

## 2 Entwicklungsgesetze technischer Systeme

### 2.0 Einleitung

Wissen Sie warum Menschen ihre Problemsituationen manchmal falsch lösen?

Nicht nur Schüler und Studenten, sondern auch Designer und Ingenieure, Direktoren und Schriftsteller, Präsidenten und sogar Könige können ihre Probleme falsch lösen. Wahrscheinlich können Sie sich an einige Beispiele erinnern, die falsch gelöst wurden, ebenso auch an einige kreative Lösungen.

Um eine Antwort auf diese knifflige Frage zu finden, bieten wir Ihnen eine kurze, 33 Sekunden dauernde Reise in das Unternehmen von Antoine de Saint Exupéry und dem kleinen Prinz zu einem Asteroiden Nr. 325 an, um dort den König zu besuchen...

Der König herrschte über alles – seinen kleinen Planeten, die anderen Planeten und alle Sterne...und die ganze Umgebung gehorchte ihm. Der Kleine Prinz bewunderte eine solche Macht! Und er bat den König, der Sonne zu befehlen, unterzugehen, denn er wollte unbedingt einen Sonnenuntergang bewundern.

–„Ich werde der Sonne befehlen unterzugehen“, antwortete der König. „Aber in meiner Herrscherweisheit werde ich warten, bis die Bedingungen dafür günstig sind.“

–„Wann wird das sein?“ erkundigte sich der kleine Prinz.

–„Hm! Hm!“ antwortete der König, der zunächst einen großen Kalender studierte. „Hm, hm! Das wird sein gegen...gegen...das wird heute Abend gegen sieben Uhr vierzig sein! Und du wirst sehen, wie man mir gehorcht.“

Sie sollten nicht zweifeln, die Sonne ging exakt um 19:40 unter, weil es ein Naturgesetz ist. Und der König war wirklich weise, denn er hält sich an die Naturgesetze und hat sie nicht gebrochen.

Unsere Welt besteht aus Paradoxons. Und die überraschendsten handeln von der Tatsache, dass Menschen zu jeder Zeit nach der Verbindung von verschiedenen Prozessen und Phänomenen gesucht haben. Sogar dort, wo es keine Verbindung gibt! Es ist jedoch nicht der Fall, weil ein neuer Forscher kommt und diese Verbindung entdeckt.

Gesetze, d.h. Zusammenhänge von Prozessen und Phänomenen in der Natur, bilden die Basis vom Wissen über die Welt, die uns umgibt. Gesetze, die nicht nur in verschiedenen Wissenschaften wichtig sind, sondern auch in unserem täglichen Leben. Das zeigt ein einfaches Beispiel. Jeder Autofahrer weiß, dass sich der Bremsweg auf regennasser Fahrbahn verlängert.

Wieso brauchen wir das Wissen über die Naturgesetze? Es ist notwendig, dass ein Mensch, ständig in die Zukunft, nach einer sinnvollen und intelligenten Aktivität blickt, oder zumindest einen Schritt weiter. Erinnern Sie sich, sogar beim einfachen Spaziergang durch den Park suchen Sie unbewusst am Boden nach dem Platz für Ihren nächsten Schritt. Je schwieriger der Weg ist, desto mehr Aufmerksamkeit erfordert er. Je schwieriger das System ist, desto größere Anstrengung ist notwendig, um dessen Entwicklung vorherzusagen. Und nur, falls wir die Gesetze entsprechend der Tatsache, welche Systeme sich entwickeln, definiert haben, ist es möglich, mit Zuversicht etwas über einen weiteren Schritt in der Entwicklung dieses oder eines anderen Systems zu sagen.

### 2.0.1 Die Rolle der Gesetze in TRIZ

#### 2.0.1.1 Gesetze in der Wissenschaft

Jede Wissenschaft wird nur dann zu einer Wissenschaft in ihrer vollen Bedeutung, wenn sie anfängt, die Welt auf der Grundlage von Gesetzen, die diese Wissenschaft entdeckt hat, zu beschreiben. Die Astronomie wurde zur Wissenschaft, als sie die Gesetze von der Bewegung der Planeten entdeckte. Die Alchimie wurde zur Chemie, als sie die Gesetze von der Wechselwir-

kung und Verwandlung der Stoffe beschrieb.

TRIZ – die Wissenschaft, die sich mit Prozessen an der Grenze von zwei Objekten befasst: ein Mensch und eine Technologie. Das Untersuchungsgebiet umfasst beides, das Denken eines Menschen sowie die Gesetze von der Entwicklung technischer Systeme. Jede Theorie hat einen grundlegenden Charakter, aber sie entwickelt auch angewandte Werkzeuge. TRIZ entwickelte Werkzeuge zur Lösung kreativer Probleme, Wege um Suchfelder einzugrenzen und Methoden für bewusstes Management unbewusster Prozesse.

Einer der typischen Fehler beim Studieren und Lehren von TRIZ besteht darin, dass TRIZ als ein anderes Fach studiert wird: als Physik, Chemie oder Astronomie. Der Kern dieser Wissenschaften ist die umliegende Welt, die Naturphänomene, wohingegen bei TRIZ mehr Aufmerksamkeit auf die Prozesse des Denkens gelegt werden sollte.

## 2.0.1.2 Gesetze in TRIZ

Die Gesetze über die Entwicklung technischer Systeme wurden erstmals 1979 von G. S. Altshuller in seinem Buch "*Creativity as an Exact Science: the Theory of the Solution of Inventive Problems*" veröffentlicht:

- Das Gesetz über die Vollständigkeit der Teile eines Systems.
- Das Gesetz von der energetischen Leitfähigkeit eines Systems.
- Das Gesetz von der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems.
- Das Gesetz von der Erhöhung des Grades der Idealität eines Systems.
- Das Gesetz von der Ungleichmäßigkeit der Entwicklung der Teile eines Systems
- Das Gesetz vom Übergang zu einem Super-System.
- Das Gesetz vom Übergang von einem Makro- zu einem Mikrolevel.
- Das Gesetz von der Erhöhung der Stoff-Feld Komplexität.

Wenn man von TRIZ spricht wie vom System, ist es wichtig zu erwähnen, dass es sehr harmonisch ist. Die Werkzeuge, die in der Struktur enthalten sind, bringen das System zum Laufen. Sie sind miteinander vernetzt, und die Basis wird durch die Gesetze über die Entwicklung technischer Systeme gebildet.

Die Gesetze sind in 3 Gruppen unterteilt: die Gesetze der Statik (1-3), die Gesetze der Kinematik (4-6), die Gesetze der Dynamik (7-8). In solch einer Unterteilung gibt es eine bestimmte Analogie zur Mechanik – den Bereich der Physik. Bei der Betrachtung einer "Lebenskurve" von der Entwicklung eines technischen Systems, *der S-förmigen Kurve*, kann man folgendes beobachten: Die Gesetze der Statik sind charakteristisch für die Erscheinungsphase des technischen Systems; die Gesetze der Kinematik – für die Entwicklungsphase des technischen Systems; die Gesetze der Dynamik – für die Endphase der Entwicklung und den Übergang zu einem Subsystem. Das technische System entwickelt und verändert sich. Auch das Modell eines technischen Systems ändert sich. Die neuen Annahmen entstehen bei der Betrachtung einer konkreten Situation mit dem Ziel ein Modell zu kreieren.

Folglich wird bei der Berechnung der Fluggeschwindigkeit des Flugzeugs von einem Punkt zum nächsten, das Flugzeug als materieller Punkt betrachtet. Aber bei der Festlegung der Minimalgeschwindigkeit, die nötig ist, um abzuheben, sollten wir eine gänzlich andere Situation in Betracht ziehen und damit andere physikalische Gesetze. Die Auftriebskraft wird unsere Aufmerksamkeit erwecken. Sie beeinflusst die Tragflächen des Flugzeugs und auch dessen Gewicht. Bei den Berechnungen für die maximal zulässige Geschwindigkeit für eine sichere Landung sollten wir uns mit gänzlich unterschiedlichen Objekten befassen. Es ist sehr wichtig, das Ziel zu definieren und ein passendes Modell auszuwählen.

### **2.0.1.3 Die Charakteristika der Gesetze von der Entwicklung technischer Systeme und ihrer verschiedenen Systementwicklungsphasen**

In der Erscheinungsphase, während der Erschaffung eines neuen technischen Systems wird das System als „ein Objekt in sich selbst“ studiert. Die wichtigsten Prozesse, unverzichtbar für die Überlebensfähigkeit, passieren innerhalb des Systems. In diesem Fall sind Annahmen möglich und das System wird getrennt von anderen, umliegenden technischen Systemen untersucht. Die folgenden Fragen für das System werden gelöst: «Sein oder nicht sein?», «Welche Art von Struktur sollte verwendet werden?». Bei einer Analogie zur Mechanik: in der Mechanik, untersuchen die Gesetze der Statik einen ausgeglichenen Zustand eines Körpers, unter Einfluss der ausgeübten Kräfte.

In der Entwicklungsphase eines technischen Systems werden evolutionäre Prozesse im technischen System untersucht, aber ungeachtet der technischen und physikalischen Faktoren, die diese Entwicklung bestimmen. Die Prozesse, welche die Entwicklung bestimmen, sind immer noch innerhalb des Systems zu finden. Aber die Hauptsache ist nicht länger das Überleben des technischen Systems, sondern Bewegung, Entwicklung, Leistung auf einem bestimmten Level in Vergleich zu anderen technischen Systemen. Das Wesentlichste in der momentanen Phase ist das Erreichen von Maximalwerten bei den Schlüsselparametern durch das technische System. Diese Schlüsselparameter umfassen Geschwindigkeit eines Flugzeugs, Nutzlast eines Autos oder die Anzahl der pro Sekunde geleisteten Vorgänge eines Computers.

In der Endphase der Entwicklung kommen die Gesetze vom Übergang zu neuen Systemen in den Vordergrund. Eigentlich sind die Ressourcen für die Entwicklung des technischen Systems völlig erschöpft. Das existierende System wird in einer Umwelt von anderen technischen Systemen untersucht. Die Hauptfrage ist «Wie fördert man die Entwicklung in einer bestehenden Umwelt?», während es unter Einfluss von konkreten technischen und physikalischen Faktoren überprüft wird.

### **2.0.1.4 Die Definition von den Gesetzen über die Entwicklung technischer Systeme im vorliegenden Lehrbuch**

Das System der Entwicklungsgesetze technischer Systeme entwickelt sich ebenfalls. Die Arbeiten vieler Forscher und Entwickler haben die Werkzeuge der angewandten Gesetze spezifiziert und ausgeweitet. Lassen Sie uns die Namen einiger Forscher in diesem Gebiet erwähnen: Altshuller G.S., Zlotin V.L., Petrov V.M., Litvin S.S., Vertkin I., Fey V., Lubomirski I., Salamatov U.P., Kondrakov I.M. und viele andere. In TRIZ gibt es einige Systeme von den Gesetzen über die Entwicklung mit ihren Charakteristika, Spezifizierungen und Hypothesen. In jedem einzelnen dieser Systeme wird ernsthafte Forschung betrieben. Es gibt strittige Positionen in manchen Publikationen, aber das ist eine Folge der Forschungsprozesse und der Entwicklung. Alle diese lehnen sich irgendwie an das klassische System der Gesetze von G. S. Altshuller an. Das ist der Grund, warum wir uns mit diesem System befassen.

In den vorliegenden Unterlagen halten wir am klassischen System der Gesetze zur Entwicklung technischer Systeme – dem System von G.S. Altshuller – fest. Im Grunde ist so eine Entscheidung von den Bildungszwecken der Unterlagen bestimmt. Es sind 8 Gesetze, jedes von ihnen in einem separaten Kapitel beschrieben. Es ist möglich, mit den einzelnen Einleitungen zu beginnen. Jedoch ist es logischer und effektiver die Unterlagen der Reihe nach durchzuarbeiten, beginnend mit dem ersten Kapitel.

Jedes Kapitel hat folgende Teile: Definitionen, Theorie, Modell, Werkzeuge, und beinhaltet Fragen zum Selbsttest. Am Ende eines jeden Kapitels gibt es eine Liste der verwendeten Literatur. Wir haben versucht keine Beispiele von anderen Büchern und Artikeln zum Thema TRIZ zu verwenden. Zur Veranschaulichung der Texte wurden eine Vielzahl von Schemata, Bildern und Fotos verwendet.

Wir wünschen angenehmes und effektives Lesen und kreative, außergewöhnliche Lösungen!

## 2.1 Das Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines Systems

Im *Musée des Arts et Métiers* in Paris, über dem großen Treppenaufgang schwebt eine Flugmaschine gebaut vom französischen Erfinder, Clément Ader. 1890 schaffte diese Flugmaschine einen kurzen Flug in einigen Zentimetern Höhe. Möglicherweise lächeln Sie jetzt, aber es war tatsächlich ein großer Durchbruch zu jener Zeit!

Kann die Flugmaschine von Ader als Flugzeug angesehen werden? Wie technisch lebensfähig war die Konstruktion in den Jahren ihres Entstehens? Wer und welches Land stellte das erste Luftfahrtsfahrzeug her? Welche Fehler machte der erste Flieger? Lassen Sie uns den amerikanischen Professor, Samuel Langley zitieren, der sich mit der Theorie des Fliegens beschäftigte. Als er gefragt wurde, warum die ersten Flieger versagten, antwortete er: „Vielleicht, weil sie das Thema falsch angepackt und sie versucht haben, Flugmaschinen zu bauen, bevor sie die Gesetze, auf denen das Fliegen beruht, gelernt haben.“

Bevor man versucht, die oben stehende Fragen zu beantworten, und nicht nur betreffend Flugmaschinen, sondern auch betreffend jedes anderen technischen Systems, ist es notwendig, die Entwicklungsgesetze technischer Systeme zu kennen und in der Lage zu sein, diese anzuwenden. Wir werden mit dem Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines Systems beginnen.



Avion III de [fr:Clément Ader](#). Musée des Arts et Métiers, Paris (Quelle, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) , Photo et photo-montage © [Roby](#) )

### 2.1.1 Definition



Eine notwendige Bedingung für die prinzipielle Lebensfähigkeit eines technischen Systems ist das Vorhandensein und die minimale Funktion der grundlegenden Teile des Systems.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems*

Die Konsequenz:

Damit ein technisches System kontrollierbar ist, ist es zumindest erforderlich, dass ein Teil des Systems kontrollierbar ist. „Kontrollierbar sein“ bedeutet, seine Eigenschaften so zu verändern, wie es eine Regelung verlangt. (Vgl. S.224)

Das Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines Systems gehört zur weiteren Kategorie der „Statik“-Gesetze, das sind die Gesetze, die den Beginn des Lebens eines technischen Systems festlegen. Es ist jedoch wichtig zu verstehen, dass sich das Gesetz nicht nur auf alte technische Systeme wie Bogen, Steinaxt oder Katapult bezieht. Jedes technische System verändert sich im Laufe seiner Entwicklung. Sehr oft werden ein oder mehrere Grundteile in einem technischen System komplett ersetzt. In dem Moment, wenn eine solche Veränderung der Teile stattfindet, erscheint tatsächlich ein neues System und das Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines Systems wird anwendbar.

### 2.1.2 Theorie

#### 2.1.2.1 Details

Jedes technische System besteht aus bestimmten Teilen. Wenn wir ein technisches System untersuchen, können wir seine Teile betrachten. Eine Füllfeder besteht aus einem Gehäuse, einer Schreibfeder, einem Tintenspeicher und einem Stöpsel. Wir nutzen solche Beschreibungen, um

eine detaillierte Beschreibung der Vorrichtung des technischen Systems zu geben und um ein besseres Verständnis der Arbeitsweise zu haben. Dies ist ein Modell eines Systems, das durch die Komponenten des Subsystems aufgebaut ist. Es gibt viele Systemmodelle: zum Beispiel, ein Bild von einem Flugzeug oder einem Auto; das elektronische Schema eines Telefons; eine Schilderung darüber, was ein Computer ist; eine textliche Beschreibung einer Brille – all das sind Modelle von verschiedenen technischen Systemen.

Das Modell, das bei dem Gesetz der Vollständigkeit der Teile eines Systems Anwendung findet, bestimmt die Hauptbestandteile eines jeden Systems vom Standpunkt des Funktionierens und der Entwicklung aus. Das Hauptziel des vorliegenden Modells ist seine Verwendung bei der Problemlösung. Dieses Modell ist mit bestimmten Zielen/Aufgaben aufgebaut. Zum Beispiel ein Foto von einem Apparat gibt einen allgemeinen Überblick über das Aussehen, oder Zeichnungen von Bestandteilen beschreiben die wesentlichen Teile. Das Modell wird gut, wenn es erlaubt, die gesetzten Ziele zu erreichen und Antworten zu den gestellten Fragen liefert. Zum Beispiel wird das aerodynamische Modell eines Autos verwendet, um den Luftwiderstand zu minimieren.

Das Ziel des vorliegenden Modells ist es, alle technischen Systeme zu verallgemeinern und die allgemeinen Besonderheiten eines technischen Systems zu zeigen.

Die Mindest-Arbeitskapazität der Teile des Systems ist die Fähigkeit der Teile, zusammenzuarbeiten um die Grundfunktionen des technischen Systems auszuführen. Das Kriterium für die Ausführung ist der Wechsel in den Parameterwerten der Elemente. (während der Beschreibung der Funktion im OTSM-ENV-Modell).

Die mindestens zulässige Änderung der Parameterwerte wird verursacht durch die Anforderungen des Nutzers an das vorliegende technische System. Informationen über den Algorithmus, der die Funktion definiert, sind im Kapitel 1.4 Werkzeuge beschrieben → Wie legt man die Funktion eines technischen Systems korrekt fest?

Nehmen wir beispielsweise die Funktion eines Autos, die wie folgt modellhaft dargestellt werden kann: um die Position (N=Name des Merkmales/ der Eigenschaft) einer Person (E=Element) von ihrem Haus (V1=Wert 1) zu ihrem Arbeitsplatz (V2=Wert 2) zu ändern. Wenn ein grundlegend neues Automodell eine Person nur ein paar Meter weit bringen kann (um die Position zu verändern), ist es offensichtlich nicht genug für den Kunden. Niemand würde so ein Auto kaufen, aber es ist durchaus möglich, dass es den Konstrukteur in einer frühen Phase der Entwicklung zufrieden stellen kann.

Anders gesagt besitzt ein festgelegtes technisches System notwendige Bedingungen für seine Lebensfähigkeit. Es enthält die Grundteile entsprechend dem Vier-Elemente-Modell. Diese Teile haben minimale Funktionskraft in ihrer Struktur.

### 2.1.2.2 Die typischen Fehler

Oft scheint die Verbindung zwischen dem Gesetz und seinen Konsequenzen nicht offensichtlich zu sein. Es ist wichtig, die Logik einer Konsequenz über die Steuerbarkeit und ihre Verbindung mit dem Gesetz zu verstehen. Steuerbarkeit wird in der weiteren Erläuterung des Gesetzes noch detaillierter erklärt. Unter Steuerbarkeit versteht man grundsätzlich die Möglichkeit, den Wert der Parameter des technischen Systems und seiner Teile während der Betriebszeit zu verändern. Jeder Teil des technischen Systems arbeitet in einem „Organismus“ und wird mit dem Ziel, die allgemeine Funktion zu erreichen, verwendet. Aufgrund dessen, ist es möglich das ganze System zu betreiben, indem man einen seiner Teile betreibt.

Es ist fair, das Gegenteil zu behaupten. Wenn es nicht möglich ist einen wesentlichen Bestandteil des Systems zu betreiben, ist das ganze System nicht funktionstüchtig (d.h. wir können den Parameterwert eines Teiles ändern, um die Parameter für das ganze System zu ändern).

## 2.1.3 Modell

Das Modell beinhaltet die wichtigsten Teile eines Systems: das Antriebssystem (Motor), das Übertragungssystem, das Werkzeug (Arbeitssystem), das Steuerungssystem. (Die Hauptteile des technischen Systems werden nachfolgend in Abb. 1.3. durch die gestrichelte Linie getrennt.) Normalerweise bilden die Energiequelle und das Objekt keinen Teil des technischen Systems beispielsweise die Wasserströmung in einem Fluss, die das Mühlrad in Bewegung bringt oder der Wind, der eine Windturbine zum Rotieren bringt. Jedoch ist die Energiequelle in manchen Fällen im technischen System enthalten, zum Beispiel, die Batterien eines technischen Systems, das eine elektrische Fackel ist. Der Motor und die Energiequelle sind oft dasselbe, aber nicht immer. Nachfolgend betrachten wir das Vier-Elemente-Modell etwas genauer. Zu allererst werden wir mit der Funktionsdefinition des technischen Systems beginnen.

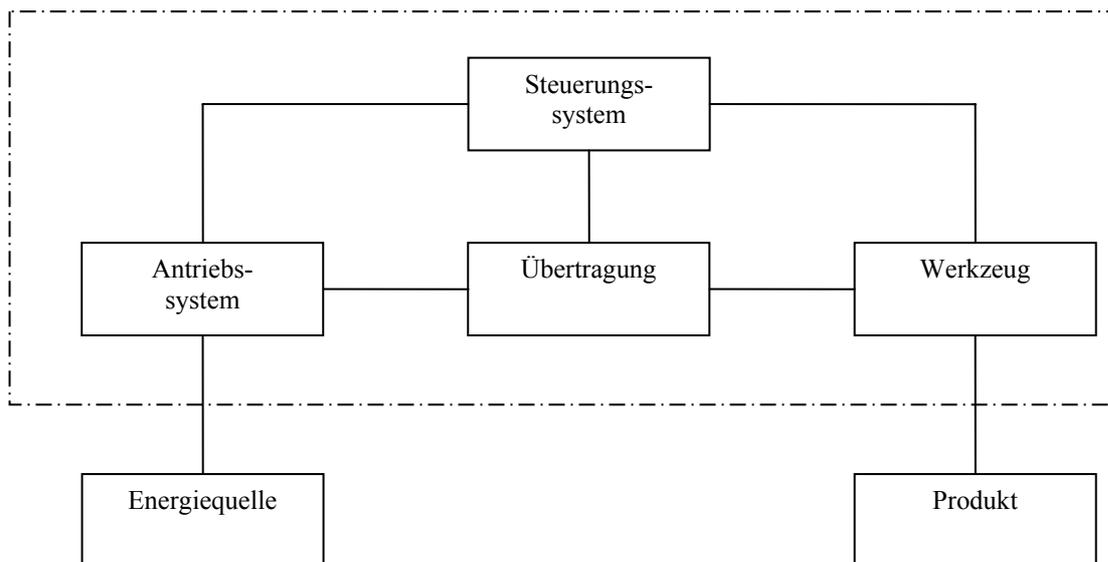


Abb. 1.3. Die Hauptteile eines technischen Systems

## 2.1.4 Werkzeuge (und wie man sie benützt)

### 2.1.4.1 Wie legt man die Funktion des technischen Systems korrekt fest?

Die Funktion des technischen Systems sollte definiert sein, bevor wir „das Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines technischen Systems“ praktisch verwenden. Das ist eine wichtige Phase.

Die Funktion ist in der Tatsache der Existenz eines Systems begründet. Um genauer zu sein, mit welchem Ziel wir das System verwenden. Wenn wir keine eindeutige Idee für seine Funktion haben, können wir die Zusammenstellung des Systems nicht entsprechend dem Vier-Elemente-Modell festlegen. In diesem Fall macht es keinen Sinn von einem System zu sprechen.

#### 2.1.4.1.1 Ein paar einleitende Bemerkungen

(\*) Ein technisches System könnte durch verschiedene Modelle dargestellt werden mit dem Ziel verschiedene Funktionen zu erfüllen.

(\*\*) Es wird darauf hingewiesen, dass eine analoge Situation während der Analyse anhand des Schemas des Multidimensionalen Denkens vorkommen kann. Wenn die Funktion nicht defi-



niert worden ist, wird sich während der Analyse nur Unsinn ergeben. Ohne die Funktion des technischen Systems festzulegen, ist es nicht möglich, die Struktur des Systems nach der OTSM-TRIZ-Theorie zu diskutieren.

## 2.1.4.1.2 Die Struktur des Systems

Was verstehen wir unter der Struktur des Systems? Es ist die Zusammensetzung der Einzelteile im System und die Darstellung der Komplexität der Verbindungen im System, als Folge dessen jene Qualität auftritt, welche wir auch „die Funktion“ nennen. Mit Hilfe dieser Funktion erreichen wir das formulierte Ziel. Alle jene Funktionen, die zur Verbesserung der Qualität dienen, sind Einzelteile des Systems. Andere Phänomene, die nicht funktionieren, bestimmen nicht die Komponenten eines Systems, selbst wenn sich diese Elemente im System befinden. Auf der anderen Seite bilden Elemente, die sich weit weg von dem System befinden und keine Beziehung dazu haben, einen Teil des Systems, wenn die Funktion einmal definiert ist. Um genauer zu sein, wenn wir die Funktion korrekt definieren, bilden wir oft eine neue Vision des technischen Systems und entdecken vorher unbemerkte Verbindungen. Das ist eines der Hauptziele der Analyse. Um präziser zu sein, bilden wir das Modell eines Minimalsystems mit der definierten Funktion.



## 2.1.4.1.3 Der Algorithmus der definierten Funktion

Der Algorithmus der definierten Funktion besteht aus drei Schritten:



**1 Das gewöhnliche Sprachmodell der Funktion.** Eine Person erklärt in Worten, was sie von dem System erreichen will. Studenten erledigen das normalerweise schnell und gehen zum zweiten Schritt weiter. Aber es gibt auch Fälle, bei denen eine Einigung über die verbale Beschreibung der Funktion nicht so leicht zustande kommt. Um zu einer Einigung zu kommen, brauchen wir den zweiten Schritt.

**2 Das Verb-Nomen-Modell – Wertanalyse-Modell.** Das ist ein Modell des Universal Semantic Code (USC) und der Wertanalyse. In der Praxis erscheinen oft einige Verben während der Analyse der Funktion des technischen Systems, die besonders charakteristisch für ein kompliziertes System ist. Ein Nomen (Namenwort) beschreibt normalerweise ein Produkt, das verändert wird, und das Verb (Zeitwort) charakterisiert den Weg, wie sich das Produkt verändert. Dieser Ansatz ist hilfreich für die funktionale Analyse, es ist sehr viel besser diesen Ansatz zu verwenden, als das mündliche Modell anzuwenden, das die Universalsprache verwendet. Dennoch können die folgenden Probleme auftreten. Erstens, die Existenz eines Verbs mit der gleichen Bedeutung. Zweitens, unsere Erfahrung zeigt uns, dass dieses Modell (Verb-Nomen-Modell – Wertanalyse-Modell) in vielen Fällen an einen toten Punkt führt oder sogar in die falsche Richtung.

## **3 Das Vier-Verben ENV-Modell – OTSM-ENV Modell der funktionalen Beschreibung.**

Das ENV-Modell erlaubt eine tiefere Analyse und eine detaillierte Beschreibung der Funktion. Es gibt auch Möglichkeiten, das Modell zu entwickeln und zu verbessern, dadurch ist es besser als das Verb-Nomen Modell. Wir sollten vier spezielle Verben verwenden und die Funktion unter der Verwendung der Fachausdrücke des OTSM-ENV Modells beschreiben.

Zu allererst sollten wir das „Element“ definieren. Während des zweiten Schrittes, wie oben angeführt, haben wir Verb und Nomen zu definieren. Das Nomen ist ein Element, um genauer zu sein, ein Produkt. Wenn wir ein anderes Element beim Übergang zum dritten Schritt brauchen, bedeutet das, dass wir es falsch definiert haben. In diesem Fall ist es notwendig, zum zweiten Schritt zurückzugehen und das Verb-Nomen Modell zu konkretisieren.

Ein Verb beschreibt die Änderung einer Sache, während die Funktion diese Änderung darstellt. Es gibt vier Arten von Verben, die alle eine Veränderung ausdrücken: "verändern",

"abnehmen", "zunehmen" (das sind Variationen für verändern, denn manchmal ist es wichtig, konkrete Angaben zu machen) und viertens, "gleich bleiben". Wenn wir von Management/Kontrolle sprechen, brauchen wir „verändern“, um genauer zu sein, wir verwenden die zweierlei Bedeutungen – abnehmen und zunehmen.

Was verändern wir besonders? Was bedeutet es, das Element „E“ zu verändern? Wir verändern einen bestimmten Parameter dieses Elementes, N, „Name des Parameters“.

Wie ändern wir diesen Parameter? Wir verändern die Bedeutung des Parameters: „Wert des Parameters“. Bei der Beschreibung des Modells sollten wir angeben: „die Veränderung des Parameterwertes N des Elements E vom Wert V1 zum Wert V2. Zum Beispiel, die Veränderung des Wertes eines halbfertigen Produkts vom Rohmaterial verändert den Wert des Produktes. Wir haben zumindest einen Parameter.

Bemerkung:

(\*) Eigentlich ist es notwendig zu erwähnen, dass eine Funktion die Veränderung eines Parameters herbeiführt. Wenn wir verschiedene Parameter haben, bedeutet das, wir haben verschiedene Funktionen, und das führt zur Schlussfolgerung, dass wir verschiedene verschränkte Systeme haben.

Das ist auch der Grund, warum es einen vierten Typus des Verbs gibt, "gleich bleiben" – nicht verändern. Eigentlich ist es ein rein psychologischer Trick im Laufe des Trainings. Es ist oft leichter für einen Studenten das Verb "gleich bleiben" anstatt des Wortes "verändern" zu verwenden. Ein typisches Beispiel ist eines, das wir im Training verwenden: was ist die Funktion einer Flasche? Wasser aufzubewahren. Der Definition zufolge stellt die Funktion immer eine Art von Veränderung dar. Wenn wir mit dem Wort "gleich bleiben" konfrontiert werden, bedeutet das, dass wir mit der psychologischen Trägheit konfrontiert werden. Das Verb "gleich bleiben" dient als Indikator für einen tiefgehenden Prozess, den wir verstehen sollten. Wenn wir "gleich bleiben" sagen, sollten wir über den nachfolgenden Schritt nachdenken, dh. was sollten wir ändern, damit es gleich bleibt – damit unerwünschte Veränderungen verhindert werden und der momentane Status beibehalten wird.

