

# TRIZ\_ipedia

# TRIZ

## Theorie der Innovativen Problemlösung

Jürgen Jantschgi, Christina Krenn, Johannes Fresner  
2008

Diese TRIZ Einführung wurde ursprünglich 2005 für den TRIZ Verein Österreich zusammengestellt.

ISBN 3-9501636-3-8

Jürgen Jantschgi, Christina Krenn, Johannes Fresner  
Wolfsberg, Graz, 2008

## Inhaltsverzeichnis

TRIZ.....	1
1 Einleitung.....	4
1.1 Was bedeutet TRIZ.....	4
1.2 TRIZ-Methode und Werkzeuge.....	5
1.3 Warum TRIZ.....	6
1.4 Anwendungsmöglichkeiten von TRIZ.....	6
1.5 Auswahl der TRIZ - Werkzeuge.....	7
1.6 Wie funktioniert TRIZ.....	7
2 TRIZ – Werkzeuge.....	8
2.1 Systematik.....	8
2.1.1 Funktionsanalyse.....	8
2.1.2 Trimming.....	8
2.1.3 Ressourcen.....	9
2.1.4 ARIZ – Algorithmus zur innovativen Problemlösung.....	10
2.1.5 Vollständigkeit des Systems.....	11
2.1.6 Hauptfunktion des Systems.....	12
2.1.7 System Operator/ 9 – Fenster.....	12
2.1.8 Zwerge - Modell.....	13
2.1.9 Why – What´s Stopping? Analysis.....	13
2.1.10 Operator Größe – Zeit – Kosten.....	13
2.2 Wissen.....	14
2.3 Analogien.....	14
2.3.1 Widerspruchsmatrix.....	14
2.3.2 Die 40 Innovativen Prinzipien.....	16
2.3.3 Stoff – Feld – Analyse.....	24
2.3.4 76 Standardlösungen.....	25
2.3.5 Physische Widersprüche.....	27
2.3.6 Trennungsprinzipien.....	27
2.4 Vision.....	28
2.4.1 Ideales Endresultat.....	28
2.4.2 S-Kurven Analyse.....	29
2.4.3 Evolutionsgesetze & Evolutionslinien.....	30
3 Verzeichnisse.....	58
3.1 Quellenverzeichnis.....	58
3.2 Abbildungsverzeichnis.....	58
3.3 Tabellenverzeichnis.....	58

# 1 Einleitung

## 1.1 Was bedeutet TRIZ

Der Begriff TRIZ ist ein aus dem Russischen stammendes Akronym für „Theorie zur Lösung inventiver Probleme“ und seit einigen Jahren international gebräuchlich. Diese Theorie ist eine, in der ehemaligen Sowjetunion vom Wissenschaftler Genrich Altschuller entwickelte Methodik zur systematischen Lösung technischer Probleme, aber auch in anderen Bereichen des menschlichen Handels.

Als Methodik umfasst TRIZ eine Vielzahl verschiedener und teilweise kombinierter Methoden bzw. Werkzeuge, die den Entwickler bei der Lösung technischer Probleme unterstützen. Das generelle Vorgehen beginnt dabei mit der systematischen Analyse des konkreten Problems oder des zu verbessernden Systems. Dieser erste Schritt ermöglicht die Fokussierung und Abstraktion des Problems und führt häufig schon zu innovativen Problemlösungen. Für das weitere Vorgehen werden, je nach Situation, geeignete TRIZ-Werkzeuge ausgewählt. Durch diese Werkzeuge werden Lösungsrichtungen vorgegeben, die in der Vergangenheit schon häufig zu innovativen Lösungen geführt haben. An dieser Stelle ist der Erfindungsreichtum des Entwicklers gefordert. Er kann die Standardlösungen auf sein spezifisches Problem überführen und so seinerseits innovative Lösungen erarbeiten.



Abbildung 1.1-1: TRIZ – Grundkonzept<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Quelle: Lehrgangsunterlagen, Leonardo da Vinci Projekt Support

## 1.2 TRIZ-Methode und Werkzeuge

TRIZ stellt dem Anwender eine Vielzahl an Werkzeugen zur Verfügung, die ihn bei der systematischen Bearbeitung von Problemen unterstützen und zu einer schnellen Findung von realisierbaren Lösungen beitragen.

Die TRIZ – Werkzeuge können in 4 verschiedene Kategorien unterteilt werden: Systematik, Wissen, Analogie und Vision (vgl. Abbildung 1.2-1).<sup>2</sup>

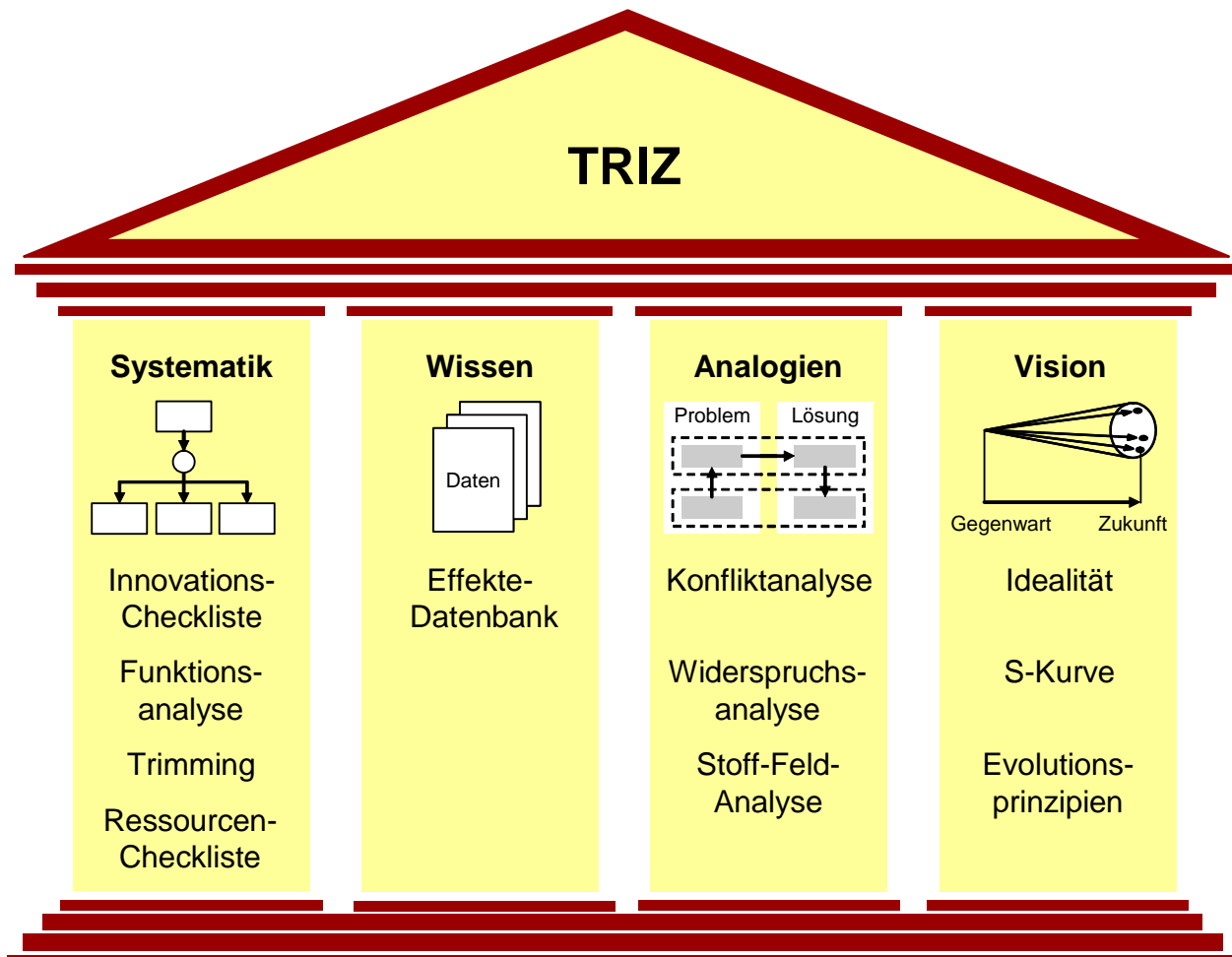


Abbildung 1.2-1: Kategorien der TRIZ - Methodik<sup>3</sup>

Innerhalb der vier Grundkomponenten von TRIZ stehen dem Anwender folgende Werkzeuge zur Verfügung:

- **Systematik:** Funktionsanalyse, Trimming, Zwerge - Modell, Problemformulierung, System Operator/ 9 – Windows, ARIZ, Ressourcen
- **Wissen:** Datenbanken
- **Analogie:** Technische Widersprüche, physikalische Widersprüche, innovative Grundprinzipien, 76 Standardlösungen, Stoff-Feld-Analyse
- **Vision:** S-Kurve, Evolutionsprinzipien, Ideales Endresultat

<sup>2</sup> Es gibt keine international einheitlich verwendete Gesamtdarstellung der TRIZ-Werkzeuge. Die hier ausgewählte Darstellung ist v.a. im deutschsprachigen Raum verbreitet.

<sup>3</sup> Quelle: Lehrgangsunterlagen, Leonardo da Vinci Projekt Support

### 1.3 Warum TRIZ

Durch die Anwendung von TRIZ können Aussagen über die grundlegenden Vorgänge bei der Entwicklung von Systemen, anhand der S-Kurve, getroffen werden.

Die Leistungsfähigkeit eines Produktes entwickelt sich zunächst sehr langsam und führt nach der Startphase zur Verbesserung mit hohem Wirkungsgrad, der am Ende der Kurve wieder nachlässt. Dadurch entstehen die charakteristischen S-Kurven. Der Grund für die Abnahme des Verbesserungsgrades liegt vielfach im Erreichen von physikalischen Grenzen. Um wesentliche Verbesserungen durchführen zu können, müssen neue Lösungskonzepte gefunden werden.

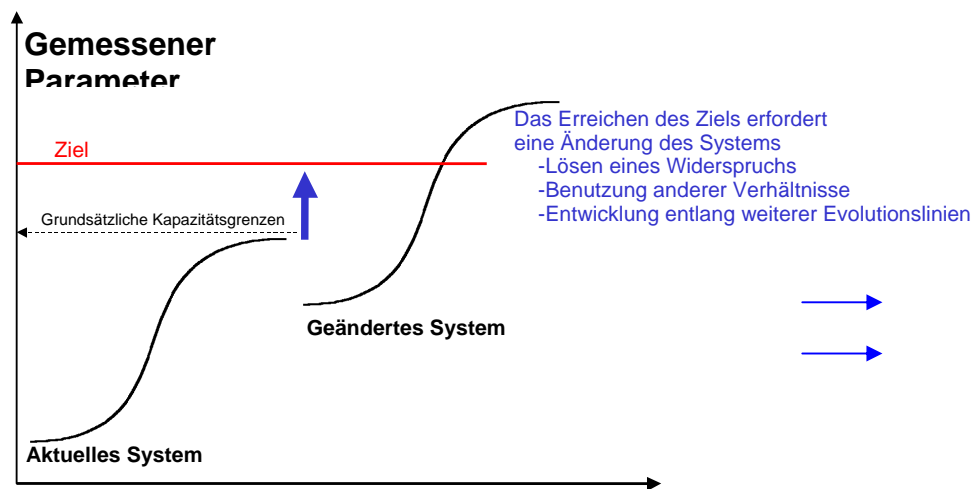


Abbildung 1.3-1: S - Kurven<sup>4</sup>

### 1.4 Anwendungsmöglichkeiten von TRIZ

In allen Fachrichtungen, sei es Technik, Management, Erziehung, Medizin, Politik, Werbung oder Kunst, müssen Probleme gelöst, Widersprüche und Denkblockaden überwunden werden. TRIZ wurde zwar ursprünglich zur Lösung technischer Fragestellungen entwickelt, durch die Weiterentwicklung der TRIZ-Methodik kann und ist sie für jeden relevant, der Probleme untersuchen will und innovative Lösungen für eben diese Probleme erhalten möchte. TRIZ ist interessant für nahezu alle Berufsgruppen. TRIZ ist ein Hilfsmittel, ersetzt jedoch die natürliche Kreativität jedes Einzelnen nicht.

**Folgende Problemtypen wurden in der Vergangenheit immer wieder erfolgreich mit TRIZ gelöst:**

- ◆ Entwicklung neuer Produkte
- ◆ Verbesserung der Produkt- und Prozessqualität
- ◆ Lösung von bestehenden Konflikten
- ◆ Umgehung bestehender Patente
- ◆ Verkürzung der Produkt- und Technologiezyklen
- ◆ Entwicklung von Patentschirmen
- ◆ Kostenreduktion durch Realisierung optimaler Lösungskonzepte
- ◆ Die Suche nach Fehlerursachen
- ◆ Lösung von Messproblemen

<sup>4</sup> Quelle: Lehrgangsunterlagen, Leonardo da Vinci Projekt Support

Die Anwendung von TRIZ ist unabhängig von der jeweiligen Branche und Unternehmensgröße. TRIZ kann am effizientesten eingesetzt werden, wenn man nach originellen Lösungen sucht. Im Wesentlichen, wenn nach einer Lösung gesucht wird, welche sich deutlich vom bisherig gegangenen Lösungsweg unterscheidet.

### 1.5 Auswahl der TRIZ - Werkzeuge

Nachfolgend soll ein Überblick über die Einsatzmöglichkeiten der TRIZ – Werkzeuge in verschiedenen Situationen gegeben werden:

- ♦ **Reduktion von Widersprüchen:** Physische Widersprüche, Technische Widerspruch, Evolutionslinien
- ♦ **Mangelhafte Abläufe bzw. überschüssige Abläufe:** Evolutionslinien, S-Kurven
- ♦ **Fehlende Abläufe:** Stoff – Feld – Analyse, Ressourcen, Ideales Endresultat
- ♦ **Kreieren eines neuen Systems:** Ideales Endresultat, Stoff – Feld – Analyse
- ♦ **Optimieren eines neuen Systems:** Ideales Endresultat, Trimming, Widerspruchsmatrix
- ♦ **Messtechnisches Problem:** Stoff – Feld – Analyse, Ideales Endresultat
- ♦ **Reduktion von Kosten:** Trimming, Ideales Endresultat, Widerspruchsmatrix
- ♦ **Patententwicklung:** Stoff – Feld – Analyse, Timming, Widerspruchsmatrix
- ♦ **Verbesserung von Patenten:** Evolutionslinien, Stoff – Feld - Analyse

### 1.6 Wie funktioniert TRIZ

Einige traditionelle Vorgangsweisen, wie zum Beispiel Brainstorming, lösen ein Problem auf direktem Weg, ohne die technische Ebene zu verlassen. Dieser Lösungsweg hat sich in vielen Fällen als Einbahnstraße erwiesen, und jeder Versuch, ihr zu folgen, kann zu einem unendlichen "Trial and Error" Prozess führen, welcher sehr zeit- und kostenintensiv ist und möglicherweise niemals zu einer Lösung führt. Durch die Anwendung von TRIZ wird ein spezifisches Problem in ein Standardproblem transformiert. Im Laufe der Zeit wurden für diese Standardprobleme entsprechende Standardlösungen entwickelt, die mit den Problemen verknüpft sind. Wie in einer Checkliste können diese Standardlösungen nun bei jeder Problemlösung durchgearbeitet werden. So wird sichergestellt, dass möglichst keine Lösungskonzepte übersehen werden.

Durch den Umweg über die „Informationsebene“ wurde es möglich, innovative Kenntnisse und Erfahrungen systematisch aufzuarbeiten und zu sammeln. TRIZ verwendet dieses Wissen, um effektive Lösungsansätze zu generieren.

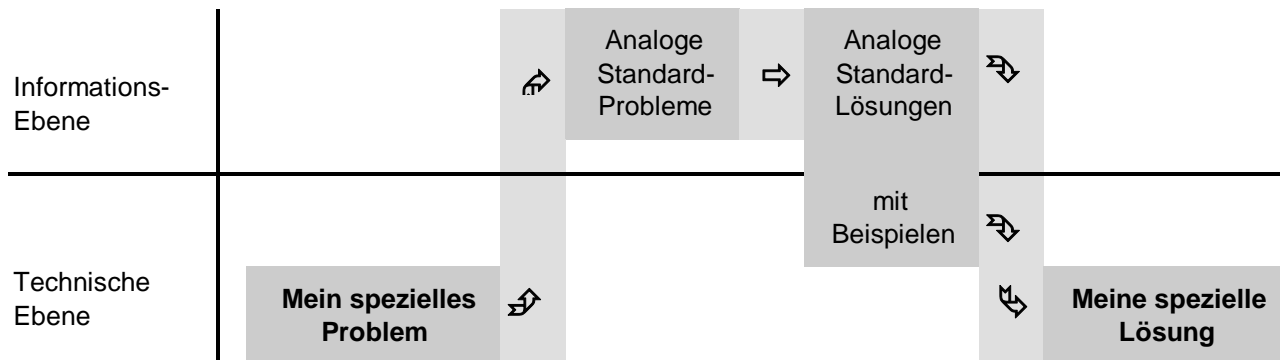


Abbildung 1.6-1: TRIZ – Problemlösungsweg<sup>5</sup>

## 2 TRIZ – Werkzeuge

### 2.1 Systematik

#### 2.1.1 Funktionsanalyse

Mit der Funktionsanalyse wird zunächst die prinzipielle Wirkstruktur eines Systems und dessen Interaktion mit dem Umfeld graphisch dargestellt, um einen detaillierten Überblick zu erhalten. Oft führt schon diese Analysephase zu Lösungs- bzw. Optimierungsideen. Die einzelnen Objekte werden bestimmt und durch Funktionen verbunden, um die Funktionsstruktur aufzustellen. Dabei wird schon zu Beginn zwischen nützlichen und schädlichen Funktionen unterschieden.

Nachfolgend werden Fragen aufgelistet, welche dazu dienen sollen, die Kreativität anzuregen und in einem stark analytisch geprägten Vorgehen die Brücke zur nachfolgend behandelten Methode des Trimmings zu sehen.

- ◆ Was sind die schädlichen und unerwünschten Funktionen?
- ◆ Welche Komponenten und Produkte tragen nur wenig zur nützlichen Funktion des Gesamtsystems bei?
- ◆ Welche Funktionen, Komponenten und Produkte stehen in negativer Interaktion mit Objekten des Systems?
- ◆ Welche Funktionen, Komponenten und Produkte schaden der Umwelt?

#### 2.1.2 Trimming

Mit Trimming wird ein bestehendes System optimiert. Es baut unmittelbar auf die Funktionsanalyse auf und wird angewendet, um vorher identifizierte teure Komponenten, schädliche Funktionen und unerwünschte Produkte zu eliminieren.

