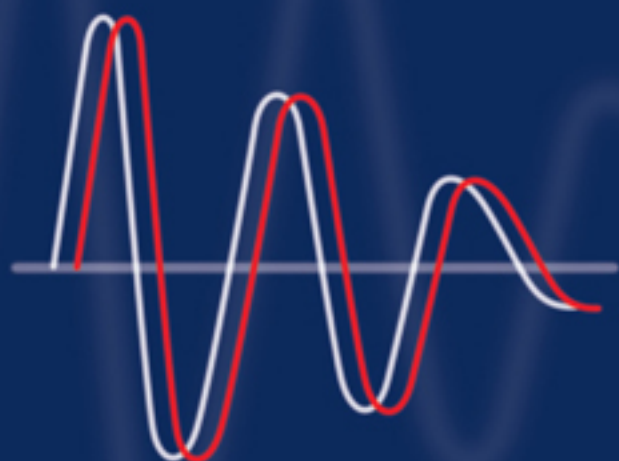


Klaus Erlach

# Wertstromdesign

Der Weg zur schlanken Fabrik

2., bearbeitete und erweiterte Auflage



 Springer

VDI

# Wertstromdesign

Klaus Erlach

# Wertstromdesign

Der Weg zur schlanken Fabrik

2., bearbeitete und erweiterte Auflage

 Springer

Dr. Klaus Erlach  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA  
Stuttgart, Deutschland  
Klaus.Erlach@gmx.de  
www.wertstromdesign.de  
www.valuestreamdesign.eu  
(Schulungen und Seminare)

ISBN 978-3-540-89866-5 e-ISBN 978-3-540-89867-2  
DOI 10.1007/978-3-540-89867-2  
Springer Heidelberg Dordrecht London New York

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

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007, 2010

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

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 Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

*Einbandentwurf:* WMXDesign GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media ([www.springer.com](http://www.springer.com))

*Where is the knowledge we have lost in information?*

T. S. ELIOT *The Rock*

## Vorwort zur zweiten Auflage

„Jemand musste die produzierende Wirtschaft in D. in eine tiefe Krise gestürzt haben, denn ohne dass sie etwas falsch gemacht hätte, wurde ihr eines Tages die Finanzierung entzogen. Die Einkäufer aus aller Welt, ihre Kunden, die ihr sonst jeden Tag aufs Neue Bestellungen schickten, rührten sich kaum noch. Das war in diesem Ausmaß noch niemals geschehen. Die Produzenten warteten noch ein Weilchen, sahen ungläubig auf die Banken, die ihre Spekulationen ausübten und die dazu mit einer ihnen ganz gewöhnlichen Schamlosigkeit Staatshilfen einkassierten, dann aber, gleichzeitig befremdet und noch ohne Aufträge, riefen sie selbst um Hilfe. Sofort gab es eine Prämie und die Politik, die sich lange nicht in ihre Geschäfte eingemischt hatte, begann mit den Verstaatlichungen.“

So könnte eine Wirtschaftsgeschichte der letzten beiden Jahre beginnen. Trotz der in einer Krise liegenden scheinbaren Stagnation ist aber auch spürbar, dass solch eine tiefgreifende Wirtschaftskrise offenbar auch Raum für grundlegende technische Innovationen gibt. Verwiesen sei hier lediglich auf die plötzlich sehr intensive Diskussion der Elektromobilität oder die Initiativen für Großprojekte alternativer Energieerzeugung. Sollte daraus ein gesellschaftlicher Trend entstehen, sich vom alten Leitbild der ‚Rennreisemaschine‘ oder auch vom Weiterbetrieb veralteter Kraftwerkstechnologie zu verabschieden, dann könnte die Basisinnovation des neuen, bisher noch nicht sicher identifizierten Konjunkturzyklus nach Kondratieff die Energietechnologie in Zeiten des Klimawandels sein. So kommen ganz neue Aufgaben auf die Fabrikplanung und Produktionsoptimierung zu. Aber natürlich nicht nur für diese neuen Produktlinien wird sich der Einsatz der weiterhin überaus geschätzten Wertstrommethode zur *Fabrikplanung*, zur *Fabrikoptimierung* und zum *Fabrikbetrieb* lohnen.