Lassen Sie uns die typischen Beispiele aufzeigen, um die Funktion des technischen Systems zu definieren und um zu verstehen, **was verändert werden sollte**. Um es besser zu verstehen, im Rahmen der konkreten, beschriebenen Situation, sollte man ein Gedankenexperiment durchführen – ein Objekt wegnehmen. Gedanklich werden wir die Flasche wegnehmen, nicht das Wasser. Was wird passieren? Das Wasser wird davon fließen... Warum? Weil Gravitationskräfte Einfluss auf diesen Prozess ausüben. Deshalb muss die Funktion der Flasche den Einfluss der Gravitationskräfte ausgleichen, verändern und korrigieren. Die Funktion ist, den Wasserfluss zu verhindern und zu ändern.

Dieser Algorithmus erlaubt es uns, tiefgehende Analysen durchzuführen, die Funktion präziser zu formulieren und die Teile des Systems zu definieren.



## 2.1.5 Beispiel

Lassen Sie uns die traditionelle Anwendung eines Kraftfahrzeugs betrachten, das Menschen und Waren transportiert.

### 2.1.5.1 Der erste Schritt

Der erste Schritt ist das gewöhnliche Sprachmodell. Autos werden normalerweise genutzt, um Menschen und Waren von einem Ort zum anderen zu transportieren. Wir werden keine andere Funktion des Autos betrachten, wie zum Beispiel, Schutz vor dem Regen, Distanzmessung zwischen zwei Punkten. Es kann als Lager für alle Sachen dienen und es hat viele andere Funktionen (dieses Thema passt eher zum Verlauf der Entwicklung kreativer Vorstellungskraft).

### 2.1.5.2 Der zweite Schritt

Ein Objekt, ein Produkt: eine Person.

Die Funktion: eine Person zu bewegen, sie oder ihn zu transportieren.

### 2.1.5.3 Der dritte Schritt

Das ist das ENV-Modell, bei dem „E“ das Element, „N“ der Name des Parameters und „V“ der Parameterwert ist.

Für das Beispiel des Autos bedeutet das, E ist eine Person, N ist die Position der Person, V1 ist von zuhause weg und V2 ist zur Arbeit.

Die Funktion ist daher: die Position (N) einer Person (E) von zuhause (V1) auf zur Arbeit (V2) zu verändern.

## 2.1.6 Wie legt man die Teile des technischen Systems korrekt fest?

### 2.1.6.1 Einige einleitende Bemerkungen

Der typische Fehler ist, dass wir noch vor der Definition der Funktion des Systems versuchen, die Hauptteile entsprechend des Vier-Elemente-Modells festlegen. In diesem Fall definiert die Analyse des technischen Systems seine Hauptteile und repräsentiert eine subjektiven Sichtweise.

„Es scheint mir so, ich sehe es auf diese Art und Weise.“

### Das Produkt

Wenn wir die Funktion definieren, werden wir automatisch das Produkt definieren. Das Produkt ist als die Erfüllung der Funktion definiert, der Prozess der Veränderung. Das Werkzeug ist Teil des Systems, das mit dem Produkt interagiert, zum Beispiel: die Schneide einer Drehbank, nicht die Drehbank selbst, eine Messerschneide, nicht das Messer selbst. Wir brauchen Energie, um die Funktion (die Änderung des materiellen Objekts) zu erfüllen. Das ist der Grund, warum wir einen Motor brauchen. Der Motor ist der Teil des Systems, der die verfügbare Energieart in die für das Werkzeug zur Erfüllung der Funktion notwendige Form transformiert. Die Übertragung beinhaltet die Teile des Systems, welche die verfügbare Energieart des Motors zum Werkzeug übertragen.

(\*) Wir benutzen das Konzept "Produkt" mit der Bedeutung eines Produktes, eines Objektes, das bereit ist, im täglichen Leben verwendet zu werden. Aus einer durchschnittlichen Sichtweise heraus ist rohes Gemüse, wenn es im kochenden Wasser für einige Zeit gekocht wurde, ein Produkt des Kochens, das gegessen werden kann. Die effektiveren Modelle, die OTSM-TRIZ vorschlägt, werden für Situationslösungen mit dem Ziel der Problemlösung verwendet. Die Sache, die wir Produkt nennen, ist nicht ein Endprodukt, sondern der Übergang von einem halbfertigen Produkt (Produkt 1) zu einem Produkt (Produkt 2), das zur Verwendung in einem anderen System oder zur Anwendung durch Menschen bereit ist. In diesem speziellen Fall überprüfen wir das Produkt in Hinblick auf das Multidimensionale Denken entlang der Zeitachse. Produkt 1 zeigt seine Qualitäten vor der Veränderung und Produkt 2 nach der Veränderung.

Produkt 1 existiert vom ersten Moment an. Durch den Einfluss des Werkzeugs erhalten wir im Laufe der Fertigstellung ein weiteres Produkt. Und als Ergebnis des Prozesses erhalten wir das Produkt 2, das zur Verwendung bereit ist. So, es gibt mindestens 3 Screens auf der Zeitachse beim Multidimensionalen Schema (System Operator). Alle drei Screens sind im Produkt enthalten, dessen Ziel es ist, die Funktion zu erfüllen. Während der Funktionserfüllung transformiert sich das Zwischenprodukt Schritt für Schritt in das Produkt, das zur Verwendung in einem anderen System oder zur Anwendung durch Menschen bereits ist.

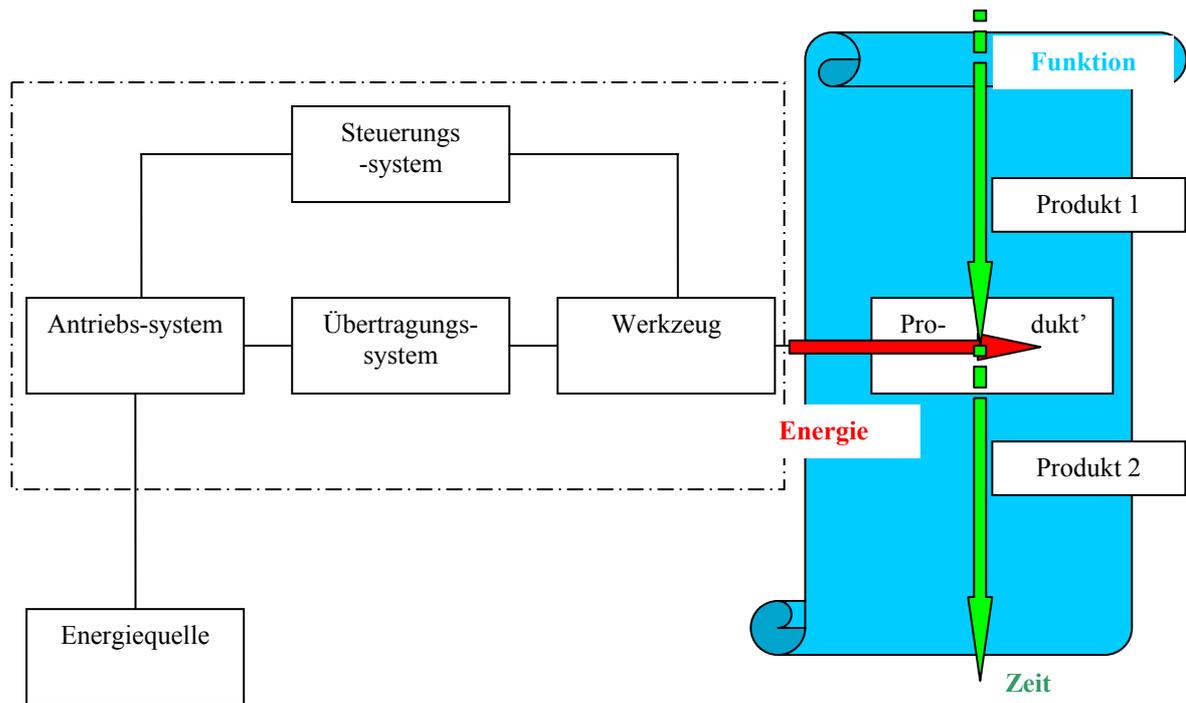


Abb. 1.4. Transformation von Produkt 1 in Produkt 2

## Der typische Fehler

Normalerweise kann jeder eine Definition im System Operator bilden. Aber in der Praxis, wenn wir über das Produkt diskutieren, ist es schwer zu verstehen, warum es notwendig ist, alles in Entwicklung, in Bewegung, zu sehen.

## Das Werkzeug

Wenn es notwendig ist etwas zu verändern, wird zumindest ein Parameter in seinem Wert geändert. Wenn wir ein materielles System haben, sollten wir normalerweise ein materielles Objekt ändern, um den Parameterwert zu verändern. Sogar, wenn wir die Position eines Objektes ändern, wird Energie verlangt. Es gibt etwas, das diese Veränderung durchführt. Wir nennen es das Werkzeug. Das Werkzeug ist etwas, das direkt mit dem Produkt zusammenarbeitet.

Anhand des Beispiels Auto: das Produkt ist eine Person. Es ist notwendig die Position des Produktes zu verändern. Was verändert die Position der Person/des Produktes? Nicht das Auto, aber Teile, die mit dem Produkt direkt zusammenarbeiten. Es ist der Sitz.

Altshuller gibt das klassische Beispiel: das Werkzeug ist nicht die Drehbank, sondern die Schneide der Drehbank. Wenn man einen Apfel mit einem Messer schneidet, ist nicht das Messer das Werkzeug, sondern die Messerschneide. Das ist eine sehr wichtige Abstufung.

## Der Motor – Das Antriebssystem

Sobald wir das Werkzeug definiert haben, kehren wir zur Frage der Energie zurück. Wir müssen Energie verbrauchen, um einen Parameter eines materiellen Objektes zu verändern. Entsprechend ist es notwendig zu verstehen, welche Art von Energie wir aufwenden sollten. Welche Art von Energie ist bei der Erfüllung der Funktion involviert?

Lassen Sie uns nicht nur das Vorhandensein einer Leitungsenergie betrachten, sondern auch die Kette der Umwandlungen von verschiedenen Arten von Energie. Beim Auto-Beispiel ist es notwendig, eine Person von einem Ort zu einem anderen zu transportieren, das ist eine lineare Bewegung. Wenn wir die kinetische Energie für diesen Zweck verwenden, werden wir sie von irgendwoher beziehen. Wir brauchen lineare kinetische Energie, um etwas zu transportieren.



Wir sollten die Stelle finden, wo lineare kinetische Energie in einem Auto auftaucht und wie sie das Werkzeug erreicht. Für uns ist es notwendig, das Antriebssystem - den Motor zu definieren (nicht den physischen Motor eines Autos, sondern den Motor definiert entsprechend den Klassifizierungen des Vier-Elemente-Modells).

(\*) Beachten Sie, dass der Motor eines Autos eine Dampfmaschine sein könnte, ein innerer Verbrennungsmotor, ein Dieselmotor, ein Teil einer Schnur, ein mechanischer Umwandler auf der Basis einer Feder oder eines Gummis, ein Düsenstrahl einer Flüssigkeit oder eines Gases, ein aufgedrehtes Schwungrad (wie bei Kinderspielzeug und anderen Dingen)

(\*\*) Im vorhergehenden Absatz haben wir über den Teil des Autos gesprochen, den wir umgangssprachlich einen Motor nennen. Was ist der Motor in einem traditionellen Fahrzeug in Hinblick auf das Vier-Elemente-Modell unter Berücksichtigung verschiedener Situationen? Es ist nicht unbedingt ein Automotor. Zum Beispiel, Fässer gefüllt mit Luft, Schwimmkörper, können ein Motor sein, wenn sie die Funktion ausüben, ein versunkenes Auto vom Flussbett an die Oberfläche zu schaffen.

Wenn wir im Rahmen des OTSM-Ansatzes zur Problemlösung von einem Antriebssystem (einem Motor) sprechen, sprechen wir vom letzten Energieumwandler einer Form (die primäre Energie der „Energiequelle“), die für das vorgegebene technische System verfügbar ist. Die Energie wird in einem oder mehreren Schritten in eine Art von Energie umgewandelt, die für das "Werkzeug" notwendig ist. Es ist eine Kette von Umwandlungen und wir wählen die letzte Transformation aus, als Folge wird jene Energie erhalten, die zur Erfüllung der Funktion notwendig ist. Dieser Moment ist speziell für die Situationsanalyse wichtig, wenn es notwendig ist, Erklärungen für unklare und unerwünschte Effekte zu finden.

## **Das Übertragungssystem**

Das Übertragungssystem beinhaltet alle Elemente (Subsysteme) des ganzen technischen Systems, durch welche Energie ohne Veränderung der Art übertragen wird. Die Energie wird vom Motor zum Werkzeug weitergeleitet. Es ist notwendig zu erwähnen, dass die Analyse dieses Prozesses von besonderer Bedeutung für die Erforschung der Gründe für unklare Effekte ist. Der schematische Algorithmus, der die Komponenten des minimalen technischen Systems definiert, wird nachfolgend gezeigt:

Funktion. OTSM Algorithmus  
Produkt  
Werkzeug  
Motor - Antriebssystem  
Übertragungssystem

### **2.1.6.2 Wie schätzt man die Arbeitskapazität der Teile des technischen Systems ein**

Anwesenheit der vier Teile des Systems  
Arbeitskapazität eines jeden Teiles außerhalb des Systems  
Arbeitskapazität eines jeden Teiles als Teil eines Systems  
Abschätzung im Einklang mit den anderen Entwicklungsgesetzen eines technischen Systems

### **2.1.6.3 Wie schätzt man die Arbeitsweise von Teilen des technischen Systems ein?**

Vorhandensein einer Steuerungseinheit – Haben wir einen solchen steuernden Teil in einem System?  
Wie hoch ist der Steuerungsgrad der anderen drei Elemente? (Abschätzen, ob sie mit der Aufgabe gut oder schlecht zurechtkommen)  
Welche Management-/ Kontroll-Parameter haben wir?



## 2.1.7 Beispiel (Problemlösung)

### 2.1.7.1 Beispiel: Die Bedingungen für eine "Antriebsunfähigkeit"

Lassen Sie uns die folgende Funktion eines Autos auf der Basis eines Verbrennungsmotors betrachten: „Sich selbst von einem Ort zum anderen bewegen“.

Lassen Sie uns dann die Frage stellen: „Unter welchen Bedingungen wird das Auto seine Funktion nicht erfüllen, sich selbst, Personen und Waren nicht bewegen und transportieren?“

Es ist möglich, dass ein Teil des Vier-Elemente-Modells fehlt: Antriebssystem (Motor), Übertragungssystem, Werkzeug oder Steuerungssystem. Was bedeutet das?

Verwenden wir das Beispiel, wenn der Motor fehlt oder unfähig ist.

Wenn ein Auto am Mond wäre, ist die Sache, dass der Sauerstoff, der am Mond nicht vorhanden ist, notwendig für das Funktionieren des inneren Verbrennungsmotors ist. Der Grund für die Unfähigkeit des Motors ist das Fehlen eines Teiles der Energiequelle: Petroleum und Sauerstoff.

Wir werden es mit einem weiteren, verwandten Beispiel veranschaulichen. Wir brauchen nicht reines Petroleum für den inneren Verbrennungsmotor, tatsächlich brauchen wir eine Mischung von Petroleum und Sauerstoff in einem bestimmten Verhältnis, sehr kleine Tropfen von Petroleum in der Luft, ein Benzinnebel, der eine Einheit des Motors ausmacht – der Vergaser. Der innere Verbrennungsmotor wird nicht funktionieren, wenn wir den Zylinder mit Petroleum füllen. Wenn wir die Qualität des Treibstoffs in solch einer Art und Weise verändern, dass der Nebel nicht entstehen kann, kann der Treibstoff in weiterer Folge nicht verbrannt werden und der Motor kann die chemische Energie des Treibstoffs in mechanische Energie der bewegenden Kolben umwandeln. In einem Detektivfilm gießt der Held gewöhnlichen Zucker in den Benzintank, um seine Verfolger davon abzuhalten, mit dem Auto zu fahren und ihn zu jagen. Der "Benzinsirup", der entstanden ist, hat andere Eigenschaften, zum Beispiel, seine Zähflüssigkeit. In diesem Fall ist der notwendige Treibstoff für die Verbrennung nicht verfügbar – der Neben wird nicht gebildet, der Motor wird nicht starten, das Auto wird nicht fahren (wir empfehlen diesen Versuch nicht zu wiederholen, denn er kann den ganzen Motor zerstören).

Bemerkung:

Es ist sehr wichtig die gesamte Kette der Energieumwandlungen zu analysieren, das Funktionieren des technischen Systems und die Struktur im Detail, um das technische System zu analysieren und ein Problem zu lösen.



### 2.1.7.2 Beispiel: "Übertragungsunfähigkeit"

Das Auto kann die formulierte Funktion nicht erfüllen, wenn die Übertragung fehlt oder fehlerhaft ist. Das Übertragungssystem ist ein Teil des technischen Systems, wo Energie in die Form seiner Motortransformation umwandelt wird, sie dem Werkzeug bereitzustellen. In dem Fall des Kraftfahrzeug mit dem inneren Verbrennungsmotor, mechanische Energie (Rotation). Als Ergebnis der Treibstoffverbrennung im Zylinder ergibt sich eine Vor- und Rückwärtsbewegung der Kolben. Wenn wir einfach diese Bewegungen (wie die Bewegung einer Schaukel, vor und zurück) auf die Räder übertragen, wird sich das Auto nicht bewegen. Es ist notwendig für die Umwandlung einer mechanischen Energieform in eine andere, dass sie stattfindet, und folglich wird die Bewegung der Kolben zur Rotation der Räder führen. Zu diesem Zweck gibt es zahlreiche Übertragungsmechanismen in einem Auto; Antriebswelle, Zahnräder, Kupplung...

### 2.1.7.3 Beispiel: "Werkzeugsunfähigkeit"

Das Auto vollbringt nicht die gewünschte Funktion (sich selbst von einer Stelle an eine andere zu bewegen), wenn das Werkzeug fehlt oder kaputt ist. Das Rad treibt das Auto entlang der Straßenoberfläche voran. Zum Beispiel, ein Rad kann auf einer rutschigen Straße nicht starten. Reibung, die Verbindung der Räder mit der Straßenoberfläche, ist notwendig, um das Auto in



Bewegung zu setzen. Das Standardauto, das fähig ist, über das Wasser zu schwimmen, kann sich nicht über einen Fluss oder See bewegen. In diesem Fall brauchen wir eine andere Vorrichtung, zum Beispiel, spezielle Räder mit Lamellen oder einen Propeller wie auf einem Schiff.

Auf dem nachfolgenden Foto wird das „Amphicar“ gezeigt. Seine Werkzeuge für die Zeit der Bewegung am Wasser (entsprechend dem Vier-Elemente-Modell) sind zwei mittelgroße Propeller.

### 2.1.7.4 Beispiel: "Unfähigkeit des Steuerungssystems"

Das Auto funktioniert auch dann nicht normal, wenn das "Steuerungssystem" fehlt oder kaputt ist. Das Steuerungssystem beinhaltet auch die Lenkung, die Bremsen, den Rückspiegel. Aber zuerst ist es notwendig, den Arbeitsbetrieb des Motors zu ermöglichen. Es reicht nicht aus, die Zylinder mit Benzinnebel zu füllen, er muss im richtigen Moment transportiert werden, nicht früher und nicht später. Es ist notwendig ihn zu entzünden, um genauer zu sein, einen Funken zu erzeugen, in dem Moment, in dem der Benzinnebel im Zylinder bereitgestellt wird. Es ist notwendig die entstandenen Abgase vom Zylinder freizusetzen. In den meisten Fällen ist das im Betriebssystem des Motors programmiert; der Fahrer selbst kann einige Vorgänge kontrollieren bzw. steuern.



### 2.1.7.5 Beispiel

Als letztes Beispiel zeigen wir einen unterhaltsamen Blick auf ein Auto aus der Steinzeit. Wie hat es in der Vergangenheit ausgesehen? Es gab Räder und einen Motor, Karosserie und eine Fahrerkabine... Aber dieses Auto wird nie die charakteristischen Funktionen eines Autos erfüllen: „Menschen und Waren von einem Ort zu einem anderen transportieren“. Das Steinzeit-Auto kann sich nicht selbst bewegen. Seine Teile sind nicht in der Lage getrennt oder als Teil des Systems zu arbeiten.



Werkzeug und Steuerungssystem.

Sie führen die definierte Funktion gemeinsam aus. Zum Beispiel, sie bauen ein Haus.

- (1): Die Zusammenstellung der Elemente hängt von der definierten Funktion ab. Zum Beispiel, eine Menschenmenge mit verschiedenen Berufen. Aber unser System ist durch die ausgesuchte Funktion definiert, das Ziel ihrer Aktivität.
- (2): Wenn einer von ihnen nicht arbeitet (oder er nicht in der Kette zu finden ist), arbeitet das ganze System nicht. = die Definition des Gesetzes der Vollständigkeit.
- (3): Alle arbeiten mit maximaler „Kapazität“, nur einer arbeitet „langsam“. Das allgemeine Ergebnis wird dann durch die Produktivität der langsamsten Person definiert. = die Arbeitsleistung des gesamten Systems ist definiert durch die Arbeitsleistung des schwächsten Elements (Person).
- (4): Die Steuerung / Kontrolle des Systems. Wenn eine nicht funktionstüchtige Person unter ihnen ist (Antriebseinheit, Übertragung, Werkzeug), gibt es keine Möglichkeit, dass das gesamte System funktioniert.

### 2.1.8 Selbsttest

#### Fragen, Aufgaben

- Welche Unterschiede bestehen zwischen dem technischen System und anderen technischen Objekten?
- Welche Teile gehören zum Vier-Elemente-Modells?
- Wie kann man das „Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines technischen Systems“ definieren?
- Welche Bedingung ist notwendig für die Existenz eines steuerbaren technischen Systems?





## 2.1.9 Zusammenfassung

Wir können uns jedes technische System als ein Modell vorstellen, das aus vier Teilen besteht – Antriebssystem (Motor), Übertragungssystem, Werkzeug und Steuerungssystem . Das technische System wird funktionieren, wenn es aus diesen vier Mindestarbeitsteilen besteht.



## 2.1.10 Literatur

1. **Altshuller, G. S.**, *Creativity As an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (russisch) (Sovetskoye Radio, Moskau, 1979), S. 123.
  2. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 223-224.
  3. **Salamatov, J.**, “System of development of creativity laws”. In *Chance of Adventure* (russisch), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), S. 62-67.
  4. **Khomenko, N.**, *Handbook for Advanced Master in Innovative Design course*. (Strasbourg, 2003–2009).
- Khomenko, N.**, “The law of completeness of parts of the system with OTCM-TRIZ interpretation” (russisch) (Manuskript, Karlsruhe, 9. Juli 2008).

## 2.2 Das Gesetz von der energetischen Leitfähigkeit eines Systems

Entsprechend den deutschen Verkehrsvorschriften sollte ein Fahrrad einen Scheinwerfer und ein Rücklicht eingeschaltet haben, wenn man damit nachts auf der Straße unterwegs ist. Die zugrundeliegende Energiequelle für diese Vorrichtungen muss ein Dynamo sein, anstatt von Batterien, Akkus oder sogar solarbetriebenen Batterien. Wieso? Wir werden bemerken, dass viele Regeln und Gesetze, wie manche Rechtsanwälte es bezeichnen "in Blut geschrieben sind". Um genauer zu sein, Erfahrungen vieler Menschen werden verwendet, sich auf Negatives zu konzentrieren und darauf, wie man Probleme übersteht. Anders ausgedrückt sind in solchen objektiven Gesetzen, Empfehlungen zur ihrer Vollziehung und Bestrafungen für mögliche Fehler beschrieben.

Lassen Sie uns zu dem Fahrrad zurückkehren. Um genauer zu sein, zum System der Signalisierung und Beleuchtung. Die Vorrichtung für die Beleuchtung ist das Wichtigste beim Fahrrad, wenn nachts damit gefahren wird. Die Energiequelle für das Fahrrad ist die Muskelkraft des Radfahrers. Durch die Bewegung des Fahrrads gibt es immer eine Quelle mechanischer Energie, die der Dynamo in elektrische Energie umwandelt. Diese Quelle ist verlässlicher als eine Batterie oder ein Akku und es ist nicht Teil der Vergesslichkeit des Radfahrers. Ohne Zweifel hat dieses technische System jedoch einige Fehler. Wir werden diese und Wege zur Lösung der Probleme genauer in den folgenden Abschnitten betrachten.

### 2.2.1 Definition

Das Gesetz der energetischen Leitfähigkeit eines Systems: eine notwendige Bedingung für die Lebensfähigkeit eines technischen Systems ist der ungehinderte Energiefluss durch alle Teile des Systems

Altshuller, G. S., Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 225.

Die logische Konsequenz des zweiten Gesetzes ist ebenfalls bedeutend. Es ist notwendig, die energetische Leitfähigkeit zwischen den Teilen und den Steuerungsorganen zu sichern, um den Teil des Systems zu kontrollieren.

Vgl., S. 226-227.

Das Gesetz der energetischen Leitfähigkeit / bzw. Energetischen Leitfähigkeit des Systems gehört zu Kategorie der Gesetze der „Statik“ im weiteren Sinne, das sind die Gesetze, die den Lebensbeginn eines technischen Systems definieren.



### 2.2.2 Theorie

#### 2.2.2.1 Leitung der Energie als ein geschätzter Parameter des technischen Systems

Die erste Bedingung für die Lebensfähigkeit des technischen Systems ist durch das Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines technischen Systems beschrieben – Präsenz und minimale Arbeitsfähigkeit der grundlegenden Teile des Systems (Motor, Übertragung, Werkzeug und Steuerungseinheit).

Lebensfähigkeit wird als das qualitative Charakteristikum betrachtet, das eine Anzahl von geschätzten Parametern enthält.

Die Fähigkeit eines technischen Systems die Funktion auszuführen, betrieben zu werden, zu koexistieren, zu kooperieren, und auch mit anderen technischen Systemen zu konkurrieren, hängt von vielen Bewertungsparametern (messbaren Parametern) ab, die für jedes technische System definiert werden; Geschwindigkeit, Verlässlichkeit, Kosten, Nutzungsspielraum etc. Im Entwicklungsprozess des konkreten technischen Systems wird die Definition von "Lebensfähigkeit" erweitert. Sie wird durch die neue Bewertungsparameter ergänzt.

Folglich sind zusätzliche Kriterien, Bewertungsparameter, notwendig, um die Lebensfähigkeit des technischen Systems im Prozess der steigenden Voraussetzungen der Benutzer hinsichtlich der Parameter der auszuführenden Funktion, der Entwicklung des technischen Systems, des Überlebens in den konkurrenzfähigen Umwelten, zu erhöhen. (Bemerkung: In diesem Fall sprechen wir von geschätzten Parametern für das Modell des technischen Systems.

Um auf das Beispiel des Fahrrades vom Anfang des Kapitels zurückzukommen, werden wir aufgrund dessen eine Schlussfolgerung ziehen. Welche Bedeutung hat die Aussage: „für den Erhalt der minimalen Arbeitsfähigkeit des technischen Systems“ ist die „Überleitung der Energie in alle Teile des technischen Systems“ zusätzlich zu den Grundteilen des technischen Systems – Motor, Übertragung und Werkzeug – notwendig. Für das technische System der Fahrradbeleuchtung ist der "Motor" in Form von Batterien fremd aus Sicht des Durchlasses und der Umwandlung von mechanischer Energie. Batterien, Akkus können als zusätzliche "Quelle" und als "ein Motor" des technischen Systems verwendet werden.

Die energetische Permeabilität wird durch eine Energiequelle gewährleistet – die Muskelkraft der Person, die durch den Motor kommt, zum Werkzeug übertragen wird und weiter zum Produkt (die Sinnesorgane der Person, die Augen).

### 2.2.2.2 Die typischen Fehler

Um das Wesen des Gesetzes von der energetischen Leitfähigkeit eines technischen Systems zu verstehen und zu begreifen, ist es notwendig, Definitionen, Theorie und die Beispiele aufmerksam durchzulesen. Lassen Sie sich Zeit. Neue Ideen werden nicht von unserer Gesellschaft wahrgenommen, sondern auch die Registrierung in unseren Köpfen fällt zeitweise schwer. Die Leitung der Energie ist in erster Linie nicht für das technische System wichtig, sondern für den Benutzer dieses technischen Systems. Schenken Sie den Worten "die Bedingung für die grundlegende Lebensfähigkeit" in den Definitionen Aufmerksamkeit. Um genauer zu sein, wird hier die Fähigkeit des technischen Systems beschrieben, das in der Lage ist, die Funktion auszuführen.

### 2.2.2.3 Beispiel Roter Faden (Erklärung der Theorie)

Seit 1776 stellten die Fabrikarbeiter auf Befehl des Marineministeriums Seile für die militärische Flotte her und sie beginnen, die Seile mit einem roten Faden zu verknüpfen. Der Faden wurde so verknüpft, dass nicht einmal ein kleines Stück des Fadens entfernt werden konnte. Wofür war das gut? Zwei wichtige Probleme konnten so gelöst werden. Als erstes, im Laufe der Verwendung wurden die Seile abgenutzt und eine weitere Verwendung wurde ab einer bestimmten Dicke gefährlich. Der rote Faden wurde so verknüpft, dass es möglich war, den Rückgang der Dicke einer Seillänge ab einem bestimmten Maß zu beobachten. Das zweite Problem drehte sich um den Diebstahl der Seile aus der Fabrik. Die Verwendung eines roten Fadens in jedem Teil des Seils machte es leicht, den Verbrecher zu entlarven.

