

Karl Koltze
Valeri Souchkov

Systematische Innovation

TRIZ-Anwendung in der Produkt- und
Prozessentwicklung

3., überarbeitete Auflage

HANSER

Koltze / Souchkov
Systematische Innovation



Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!

Auf unserem Download-Portal finden Sie zu diesem Titel kostenloses Zusatzmaterial. Geben Sie dazu einfach diesen Code ein:

plus-7qizs-97ri8

plus.hanser-fachbuch.de

Karl Koltze
Valeri Souchkov

Systematische Innovation

TRIZ-Anwendung in der Produkt-
und Prozessentwicklung

3., überarbeitete Auflage

HANSER

Erscheint in der Praxisreihe Qualitätswissen, die ab 2016 von Kurt Matyas herausgegeben wird;
Herausgeber vom Gründungsjahr bis 2016 Franz J. Brunner



Print-ISBN: 978-3-446-48088-9

E-Book-ISBN: 978-3-446-48135-0

E-Pub-ISBN: 978-3-446-47969-2

Die allgemein verwendeten Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Alle in diesem Werk enthaltenen Informationen, Verfahren und Darstellungen wurden zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Werk enthaltenen Informationen für Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht. Ebenso wenig übernehmen Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die endgültige Entscheidung über die Eignung der Informationen für die vorgesehene Verwendung in einer bestimmten Anwendung liegt in der alleinigen Verantwortung des Nutzers.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Werkes, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 UrhG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Wir behalten uns auch eine Nutzung des Werks für Zwecke des Text- und Data Mining nach § 44b UrhG ausdrücklich vor.

© 2025 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München
Kolbergerstraße 22 | 81679 München | info@hanser.de
www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Lisa Hoffmann-Bäumli

Herstellung: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Covergestaltung: Thomas West

Titelmotiv: © Stephan Rönigk, unter Verwendung von Grafiken von gettyimages.de/aleksandarvelasevic

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Druck: Elanders Waiblingen GmbH, Waiblingen

Printed in Germany

Inhalt

Vorwort zur dritten Auflage	XI
Vorwörter zur ersten Auflage	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Erfindung und Innovation	1
1.2 Innovationstechnologien	2
1.3 Bedarf für systematische Innovation	4
1.4 Ganzheitliche Produkt- und Prozessentwicklung	6
1.5 Erfolgsfaktoren systematischer Innovation mit TRIZ	7
2 Kreativität und Methodik	11
2.1 Kreativitätstechniken	11
2.2 Klassische Konstruktionsmethodik	13
2.3 Kreativität und Methodik – ein Widerspruch?	14
2.4 Effizienz der Problemlösungstechniken	16
2.5 Der Prozess systematischer Innovation mit TRIZ	18
3 Die Theorie der erfinderischen Problemlösung	21
3.1 Ein systematischer Weg zur Erfindung	22
3.2 Der Widerspruch als Aufgabenstellung	24
3.3 Evolution technischer Systeme	25
3.4 Niveau von Problemlösungen	26
3.5 Nutzung bekannter Lösungsprinzipien und vorhandenen Wissens	29

3.6	Werkzeuge der TRIZ im Problemlösungsprozess	30
3.7	VDI-Richtlinie 4521	33
4	Werkzeuge systematischer Innovation mit TRIZ	35
4.1	Idealität	36
4.1.1	Maximaler Nutzen	39
4.1.2	Ideales technisches System	40
4.1.3	Ideales Endresultat (IER)	42
4.1.4	Erhöhung der Idealität als universelles Entwicklungsziel	42
4.1.5	Wege zur Erhöhung der Idealität	46
4.1.6	Grad der Idealität als Auswahlkriterium	48
4.2	Ressourcenanalyse	50
4.2.1	Stoffliche Ressourcen	54
4.2.2	Feldförmige Ressourcen	56
4.2.3	Räumliche Ressourcen	60
4.2.4	Zeitliche Ressourcen	61
4.2.5	Informations-Ressourcen	61
4.2.6	Funktionale Ressourcen	62
4.3	Widersprüche	63
4.3.1	Erfindung als Auflösung von Widersprüchen	64
4.3.2	Formulierung von Widersprüchen	66
4.3.3	Innovationsprinzipien zur Auflösung technischer Widersprüche	70
4.3.4	Auswahl der Lösungsprinzipien technischer Widersprüche	97
4.3.4.1	Strukturierung der Innovationsprinzipien	97
4.3.4.2	Widerspruchsmatrix zur geführten Lösung	99
4.3.4.3	Widerspruchsmatrix nach Altschuller	103
4.3.4.4	Matrix 2003	108
4.3.5	Separationsprinzipien zur Auflösung physikalischer Widersprüche	109
4.3.5.1	Separation im Raum	111
4.3.5.2	Separation in der Zeit	113
4.3.5.3	Separation in der Struktur	114
4.3.5.4	Separation durch Bedingungswechsel	115
4.3.6	Problemlösung durch Kombination von Innovations- und Separationsprinzipien	116

4.3.7	Betrachtung der Parameter widersprüchlicher Anforderungen ..	118
4.3.8	Lösung widersprüchlicher Anforderungen durch Veränderung des Wirkprinzips	118
4.4	Funktionsanalyse	119
4.4.1	Funktionsmodell der TRIZ	121
4.4.2	Aufgabenformulierung am Funktionsmodell	129
4.5	Prozessanalyse	130
4.5.1	Klassische Funktionsstruktur	130
4.5.2	Prozessorientiertes Funktionsmodell	131
4.6	Trimmen	133
4.7	Root-Conflict-Analysis (RCA+)	137
4.7.1	Methoden der Ursachenanalyse	139
4.7.2	Anwendung des Ursache-Wirkungs-Ketten-Modells zur Problemformulierung	140
4.7.3	Anwendung der Root-Conflict-Analysis (RCA+)	142
4.8	Evolution technischer Systeme	152
4.8.1	Modelle der Evolution technischer Systeme	156
4.8.2	Generelle Trends funktionaler Evolution	162
4.8.3	S-Kurven-Analyse	164
4.8.4	Evolutionsbaum technischer Systeme	166
4.8.5	Gesetze der Evolution technischer Systeme	167
4.8.5.1	Gesetz der Vollständigkeit des Systems	167
4.8.5.2	Gesetz der Vollständigkeit des Obersystems	168
4.8.5.3	Gesetz der Erhöhung der Idealität	169
4.8.5.4	Gesetz der ungleichen Entwicklung von Systemteilen ...	169
4.8.5.5	Gesetz der Erhöhung von Stoff-Feld-Interaktionen	170
4.8.6	Evolutionslinien und -trends technischer Systeme	171
4.8.6.1	Dynamisierung	171
4.8.6.2	Koordination und Evolution der Rhythmik	173
4.8.6.3	Gestalt- und Formkoordination	174
4.8.6.4	Evolution der Geometrie	175
4.8.6.5	Erhöhung des Energie-Leitvermögens	177
4.8.6.6	Übergang auf die Mikro-Ebene	178
4.8.6.7	Zunehmende Steuerbarkeit	179
4.8.6.8	Erhöhung der Automation	180

4.8.6.9	Übergang zum Obersystem	182
4.8.6.10	Zusammenfall	183
4.8.7	Evolutionspotenzial-Analyse	184
4.8.8	TRIZ-Vorhersage	186
4.8.8.1	TRIZ-Based Evolution Forecast	186
4.8.8.2	Gerichtete Evolution (Directed Evolution®)	187
4.9	Stoff-Feld-Modell	189
4.9.1	Aufbau eines Stoff-Feld-Modells	190
4.9.2	Problemformulierung im Stoff-Feld-Modell	193
4.10	Erfinderische Standards	194
4.10.1	Aufbau des Systems der erfinderischen Standards	195
4.10.2	Anwendung erfinderischer Standards zur Problemlösung	198
4.11	Denkhilfen und Unterstützung der Kreativität	203
4.11.1	Methode der kleinen Zwerge	203
4.11.2	Operator MZK	209
4.11.3	9-Felder-Denken (System-Operator)	210
4.12	Effekte	214
4.13	Value-Conflict-Mapping (VCM)	216
4.14	Feature-Transfer	222
4.15	Funktionsorientierte Suche (FOS)	224
4.16	Lösungsbewertung und -auswahl	226
5	Der systematische Innovationsprozess	231
5.1	Die Innovationscheckliste	232
5.1.1	Informationen zum System	233
5.1.2	Informationen zum Problem	234
5.1.3	Formulierung der Idealität	235
5.1.4	Historie vorangegangener Lösungsversuche	235
5.1.5	Analoge Probleme und Lösungen	235
5.1.6	Ressourcen	236
5.1.7	Veränderbarkeit des Systems	236
5.1.8	Lastenheft und Auswahlkriterien	236
5.2	TRIZ-Prozess-Ablaufplan	237
5.2.1	Negative Effekte und widersprüchliche Anforderungen	239
5.2.2	Kostenreduzierung	239

