

TRIZ – Theorie des erfinderischen Problemlösens (www.triz-online.de)

Die Bezeichnung TRIZ steht für das russische Akronym "Theorie des erfinderischen Problemlösen". Im Englischen wird die Abkürzung TIPS verwendet die "Theory of Inventive Problem Solving" bedeutet. Die Methode wurde vor ungefähr 50 Jahren von *Genrich Saulowitch Altschuller* in der ehemaligen UdSSR mit dem Grundgedanken konzipiert, technisch-wissenschaftliche Probleme ohne Kompromisse zu lösen. TRIZ ist jedoch nicht als Allzweckwaffe zur Problemlösung zu verstehen. Vielmehr verbirgt sich hinter TRIZ ein Philosophie, die das Überwinden von Denkblockaden sowie eine schnelle und gezielte Lösungssuche auf hohem Niveau ermöglichen soll. Altschuller erkannte bei der Analyse von ca. 40.000 Patenten, dass

- egal welche Wissenschaftszweige oder Industriesparten betrachtet werden, sich abstrahierte Problemstellungen und deren Lösungen immer wiederholen,
- die Evolution technischer Systeme nach bestimmten Tendenzen verläuft und
- sich wirkliche Innovationen oft nur durch wissenschaftliche Erkenntnisse von außen, d.h. außerhalb des eigenen Tätigkeitsfeldes hervorbringen lassen.

Daraufhin entwickelte er die Kernelemente der TRIZ-Methode, die nachdem die UdSSR zerbrach von russischen TRIZ-Experten in den USA weiterentwickelt wurde. Somit wurde die Methode bekannt und etablierte sich in den unterschiedlichsten Wirtschaftsbereichen. TRIZ ist also eine Methode, die Entwicklern ein Wissens- und Erfahrungskonzentrat inklusive Benutzungsleitfaden zur Verfügung stellt, welches hochgradig geeignet ist, Erfolge zu provozieren.

Diese Internet-Domain soll Interessierten daher die Möglichkeit bieten, sich gezielt über die Methode TRIZ, deren Entwicklung, Software etc. zu informieren. Aber nicht nur TRIZ wird auf den folgenden Seiten behandelt, denn um innovative Produkte zu erzielen, werden noch weitere Methoden wie QFD, FMEA, DoE oder Kreativitätswerkzeuge benötigt. Ebenso ist TRIZ ein wichtiger Baustein, um bei Six Sigma im DFSS-Prozess "robuste" und "qualitativ" hochwertige Produkte zu erzeugen.

Geschichte

Der 'Vater' der TRIZ-Methode war Genrich Soulovich Altschuller (*15.10.1926 – †24.09.1998), ein brillanter jüdischer Wissenschaftler und Denker der früheren UdSSR. Er ist 1926 in Rußland geboren worden und machte mit 14 Jahren seine erste Erfindung.

Mit der Arbeit an der TRIZ-Methodik begann *Altschuller* 1946, als er als Patentoffizier bei der Russischen Marine in Baku am Kaspischen Meer seinen Militärdienst absolvierte. Er begann systematisch Patente zu studieren und zu katalogisieren, um Prinzipien für Innovationen zu finden. Seine eigentliche Aufgabe war es allerdings, den damaligen Entwicklern und Erfindern bei der Erstellung der Patentschriften zur Hand zu gehen. Dabei wurde er immer wieder um die Mithilfe bei den verschiedensten Problemlösungen gebeten und so in den Erfindungs-Prozess mit eingebunden.

Im Verlauf dieser Recherchen entwickelte er dann die ersten Kernelemente der TRIZ-Methodik. Aufgrund der immer schwieriger werdenden wissenschaftlichen Situation in Rußland schrieb *Altschuller* einen Brief an *Stalin*, um auf diese Mißstände hinzuweisen. Daraufhin wurde er zu 25 Jahren GULAG (Strafgefangenenlager) verurteilt. *Altschuller* nutzte jedoch diese Situation, um TRIZ auch im Gefängnis weiterzuentwickeln, denn neben ihm waren noch zahlreiche russische Intellektuelle ebenfalls inhaftiert, mit denen er immer wieder seine Methode diskutieren konnte.

Nach dem Tode *Stalins* wurde *Altschuller* aus dem Gefängnis entlassen. Kurz darauf erschienen die ersten Publikationen zur TRIZ-Methodik. Nur ein paar Jahre später fielen

Altschuller und seine Mitstreiter erneut bei der russischen Regierung in Ungnade. Fortan musste TRIZ im Untergrund gelehrt und weiterentwickelt werden. Aus diesem Grund schrieb *Altschuller* Science-Fiction Bücher unter dem Namen *Henry Altov*, worin er versteckt TRIZ lehrte. Als in Rußland ein Umbruch stattfand (Perestroika), konnte TRIZ wieder offen gelehrt und angewendet werden.



Durch den Wegfall des eisernen Vorhangs emigrierten einige der führenden TRIZ-Spezialisten in die USA, um dort Consulting-Unternehmen zu gründen. Dort entstanden dann auch die beiden führenden CAI-Softwareprodukte (Computer Aided Innovation) Innovation Work Bench (Ideation International Inc.) und der Tech Optimizer (Invention Machine). Ebenfalls wurden die Methodenbausteine von TRIZ immer weiter fortentwickelt, so dass heute eine breite Palette an einzelnen Werkzeugen zur innovativen Problemlösung zur Verfügung steht.

Werkzeuge

Unter dem Punkt "werkzeuge" sind alle TRIZ-Werkzeuge beschrieben. Wir haben hier die Einteilung "klassisch triz" und "neue triz-tools" gewählt, um unter dem Punkt "klassisch triz" die Werkzeuge zu beschreiben, die von Altschuller entwickelt worden sind und unter "neue triz-tools" das aufzuführen, was die Weiterentwicklung von TRIZ betrifft.

In einigen Büchern sind andere Einteilungen zu finden. So z.B. die Eingruppierung in die Bereiche

- Systematik,
- Wissen,
- Analogie und
- Vision.

Wir haben dies bewusst nicht gemacht, da diese Einteilung immer wieder zu Diskussionen geführt hat. Eine Einteilung in

- "klassisch" und
- "neue"

erscheint uns daher sinnvoller, um zuerst einen groben Überblick zu geben.

Die Anwendungsorientierung der Werkzeuge unter dem Motto "wann nehme ich was" ist dann unter dem Punkt "Anwendung" zu finden.

Klassische TRIZ-Tools

Unter den klassischen TRIZ-Tools werden die Erkenntnisse zusammengefasst, die bis zum Rückzug von Altshuller aus der Koordination der Entwicklung von TRIZ Anfang der 1980er Jahre entstanden sind. Dieser "Body of Knowledge" ist die Grundlage von TRIZ, auf der weitere Entwicklungen aufbauen.

- Erfindungsebenen
- System/9-Felder
- Idealität/Ideales Endresultat
- Ideale Maschine
- Ressourcen
- Widerspruchsanalyse
- Technische Widersprüche
- Physikalische Widersprüche
- Umwandlung technischer in physikalische Widersprüche
- Stoff-Feld-Analyse
- 76 Standard-Lösungen
- Effekte und Datenbanken
- S-Kurve
- Entwicklungsgesetze
- Operator MZK
- Zwerge Modell
- ARIZ

Neue TRIZ-Tools

Unter den neuen TRIZ Tools werden die Ansätze und Weiterentwicklungen verstanden, die nach dem Ausscheiden von Altshuller aus der aktiven Koordination der Weiterentwicklung von TRIZ entstanden sind. Da die Entwicklung von TRIZ seit Anfang der 1980er Jahre nicht mehr zentralisiert abläuft, ist eine genaue Zuordnung von Tools schwer möglich. Sollten Sie auf TRIZ-Komponenten stoßen, die hier nicht aufgeführt sind, kontaktieren Sie uns bitte. Wir versuchen, die Liste der neuen TRIZ-Tools entsprechend zu erweitern.

- Innovations-Checkliste
- Idealität
- Problemformulierung
- Objektmodellierung
- Trimming
- Feature Transfer
- Antizipierende Fehlererkennung
- Directed Evolution

Anwendung von triz

Ziel von Altshuller war es, einen Ablauf für die erfinderische Problemlösung zu erarbeiten, der auf alle Bereiche technischer Aufgaben anwendbar ist. Der ARIZ ist das Resultat dieser Bestrebung. Generell ist TRIZ die Theorie (von manchen wird TRIZ auch als eigenständige Wissenschaft angesehen), die die Entwicklung technischer Systeme beschreibt. Aus der Untersuchung, wie sich Technik in der Vergangenheit entwickelt hat, wurden

allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten, Muster und Gedankenansätze formuliert, die für die Entwicklung technischer Systeme heute erfolgreich angewendet werden können. Allerdings stellt sich TRIZ in der heutigen Praxis als ein Werkzeugkasten mit vielen einzelnen Methoden, Verfahren und Gedankenansätzen dar. Eine Hürde, die es bei der erfolgreichen Anwendung von TRIZ zu überwinden gilt, ist es, das "richtige" Werkzeug zur richtigen Zeit einzusetzen und ergänzende Werkzeuge miteinander zu kombinieren. Dazu lassen sich die Werkzeuge unterschiedlich einteilen, z. B.:

- Einteilung der Werkzeuge in Wissen, Systematik etc.
- Einteilung in Phasen (Analyse etc.)
- Einteilung in Tools, Philosophie etc.

