteristische von Etappe II gegenüber Etappe I ist, daß die in ihr sichtbar werdenden Problemsachverhalte und Ideen erfinderische Lösungen

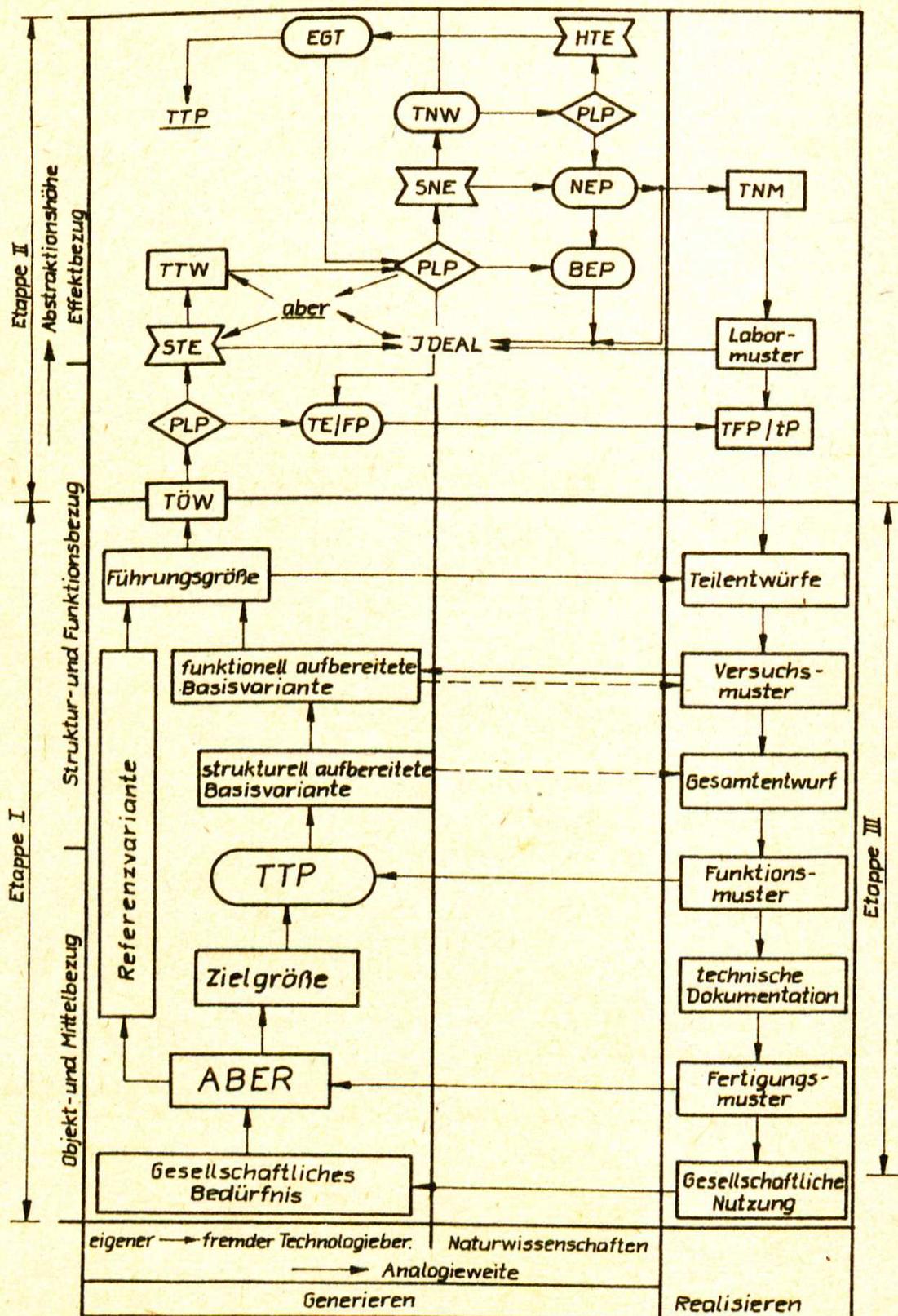


Abb. 9: Heuristisches Wegmodell zur Erfindungsmethodik

Legende zu den im Wegmodell (Abb. 9) verwendeten Abkürzungen

ABER:	Anforderungen, Bedingungen, Erwartungen und Restriktionen
TTP:	technisch-technologisches Prinzip
STE:	schädlicher technischer Effekt
SNE:	schädlicher naturgesetzmäßiger Effekt
HTE:	hemmender Traditionseffekt
TÖW:	technisch-ökonomischer Widerspruch
TTW:	technisch-technologischer Widerspruch
TNW:	technisch-naturgesetzmäßiger Widerspruch
PLP:	Problemlösungsprinzipie (z. B. A. H. H. H.)
PL:	Prinziplösung
TE:	technischer Effekt
FP:	Funktionsprinzip
EFP:	Elementarfunktionsprinzip
TFP:	Teilfunktionsprinzipie (Verfahrensfunktionsprinzip, Gebildefunktionsprinzip)
tP:	technisches Prinzip
BEP:	Speicher bionischer Effekte und Prinzipie
NEP:	Speicher naturgesetzmäßiger Effekte und Prinzipie (Wirkprinzipie)
EGT:	Speicher von Entwicklungsgesetzen der Technik
TNM:	technisch-naturwissenschaftliches Modell

Für die in den einzelnen Erprobungsstufen der Realisierungsphase benötigten Versuchsobjekte sind die in der Erzeugnisentwicklung üblichen Begriffe verwendet worden. Für die Produkt- und die Verfahrensentwicklung sind analoge Begriffe einzusetzen. Hierbei gilt allgemein, daß das Versuchsobjekt die materialisierte Form der bei der Realisierung der erfinderischen Idee erreichten Entwicklungsstufe ist.

zwingend erfordern, während in Etappe I das Erfinden eine vorteilhafte, besonders erfolversprechende taktische Variante des Lösungsverhaltens ist. Dies wird in Abschnitt 3 näher erläutert. Nach dem Herausarbeiten des Schlüsselproblems, dem Generieren der Lösungsidee, ihrer Kritik und Abwandlung in verschiedene Varianten und der Entscheidung für eine Vorzugsvariante ist die Realisierung der Lösungsidee zu planen und durchzuführen.

Das Wegmodell zeigt, wie ausgehend von der Abstraktions- bzw. Bearbeitungsstufe, in welcher die Lösungsidee generiert wurde, im

Erfindungsphase Kernvarianten

Wechsel von Ausführungsplan und Erprobungsmuster die materialisierte Form der Lösungsidee von Bearbeitungsstufe zu Bearbeitungsstufe konkretere Gestalt annimmt, bis sie schließlich in der Nullserie ihre letzte Bewährungsprobe zu bestehen hat.

Die Übereinstimmung zwischen materialisierter Lösungsidee und gesellschaftlichem Bedürfnis ist für den Erfinder von fundamentaler Wichtigkeit. Nur in dem Maße, in dem sie gegeben ist, läßt sich seine neue technische Lösung, sei sie im rein technisch-wissenschaftlichen Sinne auch noch so originell und fortschrittlich, gegen das Bewährte und Gewohnte in der gesellschaftlichen Praxis durchsetzen.

2.2. Das gesellschaftliche Bedürfnis und die ABER

Von der in einer vorgelegten Aufgabenstellung zunächst noch mehr oder weniger unscharf formulierten technisch-ökonomischen Problemsituation ausgehend wird dem heuristischen Wegmodell gemäß zunächst das gesellschaftliche Bedürfnis ermittelt, in welchem diese Aufgabenstellung ihren Ursprung hat. Dabei wird zuerst das spezielle gesellschaftliche Bedürfnis abgegrenzt und beschrieben. Aus diesem gehen die Anforderungen (A) und die Bedingungen (B) hervor, welche für die spezifische Zweckbestimmung des zu schaffenden bzw. weiterzuentwickelnden technischen Systems sowie für seine Beherrschbarkeit und Brauchbarkeit maßgebend sind. Danach wird das übergreifende gesellschaftliche Bedürfnis betrachtet, welches sich auf das technische System im Ganzen, insbesondere in Bezug auf den Aufwand für seine Herstellung bzw. Realisierung und für seinen Gebrauch bzw. Betrieb und den daraus erzielbaren Gewinn sowie auf seine Verträglichkeit mit seiner gesellschaftlichen und natürlichen Umwelt richtet. Daraus gehen vor allem die Erwartungen (E) und Restriktionen (R) hervor, welche die zukünftige Effektivität und Akzeptanz (Annehmbarkeit) des technischen Systems maßgebend bestimmen.

Besonders wichtig ist es, durch Gegenüberstellung mit dem materiellen Iststand der Technik und seiner vergangenen Entwicklung die Ursachen für das Entstehen des gesellschaftlichen Bedürfnisses und der daraus abgeleiteten ABER herauszufinden. Dabei ist stets zu überprüfen, ob die Aufgabenstellung in ihrer ursprünglichen Fassung auf die Überwindung der Ursachen oder nur auf die Beseitigung unerwünschter ökonomischer, sozialer bzw. technologischer

Auswirkungen orientiert. Gegebenenfalls ist die Aufgabenstellung mehr auf die Überwindung der Ursachen auszurichten und entsprechend zu modifizieren. Hierzu kann der Weltstandsvergleich und die Trendanalyse in Bezug auf Gebrauchs- und Effektivitätseigenschaften vergleichbarer technischer Systeme und die daraus abgeleitete Vorstellung eines idealen Produkts / Verfahrens dienen. Auf diese Weise läßt sich dann das in technisch-wissenschaftlicher Hinsicht zu bearbeitende soziale, ökonomische und/oder technologische Hauptproblem abgrenzen und eine Referenzvariante des technischen Systems als Ganzes aus dem materiellen Weltstand der Technik bestimmen, welche den ABER am ehesten entspricht und daher als die auf dem verfügbaren Stand der Technik geeignetste Lösung des Hauptproblems angesehen werden kann.

Um nun die Defekte und Mängel der Referenzvariante bestimmen und wichten, die Ursachen hierfür ermitteln und daraus eine eigenständige, "maßgeschneiderte" Definition und Lösung des speziellen technisch-wissenschaftlichen Problems ableiten zu können, wird im Rahmen einer konzeptionellen Produktplanung die Zielgröße bestimmt. Der Zielgröße folgend wird aus dem ideellen Stand der Technik eine repräsentative Basisvariante des technischen Systems geschaffen, indem durch systematische Patentrecherche und Weltstandsanalyse geeignete technische Mittel herausgefunden und zum Gesamtsystem zusammengefaßt werden. Im Rahmen einer Systemanalyse wird die Basisvariante im Vergleich zur Referenzvariante auf solche Schwachstellen und Defekte untersucht, welche in ihrem Verhalten auf technisch-ökonomische Widersprüche führen und errinderisch zu beheben sind. Dabei ist aus der Basisvariante eine Lösung zu entwickeln, welche gegenüber der Referenzvariante deutliche technologische und ökonomische Vorteile aufweist und es damit gestattet, dem gesellschaftlichen Bedürfnis nicht nur in quantitativ höherem Maße, sondern auch in qualitativ besserer Weise als bisher nachzukommen oder ihm sogar voranzueilen.

2.3. Die Zielgröße und der Stand der Technik

Die ABER liegen zunächst in einer verbal-beschreibenden Form vor und bringen soziale, ökonomische und technologische Sachverhalte zum Ausdruck, die eine bestimmte gesellschaftliche Bedarfssituation und Interessenlage kennzeichnen (siehe hierzu Erfindungsprogramm, Abschnitt 1). Hieraus soll nun eine Zielgröße abgeleitet werden,

die im wesentlichen zum Ausdruck bringt, mit welchen Gebrauchseigenschaften des zu schaffenden technischen Systems und auf welche Art und Weise seiner Herstellung und Anwendung dem gesellschaftlichen Bedürfnis am besten entsprochen werden kann. Dies geschieht, indem den Komponenten der Zielgröße die auf sie zutreffenden ABER zugeordnet werden. Dadurch werden konkrete Eignungs- und Effektivitätsmerkmale definiert und gewertet. Diese beinhalten einerseits die ihnen jeweils zukommende soziale, ökonomische und/oder technologische Spezifik des gesellschaftlichen Bedürfnisses und andererseits die gegenständliche Spezifik des in Betracht gezogenen technischen Objekts oder Objektbereiches (Siehe Abschnitt 1.3).

Diese Eignungs- und Effektivitätsmerkmale müssen zuerst qualitativ beschrieben werden, bevor Parameterwerte angegeben werden können. Auf jeden Fall muß vermieden werden, sich vorzeitig und kritiklos auf gewohnte oder in der Aufgabenstellung genannte Gebrauchswert- und Wirtschaftlichkeitsparameter festzulegen oder sich auf sie zu beschränken.

Um diese Parameter treffend definieren zu können, ist es erforderlich, aus dem Stande der Technik das geeignetste technisch-technologische Prinzip (TTP) für das zu entwickelnde technische Objekt zu wählen. Das ist ein charakteristisches Prinzip der Herstellung und/oder der Anwendung technischer Objekte in einem bestimmten Technologiebereich. Mit diesem Prinzip wird eine Klasse von Verfahren und Mitteln im Stande der Technik abgegrenzt, welche die Grundlage der weiteren Problembearbeitung darstellt. Der Wahl des TTP kommt damit eine entscheidende Bedeutung für den weiteren Lösungsweg zu. Sie sollte so erfolgen, daß dasjenige technisch-technologische Prinzip bevorzugt wird, das dem Zweck des zu schaffenden technischen Objekts (Zielkomponente Z_1) am meisten entspricht und mit dem gegen keine ABER oder - im Vergleich zu anderen Prinzipien - gegen die wenigsten A und R aus dem System der ABER verstoßen wird. Hierfür sind zunächst in Betracht zu ziehen:

- alle auf dem materiellen Stand der Technik verfügbaren,
- dann alle auf dem ideellen Stand der Technik machbar erscheinenden und schließlich
- die auf dem Stand der Technikwissenschaften denkbaren und
- die auf dem Stand der Naturwissenschaften vorstellbaren Verfahren und Mittel.

Sollte ein technisch-technologisches Prinzip mit der Aufgabenstellung verbindlich vorgegeben sein, so ist es auf Eignung in bezug auf die Zielgröße zu überprüfen und mit anderen bekannten Prinzipien zu vergleichen. Gegebenenfalls muß hier Rücksprache mit dem Auftraggeber genommen werden.

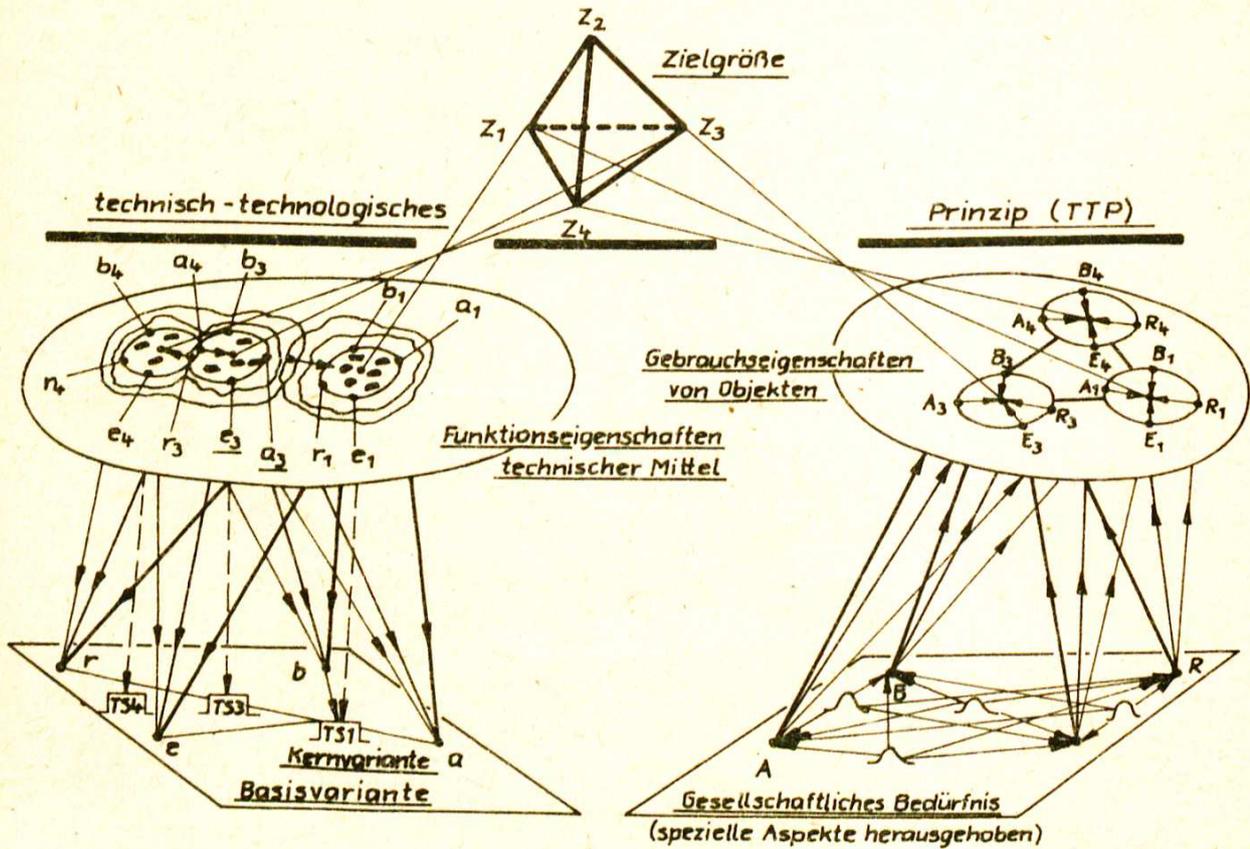
Auf der Grundlage des technisch-technologischen Prinzips werden nun zunächst mit den im Stand der Technik vorgefundenen Verfahren und Mitteln Basisvarianten des technischen Systems konzipiert. Das geschieht durch Transformation der durch die ABER determinierten Zielgröße in zwei Stufen. (S. Abb. 10)

In der ersten Transformationsstufe werden die Arten von technischen Objekten benannt, die dem technisch-technologischen Prinzip gemäß notwendig sind, um die Eignung des technischen Systems gemäß Zielgröße gewährleisten zu können. Jeder Objektart werden nun solche Gebrauchseigenschaften zugeschrieben, welche einerseits typisch für die jeweilige Objektart sind und andererseits den besonderen Eignungsmerkmalen der Zielgröße entsprechen. Dabei wird zweckmäßig so vorgegangen, daß zunächst die notwendigen objektart-spezifischen Beiträge zur Zweckmäßigkeit (Zielgrößenkomponente Z_1) des Systems bestimmt werden. Danach werden diejenigen für die jeweilige Objektart charakteristischen Gebrauchseigenschaften definiert, auf Grund derer die Eignung des technischen Systems hinsichtlich seiner Beherrschbarkeit und seiner Brauchbarkeit gewährleistet werden kann. Dabei kann es sich für eine hinreichende Eignung des technischen Systems, vor allem in bezug auf seine Beherrschbarkeit, als notwendig erweisen, zusätzlich Objektarten in Betracht zu ziehen, die mit ihren Gebrauchs- bzw. Betriebseigenschaften solchen spezifischen Eignungsmerkmalen gerecht werden.

Auf diese Weise wird die Zielgröße von einem System gesellschaftlich determinierter Eignungsmerkmale in ein System objektbezogener Gebrauchseigenschaften transformiert. Diese Zielgröße bildet die Grundlage für eine systematische Patentrecherche und Weltstandsanalyse zur Vorauswahl geeigneter technischer Objekte, welche in ihrem Verbund gemäß technisch-technologischem Prinzip hinreichend geeignet sind, ein technisches System zu bilden, das den ABER gerecht wird.

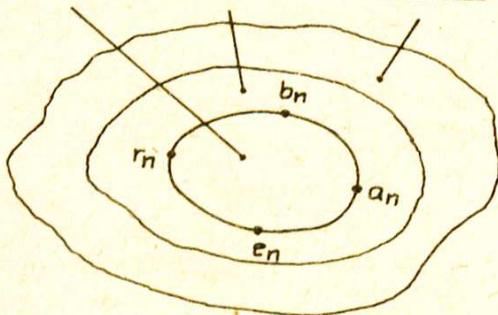
In einer zweiten Transformationsstufe wird nun dem technisch-technologischen Prinzip entsprechend die Hauptfunktion des technischen Systems definiert. Dabei ist davon auszugehen, daß die

Diese Seite weg lassen

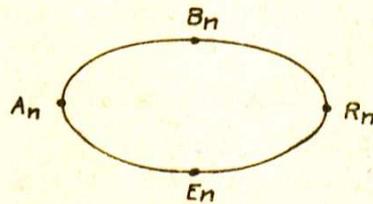


technische Mittel mit den gemäß TTP notwendigen Funktionseigenschaften

verfügbar machbar denkbar



a_n, b_n, e_n, r_n : technisch-naturgesetz-mäßige Rand- und Grenzbedingungen technischer Mittel bei ihrer Vereinigung zur Funktionsgruppe (Teilsystem TS_n) für die Zielgrößenkomponente Z_n



A_n, B_n, E_n, R_n : soziale, ökonomische sowie technologische Randbedingungen zur Zielgrößenkomponente Z_n , durch welche die erforderlichen Gebrauchseigenschaften einer gemäß TTP zu bildenden Objektgruppe bestimmt werden

Abb. 10: Transformationen der Zielgröße

Hauptfunktion die Gebrauchseigenschaften der einzelnen Objekte aktiviert und im Prozeß ihrer Nutzung so miteinander verknüpft, daß die für die Zweckmäßigkeit bestimmenden Eignungsmerkmale des technischen Systems den ABER entsprechend hervorgebracht werden. Diese Hauptfunktion ist, auf den Nutzungsprozeß bezogen, in ihre notwendigen und hinreichenden Teilfunktionen aufzugliedern. Dabei wird eine Hierarchieebene des technischen Systems gewählt, die einerseits möglichst hoch ist, andererseits der bereits getroffenen Aufgliederung der Zielgröße auf Objektarten Rechnung trägt.

Den einzelnen Teilfunktionen werden diejenigen Objekte mit ihren Gebrauchseigenschaften zugeordnet, welche durch die jeweilige Teilfunktion im Sinne der Hauptfunktion des technischen Systems aktiviert werden. Für jede Teilfunktion werden die durch sie hervorgegerufenen Funktionseigenschaften der technischen Objekte definiert, wodurch diese den Charakter spezifischer technischer Mittel bekommen. Die Teilfunktionen, durch welche diejenigen objektbezogenen Gebrauchseigenschaften aktiviert werden, die die Eignung des technischen Systems in Bezug auf Beherrschbarkeit und Brauchbarkeit herstellen, werden in gleicher Weise, jedoch im Sinne von notwendigen Hilfsfunktionen definiert.

Auf diese Weise wird die Zielgröße von einem System objektbezogener Gebrauchseigenschaften in ein System prozeßbezogener Funktionseigenschaften technischer Mittel transformiert. Diese Zielgröße dient der zweckmäßigen Auswahl technischer Mittel aus der Menge der in Betracht gezogenen technischen Objekte und ihrer funktionsgerechten Koppelung zur Basisvariante des technischen Systems. Darüberhinaus bildet die Zielgröße in dieser Transformationsstufe zusammen mit der nicht transformierten Komponente Z_2 (Wirtschaftlichkeit) die Grundlage für die Definition der technisch-ökonomischen Hauptleistungsdaten des technischen Systems und für ihre quantitative Bestimmung im Sinne einer Sollgröße.

Von dieser Sollgröße geht die Systemanalyse aus. Sie verfolgt das Ziel, die Effektivitätseigenschaften des technischen Systems in ihrem Zusammenhang zu bestimmen, insbesondere widersprüchliche Tendenzen in ihrem entwicklungsbedingten Verhalten aufzudecken und im Rahmen einer Entwicklungsschwachstellen-Analyse die hierfür maßgeblichen technischen Ursachen herauszufinden. Dabei kann die funktionsbezogene Zielgröße bereits einen ersten Hinweis auf den kritischen Funktionsbereich (kritischen Systembereich) geben.

Dieser liegt in der Regel dort, wo die größte Anzahl von Teilfunktionen in einem technischen Objekt zusammentreffen.