5.2.3	Neuentwicklung von Systemen	239
5.2.4	Patentumgehung	240
5.2.5	Festlegung zukünftiger Entwicklungsschritte	240
5.2.6	Weiterentwicklung ohne erkennbare Problemstellung	241
5.3	Algorithmus der erfinderischen Problemlösung (ARIZ)	241
5.3.1	Anwendung des ARIZ-85C	243
6	Integration der TRIZ in den Produktentwicklungsprozess ...	245
6.1	TRIZ und klassische methodische Konstruktion	246
6.1.1	Unterstützung der Entwicklungsphasen	246
6.1.2	Denken in Funktionen und Prozessen	248
6.1.3	Verknüpfung mit der Morphologischen Matrix	249
6.2	TRIZ und strategische Marketingplanung	250
6.3	TRIZ und Total Quality Management	252
6.3.1	Technische und physikalische Widersprüche in der QFD	252
6.3.2	QFD und das TRIZ-Denken in Funktionen	255
6.3.3	Antizipierende Fehlererkennung (AFE) in der FMEA	257
6.4	TRIZ und (Design for) Six Sigma	259
6.5	TRIZ für Business und Management	261
6.6	Softwareunterstützung	263
7	TRIZ und Nachhaltigkeit	265
7.1	Kriterien für Nachhaltigkeit	265
7.2	Idealität und Nachhaltigkeit	268
7.3	9-Felder-Modell und Nachhaltigkeit	270
7.4	Funktionsanalyse aus Nachhaltigkeitssicht	271
7.5	Trimmen für Suffizienz, Konsistenz und Effizienz	273
7.6	Ideal nachhaltige Ressourcen	274
7.7	Zielkonflikte der Nachhaltigkeitskonzeption	277
7.8	TRIZ-Nutzung für Nachhaltigkeitsprojekte	278
8	Qualifizierung und Zertifizierung	281
8.1	TRIZ-Zertifizierung	281
8.2	ETRIA TRIZ-Level	282

9	Anhang der Arbeitsmittel	287
9.1	Roadmap systematischer Innovation mit TRIZ	287
9.2	Ressourcen und Effekte	288
9.3	Widerspruchsmatrix nach Altschuller	294
9.4	Widerspruchsmatrix „Matrix 2003“	296
9.5	76 Standards	300
9.5.1	Klasse 1: Synthese und Zerlegung von Stoff-Feld-Systemen	300
9.5.2	Klasse 2: Weiterentwicklung von Stoff-Feld-Systemen	306
9.5.3	Klasse 3: Übergang in das Obersystem und zur Mikro-Ebene	316
9.5.4	Klasse 4: Messung und Erkennung in Stoff-Feld-Systemen	318
9.5.5	Klasse 5: Hilfestellungen	325
9.6	ARIZ-85C	331
9.6.1	Analyse der Aufgabe	332
9.6.2	Analyse des Problemmodells der Aufgabe	339
9.6.3	Definition des IER und des physikalischen Widerspruchs	342
9.6.4	Mobilisierung und Anwendung der Stoff-Feld-Ressourcen	346
9.6.5	Anwendung der Wissensdatenbank der TRIZ	356
9.6.6	Veränderung oder Ersatz der Aufgabe	357
9.6.7	Analyse der Prinzipien zur Beseitigung des physikalischen Widerspruchs	359
9.6.8	Anwendung der gewonnenen Lösung	360
9.6.9	Analyse des Lösungsverlaufs	361
	Die Autoren	363
	Literatur	365
	Index	369



Vorwort zur dritten Auflage

Nach Erscheinen der ersten Auflage im Jahr 2011 hat das vorliegende Buch viel Anerkennung bekommen und sich recht schnell zum Standardwerk der TRIZ-Ausbildung im deutschsprachigen Raum entwickelt. Wir freuen uns, dass das ganzheitliche Konzept bei Studierenden und Praktikern gleichermaßen den Zuspruch gefunden hat, den wir uns erhofft hatten.

Im Jahr 2013 wurde vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) eine Expertengruppe ins Leben gerufen, um die klassischen TRIZ-Werkzeuge in einer VDI-Richtlinie in Kurzform zu beschreiben und damit insbesondere die Vielzahl unterschiedlicher Bezeichnungen und inhaltlicher Zuordnungen zu vereinheitlichen. Hieraus entstand die VDI 4521 „Erfinderische Problemlösung mit TRIZ“.

Zum Redaktionsschluss der zweiten Auflage unseres Buches waren Blatt 1 und 2 der VDI 4521 veröffentlicht, Blatt 3 war weitgehend fertiggestellt.

Mit den Inhalten der ersten Auflage konnten wir einerseits wesentlich zur Erarbeitung dieser Richtlinie beitragen, andererseits haben wir einzelne Bezeichnungen und Werkzeuge in unserer zweiten Auflage angepasst und ergänzt, um nun auch zur VDI 4521 konform zu sein.

Die Nutzung unseres Buches als konsistentes Lehrmaterial und Nachschlagewerk hat in Verbindung mit der VDI 4521 die Ausbildung der TRIZ wesentlich transparenter gemacht. Basierend darauf wurden zwischenzeitlich die Inhalte stufenweiser Zertifikatskurse von der European TRIZ Association (ETRIA) definiert (Kapitel 8), um für die (Hochschul-)Lehre einen Qualitätsmaßstab zur Verfügung zu stellen. Entsprechende Seminare und Zertifikatsprüfungen können z. B. an der Hochschule Niederrhein belegt werden.

Die dritte Auflage des Buches haben wir um das Thema „Nachhaltigkeit“ ergänzt (Kapitel 7). Die Entwicklung von nachhaltigen Produkten und Prozessen ist in den letzten Jahren immer mehr in den Fokus gerückt, um die aufkommenden ökologischen, sozi-

alen und auch wirtschaftlichen Probleme zu lösen. Hier bietet die TRIZ grundlegende Denkmodelle und unterstützende adaptierte Werkzeuge, die bei Nachhaltigkeitsprojekten hilfreich eingesetzt werden können. Ergänzende Dokumente und Arbeitsmittel zu diesem Buch finden Sie unter *plus.hanser-fachbuch.de*.

Wir wünschen den Leserinnen und Lesern weiterhin interessante Erkenntnisse und erfolgreiche Problemlösungen bei der praktischen Anwendung der beschriebenen TRIZ-Werkzeuge.

Wegberg, Frühjahr 2025

Karl Koltze



Vorwörter zur ersten Auflage

Nach der Öffnung der Sowjetunion entstand in der westlichen Welt etwa ab 1989 eine Theorie, die Herangehensweise an das Thema „Erfinden“ zu revolutionieren: die von G. S. Altschuller entwickelte „**Theorie der erfinderischen Problemlösung**“, kurz TRIZ. Worin liegt die Faszination der TRIZ?

Ob es um die Entwicklung und Vermarktung neuer Produkte und Prozesse geht oder um die Optimierung bestehender Lösungen im Rahmen des Qualitätsmanagements, immer ist kreative erfinderische Problemlösung die Grundlage für den Erfolg. Daher weckt eine Theorie, die behauptet, Erfindungen ließen sich systematisch erarbeiten, lebhaftes Interesse. Valeri Souchkov ist einer der Pioniere, die die TRIZ in den Westen und von dort in viele weitere Länder getragen haben. Mit diesem Buch haben sich die beiden Autoren das Ziel gesetzt, einen weiteren Beitrag zur Verbreitung der TRIZ-Anwendung zu leisten.

Das vorliegende Buch wendet sich nicht nur als **Lehrbuch** an Studierende technischer Studiengänge der Hochschulen und Fachhochschulen, sondern auch an interessierte Produktentwickler, (Wirtschafts-)Ingenieure und Techniker. Es ist ein **Handbuch** für alle „Problemlöser“ in der Praxis. Es beinhaltet alle Methoden bzw. Werkzeuge der sogenannten „klassischen TRIZ“ sowie weitere hilfreiche neue Methoden. Alle vorgestellten Werkzeuge sind sowohl in der Produkt- als auch in der Prozessentwicklung anwendbar.

Wir haben besonderen Wert auf eine **vollständige und konsistente Beschreibung** mit vielen Anwendungshinweisen und einfachen Beispielen gelegt. Dies ermöglicht es dem Leser, die Fülle von Werkzeugen effizient zu erlernen und auch einzeln kompetent anzuwenden. Ebenso wichtig war es uns, einen Überblick über die **Zuordnung der Werkzeuge in die Schritte des Problemlösungs- bzw. Innovationsprozesses** zu geben, um dem Anwender sowohl die Orientierung zu erleichtern als auch die notwendige Flexibilität bei der Anwendung zu geben.

Kapitel 1 erläutert die **Erfolgsfaktoren** und den Bedarf von TRIZ bei der industriellen Anwendung innerhalb der Produkt- und Prozessentwicklung und **Kapitel 2** macht deutlich, warum sich **Kreativität und Methodik** nicht ausschließen, sondern im Rahmen ganzheitlicher systematischer Innovation ergänzen.

Kapitel 3 erläutert die wesentlichen Gedanken und grundlegenden Erkenntnisse der „**Theorie der erfinderischen Problemlösung**“ (TRIZ) und **Kapitel 4** stellt die darauf aufbauenden einzelnen **TRIZ-Werkzeuge** ausführlich mit einfachen Beispielen, umfangreichen Checklisten und schrittweisen Handlungsanleitungen vor. Die Reihenfolge der Vorstellung der einzelnen Werkzeuge wurde aus didaktischen Gründen bewusst in der vorliegenden Form gewählt.

