



Foto: Shutterstock

Michael Alb, Alexander Stocker

## Systematisierte Invention als zentraler Bestandteil strategischer Innovationsprozesse

### Technische Konzepte mit TRIZ systematisiert erdenken

Viele Unternehmen behaupten heute von sich, ihren Innovationsprozess strategisch zu managen. Doch vor allem die frühe Phase des Innovationprozesses, die Ideengenerierung, wird als Black Box quasi dem kreativen Ein- bzw. Zufall überlassen. Ideenfindung passiert als fundamentale Voraussetzung für Innovation heute nur selten systematisiert. Daher ist die Qualität von Ideen oftmals suboptimal. Strukturierungsansätze wie beispielsweise der Konstruktionsprozess nach DIN VDI 2222 liefern wenig Klarheit, wie gute technische Ideen systematisch generiert werden können. Vor diesem Hintergrund setzt der folgende Beitrag an: Er zeigt an einem realen Beispiel aus der Elektromobilität, wie der Einsatz von TRIZ dazu beitragen kann, technische Konzepte systematisiert zu erdenken und damit völlig neue Lösungsvarianten zu entwickeln. Der Beitrag möchte die industrielle Praxis dazu aufrufen, TRIZ als Werkzeug in ihren strategischen Innovationsprozess aufzunehmen, um technische Konzepte systematisiert zu erdenken.

**I**ndustrieunternehmen jeglicher Größe und Struktur stehen heute im globalen Wettbewerb und sehen sich volatiler Rahmenbedingungen auf den Ebenen Kunde, Kultur, Markt, Gesetzgebung und Technologie ausgesetzt. Sie müssen ihre technischen Produkte und Dienstleistungen stetig und konsequent innovieren, indem sie alle nur erdenklichen technischen Möglichkeiten systematisch ausreizen.

Innovationen – so ist man sich heute weitestgehend einig – sind wesentliche Schlüsselfaktoren, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können. Wohlstand und Wachstum hängen davon ab, wie gut Gesellschaften in der Lage sind, neue und wirtschaftlich attraktive Lösungen auf den Markt zu bringen.

Die gesellschaftliche Sensitivität für das Thema ist gut an dem verwendeten Vokabular ihrer führenden Akteure ablesbar, welche permanent die Wichtigkeit von Innovationen unterstreichen. In den Wirtschaftswissenschaften hat sich Innovationsmanagement als ergänzender Forschungsbereich gut etabliert und Prozesse für strategische Innovationen werden dort erarbeitet.

#### Fokus auf wirtschaftliche Verwertung von Ideen

Strategische Innovationsprozesse fokussieren oftmals nur auf den zweiten wesentlichen Teil einer Innovation, der wirtschaftlichen Verwertung. Das Zustandekommen der wesentlichen

Voraussetzung für eine Innovation, die technisch machbare Invention, wird im Prozess oftmals nur als diffuser Vorgang beschrieben wie beispielsweise in [4]. Sie wird als Ergebnis besonders kreativer und weitsichtiger Akteure dargestellt, oder eben dem Zustandekommen eines spontanen Geistesblitzes überlassen. Aufgrund des Fehlens einer Systematik spricht die Literatur von einem „Fuzzy Frontend of Innovation“.

Unternehmen verlassen sich beim Innovieren besonders stark auf ihr kreatives Potenzial. Moderne Entwicklungen, wie Kreativräume, Ideenkonferenzen oder andere sogenannte Kreativtechniken unterstützen nahezu das Mantra des spontanen Ideenblitzes und machen glauben, dass eine entspannte

Atmosphäre und der Einsatz von ein wenig Kreativitätstechnik ausreichend ist, um neue und vor allem qualitativ hochwertige Ideen zu entwickeln. Da jedoch eine qualitativ hochwertige Idee nahezu unerlässlich ist, um später eine wirtschaftlich erfolgreiche Innovation hervorzubringen, sollte der Inventionsprozess ebenso strategisch gestaltet werden.

