

# Die heutigen Möglichkeiten des Computer unterstützten Erfindens.

## Der Unterschied zwischen dem Erfinden und Entwickeln neuer Produkte

- Entdecken** Physikalische, chemische und biologische Effekte sind von der Natur her vorgegeben. Wir können sie entdecken – oder übersehen. Einmal entdeckt, können wir ihre Gesetzmässigkeiten im Detail erforschen.
- Erfinden** Beim Erfinden kombinieren wir naturwissenschaftliche Effekte und technische Prinzipien zu nützlichen Wirkungsketten.
- Entwickeln** Hier geht es um die konstruktive Umsetzung einer Erfindung in eine praktisch einsetzbare, wirtschaftliche Lösung. Es wird z.B. ein industriell herstellbares Gerät entwickelt. Neben neuartigen Aufgaben sind dabei auch sehr viele Routineprobleme zu lösen.
- Beispiel** Schon in der Antike kannten die Griechen die physikalischen Effekte, um Dampfmaschinen zu bauen. Erst 1681 jedoch erfand Papin die erste Dampfmaschine. Es bedurfte aber eines James Watt und eines entsprechenden wirtschaftlichen Umfeldes, um daraus 1764 (also 83 Jahre später!) die erste wirtschaftlich erfolgreiche Dampfmaschine zu entwickeln.

Die obigen Definitionen schliessen Erfindungen im Laufe einer Entwicklungsarbeit nicht aus. Auch James Watt machte viele Erfindungen. Aber am Prinzip, Dampf als Antriebsenergie zu verwenden, änderte er nichts mehr. Auf einer Grundidee aufbauende Erfindungen bewegen sich meist auf einer tieferen Systemebene als die grundlegende Erfindung. Die Grundprinzipien, auf denen eine Produkteentwicklung aufbaut, sollten bei deren Start feststehen. Andernfalls darf man das Entwicklungsprojekt noch nicht starten, weil es noch zu viele Risiken in sich birgt.

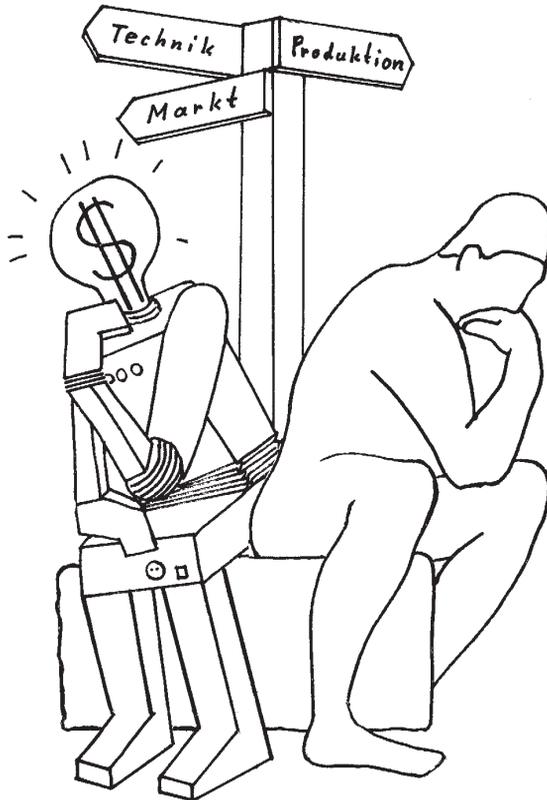
## CAI (Computer Aided Innovation) unterstützt den Erfindungsprozess.

CAI-Tools kommen in der Vorentwicklungsphase und in den frühen Phasen von Produktentwicklungsprojekten zum Einsatz, um die geeignetsten Wirkungsketten und technischen Prinzipien für das zu entwickelnde Produkt zu finden. Sie erweisen sich jedoch auch im Rahmen von Weiterentwicklungsprojekten zum Lösen spezifischer Probleme, oder bei der Umgestaltung von Teilsystemen im Anfangsstadium solcher Projekte als sehr hilfreich.