Den Erfolg eines Buches machen seine Leser aus. Nicht nur aus den Verkaufszahlen, sondern auch aus zahlreichen Mitteilungen von Produktionsverantwortlichen, Unternehmensberatern, Professoren und Studenten lässt sich erkennen, dass die Lektüre dieses Buches in seiner ersten Auflage von vielen als gewinnbringend angesehen worden ist. Diese positiven Reaktionen sowie auch die nach Drucklegung weitergehende intensive Auseinandersetzung mit den reichen Möglichkeiten der Wertstrommethode haben eine Überarbeitung des Buches trotz der dafür erforderlichen

großen Zeitaufwendungen an Urlaubs- und Wochenendtagen für mich lohnenswert und reizvoll gemacht.

In die hier nun vorgelegte zweite Auflage sind neben einigen *erläuternden Ergänzungen* auch deutliche *inhaltliche Erweiterungen* eingeflossen. So konnten bei Themen, mit denen sich neben dem Wertstromdesign auch andere Ansätze der Produktionswirtschaft (REFA, OEE) intensiv auseinandergesetzt haben, Ähnlichkeiten und Unterschiede herausgearbeitet werden. Außerdem hat das Buch zur Arbeitserleichterung einen Apparat mit Formelverzeichnis, Symbolliste und Sachwortverzeichnis erhalten. Neben diversen kleinen Korrekturen von Flüchtigkeitsfehlern wurde als einzige größere Korrektur die Darstellung von Qualitätsmängeln im Taktabstimmungsdiagramm von der Kundentaktlinie auf die Zykluszeit verschoben, weil sich dies zwischenzeitlich als ungleich praktikabler und auch methodisch richtiger erwiesen hat (vgl. Abschn. 2.3.1). Die bei dieser Gelegenheit erfolgte intensive Behandlung der Darstellungsmöglichkeiten von unterschiedlichen Zeitanteilen im Taktabstimmungsdiagramm hat dann auch zu entsprechenden Ergänzungen in den Industriebeispielen geführt.

Inhaltliche Erweiterungen sind die an mehreren Stellen ergänzten Berechnungsformeln, die sich im Formelverzeichnis dann zu einer mathematisch recht einfachen Auslegungssystematik für das Wertstromdesign zusammenschließen. Im Abschnitt über die Fließfertigung konnte der methodisch sehr wichtige Aspekt der technologischen Prozessintegration verdeutlicht werden. Auch die nicht ganz triviale Übertragung des Fließprinzips auf die Standplatzmontage, bei der man gewissermaßen Zeit und Raum die Rollen tauschen lassen muss, konnte ergänzt werden. Außerdem war hier nun die Gelegenheit, die in der ersten Auflage noch fehlenden Überlegungen zum richtigen Automatisierungsgrad einer Produktion hinzuzufügen.

Ferner enthält dieses Buch ein zusätzliches Industriebeispiel, das insbesondere den technologieorientierten Aspekt der Wertstrommethode illustriert. Das neu eingeführte Vorgehen der Kampagnenbildung erweitert deutlich die Möglichkeiten, Restriktionen in komplexen Produktionen bei der Reihenfolgebildung der Aufträge zu berücksichtigen und gehört damit zur siebten Gestaltungsrichtlinie (vgl. Abschn. 3.4.2). Schlussendlich konnten in einem eigenen Abschnitt ‚Wertstrommanagement‘ die bisher noch gar nicht betrachteten Planungs- und Steuerungsaufgaben im Fabrikbetrieb näher beschrieben werden (vgl. Abschn. 3.6). Damit erweitert sich die Anwendung der Wertstrommethode von der Fabrikplanung auch auf den Fabrikbetrieb.

Die beiden letztgenannten Erweiterungen – Kampagnenbildung und Wertstrommanagement – beruhen auf der sehr fruchtbaren Zusammenarbeit mit Michael Lickefett in den letzten Jahren. In gemeinsamen Indus-

trieprojekten wurde die in der ersten Auflage im Ausblick auf eine wertstromorientierte Fabrikplanung formulierte Idee aufgegriffen, ein *Schlankes Auftragsmanagement* zu entwickeln – und zwar ausgeführt als Synthese aus den Prinzipien des ‚Lean Production‘ und des klassisch geprägten Auftragsmanagements. Geeignete Industrieprojekte und gut besuchte Fachseminare haben erfreulicher Weise die Möglichkeit und den Anreiz zu dieser methodischen Weiterentwicklung gegeben. Dank gilt daher vor allem jenen Firmen, die durch ihre Aufträge indirekt auch die zur Erweiterung dieses Buches notwendige Grundlagenarbeit ermöglicht haben.