Die wirtschaftliche Innovationsfähigkeit wird heute durch die Schaffung strategisch verankerter Innovationsprozesse mit Fokus auf die wirtschaftliche Verwertung von Ideen auf Management-Ebene sichergestellt und von Innovationsmanagern verantwortet. Doch die technische Innovationsfähigkeit wird in der Regel vernachlässigt und als Black-Box akzeptiert. Als technische Innovationsfähigkeit wird das methodische Finden neuer Lösungsansätze bei der Entwicklung technischer Produkte bzw. bei der Verbesserung bestehender verstanden.

### Der Konstruktionsprozess nach DIN VDI 2222

Eine gute Grundlage für die Entwicklung technischer Produkte bildet der Konstruktionsprozess nach DIN VDI 2222 (Bild 1) mit den vier Phasen Analysieren, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten [4].

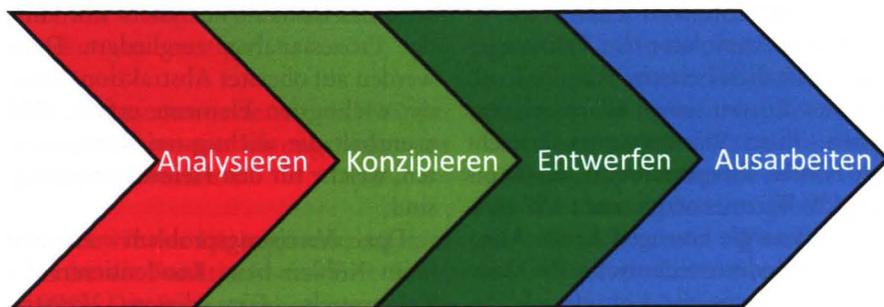


BILD 1 „KONSTRUKTIONSPROZESS NACH DIN VDI 2222“ [4]

- Die erste Phase, das Analysieren der Entwicklungsaufgabe, dient der Beschaffung aller notwendigen Informationen.
- In der zweiten Phase wird die optimale Lösung der Konstruktionsaufgabe erarbeitet. Hier gilt es mit Hilfe geeigneter Informationsquellen ein möglichst erschöpfendes Absuchen des Feldes potenzieller Lösungen zu erreichen und durch Kreativitäts-

techniken neue Lösungsansätze zu generieren.

- Die dritte Phase dient der Erarbeitung des Gesamtentwurfs. In ihr werden Schwachstellen gesucht und beseitigt, sowie erste Überschlagerrechnungen durchgeführt.
- In der vierten und letzten Phase des Ausarbeitens sind die Vorschriften für Fertigung und Montage des technischen Produktes festzulegen, sowie Unterlagen für Transport und Betrieb zu erstellen.

Für die Entwurfs- und Ausarbeitungsphase existieren jeweils gut etablierte Werkzeuge aus dem Bereich Computer Aided Engineering (CAE), wie die Methode der Finiten Elemente (FEM), das Computer-Aided Design (CAD) und das Rapid Prototyping. In der Phase des Analysierens und Konzipierens hingegen dominieren immer noch nicht-algorithmische Methoden wie beispielsweise Trial-and-Error oder eben Kreativmethoden wie Brainstorming, die zeitaufwändig und unzuverlässig sein können und nicht immer zu neuen und qualitativ hochwertigen Lösungsvarianten führen. Außerdem werden bei vielen dieser Methoden oftmals lediglich Ideen

erbracht, die bereits in den Köpfen der Beteiligten stecken (siehe Bild 2 - Denken in Richtung Trägheitsvektor)

### Mit TRIZ technische Konzepte systematisiert erdenken

Die fundierte Analyse und darauf aufbauend das technische Konzept sind jedoch der maßgebliche Treiber für eine Lösung und damit ein ausschlaggebender Faktor für den wirtschaftlichen

Erfolg. Deshalb stellt sich die Frage nach strategischen Ansätzen, um die Phasen des Analysierens und des Konzipierens besser zu unterstützen und damit den Inventionsprozess durch den Einsatz einer neuen Methode zu „strategisieren“.

