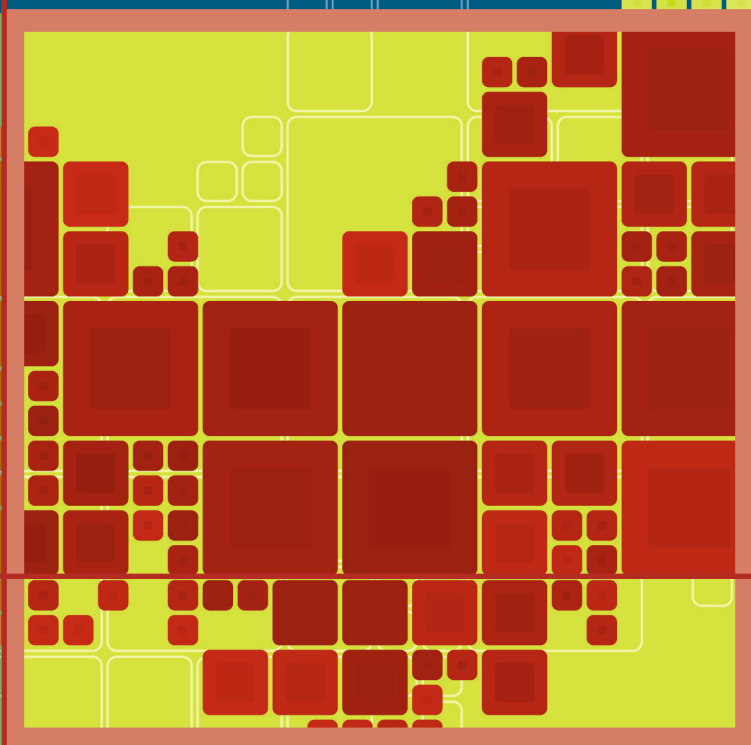


Karl Koltze
Valeri Souchkov

Systematische Innovation

TRIZ-Anwendung in der Produkt- und
Prozessentwicklung



2., überarbeitete Auflage

HANSER

Koltze, Souchkov

Systematische Innovation



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

WWW.HANSER-FACHBUCH.DE/NEWSLETTER

Herausgeber der Praxisreihe Qualitätswissen ab 2016 Kurt Matyas; vom Gründungsjahr 1991 bis 2016 Franz J. Brunner.

In der Praxisreihe Qualitätswissen sind bereits erschienen:

Jörg Brenner

Lean Production

Praktische Umsetzung zur Erhöhung der Wertschöpfung
2., überarbeitete und erweiterte Auflage
ISBN 978-3-446-45028-8

Franz J. Brunner

Japanische Erfolgskonzepte

Kaizen, KVP, Lean Production Management, Total Productive Maintenance, Shopfloor Management, Toyota Production Management, GD³ – Lean Development
4., überarbeitete Auflage
ISBN 978-3-446-45428-6

Franz J. Brunner

Qualität im Service

Wege zur besseren Dienstleistung
ISBN 978-3-446-42241-4

Franz J. Brunner, Karl W. Wagner,
unter Mitarbeit von Peter H. Osanna, Kurt Matyas,
Peter Kuhlang

Qualitätsmanagement

Leitfaden für Studium und Praxis
6., überarbeitete Auflage
ISBN 978-3-446-44712-7

Bernd Klein

Kostenoptimiertes Produkt- und Prozessdesign

ISBN 978-3-446-42131-8

Wilhelm Kleppmann

Versuchsplanung

Produkte und Prozesse optimieren
9., überarbeitete Auflage
ISBN 978-3-446-44716-5

Veit Kohnhauser, Markus Pollhamer

Entwicklungsqualität

ISBN 978-3-446-42796-9

Kurt Matyas

Instandhaltungslogistik

Qualität und Produktivität steigern
6., aktualisierte Auflage
ISBN 978-3-446-44614-4

Arno Meyna, Bernhard Pauli

Zuverlässigkeitstechnik

Quantitative Bewertungsverfahren
2., überarbeitete und erweiterte Auflage
ISBN 978-3-446-41966-7

