

Thema:

Systematik in der Anwendung der Evolutionsprinzipien (TRIZ)

Vorgelegt von:

Sebastian Diers

Betreut von:

Dr. Rolf Herb

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Begriffserklärung	1
2.1	Szenariotechnik.....	2
2.2	Roadmapping.....	3
3	TRIZ Evolutionsprinzipien	4
3.1	TRIZ im Überblick.....	4
3.2	Evolutionssystem im Überblick	4
4	Gesetzmäßigkeiten der technischen Evolution	4
4.1	Evolutionsstufen	5
4.2	Evolutionsprinzipien.....	6
4.2.1	Phasen der Evolutionsstufenevolution.....	6
4.2.2	Vergrößerung der Idealität.....	7
4.2.3	Uneinheitliche Entwicklung der Systemteile.....	8
4.2.4	Erhöhung der Dynamik und Steuerung.....	9
4.2.5	Über Komplexität zum Einfachen.....	10
4.2.6	Evolution mit passenden und gezielt nicht passenden Komponenten.....	12
4.2.7	Miniaturisierung und verstärkter Einsatz von Feldern	13
4.2.8	Abnehmende menschliche Interaktion und zunehmende Automatisierung	16
5	Systematik in der Anwendung von Evolutionssystemen	18
6	Wechselwirkung von wissenschaftlicher und technischer Evolution	18
6.1	Markteinführung	19
6.2	Marktwachstum	20
6.3	Produktreife	20
6.4	Marktsättigung.....	21
7	Fazit	21

1 Einleitung

Mitte des 20. Jahrhunderts war der Entwicklungsschwerpunkt der Unternehmen eher technologieorientiert. Dies wandelte sich in den 70er Jahren hin zur effizienzorientierten Produktentwicklung und weiter zur Erschließung globaler Märkte unter Berücksichtigung bzw. Fokussierung der Kundenanforderungen. Die Eröffnung des Weltmarktes brachte als eine neue Wettbewerbsdimension den Grad der Innovationsfähigkeit eines Unternehmens mit sich.

Um zunehmender Globalisierung und dem hiermit verbundenen Wettbewerb stand zu halten, wurde es notwendig, ein nachhaltiges Wachstum zu erzeugen. Das Management der Zukunft muss traditionelle Stärken aufrecht erhalten und gleichzeitig Fortschritt vorantreiben, der die Erreichbarkeit des Unternehmensziels langfristig gewährleistet.

Auch in Forschung und Entwicklung gilt es, ein Maß an kundenorientierter Kontinuität zu erzeugen, das allen aktuellen Anforderungen gerecht wird und gleichzeitig der fortlaufenden Entwicklung des globalen Wettbewerbs genügt.

Im Folgenden werde ich, bezogen auf die Produktevolution, Evolutionsprinzipien abgrenzen und diese entlang verschiedener Evolutionsstufen im Detail darstellen.

2 Begriffserklärung

Um die eigenen Produkte entsprechend dem steigenden Wettbewerb langfristig im Markt zu positionieren, ist es von Vorteil die Produkte unter Berücksichtigung verschiedener Zukunftserwartungen auszurichten. Neben der Berücksichtigung dieser Zukunftserwartungen ist es unabdingbar, Recherchen zu bereits vorhandenen Patenten zu unternehmen und über eine entsprechende Marktforschung die Wahrscheinlichkeit des Erreichens einer rentablen Marktposition zu ermitteln.

Zur Erarbeitung dieser Szenarien bzw. der Produktausrichtung für die Zukunft können unterschiedliche Instrumente eingesetzt werden.

2.1 Szenariotechnik

Fiktive Zukunftsszenarien können unterschiedlich ausgerichtet sein. Hierbei werden grundlegend drei Arten der Ausrichtung unterschieden. Zum einen können diese Szenarien technologieorientiert sein, d.h. „neu ist in“ wird favorisiert, zum anderen können diese sich auf eine steigende Regulation stützen, um infolgedessen die Produktzukunft den Regularien anzupassen. Weiterhin können diese Szenarien dem hedonistischen Ansatz folgen und dementsprechend eine individuelle bzw. ich-bezogene Zukunft darstellen.

Die Szenariotechnik ist ein Instrument zur Erarbeitung der möglichen Produktzukunft unter Berücksichtigung der Ist-Situation. Hierbei wird zunächst eine genaue Aufgabenanalyse durchgeführt, bei der die interne Ausgangssituation festgestellt wird um einen konkreten Bereich für die Szenarioanalyse zu definieren. Die Betrachtung der externen Einflussfaktoren ist ein weiterer Bestandteil der Szenariotechnik. Sie ermöglicht es, eine Einflussanalyse der äußeren Umstände durchzuführen. Des Weiteren müssen wertneutrale Deskriptoren unter Berücksichtigung des heutigen aber auch des zukünftigen Zustands der Einflussfaktoren herausgestellt werden, um eine Trendprojektion möglich zu machen. Hieraus entstehen verschiedenste Alternativen und Varianten für die zukünftige Entwicklung. Es ist also notwendig, die Konsistenz und Logik der einzelnen Varianten zu untersuchen und zusammenhängende Alternativen zu bündeln, um verschiedene Szenarien zu generieren. Über die entstandenen konträren Szenarien wird die Zukunftssituation ausformuliert und interpretiert. Diese ausformulierten Szenarien bieten die Möglichkeit, Chancen und Risiken abzuleiten um eine Konsequenzenanalyse durchzuführen und Störereignisse zu lokalisieren. Diese können intern aber auch extern ausgeprägt sein.

Über diese Methode der Zukunftsdarstellung kann eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit, mit der unterschiedliche Szenarien eintreten, getroffen werden. Es ist möglich, sowohl extrem positive als auch extrem negative Szenarien abzubilden und darzustellen. Zwischen extrem positiv und extrem negativ wird eine breit gestreute mögliche Zukunftsentwicklung sichtbar. Es ist nun möglich, flexibel auf Veränderungen zu reagieren und verschiedenste Abweichungen vom vorgesehenen Weg anzunehmen, ohne den Focus und die eigene Strategie zu verändern.