Die „Theorie der Inventiven Problemlösung“ (TRIZ), welche in den letzten Jahren immer stärker in den Fokus des Interesses gerückt ist, gibt dem Entwickler ein mächtiges Werkzeug in die Hand, um diese Phasen strategisch

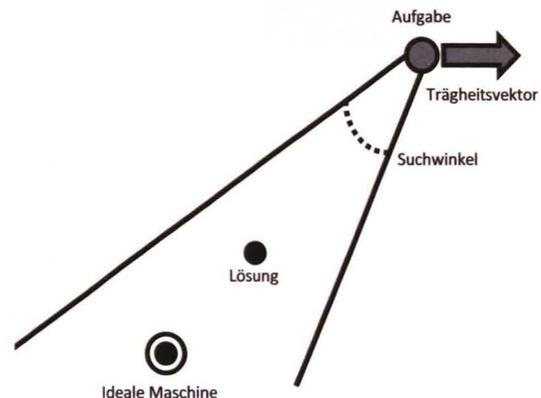


BILD 2 „IDEALE MASCHINE“ [3]

zu gestalten. Ausgangspunkt im strategischen Inventionsprozess ist die sogenannte ideale Maschine (Bild 2), die übersetzt in die Strategiefindung, das Ziel oder die Vision beschreibt.

Die ideale Maschine bzw. das ideale Produkt ist dasjenige Produkt, was eine gewünschte Funktion erfüllt, ohne dabei selbst zu existieren [3] – d.h. einen für den Kunden unendlich hohen Wert hat. Der Kunde bekommt sein Bedürfnis erfüllt, ohne dafür etwas zu benötigen. Da jedoch die ideale Maschine nur eine Fiktion beschreibt und in der realen Welt physische Lösungen als Produkte existieren müssen, kann der Abstand zur „Idealität“ immer nur verringert aber niemals auf null reduziert werden. Mathematisch ausdrücken kann man den Wert eines Produktes mit Hilfe einer Wertgleichung [8]:

$$\text{Wert} = \frac{\sum \text{nützliche Funktionen}}{\sum \text{nachteilige Funktionen} + \text{Kosten}}$$

Um den Wert eines Produktes zu erhöhen, das heißt sich weiter in Richtung Idealität zu bewegen, gilt es entweder die Summe der nützlichen Funktionen zu erhöhen, oder die Summe der nachteiligen Funktionen bzw. Kosten zu vermindern. Damit kann der Entwick-

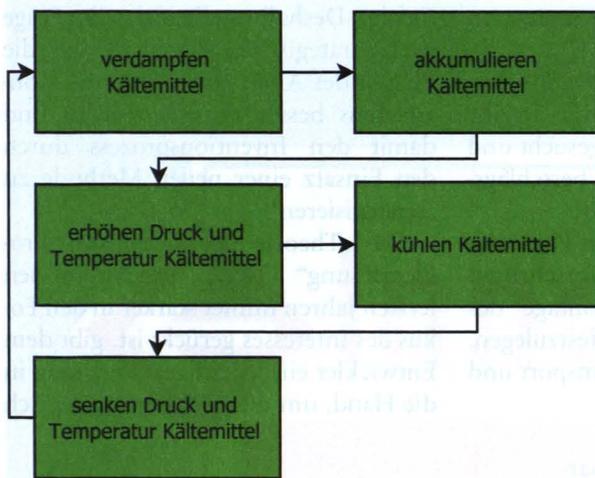


BILD 3 „KOMponenten für den Heizvorgang“

ler verschiedene Strategien verfolgen, wie etwa die Funktionalität eines Produktes zu erhöhen und die Kosten dabei unverändert zu lassen bzw. weniger stark zu erhöhen. Er kann die Kosten bei gleicher Funktionalität senken oder etwa auch die Anzahl nachteiliger Funktionen bei gleichen Kosten verringern. TRIZ bietet verschiedene Werkzeuge an, um diese Strategien entsprechend operativ umzusetzen. Die Erhöhung der Funktionalität kann beispielsweise durch Ausnutzung von Trends zur Entwicklung technischer Systeme (TESE) [7] erreicht werden. Wird hingegen Kostensenkung angestrebt, bietet sich das „Trimming“ [2] an, d.h. die Vereinfachung des Produktes bei gleichzeitigem Funktionserhalt.