TRIZ als Werkzeugkasten

Da TRIZ aus einer Vielzahl an methodischen Ansätzen, Gedankenmodellen, systematischen Vorgehen und Wissensbasen zusammengesetzt ist, hat sich in der Praxis die Auffassung von TRIZ als Methoden-Werkzeugkasten durchgesetzt. Aus diesem Toolset kann der Anwender jeweils das geeignete Werkzeug auswählen. Dafür ist die Einteilung der TRIZ-Tools in ihren Zweck für die jeweilige Phase eines Problemlösungsprozesses sinnvoll:

- Analyse,
- Abstraktion,
- Ideenfindung,
- Umsetzung und
- Bewertung.

Als praktikabel und sinnvoll hat sich die folgende Zuordnung der TRIZ-Tools zu den einzelnen Phasen erwiesen:

Analyse	Abstraktion	Ideenfindung	Spezialisierung	Bewertung
Innovations-Checkliste	Technische Widersprüche	40 Grundprinzipien	Effekte	Idealität
Ressourcen	Physikalische Widersprüche	4 Separationsprinzipien		Evolutions-Gesetze
Idealität (Trimming)	Operator MZK			Funktions-Modellierung
Objekt-Modellierung	Zwänge			Objekt-Modellierung
Funktions-Modellierung		Evolutions-Gesetze		
System		Effekte		
S-Kurve		Trimming		
Evolutions-Gesetze				
	Stoff-Feld-Modellierung	76 Standard-Lösungen		

Problemlösungsplan mit triz

Außer dem klassischen [ARIZ](#) existiert kein "allgemeingültiger" Anwendungsplan für die TRIZ-Werkzeuge, der für alle Situationen und Gruppen oder Individuen gleichermaßen gilt. Daher ist es durchaus geläufig, sich aus den TRIZ-Tools einen eigenen, dem Unternehmen, den vorhandenen Prozessen oder der individuellen Arbeitsweise entsprechenden

Problemlösungsfahrplan zu erstellen. Dabei sind jedoch die Ziele, die mit den jeweiligen Tools verfolgt werden, relativ klar definiert und entsprechen dem heutigen allgemeinen Verständnis und einer bisher noch undokumentierten "best-practice":



Weitere Vorgehensweisen lassen sich ebenso finden, beispielsweise das Vorgehen nach dem "Ideation Problem Solving Process":

- Innovation Situation Questionnaire
- Problem Formulation
- Anwendung des "Systems der Operatoren":

Widerspruchsanalyse, Effekte, Stoff-Feld-Ansatz, Standardlösungen etc. Weiterhin können jederzeit Inputs aus anderen Methoden die Anwendung einzelner TRIZ-Tools triggern, so zum Beispiel die Widerspruchsanalyse als Folge von negativen Korrelationen innerhalb der QFD, oder die Anwendung der Ressourcen auf Basis einer Wertanalyse.

ARIZ - Algorithmus des erfinderischen problemlösens

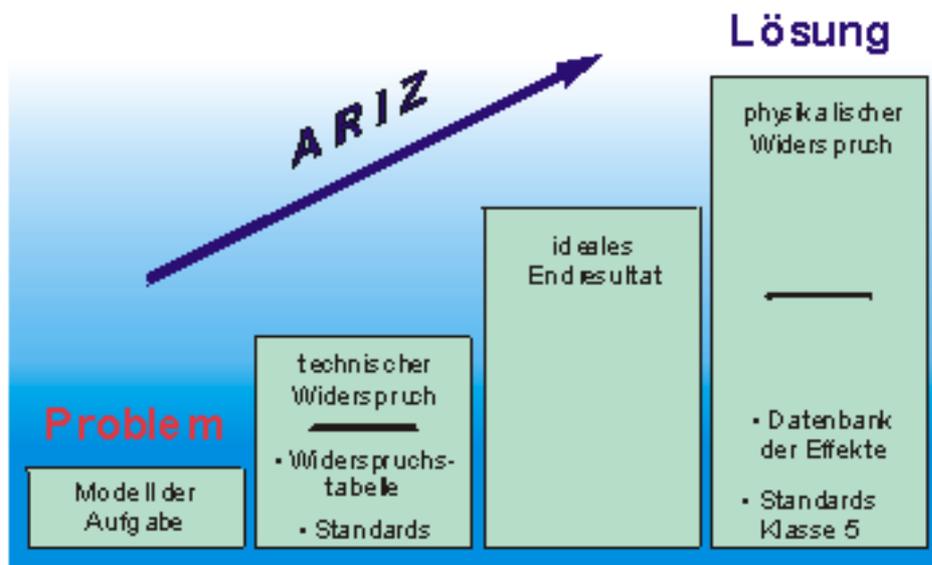
Der ARIZ ist eine algorithmisierte Anwendung aller klassischen TRIZ-Tools und Ansätze. Dabei eignet sich der ARIZ für "Mini-Problemmstellungen", also Probleme, die möglichst nur minimale Änderungen am System zum Ziel haben. Dieser Ansatz folgt der Idealitätsvorstellung, dass alles bleibt, wie es ist (keine Änderung des Systems notwendig ist), das Problem jedoch gelöst ist.

Der ARIZ ist sozusagen die "hohe Schule" von TRIZ, seine Anwendung erfordert die Kenntnis der einzelnen TRIZ-Ansätze, Erfahrung in deren Anwendung und Disziplin bei dem Vorgehen

ARIZ

Die Abkürzung ARIZ bedeutet Algorithmus zur Lösung von Erfindungsaufgaben. Der Algorithmus verkörpert eine Vorgehensweise von der Analyse einer Problemsituation bis zur Auswertung entwickelter Lösungsansätze, d.h. eine Nahtstelle zwischen Methoden und der

Theorie. Im Rahmen der TRIZ-Philosophie wird ARIZ als ein universelles Werkzeug verstanden, welches dann zum Einsatz kommt, wenn die elementaren Prinzipien oder Standards alleine keine zufriedenstellende schnelle Lösung hervorbringen. Allerdings wird dieser Algorithmus laut Literaturangaben nur in 4% der Problemstellungen verwendet.



Die Ursprünge des ersten Algorithmus gehen bis ins Jahr 1956 (ARIZ-56) zurück. Im Laufe der Zeit wurden zahlreiche Erweiterungen durchgeführt, so daß der Aktuellste den Namen ARIZ-95 trägt. Der letzte von Altshuller verifizierte ARIZ ist der ARIZ 85C, die nachfolgenden Varianten hatten vermehrt die Umsetzung des Algorithmus in Software zum Ziel.

Systemansatz - 9-Felder-Denken

Der Systemansatz wird auch 9-Fenster-Ansatz, 9-Screen oder "talentiertes Denken" genannt. Hierunter versteht man die vollständige Analyse einer Problemsituation hinsichtlich der strukturellen Gegebenheiten (System, Subsysteme, Supersysteme) sowie der zeitlichen Abläufe auf den unterschiedlichen Systemebenen (Vergangenheit/vorher, Gegenwart/jetzt, Zukunft/nachher).

Nach Altshuller hat ein talentierter Erfinder gleichzeitig alle Aspekte, Auswirkungen und Zusammenhänge, die durch diese neun Felder gekennzeichnet sind, im Blickfeld. Die neun Fenster dienen der Visualisierung und systematischen Betrachtung der Gesamtsituation. Sie kann zu vollkommen neuen Lösungsfeldern, Systemdefinitionen oder Problemzusammenhängen führen. Auch können systematisch Funktionen, Ressourcen und Anforderungen in die neun Felder des Schemas eingearbeitet werden.

Idealität

Die Idealität eines Systems oder Produktes ist der Koeffizient aus den nützlichen und den schädlichen Eigenschaften eines Systems. Zu den schädlichen Eigenschaften zählen alle nicht gewollten und unerwünschten Effekte, wie z.B. Platzbedarf, Kosten, Abnutzung, Energieverbrauch, Abfallstoffe etc. Generell entwickeln sich technische Systeme in Richtung zunehmender Idealität.

Ideales Endresultat (gemäss ariz)

Innerhalb des ARIZ ist die Definition des Idealen Endresultats wie folgt:

Ein bestehendes Problem wird gelöst, ohne dass das betrachtete System verändert werden muss! Dieser Grundsatz entspricht der Philosophie des ARIZ, sogenannte *Mini-Probleme* zu lösen. *Mini-Probleme* beinhalten den Anspruch, nur minimale Änderungen am System zuzulassen und damit minimalen Aufwand bei der Implementierung einer Lösung zu verursachen.

Diese Prämisse stellt einen grundsätzlichen Widerspruch des ARIZ dar. Einerseits sollen nur minimale (idealerweise keine) Änderungen am System durchgeführt werden, andererseits werden innovative Lösungen angestrebt. Der beste Weg, diesen Widerspruch zu lösen, stellt die konsequente Verwendung aller vorhandenen Ressourcen in einem System zur Problemlösung dar.

Ideale Maschine

Die Ideale Maschine ist, genau wie die oben beschriebenen Methoden, eines der Werkzeuge der TRIZ-Methode und wird von *Altshuller* folgendermaßen definiert:

"Die Ideale Maschine ist ein Eichmuster, das über folgende Eigenheiten verfügt: Masse, Volumen und Fläche des Objektes, mit dem die Maschine arbeitet, stimmt ganz oder fast vollständig überein mit Masse, Volumen und Fläche der Maschine selbst. Die Maschine ist nicht Selbstzweck. Sie ist nur das Mittel zur Durchführung einer bestimmten Arbeit" G. S. Altshuller.

In der englischsprachigen TRIZ-Literatur ist auch vom Ideal Final Result (IFR) die Rede. Das IFR stellt jedoch nichts anderes dar als das Modell der Idealen Maschine. Das oben angeführte Zitat von *Altshuller* lässt sich in verständlicher Form in den beiden folgenden Grundbedingungen, die die Ideale Maschine erfüllen muß, darstellen.

