

Philipp Dickmann (Hrsg.)

---

Schlanker Materialfluss

Philipp Dickmann (Hrsg.)

# Schlanker Materialfluss

mit Lean Production,  
Kanban und Innovationen

Mit 159 Abbildungen und 16 Tabellen

 Springer

Dipl. Ing. Philipp Dickmann  
Rotter Str. 37  
85567 Grafing, Germany  
info@philipp-dickmann.de  
www.philipp-dickmann.de

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

ISBN-10 3-540-34337-7 Springer Berlin Heidelberg New York  
ISBN-13 978-3-540-34337-0 Springer Berlin Heidelberg New York

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 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.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media  
[springer.de](http://springer.de)

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch 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. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

SAP und mySAP Business Suite sind Marken der SAP Aktiengesellschaft Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung, Neurotstraße 16, D-69190 Walldorf. Der Herausgeber bedankt sich für die freundliche Genehmigung der SAP Aktiengesellschaft, das Warenzeichen im Rahmen des vorliegenden Titels verwenden zu dürfen. Die SAP AG ist jedoch nicht Herausgeberin des vorliegenden Titels oder sonst dafür presserechtlich verantwortlich.

KAIZEN® und GEMBAKAIZEN® sind eingetragene Schutzmarken des KAIZEN® Institute. Der Herausgeber bedankt sich für die freundliche Genehmigung des KAIZEN® Institute das Warenzeichen im Rahmen des vorliegenden Titels verwenden zu dürfen.

Satz und Herstellung: LE-TEX, Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig  
Einbandgestaltung: medionet AG, Berlin  
Gedruckt auf säurefreiem Papier 68/3100 YL - 5 4 3 2 1 0

## Geleitwort

Pánta rhei – alles ist im Fluss. Dieser dem griechischen Philosophen Heraklit (ca. 540–480 v. Chr.) zugeschriebene Ausspruch meint nicht originär den Materialfluss sondern die Tatsache, dass sich alles stets in Veränderung befindet. Dennoch und gerade darum sollte man ihn im Hinblick auf den von Philipp Dickmann herausgegebenen „schlanken Materialfluss“ aufgreifen. Im Wissen, dass betriebliche Prozesse Veränderungen unterworfen sein werden, wollen wir diese aktiv gestalten.

Material soll durch die Produktion **fließen**. Ein Aufstauen (Lagern) soll nur dort und in dem Umfang erfolgen, wo dies gewollt ist, weil vom Prozess gefordert oder notwendig erscheint, um unangenehmere Folgen durch einen Abriss des Flusses zu vermeiden. Dabei plädieren die Autoren für einfache, schnelle und praxisnahe Vorgehensweisen. Wenn erforderlich, dann ist Automatisierung einfach (und kein Selbstzweck). Geforderte Flexibilität wird erreicht, indem der Mensch seine Kreativität einbringt, systematisch handelt, sich nicht mit Erreichtem zufrieden gibt, wo immer möglich auf IT und Spezialistentum verzichtet.

Wer jetzt denkt, es ginge um praxisferne Theorie, irrt. Aufgegriffen und unter den unterschiedlichsten Aspekten immer wieder neu ins Blickfeld gerückt werden die Gedanken des Toyota Produktion Systems, die Idee Kaizen, die seit einem halben Jahrhundert die Industrie verändern. Und immer wieder werden Anwendungen aus der Automobilindustrie herangezogen. Sie war, ist und bleibt seit über 100 Jahren Vorreiter für die jeweils zukunftsfähige Organisation von Produktionsprozessen und des zugehörigen inner- und zwischenbetrieblichen Materialflusses. Ihn schlank zu halten oder auch erst neu zu gestalten ist ihr Ziel. Dazu kürzt sie Durchlaufzeiten, senkt Bestände, spart Kosten und sichert so Wettbewerbsfähigkeit.

Wettbewerbsfähigkeit unter Kostengesichtspunkten meint dabei nicht Verlagerung in Niedriglohnländer. Vielmehr stellt sich die Frage, wie ein sinnvolles Zusammenspiel von Mensch, Technik und Organisation so zu gestalten ist, dass Produktion und das in hochindustrialisierten Ländern erreichte Einkommensniveau nicht miteinander konkurrieren. Auch hierzu finden sich Gedankenanstöße.

Dies entbindet den Unternehmer nicht von der Aufgabe, seine eigene Vision zu entwickeln. Hat er diese, so findet er zahlreiche Hinweise, wie der kontinuierliche Verbesserungsprozess durch Einbeziehung der Mitarbeiter zu gestalten ist. Und er sollte erkennen, dass dieses Denken sich nicht auf die Produktion beschränkt. Er muss neu denken, sollte Verantwortung und neue Ansätze glaubhaft vorleben, Verantwortung auf andere übertragen und dezentralisieren, Qualität nicht als Lippenbekenntnis fordern, sondern als Teil der Kundenforderungen sehen und realisieren.

Schaut man sich die Beiträge an, so könnte man meinen, *Kanban* und das Pull-Prinzip seien die Antwort auf alle Probleme des betrieblichen Alltags. Ein solcher Schluss wäre voreilig und wird dem Anliegen von Philipp Dickmann und seinen Mitstreitern nicht gerecht. Sie spannen den Bogen von den Elementen schlanker Produktionssysteme über deren Steuerung hin zur betriebsübergreifenden Supply Chain. Natürlich bildet dabei *Kanban* einen Schwerpunkt. Doch welches *Kanban*? Es zeigt sich, dass sich in den vergangenen Jahrzehnten eine wahre Vielfalt von Lösungen entwickelt hat, um eben den Anwendungsbereich auszudehnen. Es zeigt sich, dass es möglicherweise die **einfache reine** Lösung nicht gibt.

Auch wenn *Kanban* in seiner Urform den Verzicht auf EDV einschließen mag, so kommen moderne Unternehmen doch ohne IT-Lösungen und informationstechnische Vernetzung und Aufbereitung ihrer Prozesse nicht aus. Genau dies wird hier aufgezeigt. Die reine Lehre mag es in Lehrbüchern geben. Die Praxis sieht anders aus. Die neue Denkweise sollte Grundsätzen folgen. Sie muss jedoch pragmatisch auf die betrieblichen Belange eingehen und sich aus dem Instrumentenkasten so bedienen, dass das Geschehen so einfach wie möglich, so verständlich und transparent wie möglich aber auch informationstechnisch so weit als nötig gestaltet wird. Visualisierung des Geschehens für die Mitarbeiter macht dieses im buchstäblichen Sinne **begreifbar** und erleichtert so die Umsetzung neuen Denkens in betriebliche Praxis und deren beständige Überprüfung und Verbesserung (durch wen, wenn nicht durch die betroffenen Mitarbeiter!).