Dieses Beispiel dient als gute Veranschaulichung des Gesetzes der energetischen Leitfähigkeit. Für den Erhalt minimaler Lebensfähigkeit des technischen Systems, sollte Energie wie ein roter Faden durch alle Teile des technischen Systems hindurchgehen.



## 2.2.3 Modelle

### 2.2.2.3.1 Das Vier-Elemente-Modell

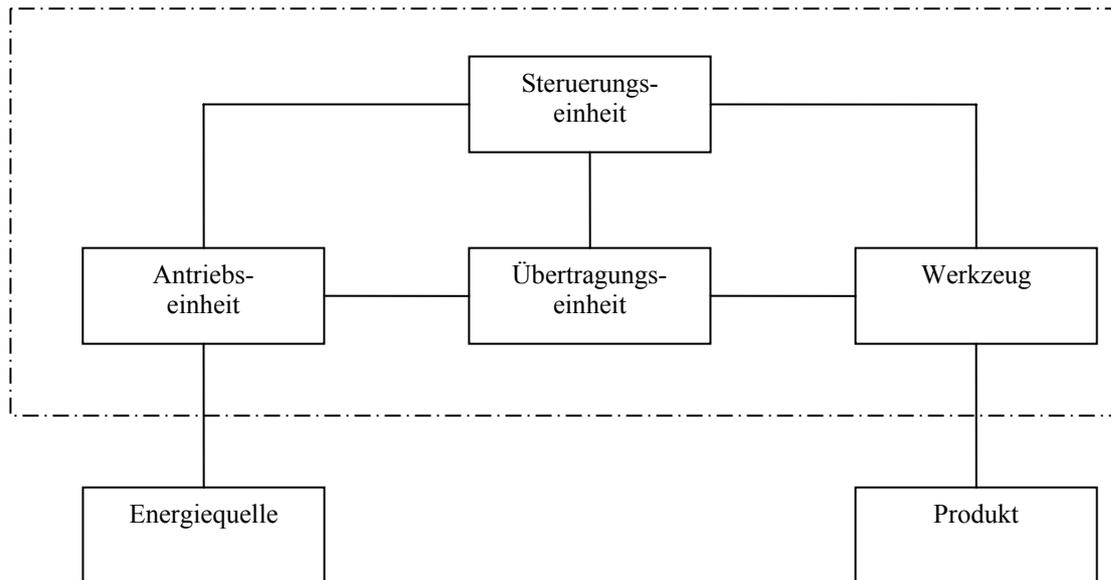
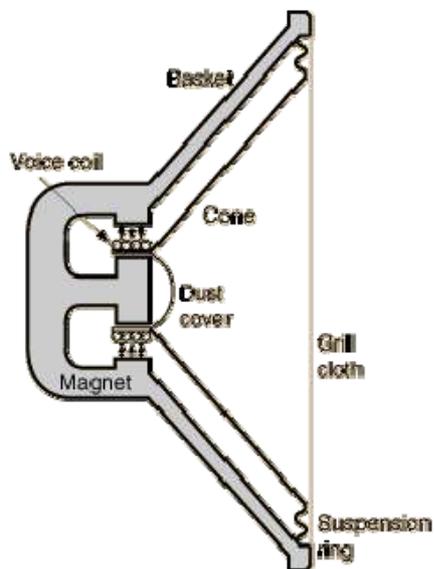


Abb. 2.1. Die Hauptteile des technischen Systems

### 2.2.3.2 Beispiel (Sokolov'scher Lautsprecher) – eine Überleitung der Energie



Für die Spule eines Lautsprechers wird normalerweise nur eine einfache Spule mit Kupferdraht verwendet. Aber in den ersten Jahren der Entwicklung und Massenanwendung dieser Lautsprecher besaßen die Magneten nicht ausreichend magnetische Energie zur Erzeugung des notwendigen Schalldrucks am Lautsprecherausgang. (Bemerkung: Schalldruck hängt von der momentanen Stärke im Leiter und den Kräften des Magnetfelds ab. Das menschliche Ohr nimmt den Schalldruck als Lautstärke des Geräusches wahr, diese Abhängigkeit jedoch besitzt den schwierigen Charakter).

Abb. 2.2. Querschnitt eines Lautsprechers

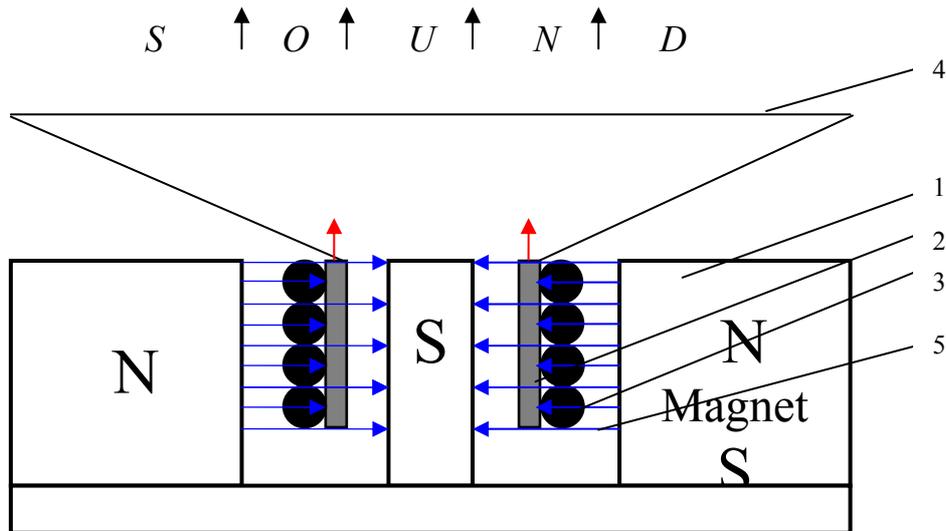


Abb. 2.3 Querschnitt einer magnetischen Kette eines Lautsprechers

Legende:

- 1 – Magnet
- 2 – Spulensatz
- 3 – Magnetring
- 4 – Verteiler
- 5 – Feldlinie

Es gibt nur drei Hindernisse für die Stromleitung in einem Magnetfeld, sie befinden sich zwischen den zwei Polen eines Magneten und schwächen das Magnetfeld. Diese Hindernisse sind; ein Luftzwischenraum, der Aufbau des isolierten Materials der Spule und der Kupferdraht. Je kleiner der Zwischenraum ist und je dünner der Aufbau der Spule, desto weniger Verlust in der magnetischen Kette wird auftreten und desto stärker wird das Magnetfeld sein. Das bedeutet, dass der Schalldruck und daher die Lautstärke höher sein werden. Ein Kupferleiter verursacht Verluste im Magnetfeld.

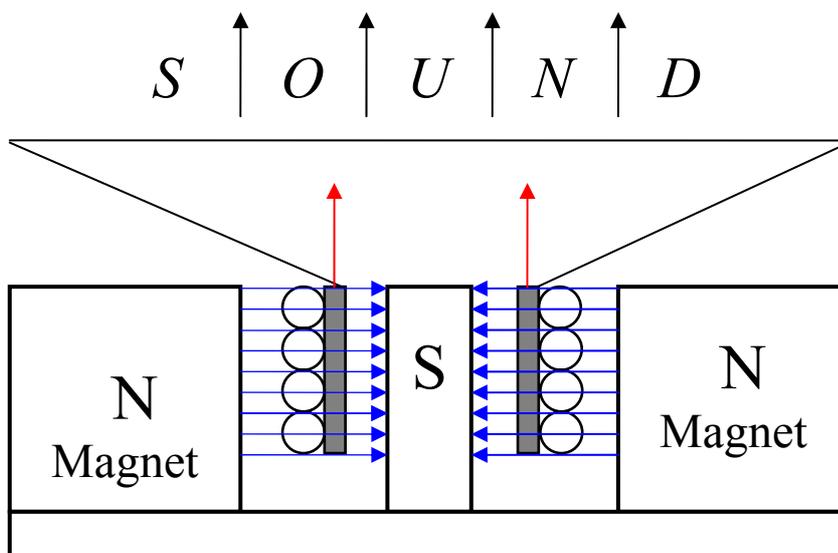


Abb. 2.4. Querschnitt der magnetischen Kette eines Lautsprechers

Die Abbildungen 2.3. und 2.4. zeigen die Veränderung: anstatt des Kupferdrahts wird ein Draht aus ferromagnetischem Stoff verwendet, zum Beispiel, Stahl. Der Erfinder, Sokolov, patentierte in 1936 einen Lautsprecher, bei dem die Windung aus ferromagnetischem Stoff ist, um die Effizienz zu steigern. Der ferromagnetische Stoff leitet ein Magnetfeld gut, ohne Verluste in der magnetischen Kette zu verursachen.

### 2.2.3.3 Die energetischen Leitfähigkeit im Vier-Elemente-Modell

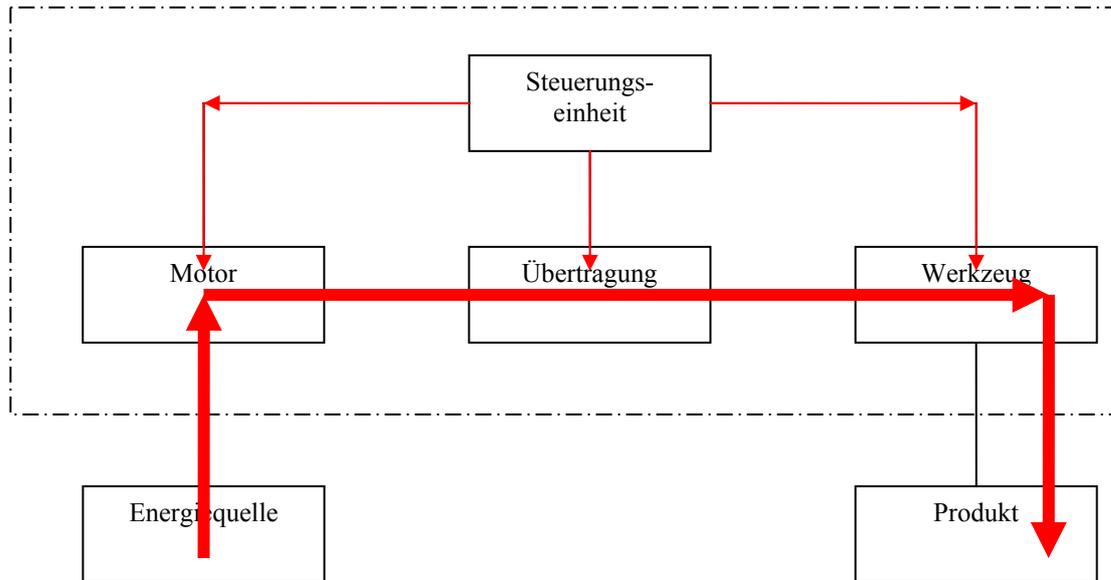


Abb. 2.5. Die Energetischen Leitfähigkeit des Vier-Elemente-Modells

#### Die Konsequenz der Steuerbarkeit

"Um den Teil des technischen Systems betriebsfähig zu machen, ist es erforderlich, die energetische Leitfähigkeit zwischen diesem Teil und der Steuerungseinheit zu gewährleisten". Was bedeutet das? Wie ist dabei vorzugehen?

Aufstellen des Vier-Elemente-Modells.

Prüfen auf Energieleitfähigkeit zwischen allen Teilen des technischen Systems.

Prüfen auf Energieleitfähigkeit zwischen den Teilen des technischen Systems und der Steuerungseinheit.

Feststellen, welche Felder genutzt werden und feststellen der Funktionserfüllung, wobei Felder mit schlechter Funktionserfüllung durch solche mit besserer Funktionserfüllung entsprechend folgender Reihenfolge nach Möglichkeit und Notwendigkeit ersetzt werden können: Gravitation—mechanisch—thermisch—magnetisch—elektrisch—elektromagnetisch. .

#### Das umgekehrte Problem – die Energieleitfähigkeit durchbrechen

Bei der Lösung mancher Probleme ist eine Umkehrung der Aktion erforderlich. Eine Sperrung des Energiedurchlasses ist erforderlich, wenn der schädliche Einfluss des technischen Systems auf das Produkt zu eliminiert werden soll. In diesem Fall muss zunächst die Funktion definiert werden.

#### 2.2.3.4 Beispiel Ein Sicherheitsschalter an einer Presse

Pressen oder mechanisch betriebene Scheren werden in vielen Fabriken verwendet. Die Arbeiter liefern manuell halbfertiges Material in eine Bearbeitungszone und schalten dann die Presse



ein. Eine Gefahrensituation tritt ein, wenn sich die Hand des Arbeiters im Moment des Einschaltens, in einer gefährlichen Zone befindet. Wie kann ein Einschalten der Presse verhindert werden, wenn sich eine Hand im Gefahrenbereich befindet?

Anhand des Vier-Felder-Modells des technischen Systems soll gezeigt werden, welche schädlichen Aktionen verhindert werden sollten (Abb. 2.6.). Es ist notwendig die Kontrollierbarkeit (Steuerbarkeit) der Presse zu verbessern: die Presse sollte nicht eingeschaltet werden, wenn eine Hand in der Gefahrenzone ist. Folglich wird die Funktion des neuen technischen Systems sein "die Presse nur dann einzuschalten, wenn keine Hand eines Arbeiters im Gefahrenbereich ist".

Die Presse verfährt ist in diesem Fall so, dass es nicht möglich ist, sie einzuschalten, wenn die Hand eines Arbeiters in der Gefahrenzone ist. Anders ausgedrückt, anfangs ist der Mechanismus im beschriebenen Problem unkontrollierbar: der Mechanismus kann in dem Fall, dass zumindest eine Hand in der Gefahrenzone ist, funktionieren. Auf dem Schema (Abb. 2.7.) gibt es keine Kommunikation der Kräfte – rote Pfeile – in einer operativen Kette zwischen der Steuerungseinheit und anderen Teilen des Systems. Die Einzigartigkeit dieser Situation wird durch die Tatsache erklärt, dass es einige gefährliche Situationen gibt, z.B. wenn ein Arbeiter mit einer Hand Material in die Bearbeitungszone legt, und ein zweiter Arbeiter die Presse einschaltet. Es ist notwendig, den Durchlass der Energie in jedem Teil der Kette zu zerstören, abzubrechen, in dem Fall, dass eine Hand im Gefahrenbereich ist.

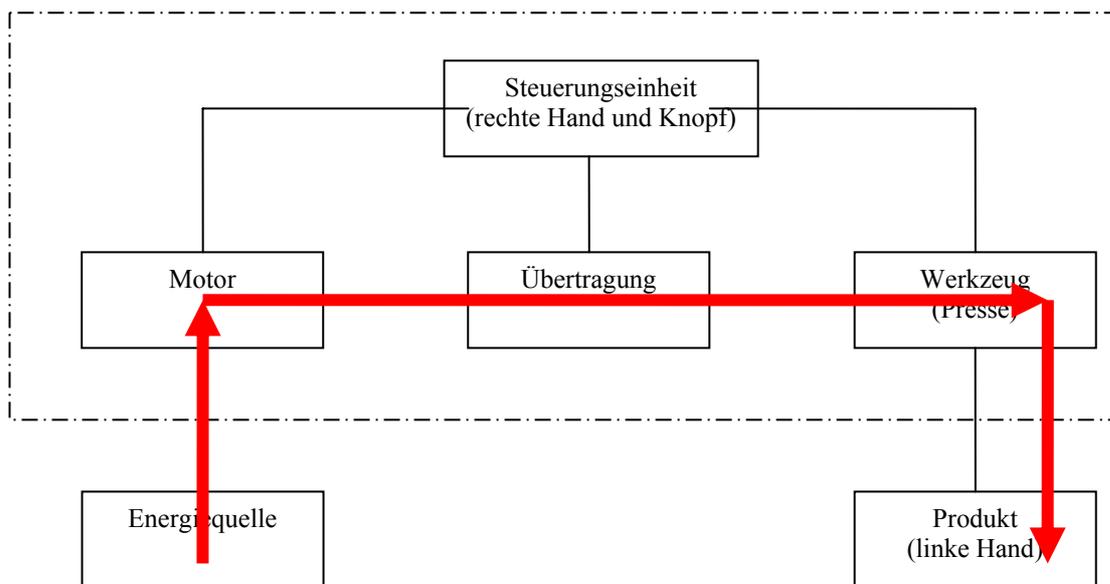


Abb. 2.6.

Die Entscheidung beruht auf der Notwendigkeit beide Hände zu benutzen, um den Einschaltknopf zu drücken. Es ist nur möglich, die Presse einzuschalten, wenn ein Arbeiter den Knopf mit beiden Händen gleichzeitig drückt. Trotz dieser Einfachheit wurde das Problem für viele Jahre nicht optimal gelöst. Verschiedene Sensoren, die die Anwesenheit einer Hand in der gefährlichen Zone signalisieren sollten, funktionierten unzuverlässig. Jetzt ist die Notwendigkeit einer Zwei-Hand-Kontrolle für gefährliche Mechanismen im Europäischen Standard EN574 "Sicherheit für Maschinen. Apparate mit Zwei-Hand-Schalter. Funktionale Aspekte." vorgeschrieben, welchen alle Fabrikanten solcher Anlagen anwenden.

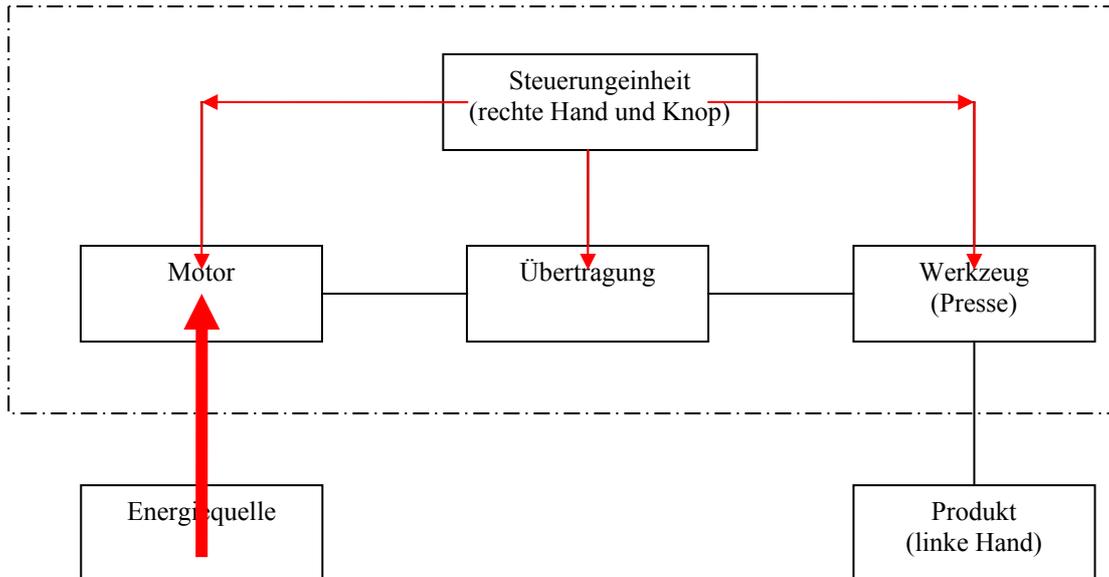


Abb. 2.7.

Die Veränderungen werden in der folgenden schematischen Darstellung, entsprechend der Entscheidung die Presse mit zwei Händen zu bedienen, reflektiert. Die Steuerungsvorrichtung schaltet die Presse nur ein, wenn zwei Knöpfe gleichzeitig mit zwei Händen gedrückt werden. Der Durchlass der Energie durch das System und weiter zum Produkt wird unterbrochen (in dem Fall, dass eine Hand zusammen mit dem Material in der gefährlichen Zone erscheint).

Energiequelle → Motor → → linke Hand → → Instrument (Presse) → Produkt (+Hand)

Energiequelle → Motor → → rechte Hand → linke Hand → → Instrument (Presse) → Produkt

### 2.2.3.5 Beispiel Schutz gegen elektronisches Scannen

Wir werden ein weiteres Beispiel zeigen, das die Notwendigkeit veranschaulicht, die energetische Leitfähigkeit eines Systems zu unterbrechen.



Die schöne und anziehende Fassade der Gebäude und Fenster der modernen Banken und Casinos haben großen Einfluss auf ihre Geschäfte. Eine große Anzahl elektronischer Einrichtungen wird verwendet, deren Aktivität (verschiedene Codes, Passwörter, etc.) leicht gescannt werden kann oder von außen mittels Radiosignalen gelesen werden kann.

Die Büroräumlichkeiten sollten für elektromagnetische Wellen undurchdringlich sein, um diese Probleme unter Berücksichtigung der Sicherheitsbedingungen zu vermeiden. Aber alle Fenster mit Metallbrettern zu verdecken würde die Außenfront nicht verschönern. Was soll also getan werden?

Heutzutage sieht man oft elegante, aus Metallketten hergestellte Vorhänge an den Fenstern der Bank- und Casinoräumlichkeiten (Abb. 2.8. und 2.9.) Für welchen Zweck werden sie verwendet?



Abb. 2.8.



Abb. 2.9.

Abb. 2.8. zeigt das Fenster eines Casinos in Europa. Abb. 2.9. zeigt die Kettenstruktur (das Bild ist vergrößert)

### **Das Modell der "schädlichen" Maschine**

Das Modell der schädlichen Maschine wird verwendet, um ähnliche Probleme zu lösen. Das Problem ist, dass es bei der Beschäftigung mit praktischen Problemen oft um einen Ausschluss - eine Verhinderung - von nützlichen Effekten (Effizienz) durch ein schädliches Element gibt. Ein Modell der "schädlichen Maschine" wurde geschaffen, um die Teile des Systems, die einen schädlichen Einfluss ausüben, korrekt zu definieren. Dies führt dann zur Auswahl eines auszutauschenden Elements. Die Konstruktionslogik der schädlichen Maschine ist die gleiche wie die des gewöhnlichen technischen Systems. Wir beginnen die Analyse mit der Formulierung der Funktion, die uns stört. Die "schädliche" Funktion in diesem Beispiel ist das Akzeptieren und Aufnehmen der Signale der elektronischen Einrichtungen, welche sich im Inneren befinden.

Produkt: ein Signal

Werkzeug: ein Scan-Apparat

Übertragung: Luftraum innen und außen, ein Gebäude, ein Fenster, das zwischen dem elektronischen Gerät und dem Scanner liegt

Antriebseinheit (Motor): elektronische Einrichtungen

### **Das nützliche technische System.**

Funktion: mit der äußerlichen Erscheinung des Gebäudes einen guten Eindruck von der Firma (Bank oder Casino) erzeugen.

Produkt: die Augen der Person.

Werkzeug: elektromagnetische Wellen

Übertragung: Das innere Volumen des Hauses, die Fenster, die Vorhänge und die Luft, welche bei einem Fenster herauskommt und das Auge des Beobachters erreicht.

Antrieb - Motor: die Reflexion des Sonnenlichtes oder künstlichen Lichtes an den inneren Wänden und Oberflächen von Objekten im Inneren.

Energiequelle: Sonnenlicht oder künstliches Licht.

### **Das schädliche technische System.**

Funktion: Lesen des elektronischen Gerätes, das sich im Inneren befindet.

Produkt: die Strahlung des elektronischen Gerätes.

Werkzeug: ein Scanner außerhalb.

Übertragung: internes Volumen einer Wand, eines Fensters, an Vorhängen, die Luftumgebung

vom Fenster zum Scanner.

Antrieb - Motor: das elektronische Gerät.

Energiequelle: ein elektrisches Netzwerk.

Wenn die zwei Modelle eines technischen Systems nützlich und schädlich, grafisch dargestellt werden, dann ist einfach zu sehen, in welchem Bereich das nützliche und das schädliche System übereinstimmen.

## 2.2.4 Instrumente (wie man sie benutzt)

Wozu können diese Instrumente verwendet werden:

- Lösungen von praktischen Problemen
  - Erzeugung eines nützlichen Systems
  - Eliminierung des schädlichen Systems
- Analyse von technischen Systemen
  - Abschätzen von Wettbewerbsvorteilen
  - Erkennen von Schwachpunkten
- Ermittlung der Komponenten, die die weitere Entwicklung bestimmt während des Betriebes die größten Schwierigkeiten verursacht.



Wie verwendet man die Instrumente?

Energetische Leitfähigkeit – Beispiele: 2.2., 2.5., 2.6.

Steuerung & Kontrolle – Beispiele: 2.5., 2.6.

Die Unterbrechung der Energieverbindung – Beispiele: eine Presse, Metallvorhänge, 2.4., 2.5.

## 2.2.5 Beispiele (Problemlösungen)

### 2.2.5.1 Beispiel (die Prognose für eine Auto-"Steuerung")

Stellen Sie sich vor, Sie leben im Jahr 1901 und arbeiten für das Unternehmen Mercedes. Sie werden gebeten, eine Prognose für die weltweite Nachfrage an Autos in den nächsten 25 Jahren zu machen. Für die Prognose ist es notwendig, die das Konsumwachstum begrenzenden Faktoren korrekt zu definieren. Was, glauben Sie, war abschreckend für die Erhöhung der Produktion und des Verkaufs von Autos vom Standpunkt des momentanen Levels der Entwicklung des technischen Systems "Auto" aus?

- Produktionskosten?
- Geschwindigkeit des Autos?
- Sparsamkeit des Motors?
- Schadstoffemissionen
- Komplexität des Fahrens?

Tatsächlich ist der letzte Punkt korrekt. In den frühen Tagen des Kraftfahrzeugs war das Fahren schwierig und sogar gefährlich. Die ersten Autos wurden nur von Sportlern gefahren. Viele Autobesitzer engagierten Fahrer, die ein ausgedehntes Training benötigten, um gut zu fahren.

Stellen Sie sich vor, Sie müssten mit 50 km/h in einem instabilen Auto ohne Seitenwände, ohne Windschutzscheibe oder Scheibenwischer, mit einem komplizierten Set von Mechanismen, mit schwachen Bremsen und unzuverlässigen Reifen fahren. Die Position des Fahrers war mit so vielen Griffen und Schalthebeln ausgestattet, dass die Fähigkeit sie schnell zu benutzen nur mit erheblicher Praxis verbunden war. Es gab drei Bremshebel: einer an der Kardanwelle, einer an den Hinterrädern und der sogenannte "drop-type sprag", ein spitzer Kern, der während der Bergauffahrt auf die Straße abgesenkt wurde, da die Bremsen bei einer gewissen Neigung das Auto nicht mehr aufhalten konnten (der Prototyp einer modernen Handbremse). Der Konstruk-



teur hat sich nicht darum gekümmert, ob es möglich ist, den Hebel zu erreichen oder ob es günstig ist, ihn zu benutzen. Der Hebel wurde aus konstruktiven Erfordernissen eingebaut, wobei vom Fahrer verlangt wurde, abstruse akrobatische Fähigkeiten zu zeigen.

Wie wendet man das Gesetz der energetischen Leitfähigkeit der Teile des Systems an, um die Fahreigenschaft zu verbessern?

Entsprechend der zweiten Konsequenz dieses Gesetzes, "ist es notwendig die energetische Leitfähigkeit zwischen dem Teil und dem Steuerungssystem zu gewährleisten, um diesen Teil des technischen Systems zu erfüllen". Das Fehlen einer solchen Kommunikation machte das Fahren schwierig und unzuverlässig. Anders ausgedrückt, es schränkte die Entwicklung des technischen Systems und die Menge der produzierten Autos ein. Für die Fabrikanten bedeutete das entgangenen Profit...

Es ist sowohl für Ingenieure wichtig und nützlich die Entwicklungsgesetze technischer Systeme zu kennen, als auch für Marktforscher. Wissenslücken oder Ignoranz können zu Prognosen führen, die später ein Lächeln hervorrufen:

Die weltweite Nachfrage an Autos wird nie über eine Million hinausgehen – vor allem aufgrund der Einschränkung der Anzahl an verfügbaren Chauffeuren.

(Market Research Study, Mercedes Benz, 1901, zitiert in **Timon Wehnert**, *European energy futures 2030: Technology and social visions from the European energy Delphi survey* (Berlin und Heidelberg, Springer Berlin, 2007), S. 53.

Glücklicherweise haben die Manager und Konstrukteure bei Mercedes nicht auf diese Prognose gehört, stattdessen haben sie das Auto verbessert und es in der Handhabung einfacher gemacht.



### 2.2.5.2 Beispiel (das Management eines Unternehmens)

Die operativen Probleme eines schnellen Autos mögen im Vergleich zu den Managementproblemen eines kleinen Unternehmens einfach wirken. Das Gesetz der energetischen Leitfähigkeit ist in diesem Fall ebenso anwendbar. Josef O'Connor und Ian McDermott, Verantwortliche für das Management in Firmen, beschreiben ein Beispiel einer erfolglosen Innovation in einer Firma in ihrem Buch, *The Art of Systems Thinking*. Ein Unternehmen lud einen Experten ein, um die Arbeit der Abteilung für administratives Rechnungswesen zu verbessern. Dank der erhaltenen Empfehlungen fing die Abteilung an, effektiver zu arbeiten. Zu diesem Zweck jedoch benötigte die Abteilung mehr Informationen von anderen Abteilungen, zum Beispiel von der Marketingabteilung. Eine zusätzliche Arbeitslast die Datensammlung und den Transfer betreffend wurde der Marketingabteilung auferlegt, weshalb die Angestellten von ihrer üblichen Arbeit abgehalten wurden. Als Ergebnis dieser Innovation musste das Unternehmen für lange Zeit mit Schwierigkeiten bei der normalen Fertigung und dem Verkauf ihrer Produkte kämpfen.