Unterdessen ist jedoch die begriffliche Synthese des Schlanken Auftragsmanagements in unsachgemäßen Umlauf geraten und hat dadurch nicht nur an Reiz, sondern auch an inhaltlicher Schärfe verloren. Deshalb ist es notwendig gewesen, für die gelungene Übertragung und passende Ausprägung bewährter Lösungsansätze aus der PPS-Welt in den spezifischen begrifflichen und methodischen Rahmen des Wertstromdesigns einen neuen Begriff einzuführen. Für diese Adaption wurde der Begriff des *Wertstrommanagements* gewählt. Damit erhält auch das Bild des Wertstrommanagers neue und erweiterte Züge, die sich aus der Übernahme von Aufgaben ergeben, die teilweise denen des bisherigen Produktionsplaners und Arbeitsvorbereiters äquivalent sind (vgl. Abschn. 3.6.1).

Seit Erscheinen der ersten Auflage konnte unter Beteiligung des Autors als Sprecher einer langjährigen Arbeitsgruppe im VDI-Fachausschuss zur Fabrikplanung die neue *VDI-Richtlinie 5200 ‚Fabrikplanung‘* fertiggestellt werden. Knapp formuliert setzt sie begriffliche Standards und orientiert über den grundsätzlichen Planungsablauf. Dieses Vorgehensmodell zur Fabrikplanung wird im Ausblick zur wertstromorientierten Fabrikplanung in der hier gebotenen Kürze berücksichtigt (vgl. Abschn. 4.1).

Anlässlich des fünfzigjährigen Bestehens des Fraunhofer IPA in Stuttgart ist im Juli 2009 ein Arbeitsbuch zur neu entwickelten Methodik des *Energiewertstromdesigns* erschienen (K. Erlach, E. Westkämper: *Energiewertstrom. Der Weg zur energieeffizienten Fabrik*. Fraunhofer Verlag Stuttgart). Erste Anwendungserfahrungen zeigen, dass die Erweiterung der Wertstromanalyse um den Energieaspekt sowie die Analogieübertragung der acht Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesigns auf Fragen der Steigerung der Energieeffizienz ungeahnt fruchtbar sind. Einmal mehr ändert die Wertstromperspektive den Blick auf die Fabrik. Der Energiebedarf zeigt sich dabei durch die gewählte Bezugnahme auf das Produkt und nicht primär auf die Betriebsmittel in einem ganz neuen Zusammenhang. Dies ist sicher auch ein Hinweis darauf, dass die Wertstrommethode über ihren jetzt schon sehr verfeinerten Stand hinaus durchaus noch Möglichkeiten zu ihrer Weiterentwicklung bietet.



Danken möchte ich allen, die zum Entstehen dieser zweiten Auflage beigetragen haben. Das ist namentlich Michael Lickefett, der nicht nur ein anregender Diskussionspartner gewesen ist, sondern mich auch immer wieder ermuntert hat, allen Widerständen zum Trotz die Wertstrommethode weiterzuentwickeln und in ihrer Anwendung weiter auszureizen. Die Korrekturlesung oblag den sorgfältigen Händen von Susanne Ramsthaler, deren aufmerksamen Augen viele Fehler zum Opfer gefallen sind und deren insistierendes Fragen mich an manchen Stellen zu lästiger Klarheit in der Formulierung und Strukturierung genötigt hat.