Kapitel 5 zeigt, wie die einzelnen TRIZ-Werkzeuge zu einem **systematischen Innovationsprozess** zusammengeführt werden können, und gibt hierzu Hilfestellungen sowie einige Beispiele anhand typischer Entwicklungsaufgaben.

Kapitel 6 zeigt anhand einiger Anwendungsempfehlungen, wie die TRIZ in den vorhandenen Produktentwicklungsprozess zur Unterstützung von **methodischer Konstruktion, strategischer Marketingplanung** und **Qualitätsmanagement**, hier speziell bei Themen wie QFD, FMEA und DFSS, integriert werden kann.

In **Kapitel 7** wird dargestellt, in welcher Reihenfolge der **Aufbau von TRIZ-Kompetenzen** in Unternehmen erfolgen kann und in welchen Aufgabenbereichen die Mitarbeiter die erworbenen Fertigkeiten einsetzen können.

Kapitel 8 rundet schließlich die vorgestellten TRIZ-Werkzeuge mit detaillierten **Arbeitsmitteln** einschließlich des „Algorithmus zur erfinderischen Problemlösung“ (ARIZ) ab.

Die Realisierung eines solchen Buchs ist nur durch viele helfende Hände möglich. Wir danken all jenen, die zum Gelingen des Buchs beigetragen haben. Insbesondere danken wir der Altschuller Foundation, namentlich Frau Jana Komarcheva, der Enkelin Altschullers, für die freundliche Genehmigung zur Übersetzung und Veröffentlichung der originalen Altschuller-Arbeiten. Wir danken den Firmen Invention Machine und CREAX für die Zurverfügungstellung von erläuternden Grafiken aus ihren Software-Produkten sowie Darrell Mann für die Matrix 2003. Wir danken Herrn Univ.-Doz. Dr. Franz Brunner für die Herausgabe des Buchs in der „Praxisreihe Qualitätswissen“ und dem Hanser Verlag, vertreten durch Herrn Dipl.-Ing. Volker Herzberg, für die angenehme Zusammenarbeit.

Ein besonderer Dank gilt unseren Familien, die uns bei der Arbeit an unserem Buchprojekt nicht zuletzt durch ihre Geduld unterstützt haben. Ein brüderlich-kollegialer Dank gilt außerdem Herrn Dipl.-Ing. Bodo Koltze für die fachlich-kritische Manuskriptdurchsicht. Durch seine TRIZ-Aktivitäten ist ursprünglich vor über zehn Jahren die fachliche Zusammenarbeit der Autoren entstanden.

Das vorliegende Buch kumuliert viele Jahre Entwicklungs-, Lehr- und Anwendungserfahrung der beiden Autoren. Trotz aller Sorgfalt wird es Fragen und Ansätze zur Ver-

besserung geben. Über Hinweise oder Ergänzungen, z. B. in Form weiterer illustrierender Beispiele, würden wir uns freuen. Bitte schreiben Sie an *karl.koltze@hs-niederrhein.de* (in deutscher Sprache) oder an *valeri@xtriz.com* (in englischer Sprache).

Erfinden ist eines, Umsetzen im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten ist etwas anderes. Die TRIZ macht Mut, neue Wege zu gehen. Ihre erfinderischen Problemlösungen überzeugen. Notwendig bleiben die Entschlossenheit und das Durchhaltevermögen all derer, die eine Realisierung der Erfindungen bis in den Markt möglich machen.

Wir sind uns sicher, dass die TRIZ den Leser fesseln wird, ihn mit dem „TRIZ-Fieber“ anstecken wird. In diesem Sinne wünschen wir Ihnen erfolgreiche Innovationen bei der Anwendung Systematischer Innovation mit TRIZ!

Karl Koltze

Dear Readers,

It is a great pleasure to me to present to you our new book.

My first encounter with TRIZ happened back in 1987, when I bought a book “To Find an Idea” written by the creator of TRIZ, Genrich Altshuller. To say honestly, my first impression during reading the book was rather sceptical. Like everyone else I tended to believe that invention was a result of mystic and chaotic thinking which eventually led to an unpredictable insight. And of course, due to the random nature of this process it could neither be structured nor controlled. The very idea of a “controlled insight” seemed to me nonsensical. But a year later, when I was working on a difficult technical problem and was unable to get results after three months, I tried to apply TRIZ and what a surprise – it took me less than a day to come up with a needed solution! It occurred that the solution was situated in the area where I did not look and would probably never look upon without TRIZ at all. I was so impressed that this moment became a turning point of my life: I decided to learn as much as possible about TRIZ and shortly afterwards found myself fully engaged in professional TRIZ activities.

Contemporary technological innovation is a complex process which involves a broad range of activities: from market studies to commercialization of invention. However the most critical part of the process of innovation is what we call “front-end of innovation”: a stage where new ideas and solutions are produced. Although traditional creativity supporting methods based on brainstorm can help to produce numerous ideas, practice shows that only those ideas that fully match required constraints and demands predetermine future success of innovation. Traditional brainstorm often fails to deal with complex issues and produces low-quality ideas which result in unsuccessful trials and errors leading to wasting time and money. To overcome the shortcomings of the method of trials & errors TRIZ was developed on the basis of massive studies of various technical inventions. These studies introduced a scientific ground to solving inventive problems and generating high-quality inventive ideas.

The power of modern TRIZ resides in a unique combination of a “left-brain” logical, analytical approach to understanding problems and a structured approach to boosting “right-brain” creative thinking via a system of abstract patterns and psychological operators. Instead of directly jumping to a solution through trials and errors and spending numerous resources to implement a solution which is not going to work, TRIZ offers a structured process. This process targets at first, understanding what really the problem is and second, generating most cost-effective solutions based on the re-use of knowledge experience of many generations of inventors accumulated in the TRIZ knowledge bases. I would like to specifically stress that TRIZ does not replace thinking but structures and guides it thus drastically accelerating the process of finding new and most effective ideas.

I am often asked, what is TRIZ? Science, method, tool? It is not easy to answer this question. The term “TRIZ” which stands for a “Theory of Solving Inventive Problems” originally was introduced in the 1970 s to give a title to the work of Altshuller and his colleagues which started 20 years before that and primarily focused on creating the algorithm of solving specific inventive problems. However, today TRIZ is much bigger than that. Modern TRIZ studies evolution of technical systems, causes of inventive problems, driving forces of innovation, provides means for analyzing complex systems and situations, and so forth. That’s why the term “Systematic Innovation” was introduced to show a broader scope of modern TRIZ applications.

I personally see TRIZ-based Systematic Innovation as an emerging scientific discipline which governs both development of theories of innovation and building practical tools which can be used by engineers and technology professionals to innovate. There are more than 20 different tools in TRIZ today, and each tool is intended to accomplish a certain task: either to analyze a system, or formulate a problem, or help with generating solutions, or help to forecast a future evolution of a given technical system. And today, dozens of TRIZ professionals all over the world continue to research and develop new theories and tools related to TRIZ and Systematic Innovation.

Therefore, this book not only provides you with classical TRIZ tools but also presents some new tools which were developed recently and which effectiveness was successfully tested on hundreds of real-life projects. This book also accumulates more than 20 years of experience with organizing TRIZ tools to the processes.

It also seems to us that this book is coming out at the right time. It is widely accepted today that industrial evolution bypassed two large periods: the Age of productivity and the Age of quality. Today we do not need magic to develop high-quality technical products and massively manufacture them because we have all needed knowledge. And currently we are entering the third age: Age of innovation. In the past, it was enough to patent one-two ideas and then run successful business for many years based on these patents. Today the situation is radically changing: any business which is willing to survive and prosper in the long run, should continuously come up with new innovative solutions. TRIZ turns magic into knowledge which helps to solve innova-

tive problems and create inventions on demand, exactly when you need them. It is a major reason why such world-leading companies as Intel, Procter and Gamble, Matsushita, Samsung have been steadily incorporating TRIZ into their activities during the last 10 years. We hope this book will help you enter the world of TRIZ and help with creating new inventions.

I would like to express my sincere gratitude to many people who made this book possible. First of all, to Karl Koltze, who undertook a great effort to write the book in German language in which I am far from being fluent. Second, to the Official G. S. Altschuller Foundation (www.altshuller.ru) which kindly provided us with permission to translate and publish original texts of Altschuller. Third, to Hanser Fachbuch, which agreed to publish and promote this book. And last but not least to all my TRIZ colleagues, teachers and customers thanks to whom I can continue working with TRIZ and further contribute to developing TRIZ and Systematic Innovation.

I wish you successful innovations!

Valeri Souchkov

Enschede, The Netherlands

ICG Training & Consulting

www.xtriz.net

European TRIZ Association (ETRIA)

www.etria.eu

1

Einleitung

1.1 Erfindung und Innovation

Innovation entsteht auf Basis einer Erfindung (engl. „Invention“). Eine Erfindung ist eine neuartige Idee, wie ein Problem prinzipiell lösbar ist, ein Lösungskonzept. Oftmals erscheint eine derartige Idee so wertvoll, dass der Wunsch besteht, sie rechtlich gegen Nachahmung zu schützen. Dies geschieht, indem das Lösungskonzept zum Patent angemeldet wird. Ein Patent ist ein Schutzrecht, das heißt das Recht auf die alleinige Nutzung der Erfindung. Es garantiert jedoch noch kein erfolgreiches Produkt. Das Lösungskonzept muss weiterentwickelt und in ein marktfähiges Produkt umgesetzt werden. Von einer technisch erfolgreichen Umsetzung kann gesprochen werden, wenn das Produkt bzw. der Prozess zunächst einmal fehlerfrei funktioniert. Wenn der Markt dann einen besonderen Wert bzw. eine Wertsteigerung gegenüber den bisher im Markt befindlichen Produkten bzw. Prozessen erkennt, ist die Erfindung erfolgreich vermarktbear.