# CAI (Computer Aided Invention)

## Von der Kunst zur Methode

Die Entwicklung der Automatisierungshilfen für den Produktentstehungsprozess verlief von hinten nach vorne: von der Produktionsautomatisierung über Zeichnungs- und Konstruktionshilfen (CAD/CAM), Berechnungshilfen (CAE) und Projektmanagementtools bis zur Produktdatenverwaltung (PDM). Der eigentliche Kurationsprozess, in dem noch vor der Konstruktion die Wirkprinzipien festgelegt werden, blieb lange weitgehend der individuellen Kreativität der Erfinder überlassen. Natürlich gingen diese zum Teil systematisch vor. Eigentliche Erfindungssoftware ist aber neu. Verschiedene Pakete („Invention Machine“ oder „Ideation“) wurden zuerst in Osteuropa, dann in den USA ausgehend von Altschillers TRIZ-Methode entwickelt. CAI ist jedoch nicht bei den TRIZ-Methoden stehen geblieben. Man geht heute methodisch über Altschillers Prinzipien hinaus und die Software bietet daneben noch eine grosse Anzahl von Wirkprinzipien und Berechnungshilfen sowie Erfahrungen aus mehr als 2.5 Mio. Patenten.



*CAI: Nachdenkhilfe auf dem Weg zur nächsten Innovation*

# Das CAI-unterstützte Arbeiten

Wir stehen heute am Beginn der Verbreitung von CAI-Software in der Industrie. Im folgenden wird der Einsatz von CIA anhand des Softwarepaketes TechOptimizer 3.5 beschrieben. Diese Software unterstützt neben den TRIZ-auch noch weitere sehr wirksame Methoden und die heutigen Kommunikations- und Datentverarbeitungsmöglichkeiten, die Altschuller, als er seine Methoden schuf, noch nicht zur Verfügung standen.

## Überblick über die wichtigsten Komponenten des TechOptimizers

Abb. 1 gibt einen Überblick über die Softwarekomponenten des TechOptimizer. Im einzelnen werden sie in den folgenden Abschnitten in der üblich angewandten Reihenfolge beschrieben.

### Projektdatenerfassung

Der Ausgangspunkt zur Lösung jedes Problems ist immer eine klare Aufgabenstellung. Diese muss hier formuliert werden. Zusätzlich werden in diesem Modul auch weitere Basisdaten des Projektes erfasst (Projektteam, etc.).

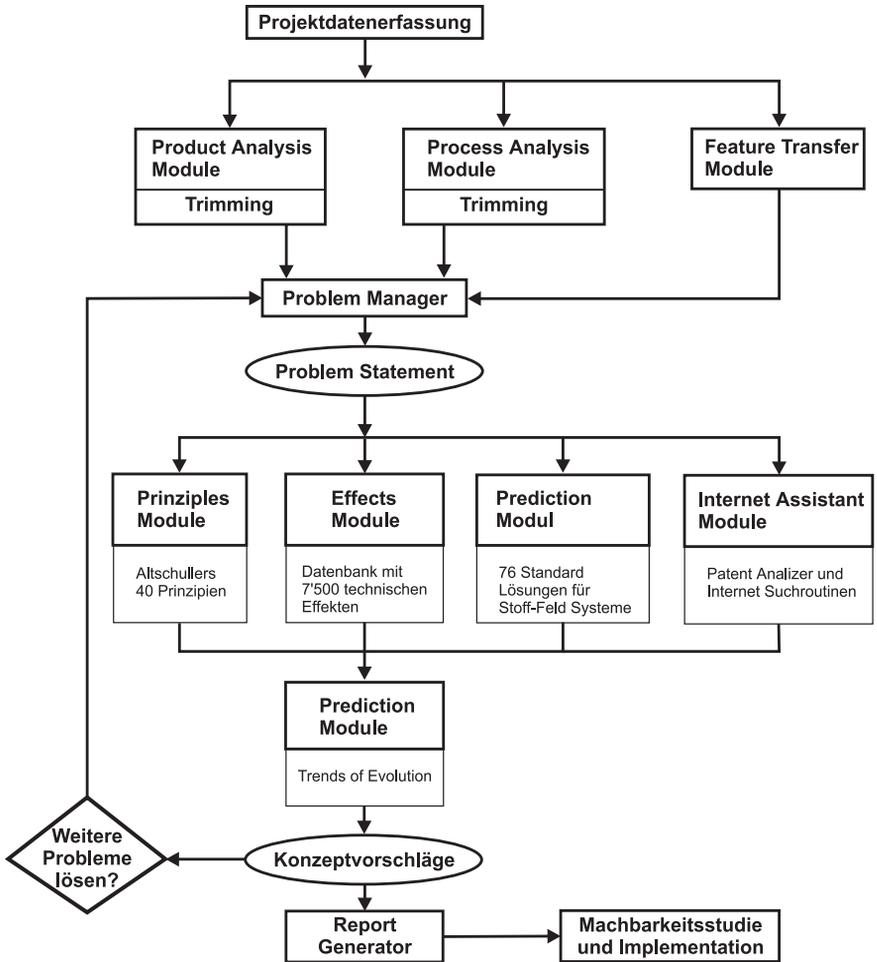
### Die Analysemodule

Zur detaillierten Situationsanalyse stehen im TechOptimizer zwei verschiedene Module zur Verfügung. Das **Product Analysis Modul** und das **Process Analysis Modul**.