2.4. Die Basisvariante

Die gemäß Zielgröße aus dem Stand der Technik ausgewählten technischen Mittel werden ihrer Funktion entsprechend zu Teilsystemen in Form voneinander abgrenzbarer Struktureinheiten zusammengefaßt. Jede Struktureinheit verkörpert dabei jeweils eine der prozeßbezogenen Teilfunktionen in der Hauptfunktion oder eine für deren Beherrschung, Schutz und/oder Umweltverträglichkeit notwendige Hilfsfunktion. Bei der funktionsgerechten Kombination der technischen Mittel zu Teilsystemen und der Teilsysteme zum Gesamtsystem der Basisvariante müssen die funktionellen Anforderungen (a) und strukturellen Bedingungen (b) sowie die naturgesetzmäßigen Einflüsse (e) und Restriktionen (r) berücksichtigt werden, welche die einzelnen technischen Mittel bzw. Teilsysteme bei ihrer Vereinigung zur Basisvariante aneinander stellen bzw. aufeinander ausüben. Hierzu muß für ihre Koppelung (vermittels morphologischem Schema) eine Rangordnung nach der technisch-technologischen Bedeutung der Teilsysteme festgelegt werden, derart, daß ein Teilsystem bzw. technisches Mittel höheren Ranges die (a), (b), (e), (r) für die Teilsysteme bzw. technischen Mittel auf den jeweils darunter liegenden Stufen der Rangordnung setzt.

2.4.1. Der entscheidende Mangel und die Kernvariante

Die entsprechend der Zielgröße auf dem Stand der Technik bzw. der Technikwissenschaften entwickelten Basisvarianten haben in der Regel noch entscheidende Mängel. Diese Mängel können technisch-ökonomischer Art sein, entstanden dadurch, daß die Gebrauchs- und Wirtschaftlichkeitseigenschaften nicht in Übereinstimmung mit der Zielgröße gebracht werden konnten, also gegen Anforderungen und/oder Restriktionen verstoßen werden mußte. Die Mängel können aber auch "heuristischer" Art sein, d.h. darin bestehen, daß Mittel weder verrugbar sind noch machbar erscheinen, sondern höchstens denkbar oder gar nur vorstellbar sind. +)

+) Ein technisch-ökonomischer Mangel liegt vor, wenn die gemäß Zielgröße benötigten technischen Mittel zwar grundsätzlich

Für die weitere Problembearbeitung wird diejenige Basisvariante ausgewählt, welche die geringsten Mängel aufweist. Dabei zeichnet sich erfinderisches Vorgehen dadurch aus, daß es keine gravierenden technisch-ökonomischen Mängel zuläßt, dafür aber gravierende "heuristische Mängel" bewußt in Kauf nimmt, wenn sie zu erfinderischen Lösungen herausfordern. Liegt ein gravierender "heuristischer" Mangel vor, so wird das Teilsystem (TS) bzw. der Systembereich, in welchem dieser Mangel auftritt, zum entscheidenden Teilsystem bzw. zur "Kernvariante" des technischen Systems erklärt. Für den in diesem Teilsystem bzw. in diesem Systembereich liegenden problematischen Kern einer Basisvariante werden durch neuartige Abwandlungen oder bisher nicht übliche Kombinationen bekannter technischer Objekte neue, denkbare Lösungen generiert. Aus diesen "Kernvarianten" wird diejenige gewählt, welche sich am besten in den Gesamtzusammenhang des technischen Systems der Basisvariante einfügen läßt. Sie kann bereits eine erfinderische Lösung darstellen und ist dann das Ergebnis eines heuristischen Vorgehens, das als projektierendes Erfinden bezeichnet werden kann.

Besteht die Basisvariante aus einer erfinderischen Kernvariante mit nur geringer technologischer Tragweite und im übrigen aus betriebserprobten Systemkomponenten aus dem verfügbaren Stand der Technik und weist sie keine erheblichen Mängel in Bezug auf die Zielgröße auf, so kann sie auf dem Wege der Optimierung in ein betriebliches Gesamtprojekt überführt und in einer Nullserie bzw. Versuchsproduktion erprobt werden.

Fortsetzung v. S. 62

zur Verfügung stehen oder bekannt sind, aber mindestens in einer entscheidenden Gebrauchseigenschaft die erforderlichen Werte eines kennzeichnenden Leistungs- und/oder Effektivitätsparameters nicht oder nur auf Kosten anderer gebrauchswertbestimmender Parameter erreichbar sind.

Ein heuristischer Mangel liegt vor, wenn zur Erzeugung mindestens einer auf Grund der ABER erforderlichen Gebrauchseigenschaft keine technischen Mittel bekannt sind, welche ihren Funktionseigenschaften nach geeignet wären, die hierfür gemäß Zielgröße erforderlichen Mittel-Wirkungs-Beziehungen hervorzubringen.

Sich einem heuristischen Mangel bewußt zu stellen erfordert erfinderischen Spürsinn und Mut, herkömmliche und bewährte Technik in Frage zu stellen.

Sind jedoch noch erhebliche Abweichungen zwischen Gebrauchswert und Effektivität der Basisvariante einerseits und der Zielgröße andererseits zu verzeichnen und sind insbesondere die Funktionseigenschaften der Kernvariante im Gesamtzusammenhang des technischen Systems noch in Frage gestellt, so ist das weitere Vorgehen darauf gerichtet, die Ursachen dieser Mängel genauer zu untersuchen und zu beheben. Hierzu wird zunächst als Präzisierung der aus der Zielgröße abgeleiteten eine technisch-ökonomische Zielstellung formuliert, welche auf die Erhöhung gerade derjenigen Leistungs- und/oder Wirtschaftlichkeitsparameter (Hauptleistungsdaten) abzielt, deren Erfüllung noch in Frage gestellt ist.

2.4.2 Die strukturell aufbereitete Basisvariante

Die Ursache für die festgestellten Mängel wird zunächst in der Struktur des technischen Systems gesucht. Hierzu wird die Basisvariante nach dem Gesichtspunkt ihrer Struktur aufbereitet, indem von Gebrauchseigenschaften einzelner Objekte bzw. Objektgruppen auf Struktureigenschaften des technischen Systems abstrahiert wird. Dies geschieht in der Weise, daß die in der Basisvariante zusammengefaßten und funktionell verknüpften technischen Objekte bezüglich ihrer notwendigen strukturellen Gebrauchseigenschaften (vor allem enthalten in den Zielgrößenkomponenten "Beherrschbarkeit" und "Brauchbarkeit") betrachtet und so aufeinander abgestimmt werden, daß sie sich räumlich und/oder zeitlich zu den Struktureinheiten und zum Gesamtsystem der Basisvariante zusammenfügen lassen. Damit entstehen im Ansatz die systemspezifischen Struktureigenschaften der technischen Mittel. Hierbei werden vor allem die Struktureigenschaften in dem durch die Kernvariante bestimmten Systembereich hervorgehoben, durch welche die spezifischen Leistungs- und/oder Wirtschaftlichkeitsparameter der technisch-ökonomischen Zielstellung primär beeinflußt werden. Eine Variation der Struktureigenschaften des technischen Systems im Sinne der technisch-ökonomischen Zielstellung ruft häufig eine Verschlechterung spezifischer Funktionseigenschaften hervor, worin sich bereits ein technisch-ökonomischer Widerspruch abzeichnet. Vielfach handelt es sich hierbei um einen Konflikt zwischen den Erfordernissen der Herstellbarkeit, Montagefähigkeit und/oder Instandhaltbarkeit (bzw. der kontinuierlichen Prozeßführung, der Überwachbarkeit und Steuerbarkeit bei Verfahren) und den Erfordernissen der Funktionsfähigkeit, der Unempfindlichkeit gegen äußere Störungen und der inneren Funktionssicherheit. Das erfinderische Vorgehen

ist hier zunächst darauf gerichtet, auf dem Wege der Optimierung diejenige kritische Struktureinheit oder Funktionsschwachstelle herauszufinden, die primär einer optimalen Gestaltung und Dimensionierung der Basisvariante im Wege steht. Durch eine geschickte Um- bzw. Neugestaltung eines oder mehrerer Objekte innerhalb dieses kritischen Systembereichs kann eine Erhöhung der Funktionstüchtigkeit bewirkt werden, ohne eine Veränderung der Funktion selbst vornehmen zu müssen. Gelingt dies, so ist eine erfinderische Lösung des Widerspruchs zwischen Struktur- und Funktionseigenschaften der Basisvariante im Sinne der technisch-ökonomischen Zielstellung gefunden worden. Ein solches Vorgehen wird als konstruierendes Erfinden bezeichnet. Die erfinderische Lösung ist zunächst in ein Funktionsmuster zu überführen und hinsichtlich seiner Funktionstüchtigkeit zu erproben.

Stellt sich dabei heraus, daß die technisch-ökonomische Zielstellung sich nicht erfüllen läßt, wenn nicht auch Funktionen verändert werden, so ist eine Aufbereitung der Basisvariante unter dem Gesichtspunkt ihrer Funktionserfüllung und einer entsprechenden Systemanalyse erforderlich.

2.4.3 Die Aufbereitung der Basisvariante unter dem Gesichtspunkt der Funktionserfüllung

Bei der funktionellen Aufbereitung der Basisvariante wird von den Struktureigenschaften technischer Objekte auf ihre Funktionseigenschaften abstrahiert. Dabei wird das Ziel verfolgt, die wesentlichen funktionellen Zusammenhänge zu erkennen, in welchen die Basisvariante als technisches System mit ihrer Umgebung stehen soll, und welche inneren funktionellen Zusammenhänge (Mittelwirkungsbeziehungen) zwischen ihren Bestandteilen dafür maßgeblich bestimmend sind.

Dabei kommt es zunächst darauf an, die Gesamtfunktion der Basisvariante und ihre bekannten bzw. voraussehbaren Nebenwirkungen sowie die Schnittstellenbedingungen zu ihrer technisch-technologischen Umgebung zu bestimmen. Hierzu bedient man sich der black-box-Analyse. Auf Grund der Schnittstellenbedingungen (Randbedingungen) der black box ergeben sich die Eingangsgrößen des zu betrachtenden technischen Systems aus den vorgegebenen Ausgangsgrößen eines in einem übergeordneten Nutzungsprozeß jeweils vorgelagerten Systems, und seine Ausgangsgrößen aus den notwendigen

Eingangsgrößen eines in diesem Nutzungsprozeß jeweils nachgelagerten Systems. Je nach Art der Eingangs- und Ausgangsgrößen ergibt sich hieraus die von der Basisvariante als technischem System hauptsächlich zu realisierende Überführungs- bzw. Tragfunktion. Diese wird daher als Hauptfunktion definiert. Dies geschieht jedoch nicht - wie bei der Transformation der Zielgröße - prozeßbezogen, sondern objektbezogen. Das heißt, die Funktion wird nicht als notwendige, prozeßbedingte Aktivierung bestimmter Gebrauchseigenschaften technischer Objekte, sondern als strukturbedingte Auswirkung bestimmter Funktionseigenschaften technischer Mittel aufgefaßt. Danach werden die notwendigen technischen Voraussetzungen für das Zustandekommen und die Aufrechterhaltung der Hauptfunktion, also für die Funktionsfähigkeit des technischen Systems, ermittelt. Daraus werden die hierfür erforderlichen Hilfsfunktionen definiert, wobei von den Arten "Entstörfunktion" und "Schutzfunktion" ausgegangen wird.

Bei der Definition der Entstörfunktion kann man sich zunächst an den Gebrauchseigenschaften orientieren, welche in der Zielgrößenkomponente Z_3 (Beherrschbarkeit) enthalten sind. Darüber hinaus ist es erforderlich festzustellen, welche Nebenwirkungen von den konkreten Objekten der Basisvariante während ihres Betriebes bzw. ihres Gebrauchs ausgehen. Diese Nebenwirkungen müssen möglichst vollständig erfaßt werden. Hier gibt es schädliche, aber auch nützliche bzw. nutzbare Nebenwirkungen. Notwendige Maßnahmen zur Unterdrückung der durch die Gesamtfunktion hervorgerufenen schädlichen Nebenwirkungen auf zulässige Werte führen zur Definition der Entstörfunktion.

Notwendige Maßnahmen zur Unterdrückung schädlicher Wirkungen, welche von der Umgebung auf die Hauptfunktion und die Entstörfunktion des technischen Systems ausgeübt werden, führen hingegen auf die Definition der Schutzfunktion des Systems. Bei der Definition der Schutzfunktion kann man sich zunächst von den Gebrauchseigenschaften und Gebrauchsbedingungen leiten lassen, welche in der Zielgrößenkomponente Z_4 (Brauchbarkeit) zusammengefaßt sind. Bei den schädlichen Wirkungen aus der Umgebung sind nicht nur technische, technologische und naturbedingte, sondern gegebenenfalls auch soziale (Qualifikation, Disziplin) und organisatorische (Versorgung mit Transportmitteln, Material, Energie und/oder Information) mit in Betracht zu ziehen.

Eine für den Erfinder wichtige Funktionsklasse bilden die Neben-

funktionen. Es sind Funktionen, welche von den Objekten der Basisvariante sozusagen "gratis" neben ihrer eigentlichen Funktionsbestimmung hervorgebracht werden bzw. hervorgebracht werden können. Sie sind daraufhin zu untersuchen, ob und inwieweit sie zur Unterstützung, gegebenenfalls sogar zum Ersatz der Funktion eines oder mehrerer anderer Objekte der Basisvariante genutzt werden können. Dabei kann es zu einer Funktionsverschmelzung kommen, deren Wirkung über die Summe der Einzelwirkungen der betreffenden Objekte hinausgeht. Dies ist ein wichtiges Indiz für das Vorliegen einer erfinderischen Leistung.

Nebenfunktionen, welche nicht genutzt werden können, werden als unnötige Funktionen bezeichnet. Sie sind durch geeignete Wahl bzw. Gestaltung der Objekte der Basisvariante möglichst vollständig zu eliminieren, zumindest dann, wenn sie eine Störung des Funktionswertflusses hervorrufen oder unnötige Kosten verursachen.

Für eine vollständige Erfassung und vorteilhafte Gestaltung aller Wechselbeziehungen zwischen dem System und seiner Umgebung ist es erforderlich, ein Operationsfeld für den Erfinder in bezug auf das technische System abzugrenzen. Es umfaßt alle Objekte - technische wie natürliche - sowie alle Faktoren - soziale, organisatorische und technologische - mit ihren schädlichen und nützlichen Wirkungen, denen das technische System mit seiner Funktion Rechnung tragen muß oder die in seine Funktion wirksam einbezogen werden können. Von der richtigen Abgrenzung des Operationsfeldes und des technischen Systems hängt es also ab, ob die Schutzfunktion richtig bestimmt ist und ob objektiv vorhandene Möglichkeiten zur Vereinfachung von Funktionen bzw. zur Erhöhung ihres Funktionswertes erkannt und als Handlungsspielraum genutzt werden. (Siehe hierzu Erfindungsprogramm, Abschnitt 3).

Je nach Sachlage kann das so geschehen, daß geeignete Objekte aus dem Operationsfeld zur Unterstützung bzw. Vereinfachung der Funktionen in die Basisvariante einbezogen und strukturell wie funktionell integriert werden, indem ihnen eine Anpaßfunktion übertragen wird. Umgekehrt kann es sich auch als vorteilhaft, in manchen Fällen sogar als notwendig erweisen, bestimmte Objekte aus der Basisvariante in den äußeren Teil des Operationsfeldes zu verlagern. Durch eine enge funktionelle und strukturelle Verknüpfung über die Systemgrenze hinweg kann dadurch im Sinne einer Vermittlungsfunktion ein positiver Einflußfaktor im äußeren Opera-

tionsfeld erzeugt bzw. ein vorhandener verstärkt werden. Möglicherweise erreicht man dadurch gleichzeitig eine Vereinfachung der Funktion der Basisvariante bzw. eine Erhöhung ihres Funktionswertes.

Mit der Black-box-Analyse der Basisvariante ist deren funktionsbezogene Aufbereitung im wesentlichen abgeschlossen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse über die Funktionseigenschaften der Basisvariante, ihre gegenseitigen Abhängigkeiten und die Möglichkeiten, sie optimal aufeinander und mit der Systemumgebung abzustimmen, werden nun genutzt, indem versucht wird, den bei der strukturbezogenen Aufbereitung der Basisvariante aufgetretenen Widerspruch zwischen Struktur- und Funktionseigenschaften zu beseitigen. Hierbei können auf erfinderische Weise, durch eine originelle Aufteilung der erforderlichen Funktionen auf die einzelnen Objekte der Basisvariante und die geschickte Nutzung bisher vernachlässigter Struktur- und Funktionseigenschaften die Voraussetzungen für eine optimale Gesamtlösung geschaffen werden.

2.4.4. Die Optimierung der Basisvariante im Vergleich zur Referenzvariante und der technisch-ökonomische Widerspruch

Um die Optimierung der Basisvariante durchführen zu können, muß ein technischer Leistungsparameter als Führungsgröße bestimmt werden, dessen Variation einerseits die Effektivitätsparameter der technisch-ökonomischen Zielstellung und andererseits die erforderlichen Struktur- und Funktionseigenschaften des technischen Systems in entscheidendem Maße beeinflußt. Mit der Wahl der Führungsgröße wird über die Richtung der Weiterentwicklung des technischen Systems und die Entwicklungstendenz seiner Gebrauchs- und Wirtschaftlichkeitseigenschaften entschieden. Die Führungsgröße muß daher in Übereinstimmung mit der Zielgröße stehen, auch wenn sich herausstellt, daß ihre Variation - obwohl fachgemäß vorausgedacht - zu Veränderungen der Struktur- und Funktionseigenschaften des technischen Systems führt, welche (zumindest teilweise) noch im Widerspruch zur technisch-ökonomischen Zielstellung stehen. Als eine Orientierung für die treffende Bestimmung der Führungsgröße kann die aus dem materiellen Weltstand der Technik gewählte Referenzvariante dienen. Dabei ergibt sich als Führungsgröße derjenige technische Leistungsparameter, in dem die Referenzvariante noch am stärksten von der Zielgröße abweicht. Das heißt, daß die geforderte Leistungsfähigkeit (in Zielgrößenkompo-

nente Z_1) entweder nicht oder unter den gegebenen Realisierungsbedingungen nur mit unzulässig hohem technischen (Z_3), technologischen (Z_4) und/oder ökonomischen Aufwand (Z_2) erzielt werden kann. Auf diese Weise wird von vornherein einer "Nachlauf"strategie vorgebeugt und die Grundlage für eine dem tatsächlichen gesellschaftlichen Bedürfnis gerecht werdende, progressive Lösungsstrategie gelegt. Darüberhinaus kann die Referenzvariante durch Einbeziehung in die black-box-Analyse als Anregung für die im Sinne der Zielgröße vorteilhafte funktionelle und strukturelle Konzeption der Basisvariante genutzt werden. Ist es dabei, gegebenenfalls auf erfinderische Weise, bereits gelungen, ein optimierungsfähiges Grundkonzept zu entwickeln, so wird durch eine gut aufeinander abgestimmte Gestaltung und Dimensionierung der einzelnen Objekte eine optimale, der technisch-ökonomischen Zielstellung entsprechende Gesamtlösung für die Basisvariante zu finden sein. Ist sie gefunden, so wird die Funktionsfähigkeit und der Funktionswert der Basisvariante an einem Versuchsmuster erprobt. Hierzu genügt die Nachbildung desjenigen Funktionsbereichs der Basisvariante, in dem die entscheidenden strukturellen und funktionellen Veränderungen gegenüber dem betriebserprobten Stand der Technik vorgenommen worden sind. In der Regel handelt es sich um die Kernvariante und ihre nähere Systemumgebung.

Wird eine optimale Gesamtlösung noch nicht gefunden oder erweist sich der Entwurf der Basisvariante als nicht funktionstüchtig, so ist der entscheidende technisch-ökonomische Widerspruch (TÖW) zu bestimmen. Das heißt, es sind die entscheidenden technisch-ökonomischen Effektivitätsparameter zu benennen, die sich so zueinander verhalten, daß die Erhöhung des einen systembedingt zu einer unzulässigen Verringerung des anderen Parameters führen muß, wenn die Führungsgröße entsprechend technisch-ökonomischer Zielstellung variiert wird. (Siehe hierzu Erfindungsprogramm, Abschnitt 4).

Das weitere Vorgehen ist nun nicht mehr durch "begleitendes" bzw. taktisches Erfinden, sondern durch "voranweisendes", strategisches Erfinden gekennzeichnet. Es ist das Erfinden im eigentlichen Sinne der Methode, das Erfinden "an sich". Damit kommen wir zugleich in die Etappe II des Organisationsmodells, an deren Anfang ein Erneuerungspaß und ein Pflichtenheft mit klarem erfinderischen Auftrag steht. Gegenstand der Erfindung ist jetzt ein technisch-ökonomischer Widerspruch; Ziel ist dessen Überwindung.

Abstrakt - Tabelle 3/3

2.5. Die erfinderische Kernvariante (Schlüsselvariante)

Bei der Überwindung des technisch-ökonomischen Widerspruchs (TÖW) wird angenommen, daß dessen Ursache nicht im ganzen technischen System "verstreut" ist, sondern sich im wesentlichen auf einen bestimmten Systembereich, den für das Funktionieren des technischen Systems kritischen Bereich, den "kritischen Funktionsbereich" eingrenzen läßt. Das erfinderische Ziel besteht nun darin, diesen Systembereich zu "entdecken" und eine erfinderische Lösung hervorzubringen, welche in diesem kritischen Bereich neue technische Verhältnisse, neue Mittel-Wirkungs-Beziehungen schafft, so daß neue Möglichkeiten für die Entwicklung der Basisvariante und die entsprechende Variation der Führungsgröße im Sinne der technisch-ökonomischen Zielstellung eröffnet werden.

2.5.1. Der kritische Funktionsbereich der Basisvariante und die »aber«

Ausgehend von dem Ergebnis der Black-box-Analyse und von den Erkenntnissen, welche bei der erfolglosen Optimierung der Basisvariante und gegebenenfalls aus einer mit negativem Ergebnis abgeschlossenen Funktionserprobung gewonnen wurden, wird nun den Ursachen des technisch-ökonomischen Widerspruchs auf den Grund gegangen. (Siehe hierzu Erfindungsprogramm, Abschnitt 5).

Hierzu wird die Basisvariante in Fortführung der Black-box-Analyse zunächst in die objektbezogenen Teilfunktionen zerlegt, welche unerläßlich sind, um in einer funktionierenden Verkettung von bewirkten und/oder verhinderten Zustandsänderungen eines oder mehrerer Objekte am Ende eine stabile und effektive Hauptfunktion hervorzubringen. Hierbei kann zur Präzisierung der notwendigen Funktionsmerkmale auf die in der Zielgrößenkomponente Z_1 (Zweckmäßigkeit) zusammengefaßten Gebrauchseigenschaften im Sinne von Auswirkungen ihrer Aktivierung zurückgegriffen werden.

Die in der Basisvariante als Systemkomponenten enthaltenen Objekte können demgemäß einzelnen Teilfunktionen zugeordnet und bezüglich ihres Funktionswertes beurteilt werden. Dabei wird sich immer ein Bereich des technischen Systems abgrenzen lassen, in dem eine oder auch mehrere Teilfunktionen angelegt sind, die einen im Vergleich zu den benachbarten Systembereichen deutlich niedrigeren Funktionswert besitzen. Dieser Systembereich wirkt wie ein "Flaschenhals"

im Funktionswertfluß der Hauptfunktion, der diese und andere Teilfunktionen nicht voll zur Wirkung kommen läßt und damit die Funktionsfähigkeit des technischen Systems insgesamt entscheidend einschränkt. Er wird deshalb als der "kritische Funktionsbereich" des technischen Systems bezeichnet. Entscheidend für den Erfinder ist nun nicht allein die Frage nach den technisch-naturgesetzmäßigen Ursachen für die Entstehung des funktionellen "Flaschenhalses" sondern die Frage nach den technisch-konstruktiven bzw. verfahrenstechnischen Gründen, die einer Beseitigung dieser Ursachen auf dem Wege der optimalen Dimensionierung entgegenstehen. Diese Gründe sind auf einen schädlichen technischen Effekt (STE) zurückzuführen, der die Entwicklung des technischen Systems im Sinne der Zielgröße nicht zuläßt.