Als Ergebnis dieser Umstellung im Unternehmen wurde die energetische Leitfähigkeit der Unternehmensstruktur zerstört; sie wurde zu einem bestimmten Grad nicht steuerbar. Als Ergebnis der akzeptierten Innovation beeinflusste die Abteilung für administratives Rechnungswesen die energetische Leitfähigkeit der Marketingabteilung, und das bedeutete, dass sie die energetische Leitfähigkeit des gesamten Unternehmens beeinflusste.



### 2.2.6 Selbsttest (Fragen, Aufgaben)

#### 2.2.6.1 Zusammenfassung

Wir brauchen, zusätzlich zum Vorhandensein aller Teile des technischen Systems (Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines technischen Systems, siehe Kapitel 1), eine Leitung durch alle Teile des Systems (Gesetz der energetischen Leitfähigkeit), damit das technische System zu einem minimalen Grad funktioniert.

Es ist notwendig, eine energetische Verbindung zwischen diesem Teil und der Steuerungseinheit zu gewährleisten, um den Teil des technischen Systems steuern und kontrollieren zu können.

## 2.2.6.2 Fragen:

- Welche Teile gehören zum Vier-Elemente-Modell eines technischen Systems?  
 Welche Bedingungen zur minimalen Arbeitsfähigkeit eines technischen Systems gibt es (entsprechend dem Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines Systems)?  
 Welche Bedingungen zur minimalen Arbeitsfähigkeit eines technische Systems gibt es (entsprechend dem Gesetz von der energetischen Leitfähigkeit der Teile eines Systems)?  
 Spezifizieren Sie die Namen der Teile, die im Vier-Elemente-Modell des technischen Systems enthalten sind: Übertragungssystem, Produkt, Antriebssystem - Motor, Energiequelle, Werkzeug, Steuerungssystem.  
 (\*)Spezifizieren Sie die Namen der Elemente des Vier-Elemente-Modells des technischen Systems: Übertragungssystem, Energiequelle, Übertragungssystem, Antriebssystem - Motor, Energiequelle, Werkzeug, Produkt, Werkzeug, Stoff-Feld-Modell, Umwelt, Steuerungssystem.  
 (\*) Welche Mängel hat der Dynamo, der einen Übertragungsmechanismus im Rad des Fahrrads hat? (1) Von Ihrer Sichtweise aus, und (2) von der Sichtweise der Entwicklungsgesetzes technischer Systems aus.



Der traditionelle Dynamo (der elektrische Generator) wurde als elektrische Energiequelle für die Lichter des Fahrrads eingebaut. Rotationsenergie wird vom Rad zum Dynamo übertragen. Zu diesem Zweck hat der Dynamo eine Laufrolle, die auf der Antriebswelle des Generators angebracht ist. Bei Kontakt mit dem Radkranz dreht sich diese Laufrolle und verursacht die Rotation des Schafts und eines Rotors des Generators (Foto des Autors).



Abb. 2.10.



Abb. 2.11.



Abb. 2.12.

Die Fotos zeigen den traditionellen Dynamo (Generator) eingebaut auf einem Fahrrad.

## 2.2.6.3 Übungen.

- Erstellen Sie ein Vier-Elemente-Modell des technischen Systems für die Beleuchtung eines Fahrrades. Das technische System besteht aus einem Scheinwerfer (mit einer Glühlampe, Glas und Reflektor), Transportwege (Drähte), einem Fahrradrahmen (dient als Leiter), dem Schalter, den Generator eines elektrischen Stroms (Dynamo), ein rotierendes Rad.  
 (\*) Was ist, Ihrer Meinung nach, die Grundfunktion des Autos? Was ist das „Werkzeug“, das „Übertragungssystem“, das „Antriebssystem - Motor“, die „Energiequelle“, das „Steuerungssystem“ in einem Auto entsprechend dem Vier-Elemente-Modells?  
 Das erste Fahrrad. Einige der ersten Fahrräder hatten keine Bremsen und keine Lenkung als Vorrichtung für das Funktionieren des Vorderrads und der Wende. Erstellen Sie das Vier-Elemente-Modell eines Fahrrads als Transportmittel und kennzeichnen Sie darin den Energiefluss: den Durchlass der Energie, das Vorhandensein des Energieflusses zwischen den Teilen des technischen Systems und einer Steuerungseinheit.



## 2.2.6.3 Aufgaben



Die Abbildungen 2.2 und 2.3. zeigen einen teilweisen Blick auf die magnetische Kette eines Lautsprechers. Zum Beispiel wird der stärkste Magnet in den kraftvollen Konzertsprechern verwendet. Zur weiteren Leistungssteigerung ist es wünschenswert, die Verluste in der magnetischen Kette, die durch die Isolierung der Spule auftreten zu minimieren. Wenn die Stromstärke durch die Spule hoch ist, erhitzt sich diese beträchtlich und kann schmelzen. Unter diesen Bedingungen ist es wichtig Luft von verschiedenen Richtungen auf die Spule zu blasen, um sie zu kühlen. Aber weil die Spule mit elektrisch isoliertem Material umgeben ist, wird die Kühlung der Spule beeinträchtigt. Was schlagen Sie vor?

Hinweis 1: Untersuchen Sie das technische System aus Sicht des Gesetzes der energetischen Leitfähigkeit, wie in Beispiel 2.3. gezeigt.

Hinweis 2: Lassen Sie uns den Widerspruch formulieren: „Das Gehäuse der Spule sollte verwendet werden, um \*\*\*, und das Gehäuse der Spule sollte nicht verwendet werden, um \*\*\*\*“.

Der Geschwindigkeitsrekord eines Autos. Das erste Auto mit einem Raketentriebwerk, „Blue Flame“, schaffte es als erstes Auto eine Geschwindigkeit von 1000 km/h zu überschreiten. Dieses Auto erreichte eine Geschwindigkeit von 1001,452 km/h auf der ebenen Bahn eines trockenen Salzsees im Staate Utah, gesteuert vom Piloten Gari Gabelich im Jahr 1970. Eines der Probleme, mit dem die Konstrukteure konfrontiert wurden, war, wie man dieses Auto bremst.

## 2.2.7 Literatur



**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russian) (Sovetskoye Radio, Moscow, 1979), S. 124-125.

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 225-227.

**Salamatov, J.**, „System of development of creativity laws“. In *Chance of Adventure* (Russian), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), S. 68-75.

**Timon Wehnert**, *European energy futures 2030: Technology and social visions from the European energy Delphi survey* (Berlin and Heidelberg, Springer Berlin, 2007).

**Josef O'Connor and Ian McDermott**. *The Art of Systems Thinking: Essential skills for creativity and problem solving* (HarperCollins, 1997).



## 2.3: Das Gesetz von der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems

In einer bekannten europäischen Bank ging ich von der Eingangshalle zu den Büroräumlichkeiten eine lange Wendeltreppe hinauf. Diese Treppe erinnerte mich an die Wendeltreppen in vielen mittelalterlichen Schlössern und Festungen. Welche Ähnlichkeiten haben sie?

Die Verteidiger einer Festung versuchten jeden Stein zu beschützen, jede Sprosse einer Leiter, jede Ecke eines Flurs. Die Stufen, die als Hindernis für die anrückenden Feinde dienen sollten, winden sich, vom Boden aus betrachtet immer von links nach rechts empor. Dies hängt damit zusammen, dass die Mehrheit der Kämpfer ihre Waffe in der rechten Hand führten, um zu versuchen ihre Gegner auf der linken Seite, wo sich das Herz befindet, zu verwunden. Die Verteidiger von oben können so ihre rechte Hand frei bewegen, was die Angreifer in diesem Fall nicht können.



Dieses Beispiel verdeutlicht das Gesetz der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems, welches das Thema dieses Kapitels ist.

### 2.3.1 Definition

Eine unerlässliche Bedingung für die Lebensfähigkeit eines technischen Systems ist die Abstimmung der Rhythmik der Teile des Systems.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 227.



### 2.3.2 Theorie (Details)

Zwei Bedingungen für die grundlegende Lebensfähigkeit eines technischen Systems wurden in Form des ersten und zweiten Entwicklungsgesetzes (Kapitel 1 und 2 obenstehend) beschrieben:

- Existenz und minimale Arbeitsfähigkeit der Hauptbestandteile des technischen Systems; Antrieb (Motor), Übertragung, Werkzeug, Steuerung.
- Energiefluss durch die Teile des Systems. (energetische Leitfähigkeit)

Das dritte Gesetz führt eine weitere Bedingung, bzw. einen weiteren Bewertungsparameter des technischen Systems ein: die gegenseitige Abstimmung der Rhythmik der Systemteile. Ein typischer Fehler bei der Analyse des technischen Systems gemäß den Entwicklungsgesetzen ist, dass man die Analyse ohne angemessene Formulierung der geforderten Hauptfunktionen beginnt. Abhängig von der Funktion ist es notwendig, die Rhythmik in machen Fällen zu koordinieren bzw. zu desorganisieren.

Bei den Bewertungsparametern kann es sich um folgende handeln: Frequenz, Periodizität, Richtung, Geschwindigkeit, Phase, Sequenz, Porosität etc.

Im Beispiel zu Beginn des Kapitels, wird die Bewegung auf der Treppe mit der Bewegung der Hände während des Kampfes zum Vorteil des Verteidigers koordiniert und es gibt eine Abweichung dieser Parameter für den Angreifer. Anders ausgedrückt, die Wahl dieser Unausgeglichenheit bzw. der Koordination hängt von dieser Funktion ab, deren Erfüllung gewährleistet

sein muss.

Die Disharmonie der Rhythmik der Teile des Systems ist einer der Gründe für die Ungleichmäßigkeit der Entwicklung eines technischen Systems (neben externen Gründen, wie die Vorgabe neuer Anforderungen an das technische System durch Benutzer, Wechselwirkung mit anderen technischen Systemen, etc.). Eine detaillierte Beschreibung des Gesetzes von der "Ungleichmäßigkeit der Entwicklung der Teile eines Systems" wird in Kapitel 5 erläutert.

### 2.3.3 Modell

Zur Analyse des technischen Systems wird das Vier-Elemente-Modell angewandt. Dabei sollte das Hauptaugenmerk nicht nur auf den Systembausteinen und deren Verbindungen liegen, sondern vielmehr auf den einzelnen Parametern der Verbindungen wie Fluktuation, Periodizität etc.

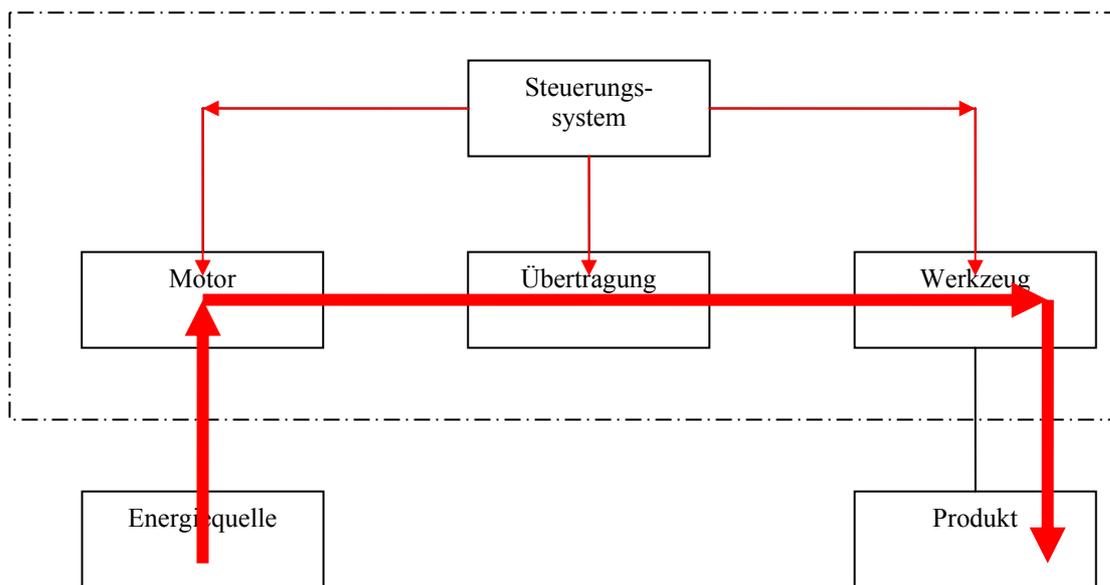


Abb. 3.1.

### 2.3.4 Instrumente – Werkzeuge (und deren Anwendung)

Zu welchem Zweck sollte man dieses Gesetz anwenden?

Lösung praktischer Probleme: Messabweichungen

Die Analyse des technischen Systems entsprechend dem Gesetz: Einschätzung des Wettbewerbsvorteils oder Identifizierung von Schwachpunkten;

Prognose über die Entwicklungsfähigkeit des Systems.

Wie wendet man das Gesetz an?

Analyse des technischen Systems bezüglich der Existenz der grundlegenden Teile unter Verwendung des Vier-Elemente-Modells und der Definition: Welche Teile des Systems erfüllen die Funktion der Energiequelle, des Antriebs, der Übertragung und der Steuerung?



Analyse des technischen Systems bezüglich des Widerspruchs zwischen den Parametern der verschiedenen Teile des technischen Systems.

Verwendung des Modells der "schädlichen Maschine" zur Analyse. Es ist notwendig hauptsächlich den Parametern des Energieflusses Aufmerksamkeit zu schenken.

Identifizieren und entfernen unerwünschter Effekte, Beispiele

3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5.

### 2.3.4.1 Beispiel Paraolympische Spiele

Das folgende Problem tauchte beim Langstreckenlauf für taubstumme Athleten bei den Paralympischen Spielen auf. Jeder dieser Athleten hatte einen Assistenten, der ihm half, in die richtige Richtung zu laufen. Der Assistent "führte" den Athleten – ihre Hände sind durch ein flexibles Band verbunden. Es gab kein Problem bezüglich der falschen Richtung, der Assistent "führte" seinen Schützling zuverlässig, aber trotzdem liefen die Athleten unsicher, ohne eine Wettbewerbsatmosphäre wahrzunehmen. Wie kann man also die Atmosphäre der Fans, ihre Emotionen, übertragen, um die Wettbewerbsteilnehmer zu unterstützen?



Der Kommentator dieses Wettbewerbs löste das Problem in Sekunden, als er die Unsicherheit der Athleten gesehen hatte. Er richtete eine Bitte an die Zuschauer...(welche Bitte das war, werden Sie nach einer kurzen theoretischen Erklärung wissen).

Die traditionelle Lösung:

der Assistent konnte an einer Schnur ziehen, was Applaus symbolisierte;  
jedem Athleten wurde Empfänger mit einem vibrierenden Ring und  
dem Kommentator der Sender gegeben;  
solche Wettbewerbe nicht abhalten.

Bemerkung:

Die Paralympischen Spiele sind ein internationaler Sportwettbewerb für Menschen mit Behinderungen. Sie werden traditionell nach den eigentlichen Olympischen Spielen in der gleichen Stadt (seit 1992) abgehalten; dieser Brauch wurde durch ein Abkommen zwischen dem Internationalen Olympischen Komitee und dem Internationalen Paralympischen Komitee im Jahr 2001 festgelegt. Die Sommer-Paralympischen Spiele werden seit 1960 und die Winter-Paralympischen Spiele seit 1976 abgehalten. Der Name „Paralympisch“ wird von der griechische Vorsilbe „para“, „nahe, wie alle anderen“ gebildet, der Parallelismus und die Gleichheit der Paralympischen Spiele zu den Olympischen Spielen ist damit gemeint.

Lassen Sie uns versuchen, dieses Problem zu lösen. Es ist notwendig, einen Energiefluss - zwischen Zuschauern und Sportlern zu erzeugen. Folglich ist ein technisches System notwendig, um Information von den Zuschauern zu den Athleten zu übertragen. Wir werden mit der Definition der Funktion beginnen. Die beabsichtigte Funktion ist, dass die Athleten im Wettkampf Unterstützung von den Zuschauern erhalten. Jede Art von Energie kann als Träger für diese Information verwendet werden.

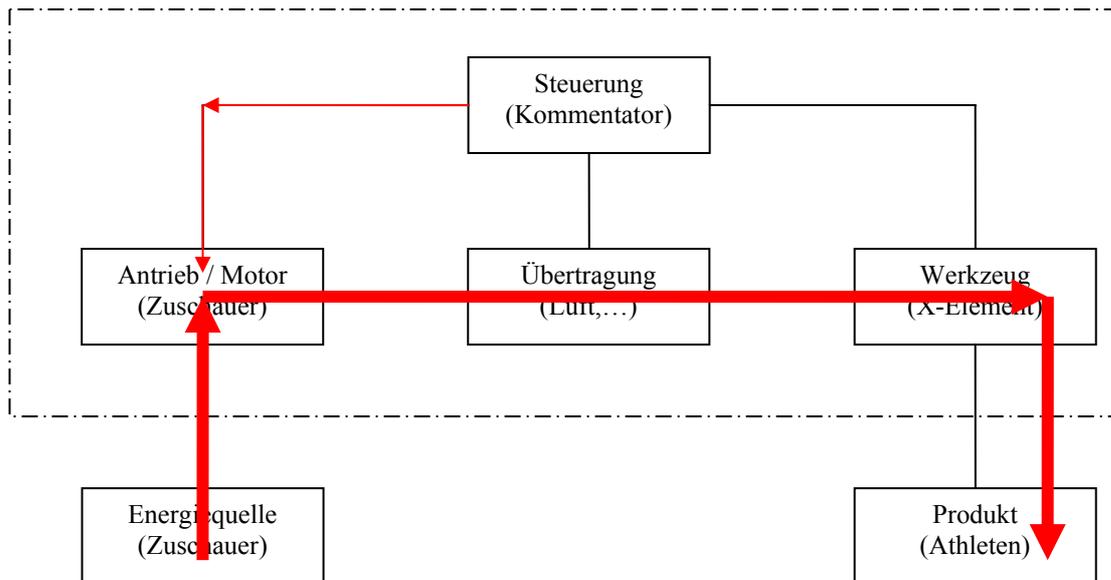


Abb. 3.2.

## Produkt – die Athleten

**Werkzeug** – Umgebung der Athleten. In Den Regeln entsprechend darf der Assistent dem Partner nicht helfen, außer ihn auf der richtigen Spur zu halten. Jedes technische Mittel ist zulässig (verschiedene Empfänger, Wahrnehmungsapparate etc.)

**Übertragung** – Reihe von Objekten, die den Athleten umgibt, von seinem Körper zu den Zuschauern.

**Motor und die Energiequelle** – die Zuschauer.

Ein mechanisches (akustisches) Feld und ein elektromagnetisches Feld von sichtbaren Wellen (Licht) sind nur für Sportler wahrnehmbar, die hören und sehen können. Für die taubstummen Athleten ist nur das Tastempfinden (ein starkes mechanisches Feld) wahrnehmbar. Ausrufe der Zuschauer sind für sie nicht hörbar. Es ist notwendig, den Einfluss des mechanischen (akustischen) Feldes zu stärken. Die Lösung war die Koordinierung der Aktionen und der Geräusche der Zuschauer. Der Kommentator bat die Zuschauer, rhythmisch zu applaudieren. Dabei gab er selbst den Rhythmus vor. Die Luftschwankungen, gestärkt durch die Resonanz, erreichten das Objekt. Die Athleten waren somit in der Lage, den Applaus und die Wertschätzung der Zuschauer mit ihrer Haut zu fühlen. (Menschen ohne Seh- und Hörvermögen haben einen erhöhten Tastsinn. Auf der einen Seite ist das der Kompensationsmechanismus des Organismus, auf der anderen Seite ist es die durch Erfahrung gestärkte Fähigkeit.)

Bemerkung: Vergleichen Sie diese Lösung mit den traditionellen Lösungen von oben.

## 2.3.5 Beispiel (Problemlösung)

### 2.3.5.1 Beispiel



Um die allgemeine Stärke des Lautsprechers zu erhöhen, werden sie oft in Paaren oder Gruppen vereint und in ein einziges Gehäuse gepackt. In dieser Situation sollten alle Lautsprecher in der Gruppe in Phase geschaltet sein. Was bedeutet das? Wenn die Windungen der Geräuschspule ein Signal erhalten, sollten die Verteiler aller Lautsprecher es in eine Richtung bewegen, aber nicht in die entgegengesetzte Richtung.



Abb. 3.3 Lautsprecher

### 2.3.5.2 Beispiel

In der Zeichnung in diesem Abschnitt wird die Geschichte von der Entwicklung des Lautsprechers gezeigt. Eigentlich gibt der Kopf eines Lautsprechers ohne Registrierung niedrige Frequenzen schlecht wieder. Der Grund ist der akustische kurze Schaltkreis. Schalldruck wird nicht vor dem Verteiler erzeugt, wenn der Lautsprecher die Geräusche von der vorderen Wand des Verteilers zu der hinteren pumpt, die sich schon in eine entgegengesetzte Richtung bewegen zum Zeitpunkt der Ankunft der Welle von der vorderen Wand. Folglich löscht eine Welle die andere aus, entsprechend der Nutzung des Vier-Elemente-Modells. (Die Bewegungen von Verteiler und Luft, die durch den Verteiler bewegt wird, sind nicht für die Erfüllung der Funktion „Luftvibration erzeugen“ koordiniert.)

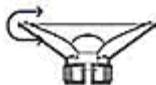


Abb. 3.4.

Der Lautsprecher ist in einem Geräuschschild eingebaut, um dieses Vorkommnis zu vermeiden. Dies ist ein Brett, dessen Dimensionen derartig berechnet sind, dass die kürzeste Entfernung zwischen der vorderen und der hinteren Wand des Verteilers gleich der Wellenlänge entsprechend der kalkulierten Frequenz ist. Auf diese Weise wird die Koordination der rhythmischen Schwankungen der Teile des technischen Systems „Lautsprecher“ erreicht. In diesem Fall unterdrücken sich die Bewegungen der Luftmassen, erzeugt durch die direkte und die Rückwärtsbewegung des Verteilers, nicht gegenseitig, werden aber gefaltet, um die Kraft der Vibrationen zu verstärken.

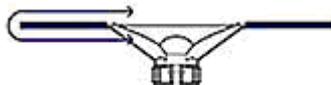


Abb. 3.5.

Dabei tritt jedoch das folgende Problem auf. Die Größe des Geräuschschildes erlaubt diese Lösung nicht in Tonwiedergabegeräten für den Hausgebrauch. Die Größe des Schirms sollte 3x3 Meter sein, um den akustischen kurzen Schaltkreis mit einer Frequenz von 50 Hz nicht zuzulassen. Um genauer zu sein, diese Größen sollten mit der halben Wellenlänge dieser Frequenz übereinstimmen. Das Geräuschschild sollte ausreichend groß sein, um akustische kurze Schaltkreise zu verhindern, und es sollte nicht zu groß sein, um die Lautsprecher in haushaltsüblichen Geräten installieren zu können. (In diesem Fall passt die Größe des akustischen Schirms nicht mit der Größe des Gehäuses der haushaltsüblichen Geräte überein; Radio, Kassettenrekorder

- \*Betreffend des Vier-Elemente-Modells ist es eine Frage der Übertragung der verschiedenen Teile.
- \*Betrachten Sie die Wechselwirkung des „schädlichen“ und des nützlichen technischen Systems

etc.) Es ist notwendig, die Parameter „Größe des akustischen Schirms“ und „Größe der Box“ zu spezifizieren, um das Problem zu lösen. Der Widerspruch wurde durch die Verwendung einer dreidimensionalen Rahmenkonstruktion gelöst – ein akustischer Schirm in einer offenen Box. Die Größenverhältnisse von Vakuumlampen haben dies möglich gemacht. (Heute sehen wir den Radioempfänger aus dem letzten Jahrhundert in den Größen 1x0,7x0,5 Meter nur noch im Museum). Mit dem Beginn der Halbleiter-Bauteile – Transistoren und Apparate auf deren Basis – wurde die Größe solch einer Ausstattung um mindestens das 10-fache verkleinert.

Größere Boxen herzustellen sollten hergestellt werden, damit die Elastizität dieser Luftfeder viel geringer ist, als die Elastizität ihres eigenen Mittels zur Unterstützung der Dynamik. Diese Lösung erlaubt es uns, das Innenvolumen der Box und das des Verteilers zu spezifizieren, was den Parameter „Elastizität“ angeht. Diese Lösung führt jedoch zu einem Ungleichgewicht der Größen der Lautsprecherboxen zur Größe der Gebäude. Die Entwicklung von „Hi-Fi“ (kurz für „high fidelity of reproduction“) schaffte riesige Lautsprecher. Der komplizierteste und größte Stereo-Lautsprecher der Welt (das Volumen beträgt schätzungsweise 50.000 Liter) gehört dem amerikanischen Unternehmen *Wilson Audio* und nimmt ein Raumvolumen von 20m<sup>2</sup> ein.

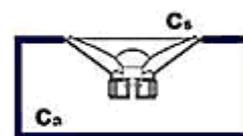


Abb. 3.8.

In diesem Teil der Geschichte über die Entwicklung des akustischen Designs für Lautsprecher werden nur die Ansätze zur Lösung eines Problems aufgezeigt – die qualitative Wiedergabe von niedrigen Frequenzen (Bass). Die Koordination der Rhythmik der Teile des technischen Systems ist der Basismechanismus.

Wie ist der Widerspruch „das Volumen des Lautsprechers sollte groß sein, um die Resonanzfrequenz der Dynamik zu senken, und das Volumen des Lautsprechers sollte klein sein, damit es in die Räumlichkeiten passt“ zu lösen? All das wird in Kapitel 6 anhand des Gesetzes vom Übergang zu einem Super-System (System auf höherem Level) erklärt.

### 2.3.5.3 Beispiel



Im 20. Jahrhundert hatten Telefonanrufe für Notfalldienste in vielen Ländern, verschiedene Nummern. Nachdem erkannt wurde, dass eine solche Disharmonie zu Zeitverlusten führt, wurden Systeme eingeführt, bei denen im Notfall nur eine Nummer zu verwenden ist. Die Ankunftszeit der Notfalldienste wurde auf diese Weise gesenkt. In manchen Fällen jedoch ist es notwendig, dass alle Dienste zusammen ankommen. Die Arbeit aller Dienste sollte koordiniert sein und sie sollten einander nicht stören. Feuerwehrmänner, die früher als die Sanitäter und die Polizei ankommen, sind nicht in der Lage, verwundeten Personen Erste Hilfe zu leisten und sie können wichtige Beweise zerstören. Polizei oder Sanitäter, die als erste ankommen, sind nicht in der Lage, die Ausbreitung eines Feuers zu stoppen und verletzte Personen, die gefangen sind, zu erreichen. Es ist sehr wichtig, die Ankunft aller Hilfsgruppen zu koordinieren. Eine neue Lösung für dieses Problem wurde in Südkorea entwickelt. Um die Notrufe und die Ankunft aller drei Hilfsgruppen am Unfallort zu koordinieren, sind die Fahrzeuge und das Personal dieser Hilfen alle in einem Gebäude, folglich können sich alle gemeinsam koordinieren.

### 2.3.5.4 Beispiel



In vielen nördlichen Ländern ist das traditionelle Material für den Hausbau Holzpflocke. Die Holzpflocke werden seit Jahrhunderten für Gebäude verwendet und diese Methode wird immer noch in Finnland, Russland, Schweden und vielen anderen Ländern angewandt.



Abb. 3.9. eine Hütte aus Holzpflocken  
(source Kon Corporation, <http://www.dom.kon.ru/>)

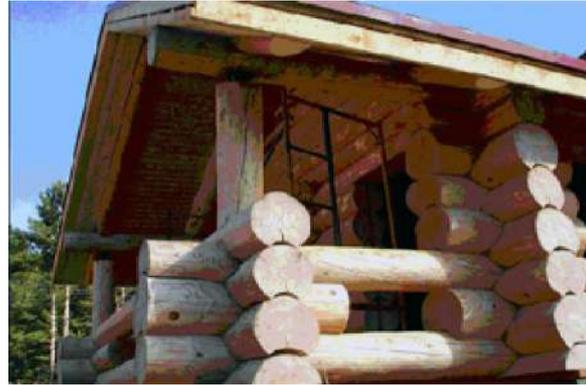


Abb. 3.10. das Holzende der Holzpflocke  
(source: [www.lesoryb.ru](http://www.lesoryb.ru/))

Die Reihe von Holzstämmen wurden in der Längsachse so positioniert, dass jene Seite des Stammes, welche während des Wachstums nach Norden gerichtet war die Außenseite des Gebäudes bildet.. Die jährlichen Größenringe der nördlichen Seiten sind dünner, das Holz von diesem Teil ist dicker. Es besitzt eine feinere Struktur und ist resistenter gegenüber den Einflüssen der Naturgewalten der Sonne und Feuchtigkeit.

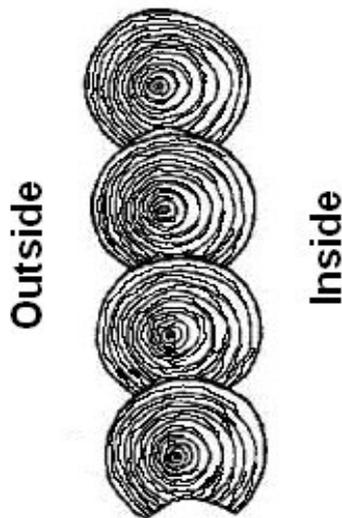


Abb. 3.11. Pflockorientierung



Abb. 3.12. die Enden der Pflöcke  
(source: [www.lesoryb.ru](http://www.lesoryb.ru/))

Folglich wurde die Pflockstruktur bei der Konstruktion eines Hauses in Abstimmung mit den Naturgewalten zum Zweck der Verbesserung der Qualität der Struktur errichtet.

## 2.3.6 Selbsttest (Fragen, Aufgaben)

### 2.3.6.1 Zusammenfassung

Die Abstimmung der Rhythmik der Teile des System ist notwendig, damit das technische System technisch lebensfähig ist, neben der Existenz der minimal effizienten technischen Teile des Systems und der Leitung der Energie in die Teile des Systems.