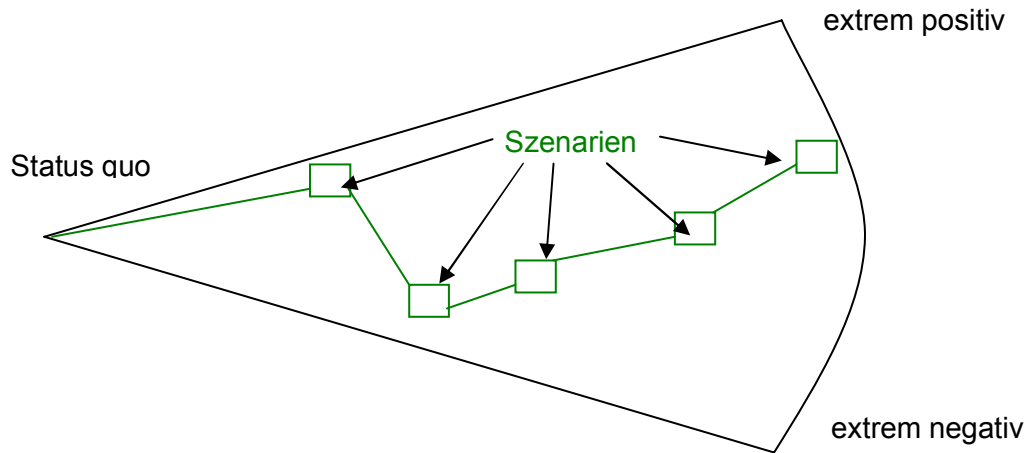


Abb.2.1 Szenariotrichter

2.2 Roadmapping

Roadmapping schließt, anders als die Szenariotechnik, nicht vom derzeitigen Status quo auf zukünftige Erwartungen. Vielmehr ist diese Technik ein kreatives Analyseverfahren, mit dem die Entwicklungspfade von Produkten, Dienstleistungen und Technologien unter Berücksichtigung der Vergangenheit in die Zukunft hinein prognostiziert, analysiert und visualisiert werden können. Hierzu werden die in der Vergangenheit ermittelten Produkteigenschaften über eine Regressionsgerade abgebildet. Da die einzelnen Faktoren, bedingt durch Marktschwankungen, weit von der Regressionsgeraden abweichen können, ist eine genaue Aussage über die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Zukunftsszenarios schwierig.

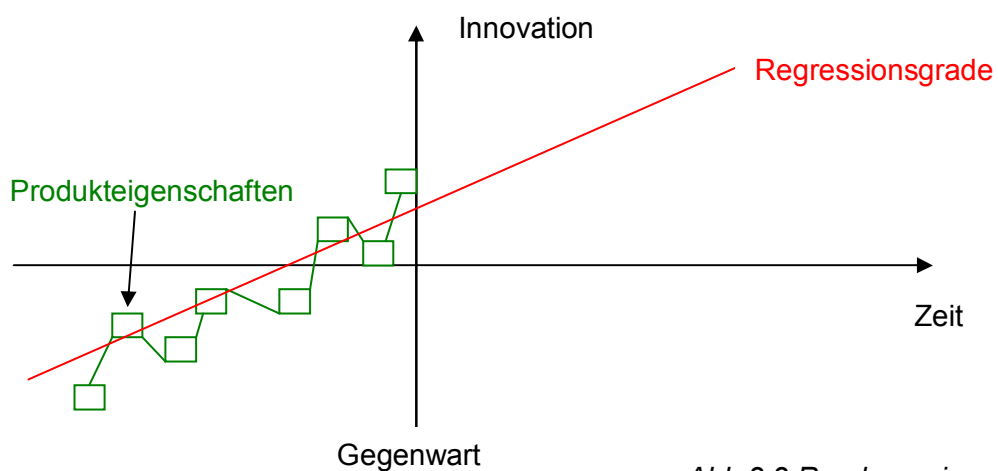


Abb.2.2 Roadmapping

3 TRIZ Evolutionsprinzipien

3.1 TRIZ im Überblick

Zur systematischen Produktentwicklung standen in der Vergangenheit nur begrenzt Instrumente und Methoden zur Verfügung. Zwar ist es seit langem möglich, effizient zu experimentieren und über den bewussten und konstruktiven Umgang mit Risiken zu optimieren, jedoch stellte sich die Umsetzung bzw. das Erarbeiten von neuen Ideen äußerst zufallsorientiert dar.

Erst seit 1996 wird dem von Altschuller erarbeiteten Ansatz zur gezielten und strukturierten Ideenfindung und Ideenumsetzung TRIZ in Europa zunehmende Beachtung geschenkt. TRIZ öffnet Wege, technische Innovationen gezielt und systematisch einzuleiten und umzusetzen. Hierbei werden bewusst Konflikte und Widersprüche formuliert, um komplexe Probleme mit Hilfe verschiedener Instrumente und Kreativitätstechniken effizient zu lösen.

3.2 Evolutionssystem im Überblick

Evolution ist ein lateinischer Begriff und bedeutet „Abwicklung“ bzw. „Entwicklung“. Hiermit ist das fortlaufende Entstehen neuer, aber auch das Wachsen bereits entstandener Muster in Richtung aufsteigender Komplexität und Vernetzung von verschiedenen Bereichen der Wirklichkeit gemeint. Die Evolution ist ein mit ungleichmäßiger Geschwindigkeit ablaufender Prozess der Veränderung, an dem sich auch die unregelmäßige Häufigkeit von Erneuerungen darstellt.

Technische Evolution beschreibt nicht direkt eine Neuentwicklung, sondern vielmehr eine Kombinationsveränderung der bereits vorhandenen Ressourcen und Erkenntnisse.

4 Gesetzmäßigkeiten der technischen Evolution

Jede Phase entlang der Produktentwicklung, aber auch jeder Bereich des Produktlebenszyklus unterliegt gewissen Gesetzmäßigkeiten, die bei einer systematischen Produktentwicklung eingehalten werden müssen, um einen optimalen Entwicklungsverlauf zu generieren.

4.1 Evolutionsstufen

Der Entwicklungsverlauf eines Produktes darf nicht nur über den Gesamtlebenszyklus des Erzeugnisses beschrieben werden, sondern muss unter Berücksichtigung der einzelnen Evolutionsstufen des Produktes erarbeitet werden. In diesem Zusammenhang können deutliche Neuerungen bzw. Veränderungen als Evolutionsstufe eines Produktes bezeichnet werden (siehe Abb. 4.1).

Am Beispiel der Lenksystementwicklung eines Automobils wird deutlich, welche Bedeutung die Evolutionsstufen im Verlauf des Gesamtlebenszyklus haben.

Zunächst wurde das Lenkrad als funktionelles Element gesehen, entwickelt um eine Richtungsveränderung des Fahrzeugs herbei zu führen. Im weiteren Verlauf der Zeit veränderte sich die Fahrzeugkonstruktion in dem Maße, dass eine Eckumlenkung der Lenkwelle notwendig wurde. Mit zunehmendem Anspruch an die Fahrzeugausstattung stellte sich die Notwendigkeit der Höhenverstellung des Lenkrades heraus, die über die Einbringung eines zweiten Gelenkes in die Lenkwelle realisiert wurde. Unter zunehmendem Verkehrsaufkommen rückte der Sicherheitsaspekt in den Vordergrund und mit zunehmender Unfallschwere wurde eine erneute Konstruktionsveränderung der Lenkwelle unumgänglich, die durch eine Winkelveränderung der Lenkwelle, aber auch über eine Gelenkveränderung umgesetzt wurde. Weitere Komfort- und Sicherheitsansprüche wurden über die Einführung einer hydraulischen Lenkung in die Automobilfertigung umgesetzt. Im weiteren Verlauf der Zeit wurde eine leichtere Lenkbewegung gefordert, die über eine elektrische Lenkung erreicht wird. Ob das „klassische“ Lenkrad eine zukünftige Weiterentwicklung durchläuft, bleibt abzuwarten.