Die Beantwortung dieser für die Erfindungsaufgabe entscheidenden Frage nach dem schädlichen technischen Effekt (STE) kann nur schrittweise erfolgen. Dazu werden die im kritischen Funktionsbereich angelegten Teilfunktionen ihrem Verfahrensprinzip gemäß in Elementarfunktionen und in die entsprechenden, gegenständlich Funktionseinheiten zerlegt. Die einzelnen Funktionseinheiten werden in ihre operationalen Bestandteile - Operation, Operand, Operator und Gegenoperator - aufgelöst und diese dem Funktionsprinzip der jeweiligen Funktionseinheit gemäß als funktionelle Bestimmungsgrößen technisch definiert. So kann der kritische Funktionsbereich in einem morphologischen Schema übersichtlich und durchschaubar dargestellt werden. (Muster im Anlagenteil).

Der Funktionswertfluß wird nun von Elementarfunktion zu Elementarfunktion untersucht. Dabei wird, einer geeignet gewählten Leitgröße (Strukturgröße) folgend, durch Variation der funktionellen Bestimmungsgrößen eine Optimierung der Funktionseinheiten unter Beibehaltung des Funktionsprinzips versucht (siehe Kapitel 4). Je nach Ergebnis der Optimierungsversuche kann die Wurzel des schädlichen technischen Effekts auf bestimmte Funktionseinheiten und deren strukturelle und funktionelle Eigenschaften begrenzt werden. Damit wird der kritische Funktionsbereich zunehmend eingegrenzt und präziser definiert. Gleichzeitig werden die in einer für das technische System kennzeichnenden Weise zusammenhängenden, technisch und naturgesetzmäßig gegebenen Anforderungen, Bedingungen, Einflüsse und Restriktionen (\supset aber \leftarrow) ermittelt, welche den technisch-wissenschaftlichen Problemerkern bilden. Das heißt, die am Anfang von Abschnitt 2.4. definierte Menge der (a), (b),

(e), (r) ist durch die Verknüpfung der Teilobjekte der Basisvariante zu einem System geworden. Die ›aber‹ sind das Analogon der ABER. Letztere bestehen auf der technisch-ökonomischen Ebene, erstere auf der technisch-naturgesetzlichen. Man beachte, daß hier mit "Einflüssen" statt mit "Erwartungen" zu rechnen ist. +)

Die ›aber‹ stehen der Überwindung des technisch-ökonomischen Widerspruchs im Wege. Diese ›aber‹ werden in einer folgenden Stufe des erfinderischen Vorgehens im Sinne eines technischen Ideals (IDEAL) so verändert, daß der schädliche technische Effekt verschwindet. Technische Funktionsanforderungen und naturgesetzmäßige Restriktionen werden dabei von der Variation zunächst ausgeschlossen.

2.5.2. Der schädliche technische Effekt und das IDEAL

Das (technische) IDEAL bezieht sich primär auf das Verhalten des technischen Systems in seinem kritischen Funktionsbereich. Das übrige technische System wird zunächst als im wesentlichen unveränderlich gesetzt. Mit dem IDEAL werden nun solche idealen konstruktiven Bedingungen und/oder solche idealen verfahrensmäßigen Anordnungen über die erkannten Optimierungsgrenzen hinausgehend vorausgedacht, daß alle unerwünschten technisch-naturgesetzmäßigen Einflußfaktoren verschwinden oder zumindest in ihrer Wirkung so weit abgebaut werden, daß eine entscheidende Erhöhung des Funktionswertes im kritischen Funktionsbereich zustande kommt. Dabei wird das Funktionsprinzip bzw. das funktionstragende Wirkprinzip zunächst nicht verändert. (Siehe hierzu Erfindungsprogramm, Abschnitt 6).

Das Entgegensetzen neuer Bedingungen und das Zurückdrängen stören-

+)
Im Unterschied zu den ABER ergeben sich die ›aber‹ nicht unmittelbar aus dem gesellschaftlichen Obersystem und dem technologischen Umfeld des technischen Systems, sondern aus seinem konstruktiven bzw. verfahrenstechnischen Aufbau und den in ihm realisierten Funktionsprinzip. Mit den ›aber‹ werden neben Anforderungen, Bedingungen und Restriktionen auch Einflüsse (im Sinne von Nebenwirkungen) technisch-konstruktiver und technisch-naturgesetzmäßiger Art erfaßt, welche die Bestandteile des technischen Systems aufeinander ausüben, oder welche auf sie aus der Systemumgebung einwirken.

der Einflußfaktoren darf nicht gegen technische Anforderungen an strukturelle und funktionelle Grundeigenschaften der Basisvariante und naturgesetzmäßige Restriktionen verstoßen, welche durch die Gesamtfunktion der Basisvariante prinzipiell gesetzt sind. Andernfalls ruft das IDEAL einen anderen schädlichen technischen Effekt in einem anderen Systembereich hervor, der in der Regel ebenfalls einen spezifischen technisch-ökonomischen Widerspruch zur Folge hat. Sollte sich herausstellen, daß die Beseitigung eines schädlichen technischen Effekts nur durch das Entstehen eines anderen möglich ist, so ist in jedem Falle "auszukundschaften", ob es einen dieser schädlichen Folge-Effekte gibt, gegen den ein ergänzendes IDEAL gedacht werden kann, das allen Anforderungen und Restriktionen des technischen Systems entspricht. In der Regel setzt dies aber eine eingehende Untersuchung der strukturellen und funktionellen Wechselbeziehungen des technischen Systems, zumindest im Umfeld des kritischen Funktionsbereichs, voraus. Um dabei eine Irrfahrt durch das technische System zu vermeiden, ist dieses erkundende Vorgehen daher nur sinnvoll, solange nicht zu weit über den ursprünglich abgegrenzten Systembereich hinausgegangen werden muß. Wird dabei ein entwicklungsfähiger IDEAL-Ansatz gefunden, so ist ein tragfähiger technischer Effekt (TE) und ein vermittelndes Funktionsprinzip (FP) zu suchen, die den neuen Bedingungen und Einflußfaktoren im System der aber genügen. Hieraus werden die Teilfunktionsprinzipie (TFP) und das technische Prinzip (tP) der errinderischen Lösung für die Kernvariante (Schlüsselvariante) entwickelt und in einem Versuchsmuster erprobt.

Sollte jedoch kein entwicklungsfähiger IDEAL-Ansatz gefunden worden sein, so ist beim weiteren Vorgehen von dem Ansatz auszugehen, der am wenigsten gegen Anforderungen und Restriktionen im System der aber verstößt. Die Erkenntnisse aus den Erkundungen des technischen Systems werden jetzt zum technisch-technologischen Widerspruch (TTW) zusammengefaßt. (Siehe hierzu Erfindungsprogramm, Abschnitt 7).

2.5.3. Der technisch-technologische Widerspruch und das neue Funktionsprinzip für die Schlüsselvariante

Der technisch-technologische Widerspruch begründet den spezifisch technischen Sachverhalt, daß die Beseitigung des ursprünglich vorgefundenen schädlichen technischen Effektes einen anderen,

ebenso schwerwiegenden schädlichen Effekt notwendig hervorrufen muß. Zur Lösung dieses Widerspruchs werden nun die allgemeinen Problemlösungsprinzipie (PLP) in Ansatz gebracht. (Siehe hierzu Erfindungsprogramm Abschnitt 9 sowie Anlagenteil).

Ist ein Lösungsansatz zur Überwindung des technisch-technologischen Widerspruchs (TTW) gefunden, so ist dieser zunächst am IDEAL bezüglich seines technischen Effekts (TE) auf prinzipielle Brauchbarkeit zu prüfen. Dann sind die aber entsprechend zu modifizieren, und es ist darauf zu achten, daß dabei nicht gegen technische Anforderungen und naturgesetzliche Restriktionen verstoßen wird. Schließlich ist zu prüfen, ob der schädliche technische Effekt (STE) tatsächlich beseitigt bzw. kein neuer technisch-technologischer Widerspruch entstanden ist. Erst dann ist, bezugnehmend auf das IDEAL, eine Präzisierung des neuen technischen Effekts (TE) und die systemgerechte Ausprägung des neuen Funktionsprinzips (FP) für die Schlüsselvariante vorzunehmen.

Wird ein brauchbarer Ansatz zur Lösung des technisch-technologischen Widerspruchs nicht gefunden, so ist der technisch-naturgesetzmäßige Sachverhalt zu bestimmen, der dieser Lösung entscheidend entgegensteht. Hierzu wird die Systembetrachtung auf die kritische Wirkstelle der Schlüsselvariante gerichtet, von der diejenige technisch-naturgesetzliche Restriktion ausgeht, die maßgeblich am Zustandekommen des technisch-technologischen Widerspruchs beteiligt ist. Diese von der kritischen Wirkstelle ausgehende technisch-naturgesetzliche Restriktion wird als schädlicher naturgesetzlicher Effekt (SNE) bezeichnet. Er besteht im wesentlichen darin, daß ein an der kritischen Wirkstelle zu erbringender, funktionstragender bzw. gebrauchswertbestimmender technischer Teileffekt auf Grund des ihm zugrunde liegenden Wirkprinzips bestimmte funktionelle und/oder strukturelle Veränderungen des technischen Systems im Umfeld dieser Wirkstelle verbietet. (Siehe hierzu Erfindungsprogramm, Abschnitt 7).

2.5.4. Der technisch-naturgesetzmäßige Widerspruch und das neue Wirkprinzip für die Schlüsselvariante

In einem Speicher naturgesetzlicher Effekte und Prinzipie (Hinweise siehe Anlagenteil) wird nach solchen Lösungsansätzen gesucht, die den notwendigen technischen Teileffekt an der kritischen Wirkstelle in mindestens gleicher Höhe hervorbringen, ohne

daß die ursprüngliche naturgesetzmäßige Restriktion aufrechterhalten werden muß. Natürlich ist dabei immer zu überprüfen, ob nicht nur eine problematische Restriktion gegen eine andere eingetauscht worden ist. Diese Prüfung kann zunächst auf theoretischem Wege anhand eines technisch-naturwissenschaftlichen Modells der Wirkstelle und ihrer näheren Umgebung erfolgen. Dabei werden die elementaren (funktionellen und strukturellen) Bedingungen und Zusammenhänge untersucht, die für das Entstehen des notwendigen technischen Teileffekts an der Wirkstelle zu schaffen sind. Hierbei stellt sich immer heraus, daß mindestens eine dieser Bedingungen aufgrund des gewählten Wirkprinzips uneingeschränkt erfüllt werden muß. Das heißt, sie ist als die neue naturgesetzmäßige Restriktion zu betrachten.

Ob diese neue Restriktion der Problemlösung entgegensteht oder nicht, kann festgestellt werden, indem sie im Systemzusammenhang der aber dem IDEAL gegenübergestellt und untersucht wird, ob jetzt der schädliche technische Effekt beseitigt bzw. der technisch-technologische Widerspruch gelöst werden kann. Ist dies der Fall, so erfolgt, ausgehend vom IDEAL, eine Präzisierung des neuen technischen Effekts und die systemgerechte Ausprägung des neuen Funktionsprinzips für die Schlüsselvariante. Bevor jedoch hieraus die Teilfunktionsprinzipie und das technische Prinzip entwickelt werden können, müssen die dem technisch-naturwissenschaftlichen Modell (TNM) zugrunde liegenden vereinfachenden Annahmen und die dabei getroffenen Vernachlässigungen möglicher Nebeneffekte und untergeordneter Einflußfaktoren experimentell auf Gültigkeit und Zuverlässigkeit überprüft werden. Hierzu dient ein Labormuster, d.h. eine Nachbildung der Struktur des technischen Systems im Bereich der kritischen Wirkstelle.

Wird auch nach mehreren Ansätzen ein geeignetes technisch-naturgesetzliches Wirkprinzip zur Lösung des technisch-technologischen Widerspruchs nicht gefunden, so werden die dabei gewonnenen Erkenntnisse als technisch-naturgesetzlicher Widerspruch zum Ausdruck gebracht. Dieser begründet den problemspezifischen naturwissenschaftlichen Sachverhalt, daß es für das technische System der Basisvariante kein Wirkprinzip gibt, welches eine technisch-naturgesetzliche Restriktion aufhebt, ohne andere, ebenso schwerwiegende hervorzurufen. Der Grund hierfür sind restriktive funktionelle und/oder strukturelle Bedingungen und Anforderungen des technischen Systems, welche auch neue Wirkprinzipie nicht zur Ent-

rhaltung kommen lassen.

Mit Hilfe der allgemeinen Problemlösungsprinzipien (PLP) wird nun versucht, diese Bedingungen und Anforderungen so "aufzuweichen", daß eines der in Betracht gezogenen Wirkprinzipien nicht mehr auf einen technisch-naturgesetzmäßigen Widerspruch führt. Damit ist dann auch der technisch-technologische und der technisch-ökonomische Widerspruch prinzipiell lösbar geworden. (Siehe hierzu Erfindungsprogramm, Abschnitt 9).

2.5.5. Der hemmende Traditionseffekt und die Entwicklungsgesetze der Technik

Erweisen sich die Bedingungen und Anforderungen des technischen Systems als unnachgiebig, so liegt ein hemmender Traditionseffekt (HTE) vor. Dieser ist in der Regel darauf zurückzuführen, daß das technische System als Ganzes bzw. das ihm zugrunde liegende technisch-technologische Prinzip veraltet ist. Seine moralische Existenzberechtigung wird nur noch von der führenden Stellung her abgeleitet, die es früher einmal eingenommen haben mag. Die Begründungen lauten dann etwa: "Das haben wir schon immer so gemacht." Oder: "Das hat sich bewährt." In einem solchen Fall müssen allgemeine Entwicklungsgesetzmäßigkeiten der Technik, die auf den jeweils vorliegenden Fall zutreffen, in Ansatz gebracht werden. (Siehe hierzu auch Erfindungsprogramm, Abschnitt 9 sowie Anlagenüber die Problemlösungsprinzipie (PLP) sowie die bionischen Effekte und Prinzipie (BEP), um das IDEAL für das technische System neu zu bestimmen. Dieses bezieht sich dann auf einen Systembereich, der groß genug ist, um die als restriktiv erkannten Bedingungen und Anforderungen zu sprengen bzw. negieren zu können. Zunächst wird versucht, ausgehend von dem neuen IDEAL-Ansatz und gegebenenfalls gestützt auf geeignete bionische Effekte und Prinzipie (BEP) ein neuartiges Funktionsprinzip zu finden, mit dessen Hilfe der technisch-ökonomische Widerspruch beseitigt werden kann.

Führt dies nicht zum Erfolg, so ist, beginnend mit der Bestimmung des schädlichen technischen Effekts im Rahmen eines erweiterten kritischen Funktionsbereiches, der Lösungsweg der Etappe II noch einmal von vorn zu bewältigen. Im Grenzfall kann es sich herausstellen, daß das technische System als Ganzes zu erneuern ist. Dann ist auf der Grundlage eines anderen technisch-technologi-

schen Prinzips eine prinzipiell neue Basisvariante zu schaffen. Dabei ist in der Regel von einem neuartigen, im Stand der Technik noch nicht eingeführten technisch-technologischen Prinzip auszugehen.

Das bedeutet für die Gesellschaft, einen wesentlich höheren Entwicklungsaufwand und ein wesentlich höheres Entwicklungsrisiko in Kauf nehmen zu müssen. Beide wirken sich vor allem in der materiellen Realisierung der Lösungsidee (Etappe III) aus, also dort, wo ein hoher Anteil vergegenständlichter gesellschaftlicher Arbeit zum Einsatz gebracht werden muß. Damit ist der oft mühevoll und beschwerliche Weg, auf dem der Erfinder durch das systematische Überwinden von Widersprüchen zum "Ausreizen" eines technisch-technologischen Prinzips und zum schrittweisen Erneuern eines bestehenden technischen Systems beiträgt, bevor er völlig neue technische Systeme in Betracht zieht, nicht nur gerechtfertigt, sondern im gesellschaftlichen Interesse sogar notwendig. Der Erfinder folgt damit den Entwicklungsgesetzmäßigkeiten technischer Systeme.

3. Spezielle Wegmodelle zum Erfindungsprogramm =====

Jedes planmäßige, methodische Vorgehen bei der Bearbeitung technischer Probleme wird in ganz besonderer Weise durch die heuristische Ausgangsposition und das zu erreichende technisch-ökonomische Ziel bestimmt.

Im folgenden werden fünf problemspezifische Wegmodelle für charakteristische Problemsituationen, wie sie häufig in der F/E-Praxis auftreten, auf der Grundlage des allgemeinen Wegmodells angegeben. In analoger Weise lassen sich weitere spezielle Wegmodelle ableiten.

Am Beispiel einiger Erfindungen wird veranschaulicht, wie ein der Problemsituation gerechtes, zielbewußtes Vorgehen häufig zu überraschend einfachen Widerspruchslösungen führt.

3.1. Das Erfinden in der verfahrensbezogenen Projektierung

Die Problemsituation wird wie folgt angenommen:

- Gesellschaftliches Bedürfnis: schnelle und zuverlässige materielle Verfügbarkeit eines auf hohem technologischen Standard stehenden Fertigungs-, Herstellungs-, Prüf-, Transport- oder Anwendungsverfahrens ohne bzw. mit nur geringem eigenen Entwicklungsaufwand bei hohen Effektivitätsansprüchen.
- Die ABER:
 - A: hohe Qualitäts- und Leistungsparameter beim Betrieb der Anlage.
 - B: gute Anpassungsfähigkeit an vorhandene Anlagen und Technologien bei geringer Storanfälligkeit der Gesamtanlage.
 - E: hoher Automatisierungsgrad bei geringem Instandhaltungsaufwand.
 - R: zeitliche Restriktionen (Liefertermine, begrenzte Bauzeiten); räumliche Restriktionen (eingeschränkte Montage- und Standflächen bei uneingeschränkter Zugänglichkeit); begrenzte Investmittel.

Zur Zielgröße: Die Anforderungen unter dem Aspekt der Brauchbarkeit (spezifische Anwendungsbedingungen!) sind hoch, was bei gleichzeitig gesetzten Restriktionen bezüglich Aufwand zu Konflikten mit den Aspekten der Beherrschbarkeit und der Zweckmäßigkeit

führen kann.

• Vorhandene bzw. zu beschaffende Informationen:

eigenes Know-how zum Verfahren und Kenntnisse über geeignete technische Mittel aus Prospekten, Standards und Konsultationen beim Hersteller

Das generelle heuristische Verfahren kann wie folgt charakterisiert werden (s. Abb.11):

- Auswahl verfügbarer Mittel aus dem Stand der Technik (nach vorgegebenem, evtl. bisher noch nicht angewandten technisch-technologischem Prinzip) und Verknüpfung zu einer Basisvariante;
- Anpassen der technischen Mittel an die Erfordernisse und Bedingungen des eigenen Verfahrens;
- Bewerten der Basisvariante gemäß Gebrauchswertkriterien der Zielgröße;
- Erstellen der technischen Dokumentation des Gesamtprojekts und Erproben der Nullserie bzw. Durchführung des Probebetriebs der Anlage mit dem Ziel eines möglichst schnellen Eintretens in die Nutzungsphase (Produktion).

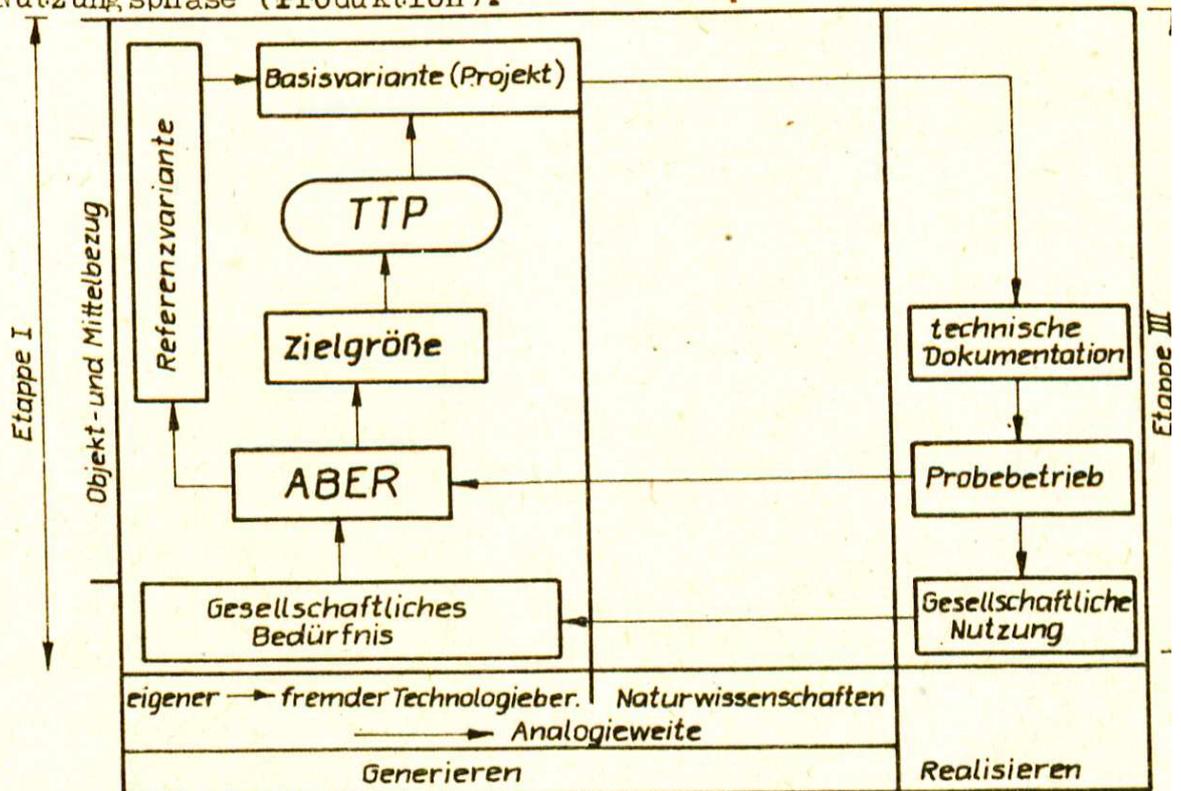


Abb. 11: Spezielles Wegmodell I der Erfindungsmethode - verfahrensbezogene Projektierung

TTP - S. 55 Technik-Jahr 75

Die Notwendigkeit des Erfindens ergibt sich, wenn im eigenen Technologiebereich verfügbare Komponenten zu aufwendig, aufgrund zu starker Zweckgebundenheit (Spezialisierung) schlecht anpaßbar oder unter den gegebenen Bedingungen zu störanfällig sind.

Das erfinderische Vorgehen ist gekennzeichnet durch das Aufsuchen geeigneter Komponenten für die Basisvariante aus fremden Technologiebereichen und geschickte Aktivierung bisher nicht erkannter, noch nicht zur Geltung gekommener oder unterdrückter Gebrauchseigenschaften der dort vorgefundenen technischen Mittel.

Beispiel 1:

In der KDT-Erfinderschule Suhl 1 war das Problem "Nachweis von Hochdruckgasblasen im Kalibergwerk" erfinderisch zu lösen, da die bisher importierten teuren Gasprüfröhrchen eingespart werden sollten.

Die natürlichen Hochdruckgasblasen dürfen nicht unkontrolliert angebohrt werden, weil sonst bei der schlagartigen Expansion großer Schaden verursacht wird. Da es primär interessiert, ob Druckgas ansteht (welches sich beim Expandieren abkühlt), und erst von sekundärem Interesse ist, um welche Gasart es sich handelt, konnte eine einfache Lösung durch Einbau eines hochempfindlichen thermischen Sensors in das Probebohrgestänge erarbeitet werden.

Beispiel 2:

Zum Abpacken von gemahlenem Kaffee in mit CO_2 -Schutzgas gefüllten Beuteln (MOCCA-FIX) wird Aluminium-Plast-Folie benötigt. Diese wurde früher durch Kaschieren von gewalzter Alufolie mit Plastfolie hergestellt. Technologisch kann Alufolie nur mit großem Aufwand dünner als $10 \mu\text{m}$ gewalzt werden. Außerdem hat die dünne Walzfolie immer Löcher, was dem Aroma- und Gasschutz abträglich ist.

Das Erreichen des idealen Verfahrens "Absoluter Aroma- und Gasschutz bei kostengünstig verringertem Alu-Einsatz" wird durch den unerwünschten Effekt der Lochbildung verhindert. Durch Nutzung des technisch-technologischen Prinzips (TTP) "Metallbedampfen" entsprechend einer Erfindung des Forschungsinstituts "Manfred von Ardenne" konnte im VEB Polyfol Markkleeberg eine Elektronenstrahl-Metallbedampfungsanlage installiert werden, mit der bis zu 300 m^2 Plastfolie im Hochvakuum mit einer hauchdünnen,

aber absolut dichten Aluminiumschicht versehen werden kann. Dadurch wird nur noch 1 % Aluminium benötigt; jährlich werden rund 360 t Aluminium gespart. Der neue MOCCA-FIX-Beutel ist dadurch wesentlich flexibler und vor allem absolut aroma- und gasdicht geworden.