1. Die Ideale Maschine stellt ihre Funktionen zur Verfügung, ohne selbst zu existieren.
2. Die Ideale Maschine ist unabhängig von einer späteren Realisierung.
 - a) Kompromisse werden nicht akzeptiert.
 - b) Die Ideale Maschine bedarf keiner Wartung und nimmt keinen Platz in Anspruch.

Der Vorteil dieses Konzepts liegt darin, dass sich der Anwender mit der Zieldefinition auseinandersetzen muss. Häufig wird in der Praxis damit begonnen, vermeintliche Probleme zu lösen, ohne sich bewusst zu werden, welcher Zweck damit erreicht werden soll. Die Erarbeitung des Konzeptes der Idealen Maschine stellt eine Zielvereinbarung dar, die nicht erreicht werden muss, sie ist jedoch eine Orientierungshilfe bzw. ein Fernziel zur Entwicklung neuer Produkte. Der Anwender hat die Möglichkeit, sich am Ideal zu orientieren und kann seine Arbeit somit zielgerichtet und effizient vorantreiben bzw. weiterentwickeln. Im Zusammenhang mit der Idealen Maschine und der TRIZ-Methode ist der Ausdruck "weiterentwickeln" unter folgenden Gesichtspunkten zu betrachten:

- Steigender Kundennutzen des Systems,
- sinkende Kosten des Systems und
- weniger schädliche Wirkung durch das System.

Die Weiterentwicklung eines Systems bedeutet somit auch eine Steigerung der Idealvorstellung. Weitere Vorteile durch die Formulierung der Idealen Maschine äußern sich in drei wesentlichen Punkten:

1. Zeitlich begrenztes Denken außerhalb der persönlichen Denkgrenzen.

2. Beseitigung von empfundenen und wirklichen Barrieren durch das Ausarbeiten von alternativen Lösungskonzepten.
3. Die Ideenfindung beginnt mit Perfektion durch Orientierung an der Idealen Maschine, Trends sind somit leichter zu erkennen.

Diese Vorteile ermutigen zu so genannten "Durchbruchslösungen". Die Definition der Idealen Maschine vermeidet die Entwicklung zu einer wenig idealen Lösung und führt dazu, dass Projekte aufgrund der exakten Zieldefinition sehr genau abgegrenzt werden können.

Ressourcen

Unter Ressourcen versteht man alles, was in einem System oder dessen Umgebung (Supersysteme) zur Verfügung steht und für die Problemlösung herangezogen werden kann. Ressourcen sind Substanzen, Felder (Energie), Funktionen, Zeiten, Raum/Platz und Informationen, die in einem System und dessen Umgebung vorhanden sind.

Direkte Ressourcen sind Hilfsmittel, die so genutzt werden können, wie sie vorkommen. Folgende, zur Auswahl stehende, sind zu erwägen:

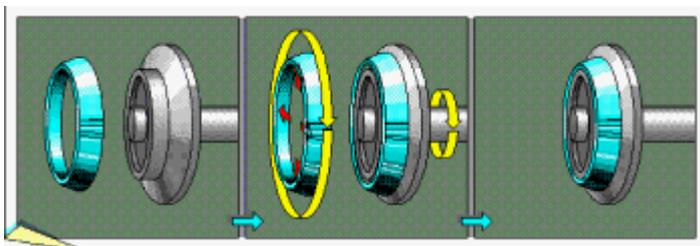
- Substanz-Ressourcen beinhalten jegliche Art von Material, aus welchem das System sowie die Umgebung zusammengesetzt ist.
- Feld-Ressourcen beinhalten derartige Felder, die in dem System oder dessen Umgebung vorhanden sind.
- Raum-Ressourcen beinhalten freien, unbesetzten Raum in dem System sowie der Umgebung. Dieser Platz ist für neue Objekte zu nutzen oder dient dazu, Raum zu sparen.
- Zeit-Ressourcen enthalten die Zeitintervalle vor dem Start, nach dem Ende und zwischen dem Zyklus des technologischen Prozesses, welche teilweise oder komplett ungenutzt sind.
- Informations-Ressourcen umfassen Informationen, welche dabei behilflich sein können, Felder aufzulösen oder zum Beispiel Materialfluß, der durch das System läuft, zu bestimmen.
- Funktions-Ressourcen sagen etwas über die Fähigkeit des Systems oder seiner Umgebung aus, zusätzliche Aufgaben auszuführen. Ein "super"-Effekt ist ein weiterer, meist unerwarteter Vorteil, der als Ergebnis der Innovation entsteht.
- Indirekte Ressourcen stellen Ressourcen dar, die nach einigen Transformationen nutzbar sind. Um diese nach der Modifikation anwenden zu können, sind die folgenden Empfehlungen zu beachten:
- Indirekte Substanz-Ressourcen beinhalten jegliche Art von Material, das mit dem System sowie der Umgebung in Verbindung steht.
- Falls keine direkten Feld-Ressourcen erreichbar sind, müssen welche hervorgebracht werden. So etwas kann geschehen durch Umwandeln verfügbarer Energien, Felder oder Aktionen.
- Ist zu wenig Zeit vorhanden, um ein System oder einen Prozess auszuführen, ist über die Möglichkeit einer Beschleunigung, Verlangsamung, Unterbrechung oder Fortführung des Arbeitsvorganges nachzudenken.
- Indirekte Funktions-Ressourcen sagen etwas über die Fähigkeit des Systems oder seiner Umgebung aus, zusätzliche Aufgaben auszuführen.
- Ressourcen der Bereitstellung beinhalten Ressourcen, die verfügbar, aber nicht in ausreichender Menge vorhanden sind. Es ist eine Speicherung der benötigten Hilfsmittel zu erwägen.

Indirekte Ressourcen konzentrieren bedeutet, das vorhandene Material, welches nicht benötigt wird, zu speichern. Die Nutzung von Ressourcen stellt die wichtigste Möglichkeit dar,

Kostenproblematiken zu bewältigen. Nur die innovative Nutzung vorhandener Effekte, Objekte, Informationen, Interaktionen, Funktionen, Räumen oder Zeiten öffnen Lösungsmöglichkeiten, die auf kostenintensiven Aufwand weitestgehend verzichten können. Somit kann die Schritt-für-Schritt Innovation ("Mini-Problem") unter Kostengesichtspunkten systematisch durchgeführt werden, die Anzahl der Lösungsmöglichkeiten ist dabei direkt abhängig von der Anzahl der zur Verfügung stehenden Ressourcen.

Beispiel: Verbesserung der Prozessmerkmale

In Prozessen gibt es natürlich kostenintensive Merkmale, die zu verkleinern sind. Der Energieverbrauch, Energieverschwendung, Kosten und die Zeitressourcen sind zu bedenken. Die zu verbessernden nützlichen Merkmale wären die Funktionalität, Produktivität, Zuverlässigkeit, Komfort, Beherrschbarkeit, Herstellungsgenauigkeit sowie die Universalität Produktivität und Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.



Beispiel: Die Räder eines Eisenbahnwaggons werden durch das Aufschrumpfen von Abrollflächen gefertigt. Dabei wird der Ablaufring erwärmt und auf die Welle aufgeschrumpft. Diese Methode ist zeit- und kostenintensiv. Durch das Ausnutzen der Zentrifugalkraft könnten die Ringe, indem man sie auf 600-1.000 1/min beschleunigt, kraftfrei auf die Welle gesteckt werden. Das Entfernen der abgenutzten Ringe kann auf dieselbe Methode geschehen.

Widerspruchsanalyse

Eine der Prämissen von TRIZ ist die Abhängigkeit einer innovativen Lösung von der Überwindung von Widersprüchen. Eine innovative, erfinderisch anspruchsvolle Lösung kann nur dann erzielt werden, wenn ein Widerspruch überwunden wurde, ohne Kompromisse einzugehen. Altshuller erkannte weiterhin, dass zwei Arten von Widersprüchen existieren: die *technischen Widersprüche* und die *physikalischen Widersprüche*.

Ein technischer Widerspruch liegt immer dann vor, wenn eine Eigenschaft bzw. ein Parameter eines Systems verbessert werden soll, wodurch sich jedoch eine andere Eigenschaft, ein anderer Parameter, verschlechtert. In solch einer Situation werden oftmals Kompromisse eingegangen, indem der eine Parameter nur etwas verbessert wird und sich der andere dafür nicht so sehr verschlechtert. Eine innovative Lösung hingegen besteht in der Überwindung eines solchen Widerspruchs, durch die man den einen Parameter verbessern kann, ohne dass sich der andere verschlechtert.

Über die Analyse von etwa 40.000 hoch innovativen Patenten (Erfindungen der Ebene 4) erkannte Altshuller, dass immer wieder bestimmte Eigenschaften (so genannte technische Parameter) miteinander im Widerspruch stehen, unabhängig von Branche und Sachgebiet. Auch zur Auflösung dieser allgemeinen Widersprüche kamen immer wieder nur 40 allgemeine innovative Grundprinzipien zur Anwendung.

Weiterhin können technische Widersprüche auf physikalische Widersprüche zurückgeführt werden, die den Kern oder "Knackpunkt" eines Problems ausmachen:

Ein physikalischer Widerspruch besteht dann, wenn an ein System oder Objekt entgegengesetzte, sich widersprechende Anforderungen an ein und die selbe Eigenschaft gestellt wird. Diese Situation liegt immer dann vor, wenn Systemeigenschaften oder Bedingungen in zwei unterschiedlichen Ausprägungen vorhanden sein sollen. Anhand dieser Definition ist erkennbar, dass der physikalische Widerspruch einen wesentlich höheren Abstraktionsgrad als der technische Widerspruch beinhaltet und somit eine wesentlich allgemeinere Sichtweise der Problemsituation darstellt. Zur Auflösung von physikalischen Widersprüchen kommen die 4 Separationsprinzipien zum Einsatz.