Mit dem *Product Analysis Modul* definiert man die Funktionen des gewünschten oder bereits existierenden Systems. Dabei werden auch die Schlüssel-funktionen festgelegt und die Aufgabenstellung wird konkretisiert. Es ist zu Beginn noch nicht wichtig, die Zusammenhänge bis ins letzte Detail korrekt zu verstehen. Die Software hilft, diese im weiteren Verlauf dann schon zu entdecken. Voraussetzung für einen effizienten Einsatz sind Basiskenntnisse über Systemdenken und vernetztes Denken.

Zur Modellbildung plziert der Benutzer die einzelnen Systemkomponenten und beschreibt die Beziehungen dazwischen. Dabei unterscheidet er zwischen "erwünschten" und "schädlichen" Einwirkungen. Auch die Wichtigkeit und die Kosten der einzelnen Einflussgrößen kann er eingeben. Abb. 2 zeigt die graphische Erfassung eines Funktionsmodells.

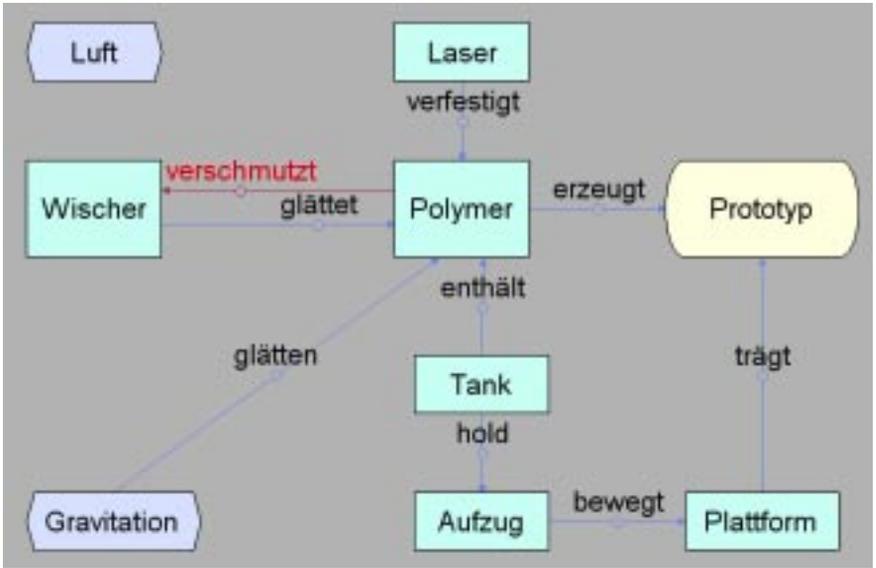
Das *Process Analysis Modul* eignet sich zur Analyse technischer Operationen in Produktionssystemen inkl. der Kosten und anderer Prozessparameter.



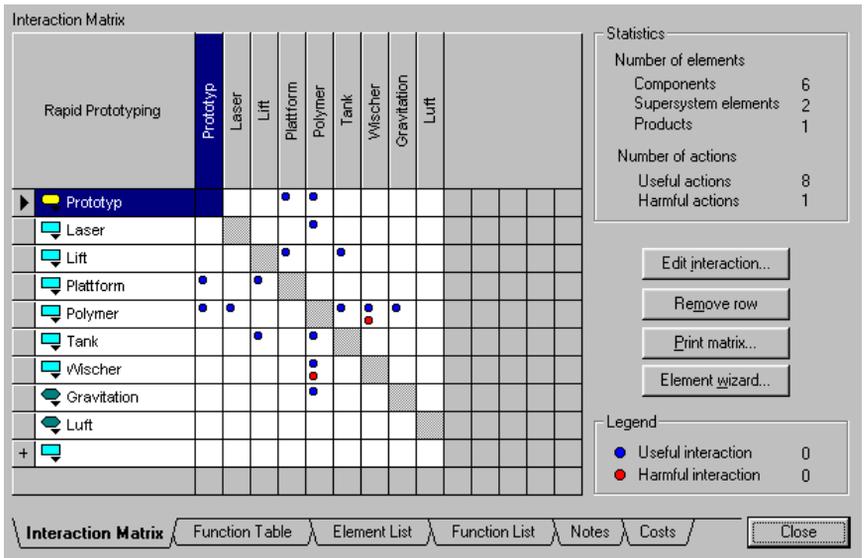
**Abb. 1** Der TechOptimizer im Überblick