Wilfried Sihm, Alexander Sunk, Tanja Nemeth,
Peter Kuhlang, Kurt Matyas

Produktion und Qualität

Organisation, Management, Prozesse
ISBN 978-3-446-44735-6

Stephan Sommer

Taschenbuch automatisierte Montage- und Prüfsysteme

Qualitätstechniken zur fehlerfreien Produktion
ISBN 978-3-446-41466-2

Konrad Wälder, Olga Wälder

Statistische Methoden der

Qualitätssicherung

Praktische Anwendung mit MINITAB und JMP
ISBN 978-3-446-43217-8

Johann Wappis, Berndt Jung

Null-Fehler-Management

Umsetzung von Six Sigma
5., überarbeitete Auflage
ISBN 978-3-446-44630-4

Karl Koltze
Valeri Souchkov

Systematische Innovation

TRIZ-Anwendung in der Produkt- und Prozessentwicklung

2., überarbeitete Auflage

Praxisreihe Qualitätswissen
Herausgegeben von Kurt Matyas

HANSER

Die Autoren:

Karl Koltze, seit 2004 Professor für Konstruktionslehre mit Schwerpunkt Textilmaschinen im Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Hochschule Niederrhein.

Valeri Souchkov ist unabhängiger Trainer, Berater und Entwickler für systematische Technologie- und Business Innovation in Enschede, Niederlande.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Print-ISBN 978-3-446-45127-8

E-Book-ISBN 978-3-446-45257-2

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen dargestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen.

Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Darstellungen und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autoren und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Darstellungen oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches 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 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2017 Carl Hanser Verlag München

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Dipl.-Ing. Volker Herzberg

Herstellung: Cornelia Rothenaicher

Satz: Kösel Media GmbH, Krugzell

Coverrealisierung: Stephan Rönigk

Druck und Bindung: Kösel, Krugzell

Printed in Germany

Vorwort zur zweiten 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 Associaten (ETRIA) definiert (Kapitel 7), um für die (Hochschul-)Lehre einen Qualitätsmaßstab zur Verfügung zu stellen. Entsprechende Seminare und Zertifikatsprüfungen können z.B. an der Hochschule Niederrhein belegt werden.

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

Wegberg, Januar 2017

Karl Koltze

Vorwort von Karl Koltze

Nach der Öffnung der Sowjetunion begann 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 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 Anwendungsanleitungen 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 dem „Algorithmus zur erfinderischen Problemlösung“ (ARIZ) ab.

Die Realisierung eines solchen Buches ist nur durch viele helfende Hände möglich. Wir danken all jenen, die zum Gelingen des Buches 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 Buches 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 10 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 Verbesserung 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). Ergänzende Dokumente und Arbeitsmittel zu diesem Buch finden Sie unter <http://www.downloads.hanser.de>.

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!

Wegberg, August 2010

Karl Koltze

Foreword by Valeri Souchkov

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 1970s 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 innovative 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. Altshuller Foundation (www.altshuller.ru) which kindly provided us with permission to translate and publish original texts of Altshuller. Third, to Hanser Fachbuchverlag, 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

August 2010

Enschede, The Netherlands

ICG Training & Consulting

www.xtriz.com

European TRIZ Association (ETRIA)

www.etria.net

Inhalt

Vorwort zur zweiten Auflage	V
Vorwort von Karl Koltze	VII
Foreword by Valeri Souchkov	XI
Die Autoren	XXI
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)	41
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	47
4.2	Ressourcenanalyse	50
4.2.1	Stoffliche Ressourcen	53
4.2.2	Feldförmige Ressourcen	55
4.2.3	Räumliche Ressourcen	59
4.2.4	Zeitliche Ressourcen	60
4.2.5	Informationsressourcen	61
4.2.6	Funktionale Ressourcen	61
4.3	Widersprüche	62
4.3.1	Erfindung als Auflösung von Widersprüchen	63
4.3.2	Formulierung von Widersprüchen	65
4.3.3	Innovationsprinzipien zur Auflösung technischer Widersprüche	69
4.3.4	Auswahl der Lösungsprinzipien technischer Widersprüche	93
4.3.4.1	Strukturierung der Innovationsprinzipien	93
4.3.4.2	Widerspruchsmatrix zur geführten Lösung	95
4.3.4.3	Widerspruchsmatrix nach Altschuller	100
4.3.4.4	Matrix 2003	104
4.3.5	Separationsprinzipien zur Auflösung physikalischer Widersprüche	106
4.3.5.1	Separation im Raum	108
4.3.5.2	Separation in der Zeit	109
4.3.5.3	Separation in der Struktur	110
4.3.5.4	Separation durch Bedingungswechsel	111
4.3.6	Problemlösung durch Kombination von Innovations- und Separationsprinzipien	112
4.3.7	Betrachtung der Parameter widersprüchlicher Anforderungen . .	114
4.3.8	Lösung widersprüchlicher Anforderungen durch Veränderung des Wirkprinzips	115