Technische Widersprüche

Ein technischer Widerspruch ist wie folgt definiert: "Ein technischer Widerspruch liegt dann vor, wenn das Verbessern des Systemparameters A eine Verschlechterung des Systemparameters B hervorruft".

Zur Lösung bzw. Überwindung derartiger Widersprüche stehen [39 technische Parameter](#) sowie [40 innovative Grundprinzipien](#) zur Verfügung. Der Entwickler formuliert seinen Widerspruch in der oben aufgeführten Art und Weise, um ihn danach anhand der 39 technischen Parameter zu abstrahieren. Dieser Schritt ist besonders wichtig und erfordert viel Erfahrung und Sachverstand.

Die 39 technischen Parameter sind nachfolgend aufgeführt. Mit Erklärungen stehen sie auf einer gesonderten Seite bereit ([39 technische Parameter](#)).

1. Masse/Gewicht eines beweglichen Objektes
2. Masse/Gewicht eines unbeweglichen Objektes
3. Länge eines beweglichen Objektes
4. Länge eines unbeweglichen Objektes
5. Fläche eines beweglichen Objektes
6. Fläche eines unbeweglichen Objektes
7. Volumen eines beweglichen Objektes
8. Volumen eines unbeweglichen Objektes
9. Geschwindigkeit
10. Kraft
11. Spannung oder Druck
12. Form
13. Stabilität der Zusammensetzung des Objektes
14. Festigkeit
15. Haltbarkeit eines beweglichen Objektes
16. Haltbarkeit eines unbeweglichen Objektes
17. Temperatur
18. Sichtverhältnisse
19. Energieverbrauch eines beweglichen Objektes
20. Energieverbrauch eines unbeweglichen Objektes
21. Leistung, Kapazität
22. Energieverluste
23. Materialverluste
24. Informationsverluste
25. Zeitverlust
26. Materialmenge
27. Zuverlässigkeit/Sicherheit
28. Meßgenauigkeit
29. Fertigungsgenauigkeit
30. Von Außen auf das Objekt wirkende schädliche Faktoren
31. Vom Objekt selbst erzeugte schädliche Faktoren

32. Fertigungsfreundlichkeit
33. Bedienkomfort
34. Instandsetzungsfreundlichkeit
35. Adaptionfähigkeit, Universalität
36. Kompliziertheit der Struktur
37. Kompliziertheit der Kontrolle und Messung
38. Automatisierungsgrad
39. Produktivität/Funktionalität

Im nächsten Schritt bedient man sich der so genannten [Widerspruchsmatrix](#), welches eine Matrix ist, die die 39 Parameter gegenüberstellt. In der Zelle des Schnittpunktes von zwei Parametern sind dann die innovativen Grundprinzipien aufgeführt, die in der Vergangenheit den entsprechenden Widerspruch gelöst haben. Dabei werden im Schnittpunkt nur die statistisch signifikanten, häufigsten Lösungsprinzipien aufgeführt. Zu beachten ist bei der Benutzung der Widerspruchsmatrix, daß in den Zeilen die Parameter betrachtet werden, die sich verbessern. Die Parameter die sich verschlechtern sind aus den Spalten zu wählen.

Sich verschlechternder Parameter		16	17	18	19
		Haltbarkeit des unbeweglichen Objekts	Temperatur	Sichtverhältnisse	Energieverbrauch des beweglichen Objekts
Zu verbessernder Parameter					
6	Fläche des unbeweglichen Objekts	2, 10, 19, 30	35, 39, 38		
7	Volumen des beweglichen Objekts		34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35
8	Volumen des unbeweglichen Objekts	35, 34, 38	35, 6, 4		
9	Geschwindigkeit		28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38

Aufgrund der Größe der Widerspruchsmatrix, kann die komplette Matrix an dieser Stelle nicht dargestellt werden. Daher ist dieser Matrix eine eigene Seite gewidmet, die die gesamte [Matrix als PDF-Datei](#) enthält.

Sind durch die Widerspruchsmatrix innovative Grundprinzipien identifiziert, liegt es dem Entwickler bzw. an dem Team, potentielle Lösungsansätze zu entwickeln. Es muß allerdings nicht immer der Weg über die 39 Parameter genommen werden. Auch das Anwenden der 40 innovativen Prinzipien hilft sehr oft schon, die Denkbarrieren zu überwinden und auf Lösungsansätze zu kommen. Daher sind in der folgenden Übersicht die Prinzipien aufgeführt. Nachstehend die Übersicht der Prinzipien:

1. Prinzip der Zerlegung bzw. Segmentierung
2. Prinzip der Abtrennung
3. Prinzip der örtlichen Qualität
4. Prinzip der Asymmetrie
5. Prinzip der Kopplung

6. Prinzip der Universalität
7. Prinzip der „Steckpuppe“ (Matrjoschka)
8. Prinzip der Gegenmasse
9. Prinzip der vorgezogenen Gegenwirkung
10. Prinzip der vorgezogenen Wirkung
11. Prinzip des „vorher untergelegten Kissens“
12. Prinzip des Äquipotentials
13. Prinzip der Funktionsumkehr
14. Prinzip der Kugelähnlichkeit
15. Prinzip der Dynamisierung
16. Prinzip der partiellen oder überschüssigen Wirkung
17. Prinzip des Übergangs zu höheren Dimensionen
18. Prinzip der Ausnutzung mechanischer Schwingungen
19. Prinzip der periodischen Wirkung
20. Prinzip der Kontinuität der Wirkprozesse
21. Prinzip des Durcheilens
22. Prinzip der Umwandlung von Schädlichem in Nützlichem
23. Prinzip der Rückkopplung
24. Prinzip des „Vermittlers“
25. Prinzip der Selbstbedienung
26. Prinzip des Kopierens
27. Prinzip der billigen Kurzlebigkeit anstelle teurer Langlebigkeit
28. Prinzip des Ersatzes mechanischer Wirkprinzipien
29. Prinzip der Anwendung von Pneumo- und Hydrokonstruktionen
30. Prinzip der Anwendung biegsamer Hüllen und dünner Folien
31. Prinzip der Verwendung poröser Werkstoffe
32. Prinzip der Farbveränderung
33. Prinzip der Gleichartigkeit bzw. Homogenität
34. Prinzip der Beseitigung und Regenerierung von Teilen
35. Prinzip der Veränderung des Aggregatzustandes
36. Prinzip der Anwendung von Phasenübergängen
37. Prinzip der Anwendung von Wärmedehnung
38. Prinzip der Anwendung starker Oxidationsmittel
39. Prinzip der Verwendung eines inerten Mediums
40. Prinzip der Anwendung zusammengesetzter Stoffe

Physikalischer Widerspruch

Technische Widersprüche lassen sich auf physikalische Widersprüche zurückführen, die dann den "Widerspruch in sich" repräsentieren.

Beispiel: Technischer Widerspruch - Ein Auto soll viel Gepäck und Personen aufnehmen können, dadurch soll seine Wendigkeit aber nicht leiden. Die Eigenschaft, die auf Ladekapazität und Wendigkeit Einfluss hat, der so genannte "Kontrollparameter", wäre hier z.B. die Größe des Fahrzeugs (Radstand, Abmessungen...). Der physikalische Widerspruch würde also lauten: Das Auto soll groß und klein sein!

Der physikalische Widerspruch liegt vor, wenn die Existenz einer definierten Eigenschaft zusammen mit ihrer gegenteiligen Einstellung gefordert wird. Das bedeutet, dass das System, eine Komponente oder auch eine Funktion einen bestimmten physikalischen Zustand einnehmen muss, um einer Forderung gerecht zu werden und einen entgegengesetzten Zustand, um einer anderen Forderung zu genügen.

Beispiele für physikalische Widersprüche sind:

- Zur Bestückung einer Platine müssen die Pins eines Chips erhitzt werden, aber zur Vermeidung von Beschädigung des Chips darf dieser nicht erhitzt werden.

- Flugzeugtragflächen sollten für Start und Landungen groß, für einen schnellen Flug aber klein sein.
- Das Fahrwerk am Flugzeug muß für Start und Landung ausgefahren sein, ist aber beim Flug hinderlich.

Physikalische Widersprüche werden durch Separation der Anforderungen gelöst. Hierfür stellt TRIZ vier *Separationsprinzipien*, die empirisch gefunden wurden, zur Verfügung. Im Folgenden werden die vier Ansätze mit begleitenden Beispielen erklärt.

Zusammenhang technischer und physikalischer Widersprüche

Hinter jedem technischen Widerspruch stecken ebenso physikalische Widersprüche. Um eine vollständige Lösungssuche zu ermöglichen, ist die Betrachtung beider Widerspruchsarten sinnvoll. Dazu lassen sich technische und physikalische Widersprüche ineinander umwandeln und somit unterschiedliche Aspekte des Problem in unterschiedlichen Abstraktionsebenen betrachten. Eine Lösungsfindung wird dadurch sicherer und vollständiger möglich.

Stoff-Feld-Analyse

Die Stoff-Feld-Analyse ist ein wichtiges Werkzeug, um Probleme existenter technischer Systeme zu modellieren. Jedes System wurde konstruiert, um eine Funktion zu erfüllen. Im Sinne der Stoff-Feld-Analyse wird die erwünschte Funktion eines Systems durch das Zusammenspiel von Stoffen und Feldern erzeugt. Die klassische TRIZ-Nomenklatur verwendet den Begriff 'Stoff' für jegliches Objekt, das Funktionen erfüllen kann.