## Die Trimmingfunktionen

Eine weitere Spezialität des TechOptimizers sind die sogenannten Trimmingfunktionen. Sie kommen im Zusammenhang mit dem Product- oder Processanalysismodul zum Einsatz. Ausgehend von einem Produkt- oder Prozesskonzept und einem davon abgeleiteten „Problemranking“ schlägt die Software in Richtung „ideales System“ konzeptionelle Vereinfachungen vor. Beurteilen und entscheiden muss der Anwender. Beim Entwurf vereinfachter Konzepte „überwacht“ ihn jedoch die Software. Lässt er z.B. bisherige Prozessschritte weg, kontrolliert die Software, dass notwendige, produktive Funktionen, die bisher von diesem Prozessschritt wahrgenommen wurden, in andere Schritte verlagert werden.



**Abb. 2** Beispiel für die graphische Erfassung eines Funktionsmodells im Product Analysis Modul



**Abb. 3** Vom Problem Manager auf Grund des erfassten Modells erzeugte Matrix mit den nützlichen und störenden Interaktionen, sowie weiteren Aspekten der Aufgabenstellung.

## Der Problem Manager

Der Problem Manager unterstützt das Formulieren der Aufgabenstellung auf einer abstrakten Ebene. Hier wird der Zielkonflikt, nach Altschuller der "technische Widerspruch", bzw. die "erfinderische Aufgabe", auf den Punkt gebracht und formuliert. Das erfolgt aber nicht automatisch, sondern erfordert die Erfahrungen und Fähigkeiten des Anwenders.

In den nächsten Schritten suchen wir nun, losgelöst von der aktuellen Aufgabenstellung, nach Möglichkeiten, den gefundenen technischen Widerspruch zu bewältigen, oder nach Lösungsalternativen zu suchen. Abb. 3 zeigt die vom Problem Manager erzeugte Interaktionsmatrix als Teil der gesamten Problemformulierung. Ausgehend von der Problemformulierung wählt man zur Lösungssuche je nach Art des Problems für den nächsten Schritt das Prinziples-, das Effects-, das Prediction- oder das Internet Assistant - Modul.

## Das Prinziples Module

Falls die Aufgabenstellung auf einen technischen Widerspruch, bzw. technischen Zielkonflikt führt, springen wir in dieses Modul. Es führt uns zu geeigneten Denkstrategien zum Lösen von Zielkonflikten. Hier ist die Altschullersche Widerspruchsmatrix hinterlegt und wir erhalten zum besseren Verständnis der einzelnen Prinzipien gut animierte Beispiele, wie diese bisher schon angewandt wurden.

## Das Effects Module

Wenn wir nach Alternativen suchen um eine Funktion zu realisieren, springen wir in dieses Modul. Es enthält heute rund 7'500 bekannte physikalische und technische Effekte und Beispiele, die zusätzlich animiert sind. Die Beispiele zeigen, wo und wie die Effekte bisher angewandt wurden (inkl. Hinweise auf Literatur und Patente). Der Zugriff erfolgt über verschiedene Klassierungen oder über eine Stichwortsuche. Dieses Modul, das die Wissensbasis enorm verbreitert, wirkt sehr kreativitätsfördernd. Die Animationen und die Anwendungsbeispiele zu den einzelnen Effekten fordern geradezu zum Spielen und Erfinden neuer Kreationen heraus.

## Effekt-Verknüpfung

Jeder einzelne Effekt ist mit seinen Eingangs- und Ausgangsgrößen beschrieben. Will ich nun einen Effekt durch einen vorgelagerten steuern, der eine der Eingangsgrößen beeinflusst, so liefert mir die Software alle Effekte aus der Datenbank, die die gesuchte Eingangsgröße ihrerseits als Ausgangsgröße liefert. Ich kann so für meine Aufgabe sämtliche mögliche Wirkprinzipien kombinieren. Neben der schliesslich gewählten Lösung kann ich mir durch die gleichzeitige Patentierung der geeignetsten Alternativen einen wirksamen Patentschirm aufspannen.