3.2. Das Erfinden in der strukturbezogenen Weiterentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren

Die Problemsituation wird wie folgt angenommen:

- Gesellschaftliches Bedürfnis: Verbesserung der Herstellungs-, Montage-, Handhabungs-, Instandhaltungs-, Lagerungs-, Transport- und/oder anderer passiver (struktureller) Gebrauchseigenschaften eines Erzeugnisses ohne wesentliche Veränderung seiner Funktionseigenschaften.
- Die ABER:
 - A: kontinuierliche, möglichst automatische Herstellbarkeit, Bearbeitbarkeit oder Einstellbarkeit; Reduzierung der Anzahl der Einzelteile; hohe Lager-, Transport- und/oder Montagefähigkeit.
 - B: automatisierte Fertigung in Fertigungszellen und Fertigungslinien; Einsetzbarkeit von bestimmten Handhabeeinrichtungen und Robotern sowie von bestimmten Transportmitteln bzw. Transportmedien.
 - E: Erhöhung der Bearbeitungsgenauigkeit, Verringerung des Montageaufwands, Erhöhung des stofflichen und energetischen Wirkungsgrades bei der Bearbeitung bzw. Herstellung.
 - R: Verringerung der Gebrauchseigenschaften und/oder der Bearbeitungsgeschwindigkeit bzw. Durchsatzleistung sind unzulässig. Verwendung bestimmter Materialsorten und Werkstoffarten sind verboten.
- Zur Zielgröße: Die Anforderungen an die fertigungstechnische bzw. verfahrenstechnische Beherrschbarkeit und Brauchbarkeit sind hoch. Dadurch kann ein Konflikt mit den Gebrauchseigenschaften des Erzeugnisses bzw. Produkts (Zweckmäßigkeit sowie anwendungstechnische Beherrschbarkeit und Brauchbarkeit) entstehen.
- Vorhandene bzw. zu beschaffende Informationen: know how zu Mitteln und Verfahren für die Fertigung, Instandhaltung, den Transport und zu anderen Herstellungs- und Bereitstellungsverfahren

sowie Kenntnisse zur entsprechenden Gestaltung von Erzeugnissen und Produkten; fachspezifische und fachfremde Beispiellösungen aus der Patentliteratur und aus Prospekten; technische Dokumentation der Basisvariante des Erzeugnisses (Werkstattzeichnung, Produktspezifikation)

Das generelle heuristische Vorgehen kann wie folgt charakterisiert werden: (s. Abb. 12). Zweckmäßiges Zerlegen (strukturelle Aufbereitung) des Erzeugnisses in Einzelbestandteile nach technologischen Gesichtspunkten und anschließend - gegebenenfalls im Wechselspiel mit dem Zerlegen - optimales Gestalten der Einzelteile nach den Erfordernissen des vorgegebenen Herstellungsverfahren und/oder Bereitstellungsverfahren.

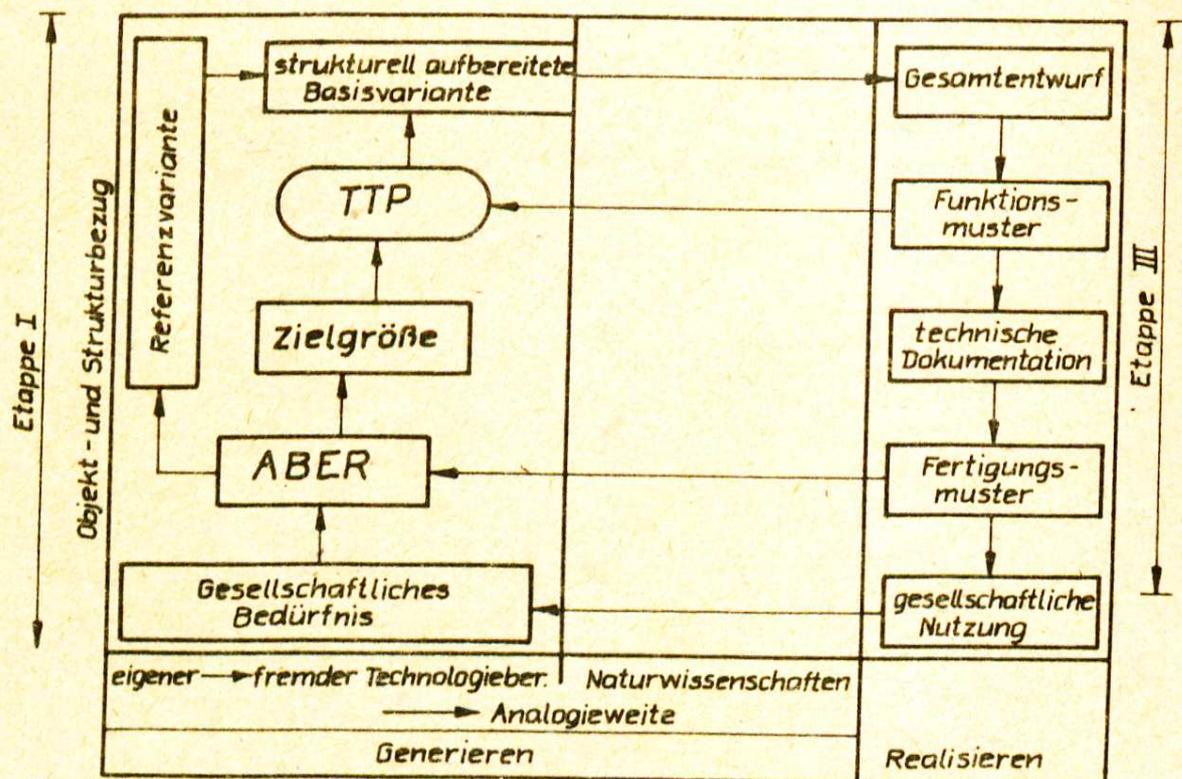


Abb. 12: Wegmodell II der Erfindungsmethode - strukturbezogene Weiterentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren

TTP 5,55

Die Notwendigkeit des Erfindens ergibt sich z.B. dann, wenn die herstellungsgerechte Umgestaltung der Einzelteile in Konflikt gerät mit Anforderungen

- an die Montage- oder Servicefreundlichkeit des Erzeugnisses
- an Anwendungseigenschaften, Umweltverträglichkeit oder andere Gebrauchs- und Funktionseigenschaften des Produkts.

Das erfinderische Vorgehen ist gekennzeichnet durch das Aufsuchen anderer "Schnittstellen": ein Zerlegen in Einzelteile (strukturelle Aufbereitung der Basisvariante) derart, daß neue gegenständliche bzw. stoffliche Strukturen entstehen, die den Konflikt lösbar machen. Häufig entstehen dabei durch Verwendung neuer Werkstoffe und Funktionsverschmelzungen Erzeugnisse, welche aus weniger Einzelteilen bestehen und sich durch einen höheren Funktionswert auszeichnen.

Nach dem Erarbeiten des Gesamtentwurfs (Zusammenstellungszeichnungen, Strukturbild) wird das Funktionsmuster gebaut und erprobt. Danach wird die technische Dokumentation ausgearbeitet und das Fertigungsmuster des Erzeugnisses im Rahmen des technologischen Gesamtprojekts (Nullserie bzw. Versuchsproduktion) in das gesamtbetriebliche Geschehen eingeführt. Sollten sich bei der Erprobung des Fertigungsmusters noch geringfügige technologische Mängel herausstellen, so können diese durch entsprechende Anpassung des jeweiligen Verfahrens bzw. der entsprechenden technischen Mittel an das neue Erzeugnis bzw. Produkt behoben werden. Andernfalls ist eine erneute strukturelle Aufbereitung im kritischen Strukturbereich des Erzeugnisses und seine neue Gestaltung im entscheidenden Detail erforderlich. Dadurch werden häufig raffiniert einfache erfinderische Lösungen (REL) herausgefordert, welche sich mit geringstem Aufwand realisieren lassen.

Beispiel 3:

In einer KDT-Erfinderschule sollte durch ein multidisziplinär aus Konstrukteuren, Technologen und Mikroelektronikern sowie Informatikern zusammengesetztes Kollektiv ein Ausformroboter für Großgußteile (Rohlinge für Druckwalzen mit bis zu 1 m Durchmesser, 3,5 m Länge und 5 Mp Masse) erfinderisch konzipiert werden. Gedacht wurde an eine Druckwasserkanone, mit der der sandsteinartig harte Formsand erodiert werden sollte, um das Gußteil freizulegen. Die jetzt noch übliche manuelle "Steinmetzarbeit" ist nicht mehr tragbar.

Als Verursacher des TTW wurde der STE: "Beständigkeit der Klebkraft des Binders" erkannt. Der TTW selbst lautet: "Zum Gießen muß der Sand monolithisch wie Felsen, zum Ausformen krümelig wie Seesand sein, damit sich das Gußteil "von selbst" ausformt."

Als erfinderisches Ziel des FE-Themas wurde also erkannt, nicht einen Roboter zu entwickeln, sondern einen sich bei Hitze über die Abkühlzeit von etwa 16 Stunden "von selbst" zerstörenden Binder zu erfinden. Dazu wären aber Chemiker im Kollektiv nötig gewesen. Später, in der zweiten Internatswoche der KDT-Erfinderschule, wurde dann die erfinderische Idee erzeugt: Als Binder ist ein preiswerter makromolekularer Stoff mit starken Schrumpfeigenschaften beim Trocknen zu verwenden, der bei Zugabe eines katalytisch wirkenden Starters nach dem Gießen und beim beginnenden Erkalten der Form ein Hitzecracken einleitet, so daß sich der Binder zersetzt und damit der Formsand soweit mürbe wird, daß das Gußteil nach Abschluß des Erkaltes durch Rütteln vom Formsand getrennt werden kann. Eine REL ist in Sicht.

Beispiel 4:

Beim alten Herstellungsverfahren des Pflanzenschutzmittels Bi 58 wurden die beiden Reaktionspartner

A: wäßrige Lösung der Salze der O,O-Dialkyldithiophosphorsäure mit

B: Monochloressigsäurealkylestern

bei 50-60 °C in einem Rührwerk umgesetzt. Die Ausbeute war mit etwa 50 % gering.

Durch die Erfindung nach WP 122 096 erfolgte eine Aufspaltung des Prozesses in zwei zyklisch zu durchlaufende Teilprozesse nach dem Reißverschlußprinzip. (Vgl. Erfindungsprogramm, Abschnitt 9.3.)

Im ersten Teilprozeß reagiert B mit einem Überschuß von A bei steigenden Temperaturen von 23 - 42 °C. Danach erfolgt das Absondern von Bi 58. Der Rest (wenig B, viel A) wird nun im 2. Teilprozeß mit einem Überschuß von B bei steigenden Temperaturen von 49-61 °C behandelt und danach wiederum Bi 58 abgesondert. Der jetzt verbleibende Rest bildet die Grundlage des 1. Teilprozesses u.s.w.

Durch den ständigen Wechsel (Überschuß A bzw. B) konnte die Gesamtausbeute von Bi 58 von 50 auf 95 % bei gleichzeitiger Energieeinsparung gesteigert werden. Dadurch entstand ein volkswirtschaftlicher Nutzen von 21 Mio M/a; das Erfinderkollektiv erhielt die

maximale Patentvergütung von 200 TM!

3.3. Das Erfinden in der strukturbezogenen Neuentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren

Die Problemsituation wird wie folgt angenommen:

Gesellschaftliches Bedürfnis: Wie bei der strukturbezogenen Weiterentwicklung (Abschnitt 3.2.), wobei jetzt jedoch die Sicherung der erforderlichen Betriebszuverlässigkeit bzw. Lebensdauer im Vordergrund steht und zusätzlich erhöhte Anforderungen an den Funktionswert (bei unveränderter Funktion) gestellt werden.

Die ABER:

- A: Sicherung der Betriebszuverlässigkeit des Erzeugnisses/Verfahrens bzw. der Lebensdauer des Produkts bei Absenkung spezifischer, anwendungs- und/oder herstellungsbezogener Aufwandsparemeter.
- B: Technologische Bedingungen der Herstellung, der Prüfung und der Überwachung, Bedingungen des Transports sowie der Montage und/oder des Betriebs bzw. der Anwendung am Einsatzort haben sich verändert und werden sich weiter verändern. Möglichkeiten, diese Entwicklung so zu beeinflussen, daß günstige Voraussetzungen für die Problemlösung geschaffen werden, sind objektiv vorhanden. Sie liegen aber nicht auf der Hand, sondern müssen "entdeckt" werden;
- E: hohe Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Bedingungen; Austauschbarkeit von Struktur- bzw. Funktionseinheiten für verschiedene Anwendungs- bzw. Einsatzfälle.
- R: geringere zulässige Belastung der Umwelt bei Herstellung und Anwendung bzw. Betrieb: Qualifikationsniveau des Bedienpersonals noch niedrig; Störeinflüsse aus dem technisch-technologischen Umfeld und/oder aus der natürlichen Umwelt dürfen nicht durchschlagen.

Zur Zielgröße: Die Aspekte der anwendungstechnischen Beherrschbarkeit und Brauchbarkeit (Eignung) sind dominierend. Diese können mit Aspekten der fertigungs- bzw. verfahrenstechnischen Beherrschbarkeit und Brauchbarkeit in Konflikt geraten, wenn die Zweckmäßigkeit (Leistungsfähigkeit) des Erzeugnisses oder Produkts nicht beeinträchtigt werden soll.

Vorhandene bzw. zu beschaffende Informationen:

eigenes anwendungsbezogenes know how aus Betriebserprobungen so-

wie aus technologischen Standards, Betriebs- und Anwendungsvorschriften und aus fachwissenschaftlichen Veröffentlichungen von Seiten des Anwenders; Kenntnisse über die Betriebszuverlässigkeit und Lebensdauer aus Kundenreklamationen und Berichten des Kundendienstes und der Vertragswerkstätten; statistische Erfassungs- und Auswertungsverfahren; Kenntnisse zum verfügbaren Stand der Technik aus Standards und Prospekten; Kenntnisse zum machbaren Stand der Technik aus der Fach- und Patentliteratur, insbesondere in den anwendungsspezifischen Technologiebereichen; strukturell aufbereitete Basisvariante (Strukturbild, Anlageschema, Schaltbild, technologisches Ablaufschema).

Das generelle heuristische Vorgehen kann wie folgt charakterisiert werden (s. Abb. 13):

Black-box-Analyse (funktionsorientierte Aufbereitung) der Basisvariante durch Bestimmung von Haupt-, Entstör-, Schutz- und Nebenfunktionen sowie der Nebenwirkungen und unnötigen Funktionen; sinnvolle Abgrenzung des Operationsfeldes derart, daß sowohl alle nützlichen und verwendbaren als auch alle schädlichen und unterdrückbaren Faktoren aus der Systemumgebung in Betracht gezogen werden; Untersuchungen schädlicher Nebenwirkungen der Hauptfunktion mit dem Ziel ihrer Abschwächung und/oder ihrer Unterdrückung durch entsprechende Verstärkung der Entstörfunktion; wirksamere Unterdrückung störender Faktoren aus der Systemumgebung durch gezielter auf den Störfaktor gerichtete Ausbildung der Schutzfunktion; Verschieben der Grenze zwischen System und Umfeld, so daß Strukturkomponenten mit Anpaß- bzw. Vermittlungsfunktion entstehen; Eliminieren von Strukturelementen mit überwiegend unnötigen Funktionen.

Durch funktionsmäßig optimale Zuordnung und Gestaltung der Teilobjekte entsprechend den Ergebnissen der black-box-Analyse entsteht eine neue Grundstruktur der Basisvariante mit erhöhtem Funktionswert, aber im wesentlichen unveränderter Funktionsweise.

Die Notwendigkeit des Erfindens ergibt sich spätestens dann, wenn sich bei der Funktions- oder Betriebs- bzw. Anwendungsprobung herausstellt, daß durch die Funktionsoptimierung allein noch keine Lösung gefunden wurde, welche der Zielgröße entspricht. Es zeichnet sich ein technisch-ökonomischer Widerspruch ab.

Das erfinderische Vorgehen ist in diesem Fall gekennzeichnet durch

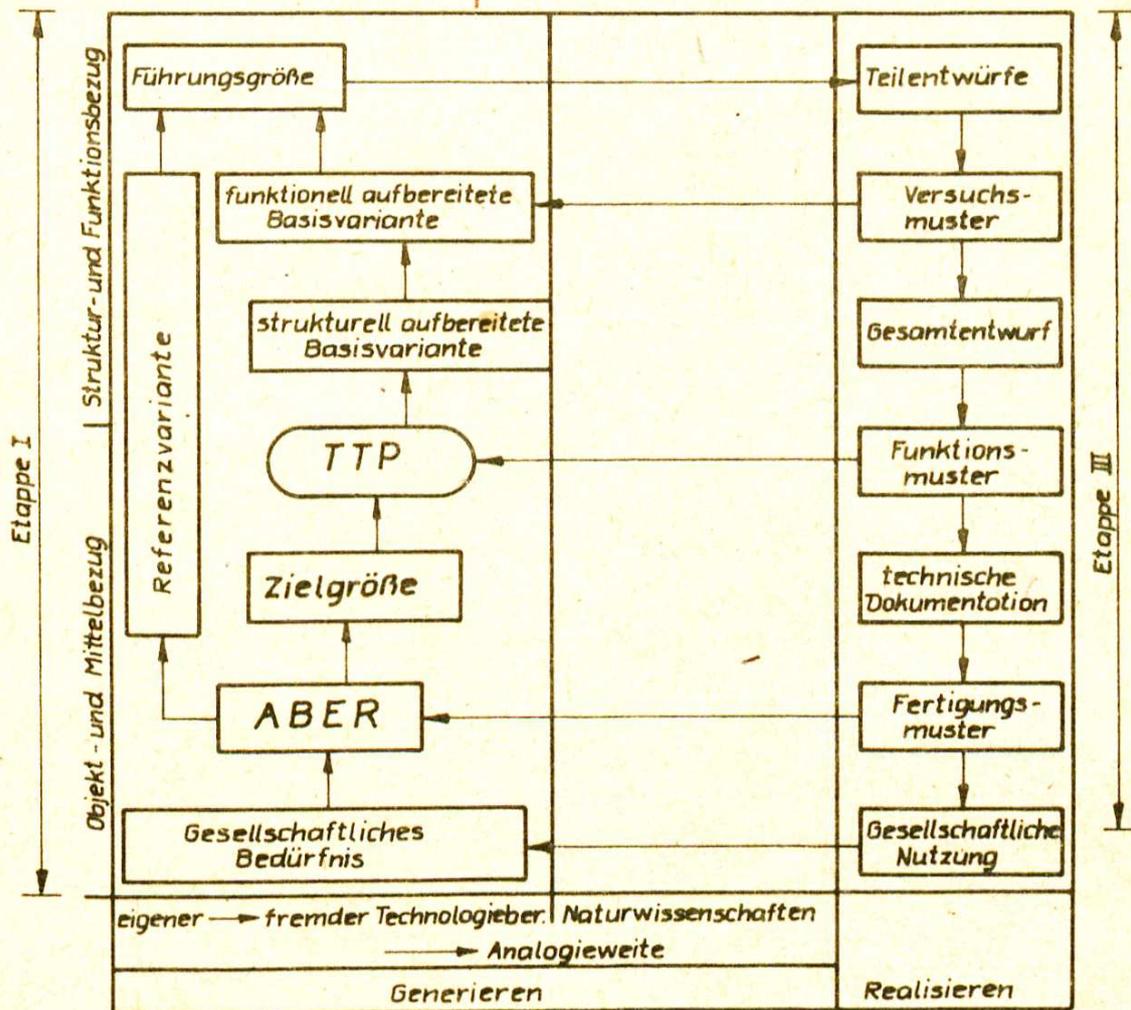


Abb. 13: Wegmodell III der Erfindungsmethode - strukturbezogene Neuentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren

- Aufsuchen und Erkennen von Möglichkeiten zur Verstärkung oder zum Ersatz der Funktion von Teilobjekten der Basisvariante (insbesondere solche mit geringerem Funktionswert) durch Nutzung von Nebenfunktionen anderer Objekte innerhalb der Grenzen des Operationsfeldes;
- Neugestalten dieser Objekte zur besonders wirksamen Ausprägung ihrer Nebenfunktionen möglichst so, daß sie sich auch besser herstellen lassen;
- Aufsuchen und Auffinden bzw. Schaffen von Objekten mit völlig neuer Struktur, welche in der Basisvariante vorhandene Teilobjekte bei gleicher Funktion, aber mit entscheidend höherem

Funktionswert ersetzen.

Diese Objekte bilden eine Struktureinheit im Sinne der Kernvariante. Sie erfordern in der Regel auch neue Lösungen für ihre Herstellung und/oder Anwendung. Sind in der Struktureinheit wesentlich neue funktionelle Verhältnisse geschaffen, so muß die Funktionsfähigkeit der Kernvariante an einem Versuchsmuster nachgewiesen werden.

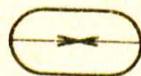
Für die erfinderische Lösung ist darüberhinaus eine Funktionserprobung an einem Funktionsmuster (Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Gesamtzusammenhang der Basisvariante) erforderlich. Die Gesamtlösung (Basisvariante mit erfinderisch neuer Struktureinheit) bedarf in jedem Fall einer Fertigungserprobung (Nachweis der Herstellbarkeit) und einer Betriebserprobung (Nachweis der Verwendbarkeit).

Beispiel 5:

Zum Verschließen von Milchflaschen wurde bis 1985 international Reinstaluminiumfolie von 40-60 μm Stärke verwendet (DDR: 45 μm). Eine Dickenreduzierung unter 40 μm war auf konventionellem Wege nicht möglich, weil sonst die Alukappe keinen festen und dichten Verschuß mehr gewährleistet hätte. Außerdem wären umfangreiche Änderungen an den Hochleistungsstanz- und Verschußautomaten erforderlich gewesen. Trotzdem mußte mit Rücksicht auf die Material- und Energiesituation (eine Tonne Aluminium erfordert etwa 18 MWh!) absolut mindestens 40 % Aluminium eingespart werden.

Es zeichnet sich ein TÖW wie folgt ab:

Material- und Energiesituation
erfordern Foliendicken 30 μm



Festigkeit des Verschlusses und Verschließautomaten erfordern Foliendicke von 45 μm

Dieser sich abzeichnende TÖW wurde gemäß WP 241 524 "Metallfolie für Verschlüsse, vorzugsweise aus Aluminium" vorbeugend dadurch gelöst, daß durch profilierte oder mit Gleitöltröpfchen besprühte Walzen eine die Folie verfestigende Kaltformgebung ohne Änderung der Flächenausdehnung vorgenommen wird. Außerdem erhält dadurch die ursprünglich 27 μm dicke Folie (durch die eingepprägten Minikugelkalotten) die Gesamtdicke von 45 μm . Durch diese erfinderische Lösung werden 450 t/a Aluminium (entsprechend 4,8 MioM/a) eingespart.

Altschuller, S. 2, 125

Die Minikugelklotten sind an den neuen Milchflaschenverschlüssen dadurch erkennbar, daß die Oberfläche nicht mehr glänzt. Das ist aber für den Gebrauch unwesentlich.

Beispiel 6:

Mähhäcksler (KDT-Erfinderschule Suhl, Erfinderkollektiv Ing. Koch). Beim Einsatz des Mähhäckslers traten erhebliche Verluste dadurch auf, daß die 9 mm dicken, aus vergütetem Stahl bestehenden, an der schnell rotierenden Trommel (900 min^{-1}) starr befestigten teuren Messer (über 75 M pro Stück) bei Kontakt mit den auf dem Acker liegenden Steinen zu Bruch gingen, so daß oftmals Totalausfall der gesamten Maschine eintrat.