*Stuttgart, Ostern 2010*

*Klaus Erlach*

---

## Vorwort der ersten Auflage

Ein Gespenst geht um in Deutschland – das Gespenst der Globalisierung. Zahlreiche Emerging Markets scheinen sich verschworen zu haben, der sozialen Marktwirtschaft deutscher Prägung mit Lohnkostendumping, laschen Umweltgesetzen und investitionsfreundlichen Steuersystemen den Garaus zu machen. Für die Beschäftigungsentwicklung in Deutschland zeichnet sich dementsprechend ein äußerst düsteres Bild, wenn zahlreiche Arbeitsplätze in der verarbeitenden Industrie von Verlagerungen ins kostengünstige Ausland bedroht sind. Ist dieses Bild richtig? Und kann man ihm etwas entgegensetzen?

In der aktuellen Globalisierungsdebatte verengt sich der Blick des globalen Kommunizierens, Handelns und Reisens auf eine rein ökonomische Perspektive, den Waren- und Kapitalmarkt. Die *Globalisierung* wird als Sachzwang dargestellt, den die einen als globalen ‚Freien Markt‘ der Chancen gutheißeln und die anderen mit gleicher Verve als rücksichtslose Strategie der Gewinnmaximierung verdammen. Für beide Positionen scheint zu gelten, dass das ökonomische Sein mit seinen globalen Sachzwängen das ökologische, steuerliche und sozialstaatliche Bewusstsein bestimmt. Ob Affirmation oder Ablehnung – für ein produzierendes Unternehmen scheint nur noch die Verlagerung der Produktion die Wettbewerbsfähigkeit und damit das eigene Überleben sichern zu können. Wie aber könnten die Handlungsmöglichkeiten durch weitere Optionen erweitert werden?

Am stärksten von einer solchen möglichen Verlagerung betroffen ist die Produktion weitgehend standardisierter, arbeitsintensiver und leicht zu transportierender Produkte. Viele Firmen planen eine Verlagerung ihrer Produktion ausschließlich auf Grund der Lohnkostensparnis, die sie aus dem gegenwärtigen Lohnstundenbedarf und der Differenz der Löhne abschätzen können. Die Frage nach dem ‚ob‘ weicht dabei der Frage nach dem ‚wohin‘. Dieser Ansatz wirkt sehr verführerisch. Allerdings gibt es immer irgendwo eine Firma, die ein Produkt noch billiger herstellen kann als man selbst. Dieser Effekt trifft auf Produktionen in Ländern mit hohen Löhnen tendenziell stärker zu. Es gibt für jede Firma immer die Möglichkeit, irgendwo einen bezüglich der Lohnkosten noch billigeren Standort für die Produktion des eigenen Produktes zu finden – und dann eben dort-

hin umzuziehen. Bis dann dort die Löhne steigen und anderswo ein neuer Produktionsmarkt entdeckt wird. Das *Fabrik-Nomadentum* kommt insofern nie an ein Ende.

Nun ist aber eine Standortentscheidung zum einen von nicht geringer strategischer Bedeutung, da sie eine nur aufwendig zu korrigierende Bindung und Ausrichtung des Unternehmens bewirkt. Zum anderen ist die Kostenminimierung nicht die einzige Zielgröße in der Produktion. Neben dem Preis sind eine kundenorientierte Flexibilität, eine stabile Qualität sowie eine ausreichend kurze und verlässliche Lieferzeit ebenfalls relevant für den Markterfolg. Eine Standortentscheidung sollte daher ähnlich wie die Frage nach dem richtigen gesellschaftlichen Umgang mit Globalisierungseffekten nicht allein mit Blick auf die Lohnkosten getroffen werden, sondern auch die anderen Marktziele im Auge behalten.

Verlagerungsentscheidungen werden häufig getroffen, ohne dass mögliche Optimierungspotentiale am deutschen Standort berücksichtigt werden. Dies geschieht insbesondere dann, wenn man eine gewachsene Fabrikstruktur mit einem Neubauprojekt auf einer ausländischen ‚grünen Wiese‘ vergleicht. Durch diesen Vergleich unter ungleichen Voraussetzungen wird die zu verlagernde Produktion schlechter beurteilt, als es angemessen wäre. Aber nicht nur das. Vernachlässigt man die Optimierungsmöglichkeiten, dann hat das die unangenehme Folge, dass die ineffizienten Produktions- und Geschäftsprozesse des abgebenden Standorts auf den neuen Standort übertragen werden. Zusammen mit den Anlaufkosten und anderen Verlagerungsrisiken kann sich dadurch die Situation des Unternehmens noch verschlimmern anstatt sich zu verbessern. Bevor man das Wagnis einer Verlagerung mit ihren Kosten- und Zeitrisiken eingeht, sollte man also immer auch die Potentiale einer *Standortoptimierung* untersuchen.