**Abb. 4** Beispiel aus dem Effects Module: Ein Ausschnitt aus der Auflistung von 30 Möglichkeiten zum Verändern der Viskosität einer Flüssigkeit.

### Cotton-Mouton effect

Putting a cell with a liquid into a magnetic field produces birefringence in some liquids

**Description**  
Cotton-Mouton effect is the double refraction of a medium placed in a magnetic field, if the light propagation is perpendicular to the field direction. The theory of the effect is closely related to that of the Kerr effect. The anisotropically polarized molecules align with the magnetic field. Also, the field directly influences the optical polarizability of molecules. Both these facts cause the medium in a magnetic field to become anisotropic. The effect is proportional to the square of the field and decreases rapidly with the rise of temperature. The dependence on temperature is explained by the disorientation of molecules due to the thermal motion of molecules.

**See Also**  
Example: [Propagation mode converter utilizing Cotton-Mouton effect](#)

A magnetic field induces anisotropy, causing the light beam to undergo double refraction in the liquid

**Advantages**  
It is adaptable to current manufacturing processes.

**Effect Index**  
C – Cotton-Mouton constant.

**Limitations**  
This constant is very small and not greater than  $10^{-11}$ .

**Materials**  
The following are some typical values for pure liquids:  
For water,  $C = -1,1 \cdot 10^{-14}$   
For acetone,  $C = +4,1 \cdot 10^{-14}$   
For benzene,  $C = +7,5 \cdot 10^{-13}$   
For chloroform,  $C = -6,00 \cdot 10^{-12}$

**Abb. 5** Ausschnitt aus der Darstellung/Beschreibung eines der 7'500 animierten Effekte: der „Cotton Mouton-Effekt“.

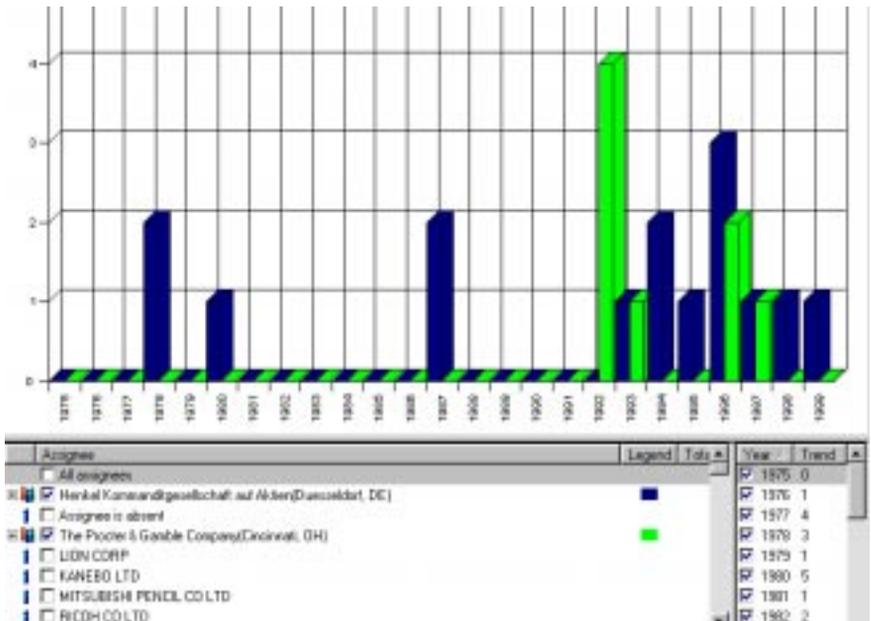
## Das Prediction Module

Das Prediction Modul vereinigt zwei der TRIZ-Methoden: Einerseits die 76 Prinzipien für die Stoff-Feld-Probleme und andererseits die acht Evolutions-trends technischer Systeme. Das Prinziples Modul kommt daher nicht nur bei der Lösungssuche für „Beziehungsprobleme“ zwischen verschiedenen Systemkomponeten zum Einsatz, sondern auch noch zusätzlich im Anschluss an die anderen Lösungssuchmodule, um gefundene Lösungen den techni-schen Trends entsprechend weiterzuentwickeln.

## Der Internet Assistant

Search is cheaper than research!