4.4	Funktionsanalyse	116
4.4.1	Funktionsmodell der TRIZ	118
4.4.2	Aufgabenformulierung am Funktionsmodell	126
4.5	Prozessanalyse	127
4.5.1	Klassische Funktionsstruktur	127
4.5.2	Prozessorientiertes Funktionsmodell	128
4.6	Trimmen	130
4.7	Root-Conflict-Analysis (RCA+)	134
4.7.1	Methoden der Ursachenanalyse	135
4.7.2	Anwendung des Ursache-Wirkungsketten-Modells zur Problemformulierung	136
4.7.3	Anwendung der Root-Conflict-Analysis (RCA+)	138
4.8	Evolution technischer Systeme	148
4.8.1	Modelle der Evolution technischer Systeme	152
4.8.2	Generelle Trends funktionaler Evolution	157
4.8.3	S-Kurven Analyse	159
4.8.4	Evolutions-Baum technischer Systeme	161
4.8.5	Gesetze der Evolution technischer Systeme	162
4.8.5.1	Gesetz der Vollständigkeit des Systems	163
4.8.5.2	Gesetz der Vollständigkeit des Obersystems	163
4.8.5.3	Gesetz der Erhöhung der Idealität	165
4.8.5.4	Gesetz der ungleichen Entwicklung von Systemteilen ..	165
4.8.5.5	Gesetz der Erhöhung von Stoff-Feld-Interaktionen	166
4.8.6	Evolutionslinien und -trends technischer Systeme	166
4.8.6.1	Dynamisierung	166
4.8.6.2	Koordination und Evolution der Rhythmik	168
4.8.6.3	Gestalt- und Formkoordination	169
4.8.6.4	Evolution der Geometrie	170
4.8.6.5	Erhöhung des Energie-Leitvermögens	172
4.8.6.6	Übergang auf die Mikroebene	173
4.8.6.7	Zunehmende Steuerbarkeit	174
4.8.6.8	Erhöhung der Automation	175
4.8.6.9	Übergang zum Obersystem	176
4.8.6.10	Zusammenfall	178
4.8.7	Evolutionspotenzial-Analyse	179
4.8.8	TRIZ-Vorhersage	181
4.8.8.1	TRIZ-Based Evolution Forecast	181
4.8.8.2	Gerichtete Evolution (Directed Evolution®)	182
4.9	Stoff-Feld-Modell	183
4.9.1	Aufbau eines Stoff-Feld-Modells	185
4.9.2	Problemformulierung im Stoff-Feld-Modell	187

4.10	Erfinderische Standards	189
4.10.1	Aufbau des Systems der erfinderischen Standards	190
4.10.2	Anwendung erfinderischer Standards zur Problemlösung	193
4.11	Denkhilfen und Unterstützung der Kreativität	197
4.11.1	Methode der kleinen Zwerge	197
4.11.2	Operator MZK	203
4.11.3	9-Felder-Denken (System-Operator)	204
4.12	Effekte	208
4.13	Value-Conflict Mapping (VCM)	210
4.14	Feature Transfer	216
4.15	Funktionsorientierte Suche (FOS)	219
4.16	Lösungsbewertung und -auswahl	221
5	Der systematische Innovationsprozess	225
5.1	Die Innovations-Checkliste	226
5.1.1	Informationen zum System	227
5.1.2	Informationen zum Problem	228
5.1.3	Formulierung der Idealität	229
5.1.4	Historie vorangegangener Lösungsversuche	229
5.1.5	Analoge Probleme und Lösungen	229
5.1.6	Ressourcen	230
5.1.7	Veränderbarkeit des Systems	230
5.1.8	Lastenheft und Auswahlkriterien	230
5.2	TRIZ-Prozess Ablaufplan	231
5.2.1	Negative Effekte und widersprüchliche Anforderungen	233
5.2.2	Kostenreduzierung	233
5.2.3	Neuentwicklung von Systemen	233
5.2.4	Patentumgehung	234
5.2.5	Festlegung zukünftiger Entwicklungsschritte	234
5.2.6	Weiterentwicklung ohne erkennbare Problemstellung	235
5.3	Algorithmus der erfinderischen Problemlösung (ARIZ)	235
5.3.1	Anwendung des ARIZ-85C	237
6	Integration der TRIZ in den Produktentwicklungsprozess	239
6.1	TRIZ und klassische methodische Konstruktion	240
6.1.1	Unterstützung der Entwicklungsphasen	240
6.1.2	Denken in Funktionen und Prozessen	242
6.1.3	Verknüpfung mit der Morphologischen Matrix	243
6.2	TRIZ und strategische Marketingplanung	244