Das vorliegende Buch stellt dazu eine sehr effektive und überaus hilfreiche Methode vor: das Wertstromdesign. Ursprünglich von Toyota für die Automobilbranche entwickelt, wird diese Methode inzwischen mit großem Erfolg auch in anderen Branchen eingesetzt. Am Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart konnte die *Wertstrommethode* erfolgreich in Fabrikplanungsprojekte integriert werden. So konnte die ursprüngliche Methode mit ihrem teilbereichsbezogenen Workshopcharakter hin zu einem mächtigen Planungswerkzeug entwickelt werden. Das hat mittlerweile dazu geführt, dass sich die Planer gar nicht mehr vorstellen können, wie noch vor wenigen Jahren Industrieprojekte ohne diese Methode überhaupt haben durchgeführt werden können.

Die Potentiale des Standorts Deutschland haben all jene Investoren erkannt, die solche Firmen aufkaufen, die in den Jahren zuvor die Optimierung ihrer Produktion versäumt haben und die sie nach der Reorganisation

mit hübschem Gewinn wieder verkaufen. Es ist Zeit, den Produktionsverantwortlichen eine geeignete Methode zur Überprüfung der Fabrikziele und zur Optimierung der Produktionsabläufe an die Hand zu geben. Dem Globalisierungsgerede wäre damit wenigstens auf der Fabrikebene ein adäquater Handlungsansatz entgegengestellt.

Ein Buchprojekt ist für einen Autor immer Vergnügen und Last zugleich. Besonderer Dank gilt daher all jenen, die durch Unterstützung und Ratschlag geholfen haben, die Last zu mindern und das Ergebnis der Bemühungen zu verbessern. Für die fachlichen Anregungen danke ich insbesondere Hans-Hermann Wiendahl, Michael Lickefett und Alexander Stamm. Die umsichtigen Korrekturleserinnen Susanne Ramsthaler und Karin Erlach haben vor allem für eine klare Strukturierung des Textes Sorge getragen. Ferner danke ich Minou Friele, Siegfried Reusch und Karin Mutter. Nicht zuletzt gebührt Dank denjenigen, die die Grundlagen für meine Arbeit geliefert haben. Mike Rother dafür, mich in die Methode eingeführt zu haben, dem Fraunhofer IPA für das anregende Arbeitsumfeld sowie all den produzierenden Firmen, die ich in fabrikorganisatorischer Hinsicht beraten durfte.

*Stuttgart, im Februar 2007*

*Klaus Erlach*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Produktionsoptimierung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Die Organisation von Produktion .....	4
1.1.1 Die Fabrik .....	4
1.1.2 Der Wertstrom .....	7
1.2 Die vier Ziele der Produktion .....	13
1.2.1 Die Dilemmata der Produktionsablaufplanung .....	17
1.2.2 Das logische Zielquadrat .....	23
<b>2 Wertstromanalyse .....</b>	<b>31</b>
2.1 Produktfamilien .....	38
2.1.1 Produktfamilien-Matrix .....	39
2.1.2 Produktionsablauf und Familienähnlichkeit .....	41
2.2 Kundenbedarf .....	46
2.2.1 Kundentakt .....	47
2.2.2 Kundenbedarfsschwankungen .....	51
2.3 Produktion .....	54
2.3.1 Produktionsprozesse .....	58
2.3.2 Materialfluss .....	80
2.3.3 Auftragsabwicklung .....	88
2.4 Potentiale .....	101
2.4.1 Durchlaufzeit .....	102
2.4.2 Taktabstimmung .....	108
<b>3 Wertstromdesign .....</b>	<b>117</b>
3.1 Produktionsstrukturierung .....	126
3.1.1 Geschäftstypen .....	130
3.1.2 Ressourcenzuordnung .....	139