## 2.3.6.2 Fragen



Welche Teile sind im Vier-Elemente-Modell des technischen Systems enthalten?

Was sind die Bedingungen der minimalen Arbeitsfähigkeit eines technischen Systems entsprechend dem Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines Systems?

Was sind die Bedingungen der minimalen Arbeitsfähigkeit eines technischen Systems entsprechend dem Gesetz von der energetischen Leitfähigkeit der Teile eines Systems?

Was sind die Bedingungen der minimalen Arbeitsfähigkeit eines technischen Systems entsprechend dem Gesetz von der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems?

## 2.3.6.3 Übung



Stoßstangen (Kotflügel) in Autos sind dazu gedacht, dass sie die Kraft des Aufpralls bei einer Kollision mit einem Hindernis oder einem anderen Auto dämpfen. Analysieren Sie, ob die Parameter einer Stoßstange mit den Parameterwerten der Stoßstange anderer Autos koordinierbar ist.

## 2.3.6.4 Aufgaben



Schutz von Medizin vor Kindern. Es ist bekannt, dass Kinder sehr neugierig sind und oft versuchen Dinge, die sie finden, zu öffnen und zu kosten. Es gibt Substanzen, die Kinder nicht verzehren sollten. Zum Beispiel, muss Medizin zuverlässig geschützt sein, sodass es Kinder, falls ihnen eine Medizin in die Hände kommt diese nicht öffnen können. Analysieren Sie das technische System " Medizinglas mit einem Drehverschluss", was den Energiefluss angeht. Wie kann die Kinder, am Versuch das Glas zu öffnen hindern.

## 2.3.6.5 Literatur



**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (russisch) (Sovetskoye Radio, Moscow, 1979), S. 125.

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 227.

**Salamatov, J.**, "System of development of creativity laws". In *Chance of Adventure* (russisch), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), S. 75-97.

## 2.4: Gesetz von der Erhöhung des Grades der Idealität eines Systems

Öffentlicher Verkehr entstand vor mehr als 100 Jahren und Reisepapiere und Tickets kamen zur gleichen Zeit auf. Es kann nur grob geschätzt werden, wieviele Tonnen an Papier für dieses kurzweilige technische System verwendet wurden.

Kürzlich sind Werbungen für ein Handy-Ticket - "damit kann man das Reiseticket über das Handy kaufen" - in der Straßenbahn in Karlsruhe (Baden-Württemberg, Deutschland) aufgetaucht. Die Bezahlung erfolgt über eine SMS, die an das Transportunternehmen gesendet wird. Eine SMS ist das Reiseticket. Es gibt kein traditionelles Ticket, aber die Funktion des technischen System " Reiseticket" ist erfüllt. In diesem Fall wird die Funktion des Tickets durch das Handy und seine Möglichkeiten erfüllt.

Wir haben diesen extremen Fall erläutert, weil das technische System nicht nur seine Parameter auf ein höheres Level verändert hat, sondern auch noch verschwunden ist. Es hat sich in ein anderes technisches System integriert, welches die Funktion übernommen hat. Eine ähnliche Lösung im Finanzbereich ist bereits seit langer Zeit bekannt – "EC-Geld". Das sind Beispiele für das Gesetz der Erhöhung des Grades der Idealität eines Systems, das wir in diesem Kapitel behandeln werden.

### 2.4.1 Definition

Die Entwicklung aller Systeme schreitet in Richtung der Erhöhung des Grades der Idealität voran.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 227-228.



### 2.4.2 Theorie (Details)

Wir verwenden idealisierte Beschreibungen von realen Gegenständen, Prozessen und Phänomenen in Form von Modellen in den verschiedensten Wissenschaften. Die kleineren, unbedeutenden Details werden für die Modelle der vorgegebenen Betrachtungen weggelassen, um die Hauptmerkmale zu unterstreichen. Beispielsweise brauchen wir nicht die gesamten Konstruktionszeichnungen des Eiffelturms, um eines der Wahrzeichen von Paris darzustellen. Manchmal reicht es aus, den Umriss des Turms mit einzelnen Strichen zu zeichnen oder ihn wie ein Kinderbild zu malen. .

Idealisierte Konzepte werden nicht nur in Modellen verwendet, sondern auch in verschiedenen Theorien und Wissenschaften (Physik, Mathematik, Geometrie). Beispiele sind: „die ideale Wärmemaschine“, „das ideale Gas“, „unendlich kleine Größe“ und andere Konzepte.

Lassen Sie uns eine Reihe an Schlüsseldefinitionen, die in TRIZ Verwendung finden, und welche mit dem Konzept der Idealität im Detail verbunden sind, näher betrachten.

#### Die grundlegenden Definitionen von Idealität

In unserem Alltag beschäftigen wir uns mit Phänomenen und Prozessen, die bei der Arbeitsorganisation bestimmte Aufwendungen einsparen sollen: Energie, Zeit, Geld etc. Wir brauchen einen Referenzpunkt, der in Wirklichkeit nicht erreichbar ist, aber der als Standard für den Vergleich dienen kann, um das konkrete technische System oder die Problemlösung einzuschätzen.

Es ist möglich, das Konzept der Idealität (I) mit einem Rahmenbeispiel zu erklären: Der maximale Effekt (E) bei geringstem Aufwand (C)

$$I=E/C$$

Je besser das Ergebnis aufgrund der getätigten Ausgaben ist, desto höher ist die erreichte Idea-

lität. Das entspricht dem allgemeinen Fall. Wir werden zwei Spezialfälle betrachten.

1. Erhöhung der Idealität bei fixen Ausgaben durch Erhöhung des Effekts (oder Nutzen).
2. Erhöhung der Idealität bei konstantem Nutzen (Effekt) durch Reduktion der Kosten.

Wenn wir einen festen Betrag an Aufwendungen haben (ökonomische, soziale, ökologische und andere Aspekte), entspricht das Konzept der Idealität dem des maximal möglichen Ergebnisses. Zum Beispiel die Erreichung von zusätzlichen Effekten, die vorher nicht erwartet wurden. Der Grund für den Anstieg der Idealität ist oft eine Verbesserung von Parametern in anderen Bereichen. Entsprechend können bei der Lösung des technischen Problems wirtschaftliche, ökologische und soziale Indikatoren ebenso verbessert werden.

Das Ziel ist es, das gewünschte Resultat unter minimaler Ressourcenverwendung zu erreichen. Im Idealfall sind das „Null-Ausgaben“.

## **Das Ideale System**

Das ideale System ist das, welches die Funktion ohne Aufwendungen und Kosten erfüllt, dh. die Forderung nach Null-Ausgaben von Ressourcen (wirtschaftliche, soziale, ökologische und andere Aspekte).

## **Die Ideale Lösung**

Die ideale Lösung ist in Wirklichkeit nicht erreichbar. Sie wird als Referenzpunkt verwendet, um mögliche Lösungen einzuschätzen.

Die ideale Lösung ist eine Lösung, die keine negativen Effekte hervorruft, egal wie weit wir die Grenzen des Systems in Richtung Endkunden ausdehnen (das Multidimensionale Denkschema / Mehrfenster-Denken): die Anzahl der so genannten "Fenster" des Schemas geht auf allen Achsen ins Unendliche).

## **Die Verwendung des Multidimensionalen Denkschemas (System Operator)**

Für gewöhnlich schätzen wir bei der Bewertung der Lösung die potentiellen negativen Effekte dieser Lösung in der Analyse einer konkreten Situation unter Verwendung des System Operator ab. Das Multi-dimensionale Denkschema hat in der Regel für eine konkrete Problemsituation eine begrenzte Anzahl an Fenstern. Einerseits ist die Anzahl der Fenster durch unsere Stereotypen (psychologische Trägheit) limitiert. Andererseits gibt es Voraussetzungen, Untersuchungen, Notwendigkeiten einer konkreten Situation, die viele subjektive Faktoren enthält, welche zu berücksichtigen sind.

Das Konzept der idealen Lösung, wie es oben beschrieben wurde, wird verwendet um den Grad der Objektivität der Einschätzung einer spezifischen Situation zu erhöhen. Unter Berücksichtigung dieser Definition der idealen Lösung sollten wir die Verwendung von Stereotypen so weit wie möglich vermeiden und die spezifische Situation von verschiedenen Blickwinkeln aus einschätzen, die sich in allen Kategorien der potentiell interessierten Personen in angrenzenden historischen Zeitintervallen ergeben.

## **Das "meist gewünschte Ergebnis" (MDR – most desirable result) der Lösung einer Problemsituation**

Das meist gewünschte Ergebnis (MDR) ist das maximal erklärte Ziel oder Zielsystem, das wir als Ergebnis der Lösung einer Problemsituation erreichen wollen.

Entsprechend dem Axiom der „Unmöglichkeit“ der Allgemeinen Theorie vom kraftvollen Denken betrachten wir bei der Definition des MDR, dass es nichts Unmögliches gibt, das nicht gelöst werden kann. Obwohl es für uns so scheint, als ob es Grenzen der Möglichkeiten gibt und in diesem Fall sollten wir uns vorstellen, wir hätten einen „magischen Zauberstab“, der uns hilft, die unmöglichen Ergebnisse zu erreichen.

Das MDR ist eine Integration aller idealen Systeme, was in der vorliegenden Problemsituation (siehe ideales System) notwendig ist, und dem idealen Endergebnis (siehe IFR) mit dem Ziel



der maximalen Annäherung an das ideale System.

Es ist notwendig zwischen dem MDR und der idealen Lösung zu unterscheiden. MDR ist eine Lösung, die uns als eine ideale innerhalb der Grenzen der Stereotypen der konkreten Situation im gesetzten Zeitintervall, in einem bestimmten Raum, mit bestimmten Ressourcen gezeigt wird, d.h. entsprechend einem Axiom der „spezifischen Situation“ der klassischen TRIZ-Theorie (siehe Axiom der „spezifische Situation“).

Das meist gewünschte Ergebnis (MDR) ist ein durchschnittliches Konzept, das zwischen dem idealen Endergebnis (IFR) und dem idealen System auf der einen und der idealen Lösung auf der anderen Seite gefunden wird. Das IFR wird durch einen konkreten Widerspruch formuliert, der in der Beschreibung der konkreten Problemsituation enthalten ist. Das ideale System ist eine Beschreibung eines der in die konkrete Problemsituation involvierten Systeme. Das MDR ist eine Einbindung unserer Visualisierungen über das IFR und des ideale Systeme in der spezifischen Problemsituation. Diese Visualisierungen werden im Laufe der komplexen Lösung einer Problemsituation verändert und spezifiziert.

### **Anmerkung:**

Man muss erwähnen, dass in den frühen Phasen der Entwicklung von TRIZ praktisch keine Unterscheidung zwischen dem idealen System, dem IFR und der idealen Lösung gegeben hat. Im Laufe der Entwicklung von TRIZ kam die Notwendigkeit auf, diese Konzepte zu trennen. Daher sind das IFR und das ideale System bei OTSM-TRIZ-Bausteine für die Konstruktion eines Bildes des MDR. Und die ideale Lösung wird zur Einschätzung der erhaltenen Lösungen verwendet.

Eine weitere Funktion der idealen Lösung ist es, als Werkzeug zur Überbrückung der so genannten "psychologischen Trägheit" zu dienen. Wenn wir eine Lösung nahe oder mit dem MDR übereinstimmend erhalten, sollten wir versuchen, jene Teile des Multidimensionalen Denkschemas zu finden, wo diese Lösung einen negativen Effekt hervorruft oder hervorrufen könnten. Wir sollten diese Teile des System Operators (Multidimensionalen Denken) finden, die bei der Konstruktion eines Bildes des MDR nicht in Betracht gezogen wurden. Mit anderen Worten, das Modell der idealen Lösung hilft uns, die Grenzen, die durch die anfängliche Problemsituation erklärt wurden, im Rahmen der Grenzen, in denen das Bild des MDR definiert wurde, zu überschreiten. Dadurch können wir auf die Situation mit den Augen eines Beobachters schauen, der sich außerhalb unserer Betrachtung der definierten Problemsituation befindet und der irgendwie auf unsere Lösung reagieren wird.

### **Das ideale Endergebnis (IFR)**

Entsprechend den Regeln von ARIZ-85-C des IFR (dem idealen Endresultates), die als der konkrete Widerspruch formuliert sind, bei dem zwei unvereinbare Voraussetzungen, welche als Ergebnis der widersprüchlichen Lösung kombiniert werden sollten, exakt definiert sind. IFR definiert das Ziel und die Kriterien der Abschätzung der Effizienz des zu lösenden Widerspruchs. Je näher unsere Lösung dem IFR ist, desto besser ist sie. Folglich dient das IFR als Referenzpunkt im Laufe der Arbeit an einem Problem. Das ist der Grund, warum im Laufe der Entwicklung von ARIZ, IFR von einem Schritt in das System von Schritten entwickelt wurde, welches G. S. Altshuller als das „Paket des IFR“ nannte: IFR-1, verschärftes IFR, IFR-2.

In OTSM wurden die Techniken des „Widerspruchs“ des Pakets des IFR durch zusätzliche Schritte erweitert: IFR-2 wird in „Teil-IFR-2“ und „gefaltetes IFR-2“ unterteilt.

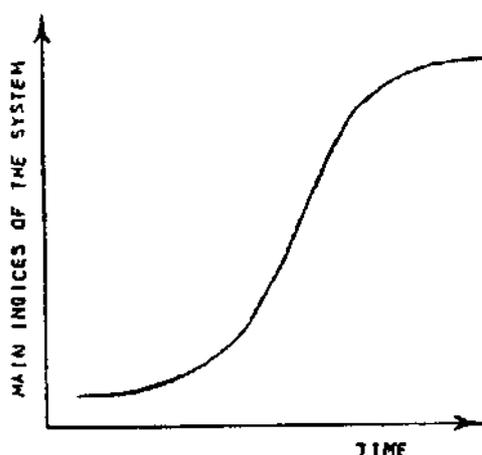
Jedes der Teil-IFR-2 passt zu einem bestimmten verschärften IFR und wird auch nach den entsprechenden Formulierungen des physikalischen Widerspruchs definiert (in OTSM – der Widerspruch der Bewertungsparameter) auf dem Makro- und auf dem Mikrolevel. Folglich passt jedes verschärfte IFR zu mindestens zwei Teil-IFR-2: auf dem Makro- und auf dem Mikrolevel.

Jedes Teil-IFR-2 ist ein Element des Mosaiks, welches das "gefalteten IFR-2" kennzeichnet.

## 2.4.3 Modell

Der Lebenszyklus eines technischen Systems (sowie eines anderen Systems, beispielsweise eines biologischen Systems) kann mit dem Diagramm der Abhängigkeit der Hauptparameter des Systems von der Zeit dargestellt werden. So ein Modell des technischen Systems in Form einer S-Kurve (Abb. 4.1.) wird weit verbreitet in OTSM-TRIZ eingesetzt. Die S-Kurve zeigt klar, wie die Hauptparameter (Geschwindigkeit, Kapazität, Produktivität etc.) des technischen Systems während ihres Lebenszyklus verändert werden. Jedes System hat andere Merkmale und somit einen eigenen Verlauf S-Kurve. Aber es gibt eine Gemeinsamkeit in jedem Portrait, die für alle Systeme charakteristisch ist.

1 – Kindheit; 2 – Reife; 3 – Alter sind solche Bereiche.



Im Laufe der Entwicklung des technischen Systems werden seine Hauptparameter erhöht und das System wird besser, also idealer. Es ist notwendig, das Schema der Veränderung im Zeitverlauf eines der Hauptindikatoren des Systems zu entwickeln unter Verwendung des gefundenen Patents und anderer Quellen über die frühere Entwicklung des analysierten Systems. Weiters wird die erhaltene S-förmige Kurve verwendet, um Schlüsse über die Phase der Entwicklung zu ziehen, in der sich das System befindet.

Abb. 4.1. S-Kurve

Es gibt verschiedene Phasen, oder Schritte, die während der Erhöhung der Idealität auftreten:

- Verbesserung der Parameter eines Systems (1-2 Haupt) bei Erhöhung der Kosten;
- Verbesserung der Parameter eines Systems (1-2 Haupt) bei unveränderten Kosten;
- Verbesserung der Parameter eines Systems (während des Erscheinens neuer Funktionen) bei Erhöhung der Kosten;
- Verbesserung der Parameter eines Systems bei Senkung der Kosten;
- Verbesserung der Parameter eines Systems (während des Erscheinens neuer Funktion) bei Senkung der Kosten;

Die bedeutende Senkung der Kosten, wird verwendet um die Existenz des Systems zu sichern und das Erscheinen neuer Funktionen zu unterstützen. Dadurch wird die Anwendung des Systems bedeutend ausgeweitet. Dennoch findet das komplette Verschwinden des technischen Systems statt, zum Beispiel durch die Verbindung mit einem anderen System oder durch den Übergang zu einem Subsystem mit dem Transfer der Hauptfunktionen zu einem anderen, neuen System.

## 2.4.4 Instrumente – Werkzeuge

Folgende Werkzeuge werden verwendet, um korrekte Lösungen zu erhalten:

Hilfreiche Gesetze – das Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines technischen Systems; das Gesetz von der energetischen Leitfähigkeit; das Gesetz der Abstimmung der Rhythmik der Teile des Systems.



Die Phasen der Erhöhung der Idealität	Die Methoden zur Erreichung
Verbesserung der Parameter eines Systems bei der Erhöhung der Kosten	Intensive Verwendung der Ressourcen; Konstruktionsmethoden
Verbesserung der Hauptparameter eines Systems bei den unveränderten Kosten	Ressourcensparende Technologien; Suche nach optimalen Lösungen; Standardlösungen zu Ressourceneinsparung
Das Erscheinen neuer Funktionen bei Erhöhung der Kosten	Konstruktionsmethoden; Wertanalyse (bei geringen Anstieg der Kosten)
Das Erscheinen neuer Funktionen bei unveränderten Kosten	Konstruktionsmethoden; Wertanalyse
Verbesserung der Parameter eines Systems bei Senkung der Kosten	Wertanalyse; OTSM-TRIZ
Das Erscheinen neuer Funktionen bei Senkung der Kosten	Wertanalyse; OTSM-TRIZ
Der bedeutende Anstieg der Kosten, die verwendet werden, um die weitere Existenz des Systems zu sichern und das Erscheinen neuer Funktionen des Systems zu unterstützen	Wertanalyse; OTSM-TRIZ

## 2.4.5 Beispiele

### 2.4.5.1 Beispiel

Bis in die Moderne verwendeten Segler die Sterne am Nachthimmel zur Navigation. Keiner der Segler hat jedoch je einen Stern erreicht. Denken Sie daran, wie viele Schiffe durch diese Orientierungshilfe den Hafen gefunden haben, ohne vom Weg abzukommen, und wie viele Menschen so gerettet wurden.

Die Idee ist nicht erreichbar, aber wir können uns dadurch in die richtige Richtung fortbewegen, wenn wir uns daran orientieren.



### 2.4.5.2 Beispiel

Das Floß für den Transport von Holzstämmen ist das ideale System. (Wir werden bemerken, dass wir für reale Systeme und Lösungen nur von Idealität in einer vergleichbaren Form sprechen können, weil die ideale Lösung durch die Definition unerreichbar ist.) Folglich ist es möglich, zu behaupten, dass ein Floß das Baumstämme transportiert und aus der Fracht gemacht ist, die idealere Lösung ist als ein Transportschiff, das Baumstämme als Fracht transportiert.

Aber die Welt ist aus Widersprüchen gebaut. Wir können argumentieren, dass Baumstämme, die in einem Frachtschiff transportiert werden, im Gegensatz zum Baumstammfloß trocken bleiben. Also hat ein anderer Parameter, der Schutz der Fracht, den geringeren Wert. So ergibt sich ein neues Problem...



### 2.4.5.3 Beispiel

Jedes Kilogramm der Fracht in einem Raumschiff, das in die Umlaufbahn der Erde geschossen wurde, ist wertvoll. Es ist nicht übertrieben, dass für ein Kilogramm der Fracht, das in den Welt- raum geschossen wird, Mittel notwendig sind, die mit den Kosten eines Kilogramms Gold gleichzusetzen sind.

Am Ende des 20. Jahrhunderts wurde vorgeschlagen, ein paar Elemente der Kabineneinrichtung eines Raumschiffs mit gepressten Nahrungsmitteln zu bauen. In einem Notfall, wenn eine Nahrungsmittelknappheit vorherrscht, wäre es möglich, Teile eines Sessels oder einer Innenwand des Raumschiffs als Nahrung zu verwenden.



## 2.4.5.4 Beispiel



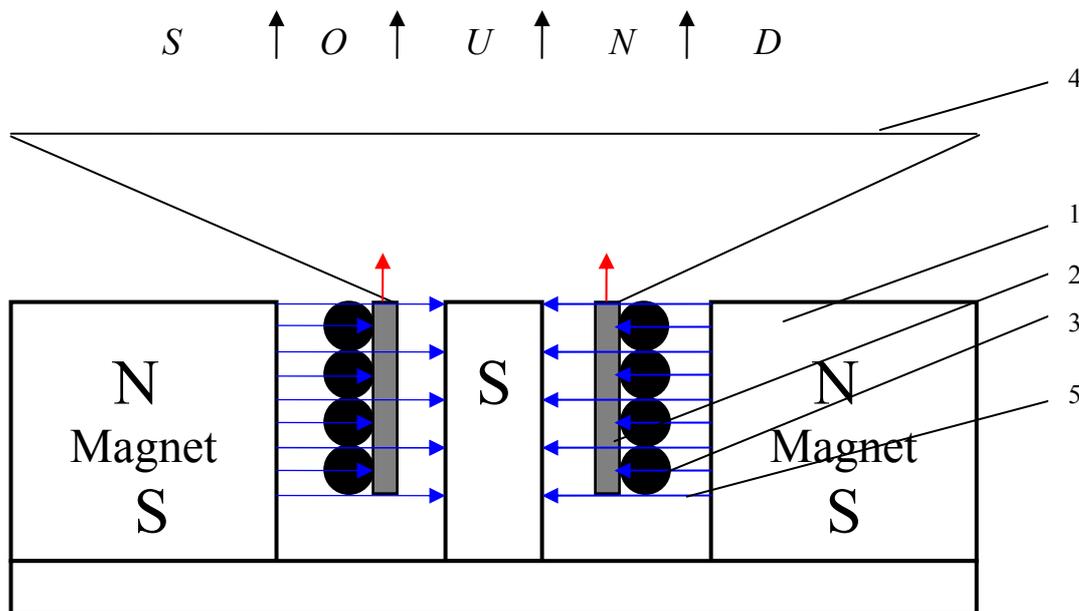
Es ist notwendig, genug Treibstoffvorrat für einen langen Weltraumflug zu haben. Wie bewegt man das Raumschiff ohne Treibstoff? Die Flugbahn des Raumschiffs wird so berechnet, dass es möglich ist, die Anziehungskraft verschiedener Planeten zu nützen. Treibstoff ist nicht vorhanden, jedoch wird die Funktion „ das Raumschiff von einem Raum zu einem anderen zu bewegen“ noch immer erfüllt.

## 2.4.5.5 Beispiel



Abb. 4.2. zeigt den Querschnitt einer magnetischen Kette eines Lautsprechers.

Abb. 4.2.



Die Abbildung beinhaltet:

- 1 – Magnet
- 2 – Spulenband
- 3 – Magnetring
- 4 – Verteiler
- 5 – Feldlinien des Magnetfelds

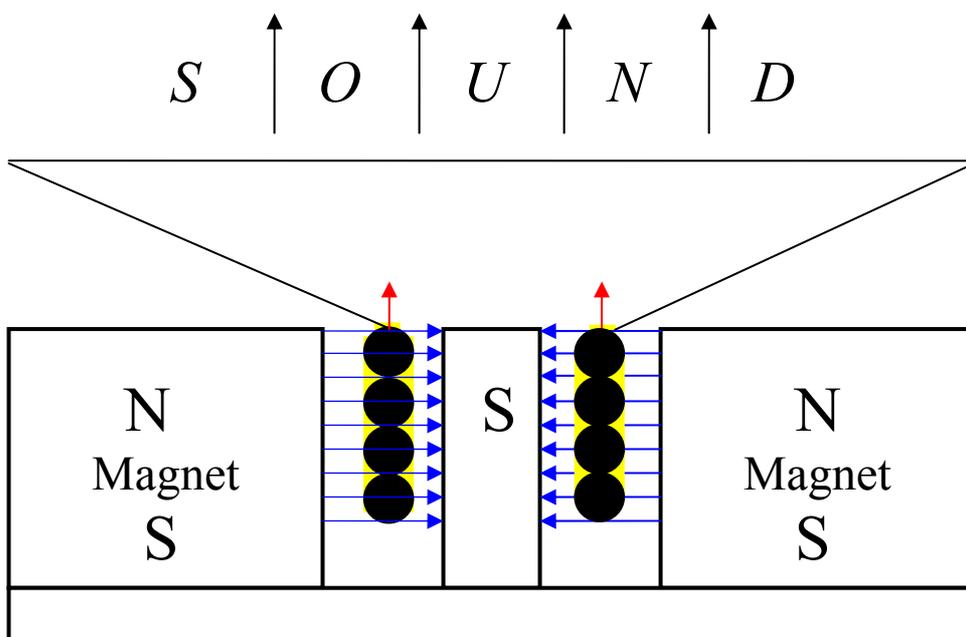
Die Spule mit dem Leiter, der im Magnetfeld positioniert ist, ist der „Motor“, der Umwandler der Energie von elektrischen und magnetischen Feldern in mechanische Schwingungen des Verteilers und dann in Schwingungen der Luft.

Früher (siehe Kapitel 2, Beispiel 2.2..) haben wir bereits die magnetische Kette eines Lautsprechers besprochen. Für gewöhnlich ist die Spule des Lautsprechers auf einem speziellen Karton oder einem Plastikgehäuse gewickelt und zwischen den Magneten eingebaut. Was ist die Funktion des Spulengehäuses? Das Gehäuse der Spule behält die Spulen des Leiters im Zentrum der magnetischen Kette eines Lautsprechers zwischen den Polen der Magneten. Entsprechend bereits erläuterten Regeln (siehe Kapitel 1, Bereich 1.4.1.: „Das Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines technischen Systems“ → „Wie man die Funktion des technischen Systems korrekt festlegt“) werden wir die Formulierung spezifizieren: „die Vorgehensweise der elastischen

Kräfte der Magnetringe der Spule und die Gravitationskräfte am Wechsel der Stelle der Spule zu kompensieren“.

Das Gehäuse der Spule führt jedoch zu unerwünschten Effekten. Erstens bringt es Verluste des magnetischen Stroms. Es besetzt den kleinen, definierten Platz in einer Öffnung zwischen den Magneten. Je größer die Entfernung zwischen den Magneten ist, desto schwächer wird der Magnetstrom, und deshalb auch die Kapazität des Lautsprechers. Zweitens, ist der am wenigsten erwünschte Effekt eine schlechtere Kühlung des Leiters der Spule. In kraftvollen Lautsprechern, wenn der große Strom sich durch die Spule bewegt, erhitzt sich die Spule stark und kann schmelzen. Unter diesen Bedingungen ist es wichtig, Luft von verschiedenen Richtungen auf die Spule zu blasen, um sie zu kühlen. Aber das Gehäuse der Spule, gefertigt aus elektrisch isolierendem Material, dient als Hitzeisolator, der den Leiter der Spule davor bewahrt abzukühlen. Was ist dann das ideale Gehäuse für die Spule? Das wird ein Gehäuse sein, das die spezifizierte Funktion erfüllt, aber keinen Platz einnimmt. Die Kosten des Herstellers gehen gegen Null. Anders ausgedrückt, das Gehäuse ist nicht vorhanden, aber die Funktion wird ausgeführt.

Abb. 4.3.



Spulen ohne Rahmen wurden erzeugt, bei denen die Schleifen durch eine spezielle Klebverbindung fixiert werden. Es muss erwähnt werden, dass in dem alten System der Prototyp dieser Idee bereits existierte – die Schleifen der Spule waren mit Lack bedeckt, um eine hohe Widerstandsfähigkeit und Oberflächenschutz gegen mechanische Schäden zu erreichen. Aber seine Stärke war unzureichend, um die Schleifen der Spule in der definierten Bedingung ohne ein Gehäuse für die Spule zu fixieren. Außerdem wurde das Problem der positiven und negativen Effekte eines Gehäuses nicht besprochen und beschrieben und deswegen wurde es nur vor geraumer Zeit gelöst.

## 2.4.5.6 Beispiel



Der Dynamo an einem Fahrrad wird üblicherweise in Form einer separaten Vorrichtung montiert. Mechanische Rotationsenergie der Räder wird durch Kontakt einer Laufrolle im Dynamo mit der Oberfläche des Rads auf den Dynamo übertragen. Um einen besseren Parameter dieses Systems bei der Beleuchtung eines Fahrrads (Helligkeit der Beleuchtung und folglich die Kapazität einer Glühbirne, elektrische Kapazität) zu erreichen, ist ein stärkerer Dynamo notwendig. Der mechanische Kontakt zwischen der Oberfläche des Rades und der Laufrolle des Dynamos basiert auf Reibung und dabei wird das Moment der Kraft aufwendig auf den stärkeren Dynamo übertragen. Die Entwicklung des Systems der Beleuchtung und des Alarmsystems des Fahrrads wurde durch die Konstruktion eines Dynamos basierend auf der Übertragung der mechanischen Energie mit Mitteln der Reibung beim direkten Kontakt des Dynamos mit der Oberfläche des Rads eingeschränkt.

Bei den neuesten Fahrradmodellen wurden die Dynamos an der Hinterradachse montiert. Die Radachse daran angebrachtem Magneten, dient gleichzeitig als Rotor des Dynamos. Die Methode der Übertragung über die Laufrolle eines Dynamos und die Oberfläche des Rads ist verschwunden, weil sie überflüssig ist. Die Reibungsverluste beim Transfer der mechanischen Energie sind mit ihr verschwunden. In solchen Fällen sagen wir, dass das System idealer geworden ist.