Mit Hilfe geeigneter TRIZ-Werkzeuge können dann die aus den Strategien formulierten Problemstellungen gelöst werden. Dabei ist die Funktionsorientierte Suche (FOS) [6] als Teil des TRIZ-Werkzeugkastens besonders hilfreich, wie nachfolgendes Beispiel demonstriert. Dem Beispiel zugrunde liegt die Annahme, die Summe der nachteiligen Funktionen bei einer Klimaanlage in einem Elektrofahrzeug zu reduzieren, um damit den Wert des Produktes zu erhöhen.

### Eine Herausforderung aus der Elektromobilität

Einer der großen Trends in der Fahrzeugentwicklung der letzten fünf Jahre ist die Elektrifizierung des Antriebsstranges. Dahinter liegt der Wunsch des Erhalts der natürlichen Ressource Öl sowie die gesetzlichen Auflagen zur Senkung der Emission

klimaschädlicher Treibhausgas. Jedoch wird ein Kunde dieses alternative Antriebskonzept nur akzeptieren, wenn neue Fahrzeuggenerationen auch den gleichen Komfort bieten, wie gängige konventionell angetriebene Fahrzeuge. Ein wesentliches Element dabei ist die Klimatisierung des Fahrzeugs, eine essentielle Voraussetzung für angenehmes und sicheres Reisen.

### Ausgangssituation und Leidensdruck bei Elektrofahrzeugen

Bei vollständiger oder auch nur teilweiser Elektrifizierung des Antriebsstranges ist die Abwärme eines Verbrennungsmotors gar nicht bzw. nicht ständig verfügbar. Dennoch muss – vor allem im Winter – eine ausreichende Temperierung des Fahrgastraumes sichergestellt werden. Eine Möglichkeit besteht in der Nutzung einer elektrischen Heizung mit PTC-Elementen (Kaltleiter). Diese konvertieren 1 kW elektrische Energie in 1 kW Wärmeenergie. Der Einsatz solcher Elemente kann sich gerade im Winter als problematisch herausstellen, da es den ohnehin schon stark belasteten Akkumulator des Fahrzeuges noch zusätzlich belastet. Abhilfe kann hier der Einsatz einer Wärmepumpe leisten. Eine Wärmepumpe erreicht eine höhere Wärmeausbeute, da sie bis zu 4 kW Wärmeenergie aus 1 kW elektrischer Energie erzeugen kann. Allerdings behindern technische Problemstellungen sowie die Komplexität des Systems, die sich vor allem in den Kosten niederschlägt, derzeit die Verbreitung von Wärmepumpen am Markt in der Automotive-Domäne.

### Problemstellung und konventionelle Lösungsvorschläge

Beim Einsatz einer Wärmepumpe zur Beheizung elektrischer Fahrzeuge

hat sich gezeigt, dass bei niedrigen Umgebungstemperaturen (<0°C) das Problem der Vereisung am externen Wärmetauscher auftritt. Zur Lösung dieses Problems existieren derzeit mehrere Lösungsvorschläge, wie etwa die Nutzung von PTC-Elementen direkt am Wärmetauscher, oder das Zurückgreifen auf elektrische Zusatzheizungen. All diese Maßnahmen (nachteilige Funktionen) senken die Reichweite des Fahrzeuges, da sie den Akkumulator zusätzlich belasten. Andere Lösungswege, wie der Einbau einer benzinbetriebenen Zusatzheizung, oder das Zuschalten der Verbrennungskraftmaschine, scheitern hingegen an mangelnder Kundenakzeptanz. Eine weitere durchaus interessante Möglichkeit, ist die Umwandlung der mechanischen Energie des Kompressors in Wärmeenergie und die Nutzung dieser in einem speziellen Abtaumodus zur Enteisung des Wärmetauschers.

Aber auch dieser Lösungsansatz wird mit einem erhöhten Konsum an elektrischer Energie sowie mit einer höheren Systemkomplexität erkaufte. Alle Lösungskonzepte sind daher nicht geeignet, die Idealität des Systems zu erhöhen [1].

### Systemanalyse als Basis für neue Lösungsideen

Im ersten Schritt, dem Analysieren, wird das vorhandene System mit Hilfe der Prozessanalyse zergliedert. Dazu werden auf oberster Abstraktionsebene die wichtigsten Elemente erfasst. Bild 3 enthält die wichtigsten Komponenten, welche für den Heizvorgang nötig sind.