Auch die Beiträge zeigen in ihren unterschiedlichen Akzentsetzungen, in ihren Beispielen, den Willen, die betriebliche Praxis in den Vordergrund zu stellen. Die von Dickmann auch vorgestellten neuen wissenschaftlichen Ansätze wie etwa die dezentrale Bestandsregelung, das Production Authorization Card Konzept (PAC) oder die Behandlung des Störungsmanagements sind ein Indiz, dass sich gerade auch Wissenschaftler fragen, wo über die aus Japan kommenden Ideen hinaus neue (europäische?) Ansätze gefragt sind, wo vielleicht hybride Lösungen weiter führen als nur theoretisch begründete „reine Lehre“.

Der „schlanke Materialfluss“ wird dem Praktiker Hilfestellung geben. Im Sinne einer Checkliste wird er erkennen, welche Fragestellungen er im alltäglichen Streß sträflich vernachlässigt hat.

Er wird die scheinbar auf die Automobilindustrie hin konzipierten Lösungsvorschläge an seine eigenen Belange adaptieren und so zu innovativen Konzepten in völlig anderen Branchen kommen.

Studierende mit dem Berufsziel Produktion oder Logistik vor Augen wird er helfen, die ihnen in der Praxis begegnenden Begriffe zu verstehen, das dahinter verborgene Denken zu erkennen, ihre Lehrbücher unter neuem Blickwinkel zu sehen. Sie werden – hoffentlich – erkennen, dass Lösungen nicht in der Schublade liegen sondern aktiv und im Team zu erarbeiten und ständig fortzuentwickeln sind. Es ist eben alles im Fluss (Heraklit).

# Vorwort

Der Praktiker, der mit Materialfluss konfrontiert ist, sieht sich heute vielfältigen und teils sich scheinbar widersprechenden Anforderungen der verschiedenen Fachbereiche gegenüber. Um seine Zielvorgaben, etwa kontinuierlich volle Lieferfähigkeit, minimale Bestände und minimale Kosten, zu erreichen, sollte er in verschiedensten Spezialdisziplinen gleichermaßen höchst kompetent sein. Im „Tagesgeschäft“ wird diese Sichtweise vielfach als aufwendiges Optimieren von isolierten, eindimensionalen Problemstellungen empfunden. Auf der realen Ebene in der betrieblichen Praxis ist der Mitarbeiter zumeist wesentlich rudimentäreren, aber andererseits aufgrund der Vielzahl der interdisziplinären Ursachen, letztlich hoch komplexen Problemstellungen ausgesetzt. Die Ursachen sind einfach, viele der verschiedensten Rahmenbedingungen, die landläufig als Fix oder ideal erfüllt angesehen werden, entsprechen schlicht nicht diesen Vorgaben. Viele Optimierungsansätze erscheinen dem Praktiker daher irrelevant angesichts der tatsächlichen Problemstellungen des Alltags:

- Planungen, die sich sekundlich gravierend verändern;
- Softwaredaten, die im zweistelligen Prozentbereich Fehler aufweisen;
- Anlagen, die kurzfristig ausfallen;
- Ausschussraten, die plötzlich 50 % Kapazität zehren
- Softwareprodukte, die sehr starke Abweichungen zu Realität aufweisen;
- Änderungen, die kaum mehr vollständig einfließen, bevor sie wieder ersetzt werden;
- Lieferanten, die kaum soweit entwickelt werden, dass eine vernünftige Zusammenarbeit möglich ist, ehe sie von neuen Lieferanten ersetzt werden;
- Mängel oder Strategien in der betrieblichen Zusammenarbeit, die einen kostenoptimalen Materialfluss unmöglich machen und an schlechter Stimmung oder hoher Fluktuation erkennbar sind;
- Etc.

Besonders beim Thema Materialfluss ist es wesentlich, umfassend und interdisziplinär optimal zu arbeiten. Es gilt allgemein wenige Störungen und Verschwendung zu erreichen und nicht nur in einer Spezialdisziplin das letzte Pro-mill an Optimierung auszureizen. Wenn andererseits diese Basis erreicht ist, existieren vielfältige Möglichkeiten, die Prozesse noch schlanker und gleichzeitig sicherer zu gestalten. Bei verschiedensten Gesprächen im Vorfeld des Buchs war immer wieder festzustellen, dass sehr viele Fehler auch daher rühren, dass es kaum Literatur gibt, die diese komplexe Problemstellung umfassend darstellt.

Der Praktiker benötigt eine komplexe Mischung an wesentlichen Grundmethoden und neuen oder spezielleren Ansätzen, die umfassend alle notwendigen Themen in einfacher Form transparent machen. Schlanker Materialfluss, schlanke Produktion und letztlich das schlanke Unternehmen stellen auch in den Industriestaaten ein immer noch enormes, letztlich sogar volkswirtschaftliches Potential dar, da hierbei eine tatsächliche Optimierung der Wertschöpfung erreicht wird. Hieraus entstand der Gedanke, das Thema Materialfluss in der notwendigen engen Beziehung zum Toyota-Produktionssystem darzustellen. Fehler bei grundlegenden Ansätzen können schnell jegliche Kostenreduzierung kompensieren, etwa durch Personalkosten oder durch einen Lieferantenwechsel. Auf Grund vieler persönlicher Kontakte und Erfahrungen entstand der Gedanke, bei diesem Buch ganz nach dem Konzept von Best Practise die jeweiligen internationalen Spezialisten Ihre spezielle Sichtweise der Dinge selbst darstellen zu lassen. Interessanterweise stieß ich mit meiner Idee, ein interdisziplinäres, stellenweise konträres Buch zum verfassen, auf eine sehr breite Zustimmung; alle von mir angestrebten Spezialisten sagten tatsächlich zu und so ist es gelungen, die folgenden fünf Bereiche authentisch in einem Buch über Materialfluss zu integrieren:

- Internationale Konzerne und führende Zulieferer,
- Beratung,
- Ausstattung und Zulieferunternehmen,
- Unternehmen der Informationstechnologie,
- Forschung und Wissenschaft.

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich für die enorme spontane Zustimmung, Begeisterung für das Projekt und die tatkräftige, professionelle und vor allem sehr kooperative Unterstützung bei allen 48 Co-Autoren und deren Unternehmen oder Universitäten bedanken. Ich möchte mich besonders für das Geleitwort und die darüber hinausreichende persönliche Unterstützung bei Prof. Scheid bedanken. Das Projekt wäre sicherlich nicht entstanden ohne die Unterstützung und Anregung der folgenden Universitäten bzw. Institute, bei denen ich mich auch herzlich bedanken möchte.