Produkteentwicklung hat viel mit Knowledge Management zu tun. Moderne CAI-Software setzt daher nicht nur konsequent Altschullers Theorien um, sondern unterstützt den gesamten Erfindungsprozess. Das heisst vor allem das Verarbeiten wachsender Datenmengen. Bedenke: Alle 30 Sekunden wird ir-gendwo auf der Welt ein neues Patent angemeldet!



**Abb. 6** Aus einer Patentrecherche gewonnener Vergleich der Patentaktivitäten der aktivsten Firmen auf einem ausgewählten Fachgebiet.

Nachdem nun die Naturwissenschaften von der Software mit etwa 7'500 bekannten Beispielen und Effekten abgedeckt sind, wurde das jüngste Modul mit pragmatischen Hilfen zur Suche in Patentdatenbanken und im Worldwide Web verfügbar. Ohne langes Warten lassen sich bei der Patentanmeldung Tendenzen erkennen und Patente aus den folgenden Patentdatenbank abrufen: US, Japan, Europa, UK, Irland und WIPO. Der Internet Assistant und Patent Analyzer erschliesst den Entwicklern auch das ganze bisher im Unternehmen elektronisch gespeicherte Wissen.

### **Das Feature Transfer Module**

Neben dem bisher beschriebenen Vorgehen offeriert die Software ein Modul, das gute Eigenschaften aus verschiedenen Lösungsansätzen kombiniert. Einer meiner Kollegen arbeitete nach dem Studium in einer Anlagenbaufirma. Er ärgerte sich damals mit einem Kunden herum, der an jedem Lösungsvorschlag etwas zu kritisieren hatte. Jeder Vorschlag hatte eben seine Vor- und Nachteile. Nach dem fünften Vorschlag kam mein Kollege ganz entnervt zu mir und berichtete empört, dass ihm der Kunde heute gesagt hätte, er erwarte jetzt endlich einen Vorschlag, der keine Nach-, sondern nur alle Vorteile der bisherigen Varianten enthalte. Wir lachten damals ob soviel Unverstand. Heute würde ich ihm das Feature Transfer Module empfehlen. Dieses Modul eignet sich zur Entscheidungsfindung, wenn zwischen mehreren möglichen Lösungskonzepten zu wählen ist.

Das Projekt meines Kollegen wurde kurz darauf gestoppt. Das ganze stellte sich nur als Hinhaltenakt in einer politischen Auseinandersetzung heraus. Beim Kunden wollte im Grunde genommen niemand mehr eine neue Anlage. Hier wäre auch die CAI-Software an ihre Grenzen gestossen. Zum Lösen politischer Probleme ist sie nicht geschaffen. Aber wer weiss, vielleicht entwickelt ein CAI-Lieferant eines Tages noch in dieser Richtung weiter. Ich bin überzeugt, dass der Markt dafür noch viel grösser wäre, als für das gegenwärtige Einsatzgebiet.

### **Der Report Generator**

Zum Abschluss fasst die Software das ganze Projekt mit allen, in den verschiedenen Schritten erfassten Daten und getroffenen Entscheiden in einem Bericht zusammen. Diese Dokumentation ermöglicht es anderen Personen den ganzen Prozess nachzuvollziehen.

Die gesamte Software basiert bis heute auf der englischen Sprache. Alle Reports werden in Englisch ausgegeben.

# Vorgehensweisen beim CAI-Einsatz

Der Einsatz des TechOptimizers ist an kein fixes Vorgehensschema gebunden. Es ist nicht einmal notwendig, die dahinter stehenden TRIZ-Methoden im Detail zu verstehen, um zu Resultaten zu gelangen. Trotzdem empfiehlt es sich, die Software und die Methoden gründlich kennen zu lernen, wenn man deren Möglichkeiten intensiv nutzen will.

In jedem Fall lohnt es sich, mit der Projektbeschreibung zu beginnen und die Ziele klar zu formulieren; getreu der Problemlösungs-Vorgehensmethodik (Siehe auch P. Schweizer: „Systematisch Lösungen finden“, vdf Hochschulverlag, Zürich 1999).

Im Anschluss an eine Systemerfassung, aber auch wenn man ein neues Systemkonzept entwickelt hat, empfiehlt es sich, mit den Trimming-Funktionen nach Vereinfachungen zu suchen. Der Patentanalyser zeigt rasch, ob ein gefundener Lösungsansatz schon patentiert ist. Da er heute noch nicht auf die gesamte Patendliteratur zugreifen kann, ersetzt er aber keine vollständige Patentrecherche. Eine solche kann mehrere Wochen in Anspruch nehmen. In vielen Fällen vermeidet er jedoch die sofortige Weiterarbeit an Parallel-erfindungen.