## 2.4.6 Selbsttest (Fragen, Aufgaben)

### 2.4.6.1 Zusammenfassung



Die Besonderheiten eines technischen Systems in der zweiten und dritten Phase einer S-Kurve (=Phase der Entwicklung) werden durch das folgende Gesetz beschrieben:

Die Entwicklung aller Systeme geht in die Richtung der Steigerung der Idealität. Sie beinhaltet viele verschiedene Mechanismen und besteht aus einigen Phasen. Zuerst beinhaltet es die Erhöhung des Wertes der Schlüsselparameter, dann die Senkung bei den Kosten für die Ausführung der Funktionen und das Erscheinen neuer Funktionen. und in der Endphase – die Verbindung mit einem anderen System und den Transfer der Funktion zu diesem System oder die Ausführung der Funktionen durch ein anderes System.

### 2.4.6.2 Fragen

Wie definieren wir das Konzept der Idealität?

Wie definieren wir das Konzept des idealen Systems?

Welche Lösung ist eine ideale?

Was ist der Unterschied zwischen dem Meist gewünschten Ergebnis und dem idealen Endresultat?

Wie definieren wir das Konzept des idealen Endresultates?

## 2.4.7 Literatur



**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russian) (Sovetskoye Radio, Moskau, 1979), S. 126.

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 227-228.

**Salamatov, J.**, "System of development of creativity laws". In *Chance of Adventure* (Russian), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), S. 138-168.

**Khomenko, N.**, "The law of the completeness of the parts of the system with OTCM-TRIZ interpretation". (russisch) (Karlsruhe, Manuskript, 9. Juli 2008).

**Khomenko, N.**, "The law of increasing of degree of Ideality of the system with OTCM-TRIZ interpretation". (russisch) (Karlsruhe, Manuskript, 18. Juli 2008).



## 2.5 das Gesetz von der ungleichen Entwicklung der Systemteile

Ich schreibe diese Zeilen in einem neuen Hochgeschwindigkeitszug, dem TGV, der Europa mit einer Geschwindigkeit von 350 km/h durchquert. Die Geschwindigkeit ist erstaunlich, aber es ist möglich, mit einem hohen Wahrscheinlichkeitsgrad zu sagen, dass es nahe dem Limit der Rad-Schiene –Transportart liegt.

Was war das schwierigste Problem bei der Konstruktion eines solchen Zugs? Stärkere Motoren, der Bau neuer Schienen, ein fortschrittlicheres Bremssystem? Ja, zum Teil waren es diese Herausforderungen. Den Entwicklern zufolge war jedoch der Stromabnehmer die größte Herausforderung. Die Konstruktion des Stromabnehmers in einem TGV-Zug stützt sich auf eine starke äußerliche Ähnlichkeit zu der Konstruktion des Stromabnehmers der meisten anderen modernen Züge. Wir werden hier allerdings nicht über die in TGV-Zügen angewandten technologischen Lösungen diskutieren.

Stattdessen werden wir auf die wichtigsten Fragen in diesem Beispiel aufmerksam machen. Während des Lebenszyklus eines technischen Systems (TS) machen seine Teile eine ungleiche Entwicklung durch. Erstens haben die Teile eines technischen Systems (TS) zu jeder Zeitperiode eine unterschiedlichen Stufe an Entwicklung. Zweitens finden die Veränderungen in den Teilen des Systems ungleich statt, oft lawinenartig. Es gibt immer einen Teil, der das TS von seinem weiteren Fortschritt und der Erhöhung der Hauptparameter zurückhält. Es ist dieser Teil (der „Flaschenhals“), der die starken, scharfen Widersprüche verursacht. Deshalb ist es von größter Wichtigkeit festzustellen, welcher Teil dies ist.



Abb. 5.1. Hochgeschwindigkeits-TGV-Zug



Abb. 5.2. Stromabnehmer eines TGV-Zugs

In der Geschichte der Zugentwicklung gab es verschiedene Faktoren, die als "bremsendes Element" bei der Erreichung der notwendigen Parameter (Geschwindigkeit, Länge und Gewicht eines Zuges, Bremsweg, etc.) agierten. Die Kraft der Dampflok wuchs allmählich bis sie in Konflikt mit der Qualität der Schienen kam. Einige Jahre später erlaubten technologische Erfindungen im Bereich der Metallurgie die Herstellung strapazierfähigerer, längerer und relativ billiger Schienen für die Massenproduktion. Als Folge war die Technologie der Bahn verantwortlich für die Qualität der Schienen und des weitverzweigten Netzes. Züge wurden schneller, transportierten mehr Fracht und verbanden weit entfernte Städte. Aber der Motor war nicht in der Lage die notwendige Energie bereitzustellen, um die Geschwindigkeit zu erreichen, welche die neuen Schienen erlaubten. Der letzte „Durchbruch“ war der Übergang von

einen Dampfmotor zu einem mehr energieproduzierenden, wertvollen Treibstoff: anstatt Kohle wurden Erdölprodukte verwendet. Der Motor wurde ebenfalls verändert – ein höherer Dampfdruck war notwendig, um mehr Energie zu erzeugen. Zu diesem Zweck wurde ein strapazierfähigerer (und schwererer!) Motor gebraucht. Der weitere Anstieg der Hauptparameter des Zugs wurde möglich mit dem Wechsel zu einem wiederum neuen Typ von Motor, d.h. zu einem elektrischen Motor.

Deshalb ist es, bei der Lösung praktischer Aufgaben und der Vorhersage der technischen Entwicklung, sehr wichtig, dass der „Flaschenhals“ in einem Technischen System korrekt definiert wird. Darüber hinaus ist es notwendig, existierende Widersprüche zu identifizieren und sich auf die kontinuierliche Verbesserung der Teile des Systems zu konzentrieren.



## 2.5.1 Definition

Die Entwicklung der Teile eines Systems geht ungleichmäßig voran. Je komplizierter das System ist, desto ungleichmäßiger ist die Entwicklung seiner Teile.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 229.



## 2.5.2 Theorie (Details)

Dieses Gesetz gehört zur Kategorie der „Kinematik“, dh. Gesetze für fortgeschrittene Technische Systeme, die sich in der zweiten und dritten Phase der Entwicklung befinden (siehe S-förmige Kurve).

Wir wissen, dass in der Entstehungsphase eines neuen Technischen Systems dieses minimal arbeitende Hauptteile für eine minimale Arbeitsfähigkeit enthalten muss. Zusätzlich muss die energetische Leitfähigkeit zwischen den Teilen des technischen Systems vorhanden sein vor allem zwischen den Steuerungssystem und den anderen Teilen des Technischen Systems. Das Zusammenspiel der Teile muss koordiniert werden, um das technische System weiter zu entwickeln und seine Parameter zu verbessern. Dies betrifft vor allem neu erschaffene technische Systeme, die sich in der ersten Entwicklungsphase befinden (siehe S-förmige Kurve).

Mit dieser Entwicklung machen die Teile des technischen Systems eine Veränderung, entsprechend den geänderten Anforderungen der Menschen und der Umwelt, durch. Ein technisches System beinhaltet Komponenten auf unterschiedlichen Entwicklungsstufen und in verschiedenen Lebensabschnitten (S-Kurve). Diese Ungleichmäßigkeiten können mithilfe von Widersprüchen beschrieben werden. Besonders scharfe Widersprüche entstehen am schwächsten Teil eines Systems, dem „Flaschenhals“.

Einer der Gründe für die Ungleichmäßigkeit der Entwicklung der Teile eines Technischen Systems sind die beschränkten Ressourcen. An erster Stelle sind das meist Materialressourcen sowie Zeit für die Entwicklung, Implementierung und den Markteintritt. Desweiteren werden oft substantielle Einschränkungen in dieser Phase durch die verfügbaren Ressourcen und durch genutzte Methoden zur Lösung von Problemen eingeführt.

## 2.5.3 Typische Fehler:

Sehr oft beginnt die Verbesserung eines Technischen Systems bei jenem Teil des Systems, das leicht zu ändern ist. Besonders typisch ist es bei komplizierten Aufgabenstellungen, wenn Probleme im schwächsten Teil des Systems auftreten. Einer der Gründe für dieses Phänomen sind die beschränkten Möglichkeiten der traditionellen Methoden der Problemlösung.

Der Irrtum dieses Ansatzes wird durch den folgenden Witz sehr schön unterstrichen:

Ein Mann sucht etwas am Bürgersteig unter einer Straßenlaterne. Zwischen dem Mann und einem Polizisten findet das folgende Gespräch statt.

„Mein Herr, kann ich Ihnen helfen?“

„Ja, ich habe die Schlüssel zu meiner Wohnung verloren.“

„Erinnern Sie sich an die Stelle, wo Sie sie verloren haben?“

„Sicherlich, dort drüben, bei meinem Auto...“ (er zeigt auf das Auto, das in der Nähe steht)

„Und wieso suchen Sie hier, unter der Straßenlaterne?“

„Weil es hier heller ist!“

Wir lachen über diesen Mann, aber wir verhalten uns oft gleich bei der Verbesserung technischer Systeme... Nur nachdem wir alle Entwicklungsressourcen der anderen Teile eines Systems komplett aufgebraucht haben, kommen wir zu unserem „Flaschenhals“ zurück.

Wenn wir mit dem Beispiel der Entwicklung eines TS „Zuges“ weitermachen, werden wir folgendes bemerken. Um ein Technisches System vorwärts zu bringen, ist es wichtig, seine Funktion korrekt zu formulieren. Dazu gehört auch, die Grenzen der Varianten eines Technischen Systems zu definieren. Im Fall eines TGV-Zugs wurden die Grenzen so geschaffen, dass Veränderungen nicht das Prinzip „Rad - Schiene“ betroffen haben, aber der „Flaschenhals“ exakt der Rad-Schiene Teil des Systems „Zug“ ist.

### **Bemerkung:**

Die nächste Entwicklungsphase des Zugs ist ein Zug auf einer elektromagnetischen Platte. Bei der Konstruktion eines solchen Zugs wird der Übergang von einem „Rad-Schiene“-Paar (Makrolevel) zu einer elektromagnetischen Wechselwirkung (Mikrolevel) gemacht. Der Stromabnehmer machte auch einige Veränderungen durch – es gibt keinen Gleitkontakt („Stromabnehmer-Leiter“) mehr. Die Funktion der Energieübertragung wird durch mittels eines elektromagnetischen Felds ausgeführt. (Weitere Informationen über die nächste Entwicklungsphase des Zugs und das Entwicklungsgesetz der technischen Systeme, welches die Basis dieser Phase bildet, finden Sie in Kapitel 7, Beispiel 7.5.5).

## **2.5.4 Modell**

### **S-förmige Kurve**

Das Leben eines technischen Systems (wie das Leben anderer Systeme, z.B. biologischer Systeme) kann in der Form der Abhängigkeit der Hauptparameter eines Systems über die Zeit hinweg beschrieben werden. Das Entwicklungsmodell eines Technischen Systems (TS) entspricht der Form einer S-förmigen Kurve (Abb. 5.3.) und wird in OTSM-TRIZ verwendet. Die Kurve zeigt wie sich ein TS und seine Hauptparameter während ihres Lebens verändern (Geschwindigkeit, Leistungsfähigkeit, Effizienz etc.). Jedes System hat seine Besonderheiten, sein eigenes „Portrait“ einer S-förmigen Kurve. Aber jedes „Portrait“ hat mit allen Systemen etwas gemeinsam. Solche Segmente sind 1 – „Kindheit“; 2 – „Reife“; 3 – „Alter“.

Es sollte darauf hingewiesen werden, dass die Entwicklung des gesamten Technischen Systems aufgrund der unterschiedlichen Entwicklung seiner Teile ungleichmäßig abläuft..

In der Kindheit (Segment 1) entwickelt sich ein technisches System langsam. In der Regel läuft diese Entwicklungsphase zeitlich parallel mit der Phase der „Reife“ oder des „Alters“ seines Vorgängersystems ab (Abb. 5.4.). Das neue System ist immer noch schwach; seine Hauptparameter können schlechter sein als die Parameter des alten Systems. Es fehlen die Ressourcen für die Entwicklung eines jungen Systems, aber ein neues Betriebsprinzip hat ein bedeutendes Potential.

Die Existenz eines alten Systems hält den Durchbruch und den Markteintritt des jungen Konkurrenten zurück. Und erst nachdem das alte System "verbraucht" ist, kann die rapide Entwicklung des neuen Systems beginnen (der Wendepunkt  $\alpha$ ). Die Phase „Reife“ kommt danach (Segment 2).

Von diesem Moment (der Wendepunkt  $\beta$ ) erlebt die Entwicklung einen Rückgang und die Pha-

se des „Alters“ beginnt (Segment 3). Ein wiederum neues, junges TS ist bereit zu erscheinen. Nach dem Punkt  $\gamma$  wird ein TS durch ein neues ersetzt oder hält die erreichten Parameter für lange Zeit (z.B. ein Fahrrad).

Linien der Systemevolution

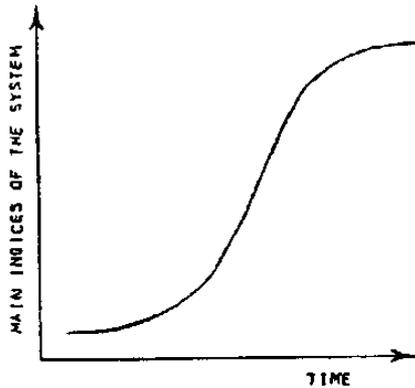


Abb. 5.3. S-curve (siehe: G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 205-216).

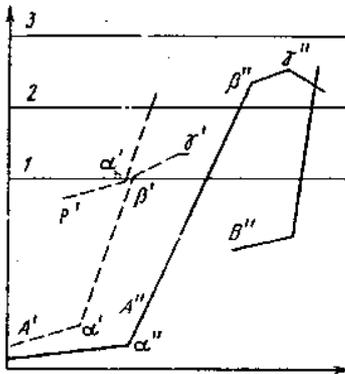


Abb. 5.4. (siehe: Altshuller, G. S., *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (russisch) (Moskau, Sovetskoye Radio, 1979), S. 113-119).

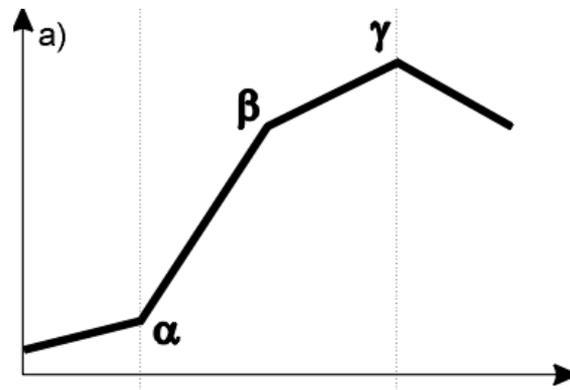


Abb. 5.5. Ausführung – Verwendung (siehe: Altshuller, G. S., *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (russisch) (Moskau, Sovetskoye Radio, 1979), S. 113-119).

Im Laufe seiner Entwicklung ist ein Technisches System der Gegenstand ständiger Veränderungen. Material wird verändert, manche Teile werden durch andere, fortschrittlichere Teile ersetzt. Die Lebenslinie eines spezifischen technischen Systems kann in Form einer Vielzahl von S-förmigen Kurven dargestellt werden, welche das gesamte TS formen. (Modis, 1994).

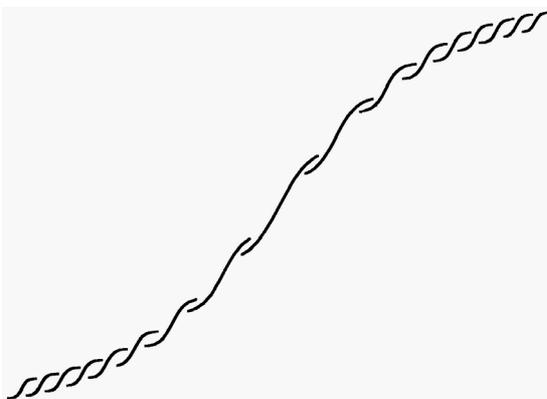


Abb. 5.6. S-Kurve, bestehend aus anderen S-Kurven, die Subsysteme bilden. Die horizontale Achse zeigt die Zeit.

Die Entwicklung eines Technischen Systems TS passiert in vielen Aspekten ungleich. Einige davon werden unten gezeigt:

- Ein Technisches System TS hat unterschiedliche Entwicklungsgeschwindigkeiten in den verschiedenen Phasen seines Lebens;
- Subsysteme, die Teile eines Technischen Systems TS sind, sind zu jedem zufällig gewählten Moment der Lebenszeit des Technischen Systems TS auf unterschiedlichen Entwicklungsstufen;
- Subsysteme haben unterschiedliche Lebenszeiten;
- Entwicklungsgeschwindigkeiten des Technischen Systems TS sind sogar in einer Phase seines Lebens nicht gleich;
- Ein zeitliches Revival alter Subsysteme, die vor Kurzem abgelöst worden sind, ist unter neuen Bedingungen möglich.

## 2.5.5 Instrumente – Werkzeuge (wie man sie verwendet)

### 2.5.5.1 Entwicklungsgesetze und ihre Werkzeuge

Es ist notwendig

- ein Modell eines Technischen Systems TS zu bilden, das aus vier Elementen besteht (siehe Kapitel 1).
- ein Technisches Systems TS hinsichtlich der energetischen Leitfähigkeit (siehe Kapitel 2) sowie hinsichtlich der Erfüllung seiner Funktion–und des Rhythmus eines System zu analysieren (siehe Kapitel 3)
- das ganze System und jeden Teil davon mit dem idealen System zu vergleichen (siehe Kapitel 4).

Bei der vorangehenden Analyse werden Widersprüche identifiziert, die verschiedene Teile des Technischen Systems charakterisieren. Es ist notwendig zu bewerten, welcher Widerspruch das System am weitesten eingrenzt.

Zum Beispiel, was die Anzahl unerwünschter Effekte und Widersprüche betrifft (im Kontext der Erfüllung einer von uns ausgewählten Funktion ).

### 2.5.5.2 S-förmige Kurve

Während der Lösung praktischer Aufgaben und der Vorhersage der Entwicklung des technischen Systems ist es entscheidend, das „Portrait“ des analysierten Technischen Systems TS korrekt zu erzeugen. Es ist wichtig die Entwicklungsreserven der vorgegebenen TS zu kennen. Es ist notwendig, eine Grafik über die Veränderungen der Hauptparameter des Systems über die Zeit unter der Verwendung von Patentdaten und anderer Quellen über die vorherige Entwicklung eines Systems, welche zu analysieren ist, zu erstellen. Damit können Schlussfolgerungen über die Entwicklungsphase, in der sich das TS momentan befindet, unter der Verwendung von S-förmigen Kurven gezogen werden.

### 2.5.5.3 Die Bildung eines Problemnetzwerks und die Analyse seiner Struktur

Bei der Beschreibung des momentanen Stands der Dinge in Bezug auf das zu analysierende Technische System muss ein Problemnetzwerk erstellt werden. Das Problemnetzwerk beinhaltet Probleme und ihre partielle Lösungen sowie ihre Verbindungen. Die Struktur des Problemnetzwerks gibt Informationen über die ungleichmäßige Entwicklung des gesamten Systems und trägt zur Ermittlung des „Flaschenhalses“ bei.

## 2.5.6 Beispiel

### 2.5.6.1 Beispiel

Musik hören war immer beliebt. Mitte des letzten Jahrhunderts erlebten Tonwiedergabegeräte eine weitere Entwicklung. Besonders elektronische Verstärker wurden stark weiterentwickelt. Unserer Meinung nach liegt der Grund für dieses Phänomen in den breit gefächerten Möglichkeiten der Ressourcen, z.B. der elektronischen Grundlagen. Während einiger Jahrzehnte des



letzten Jahrhunderts erzeugte die Welt zwei Generationen von elektronischen Basiselementen: elektronische Lampen wurden durch Transistoren ersetzt; den Transistoren folgten integrierte Mikroschaltungen. Diese und andere moderne Technologien erlaubten eine Verbesserung der Soundqualität, eine erhöhte Massenfertigung und bessere Preise.

Lautsprecher wurden nicht so aktiv weiterentwickelt. Ihre Hauptparameter kamen in Widerspruch mit dem Bedürfnis der Leute nach qualitativ besserer Tonwiedergabe auf der einen Seite, und mit den Möglichkeiten der elektronischen Grundlagen auf der anderen. Tonträger (Tonbandaufnahmen, Radiosignale, Vinyl-Grammophonaufnahmen) sowie elektronische Verstärker machten es möglich, die Tonqualität zu erhöhen. Lautsprecher waren der „Flaschenhals“, der die Gesamtentwicklung der Tonwiedergabegeräte behindert.

In der Mitte des letzten Jahrhunderts wurden Verstärker, die eine nicht-lineare Verzerrung von weniger als 0,5% bei einer Stärke von 50W hatten, produziert. Das ist ein sehr guter Parameter. Aber ein Lautsprecher verbunden mit einem solchen Verstärker verbessert die Verzerrung um 10- bis 20-fache. Die Verstärker wurden jedoch dank der Entwicklung der Elektronik weiterentwickelt, Wissenschafts- und Technikmagazine, Ausstellungsstände und Geschäfte erhielten neue Modelle von elektronischem Equipment, dessen breite Möglichkeiten praktisch nutzlos blieben ohne verbesserte Lautsprecher.

Der „Flaschenhals“ des Lautsprechers ist die flexible Aufhängung, welche für die Wiedergabe der Mehrfachfrequenzen verantwortlich ist. Zu dieser Zeit wurde nahezu alles aus dem verfügbaren Material „herausgeholt“. Außerdem führte eine Erhöhung der Flexibilität und Leichtigkeit zu einem Widerspruch... Um diesen Widerspruch zu lösen, war der Übergang zu einem neuen System notwendig.

(Für diese Lösung, siehe Kapitel 6: Das Gesetz vom Übergang zu einem Supersystem (Beispiel 6.13.)

### 2.5.6.2 Beispiel:



Schauen wir genauer auf das Wachstum einer Pflanze, wenn sie aus dem Boden kommt. In der Regel hat sie 2 große Blätter. Die Blätter sind im Verhältnis zur Größe des Samens und des Stiels nicht groß. Unter der Erde ist die Situation mit dem Wurzelsystem ähnlich. Die Ursache hierfür ist, dass die Pflanze zum Überleben Sonnenenergie und Nahrungsstoffe benötigt. Im Laufe der weiteren Entwicklung werden andere Teile ihre Wachstumsrate und Größe im Vergleich zur ursprünglichen vergrößern.

### 2.5.6.3 Beispiel



Die Entwicklung eines Kindes kann sehr gut erkannt werden anhand des Abbild des Kindes: ein menschlicher Körper mit einem überproportional großen Kopf, und kurzen Armen und Beinen. Der menschliche Körper entwickelt sich tatsächlich ungleich. In den ersten 10 Lebensjahren erfährt ein Mensch 70% des Wachstums; und in den ersten drei Lebensjahren erhält ein Mensch 70% der lebensnotwendigen Information.

### 2.5.6.4 Beispiel



Die Entwicklung sozialer Systeme zeigt einen ungleichen Verlauf. Anatole France, der große französische Schriftsteller, bemerkte sehr schlaue: „Im langsamen und gut koordinierten Fortschritt der Menschheit, hat der Anfang einer Karawane das glänzende Feld der Wissenschaft betreten. Aber das Ende blieb zwischen dem starken Nebel des Aberglaubens zurück, in einem dunklen Land voller Geister und Gespenster. Ja Bürger, ihr habt Recht, wenn ihr zum Kopf der Karawane geht! ....“.

### 2.5.7 Selbsttest (Fragen, Aufgaben)



#### 2.5.7.1 Zusammenfassung

Die Entwicklung eines Technischen Systems (TS) macht in der Zeit einige Veränderungen



durch. Einige Subsysteme werden durch andere ersetzt, die unter bestimmten Bedingungen effizienter sind. Externe Bedingungen und menschliche Forderungen ändern sich. Diese Veränderungen sammeln sich an und rufen neue Widersprüche zwischen den Teilen eines Systems hervor. Andere auftauchende Systeme stellen im Laufe der praktischen Verwendung und der Verbesserung durch die Menschen neue Entwicklungsmöglichkeiten zur Verfügung.

Diese Entwicklungen passieren nicht zeitgleich. Manche Teile des Systems haben die sich gut entwickelnde Parameter, andere agieren als eine hemmende Kraft für die allgemeine Entwicklung des Systems. Außerdem sind auch die Bedeutungen der Hauptparameter (welche die Erfüllung der Funktion des TS gewährleisten) auch der ungleichen Veränderung über die Zeit ausgesetzt.

## 2.5.7.2 Fragen

Wie wird die Ungleichmäßigkeit der Entwicklung von Teilen eines technischen Systems ausgedrückt?

Für welche Entwicklungsphase des technischen Systems ist dieses Gesetz charakteristisch?

Ist es möglich, die Position des Punktes  $\alpha$  auf der Kurve des vorgegebenen technischen Systems nur auf der Basis der potentiellen Möglichkeiten des technischen Systems selbst vorherzusagen, ohne das vorangegangene TS zu berücksichtigen.

Wie beeinflusst die Komplexität eines technischen Systems die Ungleichmäßigkeit seiner Entwicklung?

Mit der Entwicklung machen die Teile des TS eine Veränderung entsprechend den geänderten Anforderungen der Menschen und der Umwelt durch. Ein TS beinhaltet Komponenten mit unterschiedlichen Entwicklungsstufen in verschiedenen Lebensphasen. Diese Unstimmigkeiten können mithilfe von Widersprüchen beschrieben werden. Besonders scharfe Widersprüche entstehen am schwächsten Teil eines Systems, dem „Flaschenhals“ (siehe Bereich 5.2., Theorie (Details)).

Dieses Gesetz gehört zur Kategorie „Kinematik“, d.h. fortschrittliche Technische Systeme, die sich in der zweiten und dritten Entwicklungsphase befinden (siehe S-förmige Kurve). (siehe Bereich 5.2., Theorie (Details)).

Die Existenz eines alten Systems hält den Durchbruch eines jungen Konkurrenten zurück. Und nur nachdem ein altes System vergangen ist, kann eine rapide Entwicklung eines neuen Systems beginnen (der Wendepunkt  $\alpha$ ). Die Phase „Reife“ kommt danach (Segment 2)

(S-förmige Kurve).

Die Entwicklung der Teile des technischen Systems schreitet ungleich voran; je komplizierter das System ist, desto ungleichmäßiger ist die Entwicklung seiner Teile. (Bereich 5.1., Definition)



## 2.5.8 Literatur

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russian) (Sovetskoye Radio, Moskau, 1979), S. 126.

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 229.

3. **Salamatov, J.**, „System of development of creativity laws“. In *Chance of Adventure* (Russian), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), S. 110-112.

**Modis, T.**, „Fractal aspects of natural growth“, *Technological Forecasting and Social Change* (1994) 47(1), S. 63-73.





## 2.6: Das Gesetz vom Übergang zu einem Supersystem

Wenn Sie jemals eine kochend heiße Tasse Tee oder Kaffee mit einer Temperatur von 65°C getrunken haben, dann werden Sie die folgende Tatsache kaum glauben.

Ein Artikel im *Science* von 2007 berichtete von einem hitzeresistenten Gras, das nahe einer heißen geothermalen Quelle im Yellowstone Nationalpark (USA) wächst. Das Gras wächst gemütlich auf einem Boden mit einer Temperatur von 65°C. Die Forschung der Biologen ergab die Entdeckung eines seltenen Beispiels einer dreifachen Symbiose mit der Natur; eine Pflanze, ein Pilz und ein Virus vereint, um hohe Temperaturen zu überstehen. In der Natur gibt es solchen Fälle von Symbiosen, wenn Pflanzen oder Organismen sich zusammenschließen, um sich gegenseitig zu versorgen, zu unterstützen und so zu überleben.

Das Phänomen solcher Symbiosen, die Kombination verschiedener Systeme, ist auch in der Technik bekannt. Die direkte Übertragung der vorgegebenen Phänomene von einem biologischen System auf ein technisches wäre nicht korrekt. Wie auch immer, ist es interessant so manche allgemeine Regelmäßigkeit zu analysieren.

### 2.6.1 Definition



Nachdem alle Entwicklungsmöglichkeiten verbraucht worden sind, wird ein System in ein Supersystem als eines seiner Teile eingegliedert; nachdem das geschehen ist, findet die weitere Entwicklung auf der Stufe des Supersystems statt.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 229.

### 2.6.2 Theorie (Details)

Dieses Gesetz gehört zur Kategorie der „Kinematik“, dsh. die Gesetze sind für Technische Systeme anwendbar, die sich in der dritten Entwicklungsphase befinden (siehe S-förmige Kurve). Einer der Wege der weiteren Entwicklung eines Systems, das in den Punkten  $\beta$  und  $\gamma$  auf einer S-förmigen Kurve liegt (siehe Abb. 6.2.), ist die Vereinigung der Systeme. Manchmal kann die Vereinigung der Systeme früher, z.B. in Segment 2, passieren, bevor der Punkt  $\beta$  erreicht worden ist. Solch eine Vereinigung ist in den Fällen möglich, wenn es zumindest einen Parameter gibt, der den Benutzer nicht zufrieden stellt. Außerdem ist es notwendig, eine Funktion auszuführen, um diesen Parameter zu verändern; Teile eines anderen Systems können als Entwicklungsressourcen dienen.