- Fakultät für Maschinenbau und Lehrstuhl für Fabrikbetrieb der TU Ilmenau – Prof. Wolf-Michael Scheid
- Institut der Wirtschaft Thüringens – Wissenschaftlicher Direktor Prof. Herfried Schneider
- Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der TU München – Prof. Michael F. Zäh
- Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der TU München – Prof. Willibald A. Günthner
- Fakultät für Wirtschaftsingenieurwesen der Fachschule Rosenheim – Prof. Christoph Maier
- Faculty of Science, Agriculture and Engineering der University of Newcastle upon Tyne – Prof. P. M. Braiden

Aufgrund des ungewöhnlich interdisziplinären Ansatzes des Buchs war die tatkräftige Unterstützung von außerordentlich vielen Personen zum Gelingen notwendig – etwa mit dem Vermitteln von Kontakten, Anwendungsfällen, Literatur sowie durch konstruktive Kritik und Korrekturen. Ich möchte mich hierfür bedanken bei Dr. Thomas Alt, Ingrid Alter, Oliver Ballhausen, Prof. Dr. Peter Finke, Marc Flegler, Felicitas Kell, Michael Mack, Nigel Ord, Thorsten Paps, Georg Stieghafner, Sabine Trenkler, Kai Erik Witte, Rulan Zhuo, Wilhelm Zwerger. Dies gilt auch in besonderer Weise für die Unterstützung, die mir von der Produktgruppe Retarder (Voith Turbo GmbH & Co.) zuteil wurde. Beim Lektorat, der Revision und durch Beratung in Verlagsfragen haben mich Anja Beer, Claudia Brandstetter, Emil Hofmann, Dr. Thomas Rücker, Dr. Jürgen Schmidt, Heidi Stadler, Ursula Moosbauer, Ursula Müller, Claus Eduard und Manuela Wittmann sowie das Kollegium von LEPROS tatkräftig unterstützt. Mit enormer Kapazität haben vor allem Monika Brandstetter und Eva Dickmann das Projekt wesentlich mitgetragen. Ihnen allen gebührt mein spezieller Dank. Im Besonderen möchte ich mich beim Springer-Verlag bedanken und im Speziellen bei Herrn Thomas Lehnert für die Begeisterung und die immer konstruktive, tatkräftige Unterstützung durch die das Projekt erst entstehen und wachsen konnte. Ich konnte mich jederzeit auf die sehr freundliche, konstruktive und professionelle Zusammenarbeit mit Kathleen Doege sowie dem Team von Monika Riepl (Annegret Krap, Christin Hülle, etc. von LE-TeX Jelonek, Schmidt & Voeckler) bei der Projektabwicklung bis hin zum Druck verlassen.

Dieses Buch steht unter dem Motto: Tatsächlicher nachhaltiger Fortschritt und Erfolg basierend auf fundierter Substanz und nicht nur auf der Gabe oberflächlich, mittels Präsentation und Rhetorik, zu beeindrucken.



**Abb. 0.0.V** Die Chancen neuer Perspektiven nutzen – herausragende, nachhaltig und im Nachhinein erfolgreiche Ansätze entstehen häufig aus veränderten Blickwinkeln.

In unserer Gesellschaft und in Unternehmen werden Strukturen vielfach mit enormem Aufwand danach ausgerichtet, immer die optimale marketinggerechte Perspektive zu finden, unter der die Schattenseiten der Organisation und der

Abläufe nicht zu erkennen sind. Ansätze aus den Bereichen Lean und der Wissenschaft, sowie interdisziplinäre Ansätze können helfen Perspektiven zu finden, um Prozess und Kosten tatsächlich und nachhaltig enorm zu optimieren.

Ich möchte dieses Buch meinen Kindern Mark, Cara und Lina widmen, die mir stets den Unterschied zwischen dem Wesentlichen und Unwesentlichen vor Augen führen.

München, Juni 2006

Philipp Dickmann

# Inhaltsverzeichnis

## Die Struktur von schlankem Materialfluss mit Lean Production, *Kanban* und neuen Innovationen..... 1

<b>1</b>	<b>Elemente moderner, schlanker Produktionssysteme.....</b>	<b>3</b>
1.1	Lean Production – das Toyota Produktionssystem (TPS) .....	5
1.1.1	Entwicklung .....	6
1.1.2	Innovationen und Regeln des TPS.....	7
1.2	<i>Kanban</i> – Element des Toyota Produktionssystems .....	10
1.2.1	Verfahrensablauf.....	10
1.2.2	Elemente.....	11
1.2.3	Eigenschaften der Steuerungsmethode .....	11
1.3	Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Just-in-time-, Just-in-sequence- und One-piece-flow-Fertigungskonzepten .....	14
1.3.1	Just-in-time (JIT).....	14
1.3.2	Just-in-sequence (JIS) .....	16
1.3.3	One-piece-flow (Einzelstückfluss).....	16
1.3.4	Beispiel aus der Praxis .....	17
1.4	<i>Kaizen</i> .....	18
1.4.1	Der Begriff <i>Kaizen</i> .....	18
1.4.2	<i>Gemba-Kaizen</i> .....	19
1.4.3	5S-Aktion .....	20
1.4.4	Das <i>Kaizen</i> -Management-System.....	20
1.5	Flexible Produktion.....	21
1.5.1	Problem der Planung .....	22
1.5.2	Flexible Produktion nach dem <i>Lean</i> -Ansatz ermöglicht weitestgehend von Planung unabhängig zu werden.....	22
1.5.3	Lange Produktionsdurchlaufzeiten in PPS.....	24
1.5.4	Die Alternative.....	24
1.5.5	6R – Das Ziel der flexiblen Produktion .....	25
1.5.6	Festlegung der Fertigungskapazität und Aufbau einer Fertigungslinie .....	25
1.5.7	Festlegung der Materialbereitstellung und Aufbau der Materiallogistik .....	25
1.5.8	Grundtheoreme betrieblichen Handelns .....	27