6.3	TRIZ und Total Quality Management	246
6.3.1	Technische und physikalische Widersprüche in der QFD	246
6.3.2	QFD und das TRIZ-Denken in Funktionen	249
6.3.3	Antizipierende Fehlererkennung (AFE) in der FMEA	251
6.4	TRIZ und (Design for) Six Sigma	253
6.5	TRIZ für Business und Management	255
6.6	Softwareunterstützung	257
7	Qualifizierung und Zertifizierung	261
7.1	TRIZ-Zertifizierung	261
7.2	ETRIA TRIZ-Level	262
8	Anhang der Arbeitsmittel	267
8.1	Roadmap systematischer Innovation mit TRIZ	267
8.2	Ressourcen und Effekte	268
8.3	Widerspruchsmatrix nach Altschuller	274
8.4	Widerspruchsmatrix „Matrix 2003“	276
8.5	76 Standards	282
8.5.1	Klasse 1: Synthese und Zerlegung von Stoff-Feld-Systemen	282
8.5.2	Klasse 2: Weiterentwicklung von Stoff-Feld-Systemen	289
8.5.3	Klasse 3: Übergang in das Obersystem und zur Mikroebene	300
8.5.4	Klasse 4: Messung und Erkennung in Stoff-Feld-Systemen	302
8.5.5	Klasse 5: Hilfestellungen	309
8.6	ARIZ-85C	316
8.6.1	Analyse der Aufgabe	316
8.6.2	Analyse des Problemmodells der Aufgabe	324
8.6.3	Definition des IER und des physikalischen Widerspruchs	327
8.6.4	Mobilisierung und Anwendung der Stoff-Feld-Ressourcen	331
8.6.5	Anwendung der Wissensdatenbank der TRIZ	341
8.6.6	Veränderung oder Ersatz der Aufgabe	342
8.6.7	Analyse der Prinzipien zur Beseitigung des physikalischen Widerspruchs	345
8.6.8	Anwendung der gewonnenen Lösung	346
8.6.9	Analyse des Lösungsverlaufs	347
	Literatur	349
	Stichwortverzeichnis	353

Die Autoren



PROF. DR.-ING. KARL KOLTZE, Jahrgang 1963, ist Professor für Konstruktionslehre und Textilmaschinenbau im Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Hochschule Niederrhein, Mönchengladbach/Krefeld. Er studierte Maschinenbau mit Schwerpunkt Konstruktions-technik und war 20 Jahre in der Produkt- und Prozessentwicklung bei einem der weltweit größten Textilmaschinenbaukonzerne tätig, zuletzt viele Jahre als Leiter der konzernübergreifenden zentralen Grundlagenentwicklung. Er verantwortete Innovationsprojekte von der ersten Idee bis zum Produkt ebenso wie die strategische Planung neuer Produkt- und Tech-

nologiefelder. 1998 begann er mit der Anwendung der TRIZ und ist in mehr als 70 Patenten als Erfinder genannt. Nach nebenberuflicher Promotion ging er Anfang 2004 an die Hochschule Niederrhein und lehrt dort seitdem TRIZ im Rahmen diverser Lehrmodule in technischen und wirtschaftswissenschaftlichen Bachelor- und Master-Studiengängen. Er ist derzeit im Executive Board der ETRIA (European TRIZ Association) für die universitäre TRIZ-Ausbildung zuständig und berät und unterstützt Industrieunternehmen mit Workshops und Schulungen bei Projekten der Produkt- und Prozessinnovation.



VALERI SOUCHKOV, M.SC., Jahrgang 1966, ist langjähriger Experte und Entwickler für TRIZ und Systematische Innovation. Er ist Master im Fachgebiet Computer Science and Engineering. Seit 1989 ist er in die TRIZ und die Systematische Innovation eingebunden, sowohl bei der Ausbildung und Unterstützung zahlreicher Unternehmen und Organisationen weltweit, als auch mit aktiven Beiträgen zur Weiterentwicklung dieser Themen. Bereits 1991 wurde er vom Begründer der TRIZ, G.S. Altschuller, als TRIZ-Spezialist zertifiziert und ist MATRIZ-Master des Level 5. Valeri Souchkov gilt als Pionier der Verbreitung von TRIZ und Systematischer Inno-

vation in Westeuropa ab 1992. Er war der Erste, der öffentliche TRIZ-Lehrgänge in Westeuropa in einer regelmäßigen Form etablierte. Die European TRIZ Association (ETRIA, www.etriz.net) wurde 2000 von ihm mit begründet und er ist seitdem Mitglied des Executive Board.