<sup>5</sup> Quelle: Handbuch für TRIZ – Anwender, Wifi Österreich

Die grundlegenden Fragen auf denen Trimming aufbaut haben die Entfernung von unerwünschten Systemkomponenten zum Ziel.

- ◆ Kann die Funktion wegfallen?
- ◆ Kann die Komponente wegfallen?
- ◆ Kann das Produkt wegfallen?
- ◆ Kann die Komponente, auf die die Funktion einwirkt, die Funktion selbst ausführen?
- ◆ Kann eine andere (existente oder neue) Komponente die Funktion übernehmen?

Werden die Fragen zunächst mit „nein“ beantwortet, ist die Frage „Was wäre wenn?“ zu stellen. Die Antwort kann in der Funktionsstruktur anhand von Ursache-Wirkungs-Beziehungen gefunden werden. Auf diese Weise wird nach der grundlegenden Ursache für den Bedarf an Funktionen, Produkten und Komponenten gesucht. Zunächst sollte versucht werden, eben diese Ursache zu beseitigen. Erst dann sollten Hilfsfunktionen eliminiert werden.

### 2.1.3 Ressourcen

Ressourcen sind Substanzen und Energiefelder, deren Eigenschaften in einem System und dessen Umgebung bestehen und zur Verbesserung dieses nutzbar zu machen sind.

**Direkte Ressourcen sind Hilfsmittel, die so genutzt werden können, wie sie vorkommen. Auswahlmöglichkeiten:**

- ◆ Substanz-Ressourcen beinhalten jegliche Art von Material, aus welchem das System sowie die Umgebung zusammengesetzt sind.
- ◆ 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 den Materialfluss eines Systems, zu bestimmen.
- ◆ Funktions-Ressourcen sagen etwas über die Fähigkeit des Systems oder seiner Umgebung aus, zusätzliche Aufgaben auszuführen.

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. Das kann durch Umwandeln verfügbarer Energien, Felder oder Aktionen geschehen.
- ◆ Ist zuwenig 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.

Einen Überblick über in Hinblick auf die Nutzung von Ressourcen stellt die in Abbildung 2.1-1 dargestellte Ressourcencheckliste dar.

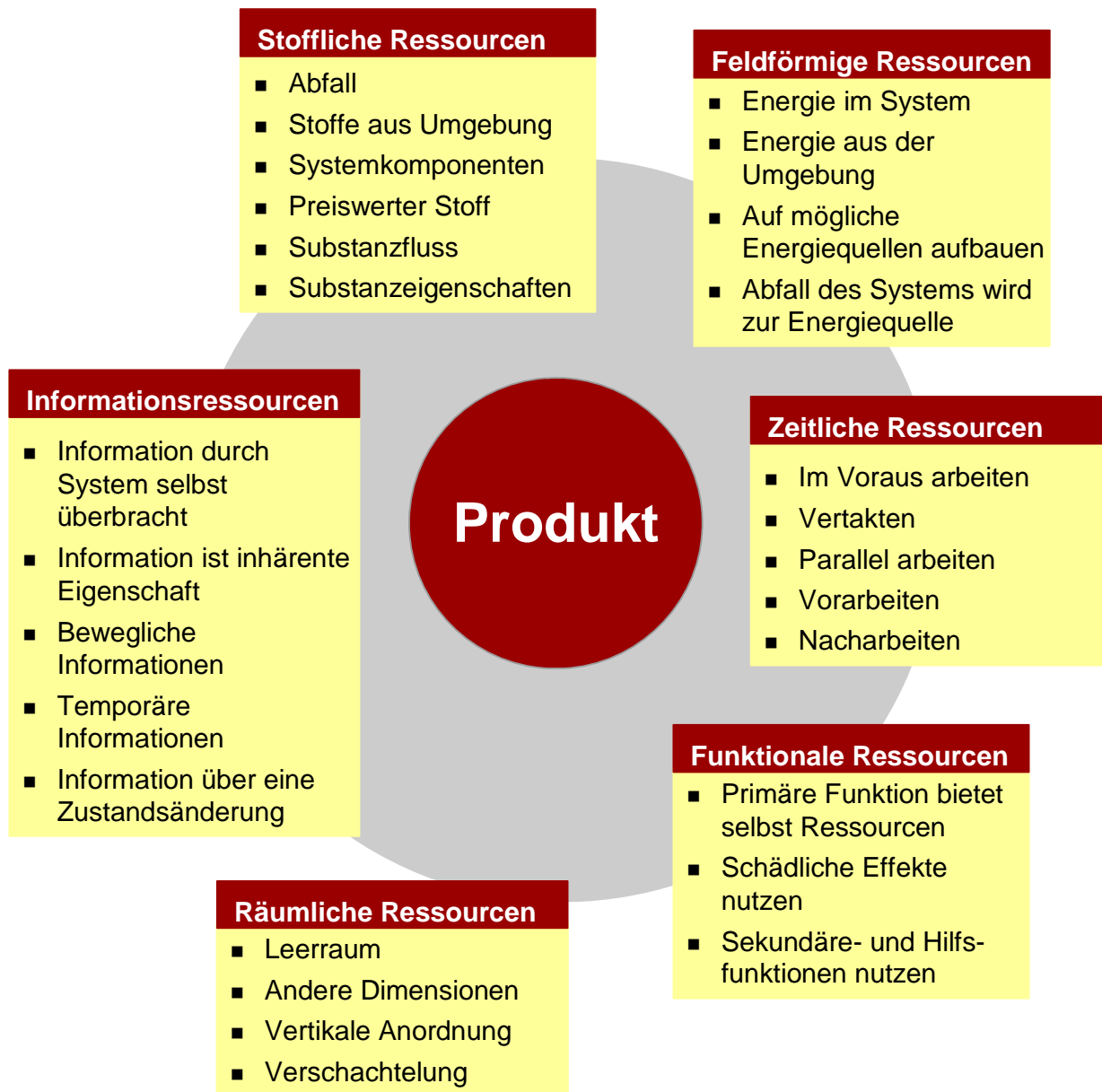


Abbildung 2.1-1: Ressourcen - Checkliste<sup>6</sup>

#### 2.1.4 ARIZ – Algorithmus zur innovativen Problemlösung

Zentrales Anliegen von ARIZ ist es, Probleme zu identifizieren und zu lösen. Bei komplexen Systemen ist das Erkennen der Probleme nicht immer einfach. Für den Problemlösungsprozess ist es aber von größter Bedeutung, die Konflikte und Widersprüche richtig zu erkennen.

Um diese Aufgabe systematisch zu unterstützen, wurde eine Vorgangsweise entwickelt, die den Anwender Schritt für Schritt zu den Konflikten und Widersprüchen führt.

<sup>6</sup> Quelle: Lehrgangsunterlagen, Leonardo da Vinci Projekt Support

Methodik und Vorgehensweise:

◆ **Analytische Phase**

- Problemdefinition
- Beschreibung des idealen Endresultats (IER)
- Definition der Widersprüche, die der Realisierung des IER entgegenstehen
- Analysieren von Herkunft und Ursachen der Widersprüche
- Definition der Bedingungen zur Überwindung der Widersprüche

◆ **Operative Phase**

- Überprüfung aller möglichen Veränderungen der Parameter und technischen Charakteristik
- Aufteilung in unanhängige Teilsysteme :
  - Isolieren von Teilsystemen, je nach Möglichkeit
  - Aufteilung des Objektes in gleichartige und/oder funktionsdifferenzierte Teilsysteme
- Überprüfung von möglichen Veränderungen im jeweiligen Umfeld des Objektes und seiner Parameter
  - Gliederung des Objektumfeld in Teile mit unterschiedlichen Eigenschaften
  - Einbeziehung externer Ressourcen, welche bei der Ausführung der erwünschten Funktionen unterstützend wirken können.
- Überprüfung von möglichen Veränderungen in Hinblick auf die Verfahren im Zusammenspiel mit der gegebenen Technik
  - Untersuchung der Verknüpfung von zuvor unabhängigen technischen Systemen zu einem funktionierendem Gesamtsystem
  - Entfernung von Verfahren und Übertragung dieser Funktionen auf ein anderes System
  - Steigerung der Anzahl der simultan ablaufenden Verfahrensschritte.
- Vergleich von Beispielen aus anderen Zweigen der Wissenschaft, Technik und Wirtschaft, hinsichtlich der Konfliktlösung in anderen Disziplinen
- Rückkehr zur Ausgangsfragestellung und Umformulierung der Bedingungen

◆ **Synthetische Phase**

- Veränderung der Gestalt des betrachteten (technischen) Systems
- Veränderung der Verfahren, welche mit dem betrachteten System zusammenhängen
- Veränderung der Verfahren beim Einsatz der betrachteten Technik
- Überprüfung eines gefundenen Prinzips

### 2.1.5 Vollständigkeit des Systems

Jedes System muss 5 notwendige Komponenten enthalten:

- ◆ Energiequelle
- ◆ Gerät, welches den erwünschten Effekt erzeugt
- ◆ Antriebsquelle für das verwendete Gerät
- ◆ Kontrolleinrichtung
- ◆ Schnittstelle außerhalb des Systems um die im System erzeugte Funktion nutzen zu können

## 2.1.6 Hauptfunktion des Systems

Das System existiert um eine erwünschte Funktion zu erzeugen. Die wichtigste und nützlichste Funktion ist jene Funktion welche das System Wünschenswerterweise erbringen soll and das System existiert um diese Funktion zu erbringen.

## 2.1.7 System Operator/ 9 – Fenster

Das System Operator- oder 9-Fenster-Werkzeug stellt ein Hilfsmittel dar, um Probleme entlang zweier Dimensionen darzustellen. Diese Dimensionen werden als „Zeit“ und „Raum“ bzw. „Hierarchiestufe des Systems“ bezeichnet und führen zu einer Darstellung der Zusammenhänge. Übergeordnetes Ziel bei der Anwendung dieser Methode ist es, die durch die Trägheit des menschlichen Geistes bedingte Fokussierung auf bestimmte, typische gedankliche Bilder und Ansätze bei einer beliebigen Problemlösung zu überwinden.

**Dimension Zeit:** Veranschaulichung der vergangenen, der gegenwärtigen sowie der zukünftigen Zustände der Objekte.

**Dimension Hierarchiestufe des Systems:** Heraus- und Hineinzoomen vom zu betrachtenden System auf die übergeordnete sowie auf eine detailliertere Ebene gemeint.

Mit der übergeordneten Ebene, dem Supersystem, sind dabei relevante Elemente des Systemumfelds gemeint, wohingegen mit der detaillierten Ebene, dem Subsystem, die für den jeweiligen Betrachtungsfall wesentlichen Komponenten des Systems bezeichnet werden. Bei der Betrachtung dieser Ebenen ergibt sich, dass in Abhängigkeit von der Detaillierungsstufe allerdings mehr als die drei bezeichneten Ebenen existieren. So ist bei weiterem Herauszoomen auch ein Super-Super-System oder im gegenteiligen Fall ein Sub-Sub-System existent. Da bei der Vorgehensweise der System Operator-Methode die drei Zeitzustände mit allen (mindestens) drei Raumzuständen kombiniert werden, entsteht so eine 3x3-Matrix, die auch als „9-Fenster“ („9-Windows“) bezeichnet wird.

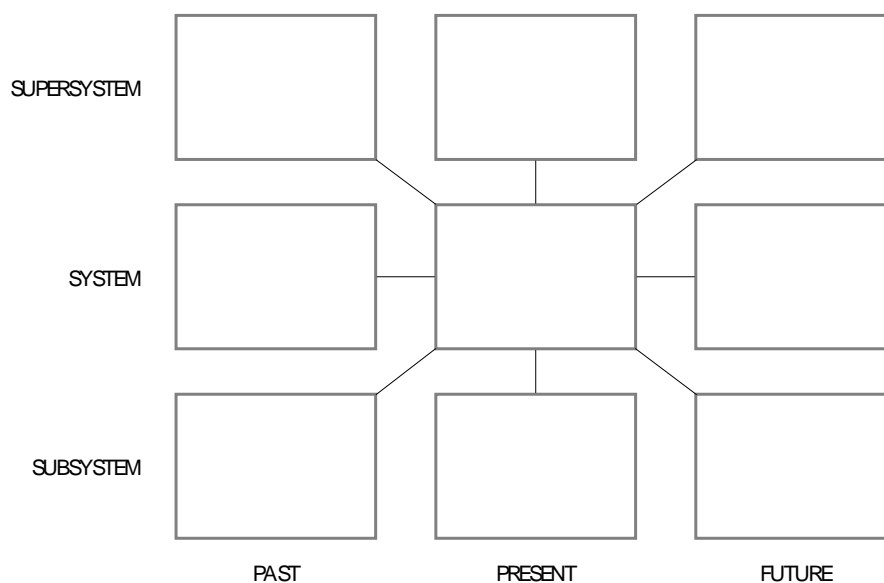


Abbildung 2.1-2: 3x3 Matrix<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Quelle: Lehrgangsunterlagen, Leonardo da Vinci Projekt Support

### 2.1.8 Zwerge - Modell

Die Zwerge - Modellierung wurde 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, nicht 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 konfliktverursachende Bereich des betrachteten Systems wird durch viele kleine Zwerge nachgebildet.
- ◆ Die Zwerge werden in Gruppen eingeteilt, die gemäß den Randbedingungen der Aufgabe handeln.
- ◆ 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.

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 schlaue 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.

### 2.1.9 Why – What´s Stopping? Analysis

Dieses TRIZ – Werkzeug hat den Ursprung in der Arbeit von Min Basadur und soll den Anwender dabei unterstützen bei der Problemdarstellung hierarchisch zu denken. Dabei stellt sich der Anwender, zur Generierung der Hierarchie folgende 2 Fragen:

- ◆ Warum soll dieses Problem gelöst werden?
- ◆ Wodurch wird mein Problemfindungsprozess eingeschränkt?

Mit der Frage nach dem „Warum“ wird das Problem breit gefächerter betrachtet und mit der Frage nach der Einschränkung beim Problemfindungsprozess wird gleichzeitig wieder eine zielgerichtete Betrachtungsweise notwendig.

Am Ende des Prozesses, soll der Anwender eine hierarchische Problemdarstellung erreichen um eine fokussierte Problemdarstellung erreichen zu können.

### 2.1.10 Operator Größe – Zeit – Kosten

Material-, Zeit-, Kostenoperator; um Ideen losgelöst von traditionellen Zwängen entwickeln zu können, ist es hilfreich, zu überlegen, welche Lösungen möglich wären, wenn man unendlich viel oder gar nichts an Material, Zeit und Kosten zur Verfügung hat.

## 2.2 Wissen

Durch Internet – Recherchen können Lösungen für Probleme sehr rasch gefunden werden und sollten einen zentralen Bestandteil eines Problemlösungsprozesses darstellen. Im Internet werden häufig fertige Lösungen präsentiert und die Arbeit von Wochen und Monaten kann in wenigen Stunden erledigt werden.

## 2.3 Analogien

### 2.3.1 Widerspruchsmatrix

Das TRIZ – Lösungswerkzeug für technische Widersprüche sind die 40 Innovativen Grundprinzipien, welche häufig über die Widerspruchsmatrix Anwendung finden. Die Widerspruchsmatrix war eines des ersten Werkzeugs, das diese allgemeinen Innovationsmuster verdeutlichte. Durch die Abstrahierung und Klassifikation von innovativen Lösungen wurden 39 technische Parameter entwickelt, die alle bereits gelöste Widersprüche beschreiben. Diese Parameter werden in einer 39x39-Matrix wiedergegeben, wobei die x - Achse jeweils den Parameter darstellt, der sich im Verlauf des Widerspruchs verschlechtert, während sich der Parameter der y-Achse parallel dazu verbessert (Sollgröße). Die Widerspruchparameter sind in Tabelle 2.3-1 angeführt.

**Tabelle 2.3-1: 39 Systemparameter**

Systemparameter		Bedeutung
Masse des beweglichen Objekts	1	Auswirkung der Masse auf eine Fläche z.B. Gewicht auf
Masse des unbeweglichen Objekts	2	einem Fundament.
Länge des beweglichen Objekts	3	Lineare Angabe der Länge (Breite, Höhe, Tiefe) in Richtung der betrachteten Bewegung.
Länge des unbeweglichen Objekts	4	Lineare Angabe der Länge (Breite, Höhe, Tiefe) in einer Richtung, in der sich keine Bewegung feststellen lässt.
Fläche des beweglichen Objekts	5	Fläche eines Objektes, das seine Position im Raum verändern kann.
Fläche des unbeweglichen Objekts	6	Fläche eines Objektes, das seine Position im Raum nicht verändern kann.
Volumen des beweglichen Objekts	7	Volumen eines Objektes, das seine Position im Raum verändern kann.
Volumen des unbeweglichen Objekts	8	Volumen eines Objektes, das seine Position im Raum nicht verändern kann.
Geschwindigkeit	9	Tempo der Durchführung eines Arbeitsgangs oder Prozesses.
Kraft	10	Einwirkung auf ein Objekt, die zu dauernder, vorübergehender, vollständiger oder teilweiser physikalischer Veränderung führt.
Spannung oder Druck	11	Darstellung der Krafteinwirkung als Spannung oder Druck.

Form	12	Äußere Erscheinung, Gestalt oder Kontur eines Objektes, die sich durch Krafteinwirkung dauernd, vorübergehend, vollständig oder teilweise verändern kann.
Stabilität der Objekt-zusammensetzung	13	Widerstand eines Objektes gegen äußere Einwirkungen.
Festigkeit	14	Fähigkeit eines Objekts innerhalb definierter Grenzen gegen äußere Einwirkungen (Kraft, Geschwindigkeit, Spannung, ...) beständig zu sein, ohne zu zerbrechen.
Systemparameter		Bedeutung
Dauer des Wirkens des beweglichen Objekts	15	Zeitspanne, während der ein Objekt in der Lage ist, seine
Dauer des Wirkens des unbeweglichen Objekts	16	Funktion auszuführen (Haltbarkeit).
Temperatur	17	Wärmezunahme oder -abgabe als Auswirkungen auf das Objekt während des erforderlichen Funktionsablaufs.
Sichtverhältnisse	18	Beleuchtungsverhältnisse im, um oder durch das Objekt, Ausleuchtungsgrad, Lichtqualität und -charakteristik, auch im Infrarot- / Ultraviolettbereich.
Energieverbrauch des beweglichen Objekts	19	Erforderlicher
Energieverbrauch des unbeweglichen Objekts	20	Energiebedarf
Leistung, Kapazität	21	Leistung (Arbeit/Zeit), Leistungsaufnahme, Charakterisierung erforderlicher, aber unerwünschter Leistungsänderung der vorgesehenen Funktion.
Energieverluste	22	Erhöhtes Unvermögen Kräfte auszuüben - vorwiegend, wenn weder Arbeit geleistet, noch Produkte erzeugt werden (Energieverschwendung).
Materialverluste	23	Reduktion oder Verlust von Material - vorwiegend, wenn weder Arbeit geleistet, noch Produkte erzeugt werden (Materialverschwendung).
Informationsverluste	24	Verlust und Schwund von Daten und Informationen .
Zeitverluste	25	Erhöhter Zeitbedarf, um eine vorgesehene Funktion zu erfüllen (Zeitverschwendung).
Materialmenge	26	Verwendete Teileanzahl oder erforderliche Anzahl eines Teils, um ein Objekt zu erzeugen.
Zuverlässigkeit	27	Fähigkeit, die vorgesehene Funktion über eine bestimmte Zeit oder Zyklenanzahl angemessen zu erfüllen.
Messgenauigkeit	28	Übereinstimmung von gemessenem und tatsächlichem Wert.
Fertigungsgenauigkeit	29	Übereinstimmung des gefertigten Objekts mit den Konstruktionspezifikationen.
Von außen auf das Objekt wirkende schädliche Faktoren	30	Externe Einflussfaktoren, welche die Effizienz oder Qualität mindern (negative oder schädliche Einflüsse).
Vom Objekt selbst erzeugte schädliche Faktoren	31	Intern erzeugte Einflüsse, die die Effizienz oder Qualität mindern (schädliche Nebenwirkungen).
Fertigungsfreundlichkeit	32	Komfort und Einfachheit, mit der ein Produkt erzeugt werden kann.