1.6	Das Synchrones Produktionssystem (SPS) .....	28
1.6.1	Die Elemente.....	29
1.6.2	Strikte Kundenorientierung.....	30
1.6.3	Begriffsfelder des synchronen Produktionssystems (SPS) .....	30
1.7	ForLog – neue Ansätze zur Adaptivität, Bayerischer Forschungsverbund Supra-adaptive Logistiksysteme.....	32
1.7.1	FlexLog – Flexibilität und Adaptivität .....	33
1.7.2	SysLog – IS-Architekturen supra- adaptiver Logistiksysteme in der Automobilindustrie.....	33
1.7.3	PlanLog – Modellierung und Planung adaptiver Fabrikstrukturen.....	34
1.7.4	TransLog – Logistikdienstleister-Organisation und Transportnetzwerkstrukturen .....	34
1.7.5	NutzLog – Vorteilsausgleich-Nutzenverteilung.....	35
1.7.6	MitLog – Mitarbeiterqualifizierung und -mobilität .....	35
1.8	Low Cost Intelligent Automation (LCIA) .....	36
1.8.1	Das Prinzip in Hochlohnländern.....	36
1.8.2	Die flexiblere Lösung .....	36
1.8.3	Umsetzung.....	37
1.8.4	Veränderung der Abläufe.....	38
1.8.5	Wachstum des Unternehmens-Know-Hows.....	39
1.9	<i>Poka Yoke</i> – Fehlervermeidungsstrategien .....	39
1.9.1	Qualitätsphilosophie abgeleitet von <i>Poka Yoke</i> .....	40
1.9.2	Eigenschaften und Elemente.....	41
1.9.3	Methoden und Regeln .....	41
1.9.4	Ablauf von Aktivitäten .....	42
1.10	Total Productive Management (TPM) .....	44
1.10.1	Definition.....	44
1.10.2	Das Gesamtsystem TPM.....	45
1.10.3	Die 4 Basissäulen des Managementsystems .....	46
1.11	Qualitätsmanagement.....	50
1.11.1	Der Qualitätsbegriff im betrieblichen Sinne.....	51
1.11.2	Anwenderbezogene Qualitätsdefinition (J.M. Juran).....	52
1.11.3	Abschließende Bemerkungen zum Thema „Qualität“ .....	54
1.11.4	Pragmatische Ansätze für den schlanken Materialfluss mit <i>Lean Production</i> .....	54
1.12	Six Sigma.....	55
1.12.1	Abgrenzung von Lean, TQM, TPM und Six Sigma .....	55
1.12.2	Aufwand für die Six Sigma Einführung .....	55
1.12.3	Das Vorgehen mit DMAIC und DFSS .....	56
1.12.4	Sigma Wert und Philosophie .....	56
1.12.5	RTY (Rolled Throughput Yield).....	57
1.12.6	Infrastruktur im Unternehmen .....	57

1.12.7	Methodeneinsatz .....	57
1.12.8	Softwareeinsatz.....	58
1.12.9	Führung und Probleme bei der Einführung .....	59
1.12.10	Aussichten von Six Sigma.....	59
1.13	CAQ-Systeme – Computergestütztes Qualitätsmanagement.....	59
1.13.1	Grundlagen von CAQ-Management.....	60
1.13.2	CAQ-Systeme in der Praxis .....	61
1.14	Prozessorientierung – Ursachen ermitteln statt Symptome beheben .....	64
1.14.1	Prozessorientierung ein Element des Toyota Produktionssystems (TPS) .....	65
1.14.2	Wachstum der indirekten Bereiche durch Ergebnisorientierung.....	67
1.14.3	Prozessoptimierungsstrategien.....	68
1.15	Differenzierte Prozesskostenrechnung.....	71
1.15.1	Kostenrechnung.....	72
1.15.2	Komplexitätsproblem im „IT-Zeitalter“ .....	72
1.15.3	Prinzip der Standard-Prozesskostenrechnung.....	73
1.15.4	Verifikation nicht konstanter Einflussfaktoren auf die Kostentreiber .....	74
1.15.5	Konsequenzen von unberücksichtigten nicht konstanten Einflussfaktoren – am Beispiel Grosserenteile und Ersatzteil .....	76
1.15.6	Ablauf einer interdisziplinären differenzierten Prozesskostenanalyse (IDP) .....	76
1.15.7	Interdisziplinäre Arbeitsablaufstudie als Basis einer differenzierten Prozesskostenrechnung.....	77
1.16	Dezentrale und Schlanke Strukturen – Gemba-Orientierung.....	78
1.16.1	Räumliche Nähe korreliert mit sozialer Nähe .....	78
1.16.2	Dezentrale Verantwortungsstrukturen, die Entscheidung zur Verantwortung beim Spezialisten .....	79
1.16.3	Stufen der Dezentralisierung.....	80
1.16.4	Lean Management .....	82
1.17	<i>Kaizen</i> in den indirekten Bereichen .....	84
1.17.1	Weniger Fläche, schnellerer Durchlauf und Effizienzsteigerung sind gefragt.....	84
1.17.2	Strukturierte Vorgehensweise.....	84
1.17.3	Visualisierung steigert den Erfolg .....	86
1.18	Probleme sind Schätze – Management-Ethik als Folge der Lean Production .....	88
1.18.1	Ethik und Managementziele des Toyota Produktionssystems (TPS) .....	89
1.18.2	Der Managementkreis – verbesserte Kommunikation und Führung .....	90

1.18.3	Probleme sind Schätze – Kooperativer Führungsstil .....	90
1.18.4	Ethik als evolutionäres Erfolgskonzept .....	91
1.18.5	Maßnahmen zum nachhaltigen Managementenerfolg.....	92
1.19	Kundenorientierung .....	93
1.19.1	Kundenorientierung .....	94
1.19.2	Das neue Entscheidungskriterium heißt Flexibilität .....	94
1.20	Vertriebsqualität – Prognose .....	95
1.20.1	Überproduktion und Kundentakt.....	96
1.20.2	Kundenorientierte Unternehmensstrukturen.....	98
1.21	Neue Ansätze um moderne und schlanke Produktionsmethoden zu vermitteln.....	99

<b>2</b>	<b>Grundlegende Steuerungsverfahren im heterogenen Logistiknetz mit Kanban .....</b>	<b>103</b>
2.1	Ruhiger kontinuierlicher Materialfluss .....	103
2.1.1	Regeln und Phänomene um einen kontinuierlichen und störungsfreien Materialfluss zu erreichen .....	104
2.2	Wertschöpfungsanalyse des Materialflusses und „das Einfachste ist das Beste“ .....	110
2.2.1	Materialfluss am Arbeitsplatz.....	111
2.2.2	Innerbetrieblicher Materialfluss.....	112
2.2.3	Überbetrieblicher Materialfluss.....	113
2.2.4	„Das Einfachste ist das Beste“ .....	113
2.3	Grundlegende Steuerungsverfahren .....	115
2.3.1	Bedarfsorientierte Verfahren.....	117
2.3.2	Bestandsorientierte Verfahren .....	117
2.3.3	Prognosebasierte Verfahren .....	119
2.3.4	Belastungsorientierte Verfahren .....	120
2.3.5	Generalisierte oder funktionale Steuerungen .....	121
2.4	Die Kanban-Steuerung.....	121
2.4.1	Kanban – der Allrounder .....	122
2.4.2	Die Steuerung und ihre Eigenschaften.....	122
2.4.3	Varianten der Steuerungsmethode .....	124
2.4.4	Varianten der Steuerungsebene .....	125
2.4.5	Varianten der Karten .....	126
2.5	Dimensionierung von Kanban-Regelkreisen .....	126
2.5.1	Berechnung des Umlaufbestandes .....	127
2.5.2	Berechnung des Sicherheitsbestandes .....	130
2.5.3	Beispiel .....	132
2.6	Steuerungsverfahren mit Karten .....	134
2.6.1	Bestandsorientierte Verfahren .....	134
2.6.2	Prognosebasierte Verfahren .....	135
2.6.3	Belastungsorientierte Verfahren .....	135
2.6.4	Funktionsbasierte flexible Steuerung.....	136