Das Vereisungsproblem entsteht beim Kühlen bzw. Kondensieren des Kältemittels. Für diesen Vorgang wird im zweiten Schritt eine detaillierte Prozessschrittanalyse (Bild 4) in der TRIZ-üblichen Funktionssprache

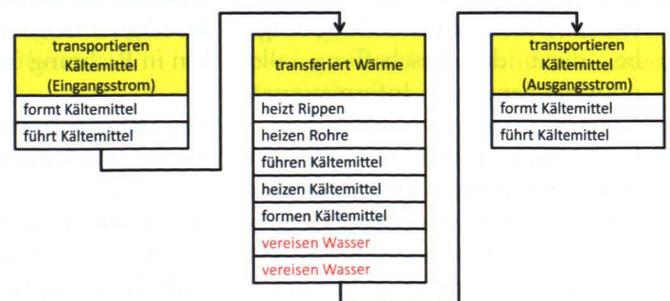


BILD 4 „PROZESSCHRITTANALYSE“

durchgeführt und der Vorgang am Wärmetauscher abgebildet. Funktionsanalyse mit Hilfe der Funktionsorientierten Suche (FOS) ein weites

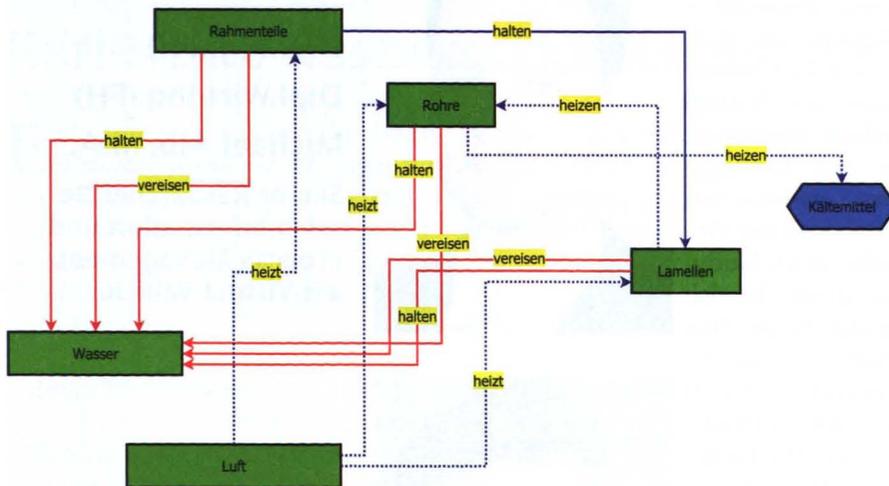


BILD 5 „KOMponentenfunktionsanalyse“

Im letzten Schritt wird eine Komponentenfunktionsanalyse (Bild 5) am Wärmetauscher durchgeführt, welche die beteiligten Komponenten sowie ihre Interaktionen darstellt.

Diese funktionale Sprache bricht das System in Funktionseinheiten herunter und gibt dem Ingenieur eine Übersicht über die Komponenten und deren funktionale Beziehungen, welche in nützlich (blau durchgezogen), schädlich (rot durchgezogen) und unzureichend bzw. übermäßig (blau gestrichelt) aufgeteilt werden. Entsprechend der gewählten Strategie kann er nun die Ursachen unerwünschter Auswirkungen beseitigen.

### Funktionsorientierte Suche (FOS) zur Identifikation von Lösungswegen aus anderen Domänen

Ein bewährtes Lösungswerkzeug hierfür ist die Funktionsorientierte Suche (FOS). Die Systemanalyse hat gezeigt, dass das Wasser in der Luft ursächlich für die Vereisungsproblematik verantwortlich ist (Bild 5), das heißt Objekt der schädlichen Funktion ist. Da das Wasser keine weitere wichtige Funktion für den Wärmeaustausch am externen Wärmetauscher erfüllt, lautet nun die Schlüsselfrage: „Wie kann man Wasser aus der Luft entfernen?“ beziehungsweise in der TRIZ-üblichen Funktionsterminologie ausgedrückt - „entferne Wasser“.