Es wurden nach dem Operator MZK (Altschuller) die Einsatzbedingungen der Messer untersucht. Bei der gedanklichen Variation der Schnittgeschwindigkeit ergab sich im Ansatz ein erster, im vorliegenden Falle scheinbarer technischer Widerspruch:

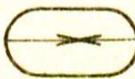
- Ordnungsgemäßes Schneiden ist nur bei geringen Relativgeschwindigkeiten zwischen Erntegut und Messer gewährleistet; bei den hohen Geschwindigkeiten der Maschine wird aber gar nicht geschnitten. Da jedoch Energie explosionsartig eingetragen wird, erfolgt Abriß des Ernteguts (analog Karateschlag). Also braucht das Messer gar nicht extra angeschliffen zu werden.

Als zweiter technischer Widerspruch zeichnete sich ab:

- Wenn das starr befestigte Messer schnell auf einen Stein trifft, entstehen sehr hohe Reaktionskräfte, welche zum Bruch führen; zu einem Messerbruch darf es jedoch nicht kommen.

Also: Zumindest muß das Messer nachgiebig an der Messertrommel befestigt werden.

Die gedankliche Variation der Messerdicke von "sehr dünn (4 mm)" bis "sehr dick (25 mm)" ergab den technisch-ökonomischen Widerspruch in einer "Rohform":

Ein dickes Messer ist zwar fest  aber auch wesentlich teurer und unnachgiebiger.

Dieser Widerspruch wurde gelöst.

Anstelle des teuren Originalmessers wurde nur gelochter 4 mm Bandstahl, abgefedert auf den Stehbolzen, eingesetzt. Ein technologischer Widerspruch brauchte nicht herausgearbeitet werden.

Seit dieser Zeit tritt kein Totalausfall mehr auf. Beim Auftreffen auf Steine bekommt das neue "Messer" zwar Scharten, kann aber ausweichen und geht nicht mehr zu Bruch.

Folgerung: Es wird nicht der sinnlose Versuch unternommen, mit einem "Messer" die auf dem Feld liegenden Steine zu zerschneiden. Stattdessen wird durch Anordnung einer Feder ein nachgiebiges System geschaffen, in dem keine unendlich großen, zur Zerstörung führenden Kräfte auftreten können. Hieraus entsteht eine dem IDEAL nahekommende, raffiniert einfache Lösung.

3.4. Das Erfinden in der funktionsbezogenen Weiterentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren

Die Problemsituation wird wie folgt angenommen:

- Gesellschaftliches Bedürfnis: Erhöhung der aktiven, funktionsbezogenen Gebrauchseigenschaften von Erzeugnissen und Verfahren unter gleichbleibenden Betriebs- bzw. Anwendungsbedingungen.
- Die ABER:
 - A: Erhöhung spezieller Leistungsparameter und Absenkung spezifischer Aufwandparameter bei der Anwendung des Erzeugnisses oder Verfahrens auf ein bestimmtes, vorgegebenes Niveau;
 - B: Technologische Bedingungen der Herstellung und Anwendung sind im wesentlichen unverändert vorgegeben; geringfügige Modifikationen sind abhängig vom erreichbaren Nutzeffekt möglich.
 - E: Ausprägung von bisher unterentwickelten Gebrauchseigenschaften (z.B. Bedien-, Service-, Kontroll- und Steuerbarkeit).
 - R: Verringerung der Zuverlässigkeit unzulässig, ebenso Erhöhung des spezifischen Abproduktaufalls und des spezifischen Auffalls an Verlustenergie; Verwendung bestimmter Importmaterialien und -baugruppen verboten; Last- und Raumbegrenzungen des Transportweges sowie Bestimmungen des GAB und des Umweltschutzes sind strikt einzuhalten.

Zur Zielgröße: In der Regel ist der Aspekt der Zweckmäßigkeit oder ein spezieller Aspekt der Wirtschaftlichkeit dominierend; d.h. das Entwicklungsziel besteht vor allem in der Erhöhung eines speziellen, gebrauchswertbestimmenden Leistungsparameters oder der Senkung eines speziellen, volkswirtschaftlich bedeutenden Aufwandparameters. Unter dem generellen Primat der erhöhten Wirtschaft-

lichkeit entstehen dabei häufig Konflikte mit den Aspekten der Beherrschbarkeit (Funktionssicherheit) und der Brauchbarkeit (Eignung unter variierenden Einsatzbedingungen)

Vorhandene bzw. zu beschaffende Informationen:

- eigenes know how, Prospekte und Standards zum verfügbaren (realen) Stand der Technik im eigenen und in analogen Technologiebereichen.
- Patent- und Fachliteratur zum nachweisbaren (potentiellen) Stand der Technik aus eigenen und angrenzenden bzw. analogen Technologiebereichen.
- fachspezifische Gestaltungs- und Dimensionierungsverfahren.
- Darstellung der Struktur und Funktion der Basisvariante (Struktur- und Blockschaltbild), wobei Strukturbereiche mit kritischem funktionellen Verhalten besonders hervorgehoben sind.

Das generelle heuristische Vorgehen kann wie folgt charakterisiert werden (siehe Abb. 14):

Funktionsanalyse der Basisvariante durch Zerlegen der Gesamtfunktion (getrennt nach Funktionsarten) in die notwendigen Teil- und Elementarfunktionen. Es wird mit der Hauptfunktion begonnen und dann abschnittsweise, je nach Erfordernis, die eine oder andere Funktionsart in die Analyse mit einbezogen. Dabei wird das Ziel verfolgt, schrittweise die inneren funktionellen Zusammenhänge der Basisvariante, ihre Funktionsstruktur, aufzuklären.

Insbesondere die notwendigen Kopplungen zwischen den Elementar- und Teilfunktionen und die unbeabsichtigten Nebenkopplungen (Beeinflussungen) sind dabei Gegenstand der Untersuchung. Je nachdem, ob letztere sich positiv (im Sinne eines schädlichen technischen Effekts) auf die Gesamtfunktion auswirken, wird nach Möglichkeiten ihrer funktionellen Verstärkung oder Unterdrückung gesucht.

Nach der Funktionsanalyse werden die herausgefundenen funktionstragenden Strukturbestandteile gemäß Zielgröße so dimensioniert und miteinander so gekoppelt, daß insgesamt ein optimaler Funktionswertfluß zustandekommt. Hierbei läßt sich eine Kernvariante abgrenzen, welche die wesentlichen neuen Kopplungen und neugestalteten Strukturbestandteile enthält. Die Erprobung der Funktionsfähigkeit der Kernvariante erfolgt an einem Versuchsmuster. Die Funktionstüchtigkeit im Gesamtzusammenhang der Basisvariante wird an einem Funktionsmuster erprobt.

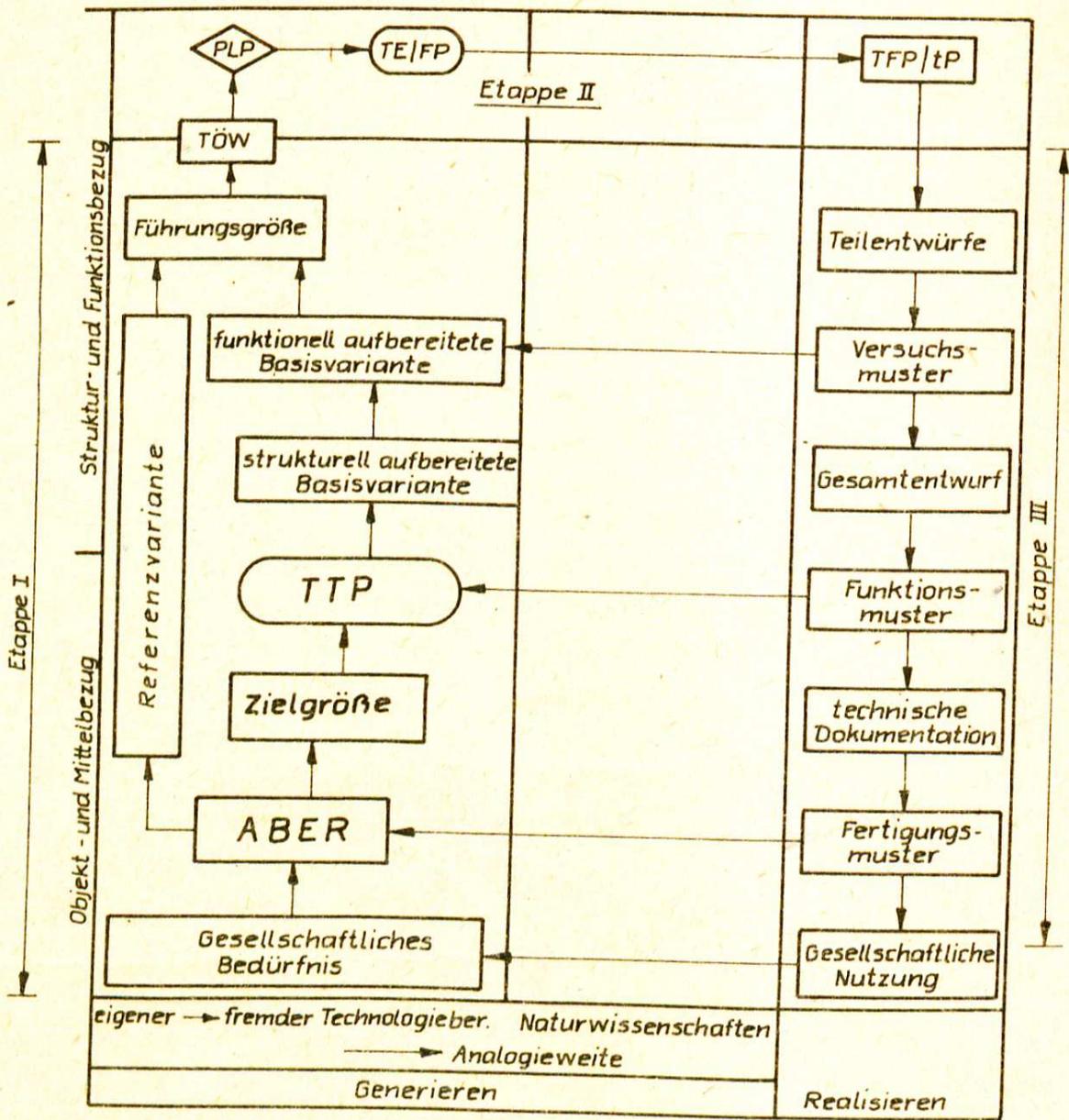


Abb. 14: Spezielles Wegmodell IV der Erfindungsmethode - Funktionsbezogene Weiterentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren

Altschuller 2a, S. 89, 135

Die Notwendigkeit des Erfindens ergibt sich, wenn sich bei der Funktionsanalyse und -optimierung, spätestens bei der Funktionserprobung, herausstellt, daß Grenzen der funktionellen Leistungsfähigkeit in der Grundstruktur der Basisvariante überschritten werden müssen. Dies kann sich z.B. in einer Verschlechterung des Wirkungsgrades und/oder einer Abnahme der Betriebssicherheit bemerkbar machen. Die funktionsmäßige Dimensionierung der gegebenen Strukturelemente ergibt keine akzeptable Gesamtlösung mehr; es liegt ein technisch-ökonomischer Widerspruch vor.

Das erfinderische Vorgehen ist in diesem Fall gekennzeichnet durch das Aufsuchen des kritischen, primär leistungsbegrenzenden Funktionsbereichs der Basisvariante, das Verlegen von Teil- oder Elementarfunktionen aus diesem Bereich auf andere, schon vorhandene Strukturbestandteile, Funktionsverschmelzung mittels Übertragung zweier Elementarfunktionen auf ein Strukturelement oder umgekehrt durch Auftrennen einer Teilfunktion in zwei strukturell getrennte Elementarfunktionen.

Bei dieser Suche nach Möglichkeiten zur Lösung des technisch-ökonomischen Widerspruchs (TÖW) kann man Altschullers Liste der Problemlösungsprinzipie (siehe Anlagenteil) benutzen. Diese gibt um so wirksamere heuristische Hilfe, je deutlicher und aussagekräftiger der technisch-ökonomische Widerspruch herausgearbeitet ist. Dabei helfen die Fragen und Hinweise in den Abschnitten 4 und 5 des Erfindungsprogramms.

Im Erfolgsfall entsteht auf diesem Wege eine erfinderische Kernvariante (Schlüsselvariante) mit bedeutend höherem Funktionswert im kritischen Funktionsbereich der Basisvariante, der in der Regel auf einem neu hinzugekommenen technischen Effekt und einem entsprechend veränderten Funktionsprinzip beruht. Dabei bleibt die Grundstruktur der Basisvariante im wesentlichen unverändert. Nur in dem von dem neuen Funktionsprinzip betroffenen Strukturbereich der Basisvariante werden das Verfahrens- und das Gebildefunktionsprinzip (Teilfunktionsprinzipie TP) entwickelt, zum technischen Prinzip (tP) der neuen Struktureinheit ausgestaltet und mit einem Versuchsmuster erprobt. Dadurch wird erreicht, daß die funktionelle Leistungsgrenze im kritischen Funktionsbereich angehoben und mit der so geschaffenen Schlüsselvariante eine Weiterentwicklung der Basisvariante durch optimale Auslegung und Dimensionierung wieder möglich ist.

Da dabei der prinzipielle "Bauplan" der Basisvariante im wesentlichen erhalten geblieben ist, ergeben sich aus solchen Erfindungen Lösungen mit relativ geringem funktionellen und technologischen Risiko, welche kurzfristig einen vergleichsweise hohen volkswirtschaftlichen Nutzen erbringen können.

Beispiel 7:

Vakuumschutz. Im VEB EAW Treptow wurde Ende der 60er Jahre - als das wegen seiner guten Kontakteigenschaften in Schaltgeräten angewandte Silber noch preisgünstig erhältlich war - für die 90er Jahre eine Verknappung und Verteuerung dieses Edelmetalls vorausgesagt, welche bekanntlich schon eingetreten ist. Nun begann man mit Untersuchungen, ob auf Silber verzichtet werden kann, wenn die oxydierende Luft von der Kontaktstelle ferngehalten wird, was zum Vermindern des Kontaktübergangswiderstands zweckmäßig ist.

Folgerung: Durch Eliminierung der Luft kann sich keine störende Oxydschicht auf den Kontakten bilden. Damit ist der schädliche technische Effekt beseitigt und damit dem Auftreten eines technisch-ökonomischen Widerspruchs vorgebeut. Es entstanden die Erfindungen, welche der heutigen Vakuumschutzreihe zugrunde liegen.

Beispiel 8:

Zum Kühlen von Bonbons in Fertigungslinien wurden konventionell kaltluftdurchströmte Drahtgeflechtbänder verwendet, welche drei wesentliche Mängel aufwiesen. Erstens kühlten die auf dem Band liegenden Bonbons auf der Luvseite zu schnell ab, so daß es zu Spannungsrissen kam, was zum Füllungsaustritt mit Verkleben des Bandes führen konnte. Zweitens wurden die auf dem Band liegenden Bonbons dadurch unansehnlich, daß sich die Bandstruktur einprägte. Drittens zogen sich die Bänder unter Wirkung der Kaltluft so stark zusammen, daß die Ränder zerstört wurden. Alle drei Mängel wurden durch die Erfindung der Bonbonkühlbahn nach WP 37916 (Benutzung kaltluftdurchströmter Schwingsiebe zum Vibrationsfördern bei gleichzeitigem Umdrehen der Bonbons und damit Vermeiden des Reißens und Anklebens) behoben. Die Kenntnis der aus einem fremden technischen Gebiet stammenden Erfindung des Vibrationsförderns hatte die erfinderische Lösungsidee assoziiert.

3.5. Das Erfinden in der funktionsbezogenen Neuentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren

Die Problemsituation wird wie folgt angenommen:

Gesellschaftliches Bedürfnis: Erhöhung von Gebrauchswertparametern über erreichte Leistungsgrenzen hinaus oder Schaffung neuer Gebrauchseigenschaften, häufig unter veränderten Betriebs- bzw. Anwendungsbedingungen.

Die ABER:

A: Erhöhung spezieller Leistungsparameter des Erzeugnisses bzw. Verfahrens über eine bisher nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand erreichbare Grenze hinaus oder Schaffung neuer Funktionen bzw. neuartiger Funktionseigenschaften.

B: Technologische Bedingungen (Herstellung, Prüfung und Überwachung) sind noch nicht festgelegt, sie müssen mit dem neuen Erzeugnis bzw. Verfahren entwickelt werden.
Bedingungen des Transports, der Montage und des Betriebs bzw. der Anwendung am Einsatzort sind in Bezug auf die zur Verfügung stehenden Mittel im wesentlichen vorgegeben; sie lassen sich begrenzt in die Entwicklung des neuen Erzeugnisses bzw. Verfahrens mit einbeziehen.

Störende Umwelt- bzw. Umgebungseinflüsse sind größer und/oder zulässige Grenzwerte von Störungen der Umwelt bzw. Umgebung niedriger geworden.

E: Entscheidende Verbesserung bisher unterentwickelter Gebrauchseigenschaften (z.B. Komfort der Bedienung, Instandhaltung, Überwachung und Steuerung).

R: Siehe 3.4

Zur Zielgröße: Der Aspekt der Zweckmäßigkeit (grenzwertüberschreitender Leistungsparameter oder neue Gebrauchseigenschaft) ist zielbestimmend. Er steht beim Stand der Technik im Konflikt mit den Aspekten der Wirtschaftlichkeit und der Beherrschbarkeit. Der Aspekt der Brauchbarkeit ist zunächst, für sich allein, noch nicht zielbestimmend. Er ist in der Ausprägung der Zweckmäßigkeit mit enthalten (z.B. in den neuen Anwendungsbedingungen, unter denen die Zweckmäßigkeit zur Geltung gebracht werden muß.)

Vorhandene bzw. zu erarbeitende Informationen:

Siehe 3.4. Zusätzlich:

- Ergebnisse von Berechnungen zur optimalen Dimensionierung und Gestaltung einer Basisvariante mit dem Nachweis von Grenzen der funktionellen Leistungsfähigkeit.
- Ergebnisse von Funktionserprobungen mit dem Nachweis ungenügender Funktionstüchtigkeit einer Kernvariante.
- maßgebender technisch-ökonomischer Widerspruch, der zu überwinden ist.

Das heuristische Vorgehen ist generell erfinderisch: es ist im Abschnitt 2.4 ausführlich beschrieben.

Die im Erfindungsprogramm (siehe Anlage 1) enthaltenen Fragen und Hinweise dienen der Kennzeichnung der beim Voranschreiten auf dem erfinderischen Wege erreichten Positionen und der vorwärtsweisenden Neuorientierung auf das angestrebte Ziel im noch unerschlossenen technischen Neuland. Diese Fragen sollen dann und so gestellt werden, daß ihre Beantwortung die Weg- und Zielinformationen verschafft, welche benötigt werden, wenn eine Entscheidung über den weiter einzuschlagenden Weg zu treffen ist.

Solche Orientierungs- und Entscheidungshilfen sind beim erfinderischen Vorgehen notwendig. Einen von vornherein markierten Weg zum Ziel kann es nicht geben. Daher ist der Irrtum auch kein verdammenswürdiges Übel. Es kommt nur darauf an, den Irrtum rechtzeitig zu erkennen und diesen Erkenntnisgewinn in die Planung des weiteren Vorgehens einzubeziehen. Auch hierauf zielen die Fragen im Erfindungsprogramm ab. Das allgemeine Wegmodell in Abschnitt 2.4. trägt mit seiner Schleifenstruktur ebenfalls dem rechtzeitigen Erkennen von Irrtümern und der bewußten Nutzung der dabei gewonnenen Erkenntnisse Rechnung.

Das erfinderische Vorgehen läßt sich zusammenfassend wie folgt darstellen (siehe Abb. 15):

Ausgehend von dem bei der Weiterentwicklung der Basisvariante hervortretenden technisch-ökonomischen Widerspruch (TÖW) wird zunächst der schädliche technische Effekt (STE) gesucht und "aufgedeckt", der die Entwicklungsfähigkeit der Basisvariante maßgeblich beeinträchtigt. Der kritische Funktionsbereich wird in der Struktur der Basisvariante entsprechend eingegrenzt und durch die „aber“ charakterisiert. Durch (gedankliche) Veränderungen bzw. Eliminierung von konstruktions- und naturgesetzlich gegebenen Bedingungen und Einflußfaktoren wird im kritischen Funktionsbereich ein IDEAL für eine Schlüsselvariante entworfen, welches den schäd-

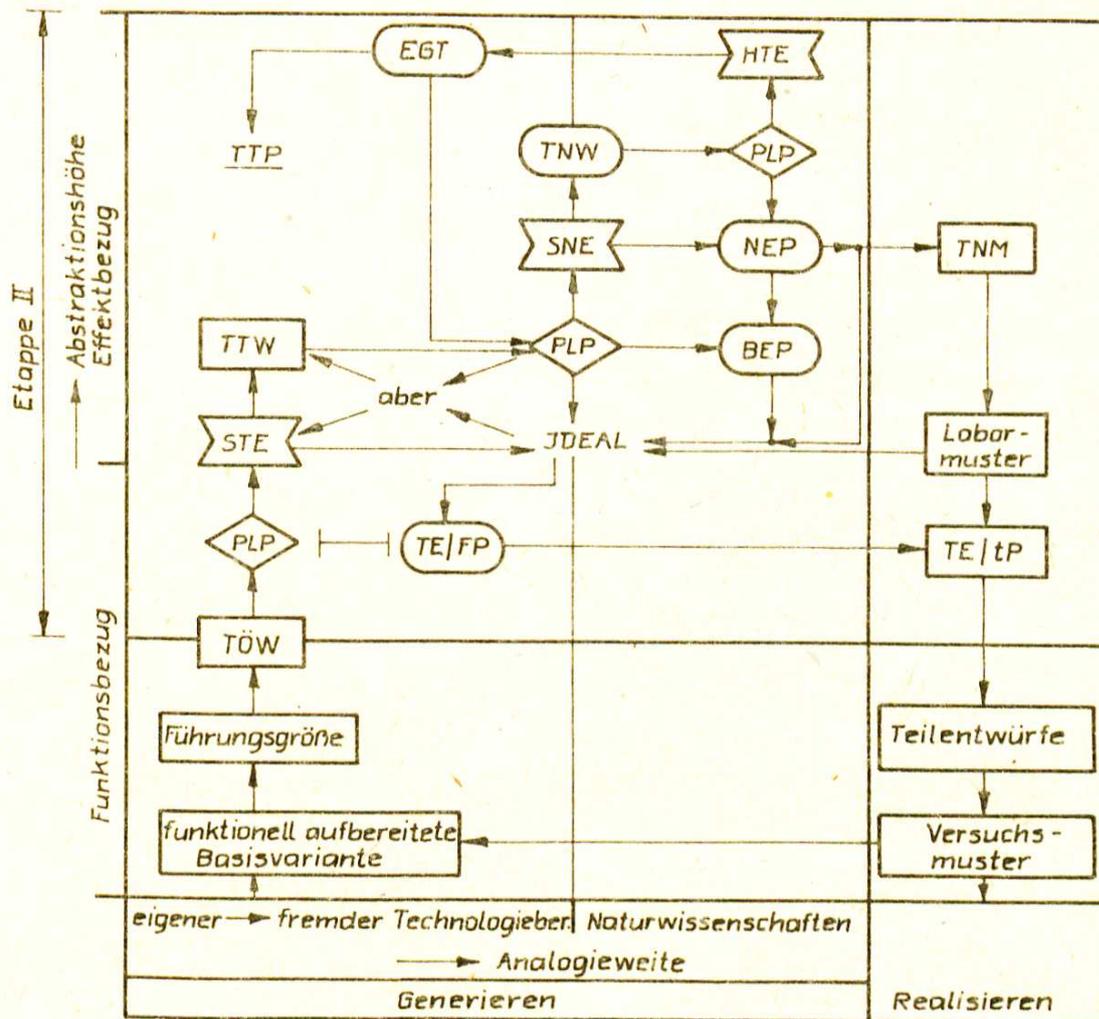


Abb. 15: Wegmodell V der Erfindungsmethode - funktionsbezogene Neuentwicklung von Erzeugnissen und Verfahren

lichen technischen Effekt zum Verschwinden bringt, falls es realisierbar ist. Für diesen IDEAL-Ansatz werden prinzipielle Realisierungsmöglichkeiten gesucht. Daraus geht entweder der Ansatz zu einer raffiniert einfachen Lösung (REL) oder der technisch-technologische Widerspruch (TTW) hervor.