2.7	Dezentrale Bestandsorientierte Fertigungsregelung (DBF) .....	137
2.7.1	Funktionsweise .....	137
2.7.2	Anwendungsgebiete .....	138
2.7.3	Erweiterungen.....	138
2.7.4	Alternative Verfahren .....	138
2.8	Das Production Authorization Card (PAC)-Konzept – ein Metakonzzept zur Materialflusssteuerung .....	139
2.9	Hybride Steuerungskonzepte.....	143
2.9.1	Hybride operative Steuerungs-Algorithmen .....	143
2.9.2	Hybride Steuerungen in der Simulation zur Ermittlung des optimalen Algorithmus und zur dynamischen Dimensionierung.....	146
2.9.3	Hybride Steuerungen nach einer erweiterten Definition der Materialflusssteuerung .....	146
2.10	Matrixhybride Materialflusssteuerung.....	148
2.10.1	Matrixhybriden Steuerung (MHS) – das Chaos der Steuerungsinformationen nutzen und beherrschen .....	148
2.10.2	Dezentrale Entscheidungskompetenz .....	149
2.10.3	Hybride Dimensionierung der Regelkreise .....	149
2.10.4	Matrixhybride <i>Kanban</i> -MRP-Steuerung .....	150
2.10.5	Reduzierung von Störgrößen durch Abgleich.....	151
2.10.6	Ergebnisse am Beispiel Voith.....	152
2.11	Heterogene Materialflusssysteme .....	153
2.11.1	Direkte steuerungsselektive Kriterien .....	155
2.11.2	Indirekte Steuerungskriterien.....	159
2.12	Steuerungsmanagement .....	161
2.12.1	Steuerung der Herstellprozesse – eine Managementaufgabe.....	161
2.12.2	Integration hybrider interdisziplinärer Informationen beim Steuerungsmanagement.....	162
2.12.3	Iterative Managementstruktur.....	165
2.13	Logistik-Controlling im schlanken Materialfluss, mit der Valuecycle Analyze (VCA) .....	166
2.13.1	Intransparenz der Kostenstrukturen.....	167
2.13.2	Dynamische contra statische Bestände .....	168
2.13.3	Die neuen Differenztypen im schlanken System.....	168
2.13.4	Valuecycle Analyze (VCA) .....	170
2.14	Valuecycle Optimizing (VCO) .....	173
2.14.1	Methoden des TPS, Wertschöpfungsanalyse und zeitwirtschaftliche Methoden übertragen auf den <i>Kanban</i> -Kreis.....	174
2.14.2	Die Umlaufzeit als Basis der Betrachtung.....	175
2.14.3	Die Methode.....	176
2.14.4	Projektablauf.....	177

	2.14.5	<i>Kanban</i> -Controlling .....	178
	2.14.6	Anwendungsfälle.....	179
<b>3</b>		<b><i>Kanban</i> – der Weg ist das Ziel .....</b>	<b>181</b>
3.1		Projektmanagement zur Einführung von <i>Kanban</i> -Steuerungen	184
3.1.1		Prinzipien zur Einführung von <i>Kanban</i> -Steuerungen ....	185
3.1.2		Voraussetzungen zur Einführung von <i>Kanban</i> -Steuerung .....	185
3.1.3		Zusammensetzung des Projektteams und Aufgaben .....	187
3.1.4		Projektplan .....	189
3.1.5		Definition von Prozessen nach der Implementierung ....	190
3.2		<i>Kanban</i> -Karten.....	191
3.2.1		Steuerungsvarianten, die sich durch den Karten-Typ definieren.....	191
3.2.2		Sicht- <i>Kanban</i> .....	193
3.2.3		Informationen auf der Karte.....	193
3.2.4		Hardware der Karten .....	194
3.2.5		<i>Kanban</i> für Gemeinkostengüter .....	199
3.3		Produktionsnivellierung – mit <i>Heijunka</i> Produktion und Logistik stabilisieren .....	201
3.3.1		Die Problemstellung von Produktionsnivellierung mit <i>Heijunka</i> .....	202
3.3.2		Ziele der Produktionsnivellierung .....	202
3.3.3		Notwendigkeit der verkleinerten Losgrößen .....	203
3.3.4		<i>Heijunka</i> als Steuerungsprinzip .....	204
3.3.5		Visualisierung von Produktionsaufträgen mit <i>Heijunka</i> -Tafeln .....	206
3.3.6		Die Güte der Produktionsnivellierung.....	207
3.4		Effizienter Materialfluss mit der richtigen Regaltechnik – Dynamik im Lager .....	208
3.4.1		Regalsysteme – So kommt Bewegung ins Lager.....	208
3.4.2		Paletten-Durchlaufsysteme – Kein Problem mit schweren Lasten .....	211
3.4.3		Stückgut-Durchlaufsysteme – Kartonagen und Stückgutgebinde zum Rollen bringen.....	212
3.4.4		Lagertuning – als kostengünstige Lösung .....	213
3.4.5		Höchste Flexibilität – Spaß am Lagern .....	213
3.4.6		Bis zu 50 % Raumgewinn.....	214
3.5		Flexible ergonomische Arbeitsplatzgestaltung – Steigerung der Effizienz am Beispiel der manuellen Produktionssysteme (MPS) von Rexroth .....	215
3.6		Verpackung – Moleküle des Materialflusses.....	220
3.6.1		Kernaufgaben der Verpackung.....	221
3.6.2		Betriebswirtschaftliche Risiken .....	221