Ein Stoff (S) kann ein Objekt beliebiger Komplexität sein, das einfache Dinge oder komplexe Systeme einschließt. Die Aktion bzw. Mittel und Möglichkeiten, eine Aktion zu verwirklichen, nennt man Feld (F). Die Stoff-Feld-Analyse ist eine gute Modellierungsmöglichkeit, um verschiedene Ansätze zu analysieren und zu vergleichen. Die Stoff-Feld-Analyse funktioniert am optimalsten bei sauber aufgearbeiteten Problemen, also beispielsweise nach dem Prozeß der Problemformulierung und bei widerspruchstrukturierten Fragestellungen. Allerdings setzt das Werkzeug auch größeres technisches Wissen, speziell den sicheren Umgang mit physikalischen Effekten und deren Beeinflussungsmöglichkeiten, voraus. Um die Erstellung eines Stoff-Feld-Systems durchführen zu können, sind nachstehend einige Hilfestellungen angeführt:

Das Feld als eine Form von Energie stellt die zur Realisation eines Effektes notwendige Energie, Kraft oder Wirkung zur Verfügung. Der Begriff 'Feld' wird in seinem weitesten Sinn als Interaktion verstanden. Felder aus der Physik (Elektromagnetismus, Gravitation, Kraft), wie auch thermische, akustische, mechanische und lichtbasierende Kräfte, sind unter diesem Begriff zu verstehen. Als Gedankenstütze kann man sich den Begriff "MeThChEM" einprägen, der die wichtigsten physikalischen Felder symbolisiert:

Me - Mechanische Felder
Th - Thermische Felder
Ch - Chemische Felder
E - Elektrische Felder
M - Magnetische/Elektro-Magnetische Felder

Die beiden Stoffe können ganze Systeme sein, aber auch Subsysteme, einfache Objekte, Werkzeuge oder Gegenstände. Ein vollständiges Modell eines minimal arbeitsfähigen Systems wird durch zwei Stoffe und ein Feld bzw. eine Wechselwirkung repräsentiert. Das

innovativ zu lösende Problem wird als Stoff-Feld-Modell dargestellt, um die Beziehung zwischen beiden Stoffen und zugehörigem Feld zu illustrieren.

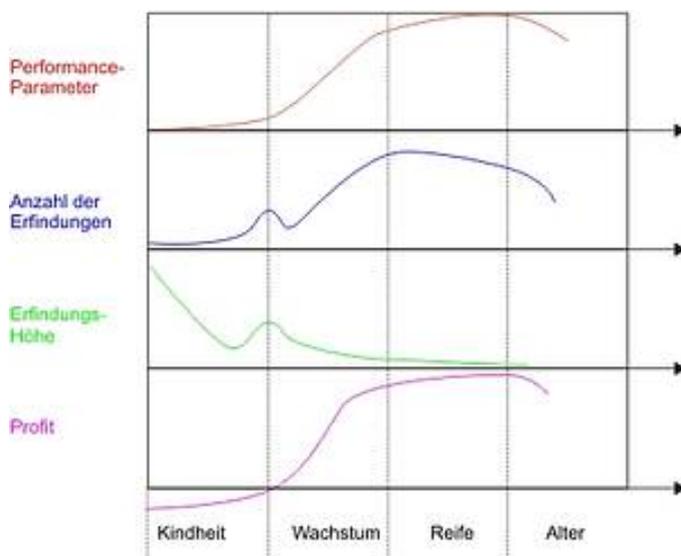
Die Stoff-Feld-Analyse wird in den folgenden vier Schritten erstellt:

1. Identifizierung der Einzelemente. Das Feld wirkt hierbei auf beide Stoffe oder gehört integral zu Stoff 2.
2. Konstruktion des Modells. Nach diesen beiden Schritten sollte man Vollständigkeit sowie Effektivität des Systems bewerten. Wenn ein Element fehlt, dann sollte es an dieser Stelle identifiziert werden.
3. Entwicklung von Lösungsideen anhand der 76 Standardlösungen.
4. Entwicklung von Konzepten zur Unterstützung der Lösungsidee.
Weiterhin ist zu beachten, dass es in der Stoff-Feld-Analyse vier Grundmodelle eines technischen Systems gibt und zwar:
 - a) vollständige Systeme,
 - b) nicht vollständige Systeme, die komplettiert oder durch ein neues System ersetzt werden müssen,
 - c) vollständige, aber nicht genügend effiziente Systeme, die verbessert werden müssen
 - d) vollständige, aber schädliche Systeme, bei denen der negative Effekt eliminiert werden muss.

Nach dem Prinzip des analogen Denkens, das sich durch die ganze TRIZ-Methodik durchzieht, sollte auch ein aus drei Komponenten bestehendes technisches System eigene standardisierte Regeln und Lösungen besitzen. In der Tat gibt es 76 Standardlösungen zur Optimierung der Modelle. Auch hier gilt wieder das Prinzip: Abstrahiere und verallgemeinere zunächst das Problem, suche dann eine allgemeingültige Lösung und adaptiere abschließend diese auf das spezifische Problem.

S-Kurven

Die nachstehende Abbildung verdeutlicht, welche Phasen ein technisches System durchläuft. Auf der Abszisse sind die Entwicklungsstufen des Systems von der Einführung bis zur Sättigung aufgetragen (in manchen Publikationen wird die Beschriftung Kindheit, Reife, Alter und Degradierung verwendet). Die Ordinate hingegen umfasst die Gegenüberstellung der Performance (bezogen auf einen messbaren Leistungsparameter), der Anzahl von Erfindungen, der Erfindungshöhe und dem Profit (Gewinn).



Die Idee zu einem neuen System ist häufig sehr innovativ und patentierbar, sie bewegt sich in der Klassifizierung nach Altschuller oft auf dem Niveau zwischen zwei und vier. Die daraufhin schwierige Entwicklungsarbeit und Anzahl der Erfindungen führt lediglich zu Verbesserung der ursprünglichen Idee und damit zu Patenten auf niedrigerem Innovationsniveau. Dies ist aus der Kurve "Niveau der Erfindungen" zu entnehmen. Der Übergang eines Systems von der Kindheitsphase in die Reifephase (Phase 1 zu Phase 2) ist durch die Markteinführung gekennzeichnet. Vorher (Kindheit) kommt das System als Prototyp oder in begrenzten Nischengebieten zum Einsatz.

Bis das Produkt oder das System auf dem Markt einen Durchbruch erzielen kann, steigt die Zahl der Erfindungen leicht an. Ist der Durchbruch geschafft, fällt die Zahl der Erfindungen. Während des Erwachsenseins und der Reife eines Produktes nimmt die Zahl der Erfindungen wieder deutlich zu. Dabei handelt es sich um die zahlreichen kleinen, patentierbaren Verbesserungen eines existenten Produktes.

Wie der Kurve "Gewinn aus dem System" zu entnehmen ist, ist die Profitabilität während der Startphase negativ und durchläuft während der Reifephase ihr Maximum. Um stabilen Profit für ein Unternehmen zu gewährleisten, muss ein Nachfolgeprodukt während der stabilen Phase initiiert werden.

Klassische Entwicklungsgesetze

Am Markt seine Stellung zu behaupten ist in der heutigen Zeit eine der wichtigsten Aufgaben. Daher kommt auch der Weiterentwicklung von Produkten eine besondere Bedeutung zu, denn ein bestehendes Produkt um einen Quantensprung zu erweitern braucht schon einen gewissen Weitblick. Diese vorausschauende Entwicklung lässt sich durch die Anwendung der so genannten "Standardentwicklungsmuster der technischen Evolution" erzielen, denn jedes technische Produkt folgt während seiner Weiterentwicklung bestimmten, sich wiederholenden Gesetzmäßigkeiten. Werden diese Muster konsequent auf das Produkt übertragen, so lässt sich die weitere Entwicklung sowie die Platzierung am Markt gezielt steuern. Altschuller hat 8 Entwicklungsgesetze formuliert. Diese lauten:

- **Stufenweise Evolution:** Anfangs besteht jede neue Erfindung zuerst nur aus einer Idee. Diese Idee wird durch die Entwicklungsphase, die Erprobung in ein reales Produkt umgesetzt. Zum Schluss folgt die Vermarktung. Die Entwicklung eines technischen Systems verläuft dabei entlang der S-Kurve. Dabei kommt es durch neue Technologien und Erfindungen immer wieder zu Entwicklungs-Sprüngen von einer S-Kurve zur nächsten. Mit dem menschlichen Leben verglichen lauten die Phasen der S-Kurve wie folgt:
 - Geburt
 - Kindheit
 - Reife
 - Alter
 - Zunehmende Idealität

Ein technisches System entwickelt sich in Richtung einer höheren Idealität, d.h. der Quotient aus nützlichen Faktoren und schädlichen Faktoren vergrößert sich.

- **Uneinheitliche Entwicklung der Systemteile:** Besteht ein System aus mehreren Einzelteilen so kann man oft feststellen, dass sich diese Einzelteile unterschiedlich entwickeln und sich in unterschiedlichen Entwicklungsstufen auf der S-Kurve befinden.
- **Zunehmende Dynamisierung und Regelbarkeit:** Im Laufe ihrer Evolution erreichen technische Systeme eine höhere Dynamisierung und Steuerbarkeit (unbewegliche Teile werden beweglich oder statische dynamisch). Die Abläufe innerhalb eines technischen

Systems passen sich weiterhin immer besser den jeweiligen Arbeits- und Umgebungsbedingungen an.