Getreu dem Satz „someone, somewhere might already have solved our direct problem“ [9] kann nach der

Suchfeld nach neuen Lösungskonzepten aufgespannt werden. Dabei fällt die erste Wahl für Lösungsdomänen auf führende Industriezweige (Mobilität, Raumfahrt, Medizin,...) und mit besonderem Fokus auf jene, bei denen Wasser in der Luft ein schwerwiegendes Problem verursachen kann.

Beispielsweise muss die Druckluftindustrie Wasser aus der Luft entfernen, da sonst Leitungen durch Korrosion beschädigt werden bzw. im Winter ein Einfrieren der Leitungen passiert, was die Funktionsfähigkeit dieser Druckluftsysteme gefährdet. Das Wasser wird in der Druckluftindustrie im Allgemeinen während des Kompressionsvorganges entfernt. Besonders kritisch stellt sich das Problem bei Eisenbahnen dar. Eisenbahnen nutzen druckluftbetriebene Bremsanlagen und ein Ausfall der Bremsen stellt eine große Gefahr für Menschen und Wirtschaftsgüter dar. Daher ist dieser Bereich im Hinblick auf das Entfernen von Wasser aus der Luft noch sensibler und muss besonders zuverlässige Entfeuchtungsanlagen einsetzen.

### Konzeptionelle Lösungen & notwendige weitere Schritte

Zur Entfeuchtung von Luft sind in den verschiedenen Industriebereichen also mehrere alternative Lösungsansätze entwickelt worden, wie eine Recherche gezeigt hat. Dazu zählen

- Überverdichtung,
- Kältetrocknung mit Injektion oder Oberflächenwärmetauscher,

- Adsorption (adsorbieren von Gasen oder Dämpfen auf der Oberfläche von festen Materialien),
- Membran Technologie und eine
- Kombination der Methoden.

Im nächsten Schritt gilt es nun, die gefundenen prinzipiellen Lösungsmöglichkeiten – also den Lösungsraum – hinsichtlich der technischen Umsetzbarkeit für das aktuelle Problem zu evaluieren. Dazu müssen jeweils alle Vor- und Nachteile herausgearbeitet werden, die dann beispielsweise mit Hilfe von Bewertungsverfahren wie Scoring-Matrix oder im paarweisen Vergleich gegenübergestellt werden.

Durch den Einsatz solcher Entscheidungshilfen kann ein oder können mehrere geeignete Kandidaten ausgewählt und in die technische Entwurfsphase für das aktuelle Problem – entferne Wasser aus der Luft – überführt werden. Dort wird dann die grundsätzliche technische Machbarkeit im Konstruktionsprozess mit Hilfe bekannter Werkzeuge wie CAD und CAE nachgewiesen und eine Bewertung der Kosten vorgenommen. Beim Auftauchen sekundärer Problemstellungen in der Entwurfsphase könnte ein weiterer Rückgriff auf TRIZ-Methoden sinnvoll sein.

### Schlussfolgerung – Nützlichkeit von TRIZ im strategischen Innovationsprozess

TRIZ kann wertvolle Beiträge im strategischen Innovationsprozess leisten, indem es insbesondere die oftmals unstrukturierte Phase der Ideenfindung „strategisiert“ und systematisiert. Dabei spielen Zielbeschreibung, Problemidentifikation und Problemlösung eine entscheidende Rolle. TRIZ bietet hier verschiedene leistungsfähige Werkzeuge an, die – wenn entsprechend eingesetzt – das Innovationsmanagement einen großen Schritt voranbringen werden. Es kommt damit zu vollkommenen neuen Ideen, welche vermutlich durch den Einsatz bloßer Kreativitätsmethoden nicht systematisch gefunden worden wären.

### Referenzen

- [1] Alb, M.; Nöst, M.: Anwendung von TRIZ-Werkzeugen in der Entwicklung von Klimaanlage für Hybrid- und E-Fahrzeuge.: TRIZ Anwender 2013.