---

3.6.3	Verschwendung in Gebinde, Lager und Transport.....	222
3.6.4	Einflussgröße für Materialfluss.....	224
3.6.5	Prozessvergleiche von Verpackungsvarianten.....	226
3.6.6	Kostenabschätzung: .....	227
3.7	Materialstamm-, Materialfluss- und Wertstromanalysen.....	228
3.7.1	Variantenentwicklung und Auswirkungen auf die Produktion .....	229
3.7.2	Wertstromanalyse .....	230
3.7.3	Systembasierte Datenanalyse .....	232
3.8	Moderne Fabrikplanung – Materialfluss- und Arbeitsplatzdesign.....	236
3.8.1	Moderne Werkzeuge in der Fabrikplanung.....	236
3.8.2	Integrative Planung und Wandlungsfähigkeit .....	240
3.9	Virtual Reality und Augmented Reality in der Materialflussplanung .....	241
3.9.1	Technologie.....	242
3.9.2	Nutzen und Anwendungen.....	242
3.10	Fabrik- und Materialflusssimulation direkt aus einem ERP/PPS-System heraus – einfacher ist mehr! .....	244
3.11	Störparameter im Materialfluss und in Produktionssystemen....	249
3.12	Flexible Entgeltsysteme.....	252
3.12.1	Arbeiten in Teams.....	252
3.12.2	Flexibilisierung der Einkommen .....	253
3.12.3	Beispiel eines leistungsorientierten Entgelts .....	254
3.13	Durchgängige Schulungssysteme – Qualifizieren statt Kapitulieren .....	254
3.13.1	Konsequente Umsetzung als Erfolgsgarantie .....	255
3.13.2	Wesentliche Bestandteile erfolgreicher Trainingsprogramme.....	256
3.13.3	Erfolgsfaktoren bei der Umsetzung.....	257
3.13.4	Lean-Enterprise-Methoden zur Standortsicherung.....	259
4	<b>Supply Chain Management (SCM) mit <i>Kanban</i> .....</b>	<b>261</b>
4.1	Einführung eines Supply Chain Management (SCM) Systems mit den speziellen Anforderungen beim Lieferanten- <i>Kanban</i> ....	264
4.1.1	Einführung einer schlanken SCM-Umsetzung mit <i>Kanban</i> .....	265
4.1.2	Ziele der Lieferantenkooperation .....	265
4.1.3	Konkrete Umsetzungsvorgaben.....	267
4.1.4	Operative Supply Chain-Steuerung und Dispositionskonzepte.....	267
4.1.5	Abstimmung und Schulung.....	270
4.1.6	Projektentwicklung .....	270
4.1.7	Lieferantenbewertung und -klassifizierung.....	271

4.1.8	Umsetzung einer Fokussierung aufgrund der Lieferantenbewertung.....	272
4.2	C-Teile-Management – Ursprung, Chancen, Risiken und Ansatzpunkte.....	272
4.2.1	Potentiale bzw. Ziele .....	272
4.2.2	Charakteristika .....	274
4.2.3	Das Kaufhauskonzept als Ursprung.....	274
4.2.4	Varianten der Beschaffung.....	275
4.2.5	Schritte, die zur Einführung und zum Betrieb notwendig sind .....	276
4.2.6	Grenzen des Systems .....	276
4.2.7	Resümee .....	277
4.3	C-Teile-Management – optimale Prozesse .....	278
4.3.1	Prozessvereinfachungen.....	278
4.3.2	Produkt- und Prozessqualität .....	279
4.3.3	Zuverlässigkeit .....	281
4.3.4	Kontinuierliche Verbesserung.....	283
4.4	Die Erweiterung des C-Teile-Managements.....	283
4.4.1	Welche Teile eignen sich nun für ein C-Teile-Management in der Produktion?.....	284
4.4.2	Welche Teile sind geeignet für ein C-Teile-Management in der Betriebsinstandhaltung? .....	284
4.4.3	Was sind die Stärken und Schwächen der möglichen Dienstleister für das C-Teile-Management? .....	285
4.4.4	Was übernimmt nun ein C-Teile-Dienstleister? .....	285
4.4.5	Wo sind die Grenzen derartiger Systeme?.....	288
4.5	Lieferanten-Management und Lieferanten-Optimierung.....	288
4.5.1	Konzepte zur hochvolumigen Einkaufspreisreduzierung.....	289
4.5.2	Qualitätsmanagement-orientierte Lieferanten- und Preisoptimierungskonzepte .....	292
4.5.3	Lean-Philosophie-orientierte Lieferanten- und Kostenoptimierung.....	293
4.6	Kooperationsmanagement – Netzwerke.....	297
4.6.1	Was sind Netzwerke? .....	298
4.6.2	Netzwerke – die nächste Evolutionsstufe der klassischen Managementmethoden zur Prozessoptimierung? .....	298
4.6.3	Kooperationsmanagement.....	300
4.6.4	Erfolgsfaktoren eines erfolgreichen Kooperationsmanagements .....	301
4.6.5	<i>Kanban</i> – ein wesentliches ordnungspolitisches Element fertigungsorientierter Kooperationsformen .....	302
4.6.6	Win-Win-Situation .....	302

---

4.7	Intensiv-Lieferantenentwicklung.....	303
4.7.1	Unterschätzte Auswirkungen von Krisenlieferanten.....	304
4.7.2	Lieferantenprobleme bei Konzernen.....	304
4.7.3	Lieferantenprobleme bei klein- und mittelständischen Unternehmen.....	305
4.7.4	Provokation eines Lieferantenmarktes durch Auslastungsorientierung und Verzögern von Investitionen .....	306
4.7.5	„Feuerlöschchen“ als Normalzustand .....	307
4.7.6	Process Due Diligence – die Intensiv-Lieferantenentwicklung .....	310
4.8	Outsourcing und Lieferantenwechsel.....	312
4.8.1	Outsourcing .....	312
4.8.2	Insourcing .....	313
4.8.3	Kostenrechnung.....	314
4.8.4	Kernkompetenzanalyse (KKA) .....	315
4.8.5	Make-or-buy-Analyse (MoB) mit Risikofaktoren.....	316
4.8.6	Chancen und Risiken – abwägen und optimieren .....	317
4.9	Logistik-Outsourcing – Checkliste .....	317
4.9.1	Logistik-Outsourcing.....	318
4.9.2	Checkliste für Logistik-Outsourcing .....	318
4.10	Transport-Logistik im Rahmen des Supply Chain Management .....	320
4.10.1	Die Auswahl des Logistikpartners .....	321
4.10.2	Das Optimierungspotential.....	322
4.10.3	Die Schnittstellen mit anderen SCM-Bereichen .....	322
4.10.4	Fazit .....	323
5	<b>EDV-Unterstützung in der Produktion und im Materialfluss .....</b>	<b>325</b>
5.1	EDV-Unterstützung moderner Produktionsabläufe am Beispiel von <i>Kanban</i> und unter besonderer Betrachtung der Thematik der konsistenten Daten.....	330
5.1.1	Schlanker Materialfluss mit <i>Kanban</i> und MRP am Beispiel des „Fertigproduzierens“ etwa einer Montage im Kundentakt.....	330
5.1.2	Absatz- und Materialbedarfsplanung mit EDV .....	332
5.1.3	Konsistente Daten mit EDV .....	332
5.1.4	Datenpflege .....	334
5.1.5	Innovationen.....	334
5.2	IT in der Produktion .....	335
5.2.1	Das Prinzip von Datenbanksystemen, Reporting- oder Analysefunktionen .....	335
5.2.2	Produktionsprozesse lassen sich schlecht als geschlossenes Systemen abbilden .....	336