Eine typische Entwicklungskette entlang der Linie „mono-bi-poly“ wird in der TRIZ-Literatur beschrieben. Das Anfangssystem tut sich mit einem System der gleichen, einer ähnlichen, einer unterschiedlichen Art oder gar mit einem gegensätzlichen System (mit der gegensätzlichen Bedeutung der Funktion) zusammen. Der Charakter der Vereinigung hängt von der Art der geforderten Funktion ab. Eine der Hauptbedingungen der Vereinigung vom Standpunkt des TRIZ aus ist das Hervorbringen einer neuen Qualität.

### 2.6.3 Modell

#### S-förmige Kurve.

Es ist notwendig, eine Grafik zu erstellen, welche die Veränderung eines der Hauptindikatoren

des Systems über die Zeit zeigt. Hierzu können Patentdaten und andere Quellen, welche zur Analyse der vorangegangenen Entwicklung eines Systems vorliegen, verwendet werden.

Außerdem ist es mithilfe der erhaltenen S-förmigen Kurve möglich, Schlussfolgerungen über die Entwicklungsphase zu ziehen, in der sich das Technische System im gegebenen Moment befindet.

Wenn die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass das TS nahe dem Punkt  $\beta$  oder dem Punkt  $\gamma$  ist und es eine weitere Notwendigkeit gibt, die Hauptparameter zu erhöhen, ist es notwendig, ein neues technisches System zu definieren, welches das existierende ablösen soll. Eine solche Systemveränderung ist die Übertragung eines bestehenden TS zur Entwicklung eines neuen, fortschrittlicheren Systems.

Eine Kombination der Systeme kann in jeder Entwicklungsphase stattfinden. Es ist notwendig, die geforderte Funktion eines Systems zu definieren.

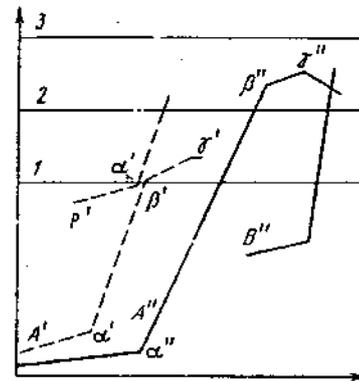


Abb. 6.2.

## 2.6.4 Beispiel

### 2.6.4.1 Beispiel

Durch die Kombination zweier Messer hat die Menschheit ein neues Schneidwerkzeug erfunden: die Schere.

*Lösungsinstrumente:* Werkzeuge der Gesetze – das Gesetz über die Vollständigkeit der Teile eines technischen Systems; das Gesetz der energetischen Leitfähigkeit; das Gesetz der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems .



### 2.6.4.2 Beispiel

Nur dadurch, dass wir einige Bleistifte auf den Tisch legen, erhalten wir kein neues System oder eine neue Qualität. Wir können jedoch einen der Parameter verändern: die Zeit zum Schreiben ohne den Bleistift spitzen zu müssen, durch das Ersetzen eines z.B. stumpfen Bleistifts durch einen neuen während des Schreibens. Daher führen wir eine neue Funktion ein. Normalerweise wenn wir einige Bleistifte mit verschiedener Minenlänge auf einen Tisch vor uns legen, können wir einen der Parameter verändern – der Zeitraum des Schreibens ohne zusätzliche Zeit, die zum Spitzen des Bleistifts benötigt wird (die Veränderung von einem Bleistift zu einem anderen, von einem stumpfen Bleistift zu einem spitzen im Laufe des Schreibens). Und das bedeutet, dass wir die Erfüllung einer neuen Funktion erbringen – Briefe auf einem Blatt Papier zu schreiben ohne eine Pause für das Spitzen des Bleistifts.

*Lösungsinstrumente:* Übergang Monosystem zu Polysystem - gleiche Eigenschaften (Funktionen).



### 2.6.4.3 Beispiel

Leonardo da Vinci, der einen Apparat baute, der Kopien machte, verwendete eine andere Kombination von Schreibwerkzeugen. Zwei Minenbleistifte wurden am Ende eines „Flugblatts“ in einer „Y“-Form entlang einer normalen Füllfeder zusammengebunden . Während des Schreibens mit einem solchen Doppel-Bleistift macht der Autor zwei Kopien des Dokuments zur gleichen Zeit wie das Originalmanuskript. (Der Autor musste auf dünnen Papierstreifen schreiben, die Breite derer ist durch den Raum zwischen den Zweigen des „Y“ begrenzt).

*Lösungsinstrumente:* Übergang Monosystem zu Bisystem – gleiche Eigenschaften (Funktionen).



## 2.6.4.4 Beispiel

Wie bereits darauf hingewiesen wurde, können sich Systeme mit leicht unterschiedlichen Charakteristiken zusammenschließen. In TRIZ werden sie „Systeme mit angepassten Eigenschaften“ genannt. Um mit einem Bleistift mit verschiedenen Farben zum Zweck der Bequemlichkeit Notizen zu machen, werden zwei Bleistifte, ein roter und ein blauer, zu einem System kombiniert.

*Lösungsinstrumente:* Übergang Monosystem zu Bisystem – unterschiedliche Eigenschaften (Funktionen).



## 2.6.4.5 Beispiel

Systeme mit entgegengesetzten Eigenschaften können sich auch zusammenschließen. Eine Funktion, „eine Spur auf der Oberfläche hinterlassen“, kann sich mit einer entgegengesetzten Funktion, „eine Spur auf der Oberfläche zu entfernen“ kombinieren. Das kann eine Kombination eines Bleistifts mit einem Radiergummi, oder eine Füllfeder mit Korrekturflüssigkeit sein.

*Lösungsinstrumente:* Übergang Monosystem zu Bisystem – entgegengesetzte Eigenschaften (Funktionen)



## 2.6.4.6 Beispiel

Verschiedene Systeme können sich in einem System zusammenschließen. Ein Beispiel eines solchen Systems ist eine Füllfeder mit einigen Minen mit verschiedenen Farben.

*Lösungsinstrumente:* Übergang Monosystem – zu Polysystem – unterschiedliche Eigenschaften (Funktionen).



## 2.6.4.7 Beispiel

Die weitere Entwicklung eines Systems, das in ein anderes System hineingeht, findet auf dem Level des gesamten Systems statt. Wenn sich ein System entwickelt, steigt der Grad der Idealität. Einer der Wege eines solchen Prozesses ist der Ausschluss der Teile, die sich selbst duplizieren. Deshalb blieb nur eine allgemeine Hülle beim Zusammenschließen verschiedener farbiger Bleistifte in ein Schreibwerkzeug übrig, seit die individuelle Hülle eines jeden Bleistifts überflüssig ist.

*In OTSM-TRIZ wird solch ein Vorgang „Convolution“ (ev. Schraubengang) genannt.*

*Lösungsinstrumente:* Convolution



## 2.6.4.8 Beispiel

Eine weitere Entwicklung eines Systems kann in der Breite von Schreibwerkzeugen stattfinden. Um Linien unterschiedlicher Dicke zu zeichnen, ist es notwendig, eine Reihe verschiedener Minen oder Schreibfedern in einer Hülle zu haben. Der Bleistift eines Tischlers hat z.B. eine Mine mit einem rechteckigen Querschnitt. Solch ein Bleistift kann einen dünnen Strich unter Verwendung der Ecke oder breite Linien mit einer Seite der Mine machen.

*Lösungsinstrumente:* Convolution, geometrische Effekte.



## 2.6.4.9 Beispiel

Ein Filzstift mit dem Querschnitt einer Schreibfeder in Form einer Ellipse wurde vorgeschlagen. Solch ein Filzstift kann verwendet werden, um Linien von verschiedener Dicke zu zeichnen – von einem kleinen bis zu einem großen Durchmesser der Ellipse. Dadurch kann die Dicke einer Linie verändert werden ohne den Filzstift vom Papier zu nehmen. Es ist ausreichend, den Filzstift um die eigene Achse zu drehen.

*Lösungsinstrumente:* Convolution, geometrische Effekte.

## 2.6.5 Beispiel: Lautsprecher

### 2.6.5.1 Beispiel

Zwei oder drei Lautsprecher werden in einem Rahmen des Tonwiedergabeapparats oder einer



Tonsäule platziert, um die Bandbreite der reproduzierbaren Frequenzen zu erweitern. Einer der Lautsprecher gibt niedrige Frequenzen (Bass) gut, aber hohe Frequenzen schlecht wieder. Ein anderer Lautsprecher wiederum, überträgt niedrige Frequenzen schlecht, aber stattdessen reproduziert er hohe Frequenzen gut. Wie auch immer, die Lösung mehrere Lautsprecher in den Rahmen eines Tonwiedergabeapparats zu platzieren hat einen bedeutenden Nachteil: es erfordert viel zusätzlichen Raum und Volumen. Apparate, die mit zwei und drei Lautsprechern ausgestattet sind, haben ein hohes Gewicht.

Der Erfinder Shifman schlug einen Lautsprecher vor, der zwei verschiedene Apparate in sich kombiniert; Hochfrequenzlautsprecher und Niederfrequenzlautsprecher. Er hat ein magnetisches System, einen Rahmen, aber zwei Spulen und zwei Verteiler. Die Verteiler sind konzentrisch angeordnet, d.h. ein Verteiler ist innerhalb des anderen. In TRIZ wird solch eine Lösung „Bi-System“ genannt.

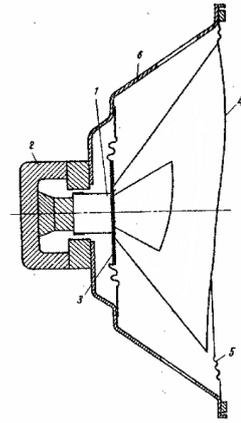


Abb. 6.3.

### 2.6.5.2 Beispiel

Jeder Lautsprecher, der ein Bi-System wie im vorherigen Beispiel besitzt, hat seine eigene Bandbreite an reproduzierbaren Frequenzen. Wir können weiter gehen, der Reihe „Mono-bi-poly“ folgend und koaxial nicht zwei, sondern drei Verteiler in einen Rahmen platzieren. Aber in diesem Fall wird die Konstruktion des gesamten Apparats sowie die Herstellungstechnik entscheidend komplizierter werden. Es ist ziemlich schwer technische Aufgaben separat herzustellen und verschiedene Kegelveiler und verschiedene koaxial angeordnete Spulen koaxial aufzusetzen.

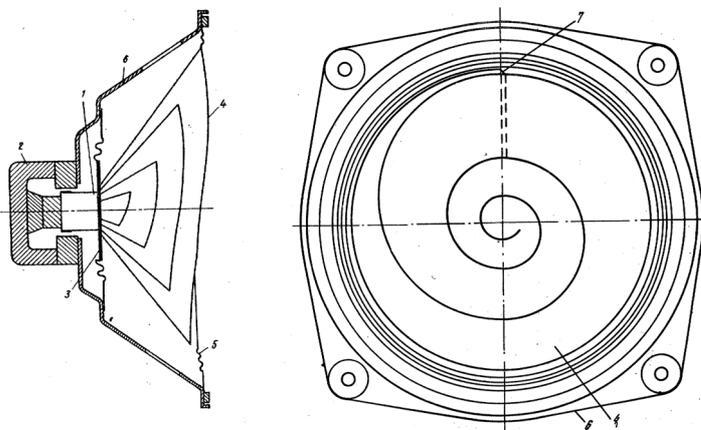


Abb. 6.4.

Der Erfinder G. I. Gelfenstein arbeitet ausführlich an einem Lautsprecher mit drei oder vier Verteilern und einer Spule. Die Anzahl der Verteiler können erhöht werden. Ein Verteiler hat die Form einer Archimedes-Spirale mit einer erforderlichen Menge an Windungen und einer Spule. Jede Windung dient als ein separater Verteiler – Tonsender. Jede Windung existiert für sich selbst und bildet gleichzeitig ein einzelnes System. Ein Windungsverteiler hat seine eigene Masse und Elastizität und das bedeutet, dass er seine eigenen bestimmten Frequenzcharakteristiken hat.

Wenn ein elektrisches Signal einer bestimmten Frequenz zur Spule übertragen wird, beginnen die Windungsverteiler entsprechend dieser Frequenz gemäß ihrer Charakteristiken zu vibrieren. Mit anderen Worten, die Verteiler geben die Frequenz wider, die von ihnen selbst in die Spule eingespeist wurde. Wenn niedrige Frequenzen (Bässe) induziert werden, wird der ganze Verteiler, bestehend aus verschiedenen Windungen als einzelnes System zu vibrieren begin-

nen. Je höher die Frequenz eines Signals ist, desto geringer ist die Anzahl der Windungen, die in Vibration gebracht werden. Bei hohen Frequenzen wird nur der zentrale Teil der Windungen einen Ton aussenden, der übrige Teil des Verteilers wird nicht auf „fremde“ Frequenzen antworten und bleibt unbewegt.

In TRIZ nennt man solch eine Lösung der Kombination verschiedener Systeme des gleichen Typs ein Poly-System – Verschiedenes.



### 2.6.5.3 Beispiel

Nicht nur ein Lautsprecher kann mit einem anderen gruppiert werden wie es in den vorigen Beispielen beschrieben worden ist. Ein Lautsprecher kann auch mit „Leerraum“ kombiniert werden. Doch. "Leerraum" wird oft falsch verstanden, da die Luft ja auch eine Masse hat und das bedeutet, dass er eigene Eigenschaften besitzt.

Ein Lautsprecher ist ein Subsystem in vielen Apparaten zur Tonwiedergabe. Es wurde in Radioempfängern, Kassettenrekorder, Fernsehern, etc. etabliert. Der Rahmen für jeden dieser Apparate hat sein eigenes Volumen.

Die erste Phase der Kombination mit einem Supersystem, d.h. mit dem Rahmen eines Apparats (eines Radioempfängers, eines Fernsehers) ist eine einfache mechanische Kombination. Der Rahmen kombiniert und schließt alle Subsysteme ein: ein mechanischer Teil, eine elektrische Vorrichtung und ein akustisches System.

Die zweite Phase ist, wenn das Luftvolumen für den Lautsprecher „arbeitet“, aber nicht damit abgestimmt wurde. Die dritte Phase ist, wenn das Luftvolumen eines akustischen Systems mit einem Lautsprecher abgestimmt wird, um höhere Werte bei den Hauptparametern zu erreichen. (Weitere Details finden Sie in folgendem Beispiel).



### 2.6.5.4 Beispiel

Um die Bandbreite der reproduzierbaren Frequenzen zu erweitern, wurden Lautsprecher in geschlossene Boxen mit einem großen Volumen platziert, d.h. Säulenlautsprecher. Solche technischen Lösungen machen es möglich, die untere Grenze einer reproduzierbaren Bandbreite entscheidend zu senken und die Reproduktion der Bässe zu verbessern. Jedoch entsteht ein anderer Widerspruch. „Das Volumen eines Säulenlautsprechers muss groß genug sein, um die Resonanzfrequenz eines akustischen Systems zu reduzieren; und das Volumen eines Säulenlautsprechers muss klein genug sein, um bequem in den Raum zu passen“. Dieses Problem liegt auf der Hand. Wie jedoch bereits darauf hingewiesen wurde, sind unlineare Verzerrungen das Hauptproblem, die das Vibrationssystem eines Lautsprechers herbeiführt. Wir betrachten die beschriebene Situation in einem ziemlich vereinfachten Weg. Um die dramatische Situation, in der sich Akustiker befinden, zu verstehen, müssen wir sie in Form eines Problemnetzwerkes beschreiben.

Nichtsdestotrotz wählte der Erfinder Vilchur intuitiv den Hauptwiderspruch aus. Das Vibrationssystem eines Säulenlautsprechers, d.h. eine zentrale Platte und eine Riffelung, ist nichts anderes, als eine Feder. Jede Feder auf der ausreichenden Amplitude der Vibrationen ist ein nichtlineares Element, das für die Tonverzerrung verantwortlich ist. Daher „ist eine Feder notwendig, um die Vibration auszuführen; und keine Feder ist notwendig, um die nichtlinearen Verzerrungen auszuschließen.“

Anmerkung:

Das Beispiel ist interessant, weil es verschiedene Gesetze zeigt:

Das Gesetz vom Übergang zu einem Mikro-Level: Ersatz einer mechanischen Feder durch eine Luftfeder.

Das Gesetz von der Erhöhung des Grades der Idealität: eine Luftfeder ist idealer und hat eine kleinere Nichtlinearität als eine mechanische Feder;

Das Gesetz vom Übergang zu einem Supersystem: Kombination eines Lautsprechers mit dem inneren Luftvolumen einer Tonsäule.

Das Gesetz der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems : Anpassung der Resonanzfrequenz eines Lautsprechers und das Luftvolumen einer Box.

IER (ideales Endresultat): Es gibt kein Feder-Vibrationssystem, aber die Funktion, Vibrationen auszuführen, bleibt erhalten.

Vilchur ersetzte den Teil des Vibrationssystems eines Lautsprechers, d.h. mechanische Aufhängung, durch eine Luftfeder. Ein verbesserter Lautsprecher hatte ein sehr weiches Vibrationssystem mit einer maximal möglichen Resonanzfrequenz. Dennoch funktionierte er nicht richtig, wenn er von einer Tonsäule getrennt wurde. Seine Aufhängung (eine zentrale Platte und Riffelung) war so weich, dass sie zusätzliche Unterstützung erforderte, um eine normale Position aufrecht zu erhalten. Solch eine Unterstützung, d.h. die Hauptfeder, war das innere Volumen der Luft innerhalb einer Tonsäule. In der Tonsäule platziert, erzeugte solch ein Lautsprecher ein neues TS zusammen mit einer Tonsäule, d.h. ein Vibrationssystem, das die gewünschten Charakteristiken hat; eine niedrige Resonanzfrequenz und eine große Amplitude der Vibrationen (und akustischer Druck).

## 2.6.6 Selbsttest (Fragen, Aufgaben)

### 2.6.6.1 Zusammenfassung

Das Gesetz vom Übergang zu einem Supersystem gehört zu einem Technischen System, das alle Möglichkeiten seiner Entwicklung verbraucht hat. Unter diesen Bedingungen ist die nächste Phase der Entwicklung eines Systems der Übergang zu einem Supersystem als eines seiner Teile. Die weitere Existenz und Entwicklung eines Systems findet auf dem Supersystem-Level statt.

### 2.6.6.2 Fragen

Wie wird das Gesetz vom Übergang zu einem Supersystem ausgedrückt?

Für welche Entwicklungsphase des Technischen Systems ist dieses Gesetz charakteristisch?

Nennen Sie einige Beispiele, die das Gesetz vom Übergang zu einem Supersystem veranschaulichen.



## 2.6.7 Literatur

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russisch) (Sovetskoye Radio, Moskau, 1979), S. 126.

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 229.

**Salamatov, J.**, "System of development of creativity laws". In *Chance of Adventure* (Russian), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), S. 124-138.

**Márquez, Luis M., Regina S. Redman, Russell J. Rodriguez, and Marilyn J. Roossinck**, "A virus in a fungus in a plant: Three-way symbiosis required for thermal tolerance", *Science* (2007) 315: S. 513–515.

**Chubinsky, G.**, *Net of Paladins* (russisch) (Veche, Moskau, 2008), S. 448.



## 2.7: Das Gesetz über den Übergang von einem Makro- zu einem Mikrolevel

Was sind die Gründe für das Auftreten von Erdbeben auf der Erde? Eine Theorie dominiert in der Welt der Wissenschaft, welche die Herkunft von Erdbeben als Ergebnis der Kollision tektonischer Platten erklärt. Entsprechend der Theorie der tektonischen Platten ist die Erdoberfläche (die Erdkruste) in ungefähr 20 separate Stücke geteilt, die sogenannten „Platten“. Ihre Dicke beträgt circa 70 km. Unter dem Einfluss der Prozesse, die im Inneren der Erde geschehen, bewegen sich die Platten. Die Bewegungen sind unbedeutend, aber sie verursachen sehr großen mechanischen Druck auf die Erdkruste und als eine Folge davon geschehen Erdbeben. Jedoch wurden als ein Ergebnis der seismischen Beobachtungen folgende bemerkenswerte Tatsachen beobachtet.

Tatsache 1: Wenn ein Erdbeben geschieht, kollidieren tektonische Platten nicht miteinander, sondern bewegen sich in verschiedene Richtungen.

Tatsache 2: Entsprechend den Ergebnissen der Analyse einiger seismischer Wellen wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass sich eine einzelne tektonische Platte in die entgegengesetzte Richtung bewegt, wohingegen von anderen Beobachtungen bekannt ist, dass sie eine vereinte Ganze darstellt und nicht aus kleineren Teilen besteht.

Tatsache 3: Die Epizentren von manchen Erdbeben liegen nicht an der Stelle an der die tektonischen Platten kollidieren, jedoch innerhalb der Umgebung einer Platte.

Der einfachste Weg, das Problem zu lösen ist die widersprüchlichen Tatsachen zu leugnen und behaupten, dass es falsche Beobachtungen und Berechnungen waren...

Tatsächlich ist es ein Zeichen, dass die erkannte Theorie sich ihren Grenzen genähert hat, außerhalb derer sie nicht mehr gültig ist. Es ist ein Signal, dass neue Theorie entwickelt werden muss.

Die Makro-Objekte (tektonische Platten) werden als das „Werkzeug“ der erzeugten Erdbeben in der alten Theorie betrachtet. Eine Reihe von Forschern haben eine Hypothese aufgestellt, dass möglicherweise Erdbeben als eine Folge der komplexen Wechselwirkung der Schwingungen in der Struktur der Erde entstehen – mechanische Wellen. Gemäß der neuen Theorie können die Mikro-Objekte als das „Werkzeug“ dienen, das das Erdbeben verursacht. Diese Mikro-Objekte sind Schwingungen der Partikel der Erdkruste, die als verschiedene Arten von Wellen beschrieben werden. Auf der Basis der widersprüchlichen Tatsachen, die beobachtet worden sind, und hinsichtlich der vorgeschlagenen Hypothese wird eine neue Theorie entwickelt – die Wellentheorie zur Erklärung der Gründe für Erdbeben. Der spezielle Typ der mechanischen Schwingungen wurde bereits festgelegt – stationäre Wellen, die verantwortlich für Erdbeben sind, ohne dass eine Kollision der tektonischen Platten notwendig ist. Das europäische Wellenmodell, das von der Struktur der Erde handelt, wurde entwickelt und das globale Modell wird in dieser Perspektive entwickelt werden.

Wir können viele eindrucksvolle Schlussfolgerungen aus dieser Theorie ziehen. Eine davon ist die, dass Werkzeuge eines technischen Systems im Laufe seiner Entwicklung vom Makro- zum Mikrolevel übergegangen sind. Dies weist oft auf unsere Visualisierung der Welt hin – Modelle von Prozessen und Phänomenen. Ein Mensch kommt dem Mechanismus der Natur im Laufe des Lernens näher.

### 2.7.1 Definition

Die Entwicklung der Werkzeuge (Betriebsvorrichtung) vollzieht sich zuerst am Makrolevel und geht dann auf den Mikrolevel über.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 230.



## 2.7.2 Theorie (Details)

In der Mehrheit der modernen technischen Systeme sind die Werkzeuge (Betriebsvorrichtungen) „Eisenstücke“, Teile in der Form von Mikroobjekten, die oft an die menschliche Hand erinnern.

Das Werkzeug wird zuerst verändert – aufgrund der neuen Notwendigkeit eine neue Funktion zu erfüllen. Um Widersprüche des Werkzeuges zu lösen, kann in der Regel das Gesetz vom Übergang von einem Makro zu einem Mikrolevel verwendet werden. Das heißt, beim Übergang des Werkzeuges zum Mikrolevel sind die räumliche Ausdehnung und das Volumen, das das Werkzeug und das technische System benötigen; seine Effizienz und seine Multifunktionalität steigen an.

Dieser Übergang wird oft durch ein neue Arbeitsprinzip, durch einen neuen physikalischen, chemischen, geometrischen Effekt oder durch neue Phänomene ausgeführt. Aus diesem Grund ist die Praxis der Anwendung des Gesetzes eng verbunden mit anderen OTSM-TRIZ Werkzeugen und Technologien: ARIZ, Standards, Methoden, wie das Multidimensionale Denken und andere.

## 2.7.3 Modell

Die Modelle, die das Gesetz des Übergangs vom Makro- zum Mikrolevel veranschaulichen beinhalten die folgenden Elemente:

- das multiimensionale Denken (System Operator);
- die S- Kurve;
- die Entwicklungslinien der „Mono-Bi-Poly“-Kette;
- die Liste der typischen Felder, die im technischen System verwendet werden;
- die Entwicklungslinien „Dynamisierung“, „Trennung von Stoffen“;
- und anderes.

Lassen Sie uns eines dieser veranschaulichen – die Entwicklungslinien „Dynamisierung“ und „Trennung von Stoffen“.

Die folgenden Entwicklungsphasen erscheinen im Laufe der Entwicklung eines Teiles des technischen Systems:

- ein monolithisches, starres System;
- ein System mit einer oder mehreren Verbindungsstelle;
- ein flexibles System;
- Nutzung von Partikel; kleine Partikel (feine Partikel); körnige Partikel;
- Nutzung von Stoffen auf molekularer Ebene: Moleküle; Atome; Ionen;
- Nutzung von elementaren Partikel;
- Nutzung eines Feldes.

Dieses Entwicklungsmodell hat einen allgemeinen Charakter. Die Entwicklungsphasen werden im geschlossenen Fenster veranschaulicht. Falls notwendig, ist es möglich, die „Linie“ im Detail zu untersuchen. Zum Beispiel kann die Phase „System mit einer Verbindungsstelle“ in ein paar Sub-Phasen entwickelt werden: „System mit einer Verbindungsstelle“, „System mit zwei Verbindungsstellen“ etc.

Die Logik seiner Anwendung erfordert nicht nur eine verpflichtende und bedingungslose Übergang eines Systems in die nächste Phase der Entwicklung entlang der Entwicklungslinien der „Dynamisierung“ sowie „Trennung von Stoffen“. Die Hauptbedingung für die Notwendigkeit des Übergangs ist der Bedarf nach einer neuen Funktion auf der einen Seite, und die Unmöglichkeit ihrer Ausführung durch das vorgegebene technische System auf der anderen Seite. Oder, um genauer zu sein, ist es das Vorhandensein eines Problems, eines administrativen und technischen Widerspruchs. Die Mittel, welche die Möglichkeit eines solchen Übergangs bereitstellen, sind der entdeckte physikalische Widerspruch und der Weg seiner Entscheidung, der zu

einem der Entwicklungen entlang der Linien „Dynamisierung“ und „Trennung von Stoffen“ entspricht.

Es ist sehr wichtig, die Entwicklungslinien „Dynamisierung“ und „Trennung von Stoffen“ zu kennen und sich daran zu erinnern. Auf der anderen Seite sollte es aber nicht mechanisch angewendet werden. Es ist wichtig, ein technisches System zu analysieren; die Evolution seiner Entwicklung; aufkommende Probleme. Es ist notwendig, die Funktion, die vom technischen System gefordert wird, korrekt zu definieren und erst danach die Entwicklungslinien „Dynamisierung“ und „Trennung von Stoffen“ und andere Werkzeuge des OTSM-TRIZ anzuwenden.

Lemma: Für das technische System (TS) und seine Teile wird es zumindest eine Funktion geben, die das vorgegebene TS nicht vollständig zu erfüllen vermag. Es ist daher notwendig das vorgegebene TS oder seine Teile entsprechend der Entwicklungslinien zu verändern.

(Bemerkung: Ein Lemma ist eine Annahme, die wegen seiner Offensichtlichkeit ohne einen Beweis angewandt wird).



## 2.7.4 Instrumente – Werkzeuge (wie man sie verwendet)

Die Phase, in der dieses Problem auftritt:

Während der praktischen Anwendung des gegebenen Gesetzes ist es notwendig, die Phase der Entwicklung zu definieren, bei der ein Werkzeug des Systems gefunden wird, um einzuschätzen, ob es eine Grenze seiner Entwicklung erreicht hat oder ob es Alternativsysteme gibt, die eine Mikrolevel-Struktur haben.

Die Phase, in der das Problem gelöst wird:

Bei der Suche nach der Lösung eines Problems ist es notwendig, physikalische, chemische, geometrische Effekte und die Phänomene, welche die Möglichkeit des Übergangs zum Mikrolevel geben, zu beachten..

Das Gesetz des Übergangs vom Makro- zum Mikrolevel arbeitet oft mit anderen Gesetzen zusammen. Zum Beispiel, das Gesetz der energetischen Leitfähigkeit der Teile des Systems; das Gesetz von der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems; das Gesetz von der Erhöhung des Stoff-Feld Komplexität. Die Kriterien, die durch das Gesetz der energetischen Leitfähigkeit und durch das Gesetz von der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines des Systems vorgebracht werden, können erreicht werden, wenn der Übergang vom Mikro- zum Mikrolevel vollständig ist. Und der Mechanismus des Gesetzes von der Erhöhung des Stoff-Feld Komplexität kann als Übergangsmethode vom Makro- zum Mikrolevel dienen.

Veranschaulichungen der Entwicklungslinien „Dynamisierung“ und „Trennung von Stoffen“ sind in den unteren Beispielen eines Subsystems eines „Rades“ als Transportmittel gezeigt.

Das Monolithische, starre System:

Ein monolithisches Rad aus Materialien wie Stein oder als Teil eines Baumstamms.

Ein System mit einer Verbindungsstelle:

Eine Verbindungsstelle wird verwendet, um die Funktion des Drehen des Rads zu vervollständigen.

Eine flexible Konstruktion:

Ein Rad mit einer Gummischicht (Oberfläche);

Der Übergang des Teils der festen Masse des Rads zu den Speichen;

eine Kette wie an einer Zugmaschine oder einem Panzer;

ein flexibles Zahnrad (das sich dem Bodenprofil anpasst).

Partikel; kleine Partikel; körnige Materialien:.

ein Rad mit einer Luftkammer;

Ein System nach Art einer Bürste;

ein Wasserjet-Motor;  
ein Interferenz-Motor.