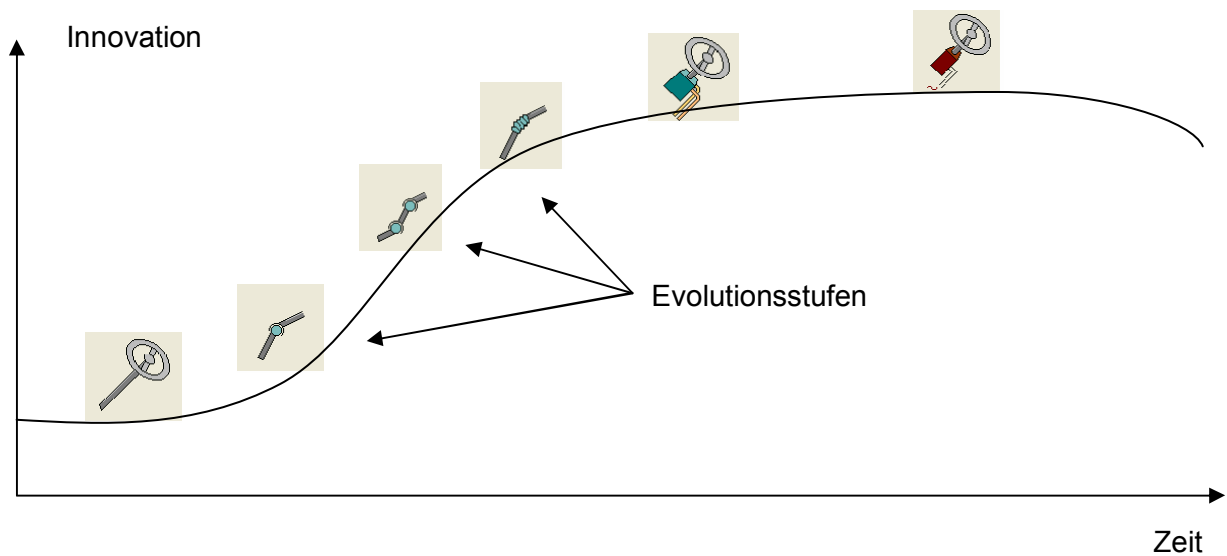


Abb.4.1 Evolutionsstufen der Lenkradentwicklung

4.2 Evolutionsprinzipien

Jede einzelne Evolutionsstufe birgt acht Vorgehensweisen (Evolutionsprinzipien), die sich entlang dieser Evolutionsstufen in Reihenfolge und Priorität verändern.

In den vergangenen Jahren wurden mehr als 2500000 Patente untersucht, um Parallelen in der Produktentwicklung herauszuarbeiten und festzuhalten. Aus diesen Untersuchungen wurden Prinzipien abgeleitet mit Hilfe derer die Möglichkeit besteht, unabhängig von Branche und Art des Produktes, eine langfristige Positionierung im Markt zu erreichen und konkurrenzfähig zu sein bzw. einen Wettbewerbsvorteil zu erreichen.

4.2.1 Phasen der Evolutionsstufenevolution

Grundlage einer Neuerung ist die Idee zur Innovation. Wenn diese Idee konkretisiert wurde muss zunächst eine Marktforschung erfolgen, um die Erfolgswahrscheinlichkeit der Markteroberung zu visualisieren. Der weitere Innovationsvorgang wird durch die Entwicklungsphase geprägt, in der Produkteigenschaften und Produkthanforderungen synchronisiert werden. Anschließend durchläuft das Produkt eine Erprobungsphase in der die Funktionalität der Eigenschaften erprobt wird und geht dann in ein reales Produkt über, das vermarktet werden kann. Die Vermarktung erfolgt, bis das Produkt bedingt durch eine

fallende Nachfrage, unrentabel wird. Am Beispiel des menschlichen Lebens stellen sich diese Schritte wie folgt dar:

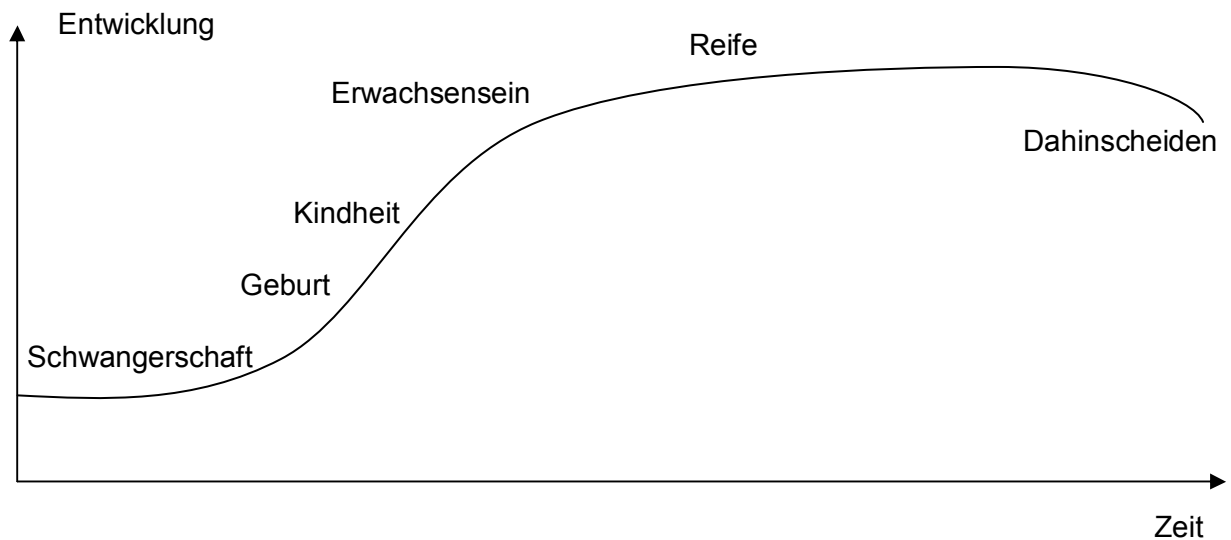


Abb.4.2.1 Phasen der menschlichen Evolution

4.2.2 Vergrößerung der Idealität

Als Ideal können im Zusammenhang mit der Produktentwicklung zwei Ansätze bezeichnet werden: Die Kombination von gegebenen positiven Faktoren unter Ausschluss von negativen Faktoren und die Kombination von maximal positiven Faktoren und gegebenen negativen Faktoren. Generell wird eine Erhöhung der Idealität angestrebt, ein Idealzustand wird im Normalfall nicht erreicht. Die Nachhaltigkeit der Idealität lässt sich über eine Formel bestimmen:

$$\text{Idealität} = \frac{\text{Summe der erwünschten Funktionen}}{\text{Summe der unerwünschten Nebenwirkungen}}$$

Außerdem haben sich als Vorgehensweise zur Erhöhung der Idealität sechs Schritte etabliert:

- identifiziere und eliminiere Hilfsfunktionen
- nutze Synergien bei Komponenten und Funktionen

- die ausführende Komponente eliminiert die unerwünschten Nebenwirkungen
- die ausführende Komponente wird durch etwas anderes ersetzt
- der Bedarf an einer Funktion wird eliminiert
- nutze Ressourcen

Als Beispiel für die Erhöhung der Idealität stellt sich die Entwicklung des Autoreifens dar. Hierbei wurde zunächst ein mit Luft gefüllter Mantel konstruiert. Da diese Luftfüllung Pannen durch Luftverlust mit sich bringt, wurde die Implementierung eines Innenrades angedacht, um die Mobilität zu gewährleisten. Die Witterungsverhältnisse, im Speziellen starker Schneefall machen Ketten notwendig um ein Fortkommen zu ermöglichen, aber auch Glätte ist winterlicher Alltag, dem mit Streuen entgegengewirkt werden kann. Um ein hohes Maß an Geländegängigkeit zu erzeugen, kann es von Vorteil sein, ein mit kettenähnlicher Bereifung versehenes Fahrzeug zu besitzen.