- [2] Adunka R.: Begleitbuch zum TRIZ-Basiskurs. Eigendruck 2011.
- [3] Altschuller, G.S.: Erfinden – (k)ein Problem? – Eine Anleitung für Neuerer und Erfinder. 1. Auflage. Berlin: Verlag Tribüne 1973.
- [4] Autorenkollektiv.: Konstruktionsmethodik - Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien. VDI 2222 Blatt 1:1997-06. Beuth-Verlag Berlin 1997.
- [5] Burmester, R.; Vahrs D.: Innovationsmanagement - Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung. 3. Auflage. Stuttgart: Schäffer Poeschel Verlag 2005.
- [6] Ikovenko S.: Advanced TRIZ / MATRIZ Level II – Course Materials Graz 2012.
- [7] Ikovenko S.: Advanced TRIZ / MATRIZ Level III – Course Materials Graz 2013/2014.
- [8] Klein, B.: TRIZ/TIPS – Methodik des erfinderischen Problemlösens. München; Wien: Oldenburg. 2002.
- [9] Mann D.: Hands-On Systematic Innovation for Technical Systems. IFR Press. Lazarus Press 2007.

**Autoren:**

Michael Alb hat jeweils ein Diplom in Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen sowie einen Master im Innovationsmanagement. Der Schwerpunkt seiner fast 15jährigen Berufstätigkeit liegt im Bereich Produktentwicklung

sowohl im numerischen als auch im konzeptionellen Bereich. Im Rahmen seiner Anstellung am Virtual Vehicle beschäftigt er sich vorrangig mit numerischen Methoden der Produktentwicklung, in deren Bereich er derzeit an einer Promotion an der Universität Padua arbeitet. Darüber hinaus beschäftigt sich Michael Alb seit seinem Maschinenbaustudium mit konzeptionellen Methoden der Produktentwicklung und besitzt das TRIZ Level III Zertifikat der Internationalen TRIZ Organisation (MATRIZ).

Dr. Alexander Stocker hat im Wissensmanagement promoviert und bisher mehr als 70 Publikationen veröffentlicht. Er beschäftigt sich seit über 12 Jahren in Wissenschaft und Praxis mit



**Dipl.Ing.(FH),  
Dipl.Wirt-Ing.(FH)  
Michael Alb, M.A.**

**Senior Researcher Bereich Information und Prozess Management am Virtual Vehicle**



**Mag. Dr.  
Alexander Stocker**

**Key Researcher Bereich Information und Prozess Management am Virtual Vehicle**

dem Einsatz computergestützter Informationssysteme in Unternehmen. Vor seiner Tätigkeit am Virtual Vehicle war er Researcher am Institut DIGITAL bei JOANNEUM RESEARCH und Executive Assistant to the CEO am Know-Center, Österreichs Kompetenzzentrum für Wissensmanagement.

**BUCHREZENSION**



Das Buch schließt eine wesentliche Lücke in der Literatur des Prozessmanagements und schafft den Brückenschlag zwischen Unternehmensstrategie und operativen Prozessen. Gerade Praktiker suchen Antworten, welche bei der Operationalisierung der Strategie unterstützen. Dabei bietet die Wertschöpfungsmaschine die methodischen Grundlagen, um den Übergang zu einer prozessorientierten und damit kundenorientierten Hochleistungsorganisation zu meistern. Das Buch dient dabei, anschaulich und mit vielen Fallbeispielen hinterlegt, als Anleitung zur Umsetzung und als Nachschlagewerk. Es werden Lösungsansätze zur Entwicklung eines Makromodells, über die Ableitung der strategieorientierten Organisation, bis hin zur Steigerung der Innovationskraft des Unternehmens geboten. Das Buch kann auch allen Prozessmanagern ans Herz gelegt werden, die sich in den Tiefen von Detailprozessen verzetteln, um wieder den Blick auf die wesentlichen Erfolgsfaktoren zu richten.

Der „Grazer Ansatz“ ist eine seit 20 Jahren in der Aus- und Weiterbildung bewährte und in der Praxis erfolgreich angewandte Schule des Prozessmanagements, die sich nun in der 2. Auflage der Wertschöpfungsmaschine aktueller denn je präsentiert.

*Rezensionsautor: FH-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Stefan Grünwald  
Leiter des Studiengangs Informationstechnologien & Wirtschaftsinformatik der FH CAMPUS 02*