5.2.3	Verschwendung zu eliminieren sollte im Focus stehen:.....	336
5.2.4	Sinnvoller Einsatz von IT .....	337
5.2.5	Synchrone IT .....	337
5.3	<i>Kaizen</i> in der IT.....	338
5.3.1	Der Mensch steht über der Technik.....	338
5.3.2	Den Stein ins Rollen bringen mit der 5-S-Kampagne .....	339
5.3.3	Die nächsten Schritte .....	340
5.4	Elektronische <i>Kanban</i> -Systeme ( <i>eKanban</i> ) .....	340
5.4.1	<i>eKanban</i> als Visualisierung der Bestellbestandssteuerung .....	341
5.4.2	<i>eKanban</i> basierend auf einem Warehouse-Management-System (WMS).....	341
5.4.3	Varianten des Auftragsstarts .....	342
5.4.4	Einführung von <i>eKanban</i> -Steuerungen.....	345
5.5	Simulationsbasierte Optimierung der operativen Produktionsplanung und Lagerhaltung in heterogenen Produktionssystemen .....	347
5.6	<i>Kanban</i> Dimensionierungs-Systeme (KDS).....	350
5.6.1	Komplexität der Dimensionierung .....	351
5.6.2	Statische Dimensionierung – Standardlösungen.....	352
5.6.3	Dimensionierung mittels hybrider Steuerungsinformationen .....	352
5.6.4	Iterative Prozessoptimierung.....	353
5.6.5	Dynamische Auswahl der Steuerungsmethode – am Beispiel MRP und <i>Kanban</i> .....	354
5.6.6	Dynamische Dimensionierung auf der Zeitachse.....	355
5.6.7	Simulationsbasierte <i>Kanban</i> -Dimensionierung .....	357
5.7	Mikro-MRP-Systeme .....	358
5.8	Schlanke Software steuert Geschäftsprozesse und Materialflüsse im Mittelstand .....	362
5.8.1	Anwendungsbeispiel Werkzeugbau .....	364
5.8.2	Anwendungsbeispiel Maschinenbau.....	365
5.8.3	Zusammenfassung und Ausblick .....	366
5.9	Produktionsoptimierung mit SAP am Beispiel <i>Kanban</i> .....	366
5.9.1	Erweiterung der <i>Kanban</i> -Philosophie durch, Integriertes <i>eKanban</i> .....	367
5.9.2	Adaptives Prozessmodell als Grundlage für <i>eKanban</i> ....	367
5.9.3	Erweiterte <i>Kanban</i> -Prozesse unterstützen die Philosophie .....	368
5.9.4	Kollaborative Prozesse um <i>Kanban</i> .....	369
5.9.5	<i>eKanban</i> mit SAP – Aktuelle Trends und Zusammenfassung .....	370

5.10	Visualisierte Informationstechnologie.....	370
5.10.1	Der Mensch und seine Sinne .....	371
5.10.2	Schnelleres Lernen durch systematische Führung.....	372
5.10.3	Besser und produktiver durch systematische Führung...	373
5.10.4	Der Quantensprung in der Produktion.....	374
5.11	Papierlose Fertigung und visualisierte Montageführung und Qualitätssicherung .....	375
5.11.1	Die Zielstellung von bildgeführter IT im Produktionsbereich.....	375
5.11.2	Elektronische Verteilung von visualisierten Arbeitsanweisungen an Montage- und Qualitätskontrollstationen .....	376
5.11.3	Interaktive Fertigungsprozesse .....	377
5.11.4	Papierlose Fabrik.....	377
5.11.5	Frühwarnportale – Aktion anstatt Reaktion oder Statistiken.....	379
5.11.6	Die Zukunftsvision in der Informationstechnologie .....	380
5.12	Production Synchronized Software (PSS).....	381
5.12.1	Optimaler Prozess und Standard-MRP-Systeme .....	382
5.12.2	Unabgestimmte IT-Landschaften verhindern effiziente Prozesse.....	383
5.12.3	Eigenschaften effizienter individueller PSS-Tools .....	384
5.12.4	Anwendungsgebiete von PSS .....	385
5.13	Identifizieren mit RFID und/oder Barcode – Auto-ID .....	386
5.13.1	Auto-ID – welche Technologien gibt es?.....	386
5.13.2	Gegenüberstellung der verschiedenen Technologien: .....	387
5.13.3	Haupttechnologie Barcode vs. RFID .....	388
5.13.4	RFID Technologien – wo sind die Unterschiede?.....	388
5.13.5	Einsatzbeispiele der verschiedenen Frequenztypen: .....	389
5.13.6	Ersetzt RFID den Barcode – wo sind die Grenzen? .....	390
5.13.7	Verwendete Auto-ID-Standards .....	391
5.14	Neue Ansätze ergonomischer Kommunikationstechnologien zu MRP-Systemen .....	392
5.14.1	Techniken zur Identifikation im Montageprozess.....	392
5.14.2	Methoden und Systeme zur Erstellung von Montageanweisungen.....	395
5.14.3	Visualisierung/Ausgabe von Montageanweisungen .....	396
5.14.4	Pick-To-Vision .....	397
	<b>Literatur.....</b>	<b>401</b>
	<b>Index .....</b>	<b>411</b>

# Die Struktur von schlankem Materialfluss mit Lean Production, Kanban und neuen Innovationen

In der Literatur wird Materialfluss überwiegend in Spezialdisziplinen betrachtet, etwa der Steuerungslogik, der Logistiktechnik oder dem Supply Chain Management. Ein charakterisierendes Merkmal des Materialflusses ist jedoch, dass er sich aus vielfältigen Einzelbausteinen zusammensetzt, die alle harmonisch abgestimmt sein müssen. Die maximal erreichbare Effizienz wird nicht durch Höchstleistungen in dem einen oder anderen Spezialthema bestimmt, sondern durch das schwächste Glied im gesamten komplexen Netzwerk. Den Schnittstellen zwischen den betroffenen Fachbereichen in einem Unternehmen kommt hier eine ganz besondere Bedeutung zu: Erst ein harmonischer Einklang ermöglicht hohe Effektivität. Dies setzt umfassendes Verständnis für interdisziplinäre Notwendigkeiten, ein hohes Maß an Abstimmung mit den operativen Prozessen und letztlich einen einvernehmlichen Umgang und den Respekt vor den Problemstellungen des Anderen voraus. Es ist also notwendig eine umfassende interdisziplinäre Lösung anzustreben, die keine Teilaspekte unberücksichtigt lässt. Alle notwendigen angrenzenden Fachbereiche mit Ihren teils kontroversen Thesen und Zielvorstellungen müssen integriert werden. In der Realität der Unternehmen sind nicht selten Zielkonflikte vorhanden, die zu enormen Spannungen und enormer Verschwendung führen.