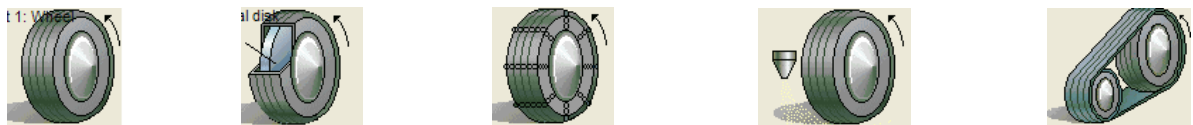


Abb.4.2.2 Idealität am Beispiel Autoreifen

4.2.3 Uneinheitliche Entwicklung der Systemteile

Da nicht nur der Gesamtlebenszyklus eines Produktes dem Verlauf einer S-Kurve folgt, sondern auch die einzelnen Evolutionsstufen und die in den Evolutionsstufen enthaltenen Komponenten, unterliegen diese in allen Stufen den unter 4.2.1 beschriebenen Phasen der Evolution. Hierdurch ergibt sich das Problem einer Engpassentstehung, da alle Komponenten einem unterschiedlich langen Lebenszyklus unterliegen. Es gilt also folgender Vorgang:

- Ermittlung der Systemkomponenten, die die zentrale Bedeutung des Systems darstellen
- Den übrigen Komponenten Prioritäten zuteilen
- Engpässe, von hoher Priorität beginnend, ermitteln

- Im Sinne von Projektmanagement milestones setzen und Vorlaufzeiten einplanen bzw. Prozesse parallelisieren
- Aufwand zur Engpassbehebung den Marktanforderungen anpassen

Als Beispiel hierfür kann die Entwicklung eines Wellenlagers beschrieben werden. Die Anpassung an Wellenanforderungen erfolgt in anderer Weise als die Entwicklung der Lagerführung einer Welle. Bedingt durch diese uneinheitliche Entwicklung finden die vorher angeführten Systemansätze Anwendung. Im Verlauf dieser Entwicklung wurde zunächst die Führung der Welle in einer bestimmten Lage angestrebt. Unter zunehmender Belastung wurde eine Verstärkung der führenden Kugelbahn erforderlich. Diese wurde über einen zweiten Kugelkreis herbei geführt. Eine weiterhin zunehmende Belastung, aber auch die Anforderung, eine zunehmend dynamische Bewegung zu erzeugen, machte den Einsatz vieler Kugelkreise mit Kugeln, die einen geringen Durchmesser aufweisen, erforderlich. Der hieraus resultierende Reibungswiderstand brachte eine Entwicklung von kugelloser Wellenführung mit sich. Um bei steigender Belastung bzw. zunehmender Beanspruchung der Welle eine perfekte Führung zu gewährleisten wurde eine Magnetfeldführung eingeführt.

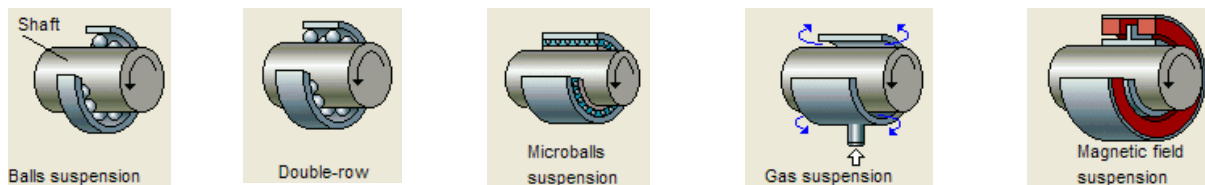


Abb.4.2.3 uneinheitliche Entwicklung am Beispiel Wellenlager

4.2.4 Erhöhung der Dynamik und Steuerung

Entlang dem Gesamtlebenszyklus durchläuft ein Produkt verschiedene Evolutionsstufen, in denen die technischen Systeme wiederum unterschiedliche Evolutionslinien durchlaufen. Hierzu muss das Produkt auf folgende mögliche, veränderbare Eigenschaften überprüft werden:

- Kann die Statik hin zur Dynamik verändert werden?
- Können unbewegliche Teile flexibilisiert werden?
- Kann die Stabilität erhöht werden?

Über diese Evolutionslinien durchläuft das Produkt einen Prozess, der es von einem großen zu verschiedenen kleinen Elementen verändern, aber gleichzeitig die Funktion verbessern kann und den zunehmenden Anforderungen der Konsumenten entspricht. Am Beispiel Handy wird deutlich wie Dynamik und Flexibilität ein Produkt verändern können.

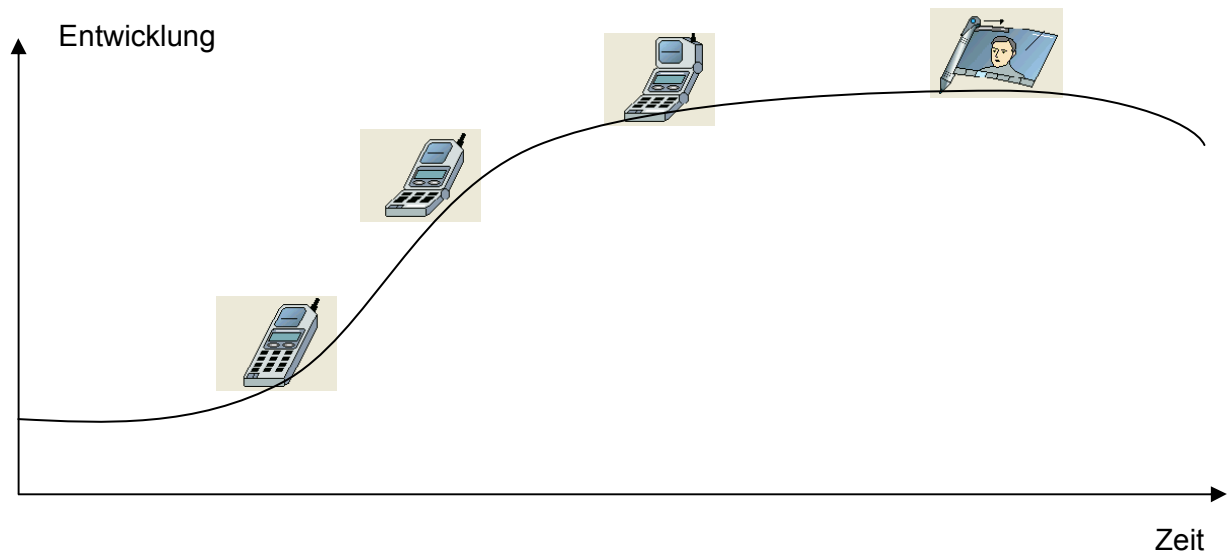


Abb.4.2.4 Dynamik am Beispiel Handy

4.2.5 Über Komplexität zum Einfachen

Zunehmende technische Anforderungen innerhalb einer kurzen Zeitfolge generierten das Problem, diese mit den gegebenen Technologien zu vereinbaren. Da die Anforderungen schneller steigen als die Technologieentwicklung voran schreitet, ergibt sich eine zunehmend komplexe Konstruktion, die die Gesamtfunktionalität in einigen Bereichen einschränken kann. Weiterhin ergeben sich eine Vielzahl von wartungsintensiven und störanfälligen Funktionen. Eine Parzellierung oder Konstruktveränderung sollte nur vorgenommen werden, wenn folgende Aspekte entsprechend den Produkthanforderungen berücksichtigt werden:

- Erreichen der Basisfunktionalität
- Leistungsfähigkeit
- Sicherheitsaspekt
- Ergonomie

- Ökologie
- Optik
- Zusatzfunktionen

Hierzu muss eine Beurteilung bezogen auf das eigene Produkt vorgenommen werden. Folgende Grundsätze gelten in diesem Evolutionssystem bei der Überführung vom Komplexen hin zum Einfachen:

- Hilfsfunktionen werden über die einfachste Realisierungsform umgesetzt
- Elemente und Module mit gleicher Arbeitsweise oder Funktion werden vereint
- Komplexe Konstruktionen werden z.B. unter Weiterentwicklung der Mechanik, dem Einsatz von physikalischen Phänomenen oder unter chemischer Veränderung vereinfacht

Diese Überführung von komplexen Systemen stellt sich über eine Veränderung von Monosystemen über Bisysteme, über Polysysteme hin zur Konstruktveränderung folgendermaßen dar.

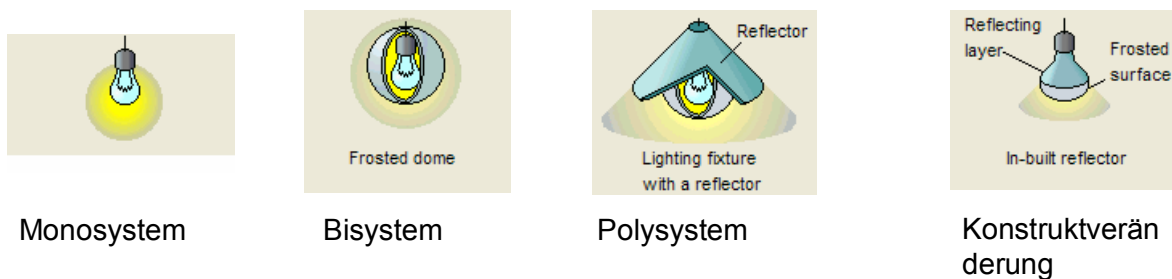


Abb.4.2.5 Beispiel: Evolutionslinie der Vereinfachung

Die Glühlampe wurde vor dem Hintergrund Licht zu spenden entwickelt. Im Laufe der Zeit entstand die Anforderung dieses Licht ohne eine unangenehme Blendwirkung zu erzeugen und weiterhin mit diesem Licht einen bestimmten Bereich auszuleuchten. Aus diesen gestiegenen Anforderungen wurde eine Glühlampe mit integriertem Reflektor und einer entsprechenden Oberflächenbehandlung entwickelt. Über diese Konstruktveränderung wurden die gewünschten Eigenschaften vereint und eine umfassende Funktionalität generiert.

4.2.6 Evolution mit passenden und gezielt nicht passenden Komponenten

Zunächst muß eine Differenzierung von gezielt passenden Teilen, also einer Bereinigung des eigenen Produktsortiments und gezielt nicht passenden Teilen, also der Anpassung an unterschiedliche Kundenwünsche vorgenommen werden, um den entsprechenden Ansatz in der Entwicklung umsetzen zu können.

In diesem System der Evolution gilt es zunächst zu erarbeiten, in wie weit Widersprüche formuliert werden können, d.h. eine Kombination von passenden und gezielt nicht passenden Komponenten generiert werden kann, um die Funktionalität zu erhöhen.

Der Einsatz von überwiegend passenden Teilen ermöglicht die Erstellung einer Basistechnik. Auf der Grundlage dieser Basis können Komponenten in unterschiedlicher Weise, entsprechend den Kundenwünschen, kombiniert werden. Am Beispiel Auto wird der Vorzug dieser Vorgehensweise deutlich. Beim Neukauf eines Automobils kann der Konsument Fahrwerk, Motor, Ausstattung und das gewünschte Modell nach eigenem Wunsch kombinieren.

Wenn überwiegend unpassende Teile eingesetzt werden, ergibt sich die Möglichkeit, gezielt auf spezielle Kundenwünsche einzugehen und unterschiedliche Anforderungen zu kombinieren. Als Beispiel für diesen Zusammenhang kann die Bereifung eines Formel1-Autos herangezogen werden. Hierbei erfüllen die Vorderräder die Funktion, einem Kurvenverlauf zu folgen, Spurstabilität zu gewährleisten und einen geringen Rollwiderstand zu erzeugen. Die Hinterräder hingegen müssen die Motorleistung in Form von Vortrieb auf die Straße übertragen. Aus diesen Anforderungen ergibt sich eine unterschiedliche Reifenbreite.

Es sollte also zunächst erarbeitet werden, in wie fern technische Systeme

- unkoordiniert durchführbar sind
- teilweise koordiniert durchführbar sind
- koordiniert durchführbar sind
- einen Nutzen aus Pausen und Intervallen ziehen können

und in diesem Zusammenhang eine Dynamisierung durch Optimierung erreicht werden kann. Am Beispiel der Formel1 Bereifung zeigen sich deutlich die Funktionsverbesserungen

eines Formel1 Autos unter Anwendung dieser Optimierungsprinzipien. Weiterhin kann eine Komponente in unterschiedlicher Weise an das Produkt angepasst werden. Hierbei muss untersucht werden, ob ein System

- mit nicht übereinstimmenden Teilen
- mit passenden Teilen
- mit gezielt nicht übereinstimmenden Teilen
- mit dynamisch passenden/ nicht passenden Teilen

vorliegt, um entsprechende Konstruktionsanpassungen vorzunehmen. Dieser Vorgang wird am Beispiel der Fahrzeuggetriebeentwicklung verdeutlicht. Der Wunsch nach zunehmender Flexibilität bezogen auf Geschwindigkeit und zu bewegende Lasten brachte die Notwendigkeit einer kurzfristigen Veränderung des Übersetzungsverhältnisses zwischen Antrieb und Rad mit sich. Dieses wurde über die veränderbare Kombination von verschiedenen großen Zahnrädern ermöglicht. Jedoch stellte sich zunächst die Abstimmung der unterschiedlichen Zahnrad Durchmesser als problematisch heraus, ein Problem, das durch perfekt ineinander greifende Wellen und Zahnräder gelöst wurde. Während der Belastung dieser Getriebeelemente in unterschiedlichen Drehzahlbereichen ergab sich, bedingt durch drehzahlbezogene Resonanz- Phänomene, eine mehr oder weniger große Lärmbelästigung. Durch gezielte Asymmetrien im Schwingungsverlauf konnten diese Phänomene in verschiedenen Drehzahlbereichen unterbunden werden. Im weiteren Zeitverlauf wurde eine Systematik erarbeitet, mit Hilfe derer diese Resonanz- Phänomene über den gesamten Drehzahlbereich unterbunden werden.