Innovation = Neue Idee (+ Patent) + Erfolgreiche Umsetzung + Erkennbarer (Markt-)Wert

Der Innovationsprozess beinhaltet im Wesentlichen die Schritte

- a) Ideenfindung,
- b) Ideenbewertung und Auswahl,
- c) Umsetzung der erfinderischen Idee in ein marktfähiges Produkt bzw. einen marktfähigen Prozess,
- d) Vermarktung.

**Beispiel 1.1**

In der Vergangenheit wurde die Erfindung „Auftrieb mit einem speziell geformten Flügelprofil“ nach und nach in die Innovation „Flugzeug“ umgesetzt und vermarktet.

In der industriellen Praxis gibt es unterschiedliche Problemstellungen, die die Grenzen herkömmlicher Lösungen aufzeigen und Innovationsprozesse auslösen können, beispielsweise

- Barrieren in der Leistungsfähigkeit von Produkten und Prozessen,
- sich neu entwickelnde oder verändernde Marktbedürfnisse,
- das Erkennen bisher unerkannter (sog. „latenter“) Kundenbedürfnisse,
- neue wissenschaftliche Entdeckungen,
- strategisch notwendige Technologie- und Marktdiversifikation,
- störende negative Effekte bisheriger Produkte und Prozesse,
- zu hohe Kosten,
- aufkommende Wettbewerbsaktivitäten.

Ergebnis des Innovationsprozesses sind Problemlösungen, die besser als zuvor funktionieren und besser als zuvor an die Bedürfnisse des Kunden, des Marktes bzw. des sich verändernden Umfelds angepasst sind. Innovationen sind dann erfolgreich, wenn einerseits ihr Wert deutlich für den Markt erkennbar ist, sie andererseits aber auch in das konkrete Umfeld passen. Wenn Letzteres nicht gegeben ist, können selbst technisch innovative Produkte und Prozesse keinen Markterfolg haben. In der Technikgeschichte gibt es immer wieder Beispiele für Produkte, „deren Zeit noch nicht reif war“, wie die Entwicklungen von Elektrofahrzeugen um 1900. Der Innovationsprozess beinhaltet also nicht nur die Erarbeitung von einzelnen Problemlösungen, sondern auch die Integration dieser Lösungen in das Umfeld – gegebenenfalls sogar die aktive Schaffung eines geeigneten Umfelds für das neu zu vermarktende Produkt. In den kommenden Kapiteln wird auf die Berücksichtigung des Aspekts „Umfeld“ insbesondere zur Lösungsauswahl noch ausführlicher eingegangen.

1.2 Innovationstechnologien

Die Phasen des Innovationsprozesses, der schrittweisen, systematischen Produkt- und Prozessentstehung, sind durch die Richtlinien des VDI (Verein Deutscher Ingenieure) und die grundlegende Literatur der klassischen methodischen Konstruktion beschrieben (vgl. VDI 2221, VDI 2222, VDI 2223, VDI 2206 sowie [Pah97], [Koll98]). In

der industriellen Praxis haben sich einige den Innovationsprozess unterstützende Methoden, Techniken, Verfahren und Werkzeuge, sogenannte Innovationstechnologien, etabliert. Im Produktentwicklungsprozess sind dies insbesondere

- die **virtuelle Produktentwicklung** mit Werkzeugen wie **CAD/CAE** (Computer Aided Design/Computer Aided Engineering), **FEM** (Finite Elemente Methode), **CFD** (Computational Fluid Dynamics) für Strömungssimulationen, Toleranzanalysen oder Berechnungs- und Simulationssoftware wie MatLab und Simulink,
- die Verfahren der klassischen **methodischen Konstruktionslehre** wie die Funktionsstruktur oder die Morphologie,
- klassische **Kreativitätstechniken** wie Brainstorming, MindMap und andere.

Auch das Qualitätsmanagement kennt Techniken und Verfahren zur Optimierung von Produkten und Prozessen, die inzwischen standardmäßig genutzt werden, angefangen von einzelnen Werkzeugen wie

- **QFD** (Quality Function Deployment),
- **FMEA** (Failure Mode and Effect Analysis),
- **DoE** (Design of Experiments),
- **SPC** (Statistical Process Control),

bis hin zu umfangreichen systematischen Projekten wie **Six-Sigma-Projekte** zur Prozessoptimierung im Rahmen des Total Quality Management (vgl. [Pfei96a], [Wap06]).

Der Umfang der Anwendung von Innovationstechnologien variiert in den Unternehmen je nach Unternehmensgröße bzw. Größe des Entwicklungsteams sowie Umfang bzw. Dauer des Entwicklungsvorhabens, aber auch je nach Neigung des Anwenders. Etablierte Innovationstechnologien werden durch neue Technologien ergänzt und mit ihnen verknüpft. So ist das Vorgehen im Rahmen von Six-Sigma-Projekten nicht zuletzt deshalb erfolgreich, weil es bereits bekannte, etablierte Methoden und Verfahren in einen systematischen und konsequenten Zusammenhang bringt. Die Theorie der erfinderischen Problemlösung (TRIZ) hat eine Fülle neuer Methoden hervorgebracht, die in den folgenden Kapiteln zunächst einzeln beschrieben werden. Diese Methoden lassen sich in den Rahmen etablierten Vorgehens eingliedern, besitzen jedoch auch derart „revolutionäre“ Gedankengänge, dass sie langfristig einzelne bisherige Vorgehensweisen ersetzen werden. Mit zunehmender Anwendungsroutine wird der TRIZ-Nutzer selbst bestimmen können, wie weit einzelne Methoden und Strategien die vorhandene Entwicklungssystematik ergänzen oder ersetzen.

Der Zeitpunkt der Anwendung einzelner Innovationstechnologien lässt sich den Phasen des Innovationsprozesses zuordnen, in denen sie meist genutzt werden (Bild 1.1).

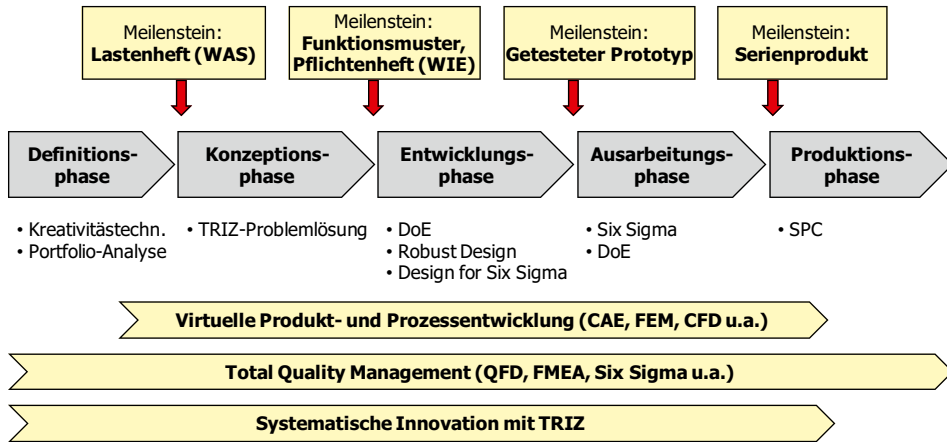


Bild 1.1 Typische Innovationstechnologien in den Phasen des Innovationsprozesses

In der Praxis zeigt sich, dass Innovationstechnologien oftmals in verschiedenen Phasen des Innovationsprozesses, ggf. nach geringfügigen Anpassungen, effizient genutzt werden können. Ein Beispiel hierfür ist die mehrstufige QFD-Analyse. Die systematische und gleichzeitig pragmatische Nutzung von Innovationstechnologien „mit Augenmaß“ in den verschiedenen Phasen der Entwicklungstätigkeit ist eine besondere Schlüsselkompetenz. Aus diesem Grund ist die Unterstützung durch interne oder externe Methodenexperten bzw. -moderatoren im Innovationsprozess meist recht hilfreich.

1.3 Bedarf für systematische Innovation

Auf der Grundlage von Studien in der Industrie wurde insbesondere durch Pannebäcker [Pan07] beschrieben, inwieweit bei der Produkt- und Prozessentwicklung ein methodisches, systematisches Vorgehen in der industriellen Praxis gewünscht und „gelebt“ wird. Eine Befragung, die 1998 bei 400 Unternehmen durchgeführt wurde, zeigte zusammenfassend folgende Aussagen, die durch unsere eigenen Praxiserfahrungen bestätigt werden können:

- Allen Phasen des Innovationsprozesses wird eine große Bedeutung für den Erfolg der Innovation beigemessen. Eine frühe Analyse- und Definitionsphase scheint jedoch recht stark zum Erfolg beizutragen.
- Die frühen Phasen des Innovationsprozesses bedürfen eher einer (Anwendungs-) Verbesserung als die späten Phasen, die eher der „klassischen“ Ingenieurarbeit entsprechen, die routiniert ausgeführt wird.