## Das Sparschwein steht in der Entwicklungsabteilung!

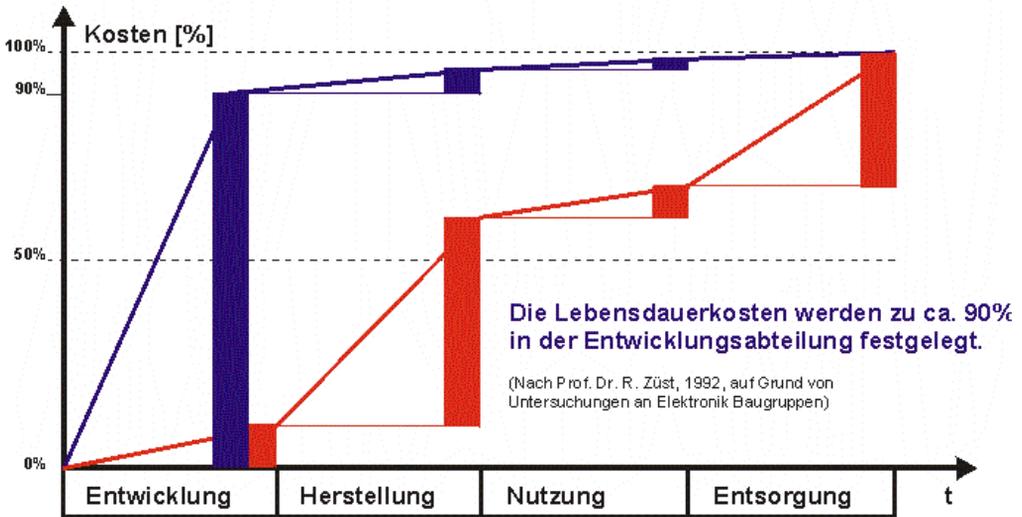
Dass die Kosten für die Behebung eines Fehlers steigen, je später dieser Fehler im Projektablauf entdeckt wird, ist allgemein bekannt. Untersuchungen über die Lebensdauerkosten eines Produktes zeigen, dass der grösste Teil der Kosten, die ein Produkt während seiner ganzen Lebensdauer erzeugt, in der Entwicklungsphase festgelegt wird. Frühere Annahmen gingen davon aus, dass ca. 70% der Produktkosten in der Entwicklungsabteilung festgelegt werden. Untersuchungen von Prof. Züst (ETHZ) ergaben jedoch, dass mit Berücksichtigung der Betriebs- und vor allem der Entsorgungskosten sogar ca. 90% der Lebensdauerkosten in der Entwicklungsabteilung festgelegt werden. Siehe dazu Abb. 7.

Das Basiskonzept, welches die Wirkprinzipien festlegt, hat den grössten Einfluss auf die Umweltbelastung und Kosten. Wenn das Konzept z.B. ein aufwendiges Antriebssystem vorsieht, dann kann der Konstrukteur dieses System nicht mehr eliminieren, sondern nur noch versuchen, günstige Teilsysteme zu konstruieren. Dem Einkauf und der Produktion bleibt nichts anderes übrig, als das teure Material zu beschaffen und komplizierte Bearbeitungsverfahren einzusetzen. Natürlich wird man versuchen, die Kosten tief zu halten. Aber über das gewählte System und Material kann nicht mehr diskutiert werden. Auch der Produkteverwender ist auf die in der Konstruktion festgelegten Betriebsstoffe angewiesen.

## Umweltschutz

Gleich wie die Kosten, werden auch die Umweltbelastungen in die Produkte hineinkonzipiert. Mit einem besseren Konzept lässt sich in der Konzeptionsphase mehr erreichen, als später mit einer sparsamen Benutzung.