4.2.7 Miniaturisierung und verstärkter Einsatz von Feldern

Da technische Systeme zunehmend komplexere Aufgaben ausführen und mit zunehmender Informationsflut in immer kürzeren Zeitabständen umgehen müssen, stellt sich die Bedienung, bedingt durch Vergrößerung des Systemvolumens, als ein Faktor mit dringendem Optimierungsbedarf dar.

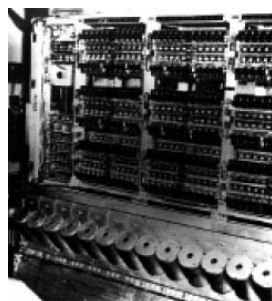
Vier Evolutionslinien bilden die Grundlage für eine Veränderung von Erzeugnissen. Über diese kann von Miniaturisierung bis hin zum Einsatz von Feldern eine Produktveränderung herbeigeführt werden.

Als erstes sollte in diesem Zusammenhang die Möglichkeit eines Übergangs auf die Mikroebene untersucht werden. Dabei muss zunächst das eigene System einem der folgenden Systeme zugeordnet werden, um die Ausgangssituation zu ermitteln.

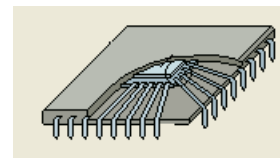
- Macrosystem
- Polysystem basierend auf Teilen mit standardisierter Struktur
 - Flache Elemente, Blätter, Ebenen
 - Lineare Elemente, Stäbe, Rohre
 - Volumenelemente, Kugeln, Quader
- Hochdisperse Polysysteme
 - Auf Microebene
 - Auf Molekularebene
 - Auf atomarer Ebene
- Einsatz von Feldern

Entlang der Computerentwicklung wurde die Bedeutung dieses Übergangs in besonderer Weise deutlich. Hier zeigte das Verhältnis von Volumen zur Computerleistung in den vergangenen Jahren eine extreme Verbesserung.

Der erste speicherprogrammierbare Von- Neumann- Rechner benötigte noch ganze Räume bei einer aus heutiger Sicht minimalen Leistung. Im Gegensatz dazu sind heutige Hochleistungsrechner im Größenbereich einer Streichholzschachtel angesiedelt und mit einer Leistung ausgestattet, die es ermöglicht, umfangreiche Berechnungen innerhalb kurzer Zeit durchzuführen.



Von- Neumann- Rechner



Hochleistungsmicrochip

Abb.4.2.7 Beispiel Miniaturisierung

Zum zweiten sollte untersucht werden, ob eine Effizienzsteigerung herbei geführt werden kann. Hierzu müssen Interaktionen in folgenden Bereichen überprüft werden:

- mechanisch
- thermisch
- molekular
- chemisch
- elektrisch
- magnetisch
- elektromagnetisch
- Strahlung

Den dritten Schritt spiegelt die Frage nach der steigenden Effizienz durch den Einsatz von Feldern wieder. In diesem Zusammenhang stellen sich folgende Fragen:

- Besteht eine direkte Feldeinwirkung?
- Wirkt ein Feld mit entgegengesetzter Richtung ein?
- Wirkt eine Kombination von Feldern ein?
- Werden Felder mit entgegengesetzter Richtung eingesetzt?
- Wirken oszillierende Felder, Resonanzwellen, stehende Wellen ein?
- Wirken gepulste Felder ein?
- Wirken Felder mit Gradient ein?

Als letztes sollte die Klassifizierung des Objekts vorgenommen werden. Folgende Fragen treten hierbei auf:

- Liegt ein festes, starres, monolithisches Objekt vor?
- Liegt ein Objekt mit interner Abgrenzung vor?
- Liegt ein Objekt mit Kompartimenten vor?
- Liegt ein Objekt mit langen, engen Verbindungen vor?
- Werden Teile des Objekts durch Felder verbunden?
- Bestehen strukturelle Verbindungen zwischen Teilen des Objektes?
- Bestehen zeitweise Verbindungen zwischen Teilen des Objektes?
- Besteht eine interne Autonomie des Objektes?

Aus den entlang dieser Bewertung bzw. Klassifizierung gewonnenen Erkenntnissen kann das Produkt auf die Möglichkeit einer Miniaturisierung und die Notwendigkeit des verstärkten Einsatzes von Feldern untersucht werden.

4.2.8 Abnehmende menschliche Interaktion und zunehmende Automatisierung

Zunehmender Wettbewerb stellt die minimale Kostenstruktur eines Unternehmens als einen Faktor der Beständigkeit heraus. In diesem Zusammenhang kann der Bereich Personalkosten als wesentlich definiert werden. Bei einer Überlegung unter streng betriebswirtschaftlichen Grundsätzen wird die Notwendigkeit von zunehmender Technisierung deutlich. Angepasst an die Zielsetzung und die Branche des Unternehmens muss die Relevanz dieser Frage erörtert werden. Bezogen auf das Produkt ist der Faktor menschliche Interaktion als ein möglicher Risiko- bzw. Störfaktor aber auch als leistungshemmend anzusehen. Hierbei sollte das Potential des einzelnen Menschen jedoch als Voraussetzung für technische Neuerungen angesehen werden. Aus dieser Überlegung ergibt sich in der Produktentwicklung die Notwendigkeit eine Innovation unter zurhilfenahme aller, der Zeit entsprechenden, technischen Möglichkeiten umzusetzen.

Folgende Art von System stellt sich im Verlauf dieses Produktionssystems dar (siehe Abb. 4.2.8):

1. System mit eingebundenen menschlichen Aktionen
2. Ersatz des Menschen (Automatisierung) aber identisches Funktionsprinzip
 - Ersatz des Menschen als Ausführer
 - Ersatz des Menschen als Kontrollierender
 - Ersatz des Menschen als Entscheidungsträger
3. Das System führt die Aktionen automatisch aus, ohne den Menschen nachzuahmen

Im Verlauf jeder einzelnen Evolutionsstufe sollte in Betracht gezogen werden, eine Entwicklung, entlang diesen angeführten Schritten einzuleiten, soweit diese auf das Produkt übertragbar sind.

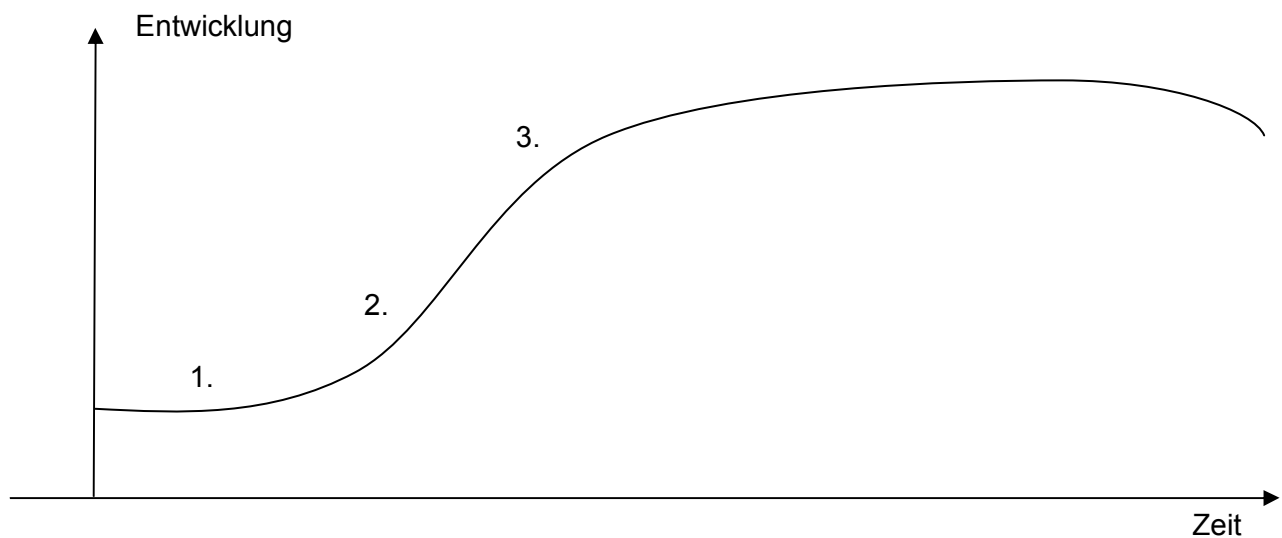
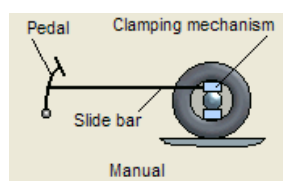
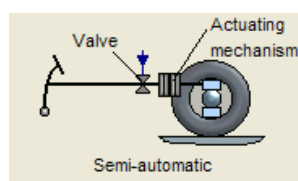