Zur Lösung des technisch-technologischen Widerspruchs wird auf der Grundlage von allgemeinen Problemlösungsprinzipien (PLP) in entfernteren Technikbereichen und in der Natur gezielt nach anwendbaren technischen bzw. bionischen Effekten (TE bzw. BEP) und Funktionsprinzipien gesucht. Ergeben sich hierbei prinzipiell funktionsträchtige Lösungsansätze, werden diese auf Realisier-

barkeit überprüft.

Hieraus geht entweder ein neues Funktionsprinzip (FP) für die Schlüsselvariante oder ein technisch-naturgesetzmäßiger Widerspruch (TNW) hervor. Das neue Funktionsprinzip wird zum Verfahrens- und Gebildefunktionsprinzip weiterentwickelt, bis zum neuen technischen Prinzip für die Schlüsselvariante ausgestaltet und schließlich im Versuchsmuster auf Funktionsfähigkeit überprüft.

Andernfalls wird der schädliche naturgesetzmäßige Effekt (SNE) bestimmt, welcher dem technisch-naturgesetzmäßigen Widerspruch zugrundeliegt. Zur Lösung dieses Widerspruchs werden wieder die Listen der allgemeinen Problemlösungsprinzipie herangezogen, um in den Naturwissenschaften gezielt nach geeigneten naturgesetzmäßigen Effekten und Wirkprinzipien (NEP) zu suchen. Werden dabei brauchbar erscheinende Lösungsansätze gefunden, so wird untersucht, ob sie geeignet sind, eine technische Lösung für die Schlüsselvariante zu realisieren, die im Ansatz dem IDEAL entspricht. Ist dies der Fall, so wird auf der Grundlage des neuen Wirkprinzips ein neues Funktionsprinzip geschaffen, entsprechend der Zielgröße entwickelt, ausgestaltet und erprobt. Wird dagegen auch bei mehrmaligen Durchläufen der Schleife zwischen technologischem und technisch-naturgesetzmäßigem Widerspruch keine Widerspruchslösung gefunden, so wird der hemmende Traditionseffekt (HTE) bestimmt, welcher der Neuentwicklung der Basisvariante entscheidend im Wege steht. Hierzu wird die historische Entwicklung und der dabei erreichte Entwicklungsstand der Basisvariante mit den allgemeinen Entwicklungsgesetzmäßigkeiten der Technik konfrontiert. Daraus werden notwendige Veränderungen eines tragenden Funktions- oder eines grundlegenden technisch-technologischen Prinzips abgeleitet. Die konstruktiv und technologisch begründeten technischen Anforderungen und Restriktionen, welche auf die Basisvariante bezogen sind und der Realisierung des veränderten Prinzips im Wege stehen, werden in Frage gestellt. Damit wird ein neuer Einstieg in das Wegmodell gefunden.

Das Spektrum der nach dem Wegmodell notwendigen Erfindungen reicht von der Erfindung für ein neues Funktionsprinzip der Schlüsselvariante, (die Bestandteil einer konventionellen Basisvariante ist) bis hin zu der strukturell wie funktionell neuartigen Substitution der Basisvariante selbst auf der Grundlage eines völlig neuen technisch-technologischen Prinzips. Das Spektrum der möglichen Erfindungen ist noch größer. Es erstreckt sich bis

in das Vorfeld des technisch-ökonomischen Widerspruchs.

Um die richtige Stelle in diesem Spektrum zu finden, muß sich das zielstrebige erfinderische Vorgehen stets an einer sorgfältig herausgearbeiteten Zielgröße und ihrer absehbaren Entwicklung orientieren. Es muß sich dabei von dem Ingenieurprinzip leiten lassen: Genauso, wie nötig, und so einfach, wie möglich.

Beispiel 9:

Beim Beutelsammelpacker nach WP 84156 wurde als IDEAL definiert: "Die Beutel nehmen durch freien Fall von selbst die gewünschte Lage in der Versandschachtel ein." Die vom Erfinderkollektiv vorgenommenen Analysen sowie die ersten Orientierungsversuche ergaben zwei wesentliche naturgesetzmäßige Restriktionen:

Erstens: Wird die Abwurfkammer unten von einer wegschwenkbaren Klappe begrenzt, so besteht die Gefahr, daß der abzuwerfende Beutel bei geneigter Klappe von dieser abkippt, sich überschlägt und unpositioniert in die unter der Abwurfkammer angeordnete Versandschachtel fällt.

Zweitens: Begrenzt ein waagerechter Schieber die Abwurfkammer nach unten, so wird beim Wegziehen des Schiebers der Beutel ebenfalls abkippen, wenn sein Schwerpunkt über die Schieberkante gelangt. Beides ist unzulässig.

Der Widerspruch konnte formuliert werden: "Freier Fall muß sein  darf aber nicht zum Verkanten führen".

Nach den erfinderischen Lösungsprinzipien "Schädigung überspringen" und "Schneller Durchgang" (siehe Anlagenteil) konnte der Widerspruch gelöst werden. Die Klappe muß so schnell aus dem Fallbereich weggeschwenkt werden, daß die Vertikalkomponente der Klappenbeschleunigung größer als die Erdbeschleunigung ist. Der Beutel kann dadurch nicht mehr der Klappe folgen und somit auch nicht von ihr beeinflusst werden. Wenn der Beutelsammelpacker genau in Waage aufgestellt wird, fällt der Beutel wie erforderlich exakt positioniert flach in die Versandschachtel. Als know-how wurde diese Finesse bewußt nicht in die Patentschrift aufgenommen.

Fazit: Es wurde ein neues Funktionsprinzip gefunden, das dem IDEAL entspricht; dazu wurde als technischer Effekt die Massenträgheit in Verbindung mit der Gravitation bewußt genutzt und dadurch eine raffiniert einfache Lösung (REL) realisiert.

Handwritten: Henschel ?

Das WP 84156 sieht im Detail für die Verteilung der Beutel in zwei nebeneinander liegenden Abwurfkammern eine übliche, hin- und herschwingende Weichenfahne vor, welche zunächst auch bei der Funktionserprobung im Versuchsmuster funktionierte. Bei der Dauererprobung im vollständigen Funktionsmuster offenbarten sich mehrere wesentliche Nachteile:

- Die mit 80-90 Takten/min schlagende Weichenfahne führte zur Lärmbelastigung und zur Vibration der im Blechleichtbau ausgeführten Maschine.
- der notwendige Spalt zwischen beweglicher Weichenfahne und feststehendem Rutschenboden brachte die Gefahr, daß die Flossen der Schlauchbeutel in diesen eindringen und damit die Beutel verkanten.

Zur Behebung dieser Mängel mußte aus der Realisierungsphase in die Analyse- und Generierungsphase zurückgekehrt werden. Dabei ergab sich folgender TTW:

Weiche muß sein, da die Beutel auf zwei Abwurfkammern zu verteilen sind  Weichenfahne darf nicht sein, da sie wesentliche Nachteile besitzt.

Nach dem später noch genauer zu erläutern "Scheidungsprinzip" wurde der TTW gemäß WP 88057 gelöst, indem die Kipprinnenweiche erfunden wurde. Bei dieser REL nehmen die mittig aufgegebenen Beutel durch die Hangabtriebskraft "von selbst" bei geringfügig wechselnder Kippung der Rinne ihren Weg abwechselnd zum linken und zum rechten Randbort und gelangen von dort in die linke bzw. rechte Abwurfkammer.

Beispiel 10:

Zum Trocknen porenloser, hygroskopischer Güter, wie Plaste, Gelatine, Dragees, Teigwaren, versagt sowohl die Warmluft- als auch die Vakuumtrocknung, weil sich eine oberflächlich trockene Kruste bildet und die Feuchtefront sich ins Gutinnere zurückzieht.

Der TNW:

Wärme muß von außen zugeführt werden, weil induktive oder HF-Erwärmung nicht möglich, aber Verdunstungsenergie erforderlich ist;



Wärme darf nicht von außen zugeführt werden, weil sich sonst eine Kruste bildet und Feuchteflucht ins Gutinnere eintritt;

Handwritten notes at the bottom of the page:
Ja - y d n
A-Tabille
Kant halt

konnte durch Aufdeckung der in der Physik nicht unbekanntem Thermomodiffusion in Festkörpern gemäß WP 133 019 nach "Reißverschlußprinzip", also durch räumliche und/oder zeitliche Trennung der Widerspruchspartner erfinderisch gelöst werden. Das Trockengut wird kurzzeitig von außen erwärmt und dann langsam mit trockener Kaltluft durchspült, so daß sich ein Temperaturgradient vom warmen Gutinneren zur kalten Oberfläche einstellt und mit dem nach außen gerichteten Wärmestrom auch die Feuchte an die Oberfläche gelangt, wo sie dort verdunstet.

In der Realisierungsphase (Funktionserprobung) entstand eine weitere erfinderische Lösung zur besseren konstruktiven Ausgestaltung des Trockners und keilförmigen Drageeschüttung:

Durch bewußtes Weglassen des sonst üblichen Luftleitblechsystems entsteht unter dem Lochblech eine in Strömungsrichtung zunehmende statische Druckbeaufschlagung. Da die Schüttpyramide der Dragees ebenfalls, allerdings durch Schrägstellung des Trockners veränderbar, beibehalten wird, erfolgt die erfinderisch konzipierte Homogenisierung des Luftstromes durch die Dragees selbst.

Eine weitere strukturelle Ausgestaltung der erfinderischen Lösung wurde erzielt durch bewußtes Einbringen besonders stark hygroskopischer Stoffe (z.B. stark verzuckerter Stärkesirup) in die feuchten Drageedecken. Es erfolgt eine "interne Trocknung" indem der bei Raumklima gültige hygroskopische Punkt (Gleichgewichtsfeuchte) erhöht wird. Es kann folglich beim Fertigerzeugnis mehr Wasser ohne Glanzminderung bleibend gebunden und damit auch verkauft werden, was sowohl zur Kosten- als auch zur erwünschten Kalorienreduzierung der Dragees führt.

Beispiel 11:

Zum pneumatischen Fördern von Dragees darf eine maximale Geschwindigkeit von 15 m/s nicht überschritten werden, weil es sonst zur Zerstörung des bruchempfindlichen Gutes kommt. Bekannte Saug- und Druckluftförderer können nicht eingesetzt werden, weil sie das Fördergut bis 40 m/s beschleunigen. Durch die rotations-symmetrische Form der Dragees ist eine Losreißgeschwindigkeit von mindestens 12 m/s erforderlich, so daß die Fördergeschwindigkeit 12 - 15 m/s betragen muß. Die Erfindung nach WP 133 019 gelangt mit dem Reißverschlußprinzip, indem durch impulsartiges Zuführen von Druckluft (Injektor) ein Beschleunigen des Fördergutes auf maximal 15 m/s erfolgt; danach geschieht Abbremsung durch die

Wandreibung "von selbst".

Kurz vor Erreichen der Mindestgeschwindigkeit von 12 m/s erfolgt erneute impulsartige Druckluftzuführung u.s.w. Durch dieses erfinderische Pneumoinjektionsfördern können alle empfindlichen Dragees ohne Gutschädigung pneumatisch gefördert werden.

Beispiel 12: (Anwendung bionischer Effekte und Funktionsprinzipie zur Lösung technischer Widersprüche)

Bekanntlich kann der Delphin bis zu 70 km/h schwimmen. Neben seiner Körperform ist das vor allem seiner speziellen Hautausbildung mit untereinander verbundenen, flüssigkeitsgefüllten Kammern zu verdanken. Dadurch entstehen fast keine Antriebsenergie verzehrenden Wirbel des Wassers. Durch dieses BIP wurden solche wesentlichen Erfindungen wie der Bugwulst bei Schiffen (Formanalogie), die "Delphinhaut" für U-Boote (Funktionsanalogie) und in neuerer Zeit die schwingungsdämpfende Matte für Waagen für Lebewild oder zum Transport für Verletzte durch das Erfinderkollektiv CHRISTMANN/BUSCH u.a. nach WP 244 424 angeregt.

Der TTW besteht im ersten Fall der Funktionsanalogie darin, daß die Schiffswand festigkeitsbedingt aus Stahlblech ausgeführt sein muß. Dadurch entstehen aber Wirbel. Durch das Lösungsprinzip "Funktionsteilung" wird der TTW gelöst. Auf die U-Bootwand wird eine mit flüssigkeitsgefüllten, verbundenen Kammern gebildete Kunststoffmatte aufgeklebt. Der Strömungswiderstand durch Wirbelbildung wird erheblich gesenkt, so daß U-Boote heute ebenfalls 70 km/h erreichen.

Im anderen Fall bestand der TTW darin, daß z.B. beim Wiegen eines Schweines Störungen dadurch auftraten, daß das Tier auf der Waage nicht stillsteht.

Genaueres Wägen verlangt
statische Belastung



Lebewild bleibt
nicht still stehen

Nach der zuletzt genannten Erfindung wird ein endloser, wassergefüllter Schlauch mäanderförmig geflochten so zwischen zwei Elastplatten eingesiedelt, daß das Trampeln der Tiere auf der Waage soweit gedämpft wird, daß das Lebendgewicht ohne Störungen ermittelt werden kann.

Kommen wir auf den Delphin und die Formanalogie des Bugwulstes zurück:

Jahrhundertlang galt das Dogma, ein Schiff müsse das Wasser zerschneiden. Schiffe wurden daher mit messerförmigem Bug gebaut. Niemandem fiel auf, daß einer der besten Schwimmer, nämlich der Delphin, mit seiner plumpen, nicht messerförmigen Schnauze Nachteile haben müßte. Aber dann hatte ihn die größte Erfinderin, die Natur, im Selektionsprozeß doch anders gestaltet. Durch Erfindung des der Delphinschnauze analogen Bugwulstes konnte tatsächlich der Strömungswiderstand und damit auch der Kraftstoffverbrauch der Schiffe um etwa 15 % gesenkt werden.

Beispiel 13: (Anwendung naturgesetzmäßiger Effekte und Wirkprinzipien zur Lösung technischer Widersprüche)

Der Effekt wurde von THIESSEN und Mitarbeitern erforscht. Beim kurzzeitigen mechanischen Belasten kristalliner Stoffe mit einer Intensität von 90-100 % der zulässigen Bruchfestigkeit erfolgt eine starke Deformation des Kristallgefüges mit Anreißen oder sogar Abriß einzelner Partikel. Dabei entsteht in wenigen millionstel Sekunden ein Plasmazustand, welcher auf den Teil- oder Vollbruchstellen eine nur wenige Å dicke amorphe Schicht mit völlig anderen Eigenschaften als der ausgeheilten Kristalloberfläche schafft. In den nächsten Minuten, ehe, durch die Brown'sche Molekularbewegung ermöglicht, die Moleküle der amorphen Schicht wieder in das stabile Kristallgitter zurückfinden, sind daher Reaktionen möglich, zu denen die ausgeheilte Kristalloberfläche nicht oder nur in sehr langer Zeit fähig ist. Dieser "Katalysatoreffekt" wird heute in unterschiedlichen Industriezweigen erfinderisch genutzt:

- In der Landwirtschaft wird Tribophos, also mechanisch aktivierter Phosphatdünger, gern verwendet, weil er von den Pflanzen fast völlig genutzt wird. Es braucht gegenüber unbehandeltem Phosphatdünger wesentlich weniger Dünger auf die Felder ausgebracht zu werden, woraus sowohl Kostensenkung durch Einsparung von Dünger und Kraftstoff als auch geringere Grundwasserbelastung durch weniger Abwanderung von nicht genutzten Düngermengen resultieren.
- In der Süßwarenindustrie wurde die mechanische Aktivierung von ROTH zum Herstellen verklumpungsfreien Puderzuckers genutzt. Die amorphen Saccharoseflächen haben gegenüber ausgebildeten Kristalloberflächen eine hundertfache Affinität zu Wasserdampf. Sie würden beim Ausheilen in der Verpackung erst Wasserdampf ab-

geben, welcher die Puderzuckerpartikel an den Spitzen löst und erst langsam durch Diffusion durch die Wandung an die trockene Raumluft übergeht, wobei aber die Puderzuckerpartikel zusammengeklumpt zurückbleiben. Nach dem Zerkleinern erfolgt daher erfindungsgemäß kein sofortiges Verpacken in Säcke/Tüten, sondern ein Ausheilen der amorphen Schichten in Wirbelschicht- oder Stromtrockner über mehrere Minuten.

- Auch in der Energiewirtschaft kann durch bewußte Ausnutzung des Effektes "mechanische Aktivierung" ein Vorteil beim Anpassen des Kalkstein-Additiv-Verfahrens zum Rauchgasentschwefeln an kleine Dampfkessel erfolgen. Das normale Verfahren sieht vor, daß Kalksteinmehl zusammen mit Kohlestaub verbrannt wird, wodurch der Schwefel der Kohle mit dem Kalkstein in einer exothermen Reaktion zu Gips reagiert und damit die gipshaltige Asche ein gutes Auflockerungsmittel für schwere Böden der Landwirtschaft wird. Durch weitgehendes Entfernen des Schwefels kann die Wärme des Rauchgases ohne Gefahr der Bildung von Schwefel- bzw. schwefliger Säure z.B. zur Kesselwasservorwärmung genutzt werden.

Die Reaktion des Schwefels mit dem Kalkstein dauert aber über zehn Sekunden, so daß die Wirksamkeit des KAV bei kleinen Dampferzeugern bis 12 t Dampf/h nicht eintritt. Wird aber Kalkstein zusammen mit der Kohle vermahlen, verläuft die Reaktion durch die mechanische Aktivierung wesentlich beschleunigt. Das modifizierte KAV wird wirksam.

Beispiel 14: (Anwendung eines technisch-technologischen Prinzips zur Überwindung eines hemmenden Traditionseffekts)

Zur KDT-Erfinderschule Erfurt 3 wurde durch das Kollektiv SPIERLING ein neuer Schnelldrucker konzipiert, welcher den bewährten Nadeldrucker eventuell zukünftig ablösen soll. Um eine neue, weit höhere Schnelligkeitsklasse ohne Qualitätsminderung im Schriftbild erreichen zu können, erfolgte in Übereinstimmung mit den Entwicklungsgesetzmäßigkeiten technischer Systeme ein gedanklicher Übergang von mechanischen auf zumindest teilweise fluide Strukturen.

3.6. Ausführliches Beispiel für das Erfinden in der funktionsbezogenen Neuentwicklung von Erzeugnissen (in Anlehnung an die Abschnitte 2.4 und 3.5)

Für eine Hochleistungswalzstraße sei ein Elektromotor mit entscheidend höheren Leistungsparametern zu entwickeln. Selbst bei wiederholter Auslegung, Dimensionierung und anschließender Rechnersimulation stellt sich immer wieder heraus, daß der Motor unter den vorgegebenen ABER des Walzprozesses und der Walzstraße zu warm wird. Es wird festgestellt, daß das Kühlsystem in allen auf dem Stand der Technik bekannten Ausführungsformen eine den ABER gemäße Auslegung des Motors, d.h. eine akzeptable Basisvariante, nicht zuläßt. Davon ausgehend ist zunächst eine grobe funktionelle Eingrenzung desjenigen Bereichs der Systemstruktur vorgenommen worden, der im Grunde das unbefriedigende Entwicklungsverhalten des technischen Systems verschuldet und deshalb als kritischer Funktionsbereich (Entwicklungsschwachstelle, schwächstes Kettenglied) bezeichnet wird. Das entwicklungs-hemmend wirkende Verhalten des kritischen Teilsystems wird als schädlicher technischer Effekt (STE) bezeichnet. Das ist die Art und Weise, in der durch ungenügende Funktionserfüllung dieses Teilsystems ein technisch-ökonomischer Widerspruch (TÖK) kritisch wird. Auf die für das jeweilige technisch-ökonomische Problem zutreffende Definition dieses unerwünschten Effekts kommt es deshalb bei der Suche nach der Entwicklungsschwachstelle ganz besonders an. Der STE besteht im gegebenen Beispiel in einer zu hohen Erwärmung der Motorwicklung unter den Bedingungen des Walzstraßenbetriebes, die eine beschleunigte Alterung der Wicklungsisolierung und damit einen vorzeitigen Ausfall des Motors durch Isolationsschaden zur Folge hat.

Der kritische technisch-ökonomische Widerspruch kann hier wie folgt gekennzeichnet werden: Eine Auslegung und Bemessung des Motors für die geforderten höheren Leistungsparameter ruft eine unzulässige Verringerung der Lebensdauer hervor; andererseits führt eine Auslegung und Bemessung für die erforderliche Lebensdauer zu einer unzulässigen Unterschreitung der geforderten Leistungsparameter. Eine befriedigende technisch-ökonomische Gesamtlösung in Bezug auf die Walzstraße ist damit nicht mehr möglich. Es ist nur noch eine unterhalb des wirtschaftlich Zulässigen liegende Kompromißlösung "machbar". Diese könnte z. B. darauf hinauslaufen,

daß die verminderte Lebensdauer in Kauf genommen und dem erhöhten Betriebsrisiko durch eine generelle Auswechslung der Motoren im Rahmen von Generalreparaturen vorgebeugt wird.

3.6.1. Der kritische Funktionsbereich und die „aber“

Die Überwindung des kritischen technisch-ökonomischen Widerspruchs setzt die Beseitigung des unerwünschten Effekts voraus. Aber der Wunsch führt - zunächst - zum technisch-technologischen Widerspruch (TTW) und fordert ein erfinderisches Herangehen heraus. Technisch-technologische Widersprüche entstehen dadurch, daß für die notwendige Verbesserung der Funktionserfüllung der Basisvariante in ihrem kritischen Funktionsbereich die Variation eines maßgeblichen technisch-technologischen Effektivitätsparameters in einer durch die „aber“ des technischen Systems bestimmten Weise erforderlich ist, andererseits aber eben diese Variation verboten ist, weil damit - strukturbedingt - mindestens ein anderer maßgebender technisch-technologischer Effektivitätsparameter unzulässig beeinträchtigt wird. Der Grund hierfür ist, daß beide Effektivitätsparameter von einem oder auch mehreren technischen Strukturparametern in entgegengesetzter Weise abhängen; das bedeutet, daß ein- und dieselbe Variation eines dieser Strukturparameter die Vergrößerung des einen und zugleich die Verringerung des anderen Effektivitätsparameters hervorruft.

Im vorliegenden Fall kann der für die Funktionserfüllung entscheidende Effektivitätsparameter des Kühlsystems die axiale Temperaturverteilung in der Wicklung sowie die zeitliche und räumliche Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums im sogenannten Luftspalt zwischen Läufer und Ständer des Motors sein. Um diese Parameter insgesamt zu verbessern, müßte der Luftspalt in seiner axialen Länge verkürzt und in seiner radialen Breite vergrößert werden. Diese Variation der Luftspaltgeometrie kennzeichnenden technischen Strukturparameters führt aber zwangsläufig zur Verschlechterung eines funktionsentscheidenden technisch-technologischen Effektivitätsparameters, nämlich der Verteilung der magnetischen Induktion im Luftspalt und der Verteilung von Wirk- und Blindanteil im Belastungsstrom des Motors. Das wirkt sich in einer bedeutenden Verminderung seiner Leistungsparameter, wie Anlaufdrehmoment, Leistungsfaktor und Wirkungsgrad, aus und führt darüber hinaus wegen des erhöhten Blindstrombedarfs zu einer zusätzlichen Wärmebelastung der Motorwicklung.

3.6.2. Der schädliche technische Effekt und das IDEAL

Das ideale Kühlsystem, welches sich dadurch auszeichnet, daß es den unerwünschten Effekt nicht mehr zeigt, müßte also eine günstige Temperatur- und Strömungsverteilung aufweisen, ohne daß dadurch die technische Effektivität des Magnetsystems ungünstig beeinflusst wird. Ausgehend von einer solchen Idealvorstellung werden neue Lösungsansätze gesucht, ausgestaltet und an den aber des technischen Systems auf Realisierbarkeit überprüft. Dabei kann sich schließlich eine Lösung als realisierbar erweisen, die dem IDEAL des Kühlsystems sehr nahe kommt und z.B. darin bestehen könnte, daß das Kühlmittel durch Kühlkanäle innerhalb der Nutisolierung direkt in die Ständerwicklung eingeführt wird. Damit erfolgt der Wärmetransport nur noch innerhalb der Wicklung und nicht mehr im Magnetsystem, so daß Kühl- und Magnetsystem weitgehend unabhängig voneinander ausgelegt und bemessen werden können (Prinzip der Trennung der Widerspruchparameter).