Molekulare Aggregate, Moleküle, Atome, Ionen:  
"Luftkissen";

der Ionenmotor (diese Idee wird in der Science-Fiction-Literatur beschrieben).

Elementare Partikel:

das „Solarsegel“ (eine andere Idee beschrieben in der Science-Fiction-Literatur).

Ein Feld:

das magnetische Kissen (Magnetschwebetechnik, verwendet wie bei den Zügen Transrapid und MAGLEV).

## 2.7.5 Beispiele

### 2.7.5.1 Beispiel

Lassen Sie uns kurz ein paar Beispiele von der Geschichte der Tonwiedergabe und der Speicherung des Tons für seine anschließende Wiedergabe betrachten.

Die ersten technischen Apparate zu diesem Zweck waren: eine bemerkenswerte Uhr mit verschiedenen Melodien; das mechanische Klavier; eine Drehorgel. Es sollte sofort angemerkt werden, dass diese eigentlich nicht die Tonwiedergabe umfassen, sondern die Programmgestaltung. Die Träger der Toninformation in solch einem System sind eine Folge von Zähnen, Senken, Simse auf einer rotierenden Welle oder einem Rad. Darüber hinaus sind Schnüre, vibrierende Platten etc. für die Wiedergabe der Töne notwendig, die auf diesem Weg „aufgenommen“ worden sind. Die Größe all dieser Elemente für die Aufnahme und Wiedergabe von Tönen schwankt von Millimetern (in einer Taschenuhr) zu einigen Zentimetern bis hin zu Dezimetern in einer Turmuhr. Die Größe eines Speicherelements variiert daher von 0,1 mm bis 10 cm.



### 2.7.5.2 Beispiel

Die Tonaufnahme begann eigentlich mit der Erfindung des Phonographen durch Thomas Edison. Mechanische Schwingungen eines aufgenommenen Tons hinterließen eine Spur auf der rotierenden Wachswalze. Diese „Spur“ eines Tons ist dann auf ein stabileres Medium übertragen worden – Metall und später Vinylplastik. Ein Element, das den aufgenommenen Ton bewahrt, war die variable Tonspur (Rille, die durch den Ton selbst erzeugt wird). Die Größe dieses Elements variiert in Millimetern. Die Größe eines Speicherelements hat sich im Vergleich zu den Zähnen, Senken und Schnüren gesenkt.

Die Größe eines Speicherelements lag nun bei 0,01 mm – 0,1 mm.



### 2.7.5.3 Beispiel

Mit dem Übergang zu einer magnetischen Art der Tonwiedergabe gab es neue technische Systeme – Kassettenrekorder. Ursprünglich wurde die Aufnahme auf einem dünnen Metalldraht, dann auf einem Plastikband mit ferromagnetischem Pulver ausgeführt. In diesen Fällen wurden magnetische Partikel und magnetische Bereiche Träger der Tonschwankungen, deren Größe von 1-10 Mikrometern variierte. Die Größe des Elements, das die Tonschwankungen speichert, ist um ein Vielfaches geschrumpft. Die Größe eines Speicherelements lag nun bei 0,001 mm – 0,01 mm (1-10 Mikrometern).



### 2.7.5.4 Beispiel

Heutzutage dienen optische Disks, magnetischen Disks und Festkörperelemente (Kristalle) als Datenträger und werden zur Tonaufnahme verwendet. Die Öffnung in optischen Laserdisks, magnetische Strukturen – Bereiche des magnetischen Speichers; Nanostrukturen in elektronischen Chips werden als Speicherelement in solchen Systemen verwendet. Die Größe der Spei-



cherelemente hat sich im Vergleich zum früheren Beispiel um ein Vielfaches verkleinert. Die Größe eines Speicherelements ist nun ein Bruchteil eines Mikrometers.

Wir betrachten die Evolution der Entwicklung der Mittel zur Tonaufnahme und -wiedergabe, indem viele Details übergangen wurden und die Technologie nur im Allgemeinen skizziert wurde. Das Ziel dieser Betrachtung ist es den Übergang der Speicherelemente vom Makro- zum Mikrolevel zu zeigen.

## 2.7.5.5 Beispiel

Was schränkt die weitere Erhöhung der Geschwindigkeit der Züge ein? Probleme treten auf, wenn ein Zug sich mit einer sehr hohen Geschwindigkeit bewegt und kein Kontakt zwischen den Rädern und Schienen besteht.

Die nächste Entwicklungsphase ist ein Zug auf einem elektromagnetischen „Polster“ anstatt der gewöhnlichen Räder. Der Übergang von der „Rad-Schiene“-Paarung zur elektromagnetischen Wechselwirkung wird in der Zugkonstruktion vollzogen. Diese Art von Übergang hat manche Probleme gelöst: reibungsloser Bewegungsablauf, Lärmsenkung, Energieübertragung von der Quelle zum Motor des Zugs. Die Stromabnahme (Transfer) hat auch eine Veränderung durchlaufen– es gibt keinen Gleitkontakt „Stromabnahmedraht“ dabei. Die Funktion der Energieübertragung wird mittels eines Felds ausgetragen.



Abb. 7.2. „Transrapid“ Zug



Abb. 7.3. Geschwindigkeitsanzeige für Passagiere

## 2.7.6 Selbsttest (Fragen, Aufgaben)

### 2.7.6.1 Zusammenfassung

Das bestehende Werkzeug von vielen technischen Systemen ist ein Makro-Objekt. Seine Entwicklung wurde zuerst auf dem Makrolevel ausgeführt. Später, nachdem die Ressourcen seiner Entwicklung verbraucht sind, wird das Werkzeug auf einen Mikrolevel übertragen.

### 2.7.6.2 Fragen

Wie können wir den Übergang vom Makro- zum Mikrolevel definieren?

Was sind die Hauptbedingungen der Veränderung des Werkzeugs und seinen Übergang vom Makro- zum Mikrolevel?

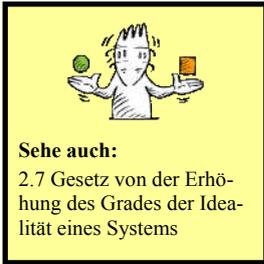
Nennen Sie einige Beispiele für den Übergang vom Makro- zum Mikrolevel.

## 2.7.7 Literatur

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russian) (Sovetskoye Radio, Moskau, 1979), S. 126-127.

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 230.

**Salamatov, J.**, „System of development of creativity laws“. In *Chance of Adventure* (russisch), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), S. 112-124.



## 2.8: Das Gesetz von der Erhöhung der Stoff-Feld Komplexität

Ein wundervolles Foto von einem Wolf liegt vor mir: einem vorsichtigen und umsichtigen Blick in den cleveren Augen, beängstigende Fangzähne in einem habgierigen Grinsen und angespannte Muskeln vor einem entscheidendem Sprung. Aber es ist eher die Cleverness und der Einfallsreichtum, die mich am meisten an diesen Tier faszinieren. Wir können viele Analogien und Parallelen in der Entwicklung biologischer und technischer Systeme ziehen. Es gibt sogar eine Wissenschaft namens Bionik, welche die Möglichkeiten der Anwendung von biologischen Lösungen in der Technik untersucht.

Wir sind nicht an Lösungen interessiert, sondern primär an den Methoden, die zur Lösung führen.



Hier gibt es ein Problem. Sogar Kinder wissen, dass ein Wolf rohes Fleisch isst und sich nicht seine Zähne putzt. Diejenigen, die jemals einen Wolf im Zoo gesehen haben, wissen, was für ein unangenehmer und strenger Geruch aus dem Maul eines Tieres kommt. Wie auch immer, es ist sein Geruch. Der Geruch ist normal für ihn und dient ihm sogar als seine „Visitenkarte“ bei Treffen und Kommunikation mit anderen Wölfen. Aber dieser Geruch kann einen Wolf stören. Oft attackiert ein Wolf seine Beute von einer Deckung heraus, aus einem Hinterhalt. Er kriecht auf seine Beute von der windabgewandten Seite zu, sodass der Wind von der Beute in Richtung Wolf bläst und nicht umgekehrt. In diesem Fall riecht der Wolf das Tier, das er jagt, und der Geruch des Wolfs wird in die entgegengesetzte Richtung davongetragen.



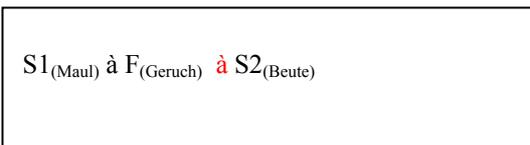
Aber wie soll sich der Wolf bei windstillem Wetter verhalten, oder wenn die Distanz zur Beute sehr kurz ist? Dieses Problem ist besonders akut im Winter. Die Gerüche vom erhitzten Atem eines Wolfes in der kalten Luft breiten sich sehr gut aus. Es gibt keine maskierenden Düfte von Zierpflanzen und anderen Erscheinungsformen der Natur. Alles ist abgestorben bis der Frühling wieder kommt. Der Wolf bleibt weiter in seinem Hinterhalt. Er wird von einem mächtigen jahrhundertealten Instinkt, der Erfahrung und dem Wissen seiner Vorfahren, und seinen persönlichen Erfahrungen und Geist geleitet. Sehr oft ist der Preis für die Ignoranz und das Nicht-Beachtung solcher Regeln sein Leben, oder das Leben seiner Nachkommen.

Deswegen nimmt ein Wolf im Winter vor dem entscheidenden Sprung auf die Beute im Hinterhalt ein Maul voll Schnee. Schnee reduziert die Temperatur des Wolfsmauls und die Verdunstung von Feuchtigkeit, d.h. seinen Geruch, für eine Weile. Zudem hat dieser natürliche Filter aus einer Vielzahl kleiner Schneekristalle eine große Oberfläche und unterdrückt Gerüche. Schließlich schmilzt der Schnee im Wolfsmaul und das Wasser nimmt die Gerüche mit sich weg, ohne ihnen eine Chance zu geben, sich auszubreiten. Falls sich der Zeitpunkt für einen passenden Moment, um die Beute zu attackieren, verspätet, nimmt der Wolf wieder eine Schnauze voll Schnee und wieder und wieder...

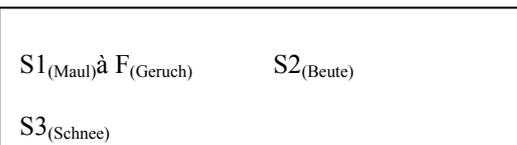
Was hat sich in der Struktur des Systems verändert? Um es kurz zu halten, geben wir eine so genannte Stoff-Feld-Formel eines widersprüchlichen Teils des Systems „Wolfsbeute“ vor und danach die Einführung der Veränderung „Schnee im Maul, um einen Geruch zu eliminieren“.

Eine genauere Erklärung des Werkzeugs, finden Sie in diesem Kapitel, Beispiel.

Problem:



Lösung:



## 2.8.1 Definition



Die Entwicklung technischer Systems verläuft in Richtung Erhöhung der Stoff-Feld-Komplexität.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 231.

## 2.8.2 Theorie (Details)

Wir wissen bereits, dass sich Teile eines technischen Systems im Laufe der Entwicklung des technischen Systems ungleichmäßig entwickeln. Zu bestimmten Entwicklungsmomenten wird einer der Teile eines technischen Systems kompliziert. Aber diese Steigerung der Komplexität, diese Entwicklung, kann logisch erklärt werden.



Jener Teil eines technischen Systems unterläuft eine Entwicklung (in diesen besonderen Fall: er wird komplexer), welche aus einem Konflikt, technischer und physikalischer Widersprüche, einen Kompromiss schließt. Ein Stoff-Feld-Modell entspricht genau dieser Situation. In diesem Fall können wir über die Richtung der Entwicklung eines Technischen Systems aussagen, dass sich ein Stoff-Feld-Modell in ein komplexeres Stoff-Feld-Modell weiterentwickelt..

Das Stoff-Feld Modell (Su-Field) ist ein Werkzeug zur Beschreibung eines technischen Systems und besteht mindestens aus zwei oder drei Elementen. In der Regel sind alle technischen Systeme in der Phase der Erzeugung Produkte, die durch die Verwendung von Arbeitskräften, mit einem Werkzeug vorangeht. Es sind einfache Arbeitsinstrumente wie ein Speer, ein Messer und so weiter. Allmählich werden die Nachteile dieses technischen Systems bekannt, neue Bedürfnisse und Lösungen entsprechen der Veränderung des anfänglichen Systems, um die aufgetretenen Bedürfnisse zufrieden zu stellen. Im Laufe der Veränderungen des anfänglichen technischen Systems nutzt ein technisches System neue Subsysteme. Darüber hinaus deckt auch ihre Nachteile, die Lösungen in Bezug auf spezifische Verbesserungswünsche mit sich bringen, auf.

Um die Probleme und ihre Lösungswege zu analysieren und zu identifizieren, ist es notwendig die Struktur eines technischen Systems, eine Widerspruchszone, d.h. den „Flaschenhals“, klar aufzuzeigen. Ebenso die Veränderungen, die in dieser Struktur stattfinden, wenn sich das technische System entwickelt. Dies wird durch die Verwendung eines Stoff-Feld Modells möglich.

## 2.8.3 Modell

Ein technisches System kann als ein Stoff-Feld-Modell beschrieben werden. Dieses Modell besteht aus den Hauptfeldern und Stoffen eines technischen Systems und seiner Verbindungen. Nicht alle Felder und Stoffe, die im technischen System vorhanden sind, sind im Modell enthalten, sondern nur diese, die direkt arbeiten, um die Funktion eines technischen Systems zu erreichen.

$S1 \rightarrow F \rightarrow S2$

Betrachten wir als Beispiel einen elektrischen Wasserkocher. Die Funktion dieses technischen

Systems ist es, eine Flüssigkeit (Wasser) von der Anfangstemperatur (Raumtemperatur) zur Siedetemperatur zu erhitzen .

Oder: „den Parameter des Elements Wasser vom Wert ‚Raumtemperatur‘ zum Wert ‚Siedetemperatur‘ zu verändern“. In diesem Fall ist die S-Feld-Formel:

S1 – elektrisches Element eines Kessels;

F – Thermisches Feld;

S2 – Wasser in einem Kessel.

Die Formel bedeutet: das elektrische Element eines Kessel (S1) erhitzt Wasser zur Siedetemperatur mithilfe eines Thermischen Feldes (F).

Ein Stoff-Feld Modell eines elektrischen Kessels kann in einem detaillierteren und breiteren Modell abhängig von den Zielen der Analyse dargelegt werden.

Wenn wir zum Beispiel Probleme analysieren, identifizieren und beschreiben wollen, die mit der Umwandlung elektrischer Energie in thermale verbunden sind, müssen wir ein anderes Stoff-Feld erzeugen. In diesem Fall wird das Stoff-Feld Modell durch ein weiteres Element vervollständigt: „elektrisches Energiefeld“.

F (Elektrizität) → S1 (Spirale) → F(Hitze) → S2 (Wasser).

## 2.8.4 Instrumente – Werkzeuge (wie man sie verwendet)

Es ist möglich, dass ein vorliegendes technisches System die Kundenbedürfnisse nicht mehr erfüllt. Zum Beispiel, wir könnten mit dem Betriebsmodus eines Kessels unzufrieden sein, wenn, nachdem wir den Kessel eingeschalten haben, das Wasser im Kessel kocht, das Wasser in Dampf umgewandelt wird bis das ganze Wasser verdampft ist und dann das elektrische Element des Kessels durchbrennt. Lassen Sie uns dann eine geforderte neue Funktion spezifizieren: Wenn die Siedetemperatur des Wasser erreicht ist, muss sich der Kessel automatisch, von selbst, ausschalten.



Eine mögliche Teillösung wird in dem neuen Stoff-Feld Modell widergespiegelt. In dem Technischen System wird ein neuer Stoff S2 eingeführt (zum Beispiel,

eine bimetallische Platte, die sich biegt, wenn die Temperatur von 100°C erreicht ist, und die Kontakte des Element trennt).

S2<sub>(bimetallische Platte)</sub>  
F<sub>(Elektrizität)</sub> → S1<sub>(Spirale)</sub> → F<sub>(Hitze)</sub> → S2<sub>(Wasser)</sub>

## 2.9 Beispiel

### 2.9.1 Beispiel

Lassen Sie uns das Beispiel des Wolfs vom Standpunkt des Stoff-Feld Modells aus genauer betrachten. Das Problem ist, die Beute kann den Geruch eines Wolfes auf kurze Distanz wahrnehmen:



S1 (Wolfsmaul) → F (Geruch) → S2 (Beute)

Was ist eine Möglichkeit? Den Geruch, der vom Maul des Wolfes kommt, zu unterdrücken oder zu eliminieren? Es ist notwendig, die schädliche Verbindung zu zerstören, um eine versteckte Funktion auszuführen:

F (Geruch) → S2 (Beute)

Es ist notwendig, ein Stoff-Feld durch die Einführung eines neuen Feldes oder eines neuen Stoffes zu erzeugen :

S1<sub>(ein Wolfsmaul)</sub> → F<sub>(Geruch)</sub>      S2<sub>(Beute)</sub>  
S3<sub>(Schnee)</sub>

Den Stoffen und Feldern wurden konventionelle Namen gegeben. Der Zweck dieser Namen ist

es, das Verständnis der Situation zu verbessern. Tatsächlich dienen die chemischen Substanzen im Maul des Wolfs als Geruchsquelle. Von einem physikalischen Standpunkt aus ist ein Geruchsfeld, flüchtige chemische Mischungen, die ein anderes Tier durch dem Atem des Wolfes erreichen. Der Stoff 2, oben als „Beute“ gekennzeichnet, sind Geruchsrezeptoren, dh. Sinnesorgane. Wie auch immer, für die Analyse ist es wichtig, ein geistiges Bild eines Stoff-Feldes zu erzeugen. Eine integrale Wahrnehmung der Situation ist wichtiger als die Details und die Präzision der Definitionen.

## 2.9.2 Beispiel



Wie holt man kleine Gegenstände (zum Beispiel, Metallablagen) aus einem tiefen Loch? Es ist schwierig, das mit Hilfe einer mechanischen Zange zu tun.. In der Formel eines Stoff-Feldes wird es in einer schlechten Wechselwirkung eines mechanischen Felds mit Ablagen ausgedrückt:

$F1$  (mechanisch)  $\rightarrow$   $S1$  (Ablagen)

Lassen Sie uns das Stoff-Feld durch die Einführung einer neuen Substanz (Magnet) und eines neuen Felds (Magnetfeld) vervollständigen:

$F1$  (mechanisch)  $\rightarrow$   $S2$  (Magnet)  $\rightarrow$   $F2$  (Magnetfeld)  $\rightarrow$   $S1$  (Ablagen)

Wie soll man dieses Problem lösen, wenn die Ablagen nicht magnetisch sind? Die Logik der Lösung ist die gleiche, aber es ist notwendig, ein Feld auszuwählen, das eine gute Wechselwirkung mit den Ablagen hat. Es kann eine klebende Substanz und Kraft einer mechanischen Adhäsion (mechanisches Feld) mit Ablagen sein, zum Beispiel.

$F1$  (mechanisch)  $\rightarrow$   $S2$  (klebende Substanz)  $\rightarrow$   $F2$  (mechanisch)  $\rightarrow$   $S1$  (Ablagen)

## 2.9.3 Beispiel



Abb. 8.1. zeigt unten einen Ausschnitt der magnetischen Kette eines Lautsprechers.

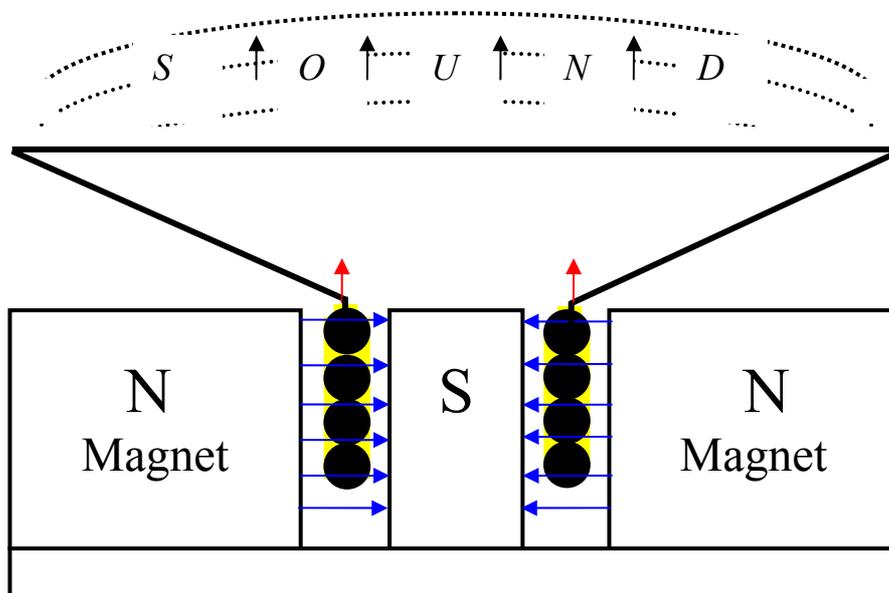


Abb. 8.1. Ausschnitt eines magnetischen Kette eines Lautsprechers

Legende:

1 – Magnet

2 – Verbundteil, welches die Funktionen eines Spulenraumes ausführt

3 – Spule

4 – Verteiler

5 – Feldlinien eines Magnetfelds

Eine Spule mit einem Leiter, der sich in einem Magnetfeld befindet, ist der Motor, der Wandler der elektrischen und magnetischen Felder in mechanische Vibrationen eines Verteilers und danach der Luft. Wir haben bereits früher (Kapitel 2, Beispiel 2.2., Aufgabe am Ende des Bereichs, und Kapitel 4, Beispiel 4.5.) die magnetische Kette eines Lautsprechers betrachtet.

Nachdem der Spulenrahmen durch eine Mischung, welche die Schlingen einer Spule befestigt wurden, ersetzt worden sind, wurde es möglich, die Kühlung der Spule zu verbessern und die Lücke der magnetischen Kette zu reduzieren. Um jedoch die Verluste in der magnetischen Kette zu reduzieren und die Effizienz des gesamten technischen Systems „Lautsprecher“ zu erhöhen, ist es notwendig, die Distanz zwischen den Magneten zu reduzieren. Je größer die Lücke, desto mehr Verluste.

Daher erscheint ein neuer Widerspruch: die Lücke muss kleiner sein, um die Verluste in einer magnetischen Kette zu reduzieren; die Lücke muss groß sein, um die Kühlung einer Spule zu verbessern. Idealerweise gäbe es keine Luftlücke in einer magnetischen Kette.

Wir können verschiedene Situationen mithilfe einer Stoff-Feld Analyse betrachten:

Modell eines technischen Systems bei der Ausführung der Hauptfunktion;

Modell eines technischen Systems bei der Ausführung der Hauptumwandlung der Energie durch den Motor;

Konflikt 1: Energieverluste in der Lücke;

Konflikt 2: Spulenkühlung;

und Weitere.

Betrachten wir die Situation mit Verlusten in der Luftlücke einer magnetischen Kette. Wir weisen auf einen Widerspruch hin: es muss eine Luftlücke geben, um die freie Bewegung der Spule zu garantieren; es muss keine Luftlücke geben, um Verluste in einer magnetischen Kette zu vermeiden.

Lassen Sie uns ein Stoff-Feld Modell von diesem Widerspruch erzeugen:

S1 (Magnet) → F(magnetisch) → S3 (Luftlücke) → S2 (Spule)

Der vorgegebene Widerspruch kann auf die folgende Weise formuliert werden:

eine Lücke zwischen Magneten muss kontinuierlich sein, um magnetisch zu sein; die Lücke muss jedoch nicht kontinuierlich sein, um die Bewegung einer Spule zu erlauben. Der vorgegebene Widerspruch wird durch eine Erweiterung des Stoff-Felds gelöst durch die Einführung einer neuen Substanz in einer Lücke, einer Luftlücke in einer magnetischen Kette:

S1 (Magnet) → F(magnetisch) → ~~S3 (Luftlücke)~~ → S2 (Spule)

Wir erhalten das folgende Stoff-Feld Modell durch den Ersatz einer Luftlücke mit einer magnetischen Flüssigkeit:

S1 (Magnet) → F(magnetisch) → S4 (magnetische Flüssigkeit) → S2 (Spule)

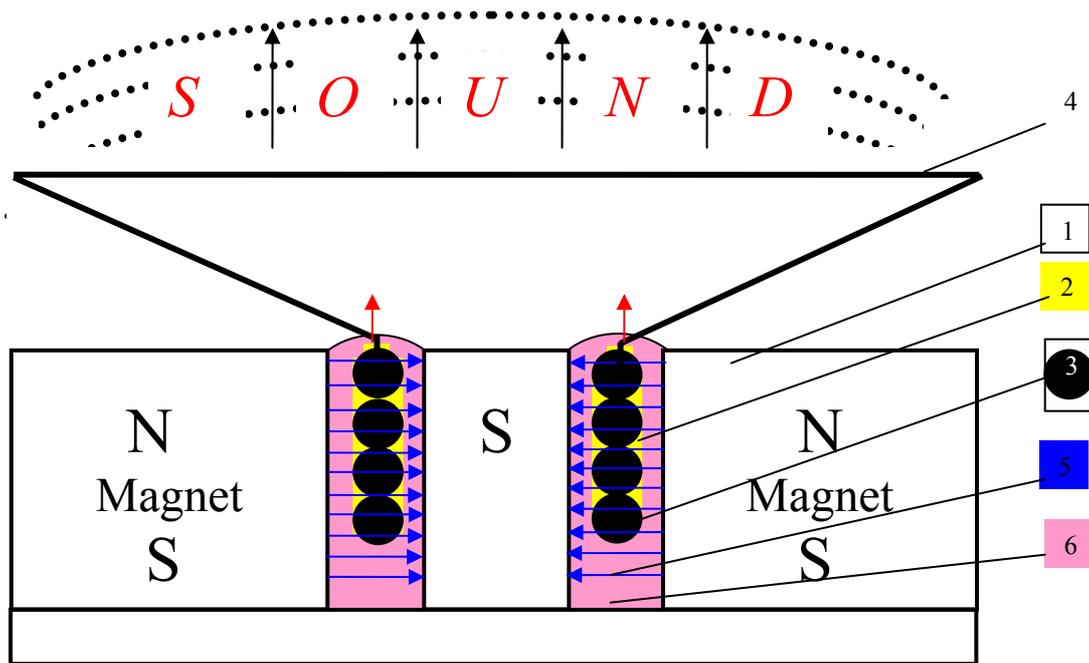


Abb. 8.2. Ausschnitt einer magnetischen Kette eines Lautsprechers mit einer Lücke gefüllt mit einer magnetischen Flüssigkeit (6)

Legende:

- 1 – Magnet
- 2 – Verbundbauteil, welches die Funktion eines Spulenrahmens ausführt
- 3 – Spule
- 4 – Verteiler
- 5 – Feldlinien eines Magnetfelds
- 6 – flüssiges magnetisches Material

Eine magnetische Flüssigkeit sind sehr kleine Partikeln von einem magnetischen Material, das sich in einen flüssigen Zustand auflöst. Solch eine Mixtur hat die Eigenschaften von zwei Substanzen: auf der einen Seite ist es magnetisch. Auf der anderen Seite hat es die Eigenschaften einer Flüssigkeit, d.h. es ist ein Fluid. Deshalb reduzieren sich durch die Füllung der Lücke mit magnetischer Flüssigkeit die Energieverluste, und ermöglichen es der Spule, sich trotzdem frei zu bewegen.

Die vorgegebene Lösung, also die Einbringung einer magnetischen Flüssigkeit in eine Luftlücke, ermöglicht die Lösung eines wichtigeren Problems: Spulenkühlung. Durch die Reduzierung der Lücke, um die magnetischen Verluste zu senken, verschlechtern wir die Abführung der Hitze von einer Spule. Luft hat eine sehr niedrige Hitzekapazität und schwache Wärmeleitfähigkeit. Das ist der Grund, warum wir durch eine Senkung des Volumens in der Lücke die Hitzeabfuhr reduzieren. Der Ersatz des Freiraums durch eine magnetische Flüssigkeit ermöglicht eine effizientere Übertragung der Hitze von der Spule zur Umwelt.



## 2.9.4 Selbsttest (Fragen, Aufgaben)

### 2.9.4.1 Zusammenfassung

Ein technisches System und seine Teile können in der Form eines Stoff-Feld Modells dargestellt werden. Ein Stoff-Feld Modell besteht aus Stoffen und Felder, die in einem vorliegenden Technischen System oder seinen Teile, verwendet werden, um die beschriebene Funktion auszuführen.





Die Entwicklung des technischen Systems geht in eine Richtung das das Stoff-Feld Modells immer weiter ausgebaut wird. Diese Veränderungen finden in Richtung de Erhöhung der Komplexität des Stoff-Feldes statt. Im Besonderen, die Erhöhung der Anzahl der Elemente (Stoffe und Felder); die Erhöhung der Menge der Verbindungen zwischen den Elementen; die Erhöhung der Abhängigkeiten der Verbindungen zwischen den Elementen; die Einführung neuer Elemente; die Veränderung der Struktur eines Technischen Systems.

## 2.9.4.2 Fragen

Was ist ein Stoff-Feld Modell?

Was ist das Gesetz von der Erhöhung der Stoff-Feld Komplexität?

Nennen Sie einige Beispiele, um das Gesetz der Erhöhung der Stoff-Feld Komplexität zu zeigen.



## 2.9.5 Literatur

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (russisch) (Sovetskoye Radio, Moskau, 1979), S. 127.

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (übersetzt von A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), S. 231.

**Salamatov, J.**, "System of development of creativity laws". In *Chance of Adventure* (russisch), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), S. 103-110.

**Kaikov, O. I.**, "A few examples of problems and solutions taken from wolves' life and behavior" (Karlsruhe, 2008, Manuskript).