- Für eine erfolgreiche Problemlösung wird der Schritt der Zielbildung bzw. Problemdefinition als besonders wichtig erachtet.
- Für die Lösungssuche werden bessere Hilfestellungen bei der Suche nach Lösungsressourcen und konkreten Lösungskonzepten gewünscht.
- Methoden zum Erfinden sollten ihrem potenziellen Anwender einerseits eine Orientierung und Hilfestellung für die schrittweise Erarbeitung einer erfinderischen Lösung geben, andererseits eine gewisse Flexibilität und „Freiheit“ bieten. Meist wird auch eine Kompatibilität zu bereits eingesetzten Methoden gewünscht.

Deutlich wurde in der Studie insbesondere auch, dass die persönliche Neigung der Problemlöser eine große Rolle spielt und insofern Entwickler mit eher analytischer, orientierender Neigung (und weniger „Umsetzungsmut“) und Entwickler mit eher tüftlerischer, umsetzungsforcierender Neigung (und weniger „Analyseakzeptanz“) unterschieden werden können (Bild 1.2). Die Praxis zeigt, dass nur ein „gesundes Mittelmaß“ zwischen dem Erkenntnisgewinn der Analyse und Orientierung und dem erforderlichen Realisierungsschritt der Umsetzung zum Erfolg führt.

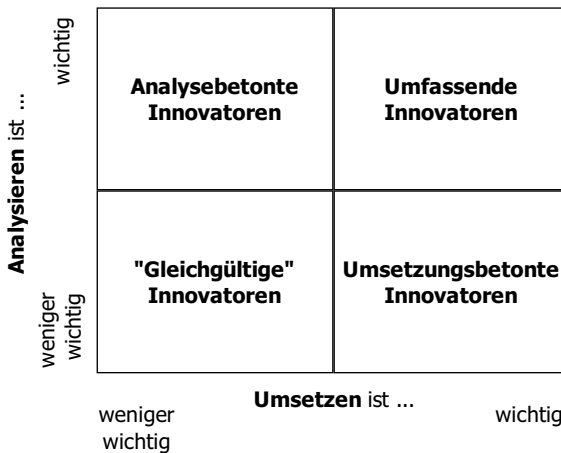


Bild 1.2 Vier Typen von Innovatoren (nach [Pan07])

Die Methoden der TRIZ bzw. der Systematischen Innovation wurden bisher eher in größeren Unternehmen praktiziert. Es besteht jedoch auch in mittelständischen und kleineren Unternehmen eine zunehmende Akzeptanz und ein Bedarf für methodisches Vorgehen, da sich auch hier die Erkenntnis durchgesetzt hat, dass das „tüftlerische“ Vorgehen eine vergleichsweise geringe Effizienz im Vergleich zum systematischen, analytischen Vorgehen aufweist. Diese Erkenntnis ist auch Grund für den Erfolg der Six-Sigma-Vorgehensweise, die ein unstrukturiertes „Herumprobieren“ durch ein strukturiertes Vorgehen mit den geeigneten Werkzeugen für die Erarbeitung abgesicherter Ergebnisse ersetzt.

1.4 Ganzheitliche Produkt- und Prozessentwicklung

Ein **Prozess** ist die Gesamtheit von aufeinanderfolgenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie oder auch Information umgeformt, transportiert oder auch gespeichert wird. Es ist die Abfolge logisch zusammenhängender Aktivitäten zur Erstellung einer Leistung oder eines Produkts oder die Veränderung eines Objekts. Der technische Prozess besitzt Eingangsgrößen (Input) und Ausgangsgrößen (Output) in Form von Material (Stoff-Fluss), Energie (Energie-Fluss) und Information (Informations- bzw. Signal-Fluss) und wird mithilfe von Einflussgrößen (Steuergrößen) gesteuert. Das Hauptziel eines Prozesses ist Wertzuwachs bzw. Wertschöpfung. Ein **Produkt** ist ein Mittel zur Bedürfnisbefriedigung und somit auch zur Nutzen- gewinnung.

Erfolgreiche Produktentwicklung ist immer ganzheitlich verbunden mit Prozessentwicklung. Produkte liefern Funktionen, eine Kette von Funktionen bildet einen Prozess. Um die Funktionalität von Produkten zu definieren und zu gestalten, ist zuvor eine Beschreibung des Prozesses, den das Produkt realisieren soll, erforderlich. Produktentwicklung beinhaltet daher zwangsläufig die zugehörige Prozessentwicklung.



Beispiel 1.2: Textilmaschinenbau

Zur Entwicklung und Konstruktion einer Maschine zur Garnherstellung (Spinnmaschine) ist es erforderlich, den Prozess der Entstehung eines Fadens aus Einzelfasern zu verstehen: Einzelfasern ausstrecken und parallelisieren → Strang von Einzelfasern in der notwendigen Einzelfaser-Anzahl bündeln → achsparalleles Drehen des Faserstrangs zum Erhalt von gedrehtem Garn ausreichender Zugfestigkeit (Bild 1.3).

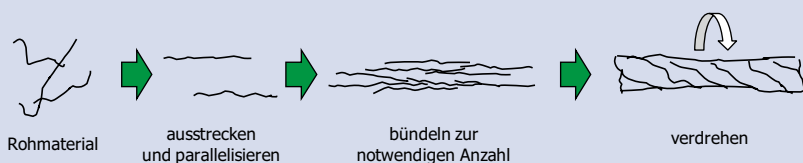


Bild 1.3 Prozess der Entstehung von Garn aus Einzelfasern

Erst wenn der Prozess mit seinen Prozessschritten (Funktionsabfolge) definiert ist und die Funktionen und Bedingungen der Prozessschritte verstanden sind, kann mit der Entwicklung von Baugruppen und Maschinenteilen der Spinnmaschine, also des Produkts zur Realisierung der Funktionen, begonnen werden.

Die (Weiter-)Entwicklung des Prozesses bedeutet gleichzeitig die Entwicklung oder Modifizierung von Komponenten des Produkts und umgekehrt.

Die Werkzeuge zur systematischen Innovation, die in diesem Buch erläutert werden, lassen sich daher gleichermaßen auf Produkt- wie Prozessentwicklung anwenden, da sich beide nicht voneinander trennen lassen. In diesem Sinne ist, wenn im Buch von „Produktentwicklung“ gesprochen wird, gleichermaßen auch die „Prozessentwicklung“ eingeschlossen.

Prozesse können jedoch nicht nur im technischen Sinne verstanden werden. Der Begriff „Prozesse“ (einschließlich des Begriffs der „Geschäftsprozesse“) unterscheidet zwischen Herstellungsprozessen und administrativen Prozessen. Administrative Prozesse sind **Dienstleistungen**. Bei der Dienstleistung steht nicht die materielle Produktion oder der materielle Wert eines Endprodukts im Vordergrund, sondern eine von einer natürlichen Person oder einer juristischen Person zu einem Zeitpunkt oder in einem Zeitrahmen erbrachte Leistung zur Deckung eines Bedarfs. Insofern sind die in diesem Buch erläuterten TRIZ-Werkzeuge auch auf die Entwicklung und Optimierung von Dienstleistungen anwendbar.

1.5 Erfolgsfaktoren systematischer Innovation mit TRIZ

In Unternehmen besteht zunehmend der Bedarf, Innovationsprojekte methodisch zu bearbeiten. Die anspruchsvollen Marktanforderungen, die verschärften Wettbewerbsbedingungen und nicht zuletzt der verschärfte Kostendruck zwingen dazu, mit der notwendigen Innovationshöhe, aber auch einer ausreichenden Lösungsgenerierungs-Effizienz, zu agieren. Zufällig generierte „Geistesblitze“ oder das bisher übliche „Trial and Error“ sind hierfür nicht mehr ausreichend. Systematisches und analytisches Arbeiten ist gefordert. Nachdem sich die methodische Konstruktion ebenso wie die Standardmethoden des Qualitätsmanagements bereits etabliert haben, gewinnt nun auch die Systematische Innovation auf der Basis der Theorie der erfinderischen Problemlösung (TRIZ) immer mehr überzeugte Anwender.

Aber was ist neu an der TRIZ? Und warum kann die TRIZ mehr leisten als herkömmliche Problemlösungstechniken?

Zunächst einmal ist die TRIZ nicht nur eine einzige Methode, sondern ein Sammelbegriff für verschiedene Werkzeuge: Methoden, Strategien, Informationen und Hinweise. Die vier wesentlichen Säulen, die die systematische Arbeit auf der Grundlage der TRIZ ausmachen, sind in Bild 1.4 beschrieben.