- **Über Komplexität zum Einfachen:** Innerhalb ihrer Entwicklung ist immer wieder festzustellen, dass technische Systeme zunächst immer komplizierter werden (mehr und bessere Funktionen) und dann in Richtung Vereinfachung (gleiche Funktionsweise durch weniger komplexe Teile) streben.
- **Evolution mit passenden und nicht passenden Elementen:** Durch eine immer größer werdende Symmetrie der Systeme kann die Effektivität durch Resonanz verloren gehen. Aus diesem Grund ist es ratsam, auch unsymmetrische Konstruktionen gezielt in Betracht zu ziehen.
- **Miniaturisierung und verstärkter Einsatz von Feldern:** Generell zeigt sich bei der Evolution eine Entwicklung von der Makro- zu der Mikro- oder auch Nanoebene. Bei diesem Übergang kommen vermehrt Felder zum Einsatz, um die Performance, Kontrolle oder Steuerungsfähigkeit zu steigern.
- **Abnehmende menschliche Interaktion:** Menschliche Routineaufgaben werden zunehmen von den Systemen selber übernommen, d.h. der menschliche Einsatz wird immer geringer.

Operator mzk

Der Operator MZK (M = Maße, Z = Zeit, K = Kosten) verfolgt das Ziel, in der Anfangsphase einer Problemlösung kreative Denkansätze zu provozieren. Dazu werden sechs Gedankenexperimente durchgeführt, in denen Maße, Zeit und Kosten jeweils unendlich und gar nicht zur Verfügung stehen. Im Einzelnen lauten diese:

Die Maße/Abmessungen des Systems werden

- ins Unendliche gesteigert,
- auf Null reduziert.

Die zur Verfügung stehende Zeit

- wird ins Unendliche gesteigert,
- wird auf Null reduziert.

Die Kosten

- werden ins Unendliche gesteigert,
- werden auf Null reduziert.

Hierdurch soll

- eine Anregung der Kreativität,
- Provokation von Ideen,
- eine Erweiterung des Ideenhorizontes,
- Abbau von Denkblockaden
- sowie eine Verlagerung von Problemen erreicht werden.

Als Ergebnis entstehen nicht selten abstrakte und oft geniale Ideen bzw. Denkansätze, visionäre Denkvorstöße, oder verblüffend realisierungsnahe Lösungsvorschläge.

Zwerge Modell

Die Zwerge-Modellierung wurde von Altshuller aus dem Verfahren der "Empathie" entwickelt. Bei der Empathie versetzt sich der Entwickler in die Lage des zu verbessernden Systems und überlegt, was er dann tun würde, um das vorliegende Problem zu lösen. Dabei werden jedoch Lösungsversuche, die "Verletzungen" zur Folge hätten und für den menschlichen Körper nicht erträglich wären, nur zögerlich beachtet. Aus diesem Grunde geht das Zwerge-Modell davon aus, daß sehr viele kleine schlaue Leute zur Lösung der Problemstellung zur Verfügung stehen. Diese Zwerge sind unempfindlich gegen jegliche schädliche Auswirkungen, womit der Nachteil der Empathie eliminiert wird. Diese Zwerge können bedenkenlos jegliche Aktion ausführen, um die vorliegende Aufgabe zu lösen.

Auch dem Zwerge Modell liegt eine systematische Vorgehensweise zugrunde, sie unterteilt sich in die folgenden Schritte:

- Der Konflikt-verursachende Bereich des betrachteten Systems wird durch viele kleine Zwerge nachgebildet.
- Die Zwerge werden in Gruppen eingeteilt, die gemäß den Randbedingungen der Aufgabe handeln. Es können zum Beispiel nützliche, schädliche, fleissige, faule, langsame und schnelle Zwerge eingesetzt werden, um gezielt Abläufe und Funktionalitäten unabhängig von der technischen Umsetzung nachzubilden.
- Das resultierende Modell wird nun so modifiziert, daß das Problem gelöst wird. Das bedeutet, daß die Zwerge so agieren müssen, daß der betrachtete Konflikt überwunden wird. Man steht also vor der kreativen Aufgabe, die Zwerge so handeln zu lassen, dass das Problem eliminiert oder unwichtig wird.

Für das Zwerge-Modell sind jeweils Skizzen anzufertigen, die die jeweilige Situation (Problemstellung und modifiziertes Lösungsmodell) selbsterklärend darstellen. Durch das Zwerge-Modell wird die Aufgabenstellung ebenfalls zunächst abstrahiert, wobei man auch hier durch Nachbildung des Systems oder des Systembestandteils mit Hilfe von kleinen schlaunen Leuten althergebrachte Vorstellungen über Formen und Funktionsausübung überwinden kann. Durch die Zwerge-Modellierung wird man in die Lage versetzt, sich bei der Lösung einer Problemstellung auf die Fragestellung "Was ist zu tun?" zu konzentrieren, ohne dabei zunächst von technischen Limitierungen eingeengt zu werden. Auch hier muss im Anschluss an die Lösung durch die notwendigen Aktionen der Zwerge überlegt werden, wie die technische Realisierung aussehen kann. Die Verbindung zum idealen Endresultat ist hier sehr deutlich.

Innovations-Checkliste

Systematische Analyse der Ausgangssituation und Strukturierung des Problems (Zielsuche)
"Die genaue Formulierung eines Problems ist wesentlich schwieriger als dessen Lösung, welche dann nur noch eine Frage des abstrakten Denkens und experimentellen Kenntnisse ist." (Albert Einstein)

Bevor sich der Problemlöser Gedanken darüber macht, wie man ein Produkt oder ein Prozess verbessern kann, muss er zunächst einmal die bestehende Ausgangssituation beurteilen. Hierbei hilft die sog. Innovations-Checkliste, die den Entwickler darin unterstützt, alle verfügbaren Ressourcen, Lösungsmöglichkeiten, Beschränkungen und Probleme in systematischer Art zu dokumentieren. Teilaspekte des Gesamtsystems zu analysieren, ist mit der Innovations-Checkliste weniger möglich.

Die folgenden Aspekte gliedern im Allgemeinen die Checkliste:

1. Informationen über das zu verbessernde System und dessen Umfeld

- Systembezeichnung,
 - primäre nützliche Funktionen des Systems,
 - derzeitige oder wünschenswerte Systemstruktur,
 - die Arbeitsweise des Systems
 - Systemumfeld.
2. Auflistung der verfügbaren Ressourcen und deren Potential
- Stoffliche Ressourcen,
 - feldförmige Ressourcen,
 - funktionale Ressourcen,
 - Informations-Ressourcen,
 - zeitliche Ressourcen
 - räumliche Ressourcen.
3. Informationen zur Problemsituation
- Angestrebte Verbesserung des Systems,
 - Mechanismus oder Wirkweise des Nachteils,
 - Entwicklungsgeschichte des Problems
 - andere zu lösende Probleme.
4. Veränderung des Systems
- welche Veränderungen
 - welche Grenzen der Systemänderung zulassen?
5. Auswahlkriterien der Lösungskonzepte
- Angestrebte technische Eigenschaften,
 - angestrebte ökonomische Eigenschaften,
 - angestrebter Zeitplan,
 - erwartungsgemäße Neuartigkeit
 - andere Auswahlkriterien.
6. Historie der Lösungsversuche
- Vorangegangene Versuche zur Problemlösung
 - andere Systeme, die ein ähnliches Problem beinhalten.

Viele TRIZ-Praktiker sind der Meinung, die Innovative-Checkliste stelle genügend Führung und Systematik bereit, um Probleme jeglicher Art lösen zu können. Andere hingegen ziehen es vor, im Anschluss der präzise ausgearbeiteten Liste auch die nächsten Schritte der TRIZ-Methodik mit gleicher Konsequenz durchzuführen. Der nächste Schritt ist die grafische Problemformulierung.

Die Innovations-Checkliste geht auf die ISQ (Innovation Situation Questionnaire) von Ideation International zurück. Korrekt übersetzt bedeutet der Begriff "Fragebogen zur Ermittlung der erfinderischen bzw. Innovations-Situation". In diesem Fragebogen werden die oben genannten grundlegende Punkte zur Beschreibung eines Problems gestellt und systematisch abgearbeitet. Die ISQ umfasst damit die drei grundlegenden klassischen TRIZ-Tools "9-Felder-Ansatz", Ressourcen und Idealität (nützliche und schädliche Funktionen, ideales Endresultat)

Idealität

Die Idealität eines Systems oder Produktes ist der Koeffizient aus Nutzen und Aufwand. Der Aufwand ist die Summe aus Kosten und Schäden. Um den negativ besetzten Begriff

"Schaden" zu vermeiden, wird meistens von dem so genannten "Seiten-Effekt" gesprochen, weil mit Schaden nicht unbedingt eine Schädigung im destruktiven Sinn gemeint ist, sondern genauso unerwünschte Nebeneffekte beschrieben werden. Weiterhin stellte Altschuller fest, dass sich die Idealität mit dem Fortschreiten des Entwicklungsstadiums eines Systems erhöht

Zum Erreichen der Idealität sind (gedanklich) sechs Schritte sehr hilfreich:

1. Eliminiere/verändere unterstützende Funktionen

Innerhalb von Konzepten unterscheidet man Haupt- und Nebenfunktionen. Nebenfunktionen (= Hilfsfunktionen oder unterstützende Funktionen) tragen gewöhnlich nur mittelbar zur zentralen Funktion (Hauptfunktion) eines Systems bei. Oftmals lassen sich daher die unterstützenden Funktionen mit den ihnen zugeordneten Bauteilen eliminieren, ohne dass die Hauptfunktion beeinträchtigt wird.