Seit 2003 leitet Valeri Souchkov die ICG Training & Consulting in Enschede, Niederlande (www.xtriz.com). In Summe hat er über 4000 Experten ausgebildet und an mehr als 100 Innovationsprojekten in 32 Ländern mitgewirkt. Er lehrt TRIZ und Systematische Innovation in regulären Vorlesungen an der Universität Twente (Niederlande) und ist darüber hinaus regelmäßig als Gastdozent an zahlreichen Universitäten in ganz Europa tätig. Valeri Souchkov referiert oft bei internationalen Konferenzen über TRIZ, Kreativität und Innovation und ist Autor von mehr als 70 Publikationen zu diesen Themen.

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 vermarktbar.



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 Aspektes „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 Managements (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).

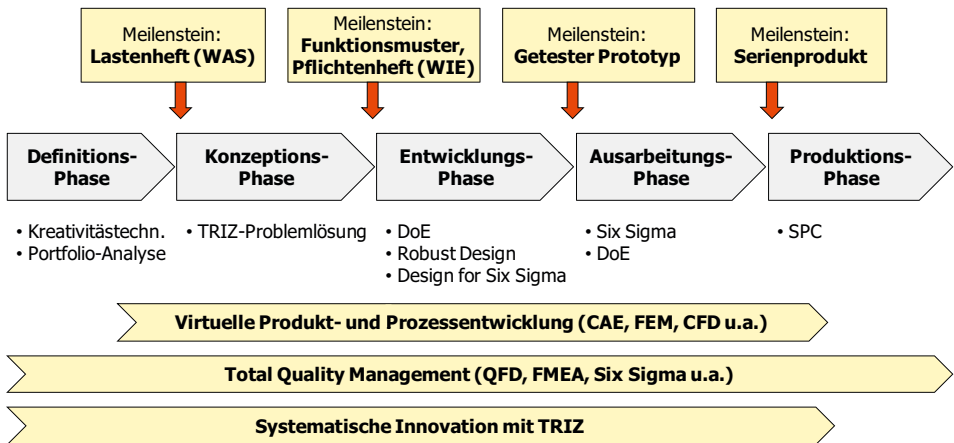


Bild 1.1 Typische Innovationstechnologien in den Phasen des Innovationsprozesses

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 Methoden-Experten 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 erfindischen 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 „Umsetzungs-Mut“) und Entwickler mit eher tüftlerischer, umsetzungsforcierender Neigung (und weniger „Analyse-Akzeptanz“) unterschieden werden können (Bild 1.2). Die Praxis zeigt, dass letztendlich nur ein „gesundes Mittelmaß“ zwischen dem Erkenntnisgewinn der Analyse und Orientierung und dem erforderlichen Realisierungsschritt der Umsetzung zum Erfolg führt.

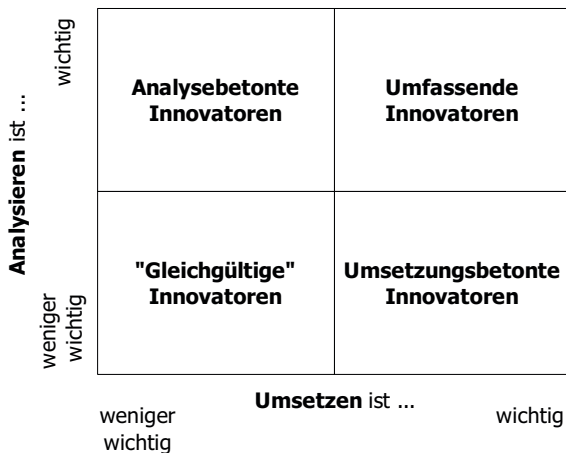


Bild 1.2

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 aufeinander folgender 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 Produktes oder die Veränderung eines Objektes. 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 mit Hilfe von Einflussgrößen (Steuergrößen) gesteuert. Das Hauptziel eines Prozesses ist Wertzuwachs bzw. Wertschöpfung. Ein **Produkt** ist ein Mittel zur Bedürfnisbefriedigung und somit auch zur Nutzengewinnung.

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 Produktes zur Realisierung der Funktionen, begonnen werden.

Die (Weiter-)Entwicklung des Prozesses bedeutet gleichzeitig die Entwicklung oder Modifizierung von Komponenten des Produktes 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 Begriffes 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 Endproduktes 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 Standard-Methoden 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.