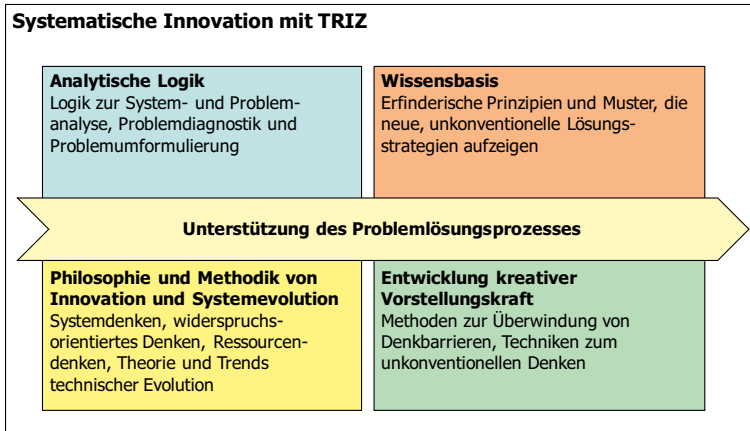


Bild 1.4 Vier Säulen zur systematischen Innovation mit TRIZ

a) Erfolgsfaktor „Analytische Logik“

Analytische TRIZ-Werkzeuge werden vor allem dazu genutzt, die Problemsituation zu klären und das „**Kernproblem**“ in Form eines **Widerspruchs** herauszuarbeiten. Ein gut bzw. treffend formuliertes Problem ist bereits die halbe Lösung.

Diese Erkenntnis ist prinzipiell nicht neu, wird im Alltag der industriellen Praxis aber oftmals nicht gebührend beherzigt. Die TRIZ erarbeitet die „richtigen“ Probleme und konzentriert ihre weiteren Problemlösungsbemühungen, statt sich auf „Nebenkriegsschauplätzen“ zu betätigen. Dieser Faktor macht zum einen die Leistungsfähigkeit der Lösungen und zum anderen die Effizienz des Lösungswegs aus.



Wenn ich 1 Stunde Zeit hätte, ein Problem zu lösen, von dem mein Leben abhängt, würde ich 45 Minuten damit verbringen, das Problem zu analysieren, 10 Minuten damit, eine Lösung zu erarbeiten, und 5 Minuten damit, die Lösung umzusetzen.

(Albert Einstein, 1879 – 1955)

b) Erfolgsfaktor „Wissensbasis“

Die Erkenntnisse der TRIZ basieren auf der Analyse von über 1 Million Patenten. Aus erfinderischen Lösungen wurden **Lösungsprinzipien** extrahiert, die dem Anwender als Wissensbasis zur Verfügung stehen. Die Konzeption von Problemlösungen bedeutet das Anwenden von **Ressourcen**. Die TRIZ unterstützt eine Suche und Auswahl von Ressourcen durch entsprechende Analysen und Checklisten. Um Funktionen zu realisieren, werden physikalische, chemische, geometrische oder weitere technisch nutzbare **Effekte** angewandt. Viele wissenschaftlich beschriebenen Effekte blieben bisher auch dem versierten Entwickler unbekannt. Im Rahmen der Entwicklung TRIZ-basierter Werkzeuge wurden Effekte-Datenbanken zusammengetragen, die eine ge-

zielte Suche nach zweckmäßig nutzbaren Effekten ermöglichen. Nicht zuletzt ist die Suche nach und die Nutzung von **Analogien** ein wesentliches Lösungskonzept der TRIZ.

c) Erfolgsfaktor „Philosophie und Methodik von Innovation und Systemevolution“

Erfinden ist kein zufälliger Prozess. Erfindungen können systematisch erarbeitet werden. Dies bestätigt sich, wenn die Entwicklungen technischer Systeme in der Vergangenheit nachvollzogen werden. Technische Systeme entwickeln sich in **evolutionären Mustern**. Die Erkenntnis technischer Evolution ist der Kern effizienter TRIZ-Werkzeuge, die sowohl für Problemlösungen als auch für strategische Entscheidungen systematisch angewandt werden können.

d) Erfolgsfaktor „Entwicklung kreativer Vorstellungskraft“

Kreative Vorstellungskraft ist für eine Problemlösung unerlässlich. Auf der Basis des TRIZ-Denkens entstanden leistungsfähige **Kreativitätstechniken**, die den Innovationsprozess sowohl bei der Problemanalyse als auch bei der Lösungsfindung unterstützen.

Systematische Innovation auf der Basis der TRIZ beinhaltet eine Summe von Werkzeugen zur Durchführung des gesamten Problemlösungsprozesses. Dieser „Werkzeugkasten“ enthält Hinweise zur Problemanalyse, Lösungssynthese und Lösungsbeurteilung. Dahinter stehen eine leistungsfähige Wissensbasis, aber auch Philosophien und Methoden, die im Vergleich zu bisherigen Problemlösungen ein Umdenken in der Herangehensweise an die Problemlösung erfordern.

Die TRIZ ist keine leichte Kost. Es ist erforderlich, die grundlegenden Philosophien zunächst zu verstehen und zu verinnerlichen, um überzeugende Problemlösungen mit deutlich sichtbarem Erfolgspotenzial zu erhalten. Insbesondere die Menge und vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der TRIZ-Werkzeuge sind für den Anfänger erst einmal verwirrend. Durch eine konsistente Beschreibung der grundlegenden Philosophien und Werkzeuge der TRIZ wird dieses Buch dem Anfänger aber schrittweise das anwendungsorientierte Verständnis ermöglichen und auch dem erfahrenen TRIZ-Problemlöser als Arbeitsbuch und Nachschlagewerk wertvolle Dienste leisten.

2

Kreativität und Methodik

2.1 Kreativitätstechniken

Problemlösungen erfordern Kreativität. Kreativität ist einerseits eine natürliche Fähigkeit eines jeden Menschen, andererseits lässt sie sich gezielt durch Techniken fördern.



Natürliche Kreativität ist das Auftreten ungewohnter oder ungebräuchlicher aber angemessener Handlungen. **Kreative Leistung** ist die Kombination von natürlicher Kreativität und **Wissen**.

Die natürliche Kreativität nimmt im Laufe des Lebens ab. Kinder sind sehr kreativ, was sich in ihrem Spiel deutlich zeigt. Im Laufe des Lebens verringert sich aber die natürliche Kreativität, was insbesondere durch die Spezialisierung auf wenige Fachgebiete und die Berücksichtigung von eingrenzenden Regeln und Konventionen begründet ist. Es bauen sich Denkblockaden auf. Paradigmen entstehen, Denkschemata, wie etwas zu tun und zu bewerten ist (Bild 2.1).

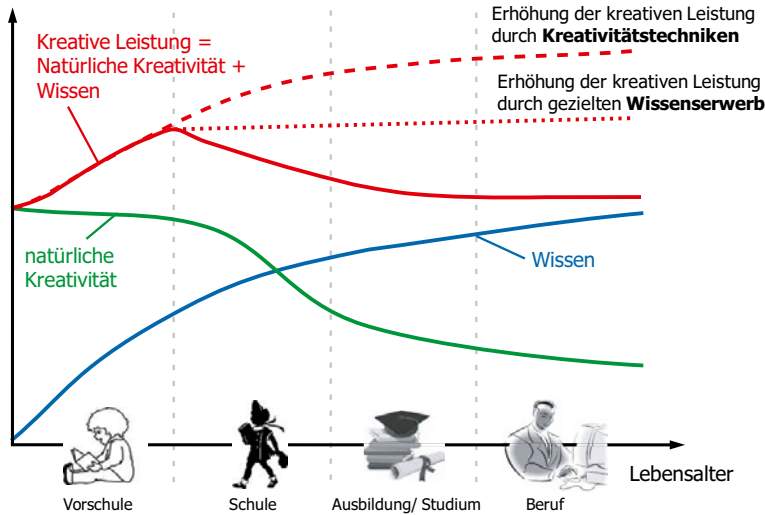


Bild 2.1 Veränderung der Kreativität mit dem Lebensalter

Kreativitätsbarrieren können unterschiedliche Ursachen haben:

- **Auffassungsbarriere**
 - Es gelingt nicht, das Problem aus seiner Umwelt „freizuschneiden“.
 - Unklarheit in der Formulierung, was das eigentliche Problem ist und was nicht
- **Emotionale Barriere**
 - geistige Trägheit, eingefahrenes Denken
 - kulturelle Barriere
 - Pflege von Traditionen, gesellschaftliche Schranken und Tabus
 - Desinteresse, Übermotivation, Passivität, Widerstand gegen Änderungen
 - Furcht vor Fehlern, Risiko oder Misserfolg, mangelnder Mut, mangelnde Konfliktbereitschaft
 - persönliches Wertesystem
- **Barrieren der Umwelt**
 - soziale und organisatorische Einflüsse des Systems, des Arbeitsplatzes, des Industriebetriebs, des Fachbereichs etc.
 - Mangel an Kooperationsbereitschaft, persönliche Konflikte, Leistungsdruck, Hierarchie, Routine, Allwissenheitsanspruch, Autorität etc.

Aufgabe von Kreativitätstechniken ist es, die mit dem Lebensalter abnehmende natürliche Kreativität gewissermaßen zu kompensieren. Kreativitätstechniken haben das Ziel, Denkblockaden wieder abzubauen, eingefahrene Denkweisen zu verlassen und das kreative Denken wieder „hemmungslos“ freizusetzen. Gleichzeitig helfen sie, bei-

spielsweise durch Analogienbildung, neue Gedankenwege zu gehen, bisher unberücksichtigte Verknüpfungen zu berücksichtigen.

Intuitive Methoden („rechte Gehirnhälfte“) liefern in kurzer Zeit sehr viele Ideen. Sie fördern Gedankenassoziationen bei der Suche nach neuen Ideen. Sie sind auf Aktivierung des Unbewussten ausgelegt, auf Wissen, an das man sonst nicht denkt. Diese Methoden sollen helfen, eingefahrene Denkgleise zu verlassen. Typische intuitive Methoden sind zum Beispiel

- Brainstorming, d. h. „frei spinnen“ ohne Bewertung,
- Brainwriting oder Methode 6-3-5, d. h. 6 Personen (6 Zettel), je 3 Lösungsvorschläge, 5 mal weitergereicht.