Beispiel: Lösungsmittelfreies Lackieren: Beim herkömmlichen Lackieren von Karosserieteilen werden gefährliche Lösungsmitteldämpfe freigesetzt. Bei einem neuen Verfahren nutzt man ein elektrostatisches Feld, um auf metallische Teile ein Pulver aufzutragen und dann mittels Wärmeeinwirkung das Pulver zu schmelzen. Dieses Pulverlackieren erzeugt somit einen lösungsmittelfreien Lacküberzug.

2. Eliminiere Teile

Teile eines Systems lassen sich oftmals eliminieren, wenn deren Funktion auf verfügbare [Ressourcen](#) (natürliche Effekte, andere Bauteile, Bestandteile des Supersystems...) übertragen wird. Ressourcen sind in diesem Sinne: stoffliche Ressourcen, funktionale Ressourcen, Felder, Raum, Zeiten und Informationen.

3. Erkenne Selbsttätigkeitspotential

Systeme sollten auf nutzbare Möglichkeiten zur Selbstversorgung oder Selbstregelung untersucht werden. Unter diesem Blickwinkel ist Ausschau zu halten nach Funktionen, die synergetisch mit anderen Funktionen erfüllt werden können. Des Weiteren ist zu analysieren, ob die zur Ausführung einer Hilfsfunktion notwendigen Mittel gleichfalls auch zur Ausführung der Hauptfunktion genutzt werden können.

Beispiel: Selbstversorgung des Systems: Kugelgelagerte Rotoren von Turbinen oder großen Elektromotoren sind sehr empfindlich gegen Stöße oder Vibrationen beim Transport. Damit sich die Kugeln unter derartigen Punktlasten nicht in die Laufringe eindrücken, müssen Schrittmotoren angebracht werden, die dafür sorgen, dass der Rotor sich immer langsam dreht. Unter dem Blickwinkel der Selbstversorgung ist zu überlegen, ob dieser große Aufwand nicht durch ein Effekt bewerkstelligt werden kann, der quasi umsonst zu haben ist. Tatsächlich kann man die benötigte Wirkung durch den Aufbau Pendel-Ratsche erzielen. Zu diesem Zweck wird auf der Rotorwelle ein Pendel zur Verstärkung der Rotation und eine Ratsche mit einseitiger Sperrfunktion aufgesetzt. Das Problem kann somit durch systemimmanente Selbstversorgung gelöst werden.

4. Ersetze Einteilteile, Baugruppen oder das System

Bei Systemen ist zu beachten, dass diese immer komplexer werden, bis sie kaum noch zu beherrschen sind. (Schon St. Exuperie ist zu der Erkenntnis gelangt: Technik entwickelt sich vom Einfachen zum Komplexen und dann wieder zum Einfachen hin.)

Ziel muss es somit sein, Teile zu reduzieren und Funktionen zu vereinfachen. Eine Reduzierung erreicht man durch Zusammenfassung von Teilen, Integration von Funktionen und Vereinfachung, in dem man möglichst auf physikalische, chemische oder elektrische Naturgesetzmäßigkeiten (Fliehkraft, Magnetismus etc.) zurückgreift.

5. Ändere das Funktionsprinzip

Systeme oder Prozesse lassen sich meist nur grundlegend vereinfachen, wenn das Funktionsprinzip verändert wird.

6. Nutze vorhandene Ressourcen

Dem Ziel Idealität und Wirtschaftlichkeit kommt man nahe, wenn bei einem System nichts mehr Externes zugefügt werden muss. Man sollte daher immer danach suchen, ob schon Vorhandenes durch Modifikation weitergenutzt werden kann.

Problemformulierung

Die Problemformulierung geht auf die Funktionsmodellierung nach Ideation International zurück. Ein einfaches Ursachen-Wirkungs-Diagramm soll die Beziehung zwischen der "primär schädlichen Funktion" und "primär nützlichen Funktion" eines Systems darstellen. Angefangen mit einer dieser beiden primären Funktionen wird der gesamte Prozess in die einzelnen Teilfunktionen untergliedert, die miteinander in Verbindung gesetzt werden. Dies wird so weit geführt, bis die beiden primären Funktionen über dieses Funktionsdiagramm miteinander verbunden sind. Im Prinzip gibt es hierbei nur vier mögliche Verknüpfungen zwischen den Funktionen:

- Eine nützliche Funktion verursacht eine weitere nützliche Funktion,
- eine nützliche Funktion führt zu einer schädlichen Funktion,
- eine nützliche Funktion verhindert eine andere nützliche Funktion und
- eine nützliche Funktion verhindert eine schädliche Funktion.

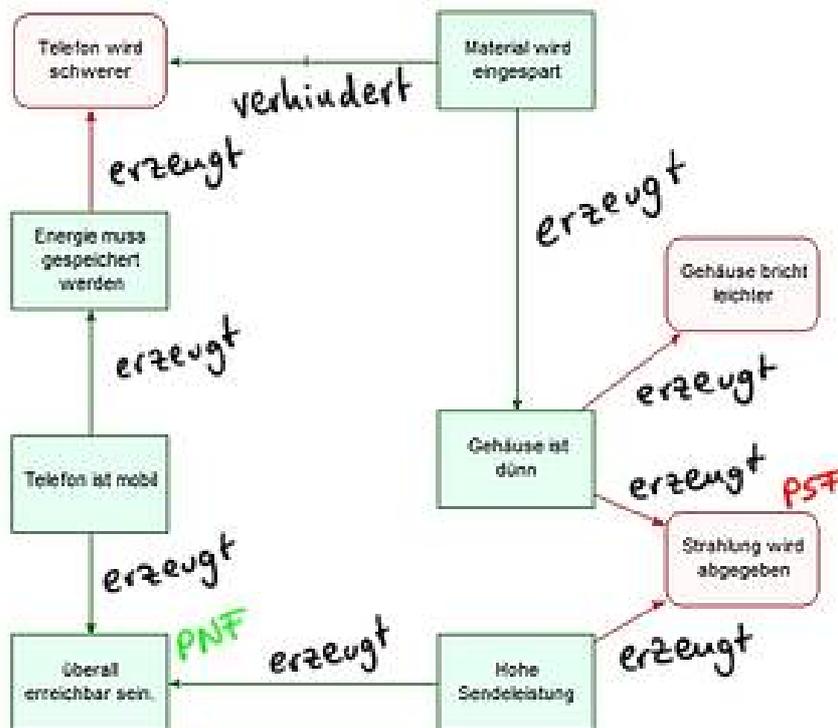
Diese Vorgehensweise und das so erzeugte Schaubild geben eine gute Übersicht zu all den kleineren Problemen, die in einer innovativ zu bearbeitenden Aufgabenstellung stecken. Eine effiziente Lösung des Gesamtproblems wird durch diese Darstellung der Ursache-Wirkungs-Beziehung erleichtert. Sind alle Beziehungen positiver wie negativer Art identifiziert, dann kann schon die Lösung eines einzigen dieser sekundären Detailprobleme zur Lösung der gesamten Aufgabenstellung führen.

Beispiel Problemformulierung anhand eines Handys: Die primär nützliche Funktion (PNF) ist das "überall erreichbar" sein, die primär schädliche Funktion (PSF) ist das "krank machen durch Strahlung". Überall erreichbar sein, ist nur gewährleistet durch "mobile Kommunikation", die bei Handys einen Energiespeicher für die elektrische Versorgung erfordert. Durch diese Versorgung treten Strahlungen auf (Elektrosmog), die unter Umständen schädlich für den Benutzer sein können.

Auf der Basis einer solchen Problemformulierung lassen sich eine Reihe von Teilaufgaben definieren:

- Präventive Maßnahmen,
- nützliche Funktionen verstärken,
- schädliche Funktionen eliminieren oder abschwächen und
- Widersprüche lösen.

Widersprüche lassen sich aus der Problemformulierung sehr leicht ablesen. Immer wenn z.B. eine nützliche Funktion neben einer nützlichen auch eine schädliche Funktion verursacht, oder wenn eine nützliche Funktion auch eine andere nützliche Funktion verhindert.



Anhand dieser gründlichen Analyse der Teilprobleme eröffnete sich dem Problemlöser eine Vielzahl von Ansätzen zur Ausarbeitung der am besten geeigneten Problemlösung. Damit ist auch diese Methode gut geeignet, um Widersprüche aufzudecken und anhand der gefundenen Ergebnisse eine Auswahl der zur Verfügung stehenden TRIZ-Werkzeuge vorzunehmen.

Die Innovations-Checkliste und der Prozess der Problemformulierung sind zusammen ein mächtiges Innovationswerkzeug. Sie wurden entwickelt, um Limitationen der klassischen TRIZ-Methode zu überwinden.

Objektmodellierung

Die Objektmodellierung lässt sich auf die Funktionsmodellierung oder Funktionsanalyse nach Invention Machine zurückführen. Bei der Objektmodellierung wird ein technisches System grafisch nachgebildet sowie die schädlichen und nützlichen Interaktionen zwischen den Systemelementen gekennzeichnet. Als Ergebnis erhält man eine grafische Darstellung der Objekte eines technischen Systems sowie der vorhandenen Verknüpfungen/Interaktionen untereinander.

Das Beispiel der Zahnbürste verdeutlicht die Idee des Objektmodells:



Das Objektmodell dient dazu, die Zusammenhänge zwischen Systemelementen zu verdeutlichen. Weiterhin kann basierend auf dem Objektmodell ein systematisches Trimming zur Steigerung der Idealität erfolgen. Das Objektmodell spiegelt darüber hinaus ein Netz aus Stoff-Feld-Modellen wieder, aus denen jeweils Teilprobleme herausgegriffen und mit der [Stoff-Feld-Analyse](#) bearbeitet werden können.