## Kostenfestlegung und **Kostenanfall**



**Abb. 7** *Angefallene und festgelegte Kosten über den Produktlebenslauf. Bis 90% der Lebensdauerkosten werden in der Entwicklungsphase festgelegt - der Hauptanteil davon bei der Wahl des System-Konzeptes.*

## Wirtschaftlichkeitsüberlegungen für CAI

Es sei gleich vorweggenommen: Die Wirtschaftlichkeit von CAI lässt sich mit einfachen Mitteln nicht nachweisen. Wie wollte man denn verpasste Gelegenheiten und vermiedene Umwege, die man nicht kennt, bewerten? Die Kosten eines CAI-Einsatzes hingegen lassen sich einfacher abschätzen. Eine Einzelplatzlizenz, die auf heute üblichen PCs läuft, kostet ca. US\$ 11'500.-. Für eine Gesamtkostenbetrachtung sind je nach Anzahl Auszubildender zusätzliche Einführungskosten (Kurskosten (ca. Fr. 5'000.-) und Arbeitszeit) zu berücksichtigen. Wenn sich Dank dem CAI-Einsatz bei einem Entwicklungsprojekt, für das man bisher zwei Mitarbeiterjahre geplant hat, 10% der Entwicklungszeit einsparen lässt, so sind mit diesem einen Projekt die Einführungskosten bereits amortisiert.

Für Firmen, die seltener als zwei bis drei Mal pro Jahr erfinderische Probleme lösen, ist es vorteilhafter, externe Spezialisten beizuziehen, die mit CAI Software arbeiten. Die eigenen Mitarbeiter haben beim unregelmässigen Einsatz auch keine Möglichkeit, sich die notwendige Routine anzueignen. Bei innovativen Firmen hingegen, die oft erfinderische Aufgaben lösen, macht es Sinn, eigene CAI-Kapazitäten aufzubauen. Jedoch muss sich ein Champion mit Überzeugung der neuen Thematik annehmen. Andernfalls bleibt die CAI Software ungenutzt.

# CAI Entwicklungstendenzen

Produkteentwicklung hat viel mit Knowledge Management zu tun. Die Firma Invention Machine zum Beispiel setzt daher nicht nur Altschullers TRIZ-Methoden um, sondern unterstützt den gesamten Erfindungsprozess. Das heisst vor allem das Verarbeiten wachsender Datenmengen.

**Suchhilfen** Nachdem der TechOptimizer die Naturwissenschaften mit etwa 7'500 bekannten Effekten abdeckt, entwickelt die Firma Invention Machine pragmatische Hilfen zur Suche in Patentdatenbanken und im Worldwide Web. Die neuen Hilfsmittel erschliessen den Entwicklern auch das ganze bisherige in den Firmen elektronisch gespeicherte Wissen. Die neuesten Softwarepakete Knowledgeist und CoBrain unterstützen die Informationssuche („Text-Retrieveal“) in Englisch verfassten Texten. Damit lassen sich z.B. firmeninterne Dokumente oder Patente nach technischen Effekten durchsuchen, die das Effects Modul des TechOptimizers noch nicht kennt. Dabei gefundene neue, bzw. firmenspezifische Effekte lassen sich dann der Effektdatenbank anfügen und über das Firmennetzwerk allen angeschlossenen Entwicklern verfügbar machen.

**System-integration** Die aktuell verfügbaren TRIZ-Pakete eignen sich vor allem für die Konzeptionsphase im Entwicklungsprozess - bevor am CAD-System mit dem Konstruieren gestartet wird. Es ist zu erwarten, dass sie in Zukunft stärker ins PDM (Product Data Management) eingebunden, und dass ihre eigene Funktionalität und Bedienerfreundlichkeit weiter gesteigert werden. Ein weiteres Potential besteht in Richtung Integration weiterer Methoden (QFD, FMEA, ...). Auf diesem Gebiet sind in den nächsten Jahren noch weitere Fortschritte zu erwarten.

**wachsen-des Interesse** 1998 erhielt erhielt der TechOptimizer von der NASA den Golden Award als „Product of the Year“. Nach ersten Verkaufserfolgen in USA und Japan begann sich dann die Software auch in Europa auszubreiten. Dass inzwischen auch grossen Firmen, die sich auf dem CAX- Softwaremarkt betätigen, CAI ernst nehmen, zeigt eine Beteiligung der Firma Dassault an der Firma Invention Machine. Dassault gehört mit dem CAD-Paket CATIA zu den führenden CAX-Anbietern. Auch die Firma Intel mit einer starken Beteiligung bei Invention Machine eingestiegen und wendet den TechOptimizer in ihren Entwicklungslabors an.

In der Schweiz ist die Software in mehreren namhaften Industriebetrieben, an der ETH und an verschiedenen Fachhochschulen im Einsatz.

## Weitere Informationen:

MethoSys GmbH  
Peter Schweizer  
Freiestrasse 131  
8032 Zürich

Tel.: 01 / 38 38 777  
Email: peter.schweizer@methosys.ch  
Homepage: www.methosys.ch oder  
www.triz.ch