Diskursive Methoden („linke Gehirnhälfte“) liefern „erarbeitete“ Ideen. Sie führen den Prozess der Lösungssuche systematisch und bewusst in einzelnen, logisch ablaufenden Schritten durch (diskursiv = von Begriff zu Begriff logisch fortschreitend). Solche Methoden beschreiben ein Problem vollständig, indem es analytisch in kleinste Einheiten aufgespalten wird.

Typische diskursive Methoden sind zum Beispiel

- die morphologische Matrix, die Systematisierung von Varianten von Wirkprinzipien für Teilfunktionen,
- Fragebögen, Checklisten, das systematische Durchdenken von Problemen und Lösungsvarianten,
- Mindmap, das grafische Auflisten von Informationen oder Ideen und deren struktureller Zusammenhang.

TRIZ-Werkzeuge nutzen gezielt leistungsfähige Kreativitätstechniken in Form von diskursiven Methoden bei der Suche nach Problemlösungen.

2.2 Klassische Konstruktionsmethodik

Seit mehreren Jahrzehnten wird an Hochschulen die klassische Konstruktionsmethodik auf der Grundlage von Pahl und Beitz [Pah97] sowie Koller [Koll98] gelehrt. Sie findet sich wieder in den Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (vgl. VDI 2221, VDI 2222, VDI 2223 und VDI 2206). Diese Hinweise beinhalten Methoden der Problemanalyse und kreativen Lösungsfindung, insbesondere:

- **Methoden zur Aufgabenklärung**, speziell die Erarbeitung der Anforderungsliste, auch Lastenheft oder WAS-Pflichtenheft genannt
- **einfache Hinweise zur Lösungsfindung** wie Literaturrecherche und Analogiebetrachtung

- **intuitiv und diskursiv betonte Methoden**, sogenannte Kreativitätstechniken, wie Brainstorming, Methode 6-3-5 oder Galeriemethoden
- **systematische Analysen und Synthesen**, insbesondere funktionale Betrachtungen mithilfe der Funktionsstruktur
- **Morphologie** als umfangreiche systematisierte Suche nach Lösungsvarianten für einzelne Funktionen
- **Lösungskataloge** für mögliche technische Lösungen funktionaler Anforderungen
- einige Hinweise zu **Bewertungsverfahren**

Die Techniken der klassischen Konstruktionsmethodik legen besonderen Wert auf die Unterteilung des Entwicklungsprozesses in einzelne Phasen. Diese sind

- a) Produktplanung und Klärung der Aufgabenstellung,
- b) Entwicklung prinzipieller Lösungen auf einer zunächst abstrakten Suche Ebene,
- c) Entwurf des konkreten technischen Systems mit seinen funktionalen Komponenten,
- d) detaillierte Konstruktion des Entwurfs bzw. seiner Komponenten,
- e) Ausarbeitung der Fertigungsunterlagen.

Diese Phasenorientierung hat sich bewährt und ist Grundlage vieler von der Industrie adaptierter und dokumentierter Produktentwicklungsprozesse.

Ein weiterer Schwerpunkt der klassischen Konstruktionsmethodik ist die Erarbeitung möglichst vieler Varianten von Lösungsideen. Systematische Innovation mithilfe der TRIZ bewirkt im Allgemeinen ebenfalls eine Fülle von Lösungsideen. Die Menge der Lösungen ist jedoch nicht das Ziel. Die TRIZ legt frühzeitig Wert auf die Qualität der Lösung und forciert dies durch eine eingegrenzte Lösungssuche mit klaren Lösungskriterien. Die Denkweise der TRIZ ergänzt und ersetzt daher in einigen Teilen die Vorgehensweise der klassischen Konstruktionsmethodik.

2.3 Kreativität und Methodik – ein Widerspruch?

Kreativität und Methodik sind kein Widerspruch. Vielmehr ergänzen sie sich im Problemlösungsprozess. Der Problemlösungsprozess läuft in der Regel in fünf Phasen ab:

1. Phase der Problematisierung

In der Phase der Problematisierung geht es zunächst darum, das (Kern-)Problem zu erkennen. Aus marketingstrategischer Sicht geht es sogar darum, das Problem als erster zu erkennen, wenn ein Marktvorsprung erarbeitet werden soll. Hier spricht man

von latenten Marktbedürfnissen, die aufgedeckt werden müssen. Weiterhin geht es darum, das Problem und damit die Aufgabenstellung richtig zu formulieren. Ansonsten wird die erarbeitete Lösung nicht das eigentliche Problem lösen können, sondern nur oberflächlich Problemsymptome lindern.

2. Phase der Erforschung

In der Phase der Erforschung werden alle problembezogenen bzw. problemrelevanten Informationen gesammelt. Das Problem wird von allen Seiten beleuchtet und analysiert. Je mehr Informationen zum Problem vorliegen, umso leichter fällt meist die Lösung. Oftmals liegt nach tieferer Analyse des Problems die Lösung geradezu auf der Hand.

3. Phase der Inkubation („Ausbrüten“)

Die Phase der Inkubation wird einerseits deutlich durch den Satz: „Da muss ich nochmal drüber schlafen.“ Andererseits werden in dieser Phase mehr oder weniger systematisch die gesammelten Informationen durchdacht, abstrahiert, strukturiert, verschiedene Ressourcen in Erwägung gezogen oder Bedingungen hinterfragt. Es geht darum, sich mit dem Problem zu beschäftigen, in der Regel auch das Unterbewusstsein für die Lösungsfindung zu aktivieren.

4. Phase der Erleuchtung

Die Phase der Erleuchtung ist eigentlich keine Phase, sondern ein Zeitpunkt, der Zeitpunkt der Lösungsidee. Wenn es gelingt, das „Kernproblem“ zu erkennen, ergibt sich die erste Lösungsidee, das erste Lösungskonzept oft fast zwangsläufig.

5. Phase der Ausarbeitung

In der Phase der Ausarbeitung werden die zunächst unpräzisen Ansätze, Konzepte oder Teillösungen bezüglich Brauchbarkeit, Realisierbarkeit, Aufwand und Konsequenzen geprüft, verglichen, ausgewählt und dann gegebenenfalls umgesetzt.

Jede dieser fünf Phasen erfordert einerseits Kreativität und kann andererseits durch methodisches Vorgehen unterstützt werden. Systematische Innovation verbessert die Effizienz des kreativen Problemlösungsprozesses, speziell in den ersten drei Phasen.

Oftmals wird das Vorgehen in Form von „Versuch und Irrtum“ mit Kreativität verwechselt. Es besteht vielfach die Meinung, hochkreative Menschen wären in der Lage, allein durch „Versuch und Irrtum“ zu guten Lösungen zu kommen. Methodik sei nicht notwendig, ja sogar hinderlich. Die Praxis zeigt, dass „Versuch und Irrtum“ bei einfachen Problemstellungen seine Berechtigung hat, nämlich dann, wenn die Anzahl der „Versuche und Irrtümer“ bis zur Erlangung einer guten Lösung gering (etwa 10) ist.

Schwierige Problemstellungen würden aber eine viel zu hohe Anzahl Versuche, verbunden mit kostspieligen Irrtümern, erfordern und damit diesen Weg sehr ineffizient machen.

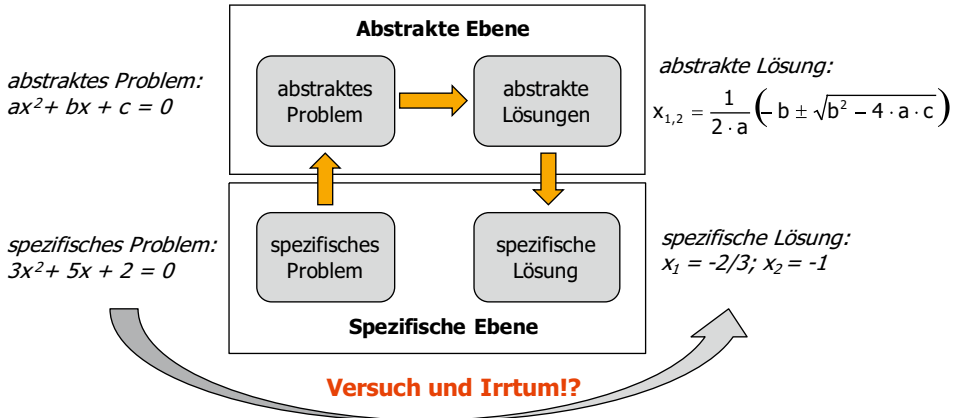
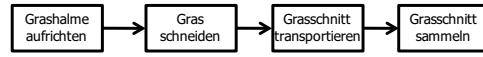
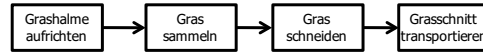
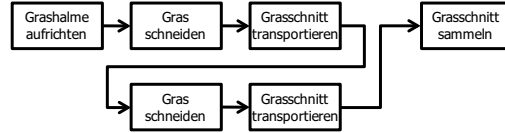
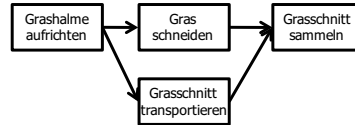


Bild 2.2 Problemlösung auf spezifischer und abstrakter Ebene am Beispiel der Mathematik

Der direkte Weg von der spezifischen Problemstellung zur spezifischen Lösung über den Weg „Versuch und Irrtum“ ist für anspruchsvolle Aufgaben nicht mehr möglich, der Problemlöser stößt an seine Auffassungsgrenzen. Das Beispiel aus der Mathematik in Bild 2.2 zeigt, dass uns der Schritt von der spezifischen Problemstellung zu einer abstrakteren Problemformulierung die Möglichkeit gibt, abstrakte Lösungsvorschläge zu nutzen (hier durch die mathematische Formelsammlung), die wir dann zu spezifischen Lösungen ausarbeiten können. In der Mathematik ist uns dieses Vorgehen vertraut und selbstverständlich. In der Technik gewinnen systematische Arbeitstechniken wie die DMAIC-Schritte des Six-Sigma-Prozesses und inzwischen auch die Systematische Innovation mit TRIZ immer mehr Akzeptanz.