Abb.4.2.8 zunehmende Technisierung entlang des Produktlebenszyklus

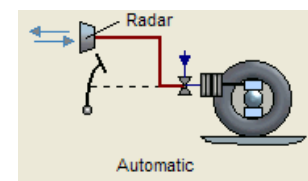
Zur Verdeutlichung dieses Systems dient das Beispiel der Entwicklung einer zunehmend automatisierten Bremse. Hierbei ist anfangs der Mensch der Entscheidungsträger und ausführende Kraft. Im Verlauf der Zeit wurden Hilfen wie ABS in den Markt eingeführt um den Menschen in extremen Situationen zu unterstützen. Die zukünftige Entwicklung sieht eine, Intensität und Dauer der Verzögerung einschätzende, selbstauslösende Bremse vor.



herkömmliche Bremse



unterstützende Bremse



eigenständige Bremse

Abb.4.2.8.1 Technisierung am Beispiel Bremse

Es wird deutlich, welches Potential an Entlastung die zunehmende Technisierung für den Menschen mit sich bringt. Für den Menschen bleibt hierdurch mehr Zeit, sich um „wesentliche“ Dinge zu bemühen.

5 Systematik in der Anwendung von Evolutionssystemen

Entlang zunehmender Entwicklung (Produktevolution) nimmt die Differenzierung im Detail zu, d.h. alle Konkurrenten werden in der Lage sein, eine Grundfunktionalität zu erzeugen. Es stellt sich jedoch die Frage nach der Art der Umsetzung dieser Funktionalität. Wenn es nun den Mitbewerbern gelungen ist, diese Grundfunktion in Perfektion auszuprägen, so stellt sich dennoch die Frage, ob sie in der Lage sein werden, zur richtigen Zeit die richtige Weiterentwicklung mit der richtigen Vorgehensweise voran zu treiben. Diese Frage trifft den eigentlichen Kern der Produktentwicklung hinsichtlich der technische Evolution. Die richtige Zuordnung von Prioritäten zu den einzelnen Evolutionssystemen entlang jeder einzelnen Evolutionsstufe ist der langfristige über Nachhaltigkeit des Produktes entscheidende Faktor. Dieser kann über die Ausrichtung hin zur langfristigen Wettbewerbsfähigkeit bzw. Produktführerschaft von elementarer Bedeutung sein. In diesem Zusammenhang stellt die Gewichtung aber auch die Reihenfolge neben der Prioritätszuordnung der herangezogenen Evolutionssysteme den höchsten Stellenwert dar.

Produktentwicklung beginnt zunächst mit der Idee zu einem neuen Produkt oder der Notwendigkeit einer Veränderung, die sich aus dem Produktlebenszyklus bzw. der Produktlebenszyklusphase in jeder einzelnen Evolutionsstufe des Produkts ergibt. Bezogen auf den Gesamtlebenszyklus verschieben sich die Prioritäten und die Reihenfolge der einzelnen Evolutionssysteme. Der bewusste Einsatz dieser Evolutionsprinzipien ermöglicht eine gezielte Weiterentwicklung des Produktes.

Grundanforderung an die Produktentwicklung ist die Befriedigung der Kundenanforderungen über die Generierung von technischen Möglichkeiten.

6 Wechselwirkung von wissenschaftlicher und technischer Evolution

Die Nachfrage der Konsumenten bezogen auf technische Möglichkeiten verändert sich im Verlauf des Gesamtlebenszyklus eines Produktes. Daraus ergibt sich eine Veränderung der mit dem System in Verbindung stehenden Erfindungen hinsichtlich Quantität und Qualität. Der Profit, den ein entwickeltes System mit sich bringt, verändert sich ebenfalls entlang des Gesamtlebenszyklus.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit einer Abgrenzung in vier Felder. Diese in Abb.5 definierten Felder bringen ihre eigenen Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich Reihenfolge und Priorität der Evolutionssysteme mit sich.

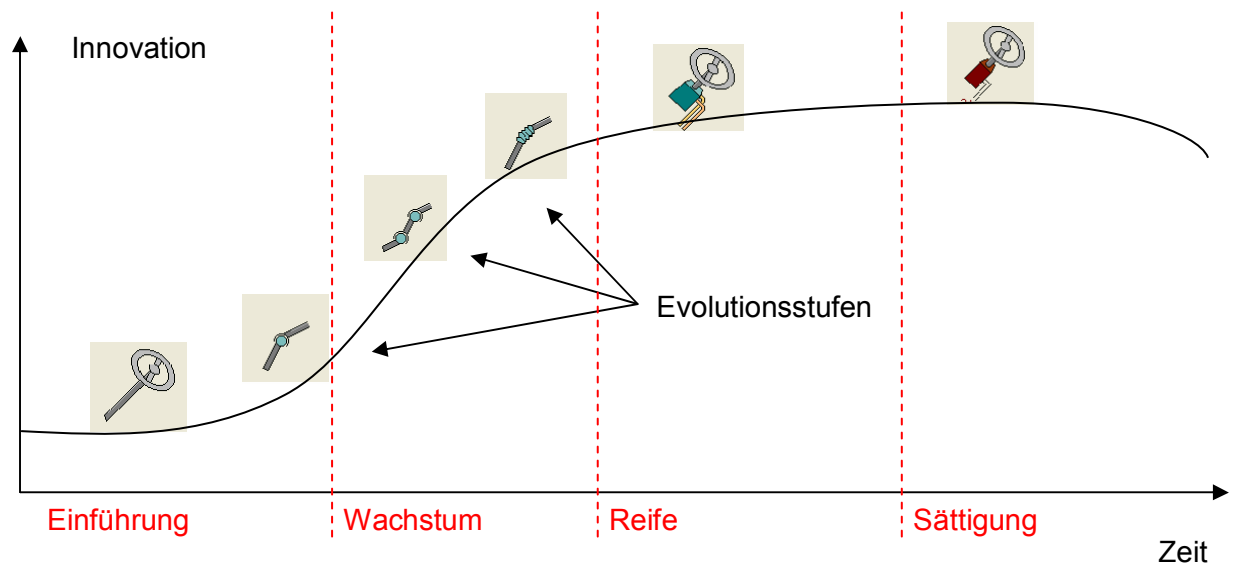


Abb.5 Einordnung der Evolutionssysteme in Felder des Gesamtlebenszyklus

Entlang aller Bereiche des Produktlebenszyklus und in diesem Sinne auch entlang jeder Evolutionssysteme ist es notwendig, jedes Evolutionssystem unter Berücksichtigung des in Abb. 4.2.1 beschriebenen Systems (Phasen der Evolution) einzusetzen. Ebenfalls muss die Anwendung jedes Evolutionssystems entlang aller Evolutionssysteme in Anlehnung an das unter Abb. 4.2.3 beschriebene System (uneinheitliche Entwicklung der Systemteile) erfolgen.