Bedienkomfort	33	Komfort und Einfachheit, mit der ein Produkt bedient und benutzt werden kann (Benutzungsfreundlichkeit).
Instandsetzungs-freundlichkeit	34	Komfort und Einfachheit, mit der ein Produkt nach Beschädigung oder Abnutzung repariert werden kann (Reparaturfreundlichkeit).
Adaptionsfähigkeit (Universalität)	35	Fähigkeit, sich an veränderte externe Bedingungen anzupassen z.B. an Umwelt, Funktion, ... (Anpassungsfähigkeit).
Komplexität der Struktur	36	Teilanzahl, Teilevielfalt und deren Verknüpfungen untereinander; Schwierigkeit ein Produkt zu beherrschen.
Komplexität in der Kontrolle oder Steuerung	37	Teilanzahl und Teilevielfalt zur Messung und Überwachung eines Produkts; Kosten für eine akzeptable Messgenauigkeit.
Automatisierungsgrad	38	Fähigkeit, ohne menschliche Interaktion zu funktionieren.
Produktivität	39	Verhältnis der erforderlichen Betriebszeit zur aufgewendeten Gesamtzeit.

### 2.3.2 Die 40 Innovativen Prinzipien

Die 40 Innovativen Prinzipien (40 Lösungsprinzipien) sind das Ergebnis einer umfangreichen Patentanalyse. Mit Hilfe der Prinzipien kann das Wissen von 1000den Erfindern für die eigene Problemlösung genutzt werden.

Tabelle 2.3-2: Die 40 Innovativen Prinzipien

Lösungsprinzip		Anwendung	Beispiele
1	Zerlegung (Segmentierung)	Zerlege ein Objekt in unabhängige (gleichartige) Teile. Führe das Objekt zerlegbar aus. Erhöhe den Grad der Unterteilung.	PC-Komponenten • Großprojekt in Teilprojekte • Baukastenmöbel • Anzahl der Waggons eines Zuges • Jalousie
2	Abtrennung	Trenne den störenden Teil (Eigenschaft) vom Objekt. Nutze nur den erforderlichen Teil (Eigenschaft, Funktion).	Lärmende Teile (Kompressor • Motor • Klimaanlage) in den Außenbereich verlagern • Hundegebell als Alarmanlage • Ferngesteuertes Flugzeug mit Turbinen • die von der Erde aus über Mikrowellen gespeist werden • als Ersatz für Satellit
3	Örtliche Qualität	Schaffe einen Übergang von einer homogenen Struktur des Objekts (umgebenden Mediums, äußeren Einflusses) zu einer inhomogenen (heterogenen) Struktur. Laß verschiedene Teile eines Objekts unterschiedliche Funktionen ausführen. Schaffe optimale Betriebsbedingungen für jedes Einzelteil.	Vorhang aus großen Wassertropfen um einen Kegel aus Sprühnebel schützt vor Staub und verhindert gleichzeitig Nebelbildung in Bergwerken • Einheit von Bleistift und Radierer • mehrschichtiges Solarpanel für unterschiedliche Lichtspektrern • Schweizer Taschenmesser • Sägeblatt mit verschieden hohen Zähnen erhöht die Schneidgeschwindigkeit

<b>Lösungsprinzip</b>	<b>Anwendung</b>	<b>Beispiele</b>
4 Asymmetrie	Ersetze symmetrische Formen durch asymmetrische. Erhöhe den Grad bereits bestehender Asymmetrie.	<i>Schraubstock mit versetzten Backen für Vertikaleinspannung • Verstärkte Außenseite des Reifens übersteht Kontakt mit dem Bordstein • Asymmetrischer Trichter verbessert den Durchfluss • Exzentrischer Drahtbürsteneinsatz entfernt Partikel und reinigt gleichzeitig • Asymmetrische Motorhalterung bei einer Drehrichtung • Asymmetrische Schaufeln in der Betonmischmaschine verbessern die Mischung</i>
5 Kopplung (Zusammenführung)	Führe gleichartige oder kooperierende Objekte räumlich zusammen. Kopple gleichartige oder zur Zusammenarbeit bestimmte Objekte zeitlich (Vertaktung).	<i>Radiorecorder • Zweifarbenstift • Kühlflüssigkeit auf Werkzeug beim Metallschneiden • Diagnosegerät erfasst mehrere Parameter des Blutes gleichzeitig • PC im Netzwerkbetrieb • Doppelmikroskop für gleichzeitige Beobachtung und Aufzeichnung durch eine zweite Person</i>
6 Universalität (Multi-funktionalität)	Gestalte die Objekte multifunktional und verzichte auf Zusatzobjekte.	<i>Sofa mit ausklappbarem Bett • Kinderwagen ergibt zusammen geklappt einen Autokindersitz • Wärmeableitung in Halbleitern durch dickere Drähte • Messer oder Schere schärfen sich selbst beim Einschieben in eine Halterung</i>
7 Verschachtelung	Ein Objekt befindet sich im Inneren eines anderen, das wiederum im Inneren eines dritten untergebracht ist. Ein Objekt verläuft durch den Hohlraum eines anderen.	<i>Matrjoschka (russische Steckpuppe) • Teleskopantenne • Stapelbare Stühle • Druckminenbleistift mit integriertem Minenvorrat • Kegelhütchen für Straßenmarkierung • Lüfte im Hubschrauber pumpt Luft in den Auslass am Heck und erspart dadurch den Heckrotor • Kameraobjektiv mit Zoomfunktion • Ausfahrbares Fahrgestell beim Flugzeug • Aufrollmechanismus beim Sicherheitsgurt • Ausfahrbare Leiter • Autofenster in der Türausnehmung</i>
8 Gegenmasse, Kompensationsmasse, Gegengewicht, Ausgleichskraft	Kompensiere die Masse eines Objekts durch Kopplung an ein anderes Objekt, das z.B. Auftriebskräfte erzeugt. Kompensiere die Masse eines Objekts durch aerodynamische oder hydraulische Kräfte.	<i>Tragflügelboot • Heckspoiler des Rennwagens verbessert die Bodenhaftung • Lufttanks am Unterseeboot • Luftschiff • Heliumballon • Flugzeugflügel erzeugt Auftrieb • Heben versunkener Schiffe durch Einpumpen von Kunststoffschaum in die Laderräume • Flügel mit negativem Anstellwinkel dienen als Fliehkraftdrehzahlregler für Windmotoren • Kran mit Ausleger</i>

Lösungsprinzip	Anwendung	Beispiele
9 Vorausgehende (vorbereitende, vorgezogene) Gegenwirkung, Gegenmaßnahme	Führe Maßnahmen gegen schädliche Funktionen im Vorhinein aus. Erzeuge Vorspannungen, die unerwünschten Belastungen widerstehen.	<i>Dämpfung voraussehbarer Vibrationen • Speichen eines Rades vorspannen • Schraubverbindung mit Vorspannkraft • Vorgespannte Betonstützen bei Brücken • Substanz in Schlaftabletten erzeugt bei hoher Dosierung Brechreiz • Metallscheiben in Zentrifugen bereits im geschmolzenen Zustand durch Rotation in Vorspannung versetzen • Eine Vorspannung entlang der Achse ermöglicht ein rissfreies Biegen von Eisengussteilen</i>
10 Präventivmaßnahme	Führe die erforderlichen Maßnahmen im Vorhinein aus (vollständig oder teilweise) Ordne die einzelnen Teile im Vorhinein in der zweckmäßigsten Position für ein rasches Wirken (Bearbeiten) an.	<i>Abbrechbare Klingensegmente eines Bastelmessers • Werkzeugwechsler • Kanban-System (just in time) • Gipsverband mit innenliegender Säge • Monokristalline Siliziumzonen auf einem amorphen Substrat sind Kristallisationszonen • Farbe an der Gussform macht ein anschließendes Bemalen unnötig • Schnellimbiss • Baum während der Wachstumsphase mit Farbwasser getränkt erspart das Bemalen des Holzes</i>
11 Vorbeugemaßnahme (unterlegtes Kissen)	Kompensiere die Unzuverlässigkeit eines Teils durch Vorbeugemaßnahmen.	<i>Magnetische Etiketten vermindern Ladendiebstähle • Notfallschirm • Überrollbügel • Sicherheitsgurt • Schleudersitz • Airbag</i>
12 Äquipotential	Ändere die Bedingungen so, dass ein Teil weder angehoben noch abgesenkt werden muss.	<i>Grube statt Hebebühne für Motorölwechsel • Kanalschleusen zur Niveauregulierung</i>
13 Umkehrung	Invertiere die zur Problemlösung erforderliche Aktion z.B. Heizen statt Kühlen. Fixiere bewegliche Teile (oder das umgebende Medium), mache unbewegliche Teile beweglich. Kehre ein System oder einen Prozess um (auf den Kopf stellen).	<i>Drehendes Werkstück bei feststehen dem Werkzeug • Laufband • Entleeren drehbarer Bahncontainer • Rolltreppe • Magnetisches Aufheizen statt Kühlen einer ausfließenden Schmelze vermindert Unreinheiten</i>
14 Krümmung	Ersetze gerade Linien oder ebene Flächen durch gekrümmte, kubische Strukturen durch sphärische. Verwende Rollen, Kugeln, Spiralen, Kuppeln, Gewölbe. Ersetze lineare Bewegungen durch rotierende, nutze die Zentrifugalkraft.	<i>Kugel der PC-Maus • Trackball • Parabolspiegel • optische Elemente • Kugelschreiber • Wäschetrockner • Schleuderguss • Kugelfüße • Kugelrad</i>

Lösungsprinzip		Anwendung	Beispiele
15	Dynamisierung	<p>Gestalte ein System, das umgebende Medium oder einen Prozess so, dass in jeder Arbeitsetappe der optimale Zustand erreicht wird.</p> <p>Zerteile das System in Elemente, die sich zueinander verstellen und verschieben lassen.</p> <p>Mache ein unbewegliches Objekt beweglich, verstellbar oder austauschbar.</p>	<p><i>Bewegliche Verbindung zwischen Blitzlampe und Blitzgerät • Verstellbarer Autositz (Außenspiegel • Lenkrad) • Lampe mit flexiblem Schwanenhals • Gelenkbus • Ausziehleiter • Schraubenschlüssel oder Schraubenzieher mit austauschbaren Bits • Festigkeit der Schwimmlössen lassen sich an die Strömung und Tauchtiefe anpassen</i></p>
16	Partielle oder überschüssige Wirkung	<p>Ist es schwierig, genau 100% einer erforderlichen Lösungsmethode zu erreichen, kann das Problem deutlich vereinfacht werden, wenn etwas weniger oder etwas mehr genügt.</p>	<p><i>Zum Lackieren Zylinder in Farbe eintauchen - durch Rotation überschüssige Farbe entfernen • Bildkompression • Maskierung bei Sprayzeichnungen • Dauerndes Überfüllen eines Trichters ermöglicht gleichmäßigen Durchsatz • Fuzzy-Logik</i></p>
17	Dimensions-erweiterung	<p>Geh von einer Linearbewegung in den zwei- oder dreidimensionalen Raum über.</p> <p>Ordne Teile in mehreren Ebenen an. Platziere Teile geneigt, kippe sie oder drehe sie auf die Seite.</p> <p>Nutze die Beleuchtung der Umgebung oder auf der Rückseite des Teils</p>	<p><i>Konkaver Reflektor an der Nordseite des Gewächshauses verbessert die Ausleuchtung • 3D-Spiele • CD-Wechsler • Müllwagen • Vertikale Lagerung von zusammengebundenen Baumstämmen im Wasser • Festplatte des Computers • Weinregal</i></p>
18	Mechanische Schwingung	<p>Versetze ein Objekt in Schwingung. Erhöhe die Frequenz.</p> <p>Nutze die Resonanzfrequenz.</p> <p>Ersetze mechanische Schwingung durch Piezovibration.</p> <p>Kombiniere Ultraschall mit elektromagnetischen Feldern.</p>	<p><i>Entfernen des Gipsverbandes mit oszillierendem Messer • Vibration fördert die Verteilung • Homogenität und Kompaktheit von pulverförmigen Materialien • Holzspalten mit der Resonanzfrequenz des Holzes • Schwingförderer • Stichsäge • Heckschere • Entfernung von Gallen- und Nierensteinen • Piezoquarz • Drucklufthammer • Plattenspiellernadel • Zerstäuber im Luftbefeuchter • Entfernung einer Eisschicht durch Vibration anstatt Heizung vermindert den Energieverbrauch</i></p>
19	Periodische Wirkung	<p>Geh von kontinuierlicher zu periodischer oder pulsierender Wirkung über.</p> <p>Ändere die Amplitude, Frequenz oder Pausenzeit einer periodischen oder pulsierenden Wirkung.</p> <p>Nutze Pausen zwischen den Impulsen für andere Wirkungen.</p>	<p><i>Lösen angerosteter Schrauben • Pulsierende Warnleuchten erhöhen die Aufmerksamkeit • Periodischer Sirenenton • Pulsierende Absaugung des Staubsaugers • Messung zwischen den Impulsen • Frequenzmodulation (FM) • Morsecode • Werbung oder Musik beim Weiterleiten von Telefongesprächen • Exzentrische Scheiben schneiden spröde Materialien</i></p>

Lösungsprinzip		Anwendung	Beispiele
20	Kontinuität	Führe eine Aktion ohne Unterbrechung aus, lass alle Teile mit dauernd mit voller Last arbeiten. Vermeide Leerläufe und Unterbrechungen.	<i>Bohrer mit Schneiden für beide Drehrichtungen • Schwungradantrieb • Motorabschaltung bei roten Ampeln • Bidirektionaler Tintenstrahldrucker • Pumpe füllt dauernd den Tank eines Wasserturms • Viertaktmotor • Doppelseitige Schneidkanten für beide Richtungen • Transportlogistik vermeidet Leerfahrten</i>
21	Durcheilung, (Überspringen)	Führe schädliche und gefährliche Schritte rasch durch.	<i>Rasches Schneiden von Teilen • die zu Deformierung neigen • Holz furnieren • Zahnarztbohrer • Oberfläche für kurze Zeit einer hohen Temperatur ausgesetzt wirkt desinfizierend • Ultrahocherhitzte Milch • Härten von Stählen durch Abschreckung • Beim schnellen Abkühlen von Metallen bleibt die amorphe Struktur erhalten</i>
22	Schädliches in Nützlichem verwandeln	Nutze schädliche Faktoren oder Effekte (z.B. Umwelteinwirkungen) positiv aus. Kompensiere einen schädlichen Faktor mit einem anderen schädlichen Faktor. Verstärke einen schädlichen Einfluss soweit, bis er aufhört schädlich zu sein.	<i>Schockgefrieren von Sand und Schotter verhindert ein Zusammenkleben • Thermische Behandlung von Metalloberflächen durch Skin-Effekt der Hochfrequenzströme • Recycling • Waldbrand mit Gegenfeuer bekämpfen • Halogenfeuerlöscher • Sauerstoffanteil über die Explosionsgrenze erhöhen • Kleine Wirbel vermindern den Luftwiderstand eines Flugzeugs • Energieerzeugung aus Güllegasen</i>
23	Rückkopplung	Führe eine Rückkopplung ein. Ändere die Amplitude und den Einfluss der Rückkopplung, kehre sie um oder verbessere den Regelkreis.	<i>Gegenphasige Schallabstrahlung führt zur Auslöschung • Lambda-Sonde zur Regelung des Katalysators • Statistische Prozessregelung • Thermostat • Sicherungen • FI-Schutzschalter</i>
24	Mediator, Vermittler	Nutze ein Zwischenobjekt oder einen Zwischenprozess, um die Wirkung zu übertragen oder auszuführen. Verbinde das System zeitweise mit einem anderen, leicht zu entfernenden Objekt.	<i>Bei Magnetpulver in Polymeren kann die Härte durch Messung der Permeabilität bestimmt werden • Datenfilter • Gummihammer • Spielzeug (Teddybär) für Neugeborene mit Herzschlag und konstanten Atemgeräuschen • Messung elektrischer Größen über Hilfsleitungen</i>
25	Selbstbedienung, Selbstversorgung	Das System funktioniert und repariert sich selbständig und führt Hilfsfunktionen selbst aus. Nutze Abfall und Verlustenergie.	<i>Magnetspule im Schweißapparat ermöglicht Drahtvorschub • Selbst lernende Systeme • Halogenlampe regeneriert sich selbst • Selbstreinigen der Backofen • Abwärme der Fernheizung • Regenwasser für WC-Spülung • Neurale Netzwerke • Wärmepumpe • Heizung im Auto • Automatischer Wasserhahn</i>