Trimming

Ziel des Trimmings ist es, durch gezieltes Weglassen von Systembestandteilen die Idealität eines Systems zu erhöhen. Hierbei ist wichtig, dass die Funktion des weggelassenen Bestandteils beibehalten und auf andere Systemelemente übertragen wird. Die Funktion der getrimmten Systemelemente wird sinnvollerweise auf zur Verfügung stehende [Ressourcen](#) übertragen.

Durch die Aufgabe, die Funktion eines Bauteils (oder Prozess-Schrittes) auf andere, vorhandene Elemente zu übertragen, werden kreative Denkprozesse angeregt und es entstehen oftmals überraschende neue Lösungen. Durch das Trimming und die konsequente und kreative Nutzung von Ressourcen können gezielt Kosten gesenkt werden, da die Komplexität von Systemen abnimmt, ohne dass die Funktion leidet. Als Hilfsmittel kann vor den Trimming-Prozess eine [Objektmodellierung](#) bzw. Funktionsanalyse sehr hilfreich sein.

Feature Transfer

Feature Transfer ist ein analytisches Werkzeug, das das Basissystem verbessert, indem relevante Features (Merkmale, Eigenschaften und Charakteristika) eines alternativen Systems übertragen werden.

Vorgehen

1. Identifizieren Sie die Hauptfunktion des Systems

2. Formulieren Sie Kriterien, die Vor- und Nachteile Ihres Systems beschreiben können
3. Identifizieren Sie konkurrierende Systeme
4. Wählen Sie das Basissystem und das alternative technische System
5. Identifizieren Sie die Eigenschaften im alternativen technischen System, die die Nachteile im Basissystem entfernen können
6. Formulieren Sie die Aufgabe des Feature Transfers

Mittels Feature Transfer werden Wege gesucht, die Eigenschaft des alternativen technischen Systems auf das gewählte Basissystem zu übertragen. Dies kann bedeuten, mit der Eigenschaft ganze Baugruppen und Bauteile zu übertragen. Normalerweise sollte aber nur die Eigenschaft und nicht das konkrete Design transferiert werden.

Antizipierende Fehleranalyse

Ein weiteres Werkzeug, welches der TRIZ-Methode ausgegliedert wurde ist die Antizipierende Fehlererkennung (AFE) im englischen Anticipatory Failure Determination (AFD). Die Suche nach möglichen Fehlern wird umgewandelt in die Aufgabe, Fehler zu erfinden.

Die Teamerfahrung, Sorgfalt und das Einbringen von Fachkenntnissen haben in diesem Werkzeug das abstrakte Ziel, ein intaktes System zum Versagen zu bringen. Der Grund des Versagens wird nun zur gewollten Funktion transformiert. Auf dieses invertierte Problem lässt sich dann die TRIZ-Methode in ihrer ganzen Breite anwenden. Der Prozess wird in 9-Stufen abgearbeitet und im Folgenden stichpunktartig dargestellt:

1. Formulierung des Original-Problems
 - Wie bezeichnet man das System?
 - Was ist die primäre Nutzfunktion des Systems?
 - Beschreibe das zentrale Problem. Was sind die Bedingungen und Gründe, die das Problem hervorrufen?
 - Das Eliminieren dieses Problems darf keine Nutzfunktion negativ beeinflussen oder neue Probleme erzeugen.
2. Formulierung des invertierten Problems
 - Invertiere das ursprüngliche Problem.
 - Beschreibe das zentrale Problem als primäre Nutzfunktion mit den Worten: "Es besteht die Anforderung....zu erzeugen....unter folgenden Bedingungen."
 - Liste alle Teile des Systems auf.
 - Unter welchen Bedingungen tritt das Problem normalerweise auf?
3. Verstärkung des invertierten Problems
 - Versuche die Beschreibung des Problems zu übertreiben, ersetze den beabsichtigten Effekt durch einen stärkeren.
 - *Suche nach offensichtlichen Lösungen für das invertierte Problem*
 - Durchsuche Wissenschaft, Technik, unsere tägliche Umgebung und Erfahrungen nach Situationen (wie die unter Punkt 3 definierte Effekte), gezielt erzeugt werden.
 - Finde heraus, wie und wo die Lösung bereits am einfachsten realisiert wurde. Überlege, ob diese Lösung auch auf den konkreten Fall des invertierten, verstärkten Problems angewandt werden kann.
4. Identifizierung und Nutzung von Ressourcen
 - Finde und bewerte alle im System und dessen Umwelt vorhandenen Ressourcen, sowohl in unmittelbarer wie auch in abgeleiteter Form.

- Gibt es zusätzliche Informationen, die bei der Lösung des invertierten Problems nützlich sein können?
5. Suche nach brauchbaren Effekten
 - Ziehe physikalische, chemische, geometrische und psychologische Effekte zum Erzielen des beabsichtigten Effektes heran.
 - Das heißt: Nutze TRIZ zur Lösung des invertierten, verstärkten Problems, wenn die Ressourcenbetrachtung oben zu keinem Resultat geführt hat.
 6. Suche nach neuen Lösungen
 - Versuche, den oben beschriebenen Effekt zu realisieren, d.h., lösen sie das invertierte Problem mit Hilfe der anderen TRIZ-Werkzeuge.
 7. Rück-Invertierung und Verifikation
 - Basierend auf der nun gefundenen Lösung des invertierten Problems formuliere und teste versuchsweise Hypothesen.
 8. Entwicklung von Vorgehensweisen zur Fehlervermeidung
 - Invertiere das Problem erneut, um Lösungen zur Fehler-Elimination auszuformulieren.

Wie die vorangegangene Ausführung zeigt, ist die AFE/AFD in ihrer Form Provokation und Innovation gleichzeitig. Damit ist sie eine gute Ergänzung zur FMEA, die in ihrer Vorgehensweise eher klare Strukturen aufweist.

Directed Evolution

Die „Directed Evolution“ (gerichtete Evolution) ist ein von [Ideation International Inc.](#) entwickeltes Verfahren, das auf Erkenntnissen der TRIZ-Methodologie aufbaut. Mit ihrer Hilfe sollen, basierend auf statistisch abgesicherten Erkenntnissen, zuverlässige Aussagen über zukünftige Produkt-, Prozess-, Dienstleistungs- oder Marktentwicklungen getroffen werden können. Zu diesem Zweck werden durch eine methodische Vorgehensweise Entwicklungsszenarien entwickelt.

Als Grundlage für diese Vorgehensweise dienen Entwicklungsgesetze und Entwicklungslinien, die jedoch nicht nur für technische Systeme erstellt wurden, sondern um wichtige Entwicklungslinien von Märkten, Prozessen und Unternehmen erweitert wurden. Damit sollen Einschränkungen, die durch das alleinige Anwenden der klassischen TRIZ-Entwicklungsgesetze (das sogenannte „TRIZ-Forecasting“) entstehen, eliminiert werden. Einer dieser Nachteile ist, daß durch die Entwicklungsgesetze nur die technische Evolution von Systemen berücksichtigt wird, dabei aber Anforderungen und Entwicklungstrends des Marktes und des Umfeldes vernachlässigt werden.

Mit Hilfe der Directed Evolution soll also nicht nur die Kontrollierbarkeit der Entwicklung eines betrachteten Systems in technischer Hinsicht ermöglicht werden, es werden auch weiterführende Aspekte, die Einfluss auf den Markterfolg haben, einbezogen. Dabei ist die Entwicklung von Zukunfts-Szenarien nicht auf technische Systeme beschränkt. Die Informationen, die als Wissensbasis für die Directed Evolution vorhanden sind, werden in Form eines Software-Systems von Ideation Int. angeboten. Generell kann der Prozess der Directed Evolution wie folgt beschrieben werden:

1. Analyse

- Entwicklung spezialisierter Entwicklungslinien für das betrachtete System basierend auf den bekannten universellen und generellen Entwicklungslinien sowie zutreffenden speziellen Evolutionslinien ähnlicher Systeme.

2. Identifizierung von technologischem Entwicklungspotential

- Ermittlung fehlender Stufen sowie möglicher zukünftiger Abschnitte auf der Entwicklungslinie.
- Identifizierung der notwendigen Innovationen zum Erreichen der notwendigen technologischen Randbedingungen durch Formulierung der damit verbundenen Problemstellungen.

3. Ermittlung der Marktanforderungen

- Identifizierung potentieller Kunden und ihrer Erwartungen.
- Ausfiltern möglicher Technologietrends.
- Auswahl von Trends, die die Erwartungen des Marktes erfüllen.

4. Planung und Implementierung

- Erstellung eines Rahmenplans für Forschung, Marketing, Entwicklung und Umsetzung der ausgewählten Ideen unter Berücksichtigung von:
 - Marketing und Werbung
Anwendung von analytischen und wissensbasierten I-TRIZ Werkzeugen um erkannte Problemstellungen zu lösen.
- Antizipierende Fehlererkennung
Vermeidung potentieller Fehler und Gefahren der zu entwickelnden Systeme.

Es ist deutlich erkennbar, dass die Directed Evolution keinen einmaligen Ablauf darstellt. Sie ist ein kontinuierlicher Prozess zur Überwachung, Beobachtung und Steuerung der Entwicklung eines Systems unter Berücksichtigung neuer Technologien und Möglichkeiten, um die Zukunft eines Produktes, Prozesses, einer Dienstleistung oder eines Unternehmens gezielt zu beeinflussen. Auswertung von Patenten und weiteren Informationen zur Ermittlung der Entwicklungsgeschichte des betrachteten Systems. Dadurch soll die gegenwärtige Position des Systems auf allen relevanten Entwicklungskurven festgestellt werden.