Die nach Relevanz geordneten Evolutionssysteme in den einzelnen Zyklusphasen müssen im Einzelfall auf das eigene Produkt zugeschnitten werden. Sie stellen sich in folgender Weise dar:

6.1 Markteinführung

Eine Neuerung birgt in jeder Branche hohe Investitionskosten, außerdem entstehen in dieser Phase des Produktlebenszyklus wenige aber qualitativ hochwertige Erfindungen die sich zunächst nicht amortisieren.

Als Reihenfolge der Evolutionssysteme in dieser Produktlebenszyklusphase stellt sich folgende Reihenfolge als sinnvolle Vorgehensweise zur Produktinnovation dar:

1. Evolution mit passenden und gezielt nicht passenden Komponenten (siehe 4.2.6)
2. Erhöhung der Dynamik und Steuerung (siehe 4.2.4)
3. Über Komplexität zum Einfachen (siehe 4.2.5)
4. Vergrößerung der Idealität (siehe 4.2.2)
5. Abnehmende menschliche Interaktion und zunehmende Automatisierung (siehe 4.2.8)
6. Miniaturisierung und verstärkter Einsatz von Feldern (siehe 4.2.7)

6.2 Marktwachstum

Nach der Markteinführung stellt sich eine erste Kommerzialisierung ein, in der ein mäßiger Profit erzielt werden kann. In Folge der Neuentwicklung werden in dieser Phase des Produktlebenszyklus Lücken und Probleme deutlich, die zu einer rapiden Vermehrung von neuen Patenten führen. Bedingt durch die veränderte Marktsituation ergibt sich folgende Reihenfolge für die Vorgehensweise in der Produktentwicklung:

1. Vergrößerung der Idealität (siehe 4.2.2)
2. Erhöhung der Dynamik und Steuerung (siehe 4.2.4)
3. Abnehmende menschliche Interaktion und zunehmende Automatisierung (siehe 4.2.8)
4. Über Komplexität zum Einfachen (siehe 4.2.5)
5. Miniaturisierung und verstärkter Einsatz von Feldern (siehe 4.2.7)
6. Evolution mit passenden und gezielt nicht passenden Komponenten (siehe 4.2.6)

6.3 Produktreife

Wenn ein Abflachen des Profits erkennbar wird, geht das Produkt in die Reifephase über. In dieser Phase sollte eine Profitabilitätssteigerung herbei geführt werden, um das Produkt im Markt zu halten. Die Quantität aber auch die Qualität der hervorgebrachten Patente nimmt in diesem Bereich des Produktlebenszyklus ein relativ niedriges Niveau ein. Zur Weiterentwicklung des Produktes ergibt sich die Ordnung der Evolutionssysteme wie folgt:

1. Erhöhung der Dynamik und Steuerung (siehe 4.2.4)
2. Über Komplexität zum Einfachen (siehe 4.2.5)
3. Miniaturisierung und verstärkter Einsatz von Feldern (siehe 4.2.7)
4. Vergrößerung der Idealität (siehe 4.2.2)
5. Abnehmende menschliche Interaktion und zunehmende Automatisierung (siehe 4.2.8)
6. Evolution mit passenden und gezielt nicht passenden Komponenten (siehe 4.2.6)

6.4 Marktsättigung

Das Ende des Produktlebenszyklus wird mit der Marktsättigung eingeleitet. In dieser Phase nimmt die Anzahl der Patente rasant ab und Produkt verschwindet vom Markt. Auf der Grundlage des verschwindenden Produktes wird ein neuer Produktlebenszyklus ins Leben gerufen der mit seiner Performance über der des alten Produktes liegt. Um diesen Schritt zu vollführen ist folgende Reihenfolge für die Vorgehensweise angebracht:

1. Miniaturisierung und verstärkter Einsatz von Feldern (siehe 4.2.7)
2. Abnehmende menschliche Interaktion und zunehmende Automatisierung (siehe 4.2.8)
3. Evolution mit passenden und gezielt nicht passenden Komponenten (siehe 4.2.6)
4. Vergrößerung der Idealität (siehe 4.2.2)
5. Erhöhung der Dynamik und Steuerung (siehe 4.2.4)
6. Über Komplexität zum Einfachen (siehe 4.2.5)

7 Fazit

In der Anwendung des Instruments TRIZ stellen die Evolutionsstufen mit den beinhalteten Evolutionssystemen die Grundlage einer langfristigen Produktbeständigkeit am Markt dar. Für den Erfolg bzw. die gewünschte Positionierung des Produktes ist die richtige Reihenfolge und Gewichtung der Evolutionssysteme in den einzelnen Evolutionsstufen ausschlaggebend. Bei der Einführung von TRIZ in der Produktentwicklung, zu einem bezogen auf den Produktlebenszyklus fortgeschrittenen Zeitpunkt, im eigenen Unternehmen, kann rückwirkend eine Analyse des eigenen Produktes vorgenommen werden, um das Erzeugnis unter Berücksichtigung der Evolutionsprinzipien in die Zukunft zu überführen.

Über die systematische Produktentwicklung TRIZ wird unter Einsatz der Evolutionssysteme eine vorausschauende Positionierung des Produktes entsprechend den zukünftigen Marktanforderungen kontrollierbar und steuerbar.

Abbildungsverzeichniss:

2.1 Szenariotrichter	3
2.2 Roadmapping	3
4.1 Evolutionsstufen der Lenkradentwicklung	6
4.2.1 Phasen der menschlichen Evolution	6
4.2.2 Idealität am Beispiel Autoreifen	8
4.2.3 uneinheitlich Entwicklung am Beispiel Wellenlager	9
4.2.4 Dynamik am Beispiel Handy	10
4.2.5 Beispiel: Evolutionslinie der Vereinfachung	11
4.2.7 Beispiel Miniaturisierung	14
4.2.8 zunehmende Technisierung entlang dem Produktlebenszyklus	17
4.2.8.1 Technisierung am Beispiel Bremse	17
5 Einordnung der Evolutionsstufen in Felder des Gesamtlebenszyklus	19

Literaturverzeichnis

Herb, R., Herb, T., Kohnhauser, V., 2000, TRIZ, mi-Verlag

Zobel, D., 2001, Systematisches Erfinden, expert Verlag

Zobel, D., 1991, Erfinder Praxis, Deutscher Verlag der Wissenschaften

Salamatov, Y., 1999, TRIZ: The Right Solution at the Right Time, insytec