Lösungsprinzip	Anwendung	Beispiele
26 Kopieren	Verwende eine einfache, billige Kopie statt eines unzugänglichen, komplexen, teuren, zerbrechlichen oder schlecht handhabbaren Objekts. Ersetze ein System oder einen Prozess durch eine optische Kopie oder Abbildung im erforderlichen Maßstab. Gehe zu infraroten oder ultravioletten Kopien über.	<i>Messung der Objekthöhe anhand des Schattenwurfs • Filmkulisse • Windkanal • Satellitenaufnahmen in Atlanten • Ultraschalluntersuchung von Schwangeren • Infrarotkameras zeigen Isolierung des Hauses an • Sicherheitssysteme • Künstlicher Horizont für Piloten • Bremskraftmessung bei Kraftfahrzeugen • Stethoskop</i>
27 Billige Kurzlebigkeit	Ersetze ein teures, haltbares System durch ein Sortiment billiger Teile (mit kurzer Lebensdauer).	<i>Wegwerfwindel • Einwegflasche • Einwegkamera (FUJI) • Arzthandschuhe • Papiertaschentuch • Wischtuch • Plastikteller und Besteck • Eis als Schutzschicht gegen Abschleiß und Verschleiß</i>
28 Ersatz der Mechanik	Ersetze ein mechanisches durch ein sensorisches System (optisch, akustisch, Geruch, Geschmack). Nutze elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder für Interaktionen. Ersetze stationäre durch mobile Felder, statische durch variable konstante durch periodische, strukturlose durch strukturierte. Kombiniere Felder und ferromagnetische Teile.	<i>Ultraschallreinigung • Drogenhund • Lawinenhund • Warnanlagen • Farbanzeige eines abgefahrenen Reifens • Geruchspartikel zeigen erforderlichen Austausch an • Diskoeffekte • Elektrischer Fensterheber • Magnet hebt nichtmagnetisch Metalle bei Stromdurchfluss • Magnetischer Schlüssel • Bankomatkarte • Modulation • Verbesserung der Metallbeschichtung eines Thermoplasts durch ein elektrisches Feld • Magnetische Partikel ändern die Dichte einer Flüssigkeit • Magnetschwebbahn • Induktionsofen</i>
29 Pneumatik und Hydraulik	Ersetze feste, schwere Teile eines Systems durch gasförmige und flüssige: - aufblasbar - mit Flüssigkeit gefüllt - Luftkissen - hydrostatische Elemente - hydroreaktive Elemente.	<i>Luftblasenfolie oder geschäumtes Verpackungsmaterial • Transportcontainer mit aufblasbaren Kissen zur Lagefixierung zerbrechlicher Güter • Airbag • Stoßdämpfer • Feuerwehr ersetzt Sprungtücher durch Luftkissen • Kaminverkürzung durch Spiralrohr mit ausströmender Luft • Luftschicht an einer Wand verringert den Verschleiß • Parabolformen durch gefüllte Kunststoffkissen • Luftkissen ersetzt Anpressrolle</i>
30 Flexible Hüllen und dünne Schichten	Ersetze starre Konstruktionen durch flexible Hüllen oder dünne Filme. Isoliere ein Objekt durch eine dünne Folie oder Membran vor Umwelteinflüssen.	<i>Wasserbett • Aufblasbarer Winterschutz für Schwimmbad • Polyethylen film auf Pflanzenblättern verhindert Verdunstung und fördert Wachstum • Schutzschicht • Heckscheibenheizung</i>

Lösungsprinzip		Anwendung	Beispiele
31	Poröses Material	Gestalte ein Objekt porös oder füge poröse Materialien zu (Einlage, Beschichtung). Fülle die Poren im vorhinein mit einem zweckmäßigen Stoff.	<i>Gewichtersparnis • Styropor • Schaumaluminium • Schwamm • Kühlmittelgetränktes poröses Material kühlt bei Verdunstung • Poröser Wärmetauscher • Filzstift • Rascher Transport von zähflüssigem Material durch Speicherung in porösem Gewebe</i>
32	Farbveränderung- Änderung der optischen Eigenschaften	Verändere die Farbe eines Objekts oder die der Umgebung. Verändere die Durchsichtigkeit eines Objekts oder die der Umgebung. Nutze geeignete Farbzusätze zur Beobachtung schlecht sichtbarer Objekte oder Prozesse. Setze Leuchtstoffe, lumineszente oder andere markierende Substanzen ein.	<i>Rotes Licht in der Dunkelkammer • Blue Box bei der Videoproduktion • Transparentes Pflaster • Transparente Verpackung • Rauch zeigt Strömung im Windkanal auf • gefärbter Wasservorhang schützt vor Hitze und Helligkeit in Stahlwerken • phototropes (selbstabdunkelndes) Brillenglas • Prüfung der Eindringtiefe durch Leuchtstoffbeschichtung • Schilddrüsenfunktion mit radioaktivem Jod überprüfen</i>
33	Homogenität, Gleichartigkeit	Fertige interagierende Objekte aus dem selben oder ähnlichem Material.	<i>Bearbeitung von Diamanten mit Diamantschleifmittel</i>
34	Ausrangieren und Regenerieren	Beseitige oder verwerte diejenigen Teile des Systems, die ihren Zweck erfüllt haben oder unbrauchbar geworden sind (abstoßen, auflösen, verflüchtigen). Setze verbrauchte Teile während des Betriebs wieder instand.	<i>Abtrennung der einzelnen Raketenstufen • Medikamentkapseln lösen sich im Magen auf • Auswurf der Patronenhülse nach dem Abschuss • Wasserlösliches Verpackungsmaterial • Nachladung der Autobatterie • Dauernde Schärfung der Klingen des Elektrorasierers • Halogenlampe • Space Shuttle</i>
35	Veränderung des Aggregatzustandes	Ändere den Aggregatzustand eines Objekts einfacher Übergang (fest, flüssig, gasförmig) Pseudo- oder Quasizustand ( quasiflüssig) Zwischenzustand (elastisch-fester Körper, Konsistenz, Dichte, Elastizität, Temperatur, Flexibilität, ...)	<i>Geschmolzene Schokolade und gefrorene Füllung ergeben gefüllte Schokolade • Flüssiggas durch kleines Volumen besser transportierbar • Mit flüssigem Stickstoff besprühte Beeren gefrieren und lassen sich leicht ernten • Gefrierschrank • Eiswürfel reinigen Absaugleitung und werden zu Wasser • Bremsstrecke einer Landebahn ist mit zähfließen dem Material gefüllt • Flüssigseife • Palladiumschwamm als Wasserstoffspeicher • Vulkanisieren von Gummi • Curie-Punkt • Zahnbehandlung mit Säure statt Bohrer • Härten eines Klebstoffes</i>
36	Phasenübergang	Nutze die Effekte eines Phasenübergangs Volumenänderung Wärmeentwicklung Wärmeaufnahme	<i>Gleichmäßige Dehnung von wassergefüllten Rohren durch Abkühlung unter den Gefrierpunkt • Lagerung von Säure in gefrorenem Zustand • Rohrverschluss durch Ausdehnung eines erstarrenden Metalls • Verdunstungskühlung • Metall mit Formgedächtnis (shape memory)</i>

Lösungsprinzip		Anwendung	Beispiele
37	Wärmeausdehnung	Nutze die thermische Expansion oder Kontraktion von Materialien. Verwende Materialien mit unterschiedlichem Wärmeausdehnungskoeffizient.	<i>Automatische Öffnen und Schließen der Fenster eines Gewächshauses durch Bimetallstreben oder durch den Schwerpunkt flüssigkeitsgefüllter Rohre • Schrumpfschlauch • Einbau von Lagern im heißen Zustand</i>
38	Oxydationsmittel	Ersetze normale Luft durch sauerstoffreiche Luft. Ersetze angereicherte Luft durch reinen Sauerstoff. Setze Luft und Sauerstoff ionisierender Strahlung aus. Verwende Ozon.	<i>Knallgas • Explosionsverhinderung durch starken Sauerstoffanteil • Schweißen mit Sauerstoff und Azetylen • Fackel in Sauerstoffumfeld • Ionisierte Luft bindet Schadstoffe • Ozonisierte Wachsschutzschicht auf Eiern • Bessere Heilung von Wunden durch Anwendung von Ozon</i>
39	Träges Medium, Inerte Atmosphäre	Ersetze die übliche Umgebung durch eine reaktionsträge (inerte). Führe den Prozess im Vakuum aus.	<i>Inertes • schwer entflammables Gas verhindert die Selbstentzündung von Baumwolle • Stickstoffdecke im Tank eines flüchtigen Mediums • Stickstoffdecke als Schutz vor Oxidation • Edisons Glühbirne • Erzeugung dünner Schichten und im Vakuum • Mikroelektronische Bauteile</i>
40	Zusammengesetzte Stoffe, Verbundmaterial	Ersetze homogene Stoffe durch Verbundmaterialien.	<i>Kunststoff-Kohlefaser haben hohe Festigkeit bei geringem Gewicht • Fiberglas hat gute Formbarkeit bei geringem Gewicht • Kevlar-Seile haben geringe Dehnung • geringes Gewicht und rosten nicht • Flugzeugtragflächen • Gas-Flüssigkeits-Gemisch als Kühlmittel • Hochdrucktank für Raumfahrzeuge • Kevlar-Autoreifen</i>

### 2.3.3 Stoff – Feld – Analyse

Die Standardlösungen operieren mit den abstrahierten Modellen technischer Systeme, die mit Hilfe der so genannten Stoff – Feld - Analyse leicht zu erstellen sind. Jedes technische System kann in den Begriffen der vorhandenen Stoffe, Felder und deren Wechselwirkung dargestellt werden. Als Stoffe bezeichnet man Objekte oder Teile des Systems unabhängig von ihrem Komplexitätsgrad.

Unter den Begriff „Feld“ fallen nicht nur vier klassische physikalische Felder, wie elektromagnetisches Feld, Gravitationsfeld, sowie Felder starker und schwacher Wechselwirkung. Bei der TRIZ - Methodik beinhaltet der Terminus „Feld“ auch alle möglichen „technischen“ Felder, wie Temperaturfeld (Wärmefeld), Feld der Zentrifugalkräfte, Druckfeld, akustisches Feld usw. Wird ein Stoff – Feld - Modell eines Systems formuliert, kann eine passende Standardlösung schnell vorgeschlagen werden. Ein Stoff (S) kann ein Objekt beliebiger Komplexität sein, der einfache Dinge oder komplexe Systeme einschließt. Die Aktion oder die Mittel und Möglichkeiten, eine Aktion zu verwirklichen, nennt man Feld (F)

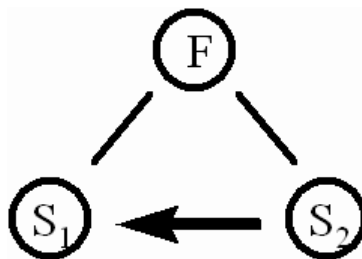


Abbildung 2.3-1: Zwei Stoffe (S<sub>1</sub> und S<sub>2</sub>) und ein Feld (F)<sup>8</sup>

**Bei der Stoff – Feld - Analyse gibt es vier Grundmodelle eines technischen Systems:**

- ◆ vollständige Systeme
- ◆ nicht vollständige Systeme, die komplettiert oder durch ein neues System ersetzt werden müssen
- ◆ vollständige, aber nicht genügend effiziente Systeme, die verbessert werden müssen.
- ◆ vollständige, aber schädliche Systeme, bei denen der negative Effekt eliminiert werden muss.

Ein komplettes Modell wird durch zwei Stoffe und ein Feld repräsentiert. Das innovativ zu lösende Problem wird als Versuch dargestellt, um die Beziehung zwischen beiden Stoffen und zugehörigem Feld zu illustrieren.

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

- ◆ Identifizierung der Einzelelemente. Das Feld wirkt hierbei auf beide Stoffe oder gehört integral zu Stoff 2.
- ◆ Konstruktion des Modells und Vollständigkeit sowie Effektivität des Systems bewerten. Tritt der Fall ein, dass ein Element fehlt, dann sollte es an dieser Stelle identifiziert werden.
- ◆ Entwicklung von Lösungsideen.
- ◆ Entwicklung von Konzepten zur Unterstützung der Lösungsidee.

Zur Optimierung von Modellen wurden 76 Standardlösungen entwickelt.

<sup>8</sup> Quelle: www.triz-online.de

### 2.3.4 76 Standardlösungen

Die 76 Standardlösungen sind ähnlich einer Checkliste, welche dem Anwender dabei helfen, neue, innovative Lösungen zu finden. Die Standardlösungen sind eine gemeinsame Weiterentwicklung der Lösungsprinzipien, Separationsprinzipien, der Evolutionsmodelle und der Effektedatenbanken. Diese Standardlösungen werden in mehrere Gruppen unterteilt.

- ◆ **Einfügen neuer Substanz**
  - in ein Objekt
  - um ein Objekt herum
  - um beide Objekte herum
  - zwischen die beiden Objekte
  
- ◆ **Einfügen veränderter Substanz**
  - in ein Objekt
  - um ein Objekt herum
  - um beide Objekte herum
  - zwischen die beiden Objekte
  
- ◆ **Mono-Bi-Poly für gleiche Objekte**
  - Einfügen eines gleichen Objektes
  - Einfügen mehrere gleicher Objekte
  - Kombination der Objekte zu einem gemeinsamen System
  
- ◆ **Mono-Bi-Poly für unterschiedliche Objekte**
  - Einfügen von einem unterschiedlichen Objekt
  - Einfügen von mehrer unterschiedlicher Objekte
  - Kombination der Objekte zu einem gemeinsamen System
  
- ◆ **Segmentieren von Objekten**
  - Teilen oder trennen des Objektes (Substanz) solange, bis folgende Zustände erreicht sind:
  - zwei Teile
  - mehrere Teile
  - Pulver
  - Paste oder Gel
  - Flüssigkeit
  - Schaum
  - Aerosol
  - Gas
  - Plasma
  - Feld
  - Vakuum
  
- ◆ **Räumliche Trennung**
  - Einführung einer Leere (Leerraum)
  - Leerräume in Teile zerlegen
  - Erzeugen von Poren oder Kapillaren
  - Aktivieren vorhandener Poren (Kapillaren)

- ◆ **Oberflächentrennung**
  - Erzeugen eines Vorsprungs
  - Erzeugen von Unebenheit und Rauheit
  - Aktivieren vorhandener Oberflächen
  
- ◆ **Dynamisierung**
  - Für teilweise Beweglichkeit von Objektteilen sorgen
  - Erhöhen der Freiheitsgrade der Bewegung
  - Wechsel zu flexiblen Objekten
  - Wechsel zu molekularen Objekten
  - Wechsel zu feldförmigen Objekten
  
- ◆ **Rhythmische Koordinierung**
  - Wechsel zu pulsierender Aktion
  - Für Pulsresonanz sorgen
  - Kombination verschiedener Aktionen
  - Nutzung der laufenden Welle (Wanderwelle)
  
- ◆ **Koordinierung einzelner Aktionen**
  - Teilweise Koordinierung der Aktionen
  - Vollständige Koordinierung der Aktionen
  - Nutze Pausen zwischen den Aktionen
  
- ◆ **Steuerfähigkeit**
  - halbautomatische Steuerung
  - vollautomatische Steuerung
  
- ◆ **Geometrische Weiterentwicklung linearer Strukturen**
  - Wechsel von Punkt zu Linie
  - Linie auf einer Ebene krümmen
  - Linie im Raum krümmen
  
- ◆ **Geometrische Weiterentwicklung von Volumsstrukturen**
  - Oberfläche in einer Richtung krümmen
  - Oberfläche in zwei Richtungen krümmen
  - Übergang zu verbundenen und kombinierten Oberflächen
  
- ◆ **Vereinfachung**
  - Entfernen eines Objektteils
  - Entfernen mehrerer Teile eines Objekts
  - Entfernen eines kompletten Objekts

### 2.3.5 Physische Widersprüche

Physische Widersprüche werden durch Separation der unvereinbaren Anforderungen an Zeit, Raum oder Einzelteilen behoben. Diese Separationsprinzipien helfen auch dabei, die am besten anwendbaren Innovativen Grundprinzipien einzugrenzen. Die Separationsprinzipien sind die allgemeinen bzw. übergeordneten Problemlösungsprinzipien für physische Widersprüche.

**Dieses Werkzeug wird in einem mehrstufigen Verfahren angewendet:**

**Schritt 1:** Identifizieren eines physischen Widerspruchs

**Schritt 2:** Anwendung der Separationsprinzipien um neue Ansätze für eine Auflösung zu finden.

- ◆ Frage: Kann der Widerspruch gelöst werden, indem eine räumliche Trennung durchgeführt wird?  
Als Unterstützung können die folgenden Innovativen Prinzipien dienen:  
1, 2, 3, 17, 13, 14, 7, 30, 4, 24, 26
- ◆ Frage: Kann der Widerspruch gelöst werden, indem eine zeitliche Trennung durchgeführt wird?  
Als Unterstützung können die folgenden Innovativen Prinzipien dienen:  
15, 10, 19, 11, 16, 21, 26, 18, 37, 34, 9, 20
- ◆ Frage: Kann der Widerspruch gelöst werden, indem eine bedingte Trennung durchgeführt wird?  
Als Unterstützung können die folgenden Innovativen Prinzipien dienen:  
35, 32, 6, 31, 38, 39, 28, 29

**Schritt 3:** Gestalten und notieren von eigenen Lösungsideen.

### 2.3.6 Trennungsprinzipien

- ◆ **Räumliche Trennung:**
  - 1. Segmentierung
  - 2. Herausnehmen
  - 3. Lokale Qualität
  - 17. Andere Dimension
  - 13. 'auf den Kopf gestellt'
  - 14. Räumlichkeit - Biegung
  - 7. "Matrjoschka"
  - 30. Biessame Hüllen und dünne Folien
  - 4. Asymmetrie
  - 24. 'Vermittler'
  - 26. Kopieren
- ◆ **Zeitliche Trennung:**
  - 10. Vorgezogene Wirkung
  - 19. Periodische Wirkung
  - 11. Rechtzeitiges Abfedern
  - 16. Partielle oder überschüssige Funktionen
  - 21. Überspringen/Durcheilen
  - 26. Kopieren
  - 18. Mechanische Schwingungen
  - 37. Wärmedehnung

- 34. Beseitigung und Regenerierung
- 9. Vorgezogene Wirkung

◆ **Bedingte Trennung:**

- 35. Parameterveränderungen
- 32. Farbveränderungen
- 36. Phasenübergänge
- 31. Poröse Materialien
- 38. Starke Oxidierungsmittel
- 39. Inerte Atmosphäre
- 28. Mechanische
- Substitution/Anderer Sinn
- 29. Pneumatik und Hydraulik

## 2.4 Vision

### 2.4.1 Ideales Endresultat

Die praktisch anwendbaren IFR - Aussagen sind stellvertretend für die Idealitäts-Theorie von TRIZ. Die Vorgabe für den Benutzer ist dabei, sich unabhängig von den aktuell bestehenden Beschränkungen ein Ideales Endresultat vorzustellen, wobei die entsprechende Funktion erfüllt wird ohne weitere Ressourcen zu benützen, bzw. Kosten oder schädlichen Effekte hervorzurufen. Die ggf. bestehende mentale Blockade des Entwicklers wird durch diesen mentalen „Sprung“ überwunden. Im Folgenden arbeitet sich der Benutzer dann „rückwärts“ an näher liegende bzw. leichter realisierbare Lösungsansätze heran. Das Verfahren definiert die erforderlichen Schritte auf dem Weg zum Idealen Endresultat.