3.2 Gestaltung der Produktionsprozesse.....	142
3.2.1 Kapazitative Dimensionierung der Ressourcen.....	143
3.2.2 Prozessintegration und kontinuierliche Fließfertigung.....	147
3.3 Produktionssteuerung .....	169
3.3.1 Direkte Verkopplung von Produktionsprozessen .....	176
3.3.2 Verbrauchsorientierte Kanban-Regelung .....	189
3.3.3 Produktionssteuerung am Schrittmacher-Prozess.....	221
3.4 Produktionsplanung.....	229
3.4.1 Glättung des Produktionsvolumens .....	231
3.4.2 Ausgleich des Produktionsmix .....	237
3.4.3 Steuerung von kapazitativen und restriktiven Engpässen.....	249
3.4.4 Merkmale einer schlanken Planung und Steuerung.....	257
3.5 Konzeption und Umsetzung .....	260
3.6 Wertstrommanagement.....	266
3.6.1 Wertstrommanager .....	266
3.6.2 Aufgaben im Wertstrommanagement.....	269
<b>4 Die schlanke Fabrik.....</b>	<b>281</b>
4.1 Wertstromorientierte Fabrikplanung .....	284
4.2 Produktionssysteme .....	301
<b>5 Projektbeispiele.....</b>	<b>307</b>
5.1 Die Komfort GmbH – Transparenz durch Fließfertigung .....	308
5.2 Die Federn KG – Losbildung in der Variantenfertigung.....	320
5.3 Die Glas AG – Kurze Lieferzeiten in der Einzelfertigung .....	336
5.4 Die Seco GmbH – Flussorientierung durch Technologie.....	349
<b>6 Literaturhinweise.....</b>	<b>371</b>
<b>7 Anhang.....</b>	<b>373</b>
7.1 Formelverzeichnis .....	374
7.2 Symbole.....	384
<b>Sachwortverzeichnis.....</b>	<b>387</b>

# 1 Produktionsoptimierung

Die Gestaltung optimaler Produktionsabläufe ist die zentrale Aufgabe des Planers einer Fabrik. Die Schwierigkeiten, die sich diesem Produktionsoptimierer in den Weg stellen, sind zum einen die jeweils zu beachtenden Restriktionen in der Fabrik sowie zum anderen die konfligierenden Teilziele der Produktion. Und kaum ist ein scheinbar idealer Zustand erreicht, ändern sich die Kundenwünsche, die Produktionstechnologien, gesetzliche Bestimmungen oder andere wichtige Einflussfaktoren. Die Aufgabe der Produktionsoptimierung ist somit ständiger Begleiter des Fabrikbetriebs sowie Anforderung an eine jede Fabrikplanung.

## **Methode**

Um die Effektivität einer Produktion steigern zu können, ist eine ausgereifte Methode hilfreich. Denn nichts ist praktischer als eine gute Theorie. Wirkliche Verbesserungen können insbesondere dann erreicht werden, wenn es gelingt, alle bisherigen Gewohnheiten des Produktionsablaufs systematisch in Frage zu stellen und zielorientiert weiterzuentwickeln. Ziel dieses Buches ist es, die überragende Leistungsfähigkeit der *Wertstrommethode* in dieser Hinsicht aufzuweisen. Sie erlaubt erstens die Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette, die sie ausgezeichnet visualisiert. Und sie unterstützt zweitens die optimale Gestaltung einer Produktion durch den zielführenden Einsatz von Gestaltungsrichtlinien.

In diesem Buch wird die in ihren Grundzügen bekannte Wertstrommethode (Rother 2000) in einer systematisierten Weise präzise dargelegt und deutlich erweitert. Daher sind Darstellungsweise und Symbolik der Methode mit Ergänzungen versehen, insbesondere um eine deutlich detailliertere Darstellung der Informationsverarbeitungsprozesse zu ermöglichen. Die bisher bekannten Leitlinien werden um einige Lösungsprinzipien der Produktionsorganisation erweitert sowie gemeinsam in ihrem schlüssigen Zusammenhang weiterentwickelt und erläutert. Ergebnis sind die *acht aufeinander aufbauenden Gestaltungsrichtlinien* des Wertstromdesigns. Ferner wird die ursprüngliche, einfache Produktfamilienbildung an Hand von produktionsrelevanten Kriterien und Geschäftstypen hin zu einer produktfamilienorientierten Segmentierung fortgeführt. Dieser umfassende