3.6.3. Der technisch-technologische Widerspruch und Anforderungen an das neue Funktionsprinzip der Kernvariante

Stellt sich aber bei genauer Untersuchung heraus, daß eine solche technisch-konstruktive Lösung nicht realisierbar ist, so wird der kritische technisch-technologische Widerspruch identifiziert, in dem sich die Unerreichbarkeit des Ideals ausdrückt. Der TTW könnte im vorliegenden Fall z.B. darin bestehen: Für eine ausreichende Geschwindigkeit des Kühlmitteldurchsatzes durch die Wicklung muß der Querschnitt der Kühlkanäle so groß werden, daß ein wesentlicher technisch-technologischer Effektivitätsparameter des Wicklungssystems, der sogenannte Wickelfüllfaktor - ein Maß für die Verteilung von Isolier- und Leiterwerkstoff in der Nut - unzulässig vermindert wird. Das hierfür maßgebliche Strukturelement ist der Kühlkanal; er wird deshalb als die kritische Wirkstelle bezeichnet. Die für seine unzureichende Wirksamkeit maßgebende Naturgesetzmäßigkeit ist die Newtonsche Flüssigkeitsreibung, die den zu hohen Strömungswiderstand hervorruft. Sie wird als schädlich wirkende Naturgesetzmäßigkeit (SNE) bezeichnet. Die Frage nach der alternativen Naturgesetzmäßigkeit im Sinne des idealen Kühlsystems läuft nun auf ein Kühlmedium hinaus, in dessen Wirkung die schädliche Naturgesetzmäßigkeit nicht oder nur in vernachlässigbarem Maße in Erscheinung tritt.

3.6.4. Der technisch-naturgesetzmäßige Widerspruch und das neue Wirkprinzip für die Kernvariante

Es ist also ein reibungsfreies Medium zu finden. Das gibt es nicht. Oder es ist ein Medium zu finden, dessen Kühlwirkung nicht auf Konvektionsströmung allein beruht. Denkbar wäre ein Medium, das bei der Betriebstemperatur des Motors verdampft, also der Ersatz der reinen Konvektionskühlung durch die Verdampfungskühlung. Aus dieser Idee wird eine technisch-naturwissenschaftliche Modellvorstellung (TNM) entwickelt und aus dieser ein Modell entworfen, welches aus den Komponenten "Verdampfungsraum", "Kondensationsraum" und "Rückführungsleitung für das Kondensat in den Verdampfungsraum" besteht. Das Modell enthält darüber hinaus Hinweise auf die ungefähre Lage dieser Komponenten in Bezug auf den Motor und seine Teilsysteme. Im Sinne des idealen Kühlsystems wird nach weiteren nutzbaren, im Motor bereits wirkenden Naturgesetzmäßigkeiten gesucht. Dabei kann man z.B. auf die Idee kommen, das in dem rotierenden Läufer angelegte Fliehkraftfeld zum Umpumpen des Kondensats zu nutzen. Das technisch-naturwissenschaftliche Modell wird dadurch im Sinne einer günstigen Gestaltung der aber weiter ausgebaut. Eine Hohlwelle und die Zuführung des Kondensats vom freien Wellenstumpf her in die Hohlwelle, von da durch Radialbohrungen des Läufers in den Luftspalt als Verdampfungsraum und von da an das "kalte" Lagerschild als Kondensationsfläche zurück in die Kondensatleitung ergäbe dann den technischen Effekt (TE) und ein denkbares, technisch ausgebildetes Modell für ein brauchbares Funktionsprinzip (FP).

Dieses ist hinsichtlich der getroffenen Annahmen und Hypothesen über die Wirkung der in Betracht gezogenen Naturgesetzmäßigkeiten auf Übereinstimmung mit der Realität zu überprüfen. Sollte sich bei der theoretischen und/oder experimentell durchgeführten Prüfung herausstellen, daß die getroffenen Annahmen den vorliegenden aber nicht entsprechen, so sind die betreffenden Randbedingungen entsprechend zu ändern. Falls dies auf einen kritischen technisch-technologischen Widerspruch stößt, so ist der daraus hervorgehenden "neuen Lehre" folgend die Hypothese zu revidieren und ein mit der Realität besser übereinstimmender Modellansatz zu entwerfen. Wird schließlich Übereinstimmung aller Annahmen und Hypothesen mit der Realität festgestellt, so liegt ein funktionserfüllendes technisch-naturwissenschaftliches Modell vor, welches dem techni-

schen Ideal prinzipiell entspricht und damit den technisch-technologischen Widerspruch löst. (Raffiniert einfache Lösung: REL). Anderenfalls wird der kritische technisch-naturgesetzmäßige Widerspruch (TNW) bestimmt, der einer grundsätzlichen Eliminierung (Ausgrenzung) der schädlich wirkenden Naturgesetzmäßigkeiten entgegensteht.

3.6.5. Der hemmende Traditionseffekt und die Entwicklungsgesetze der Technik

Nun wird eine Suchfrage nach allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung in Natur und Technik erarbeitet. Durch Vergleich mit der historischen Entwicklung des technischen Systems werden entsprechende Gesetzmäßigkeiten der Lösung des technisch-naturgesetzmäßigen Widerspruchs zugrunde gelegt.

Im vorliegenden Falle kann ein kritischer technisch-naturgesetzmäßiger Widerspruch zunächst nicht festgestellt werden. Andernfalls bestünde die Lösungsstrategie analog zur Entwicklung hochleistungsfähiger Magnetsysteme - z.B. für Teilchenbeschleuniger - möglicherweise in dem Übergang zu supraleitfähigen Wicklungssystemen. Dieser Übergang würde völlig andere Wicklungs- und Magnetkreisstrukturen, einschließlich der Technologien für ihre Herstellung, hervorbringen. Man würde dann von einer neuen Generation von Elektromotoren sprechen.

3.6.6. Die Realisierung der erfinderischen Idee

Ist jedoch ein funktionserfüllendes technisch-naturwissenschaftliches Modell als Lösung des technisch-technologischen Widerspruchs erarbeitet worden, so wird dieses auf das technische System übertragen. Damit werden die strukturerneruernden Teilfunktionsprinzipie (TFP) - das Verfahrensfunktionsprinzip und das Gebilddefunktionsprinzip - sowie das technische Prinzip (tP) geschaffen.

Im vorliegenden Fall beinhaltet das neue Verfahrensfunktionsprinzip die Verdampfungskühlung als alternatives Kühlverfahren mit den Verfahrensschritten: Entzug von Wärme aus der Wicklung durch Verdampfen eines Kühlmediums an der Wicklungsoberfläche, Wärmetransport aus dem Aktivteil des Motors durch die Dampfströmung, Wärmeabgabe an eine Kühlfläche durch Kondensation des Dampfes, Rückführung des Kondensats an die Wicklungsoberfläche.

Das Funktionsprinzip enthält darüber hinaus die Mittel zur Erzeugung, Führung und Aufrechterhaltung der Kondensat- und Dampfströ-

mung sowie zur Abführung der Wärme vom Motor, also u.a. die Kondensatpumpe, die prinzipielle Anordnung der Kanäle im Längsschnitt des Motors, die Kondensatauffang- und -sammelvorrichtung und den Wärmetauscher. Als Kondensatpumpe soll entsprechend der Modellvorstellung vorzugsweise die Fliehkraft der Kondensatsäule in den Radialkanälen des rotierenden Läufers dienen.

Das technische Prinzip enthält die Angaben zum geeigneten Kühlmittel mit allen für die Verdampfungskühlung maßgeblichen Stoffkenngrößen (Verdampfungswärme, spezifische Wärme, Viskosität, Dichte, Dampfdruckkurve), die Angaben zu räumlicher Anordnung und Querschnittsprofil der Kanäle, zur Ausbildung der Kondensationsfläche u.a.. Die Art des Wärmetauschers auf der wärmeabführenden Seite (Wasser, Luft, Röhren, Rippen) wird für die spätere Optimierung des Gesamtsystems (Nutzung der Wärme für Heizzwecke, Anpassung an örtliche Einbau- und Betriebsbedingungen) noch offen gehalten.

Besonderes Augenmerk wird bei der Erarbeitung des technischen Prinzips auf die Anpassung des neuen Teilsystems an das vorhandene System gelegt. Dabei wird speziell auf effektivitätshemmende Rückwirkungen aus dem System geachtet, im vorliegenden Beispiel besonders auf die Rückwirkung des Dampf- und Strömungsdrucks im Luftspalt auf die Verteilung der Kondensatströmung in den parallel angeordneten Radialkanälen des Läufers. Durch entsprechende Anordnung der Kanäle und Nutzung von "Selbst"steuerungseigenschaften der Kondensatströmung zur Vergleichmäßigung ihrer Verteilung kann dem Rechnung getragen werden. Ist das technische Prinzip erarbeitet, wird das neue Teilsystem in Bezug auf prinzipielle technisch-technologische Realisierbarkeit im Sinne des technischen Ideals überprüft.

Das bedeutet im vorliegenden Fall, daß neben der prinzipiellen Funktionsfähigkeit des neuen Systems rechnerisch und/oder experimentell zu prüfen ist, ob eine Dimensionierung des Luftspaltes nun allein nach elektromagnetischen Gesichtspunkten möglich ist, ohne daß die Kühlung beeinträchtigt wird. Ist das der Fall, so ist der technisch-technologische Widerspruch gelöst, der schädliche technische Effekt beseitigt und damit auch der technisch-ökonomische Widerspruch überwunden.

Andernfalls ist der schädliche technische Effekt neu zu definieren - hier möglicherweise auf eine ungleichmäßige Verteilung des

Kühlmediums im Kanalsystem zurückzuführen -. Daraus ist eine neue bzw. präzisierete Definition des IDEALS abzuleiten und der technisch-technologische Widerspruch neu zu formulieren. Damit wird eine Schleife im heuristischen Programm durchlaufen. Nach Lösung des technisch-technologischen und Überwindung des technisch-ökonomischen Widerspruchs liegt die strukturbestimmende Erfindung für eine völlig neuartige Kernvariante vor - in diesem Fall das Konzept für ein neues Kühlsystem. Dessen optimale Gestaltung und konstruktive Anpassung an die übrigen Teilsysteme - das Wicklungssystem, den Magnetkreis sowie das Lager- und Gestellsystem - führt zu einer neuen, gebrauchswerterhöhenden Gesamtfunktion, durch die die Basisvariante des Walzwerksmotors als Ganze wieder entwicklungsfähig gemacht worden ist. Damit wird eine den ABER entsprechende Gesamtlösung - im vorliegenden Fall in Bezug auf die Hochleistungswalzstraße - ermöglicht. Darüber hinaus ist eine Anwendung des Motors mit dem neuen Kühlsystem auch in explosionsgefährdeten Anlagen unter schwierigsten Umgebungsbedingungen (hohen Temperaturen, Staub usw.) möglich, weil eine völlige Kapselung gegenüber der Außenwelt möglich ist, ohne die Kühlung zu beeinträchtigen.

Die Anmeldung des neuen Kühlsystems zum Patent setzt natürlich eine tiefgehende Neuheitsrecherche voraus. Nur, wenn dabei keine Neuheitsschädigenden Sachverhalte gefunden werden, ist die technische Lösung schutzfähig.

Obwohl es den absolut sicheren Weg zum erfinderischen Erfolg nicht gibt, sollte doch anhand des Beispiels gezeigt werden, wie ausgehend von einer klar herausgearbeiteten technisch-ökonomischen Problemsituation mit einer festen erfinderischen Zielstellung das technische Problem schrittweise aufgeklärt wird, wie von Lösungsansatz zu Lösungsansatz die erfinderische Lösungsidee heranreift, und wie diese dann in einer gedanklichen Vorwegnahme der Realisierungsphase von einer Konkretisierungsstufe zur nächsten technisch so weit zur Reife gebracht wird, daß sie theoretisch und/oder experimentell auf ihre Eignung als Problemlösung und auf ihre Schutzfähigkeit geprüft werden kann.

Wir hoffen, Sie damit ermutigt zu haben, bewußt das Wagnis des Erfindens einzugehen, indem Sie die gebotene Methode schöpferisch auf die Probleme Ihres Betriebes anwenden, um die Erfolgsaussichten Ihrer erfinderischen Tätigkeit in Ihrem eigenen Interesse

wie im Interesse unserer sozialistischen Gesellschaft grundlegend zu verbessern.

4. Systemtheoretische Grundbegriffe der Erfindungsmethode

Um technische Objekte, ihren Aufbau, ihre Wirkungsweise und ihr Verhalten tiefer verstehen und im Sinne ihrer Entwicklung bewußt beeinflussen und verändern zu können, sollte der Erfinder über systemtheoretische Grundbegriffe verfügen. Diese betreffen vor allem die Struktur und die Funktion eines technischen Systems, den Zusammenhang zwischen diesen Systemgrößen sowie die Prinzipien, welche ihrem Aufbau zugrundeliegen. (Vgl. Lehrmaterial, Abschnitte 1.7, 1.8).

Jedes technische Gebilde oder Verfahren kann als System aufgefaßt werden. Ein solches System ist eine von seiner Umgebung sinnvoll abgegrenzte und zweckmäßig angeordnete Menge geeigneter technischer und/oder natürlicher Mittel, welche auf zweckdienliche Weise in spezifischen Mittel-Wirkungs-Beziehungen zueinander stehen und in dieser Verknüpfung Gebrauchseigenschaften hervorbringen, welche in ihrer Gesamtheit einem speziellen gesellschaftlichen Bedürfnis gerecht werden.

Die Umgebung besteht aus dem übergeordneten technischen System sowie dem technologischen und dem gesellschaftlichen Obersystem. Das übergeordnete System steht in einer engen, eindeutig bestimm- baren Struktur- und Funktionsbeziehung zum technischen System. Es bestimmt im wesentlichen seine Ein- und Ausgangsgrößen, d.h. seinen eigentlichen Zweck und damit seine Hauptfunktion.

Das technologische und das gesellschaftliche Obersystem stehen da- gegen in einer mehrdeutigen, häufig widersprüchlichen Beziehung zum technischen System. Ausdieser gehen die ABER in bezug auf die Eignungs- und Effektivitätsmerkmale des technischen Systems hervor, welche über das technisch-technologische Prinzip die not- wendigen Funktionseigenschaften geeigneter technischer Mittel be- stimmen.

4.1. Die Struktur

Die zweckmäßige Anordnung der technischen Mittel ergibt die Struk- tur des technischen Systems. Ihre Kompliziertheit wird durch die Anzahl unterschiedlicher technischer Mittel, ihre Komplexität

durch die Anzahl unterschiedlicher Mittel-Wirkungsbeziehungen bestimmt. Die Struktur ist so beschaffen, daß sie notwendige Mittel-Wirkungsbeziehungen entstehen und unerwünschte Nebenwirkungen nicht auftreten läßt oder weitgehend unterdrückt. Darüberhinaus bestimmen die Struktureigenschaften des technischen Systems dessen Herstellbarkeit und Bedienbarkeit. Die Struktur technischer Systeme ist hierarchisch aufgebaut (s. Abb. 16). Das heißt, die technischen Mittel sind in Hierarchieebenen zu zweckspezifischen Gruppen zusammengefaßt. Dabei bilden mehrere Gruppen gleicher Rangordnung wieder eine Gruppe der jeweils nächsthöheren Rangordnung. Diese hierarchisch geordneten Gruppen von technischen Mitteln sind als Teilsysteme zu betrachten. Solche Teilsysteme unterscheiden sich auf jeweils gleicher Hierarchieebene in "horizontaler" Richtung durch ihre spezielle Zweckbestimmung, und von Hierarchieebene zu Hierarchieebene (in "vertikaler" Richtung) durch ihre Rangordnung, welche durch Ordnungszahlen gekennzeichnet ist, wobei die Ordnungszahl mit abnehmender Rangordnung der Teilsysteme zunimmt.

Das sei am Beispiel des Autos erläutert:

- | | |
|--|--|
| . technisches System: | Auto |
| . Teilsysteme 1. Ordnung
zum technischen System
"Auto" | Antrieb, Bremsanlage, Lenkung,
Fahrwerk, elektrische Anlage,
Karosserie |
| . Teilsysteme 2. Ordnung
zum Teilsystem 1. Ordnung
"Antrieb" | Motor, Getriebe, Kupplung, Kardan-
oder Gelenkwelle |
| . Teilsysteme 3. Ordnung
zum Teilsystem 2. Ordnung
"Motor" | Verbrennungsraum, Kurbeltrieb,
Kühlkreislauf, Vergaser, Takt-
steuerung, Schmierung |
| . Teilsysteme 4. Ordnung
zum Teilsystem 3. Ordnung
"Kurbeltrieb" | Kurbelwelle, Pleuelstange, Zylinder-
kolben, Abtriebe für elektrische
Anlage (Lichtmaschine), Kühlung und
Ventilsteuerung |
| . Teilsysteme 5. Ordnung
zum Teilsystem 4. Ordnung
"Kurbelwelle" | Kurbelwellenkörper, Kurbellager,
Pleuellager, Kurbelwellendichtung |

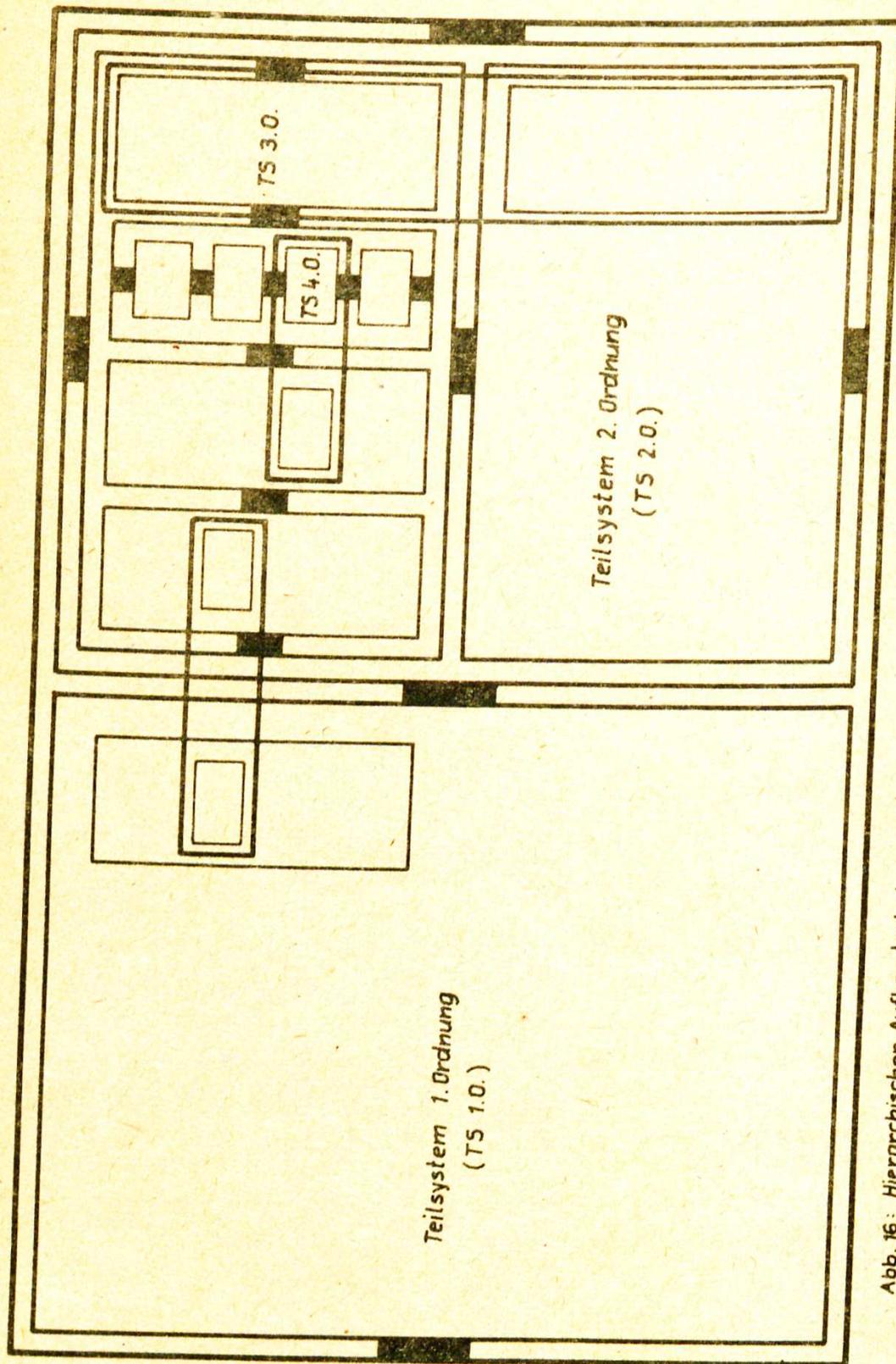


Abb. 16: Hierarchischer Aufbau technischer Strukturen

Sinnvoll ist diese Zerlegung des technischen Systems in seine Teilsysteme nur soweit voranzutreiben, bis die Hierarchieebene derjenigen technischen Mittel erreicht ist, welche nach Lage des Problems als elementar betrachtet werden können.

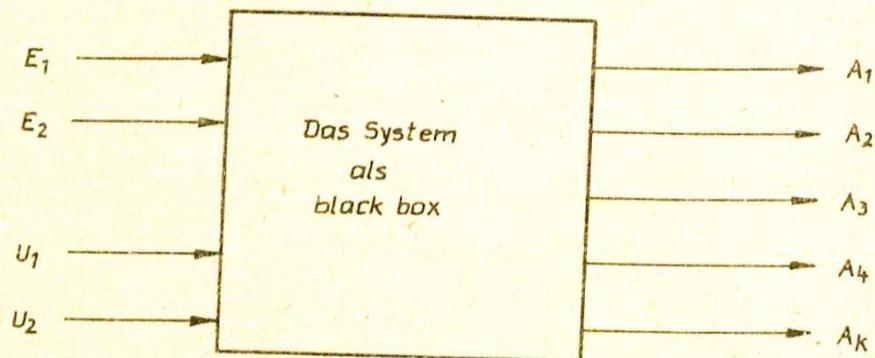
Streng hierarchisch ist eine Struktur nur dann, wenn Mittel-Wirkungsbeziehungen ausschließlich zwischen Strukturgruppen der gleichen Hierarchieebene bestehen und zur Bildung der nächsthöheren Strukturgruppe führen. Dadurch ergibt sich ein baumartig verzweigter Aufbau der Systemstruktur mit Strukturbereichen ("Seitenrieben"), die relativ selbständig sind und sich erst in einer oberen Hierarchieebene - und nur dort - zu einer Strukturgruppe höheren Ranges ("Haupttrieb") vereinigen lassen müssen. Im praktischen technischen Systemen treten jedoch immer - gewollt oder ungewollt, erkannt oder unerkannt - auch Mittel-Wirkungsbeziehungen in unteren Hierarchieebenen auf, welche nicht zum hierarchischen Aufbau der Systemstruktur beitragen, sondern zu ihrer Vernetzung führen. Eine solche örtliche Systemvernetzung kann z.B. an der Mittel-Wirkungsbeziehung zwischen Zündkerze und Zündspule gesehen werden. Hierbei handelt es sich um zwei Strukturgruppen eines relativ niedrigen Ranges, die eine als Bestandteil des Zylinderblocks zum Antrieb, die andere als Bestandteil des Zündspannungskreises zur elektrischen Anlage, also jeweils zu einer um mehr als eine Ordnungszahl ranghöheren Strukturgruppe gehörend. Auf Grund dieser Mittel-Wirkungsbeziehung wird somit keine ranghöhere Strukturgruppe gebildet, sondern eine "horizontale" Verknüpfung zweier solcher Strukturgruppen auf einer unteren Hierarchieebene herbeigeführt. Ähnliche Verknüpfungen im Sinne einer Systemvernetzung findet man im System "Auto" an vielen weiteren Stellen, z.B. zwischen Kurbelwelle und Anlasser, Lichtmaschine und Batterie, Kurbelwelle und Unterbrecher des Zündspannungskreises. Hier sind die Vernetzungen innerhalb des technischen Systems sinnvoll und gewollt.

Häufig haben solche Vernetzungen der Systemstruktur - besonders wenn sie ungewollt und unerkannt im technischen System auftreten - unerwünschte bis schädliche Nebenwirkungen zur Folge. Solche Nebenwirkungen treten z.B. auf in der Beeinflussung der Lenkung durch das Zusammenwirken von Stoßdämpfer und Feder am Fahrwerk des Autos oder in der Beeinflussung des Steuerkreises eines Stromrichters durch die Oberwellen in seinem Betriebsstromkreis.