Die Anwendung des Werkzeuges erfolgt in den nachfolgend beschriebenen 4 Schritten:

**Schritt 1:** Beschreiben der angestrebten Funktion.

**Schritt 2:** Weit in die Zukunft denken und sich das Ideale Endresultat für den Problembereich vorstellen. Dabei beschreibt das Ideale Endresultat ein System, das sämtliche gewünschten Funktionen erfüllt, ohne schädlichen Effekte hervorzurufen.

**Schritt 3:** Aus dem Idealen Endresultat optimistische Zwischenlösungen für aktuell umsetzbare Lösungen ableiten. Es ist notwendig sich vom IFR ‚rückwärts‘ in Richtung praktischer Problemlösungen vorzuarbeiten. Dabei sollten auf jeder Ebene so wenige Kompromisse wie möglich eingegangen werden.

**Schritt 4:** Problemeingrenzung, indem folgende Fragen behandelt werden soll :

- ◆ Was hält Sie von der Erreichung des Idealen Endresultates - IFR ab?
- ◆ Weshalb bestehen diese Hindernisse?
- ◆ Wie könnte das Hindernis beseitigt werden?

## 2.4.2 S-Kurven Analyse

Die Analyse der Reife eines Systems ist ein sehr wichtiger Schritt und man bedient der S-Kurve.

**Systeme durchlaufen stets die folgenden Stadien:**

- ◆ Konzeption
- ◆ Geburt
- ◆ Frühphase/Entwicklung
- ◆ Reife
- ◆ Sättigung

Wird die Systementwicklung in einem Diagramm bildlich dargestellt, entspricht die Kurvenform einem ‚S‘, wenn die Idealität der Zeitlinie gegenübergestellt wird.

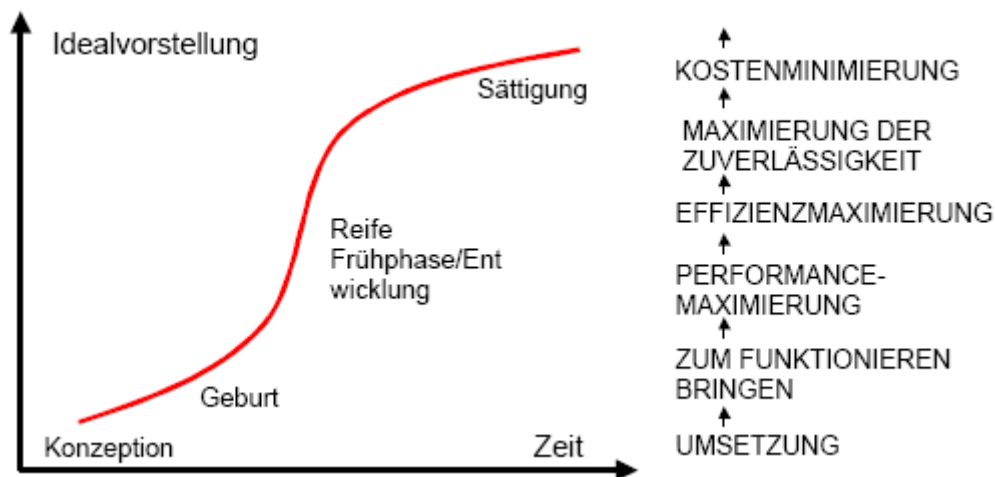


Abbildung 2.4-1: Typische Produktlebenszyklus-S-Kurve<sup>9</sup>

**Die Entwicklungsstadien, welche ein System durchläuft, können nach unterschiedlichen Funktionstypen unterschieden werden:**

- ◆ **Konzeption:** Wie ist die Vorgehensweise bzw. was soll erreicht werden?
- ◆ **Geburt:** Umsetzung eines funktionsfähigen Produktes.
- ◆ **Frühphase/Entwicklung:** Maximierung von Leistung und Leistungsfähigkeit
- ◆ **Reife:** Maximierung der Zuverlässigkeit
- ◆ **Sättigung:** Kostenminimierung

Der Hauptzweck von S-Kurven-Analysen zur Problem- bzw. Chancenbestimmung ist es, eine viel versprechende Problemlösungsstrategie zu erarbeiten. Hat die S-Kurve beispielsweise ihre Maximalhöhe erreicht, bedeutet das, dass das System an eine fundamentale operationale Kapazitätsgrenze gestoßen ist. Keine Optimierung der Systemparameter kann nunmehr eine weitere Leistungszunahme produzieren.

<sup>9</sup> Quelle: Lehrgangsunterlagen, Leonardo da Vinci Projekt Support

Ist das Performanceziel jenseits dieser, in der S-Kurve dargestellten Kapazitätsgrenze angesiedelt, wird das System in seiner derzeitigen Form nicht in der Lage sein, jenes Ziel zu erreichen, das System selbst muss also verändert werden.

Abbildung 2.4-2 zeigt, dass ein neues System zu Beginn seines Lebenszyklus durch den Start einer neuen Kurve beschrieben werden kann. Diese „S-Kurven-Sprünge“ sind typisch für entsprechende Innovationsprozesse.

**Die TRIZ - Methode kennt drei verschiedene Gründe für solche Sprünge:**

- ◆ Auffinden einer Alternativlösung zur Ausführung derselben Funktion
- ◆ Auflösen eines Widerspruchs oder Konflikts
- ◆ Übergang zur nächsten Ebene der evolutionären Entwicklung

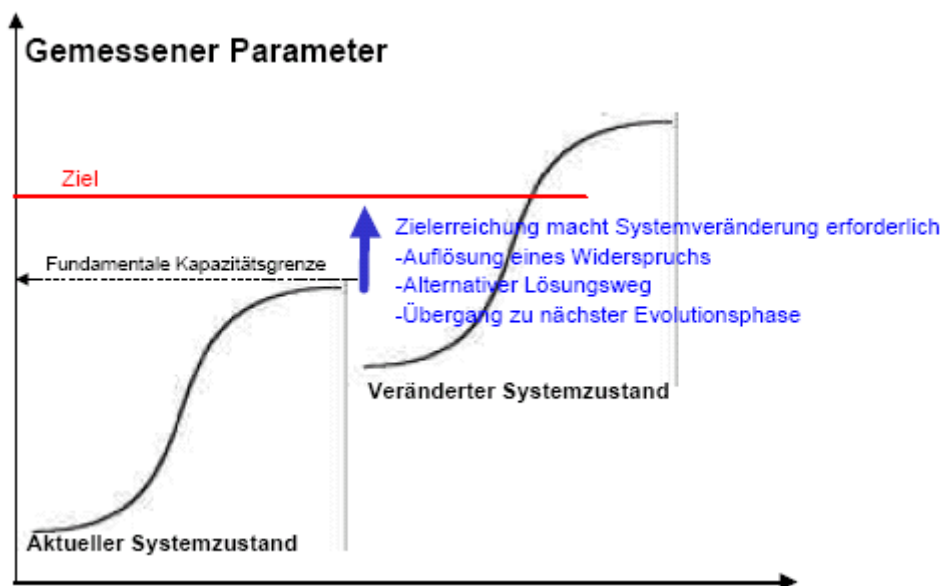


Abbildung 2.4-2: Veränderung des Systems zur Erreichung des Ziels<sup>10</sup>

Für die Systemveränderung stellt TRIZ mehrere Werkzeuge zur Verfügung. Es können Werkzeuge aus den Bereich „Analogien“ (Vergleich Kapitel 2.3) und es besteht die Möglichkeit die Übergänge zur nächsten Evolutionsphase anhand der Evolutionslinien (Vergleich Kapitel 2.4.3) darzustellen.

**2.4.3 Evolutionsgesetze & Evolutionslinien**

Eine Möglichkeit, welche TRIZ - Anwendern zur Verfügung steht um neue S-Kurve zu erkennen, besteht in der Anwendung der sog. Evolutionslinien. Diese stellen ein weiteres Werkzeug dar, weil sich alle technischen Systeme, übereinstimmend in verschiedenen Disziplinen, in festgelegten Mustern entwickeln.

Altschuller erkannte 8 Evolutionsgesetze technischer Systeme.<sup>11</sup> Diese sind in den letzten Jahren von verschiedenen TRIZ Experten weiter ausgearbeitet und illustriert worden, um leicht anwendbare Werkzeuge zur Ideenentwicklung zur Verfügung zu stellen. Es ist wichtig, dass die

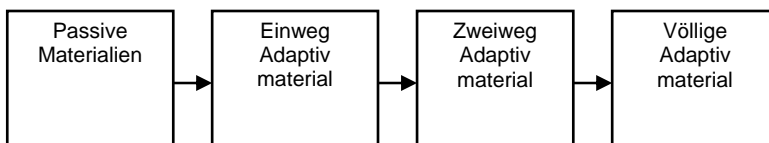
<sup>10</sup> Quelle: Lehrgangsunterlagen, Leonardo da Vinci Projekt Support

<sup>11</sup> Die 8 Evolutionsgesetze sind nachzulesen in Altschuller, G., S., Erfinden, Wege zur Lösung technischer Probleme, PI-Planung und Innovation, Cottbus, 1998

Beschreibungen in einem ausreichenden Maß allgemein gehalten sind, sodass sie auf die Probleme des Anwenders übertragen werden können.<sup>12</sup>

Evolutionslinien mit praktischen Beispielen:

### INTELLIGENTE MATERIALIEN



**Beispiele** Mit Gel gefüllte Fahrradsattel, Schuheinlegesohlen, sich selbst zerlegende Polymere, geformte Speicherlegierungsverschlüsse und Glas, das seine Beschaffenheit von transparent zu undurchsichtig in Gradern verändern kann..

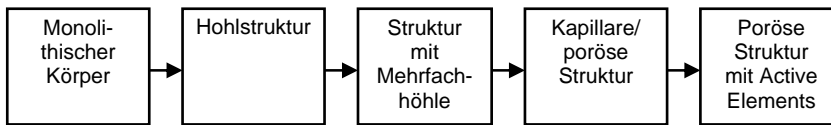
### Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Passiv zu Einweg	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösen einen physischen Widerspruch durch Schaffung zweier verschiedener Zustände (groß/klein, viskos/nicht- viskos, usw.)</li> <li>- Schaffung eines 2 Wege Schalters</li> <li>- Reduzierte Steuersystemkomplexität</li> <li>- Gelegenheiten für Selbst-Organisierung/sich selbst-bedienende Systeme</li> <li>- Durchführung einfacher Messungen</li> </ul>
Ein-Weg zu Zwei-Weg	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erhöhte betriebliche Flexibilität</li> <li>- Drei-Wegesaltung</li> </ul>
Zwei-Weg zu Völlig Adaptiv	<ul style="list-style-type: none"> <li>- System anpassungsfähig an vielseitige Benutzeranforderungen (Massenanpassung)</li> <li>- bietet kontinuierliche Veränderbarkeit</li> <li>- komplizierte Messungsanzeiger</li> </ul>

**Anmerkung:** Ein verhältnismäßig neue Evolutionslinie , welche der Entdeckung einiger intelligenter Material Systeme folgte: - rheopexisch, thermochromisch, elektrochromisch, geformte Speicherlegierungen, Speicherpolymere usw. Der physikalische Widerspruch, der Fähigkeiten intelligenter Materialien eliminiert, bedeutet, dass sie zunehmend wichtiger für den Entwurf zukünftiger Systeme werden.

<sup>12</sup> Dieses Konzept der (35) Evolutionslinien stammt von der belgischen Firma CREAX.

## RÄUMLICHE TRENNUNG



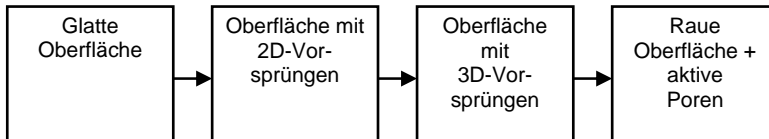
**Beispiele:** Ziegelsteine, Schokoladenriegel, Turbinenblätter, Griffe von Zahnbürsten(!), doppelte-Verglasungen, Heizkörper, Brillenlinsen (monolithisch bis hohl), Schuhsohlen, Kleidung, Schutzanzüge, Reifen.

## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Monolithisch zu ausgehöhlt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- reduziertes Gewicht</li> <li>- reduzierte Benutzung des materiellen Raums, um ein anderes Material einzufügen</li> <li>- Loch, um ein Objekt daran aufzuhängen</li> <li>- Erhöhter Trägheitsmoment</li> <li>- etwas durch ein Objekt bewegen</li> <li>- verbesserte Wärmeleitung</li> </ul>
Ausgehöhlt zu mehrfach ausgehöhlt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verbesserte Wärmeleitung</li> <li>- verbesserte Kräfteigenschaften</li> <li>- Eine Vielzahl von Dingen durch ein Objekt bewegen</li> <li>- Vergrößerte Oberfläche</li> </ul>
Mehrfach ausgehöhlt zu kapillar/porös	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verbessertes Oberflächenareal</li> <li>- verbessertes Kraft/Gewichtverhältnis</li> <li>- verbesserte Wärmeleitung</li> </ul>
Kapillar/porös zu aktiv	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verbesserte Wärmeleitung</li> <li>- hinzu/einfügen einer neuen Funktion</li> <li>- Ermöglichen von Eigenschaftsänderungen</li> </ul>

**Anmerkung:** Viele Systeme haben sich eine zeitlang entlang dieser Evolutionslinie entwickelt. Das Auftreten schaubasierter Materialien (besonders von Schaummetall und Schaumpolymer) bietet beträchtliche Entwicklungsgelegenheiten für viele Systeme, die sich in frühen Entwicklungsphasen befinden. 'Aktive Elemente' repräsentieren einen weiten Bereich zusätzlicher Möglichkeiten.

## OBERFLÄCHENTRENNUNG



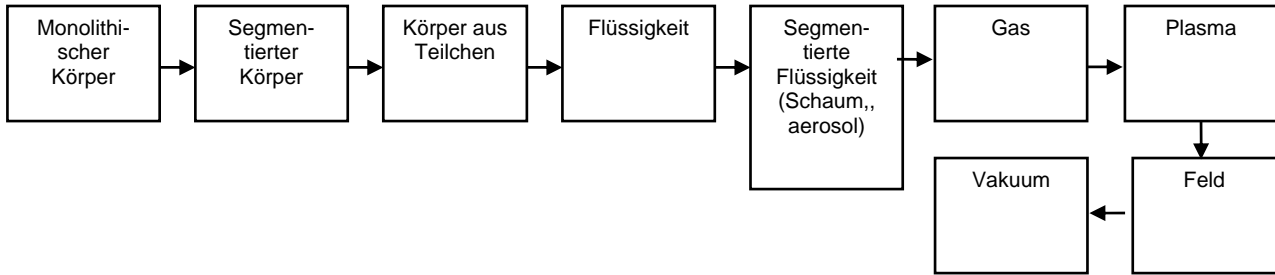
**Beispiele:** Materialien für Kleidung, rutschfeste Oberflächen (z. B. Entwicklung des Shark Skin Profils), Straßenmarkierungen, Oberflächen mit hoher Reibung (Schuhsohlen, Reifen), bio-aktive Oberflächenanstriche, Selbst-reinigende Oberflächen, Tischtennisschläger, Golfclubtaschen.

### Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Glatt zu gerippt (2D)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leichter zu fassen</li> <li>- Reduzierung des aerodynamischen Widerstands</li> <li>- verbesserte Zugkraft</li> <li>- verbesserte Entwässerung</li> <li>- verbesserte Eigenschaften der Wärmeleitung</li> <li>- erhöhtes Oberflächenareal</li> <li>- verbesserte ästhetische Erscheinung</li> <li>- erhöhte Geräusche (an Straßen)</li> <li>- Schaffen gewollter Schwachpunkte</li> <li>- verbesserte Anschlussstelle an ein anderes Objekt (z. B. gezahnter Riemen)</li> </ul>
Gerippt zu 3D aufgeraut	<ul style="list-style-type: none"> <li>- reduzierter Widerstand</li> <li>- verbesserte Zugkraft</li> <li>- verbesserter Griff</li> <li>- verbesserte aerodynamische Kontrolle</li> <li>- Selbstreinigung (Lotus Effekt)</li> <li>- verbesserte Wärmeleitung</li> <li>- erhöhtes Oberflächenareal</li> <li>- Einbeziehung von Identifikationsmarken</li> </ul>
3D rau zu aktiv	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verbesserte Kontrolle bei unterschiedlichen Beanspruchungen</li> <li>- reduzierter Widerstand</li> <li>- Einbeziehung von Änderungsindikatoren</li> <li>- Hinzu/Einfügen einer neuen nützlichen Funktion</li> </ul>

**Anmerkung:** Verwandt mit der Evolutionslinie Räumliche Trennung- Nochmals gesagt, 'aktiv' ist ein nützlicher Ideenreger.

**TRENNUNG DER OBJEKTE**



**Beispiele:** Lagersysteme, Verbrennungskraftstoff (von Kohle zu gepulverter Kohle zu flüssigem Stoff zu Gas), Kraftübertragungssysteme, Förderanlagen, Waschmittel.

**Gründe für Sprünge**

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Monolithisch zu segmentiertem Festkörper	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leichter zu transportieren</li> <li>- Leichtere/s Handhabung/Verstauen</li> <li>- erhöhtes Oberflächenareal</li> <li>- erhöhter Perimeter</li> <li>- Trennung verschiedener Funktionen</li> <li>- Isolierung von Spannungen/Lasten</li> </ul>
Segmentierter Festkörper zu partikelförmigem Festkörper	Siehe oben
Partikelförmiger Festkörper zu Flüssigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Transportfähigkeit</li> <li>- reduzierte Viskosität</li> <li>- erhöhte Systemflexibilität</li> <li>- verbesserte Drucklasthandhabung</li> <li>- Selbstausrichtungsfunktion</li> <li>- Durchflussmenge einfacher zu kontrollieren</li> <li>- Leichter mit anderen Substanzen (z. B. Gel) zu mischen</li> </ul>
Flüssigkeit zu segmentierter Flüssigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhtes Oberflächenareal</li> <li>- Trennung verschiedener Funktionen</li> <li>- Isolierung von Spannungen/Lasten</li> <li>- erhöhte Mischfähigkeit</li> <li>- erhöhte Dispersionsrate</li> <li>- erhöhte Nutzwirkung pro Masseinheit der Substanz</li> </ul>
Segmentierte Flüssigkeit zu Gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhtes Oberflächenareal</li> <li>- reduzierte Dichte</li> <li>- erhöhte Mischfähigkeit</li> <li>- erhöhte Dispersionsrate</li> <li>- erhöhte Nutzwirkung pro Masseinheit der Substanz</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verbesserte Transportfähigkeit</li> <li>- reduzierte Viskosität</li> <li>- erhöhte Systemflexibilität</li> <li>- Durchflussmenge leichter zu kontrollieren</li> </ul>
Gas zu Plasma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinzufügung neuer Funktion</li> <li>- leichter zu mischen,</li> <li>- reduzierte Dichtheit</li> <li>- erhöhter Energiefluss</li> </ul>
Plasma zu Feld	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verbesserte Übertragung von Lasten/ Energie/usw</li> <li>- reduzierte Verluste</li> <li>- erhöhte Flexibilität</li> <li>- erhöhte Kontrollierbarkeit</li> <li>- geringere Benutzung der Substanz</li> </ul>
Feld zu Vakuum	(Sehr wenige Beispiele) - reduzierte Benutzung der Substanz

**Anmerkung:** Objektsegmentierung ist einer der ausschlaggebenden 'mache mehr mit weniger' Evolutionslinien. Sie kennzeichnet Hauptverschiebungen von Festkörpern zu Flüssigkeiten, zu Gas und zu Feldern. Es gibt vermehrt Beweise für die Existenz eines Zwischenstadiums zwischen 'Feld' und 'Vakuum', das wir 'dünnnes Feld' nennen könnten. Einige Computeranwendungen beginnen, diesen 'dünnen' Deskriptor zu benutzen.