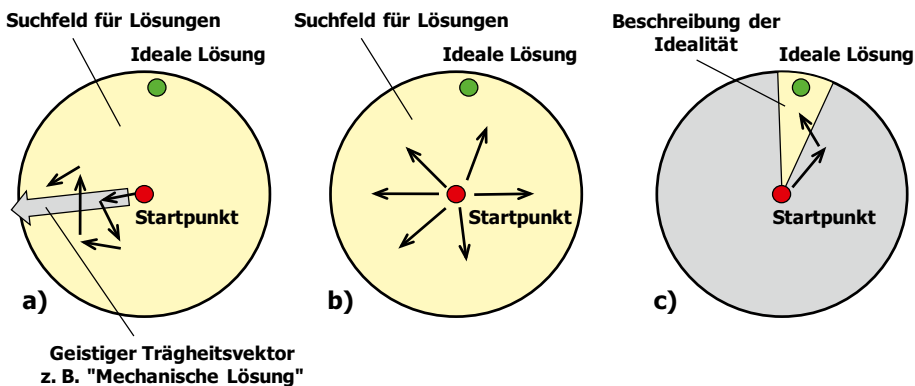
2.4 Effizienz der Problemlösungstechniken

Techniken der klassischen Konstruktionsmethodik zielen darauf ab, möglichst viele Lösungsvarianten zu erarbeiten [Pah97, Kol98]. Besonders bei der sogenannten Morphologie (morphologischer Kasten, morphologische Matrix) wird dies deutlich. Es wird versucht, eine mit Ordnungskriterien aufgespannte Matrix vollständig mit Lösungsprinzipien zu füllen. Der Entwicklerehrgeiz wird darauf gerichtet, auch das letzte noch freie Feld mit einem Lösungskonzept zu besetzen. Ähnlich eifrig ist man bei der klassischen Funktionsstruktur bemüht, möglichst viele Varianten der Struktur zu erzeugen (vgl. Bild 2.3).

Ausgangsfunktionsfolge**a) Reihenfolge ändern****b) Vervielfachen, wiederholen****c) Änderung in parallel/sequenziell****Bild 2.3** Funktionsstruktur mit Varianten am Beispiel „Rasenmähen“

Hier muss sich der Entwickler in der Praxis oft die Frage nach der Effizienz seiner Arbeit gefallen lassen. Im Alltag der industriellen Produktentwicklung ist oftmals wenig Zeit und Geduld für morphologische Kästen vorhanden, zumal sie nicht die anzustrebende Lösung zweifelsfrei aufzeigen (vgl. Bild 2.4). Dies führt dazu, dass die an sich wichtige systematische Vorgehensweise als zu zeitraubend zur Seite gelegt wird. Aufwand und Ergebnis stehen aus Sicht vieler industrieller Anwender in keinem akzeptablen Verhältnis.

Demgegenüber zeigen Methoden, die sich aus der Theorie der erfinderischen Problemlösung gebildet haben, gerade im Hinblick auf die Effizienz der Lösungsgewinnung sehr überzeugende Vorteile. Auch hier ist zwar zunächst eine gewisse Ausdauer in der Analyse der Problemstellung und der Synthese der Lösung erforderlich, die Orientierung an der sogenannten „Idealität“ zeigt hier aber sehr direkt und quasi zweifelsfrei den „geraden“ Weg zur „richtigen“ Lösung (Bild 2.4c).

**Bild 2.4** Effizienz der Lösungsmethoden: a) Brainstorming; b) klassische Morphologie; c) TRIZ

Die TRIZ sucht nicht nach möglichst vielen Lösungsvarianten (vgl. Morphologie in Bild 2.4b), sondern zeigt eine klare Lösungsrichtung und hilft bei den folgerichtigen Schritten zur der einen, möglichst idealen Lösung.

2.5 Der Prozess systematischer Innovation mit TRIZ

Die verknüpften Phasen und Schritte systematischer Innovation sind in Bild 2.5 dargestellt.

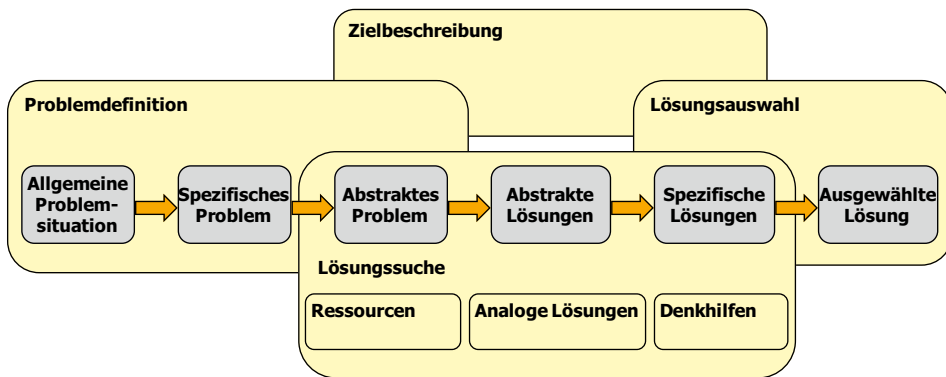


Bild 2.5 Schritte und flankierende Betrachtungen im Problemlösungsprozess

In der ersten Phase, der Zielbeschreibung, wird das zu erarbeitende Ergebnis deutlich vor Augen geführt („Was wollen wir überhaupt?“/„Wo wollen wir langfristig hin?“). In der zweiten Phase, der Problemdefinition, wird das Problem in mehreren Schritten definiert. Zur Problemdefinition wird aus einer allgemeinen Problemsituation eine spezifische Problemsituation herausgelöst und dann die zunächst umgangssprachlich formulierte spezifische Problemsituation in eine abstrakte Problemformulierung übersetzt (vgl. Bild 2.2). Die Problemdefinition formuliert das Kernproblem („Was ist das eigentliche Problem auf dem Weg zum Ziel?“). In der dritten Phase, der Lösungssuche, sind Problemlösungen zu finden. Auf der Grundlage weiterer Analysen und der Nutzung von Lösungssammlungen werden mögliche Problemlösungen auf abstrakter Ebene erarbeitet. Es entstehen Lösungskonzepte, die erfinderische Lösungsideen beinhalten. In der vierten Phase, der Lösungsauswahl, wird aus der Liste der erarbeiteten Lösungskonzepte das „beste“ Lösungskonzept ausgewählt und zur spezifischen Lösung für die Problemsituation und damit zum konkreten Produkt bzw. Prozess ausgearbeitet.

Diese vier **Prozessschritte**

1. Ziel beschreiben und damit Ziel fokussieren,
2. Problem definieren,
3. Lösungen suchen und beschreiben,
4. geeignete Lösung auswählen und ausarbeiten

werden ergänzt durch die **flankierenden Schritte**

- Analyse und Nutzung von Ressourcen zur Problemlösung,
- Orientierung an bzw. Nutzung von analogen Lösungen,
- Nutzung leistungsfähiger Kreativitätstechniken als Denkhilfen.

Die Arbeit mit der TRIZ beinhaltet sowohl methodische als auch kreative Schritte. Die Leistungsfähigkeit der Systematischen Innovation mit TRIZ basiert auf der Kombination kompetenter Einzelwerkzeuge mit einem zielgerichteten Problemlösungsprozess. Dabei wurden die in der TRIZ formulierten Lösungsprinzipien in der Vergangenheit bereits hunderttausendfach erfolgreich angewandt. Patente liefern den Beweis. In der Vergangenheit entstanden Erfindungen aber meist zufällig. Durch Systematische Innovation überlassen wir erfinderische Problemlösung nicht mehr dem Zufall, sondern wir werden sie schrittweise erarbeiten.

Die wesentlichen Elemente der „Theorie der erfinderischen Problemlösung“ werden zunächst in Kapitel 3 erläutert.

In Kapitel 4 werden die aus der TRIZ hervorgegangenen Methoden und Hilfestellungen vorgestellt. Schrittweise werden sie den Phasen des Problemlösungsprozesses zugeordnet. Das Bild 2.5 wird auf diese Weise zu einem TRIZ-Methodenüberblick („TRIZ-Roadmap“) ergänzt, der als Leitfaden für die Durchführung Systematischer Innovation dient.