Systemvernetzungen sollten daher bei einer Schwachstellenanalyse besonders aufmerksam registriert und in ihrer Wirkung gründlich untersucht werden. Ein unerwünschter Effekt, aber auch ein überraschend nutzbarer Effekt können sich dahinter verbergen.

4.2. Die Funktion

Aus der Gesamtheit der Mittel-Wirkungsbeziehungen in ihrer spezifischen strukturbedingten Verknüpfung folgt die Gesamtfunktion des technischen Systems. Je nach dessen Zweckbestimmung dient sie dazu, den Zustand bestimmter Eingangsgrößen des Systems so zu verändern, (zu wandeln) oder aber so zu stabilisieren (aufrechtzuerhalten), daß dabei zweckgemäße (bedarfsgerechte) Ausgangsgrößen mit definierten Eigenschaften entstehen (siehe Abb. 17). Stets besteht die Aufgabe des technischen Systems dabei darin, einem Zustand der Eingangsgröße entgegenzuwirken, der sich auf Grund der Eigenschaften der Eingangsgröße und der auf sie aus der Umgebung wirkenden Faktoren von selbst erhalten oder einstellen würde.



E_i : Vorhandene oder als nötig erachtete Eingänge (Stoffe, Energien, Informationen bzw. Zustände, in denen sich diese befinden).

U_j : Umstände, Bedingungen, Forderungen, Störungen usw.

A_k : Ausgänge. Gliederung in Komponenten analog E und / oder nach den Gesichtspunkten „Haupt - Nebenresultat“, „nützlich / schädlich / unnötig“.

Abb. 17: System in Black - box - Darstellung. (Das System wird „vom Rand her“ dargestellt und analysiert.)

Die Eingangs- und Ausgangsgrößen können technische oder natürliche Objekte mit ihren Eigenschaften stofflicher, energetischer und/oder informationeller Art sein.

Als Hauptfunktion wird diejenige Komponente der Gesamtfunktion bezeichnet, die für die Zweckerfüllung des technischen Systems unbedingt notwendig ist. Besteht der Zweck in der Zustandsänderung eines technischen oder natürlichen Objekts, so spricht man von einer Überföhrungsfunktion. In diesem Falle ist das Objekt, auf welches eingewirkt wird, nicht unbedingt ständiger Bestandteil des technischen Systems oder seiner Umgebung bzw. seines übergeordneten Systems (z.B. System "Werkzeugmaschine", Objekt "Werkstück", übergeordnetes System "Taktstraße"). Wenn dagegen Verhinderung einer Zustandsänderung beabsichtigt ist, so ist das Objekt, auf welches eingewirkt wird, in der Regel ständiger Bestandteil des technischen Systems oder seines übergeordneten Systems, (z.B. System "Tragwerk", Objekt "Dach", übergeordnetes System "Bauwerk"; oder System "Staudamm", Objekt "Stausee", übergeordnetes System "Trinkwasserversorgung"). In diesem Falle spricht man von einer Trag-, Stütz- oder Stabilisierungsfunktion.

Die Hilfsfunktionen bilden denjenigen Bestandteil der Gesamtfunktion, welcher die notwendigen Voraussetzungen für das Zustandekommen und Aufrechterhalten der Hauptfunktion schafft und damit die Funktionsfähigkeit des technischen Systems gewährleistet. Hier sind Entstörfunktion und Schutzfunktion zu unterscheiden.

Die Entstörfunktion dient der Reduzierung unerwünschter Nebenwirkungen der Gesamtfunktion auf zulässige Grenzen. Die innere Entstörfunktion bekämpft solche schädlichen Nebenwirkungen, welche von technischen Mitteln des Systems auf die Hauptfunktion ausgeübt werden. Dadurch wird die Betriebssicherheit des Systems hergestellt. Mit der äußeren Entstörfunktion werden schädliche Wirkungen begrenzt, welche das technische System auf seine Umgebung ausübt. Dadurch wird seine Umweltverträglichkeit hergestellt.

Der Wahrnehmung innerer Entstörfunktionen dienen z.B. Kühlsysteme zur Bekämpfung unzulässiger Erwärmung, Schmier-systeme zur Bekämpfung schädlicher Reibung und Dämpfungssysteme zur Bekämpfung unerwünschter Schwingungen und Stöße.

Äußere Entstörfunktionen werden z.B. von Rauchgas- bzw. Abgasreinigungsanlagen, Kläranlagen sowie technischen Mitteln zur Ge-

räuschkinderung verwirklicht.

Die Schutzfunktion dient der Abschirmung des technischen Systems gegen schädliche bzw. unerwünschte Einwirkungen von systemfremden Faktoren. Die äußere Schutzfunktion dient der Unterdrückung schädlicher Einwirkungen, welche von der Umgebung auf das technische System ausgeübt werden. Sie macht das System immun gegen schädliche Faktoren aus dem Bereich seiner äußeren Gebrauchs- und Betriebsbedingungen. Die innere Schutzfunktion dient der Aufrechterhaltung der hierarchischen Systemstruktur durch Unterbinden von unerwünschten Systemvernetzungen, indem kopplungsaktive Stellen des technischen Systems gegen schädliche "horizontale" Verknüpfungen abgeschirmt werden.

Damit wird der Funktionswert des technischen Systems an kritischen Stellen auf dem für einen effektiven Funktionswertfluß erforderlichen Niveau gehalten.

Die äußere Schutzfunktion wird z.B. von Filtersystemen für Betriebsstoffe und -informationen (Benzinfilter, Bandfilter), von Hüllsystemen (Karosserie des Autos, Vakuummantel der Thermosflasche), Beschichtungssystemen (Korrosionsschutzschichten, Haftschutzschichten) und Ableitsystemen (Blitzableiter, Rinnensysteme, z.B. an Dächern und in Autokarosserien) verwirklicht.

Die innere Schutzfunktion nehmen z.B. elektrische Isolierungen (z.B. Drahtisolierungen der Wicklung eines Elektromotors), elektrostatische und elektromagnetische Abschirmungen (z.B. von Leitungen in elektronischen Geräten oder von Wicklungen in Transformatoren), sowie Distanzierungen, Dichtungen und Abschottungen innerhalb technischer Systeme wahr. Eine besondere Art von innerer Schutzfunktion dient der Aufrechterhaltung der Systemstruktur bei äußeren und inneren Überlastungen, indem "Sollbruchstellen" wie Schmelzsicherungen, Dioden, Überdruckventile usw. angesprochen werden.

Als Hilfsfunktionen können bisweilen auch Anpaß- und/oder Vermittlungsfunktionen nötig bzw. vorteilhaft sein. Sie dienen der besseren funktionellen Kopplung des technischen Systems mit seiner Umgebung oder der Einbeziehung von Wirkkomponenten der Umgebung in die Gesamtfunktion des Systems.

Anpaßfunktionen werden z.B. durch von außerhalb des Systems zu steuernde Schaltgetriebe von Fahrzeugen, Stufenschalter von Trans-

formatoren, Verstärker von elektronischen Geräten, Dosiereinrichtungen von Verbrennungsanlagen, Hochöfen oder chemischen Anlagen verwirklicht.

Vermittlungsfunktionen werden z.B. von den Bereifungen der Räder von Autos oder Flugzeugen, der Außenhaut von Flugzeugen oder Schiffen, dem Katalysator in chemischen Reaktionen übernommen.

Nebenfunktionen bilden denjenigen Bestandteil der Gesamtfunktion, der auf Grund systemspezifischer Verknüpfungen von Mittel-Wirkungs-Beziehungen zustandekommt, ohne daß er ursprünglich beabsichtigt war. Obwohl objektiv vorhanden, werden die Nebenfunktionen häufig in der vorgefundenen Ausbildung des technischen Systems nicht oder nur unvollständig genutzt. Hier bietet sich dem Erfinder ein weites Feld von Entdeckungen im technischen System. Aus diesen Entdeckungen können sich Möglichkeiten ergeben, Teilfunktionen auf Nebenfunktionen zu übertragen und bisher verwendete technische Mittel (bei gleichzeitiger Erhöhung der Leistungsfähigkeit des technischen Systems durch Vorteile bei der Vernetzung) einzusparen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn Nebenfunktionen des Systems verwendet werden können,

- um schädliche Nebenwirkungen zu unterdrücken, (im Sinne von Entstör- oder Schutzfunktionen) und/oder
- um die (im Sinne von Anpaß- oder Vermittlungsfunktionen) Einbeziehung von nützlichen Nebenwirkungen aus dem technischen System bzw. aus der Umgebung in die Gesamtfunktion des Systems zu ermöglichen.

Nebenfunktionen, welche nicht genutzt werden können, werden als unnötige Funktionen bezeichnet. Soweit sie Kosten verursachen bzw. zu Störungen des Funktionswertflusses führen, müssen sie durch geeignetere Wahl bzw. Gestaltung der technischen Mittel beseitigt werden.

4.3. Funktion und Struktur

Die Gesamtfunktion ist - wie auch die Struktur des technischen Systems - hierarchisch aufgebaut (s. Abb. 18). In der höchsten Hierarchieebene unterhalb der Spitze ist - durch ein Teilsystem 1. Ordnung verwirklicht - die Hauptfunktion (im Sinne der Gesamtfunktion) angeordnet. Diese Hauptfunktion wird als Hauptfunktion 1. Grades bezeichnet. Die anderen Teilsysteme auf dieser Hierarchieebene realisieren die verschiedenen Hilfsfunktionen, welche

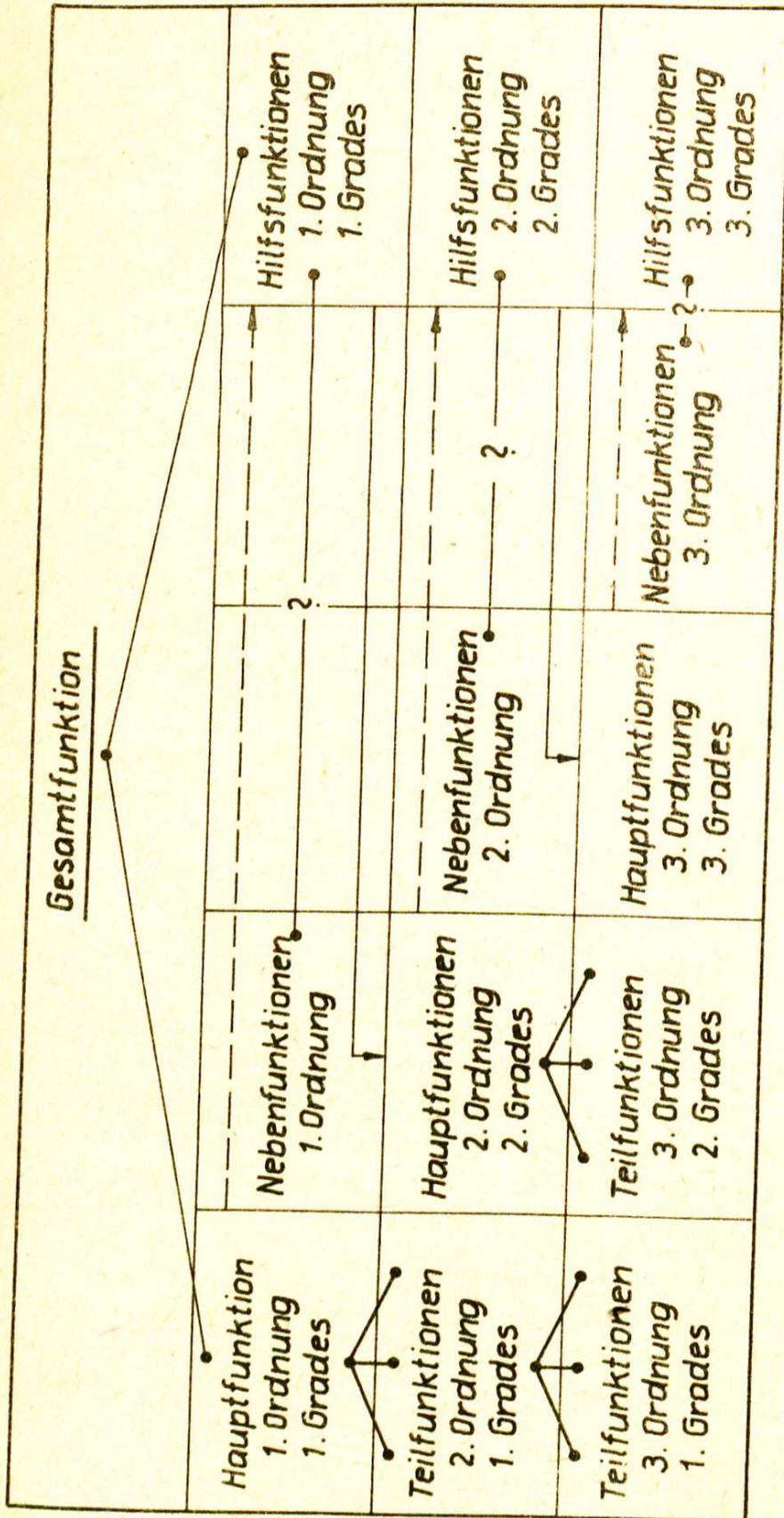


Abb. 18: Hierarchischer Aufbau der Gesamtfunktion technischer Systeme

für die Gewährleistung dieser Hauptfunktion notwendig sind. Sie werden als Hilfsfunktionen 1. Ordnung bezeichnet. In der nächstniederen, zweiten Hierarchieebene wird die Hauptfunktion 1. Grades entsprechend den notwendigen Teilfunktionen auf mehrere Teilsysteme 2. Ordnung aufgegliedert. Die Hilfsfunktionen 1. Ordnung werden in dieser Hierarchieebene zu Hauptfunktionen 2. Grades, welche durch Teilsysteme 2. Ordnung mit spezifischer Zweckbestimmung verwirklicht sind. Zur Gewährleistung der Hauptfunktionen können auch auf dieser Hierarchieebene wieder Hilfsfunktionen erforderlich sein; diese Hilfsfunktionen 2. Ordnung nehmen dann in der nächstniederen (dritten) Hierarchieebene den Charakter von Hauptfunktionen 3. Grades an, während die Hauptfunktionen 1. Grades und 2. Grades weiter in Teilfunktionen aufgegliedert sind, wobei alle Teilfunktionen einschließlich der erforderlichen Hilfsfunktionen 3. Ordnung durch Teilsysteme 3. Ordnung realisiert sind. In dieser Weise verzweigt und spezialisiert sich die Funktionsstruktur des technischen Systems von Hierarchieebene zu Hierarchieebene.

Zur Funktionsanalyse genügt es, einige Hauptzweige zu betrachten und lediglich bis zur derjenigen Hierarchieebene vorzudringen, welche für das Erkennen kritischer Funktionszusammenhänge (kritischer Funktionsbereich) unumgänglich ist. Ein in dieser Hierarchieebene angelegtes Teilsystem wird nicht mehr nur für sich allein betrachtet, sondern - nach bestimmten Aspekten (z.B. schädlicher technischer Effekt) - zusammen mit anderen Teilsystemen der gleichen Hierarchieebene als eine Struktureinheit aufgefaßt. Diese enthält mindestens eine, aber möglichst nicht mehr als zwei Hauptfunktionen unterschiedlichen Grades und die für sie erforderlichen Hilfsfunktionen. Auf diese Weise kann im Rahmen einer Funktionsanalyse ein kritischer Funktionsbereich abgegrenzt und ein schädlicher technischer Effekt lokalisiert werden.

Eine solche Struktureinheit ist aus elementaren Funktionseinheiten aufgebaut. Jede Funktionseinheit führt eine Grundoperation aus. Diese ist auf die Veränderung oder die Aufrechterhaltung des Zustandes eines bestimmten Objekts, des Operanden, gerichtet, der mit seinen Eigenschaften als Bestandteil der Funktionseinheit betrachtet wird. Zur gezielten Einwirkung auf den Operanden enthält die Funktionseinheit ein aktives technisches Mittel, den Operator, und ein rückwirkendes technisches Mittel, einen Reaktionspartner,

den Gegenoperator. Zum Beispiel führt die elementare Funktionseinheit "Schmiede" die Grundoperation "spanloses Verformen" aus. Hierzu wirkt der Operator "Schmiedehammer" absichtsgemäß auf den Operanden "Schmiedestück" ein. Aber das würde nicht absichtsgemäß gelingen, wenn nicht der Gegenoperator "Amboß" die beabsichtigte Einwirkung rückwirkend erzwingen würde. Aus dem Wechselspiel von "Aktion und Reaktion" geht die Elementarfunktion "Schmieden" hervor. Die Art und Weise, in der die Operation ausgeführt wird, also die aufeinander abgestimmte Wirkungsweise des Operators und des Gegenoperators, ergibt (zusammen mit bestimmten operationalen Eigenschaften für den Operanden, welche seine "Bearbeitbarkeit" kennzeichnen,) das elementare Funktionsprinzip. (In diesen prinzipiellen Funktionsmerkmalen unterscheidet sich beispielsweise bei jeweils gleicher Grundoperation das Schmieden vom Tiefziehen). Weitere Erläuterungen siehe Arbeitsblatt V.

Unter den operationalen Eigenschaften des Operanden sind vor allem stoffspezifische bzw. stoffabhängige Parameter des Operanden zu verstehen, welche die Veränderung seines Zustandes erst ermöglichen oder ihr einen bestimmten Widerstand entgegensetzen, wie beispielsweise Dichte, Festigkeit, Viskosität, E-Modul, Härte, Leitfähigkeit, Permeabilität, Reaktivität, Absorptionsvermögen, Quellvermögen, Löslichkeit. Das sind passive Operationsgrößen. Wenn man sie aktiviert, werden sie wirksam.

Insofern auch Operator und Gegenoperator derartige passive operationale Eigenschaften haben, verändern sie infolge der Rückwirkung des Operanden ihren Zustand und werden dabei, zumindest teilweise, selbst zum Operanden. Hierbei kann es sich um unerwünschte Effekte (z.B. Deformation und Verschleiß von Werkzeugen oder Auflagern, Zusetzen bzw. Erschöpfen von Filtern, Korrosion der Wänden von chemischen Reaktoren), aber auch um erwünschte Nebenwirkungen und ihre Nutzung im Sinne von Anpaß- oder Vermittlungsfunktionen handeln (z.B. belastungsabhängiges Anpassen eines Werkzeugs oder Auflagers an die Form des Werkstücks bzw. der Last, Zerstörung von Gießformen durch Crackprozesse, biologischer Abbau von Verpackungen). Vgl. auch Arbeitsblatt V, Beispiel 2.

In einem elementaren Funktionsprinzip kommen in der Regel mehrere naturgesetzmäßige Wirkprinzipie bzw. Effekte zur Geltung. Sie bestimmen in ihrem durch das Funktionsprinzip bestimmten Zusammenwirken maßgeblich den Wirkungsgrad der Elementarfunktion bzw.

<u>System</u>	<u>Kraftfahrzeug</u>
<u>Prozeßbezogene Teilfunktion</u>	<u>Erzeugen des mechanischen Antriebs</u>
<u>Objektbezogene Überführungsfunktion</u>	Umwandeln potentieller <u>chemischer Energie</u> elektrischer Energie in kinetische mechanische Energie
<u>Technisch-technologisches Prinzip</u>	<u>"Verbrennungskraftmaschine"</u> "Dampfmaschine"
<u>Verfahrensprinzip</u>	<u>"Kolbenmotor"</u> "Gasturbine" "Strahltriebwerk"
<u>Funktionsprinzip</u>	innere (Diesel) äußere (Otto, Wankel) saugend G e m i s c h a u f b e r e i t u n g aufgeladen
<u>Technisches Prinzip</u>	<u>"Zweitakthubkolben"</u> "Viertakthubkolben" "Kreiskolben"

Abb. 19 Prinzipbaum zur prozeßbezogenen Teilfunktion "Erzeugen des mechanischen Antriebs" eines Kraftfahrzeugs

ihren Funktionswert. Hierbei spielen operationale Wirkgrößen sowie ihre räumliche und zeitliche Verteilung eine entscheidende Rolle. Wirkgrößen sind aktive Operationsgrößen, spezifische "Triebkräfte", welche kennzeichnend für die Wirkungsweise von Operator und Gegenoperator bzw. für die Art und Weise ihrer Einwirkung auf den Operanden sind. Solche Wirkgrößen können z.B. sein: Temperatur, Druck, Konzentration, Moment, Spannung, Strom, Feldstärke, Geschwindigkeit, Beschleunigung. Indem Wirkgrößen auf den Operanden einwirken, werden dessen operationale Eigenschaften zur Wirkung gebracht. Dadurch wird der Zustand des Operanden verändert bzw. aufrechterhalten.

Das Verhältnis der gewollten zur Summe aller hervorgerufenen Zustandsänderungen wird als Wirkungsgrad der Elementarfunktion bezeichnet. Der Funktionswert der Elementarfunktion wird durch das Verhältnis von erreichbarer und benötigter Zustandsänderung bestimmt.

Indem mehrere Elementarfunktionen zu Teilfunktionen verknüpft sind, besteht ein Funktionswert-Fluß. Die Gesamtheit der zweckbestimmten Elementarfunktionen, die in einer Teilfunktion vereinigt sind, sowie die Art und die zeitliche Anordnung dieser Elementarfunktionen, bilden den Inhalt des Verfahrensprinzips. Vom Verfahrensprinzip zu unterscheiden ist das technische Prinzip. Dessen Inhalt wird gebildet durch den konstruktiven Aufbau der elementaren Funktionseinheiten, deren räumliche Anordnung und deren signifikanteste Werkstoffeigenschaft. Vom Verfahrensprinzip und vom technischen Prinzip zu unterscheiden ist das Funktionsprinzip. Art und Weise des zweckbestimmten Zusammenwirkens von Operator, Operand und Gegenoperator wird als Funktionsprinzip bezeichnet.

In allen drei Fällen erfolgt die Bezeichnung eines Prinzips jeweils durch den Namen eines typischen Vertreters. Das wird anhand des Beispiels "Verbrennungskraftmaschine" (vgl. Abb. 19) als Antriebsprinzip (technisch-technologisches Prinzip) eines Kraftfahrzeuges verdeutlicht.

Literaturhinweise

S. 5, 89, 93, 46

- /1/ Altschuller, G. S. Erfinden - Wege zur Lösung technischer Probleme
Verlag Technik, Berlin 1986 (2. Auflage)
- /2/ Altschuller, G. S. Flügel für Ikarus
A. Seljuzki Verlag MIR, Moskau, Urania-Verlag
Leipzig, Jena, Berlin, 1983
- /3/ Altschuller, G. S. Erfinden, (k)ein Problem, Tribüne-
Verlag, Berlin 1973
- /4/ Engels, F. Die Geschichte des gezogenen Gewehrs.
In: K. Marx, F. Engels, Werke Band 15,
Berlin 1964, Seite 195 - 226
- /5/ Hemmerling, J. Wissen - Wollen - Können - Handeln
Herrlich, M. Bezirksneuererzentrum Erfurt, 1987
Heyde, E.
Schmiedl, D.
- /6/ Ministerrat der DDR Verordnung über den Erneuerungspaß
und das Pflichtenheft. GBl. I/30/1986
- /7/ Müller, J. Methoden muß man anwenden.
Technisch-wissenschaftliche Abhandlungen.
Zentralinstitut für Schweißtechnik,
Nr. 132. Halle 1980
- /8/ Rindfleisch, H.J. Dialektische Widersprüche in der
Thiel, R. technischen Entwicklung, das Verhalten
des Ingenieurs und die Methode des
Herausarbeitens von Erfindungsauf-
gaben (Kodewort: "Beiträge zur Er-
höhung des erfinderischen Schaffens")
Bauakademie der DDR, Abtl. Wissen-
schaftspsychologie, Berlin 1986
- /9/ Scheffler, E. Einführung in die Praxis der Statisti-
schen Versuchsplanung.
Deutscher Verlag der Grundstoffindustrie,
Leipzig 1986 (2., stark überarbeitete
Auflage)
- /10/ Zabel, D. Erfinderfibel
Deutscher Verlag der Wissenschaften,
Berlin 1985
- /11/ Linde, H.J. Gesetzmäßigkeiten, methodische Mittel
und Strategien zur Bestimmung von Ent-
wicklungsaufgaben mit erfinderischer
Zielstellung.
Dissertation TUD, eingereicht 1987,
verteidigt 1988
- /12/ Preisler, W. Voraussetzungen für Spitzenleistungen
BV. Karl-Marx-Stadt der KDT, 1984