### VON DER MAKRO ZUR NANO SKALA (und weiter)

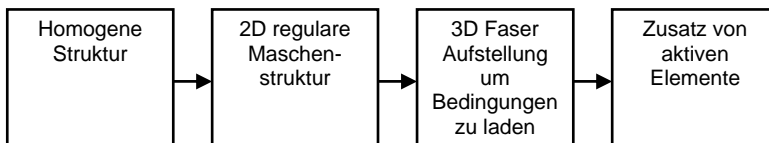
**Beispiele:** Transistoren, Berücksichtigung von Kristallografie bei Konstruktionen mit Mischmaterialien, Fasereinlagen aus Nanoröhren-Material, Mikromotoren, Nanotechnologie - Nano-Roboter usw.

### Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Irgendeine folgende Phase	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhtes Verständnis der Systemstruktur</li> <li>- effektivere Nutzung der Ressourcen</li> <li>- verbessertes Kraft/Gewichtsverhältnis</li> <li>- reduzierte Gesamtgröße des Systems</li> <li>- verbesserte Systemleistung</li> <li>- reduzierte Verluste</li> </ul>

**Anmerkung:** Diese Evolutionslinie(n) – Raum und Zeit - stellt eher eine allgemeine Richtung dar als dass sie eine Reihe konkreter Phasen enthält. Die Welt scheint sich in „103“ Sprüngen zu bewegen – erst hatten wir Mikrotechnologie und nun taucht ein ganzer Schwarm von Nano-Technologien auf. Allgemein gesprochen bedeutet dies, ein vertieftes Verständnis der uns umgebenden molekularen, atomaren und subatomaren Welt. Bedenken Sie, dass der Trend in zwei Dimensionen wirkt, im Raum- (d. h. physische Größe) und im Zeit-Kontext. Bei der Evolution zur Nano-Skala im Zeit –Kontext interessieren wir uns für Ereignisse in immer kürzeren Zeitintervallen.

## GEWEBE UND FASERN



**Beispiele:** Flugzeugflügelkonstruktion (Aluminiumblech 3D Kohlefaser-Komposit Auflage), Formel 1 Autofeld, Karosserie, Stuhl Design, Golfklubstangen, Solarfelder für Raumanwendungen.

## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Homogen zu 2D regelmäßigem Netz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- reduzierter Verschleiß der Materialien</li> <li>- verbessertes Kraft/Gewichtverhältnis</li> <li>- erhöhte Flexibilität</li> <li>- erhöhte Verformungsfähigkeit</li> </ul>
2D Netz zu 3D Faser Ausrichtung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpassung an vorherrschende Lastwege führt zu einem verbesserten Kraft/Gewicht Verhältnis</li> <li>- erhöhte Haltbarkeit</li> </ul>
3D zu aktivem Element	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinzufügung neuer Funktion</li> <li>- erlaubt Veränderung von Eigenschaften</li> </ul>

**Anmerkung:** Es gibt noch eine andere Evolutionslinie, die erst vor kurzem aufgetaucht ist. Diese Entwicklung ist von der Verfügbarkeit von Designerleistungen und (wichtiger noch) Herstellungstechnologien bestimmt worden. Die 'Aktive Elemente' Phase hat noch kaum in irgendeinem System begonnen.

## ABNEHMENDE DICHTE

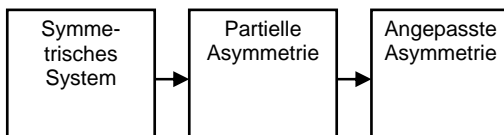
**Beispiele:** Wechsel von Stahl zu Titan und zu TiAl Legierungen, von Stahl zu Aluminium, von Metall zu Composite/Kunststoffen und Entwicklung der Kunststoffe, Polystyrole. Verschiebungen finden bis zu einem gewissen Grad bei jedem vorstellbaren Produkt statt.

### Gründe für Sprünge

Evolutionenphase	Gründe für Sprünge
Alles gleich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhtes Kraft/Gewichtsverhältnis</li> <li>- reduzierter Verbrauch materieller Ressourcen</li> <li>- erhöhte Teilflexibilität</li> </ul>

**Anmerkung:** Eine weitere Evolutionslinie, die mit dem allgemeinen Thema verbunden ist, 'mache mehr mit weniger'. Sie weist Parallelen mit dem schöpferischen Prinzip 35B auf – Austauschen des benutzten Materials gegen ein Material mit weniger Dichte. Diese Linie wird oft in Kombination mit anderen Evolutionslinien gebraucht, die ein ähnliches Ziel haben wie 'mache mehr mit weniger', Räumliche Trennung, Trennung der Objekte, Mono-Bi-Poly. Wie in der Evolutionsgraphik illustriert, ist dies eine kontinuierliche Entwicklung, die keine abgegrenzten Phasen kennt.

## ERHÖHTE ASYMMETRIE



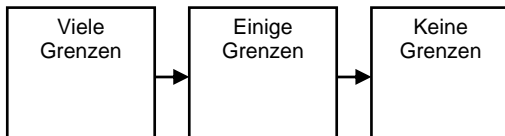
**Beispiele:** Die meisten Systeme oder Bauteile mit ergonomisch praktischen Erfordernissen  
 - Kleidung, Handgriffe, Scheren, Ofenhandschuhe, Poke Yoke Formen, Nocken, abgeflachte normale Verteilungskurven, Spiralförmigkeiten

### Gründe für Sprünge

Evolutionenphase	Gründe für Sprünge
Symmetrische zu partieller Asymmetrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Ergonomie</li> <li>- verbesserte ästhetische Erscheinung</li> <li>- Poke Yoke Aggregat</li> <li>- Einfachheit des Betriebs (Fontäne auf einem Krug)</li> <li>- kompaktere Installation</li> <li>- einstellbare Bewegungskontrolle (Nocken)</li> <li>- Orientierungssicht</li> </ul>
Partielle Asymmetrie zu angepasster Asymmetrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Ergonomie</li> <li>- verbesserte ästhetische Erscheinung</li> <li>- Einfachheit des Betriebs</li> </ul>

**Anmerkung:** Die Evolutionslinie Asymmetrie ist äußerst relevant, da sich viele traditionelle Herstellungssysteme auf die Massenerstellung symmetrischer Artefakte (z. B. auf einer Töpferscheibe gedreht) konzentrieren. Die Entfernung dieser traditionellen Einschränkungen führt zu bedeutsamen Verschiebungen bei den geeigneten Formen, die dem Benutzer gefallen sollen. Die Linie ist eng verbunden mit Fragen nach menschlichen Schnittstellen in einem technischen Kontext. Sie kann gemeinhin in der Natur beobachtet werden.

### ENTFERNEN VON GRENZEN



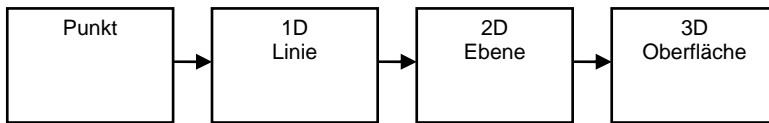
**Beispiele:** Turbinenblätter (Entwicklung zur 'Einzelkristall' Materialstruktur - dies ist der Trend, der auf der Mikroskala agiert) Herstellungsablauflinien/Zellen, Kommunikationsketten.

### Gründe für Sprünge

Evolutionphase	Gründe für Sprünge
Viele zu wenigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Zuverlässigkeit</li> <li>- verbesserte Kräfteigenschaften</li> <li>- verbesserte Zähigkeit-</li> <li>- verbesserte Kommunikationen</li> </ul>
Wenige zu keinem	Wie oben

**Anmerkung:** Der Hauptgedanke, der durch den Vergleich dieser Evolutionslinie mit einer gegebenen Innovationssituation angeregt worden ist, bezieht sich auf die Schnittstellen; Schnittstellen bedeuten gewöhnlich Schwachpunkte und Wirkungslosigkeit. Die Evolutionslinie gibt uns den Ratschlag, dass wir sie allmählich eliminieren sollten. Die Linie kann sowohl kontinuierliche wie auch voneinander getrennte Phasen enthalten. Beachten Sie, dass diese Evolutionslinie Verbindungen zu Raum- wie Zeit-Schnittstellen-Aspekten hat.

## LINEARE GEOMETRISCHE ENTWICKLUNG



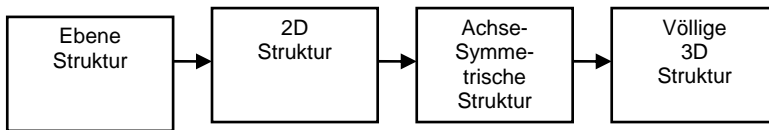
**Beispiele:** CAD Systeme, Strohhalme, Papierverbindungen, Kleiderverschlüsse, Sprühdüsen, aerodynamische Oberflächen, Rohre, Türklinken, Autolichter, Windschutzscheiben, Besteck.

### Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Punkt zu Linie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Lastverteilung</li> <li>- verbesserte Flussverteilung</li> <li>- verbesserte Qualität einer Fuge</li> <li>- erhöhter hydraulischer Durchmesser</li> <li>- erhöhtes Oberflächenareal</li> <li>- Änderung des Aspektverhältnisses</li> <li>- Schaffung der Fähigkeit, die Komponentenorientierung zu identifizieren/ändern</li> <li>- verbesserte Fähigkeit zur Objektsicht</li> </ul>
Linie zu Ebene	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Lastenverteilung</li> <li>- verbesserte Flussverteilung</li> <li>- verbesserte Kräfteigenschaften</li> <li>- verbessertes Trägheitsmoment</li> <li>- verbesserter Platz für zwei zu verbindende Teile</li> <li>- erhöhtes Oberflächenareal</li> <li>- Hinzu/Einfügen neuer Funktion</li> </ul>
Ebene zu 3D Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Übereinstimmung mit den Eigenschaften der 'wirklichen Welt'</li> <li>- verbesserte strukturelle Kraft</li> <li>- verbesserte Ästhetik</li> <li>- verbesserte Ergonomie</li> <li>- verbessertes Oberflächenareal</li> <li>- Hinzu/Einfügen neuer Funktion</li> </ul>

**Anmerkung:** Die geometrische Evolution ist sehr eng mit der Herstellungstechnologie verbunden. Wir leben in einer dreidimensionalen Welt, aber viele der Artefakte, die wir traditionell herstellen, werden von ein- und zweidimensionalen Herstellungssystemen beherrscht. Viele dieser traditionellen Begrenzungen verschwinden mit dem Aufkommen neuer Herstellungsmethoden. Bei mechanischen Systemen gibt es gegenwärtig enorme Entwicklungsmöglichkeiten, wenn man die Vorteile nutzt, die aus dem vollen Gebrauch der dritten Dimension entstehen, ähnlich den Veränderungen die stattfanden, als wir von der ein- zur zweidimensionalen Produktion eines Objektes übergangen.

## VOLUMSGEOMETRISCHE ENTWICKLUNG



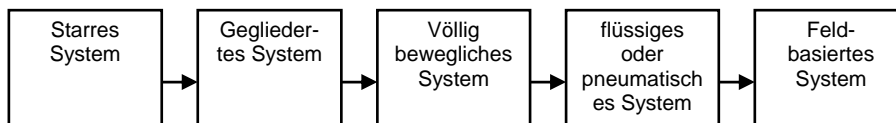
**Beispiele:** CAD Systeme, Kraftstofftanks/Behälter, aerodynamische Strukturen, Gießkannen, Möbel, Autoscheinwerfer, ergonomische Tastaturen, Hi-Fi-Sprecher.

### Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Ebene zu 2D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Lastenverteilung</li> <li>- verbesserte Flussverteilung</li> <li>- erhöhtes Oberflächenareal</li> <li>- Änderung des Aspektverhältnisses</li> <li>- Schaffung der Fähigkeit, Komponenten-Orientierung zu identifizieren/ändern</li> <li>- Hinzu/Einfügen neuer nützlicher Funktion</li> </ul>
2D zu Axi-symmetrisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Lastenverteilung</li> <li>- verbesserte Flussverteilung</li> <li>- verbesserte Kräfteigenschaften</li> <li>- verbessertes Trägheitsmoment</li> <li>- verbesserter Platz für zwei zu verbindende Teile</li> <li>- erhöhtes Oberflächenareal</li> <li>- Hinzu/Einfügen neuer Funktion</li> </ul>
Axi-symmetrisch zu voll 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Übereinstimmung mit der 'wirklichen Welt'</li> <li>- verbesserte strukturelle Kraft</li> <li>- verbesserte Ästhetik</li> <li>- verbesserte Ergonomie</li> <li>- verbessertes Oberflächenareal</li> <li>- Hinzu/Einfügen neuer Funktion</li> </ul>

**Anmerkung:** Diese Evolutionslinie ist genauso wie die zuvor betrachtete geometrische Evolution (linear)eng verbunden mit der Herstellungstechnologie. Wir leben in einer dreidimensionalen Welt, aber viele der Artefakte, die wir traditionell herstellen, werden von ein - und zweidimensionalen Herstellungssystemen beherrscht. Der Linie folgen gegenwärtig enorme Entwicklungsmöglichkeiten, in dem Maße, wie sich die Produktionssysteme entwickeln.

## DYNAMISIERUNG



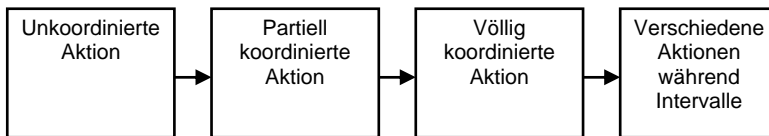
**Beispiele:** Steuersysteme, Kraftübertragungsmittel, Jalousien, Türen/Sicherheitssysteme, medizinischer Stent, Messvorrichtungen, Stühle, Schreibtischlampen, Tonaufnahmen (Vinyl zu Tonband, zu optischen Trägern).

## Gründe für Sprünge

Evolutionenphase	Gründe für Sprünge
Unbeweglich (starr) zu verbunden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falten für größere Kompaktheit</li> <li>- Manövrierbarkeit</li> <li>- erhöhte Positionsflexibilität</li> <li>- mechanische 2 Wege Schaltung</li> <li>- Lösung physischer Widersprüche (z.B. breit und eng)</li> <li>- veränderliches Abschirmblech (z. B. Klappe auf Flugzeugflügel)</li> <li>- Verbindungseigenschaften (z.B. steife und flexible Teile)</li> <li>- Schadensschutz</li> </ul>
Verbunden zu mehrfach verbunden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompaktere Falten</li> <li>- Positionsflexibilität</li> <li>- Mehrwegeschaltung</li> <li>- Verbindungseigenschaften</li> </ul>
Mehrfach verbunden zu völlig biegsam	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Positionsflexibilität</li> <li>- glatte Ablenkung</li> <li>- kompakte Installation</li> <li>- kontinuierliche Veränderlichkeit</li> <li>- Schutz der Ladung gegen Aufprall</li> </ul>
Völlig biegsam zu flüssig/pneumatisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Positionsflexibilität</li> <li>- verbessertes Kraft/Gewichtsverhältnis</li> <li>- verbesserte Kraft/Gewicht</li> <li>- wachsende Zuverlässigkeit</li> <li>- wachsender Komfort</li> </ul>
Flüssig/pneumatisch zu feldartig	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhte Zuverlässigkeit</li> <li>- erhöhte Betriebsflexibilität</li> <li>- erhöhter Wirkungsgrad</li> <li>- erhöhte Steuerpräzision</li> <li>- erhöhte Kraftdichte</li> <li>- erhöhte Fähigkeit, Systemmerkmale zu ändern</li> </ul>

**Anmerkung:** Wie bei der Trennung der Objekte kennzeichnet diese Evolutionslinie Hauptsprünge von mechanischen zu flüssigen, und von gasförmigen zu feldorientierten Systemen.

## AKTIONS KOORDINATION



**Beispiele:** Herstellungsverfahren, Herstellungsplan (Betrieb der Fabrik bei voller Kapazität ohne Rücksicht auf die Nachfrage; Herstellung nach Voraussage, Bestellsysteme), Kühlschranksystem (kontrollieren der Temperatur), Lagerschmierungssysteme, chemische Reaktionen.

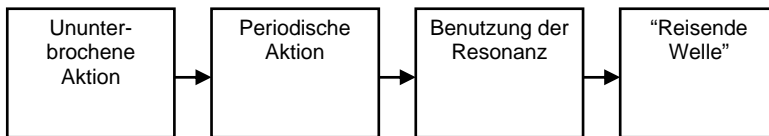
### Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Unkoordiniert zu partiell koordiniert	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduktion der Zeitverschwendung</li> <li>- erhöhter Systemwirkungsgrad</li> <li>- verbesserte Antwort auf äußere Veränderungen</li> <li>- verbesserte Sicherheit</li> <li>- Reduktion der Wahrscheinlichkeit eines Systemschadens</li> <li>- Reduktion von Systemverschleiß</li> <li>- erhöhte Benutzerfreundlichkeit</li> </ul>
partiell koordiniert zu völlig koordiniert	Wie oben
völlig koordiniert zu Aktion während Intervall	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfügen einer neuen nützlichen Funktion</li> <li>- verbesserter Gesamtwirkungsgrad</li> <li>- erhöhte Benutzerfreundlichkeit</li> <li>- verbesserte Sicherheit</li> </ul>

**Anmerkung:** Das Schlüsselwort bei dieser Evolutionslinie lautet 'Aktion' - welche im System durchgeführten Aktionen werden untersucht?

Der 'Aktion während Intervall' Evolutionsschritt könnte tatsächlich als ein Beispiel für die Mono-Bi-Poly Linie gesehen werden. Sie ist hier als eine Phase in dieser Evolutionslinie miteingeschlossen, weil der explizite Evolutionsanreger 'Können Sie irgendwelche Intervalle in Ihrem jetzigen System finden?' nicht ausdrücklich genug in der Mono-Bi-Poly Linie abgehandelt ist. Diese Linie bezieht sich auf sowohl auf die Zeit als auch auf Schnittstellenaspekte.

## RHYTHMUS KOORDINATION



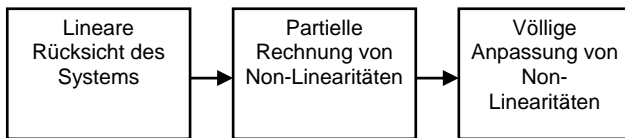
**Beispiele:** Flaschenreinigungs-Abläufe, Insektenfortbewegung, Staubsauger-Saugfunktion(kontinuierlich zu periodisch), Teigmixer, Farb-Ablösung, Automobil Bremssysteme, Antriebssysteme.

## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Kontinuierlich zu periodisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduktion beim Energieverbrauch</li> <li>- Überwindung eines physischen Widerspruchs (zeitlich getrennt)</li> <li>- erhöhter Wirkungsgrad eines nützliche Effekts</li> <li>- Einführung von Zeitbemessungsmöglichkeiten</li> <li>- Abfallminimierung</li> </ul>
Periodisch zur Benutzung von Resonanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausnutzung der Hebelwirkung durch Resonanz:</li> <li>- erhöhter Umfang einer nützlichen Wirkung</li> <li>- erhöhte Effizienz einer nützlichen Wirkung</li> <li>- reduzierter Energieverbrauch</li> <li>- Abfallminimierung</li> <li>- Reduktion der Systemkomplexität</li> <li>- Reduktion von Kosten (Resonanz ist eine freier Rohstoff)</li> </ul>
Resonanz zu reisender Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhter Wirkungsgrad</li> <li>- Reduktion der Systemkomplexität</li> <li>- Reduktion des Energieverbrauchs</li> <li>- Reduktion der Kosten</li> </ul>

**Anmerkung:** Viele Systeme befinden sich am äußeren Ende dieser Evolutionslinie. Dies hat teilweise den Grund, dass Resonanz gewöhnlich als eine 'schlechte' Sache angesehen wird. Die Linie zeigt (wie das schöpferische Prinzip 'ein verborgener Segen'), dass Resonanz zu einer nützlichen Wirkung gemacht werden kann. Es gibt ein beträchtliches evolutionäres Potential für viele Systeme.

## NON-LINEARITÄTEN (Passend zu externe)



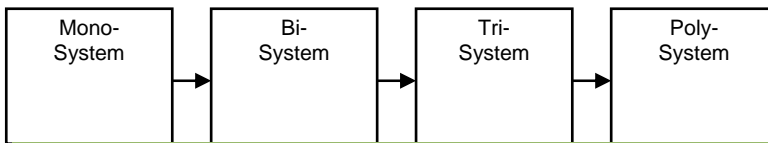
**Beispiele:** Sicherheitsrasierklingen, die das Vorhandensein von Falten oder Pickeln ‚erkennen‘, Flugzeuge mit Wake-Turbulenz- oder Windsensoren, Turbulatoren auf Flügeloberflächen.

## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Alles gleich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (Alle Trimmoptionen, die auf Erhaltung oder Verbesserung der Funktionalität führen)</li> <li>- reduzierte Komplexität</li> <li>- reduzierte Herstellungskosten</li> <li>- verbesserte Zuverlässigkeit</li> <li>- verbesserte Haltbarkeit</li> <li>- verbesserte Benutzerfreundlichkeit</li> <li>- reduzierte Wahrscheinlichkeit von katastrophalen Ausfällen</li> </ul>

**Anmerkung:** Eine andere in Erscheinung getretene Evolutionslinie - die große Mehrheit technischer Systeme sind entworfen worden, um sie davor zu bewahren, nichtlinearen Betriebsoperationen ausgesetzt zu sein und dazu zu zwingen, innerhalb des bekannten Bereichs sicherer Operationen zu verbleiben. Leider bestimmen wir diese Grenzen manchmal falsch, oder eine Anpassung an ihre Existenz beeinträchtigt unangemessen die Leistung unseres Systems. Wie beschrieben in ‚Extending TRIZ to Help Solve Non-Linear Problems‘ (paper presented at TRIZCON2002, St Louis, April 2002, authors - Apte, P., Mann, D.L.), beginnt eine wachsende Anzahl von Designern Wege zu finden, Nichtlinearitäten zu identifizieren und die „widerspruchlösenden“ Designs handzuhaben und zu produzieren.

## MONO-BI-POLY (Ähnliches)



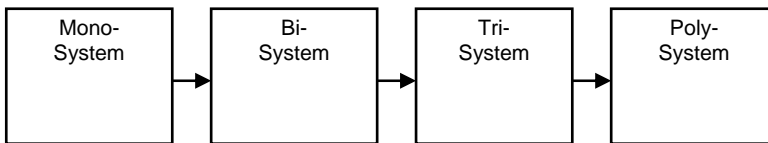
**Beispiele:** Turbinenblätter, Kompressoren/Ventilatorblätter, Gabelzinken, Zacken auf einem Reißverschluss, Zähne auf einem Kamm, Borsten auf einer Bürste, Seiten in einem Buch, Verbindungen an einem Rohr, Anzahl der Segmente bei einer teleskopischen Antenne, Linsen in einer Kamera, single zu double, zu dreifach CDs.

## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Von irgendeiner Phase zur nächsten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte lieferbare Nutzfunktion</li> <li>- verbesserte Funktionsverteilung (z. B. Lastenverteilung)</li> <li>- verbesserte Benutzerfreundlichkeit</li> <li>- Synergiewirkungen</li> <li>- reduzierte Kosten pro Systembauteil</li> </ul>

**Anmerkung:** Die Hauptfrage, die die M-B-P Evolutionslinie behandelt, beschäftigt sich mit dem Erreichen eines Punktes, über den hinaus es nicht länger möglich ist, weitere Vorteile durch Hinzufügen von weiteren ähnlichen Objekten zu erzielen. Die Gleichung, die die optimale Zahl festlegt, mag relativ feststehen (z.B. die Anzahl der Zinken auf einer Gabel wird eher unwahrscheinlich von der optimalen Zahl 4 abrücken), kann aber auch sehr dynamisch sein. Dies ist besonders so, wenn wir die obere und die untere Hälfte der Idealitätsgleichung betrachten: beide Hälften ändern sich, wenn dem System Teile hinzugefügt werden. Der Konflikt zwischen den Vorteilen durch hinzufügen und den Nachteilen durch dadurch entstehende Unkosten kann sehr komplex sein; z.B. bei der Festlegung der ‚optimalen‘ Anzahl der Blätter in einer Windturbine. Dies gilt sowohl für Fragen der Zeit wie auch der Schnittstelle.

## MONO-BI-POLY (Verschiedenes)



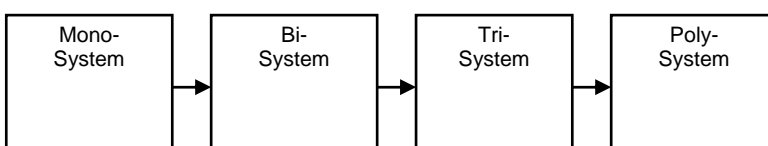
**Beispiele:** Schweizer Armeemesser, Computer Software Pakete, Computer-Zusatzgeräte, Hi-Fi Systeme, Armbanduhren, Handys, Synthesizer, Kameras und Linsen, Heimmediencenter, Power-Tool Zubehör.

## Gründe für Sprünge

Evolutionenphase	Gründe für Sprünge
Von irgendeiner Phase zur nächsten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhte Systemfunktionalität</li> <li>- verbesserte Betriebsfähigkeit</li> <li>- erhöhte Benutzerfreundlichkeit</li> <li>- reduzierte Verpackung</li> <li>- (Synergie Effekte)</li> <li>- reduzierte Anzahl von Systemen</li> <li>- reduzierte Nettosystemgröße</li> </ul>

**Anmerkung:** Die Hauptfrage, welche die M-B-P (Verschiedenes) Linie behandelt, beschäftigt sich mit dem Erreichen eines Punktes, über den hinaus es nicht länger möglich ist, weitere Vorteile durch Hinzufügen von weiteren verschiedenen Objekten zu erzielen. Gilt sowohl für Aspekte der Zeit wie auch der Schnittstelle.

## MONO-BI-POLY (wachsender Unterschied)



**Beispiele:** Farbige Bleistifte (negatives Bauteil = Radiergummi am Ende des Bleistifts), Werkzeugsatz (negatives Bauteil = z. B. Nagelanzieher auf Hammer), Heftmaschine mit Heftklammerentferner, Einwegglas.

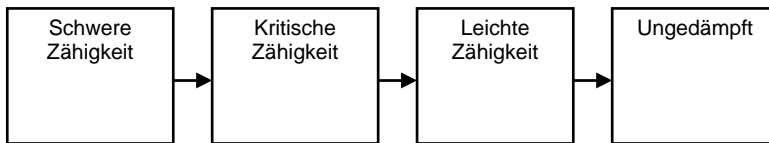
## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Ähnlich zu verzerrt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhte Systemfunktionalität</li> <li>- erhöhte Betriebsfähigkeit</li> <li>- erhöhte Fähigkeit, sich verschiedenen Nutzenwendungen anzupassen</li> <li>- erhöhte Benutzerfreundlichkeit</li> <li>- (Synergiewirkungen)</li> </ul>
Verzerrt zu negativ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinzufügen der Fähigkeit, die gegenteilige Funktion zu ermöglichen</li> <li>- erhöhte Anpassungsfähigkeit</li> <li>- erhöhte Betriebsflexibilität</li> <li>- reduzierte Verpackung</li> <li>- (Synergienwirkungen)</li> <li>- Erhöhte Benutzerfreundlichkeit</li> </ul>
Negative zu verschiedenen Bauteilen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhte Systemfunktionalität</li> <li>- erhöhte Betriebsfähigkeit</li> <li>- erhöhte Benutzerfreundlichkeit</li> <li>- reduzierte Verpackung</li> <li>- (Synergie Bewirkungen)</li> <li>- reduzierte Anzahl von Systemen</li> <li>- reduzierte Nettosystemgröße</li> </ul>

**Anmerkung:** Der Sprung zum 'Negativ' Bauteil (d.h. jene Bauteile, welche die gegenteilige Funktion zur existierenden erfüllen) ist sehr wichtig – schließlich kann jemand irgendwo eine positiven Gebrauch von einem System machen, das die Gegenfunktion zur sonst konventionell üblichen ausübt.

Zum Beispiel taucht eine ganze Klasse sogenannter 'negativer Materialien' auf, die negative Thermal-Ausbreitungs-Koeffizienten beschreibt, das negative Giftverhältnis, negativen Verschleiß usw. Der Zeitpunkt für diese Negativsprünge ist schwierig vorauszusagen, da die Größe des Marktes für das negative Produkt, wenn es nicht schon existiert, unbekannt ist. Das Risiko ist von daher hoch.

## VERBESSERTERTE DÄMPFUNG



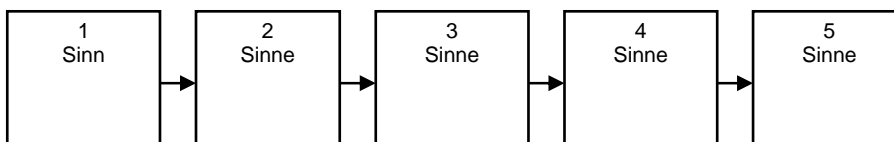
**Beispiele:** Flugverkehrskontroll-Architektur, hydraulische Systeme, Puffer von Computerchips.

### Gründe für Sprünge

Evolutionenphase	Gründe für Sprünge
Alles gleich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzierter Energieverlust im System</li> <li>- verbesserte dynamische Leistung</li> <li>- verbesserte Antwortzeit</li> </ul>

**Anmerkung:** Diese Evolutionslinie in Richtung verbesserte Dämpfung verlangt eine parallele Verbesserung der Steuerleistung, um eine sichere Durchführung der Funktion zu gewährleisten - in diesem Sinne ist sie grundlegend an die Entwicklung entlang der Linie der Zunahme der Steuerbarkeit gekoppelt. Diese Linie befindet sich noch in einer verhältnismäßig unreifen Phase, da er größtenteils abhängig von der Entwicklung komplizierter Steueralgorithmen und Hardware ist.

## ZUNEHMENDE NUTZUNG DER SINNE



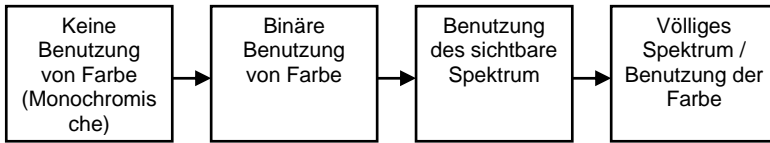
**Beispiele:** Stummfilme - Sprechbilder - 'Sensurround' – Ergänzung durch Geruch, Geschmack, Multi-Media Computer, Virtuelle Realität, Theater, Kommunikation im Allgemeinen (z. B. Entwicklung des Bildtelefons), Nahrungsmittel .

### Gründe für Sprünge

Evolutionenphase	Gründe für Sprünge
Von irgendeiner Phase zur nächsten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Steuerung der Wechselwirkung</li> <li>- erhöhte menschliche Beteiligung</li> <li>- 'sinnliches Eintauchen'</li> <li>- verbesserter Realismus der Simulation</li> </ul>

**Anmerkung:** Diese Linie ist dabei, die Wechselwirkungen zwischen Systemen und menschlichen Fakultäten zu erhöhen. Sie nimmt nur Bezug auf die Anzahl der in einem System eingebundenen Sinne, nicht auf ihre Reihenfolge. Insgesamt gibt es fünf Schlüsselsinne, die dieser Evolutionslinie zugeordnet werden – Sehen, Hören, Tasten, Riechen und Schmecken.

**ZUNEHMENDE NUTZUNG DER FARBEN**



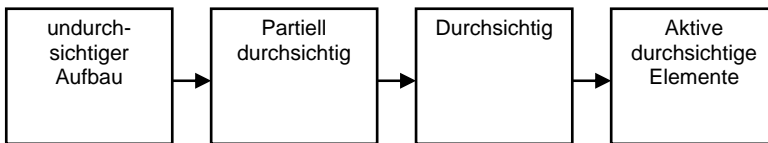
**Beispiele:** Fotografie, Film, Wärmesteuerung in Raumsystemen, Herstellung von Inspektionssystemen, Druck/Temperatur empfindliche Farben, aktive Tarnsysteme.

**Gründe für Sprünge**

Evolutionphase	Gründe für Sprünge
Monochrom zu binär	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fähigkeit, einfache ja/nein Messungen durchzuführen</li> <li>- Warnanzeiger</li> <li>- verbesserte ästhetische Erscheinung</li> <li>- verbesserte Regelung der Wärmeabstrahlung</li> </ul>
Binär zu sichtbarem Spektrum	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhte Flexibilität der Messungen</li> <li>- verbesserte ästhetische Erscheinung</li> </ul>
Sichtbar zu völligem Spektrum	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminieren von Störungen mit menschlichen Schnittstellen</li> <li>- Hinzufügen neuer Funktion durch Einbeziehung vorhandener Wirkungen (z. B. der Gebrauch von IR, um ein Wärmesuchvermögen zu erlangen)</li> <li>- erweiterter Bereich von Messmöglichkeiten</li> </ul>

**Anmerkung:** Das volle Spektrum schließt infrarot und ultra violett mit ein – beide Farben werden zunehmend benutzt, um zuvor ungenutzte Vorteile wahrzunehmen. Diese Farben werden gemeinhin in den meisten technischen Systemen nicht beachtet. Die Evolutionslinie zeigt, dass jemand einen Vorteil darin erkannte, Gebrauch von Farben zu machen.

## ERHÖHTE TRANSPARENZ



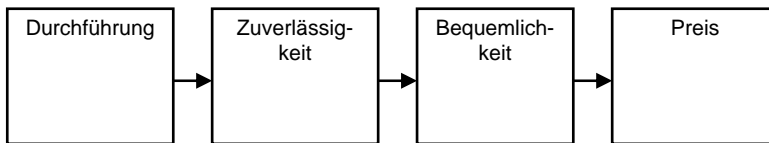
**Beispiele:** Gebäudefassaden, Automobilscheiben, transparente Verpackungen, Ofenfenster, Feuerglas, Verglasungssysteme mit veränderlicher Transparenz (Elektrochromisch), Kassettenbänder, iMac, Boot mit Glasboden.

### Gründe der Sprünge

Evolutionsphase	Gründe der Sprünge
Undurchsichtig zu partiell transparent	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhte natürliche Beleuchtung</li> <li>- energiesparend</li> <li>- verbesserte Sicht für Sicherheit</li> <li>- Einfachheit der Inspektion</li> <li>- ästhetischer Reiz</li> </ul>
partiell transparent zu transparent	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfachheit der Inspektion</li> <li>- Energie/Energieverwaltung sparen</li> <li>- ästhetischer Reiz</li> <li>- Eindruck verringerter Größe</li> </ul>
transparent zu aktiv transparent	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinzufügen neuer Funktion/ bzw. Integration anderer Funktionen</li> <li>- Erlauben von Eigenschaftsveränderungen</li> </ul>

**Anmerkung:** Eine weitere kürzlich kodifizierte Evolutionslinie. Zurückgehend auf S. Dewulf und erwähnt im TRIZ Journal, Mai 2002. Architekten sprechen über diese Linie „nach erhöhter Transparenz“ und 'dem ewigen Kampf nach Licht'. Die Suche nach einem Werkstoff mit der Transparenz von Glas und der strukturellen Kraft des Aluminiums hat eine lange Geschichte.

## KUNDENWÜNSCHE



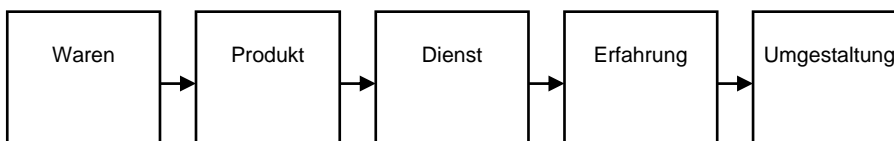
**Beispiele:** Automobile, hydraulische Bauteile, Filter, Glühbirnen, CDs, Computer Festplattenlaufwerke, Fernseher, Video/DVD Geräte, Mobiltelefone – alles was zur Ware wird.

## Gründe der Sprünge

Evolutionsphase	Gründe der Sprünge
Alles gleich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kundenwunsch nach weiteren Parametern erfüllt</li> <li>- Vorteil gegenüber der Konkurrenz</li> <li>- Überwindung des allgemeinen Problems der</li> <li>- Technologiefähigkeit, die Kundenerfordernisse überholt</li> </ul>

**Anmerkung:** Diese Linie arbeitet etwas anders als die übrigen. Die Sprünge von einer Phase zur nächsten, die hier stattfinden, geschehen wenn ein gegebener Kunde 'genug' vom gegenwärtigen Kauffokus hat. Die meisten Autokäufer zum Beispiel interessieren sich weniger für eine verbesserte Motorleistung als für Zuverlässigkeit. Jemand, der sich dennoch für eine hohe Motorleistung interessiert, wird sich wahrscheinlich nicht groß um Zuverlässigkeit, Komfort oder den Preis sorgen. Die Linie ist verwandt mit den Positionen auf der S-Kurve für ein System. Verschiedene Kunden werden an verschiedenen Positionen entlang dieser Evolutionslinie angeordnet sein. Sie basiert auf einem Modell von 'Windermere Associates' und ist beschrieben worden in 'The Innovator's Dilemma' von Clayton Christensen.

## MARKTENTWICKLUNG



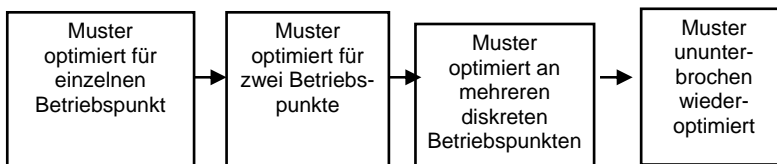
**Beispiele:** Waren - Stahl, Aluminium, Bauholz, Chemikalien, generische Arzneimittel, Filter, CDs, Videos usw. Produkte - Autos, Telefone, Fernseher, DVD-Player, Waschmaschinen, usw. Dienstleistungen - Kleiderreinigung, Power by the hour, Schnellimbiss, Pauschalurlaub, Heimzustellung, Mietautos, Bibliotheken, Hotelbusse, Reinigungsdienste - Disney, Abenteuersport, McDonalds, Transformation - persönliche Trainer.

## Gründe der Sprünge

Evolutionenphase	Gründe der Sprünge
Alles gleich	-Kundenerwartungen nehmen mit der Zeit zu. Wenn Sie still stehen, bewegen Sie sich tatsächlich rückwärts. Um konkurrenzfähig zu bleiben, sollen Sie nach rechts, dem Trendverlauf entlang schauen.

**Anmerkung:** Diese Linie konzentriert sich auf die Empfänger der Produkte und Prozesse, die wir entwerfen. Er geht auf eine Arbeit von B.J.Pine in seinem Buch 'The Experience Economy' (Harvard Business School Press, 1999) zurück. Der Satz, dass wir uns tatsächlich rückwärts bewegen, wenn wir auf dieser Evolutionslinie still stehen, stammt aus einer herausragenden Arbeit von Kano - und ebenfalls die Idee, dass unsere Erwartungen als Kunden an bestimmte Produkte wachsen und Dinge, die uns einst in ‚Aufregung versetzten‘ - wie Klimaanlage in Autos - schnell zur Norm werden und ihr Fehlen uns unzufrieden macht. Eine angemessene Verwendung dieser Evolutionslinie erfordert ausreichende Kundendaten.

## DESIGN-OPTIMIERUNG



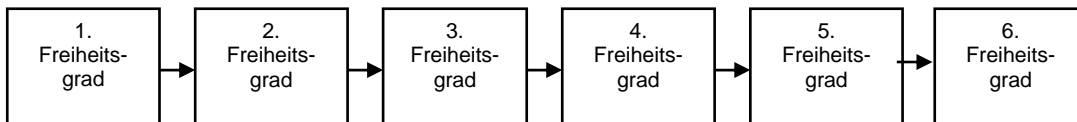
**Beispiele:** Flugzeuge, die für den Seeinsatz optimiert sind, Entwürfe von Düsenmaschinen, veränderliche Ventiltakte in Verbrennungsmotoren, 'Sich selbst regelnde' Maschinen, elektro-rheologische Aufhängesysteme.

## Gründe für Sprünge

Evolutionenphase	Gründe für Sprünge
Alles gleich	-Verbesserte Leistung unter allen Betriebsbedingungen -reduzierter Energieverlust -erhöhte Betriebsflexibilität für den Benutzer -erweiterter Betriebsbereich -erhöhte Betriebssicherheitswerte -Lösung von physischen Widersprüchen

**Anmerkung:** Dies ist ein anderer in Erscheinung getretene Evolutionslinie. Viele technische Systeme haben ihre Leistung nur an einem einzigen Punkt optimiert. Die konventionellsten Verbrennungsmotoren wurden optimiert, um die günstigsten Verbrennungswerte auf einer bestimmten Stufe von rpm zu erhalten, verschiedene ‚konstante Geschwindigkeiten‘, ‚konstanten Fluss‘, ‚konstante X Systeme‘ (Hubschrauberrotoren, Ventilatoren, Elektromotoren, Aerosolsprays usw). Diese Linie soll uns helfen, Ineffizienz zu reduzieren, wenn das besagte System weit entfernt von seinem Optimum operiert. Sie ist mehrfach verwandt mit der Mono-Bi-Poly Linie. Sie wurde als eine besondere Erinnerung an die die Wichtigkeit von Designoptimierung mit erwähnt und weil die Idee eines ‚kontinuierlichen neu-optimierten‘ Designs beim M-B-P Denken nicht angemessen zum Ausdruck kommt. Diese Evolutionslinie funktioniert in enger Verbindung mit der Evolutionslinie, ‚intelligente Materialien‘.

## FREIHEITSGRADE



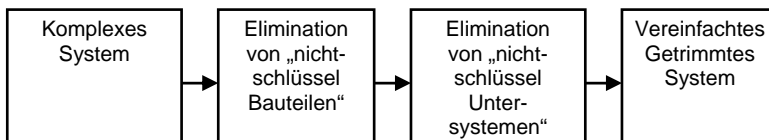
**Beispiele:** Werkzeugmaschinen, Flugsimulatoren, Gangschaltung bei nicht-automatischen Autos, Robotergerlenke, universale Gelenke, Kräne, Computermaus (viele Grade noch ausgelassen!).

## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Alle gleich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhte Betriebsfähigkeit</li> <li>- erhöhte Positionsflexibilität</li> <li>- verbesserte Koordination mit menschlichen Handlungen</li> <li>- verbesserte dynamische Antwort</li> </ul>

**Anmerkung:** Die Grade der Freiheit nehmen hauptsächlich Bezug auf die drei linearen Dimensionen (x, y, und z), und die drei Rotationen um diese orthogonalen Achsen.

## VEREINFACHUNG (TRIMMING)



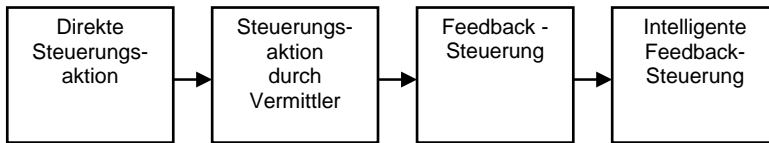
**Beispiele:** Maschinen aus-festen Bauteilen ersetzen Aggregate, Gussstücke, einteilige Spritze, fortgeschrittene Computertastaturen, Mini Hi-Fi-Systeme, Mobiltelefone.

## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Komplex zu Elimination von Bauteilen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzierte Komplexität</li> <li>- reduzierte Herstellungskosten</li> <li>- verbesserte Zuverlässigkeit</li> <li>- verbesserte Wartung</li> </ul>

**Anmerkung:** Jedes Trimmen zielt auf eine Reduktion der Teilstückzahl/Gesamtkomplexität eines Systems ab, ohne negative Auswirkungen auf die Funktionalität zu haben. Diese Evolutionslinie hat eine enge Verbindung mit den Designs für Herstellung und Zusammenbau. Das Wichtige an dieser Linie ist, dass es Zeiten in der Entwicklung eines Systems gibt, wo Trimmen eine nötige Handlung darstellt und Zeiten, wo dies nicht der Fall ist.

**ZUNAHME DER STEUERBARKEIT**

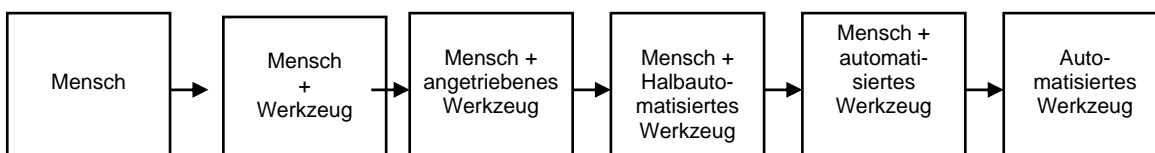


**Beispiele:** Schaltapparate, Fensteröffnungs- und Schließ-Mechanismen in Gewächshäusern, Steuer-Systeme( intelligente Feedbacksysteme, die sich optimal einem individuellen Benutzer anpassen), Abfüllsysteme, Zapfsäulen, Autofokus-Kameras, Straßenbeleuchtung.

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Direkte Kontrolle zu Benutzung von Vermittlern	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Sicherheit für den Benutzer</li> <li>- verbesserte Benutzerfreundlichkeit</li> </ul>
Vermittler zu Feedback	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemselfkorrektur</li> <li>- reduzierte Wahrscheinlichkeit von Fehlern/ katastrophalen Ausfällen</li> <li>- Fähigkeit, gegebene Funktionen spezifizierten Erfordernissen gemäß zu kontrollieren</li> <li>- verbesserte Benutzerbeständigkeit</li> <li>- verringerte Verwicklung des Benutzers</li> </ul>
Feedback zu intelligentem Feedback	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpassungsfähige Systeme</li> <li>- Selbstlernende Systeme</li> <li>- Selbst-reparierende Systeme</li> <li>- Reduzierte Wahrscheinlichkeit eines Versagens infolge von System-Nichtlinearitäten</li> </ul>

**Anmerkung:** Das Erscheinen von billigen Mikroprozessoren bedeutet, dass viele Systeme sich jetzt zur 'Feedback' Phase entwickelt haben. Es gibt noch ein beträchtliches verbleibendes evolutionäres Potential, bei dem gegenwärtigen Sprung zu intelligenten Feedbacksystemen. Diese Evolutionslinie ist das verbreitetste Beispiel für den Satz, 'dass das Erfordernis für das System verschwindet', wenn das Ende dieser Evolutionslinie erreicht worden ist. D.h. etwas Anderes, bereits im System Befindliches führt die Funktion des Steuersystems aus - das System wird 'selbststeuernd'.

**REDUKTION DER MENSCHLICHEN INTERAKTION**



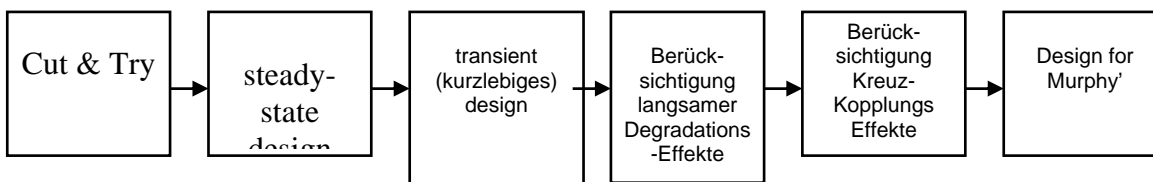
**Beispiele:** Gebrauch von computergestützten Systemen, Person zu Karte zu GPS zu Auto-Navigationssystemen, Werkzeugmaschinen, Fertiggerichte, private Heizungssysteme, Koch-Methoden, genetische Algorithmen/selbstlernende Softwaresysteme.

## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Irgendeine Phase zur nächsten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzierte menschliche Mühe</li> <li>- reduzierte Wahrscheinlichkeit von 'menschlichen Fehlern'</li> <li>- erhöhte Genauigkeit</li> <li>- Fähigkeit, externe Funktionen außerhalb des menschlichen Bereichs bereitzustellen</li> <li>- z.B. Heben, Anschließen, Werfen, usw. -Reduktion von Ermüdungserscheinungen – reduzierte Kosten</li> </ul>

**Anmerkung:** 'Werkzeug' sollte bei diesem Trend in seinem allgemeinst möglichen Sinn interpretiert werden - d.h. als ein Gegenstand, der eine Aktion auf ein anderes Objekt ausübt.

## ENTWURFSMETHODIK



**Beispiele:** Ein allgemeiner Trend, der bei vielen Industrien - Automobil, schnellebige Konsumgüter, Luft- und Raumfahrt sichtbar wird. ‚Nuklear und Raum‘ repräsentieren den modernsten Stand in dem Satz ‚falls irgendetwas schief gehen kann, wird es schief gehen‘ - Design-Philosophie.

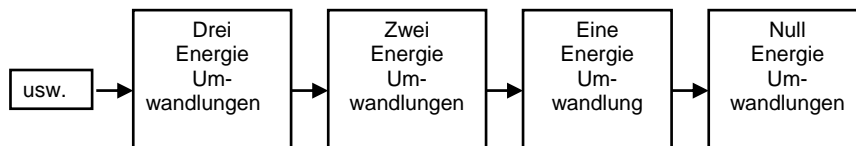
## Gründe für Sprünge

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
‘Cut and Try’ zu stabilem Zustand (steady-state)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Benutzung von Designressourcen</li> <li>- reduzierte Verschwendung bei Entwicklungszeit/ kosten- reduzierende Verschwendung von Materialien</li> <li>- reduzierte Produktentwicklungszeit</li> </ul>
Stabiler Zustand zu flüchtig, zu langsamer Degradierung, zu Kreuz-Kopplung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Produktzuverlässigkeit</li> </ul>
Irgendein oben erwähntes zu 'Design für Murphy'	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Zuverlässigkeit</li> <li>- Ermöglichung eines einfachen Wechsels zum ‚funktionalen Verkaufsmodells‘</li> </ul>

**Anmerkung:** Diese Linie ist eng verbunden mit Aktionen für eine verbesserte Zuverlässigkeit von Systemen. Allgemein gesagt, wenn die Designmethoden, die Sie benutzen, sich nicht auf der rechten Seite der Evolutionslinie befinden, hat irgendjemand bereits Wege gefunden, die es Ihnen erlauben, eine bessere Arbeit zu leisten. Beispiele für die verschiedenen Phasen dieser Evolutionslinie wären: -Flüchtig -Berücksichtigung vorläufiger Wirkungen -Beschleunigung, Verlangsamung, Start, Anhalten, usw, langsame Degradierung- Berücksichtigung von Begriffen wie Verschleiß, Ermüdung, Vergiftungswirkungen usw , Kreuz-Kopplung - Erkenntnisse, dass Dinge in einem System, die sich theoretisch nicht beeinflussen, doch eine Wirkung aufeinander haben können.

Das Design der hinteren Autoachse zum Beispiel wurde lange als völlig unabhängig vom Vorderachsendesign gesehen. Heute denken die meisten Firmen wiederum in ähnlicher Weise (um ein extremes Beispiel zu wählen), dass die Hinterachse und die Klimaanlage nichts miteinander zu tun haben. - die herrschende Logik sagt uns, dass die Leistung des Einen die des Anderen nicht beeinflussen wird. Der Kreuz-Kopplung Effekt besagt uns dagegen, dass man höchstwahrscheinlich einen langfristigen Einfluss auf das Verhalten des Anderen haben wird. Design für Murphy: unter normalen Umständen ist der Kunde für die Folgen verantwortlich, wenn er irgendetwas Dummes mit einem Produkt anstellt. Im neu entstehenden Dienstleistungsmarkt wird der Lieferant zunehmend haftbar für die Konsequenzen gemacht. Es wird folglich wichtig, beim Design-Prozess mit zu berücksichtigen, was der Kunde alles Dummes mit dem Produkt anstellen könnte.

**REDUZIERUNG VON ENERGIEUMWANDLUNGEN**



**Beispiele:** Auto mit einem Verbrennungsmotor wandelt chemische Stoffe in Hitze und diese in mechanische Kräfte um, Flugzeug- chemisch zu Hitze zu mechanisch zu Druck zu chemischem-Hitze-Druck (Turbojet), Lokomotiven.

Evolutionsphase	Gründe für Sprünge
Irgendeine Phase zur nächsten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserte Systemwirksamkeit</li> <li>- reduzierte Verschwendung/Abfall</li> <li>- reduzierte Gesamtsystemkomplexität</li> <li>- reduziertes Gewicht</li> <li>- reduzierte schädliche Nebenwirkungen</li> <li>- erhöhte Zuverlässigkeit</li> <li>- reduzierte Kosten</li> </ul>

**Anmerkung:** Folgend – Der Energieverbrauch wendet sich frei und leicht verfügbaren Quellen zu - z.B. vermehrte Hinwendung zu Energiequellen wie Wind, Gezeiten und Sonne. Vielleicht ist die wichtigste Rolle, die diese Evolutionslinie spielen kann, die Problemlöser dabei zu ermutigen, sich auf die Energieflüsse innerhalb eines Systems und der Steuerung derselben zu konzentrieren. Dies ist besonders wichtig bei der Behebung von Systemineffizienz.



## 3 Verzeichnisse

### 3.1 Quellenverzeichnis

Mann, D., Dewulf, S.: TRIZ Companion, CREAX Creativity for Innovation, Belgien, 2003

Buxbaum, H., Herb, R., Hepberger, J., Kohlhauser, V.: Handbuch für TRIZ-Anwender, WIFI – Österreich, 2000

Jantschgi, J., Schnitzer, H., Grawatsch, M., Mann, D., et al., Lehrgangsunterlagen, Leonardo da Vinci Projekt Support, Umweltgerechte Innovationswerkzeuge, 2005

<http://www.triz-online.de/>

<http://www.triz-journal.com>

### 3.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1-1: TRIZ - Grundkonzept .....	4
Abbildung 1.2-1: Kategorien der TRIZ - Methodik .....	5
Abbildung 1.3-1: S - Kurven .....	6
Abbildung 1.6-1: TRIZ - Problemlösungsweg .....	8
Abbildung 2.1-1: Ressourcen - Checkliste .....	10
Abbildung 2.3-1: Zwei Stoffe (S1 und S2) und ein Feld (F) .....	24
Abbildung 2.4-1: Typische Produktlebenszyklus-S-Kurve .....	29
Abbildung 2.4-2: Veränderung des Systems zur Erreichung des Ziels .....	30

### 3.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.3-1: 39 Systemparameter .....	14
Tabelle 2.3-2: 40 Lösungsprinzipien .....	16