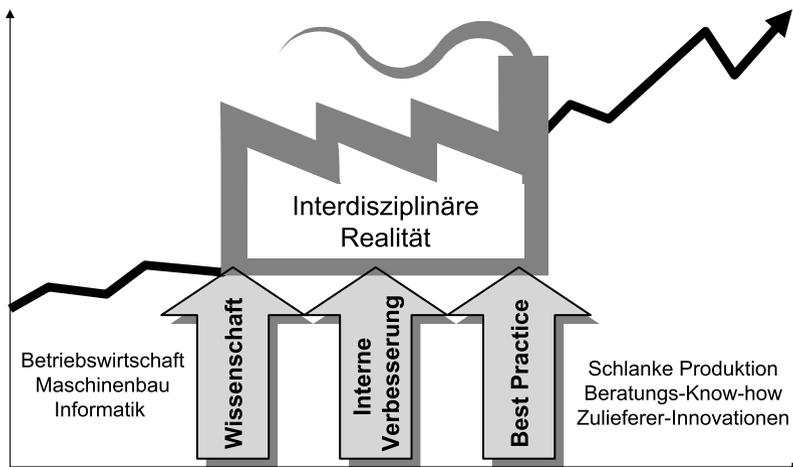


Abb. 0.0.1 Die komplexe Herausforderung, die es zu bewältigen gilt

Moderne Hilfsmittel und Methoden des Maschinenbaus, der Logistik, der Betriebswirtschaftslehre und der Informationstechnik müssen, um im globalen Markt konkurrenzfähig zu sein, gleichermaßen perfekt umgesetzt werden. Akademische Kompetenz muss auf einer anderen Ebene „Hand in Hand“ ergänzt werden durch hochwertige erfahrungsbasierte Methoden und differenziertes praktisches Know-how der realen Umsetzung. Das Toyota Produktionssystem bildet ein zentrales Fundament, auf dem zahlreiche neuere Methoden und Umsetzungen der Lean-Philosophie basieren. Ergänzend gilt es vielversprechende neue Ansätze und zukunftsweisende Weiterentwicklungen zu integrieren.



**Abb. 0.0.2** Das Buch setzt sich aus folgenden Elementen bzw. Kapiteln zusammen, die für einen optimalen Materialfluss „verzahnt“ sein müssen

# 1 Elemente moderner, schlanker Produktionssysteme

Philipp Dickmann

Meilensteine der modernen Produktion mit Lean Production, Total Quality Management, Six Sigma, Supply Chain Management, Lean Management und Lean Enterprise können zu effizienteren Abläufen führen. In der betrieblichen Praxis existiert jedoch eine Vielzahl von Zielkonflikten basierend auf Richtlinien von Material Requirements Planning- (MRP), Controlling- und anderen Systemen. Nur wenige Spezialisten in größeren Unternehmen sind im Stande, die Komplexität über die Grenzen eines Fachgebiets hinaus im Detail zu verstehen. Fachübergreifendes Verständnis scheitert an der Komplexität der Gesamtproblematik. Entscheidungen verschiedenster Fachbereiche begrenzen die maximal erreichbare Effizienz des Materialflusses. Logistik und Materialfluss werden daher in vielen Unternehmen als unabdingbare Kernkompetenz verstanden. Um eine schlanke Produktion, einen optimalen Materialfluss und somit minimale Produktkosten zu erreichen, sind folglich vielfältige andere Fachthemen als Vorraussetzungen zu beherrschen. Erst dann ist es in der Produktionslogistik möglich, im Vergleich zu einem Top-Benchmark erfolgreich zu sein. Um im täglichen Konkurrenzkampf „die Nase auch Morgen noch vorne zu haben“ ist es nötig, über den Preis hinaus auch noch völlig andere Problemstellungen zu beherrschen.

## Babylon-Syndrom

Die Kompetenz interdisziplinäre Problemstellungen zu beherrschen wird zunehmend ein Thema, das den Wettbewerb und das Überleben für ein Unternehmen entscheidet. Im letzten Jahrzehnt fand eine enorme Spezialisierung und damit Verflachung des interdisziplinären Verständnisses, vor allem in Konzernen, aber auch in der Ausbildung, statt. Trotz dem Trend zur Reduzierung der Produktionstiefe und der Outsourcingwellen nimmt das Aufsplintern der Zuständigkeitsbereiche weiter zu. Dies vereinfacht den Umgang mit Detailproblemen. Gruppenabgegrenztes Denken nimmt zu, unter anderem erkenntlich an der steigenden Anzahl der Abteilungsgrenzen. Das Gesamtoptimum wird schwerer erkennbar, messbar und beherrschbar. Das Erreichen von optimalen Kennzahlen in einem Bereich bewirkt immer häufiger, dass Kennzahlen in anderen Bereichen deutlich schlechter werden. Das Gesamtergebnis wird trotz der Aktivitäten verschlechtert. Die Korrelation von Maßnahmen und Auswirkungen werden ebenfalls durch stärkere Verteilung der Kompetenz erschwert. Gründe sind die höhere Spezialisierung, der zeitliche Versatz (zwischen Ursache und Wirkung) und

die in der Summe für Standard-Controlling-Ansätze kaum mehr durchschaubaren Verflechtungen.

### **Nachhaltigkeitsökonomie und Unternehmensethik**

Im Zeitalter des Shareholder-Value, also der einseitigen Ausrichtung von Unternehmen auf Nachfrageentwicklungen von potentiell interessierten Investoren, sowie daraus abgeleiteten Strategien, scheinen andere Kriterien nur zu untergeordneten Rahmenbedingungen zu degradieren. In vielen Geschäftsfeldern ist der Erfolg maßgeblich von einem intakten Umfeld, innerhalb und außerhalb des Unternehmens, abhängig. Auf Vertrauen basierende Kooperation, die Strategie der Nachhaltigkeitsökonomie (Ökonomie, die sich an nachhaltigen, langfristigen Erträgen orientiert) und eine anspruchsvoll gelebte Unternehmensethik sind Wegbereiter für den Erfolg, für die es keine Alternative gibt.

### **Netzwerk und Infrastruktur**

Bewertungen und Analysen in Unternehmen richten sich zu 99% auf die eigenen Belange. Im Moment wächst das Bewusstsein in den Unternehmen, dass ein großer Teil des Erfolgs eines Unternehmens nicht alleine auf der eigenen Leistung basiert. Entscheidend sind ebenso das Netzwerk und die Rahmenbedingungen der Infrastruktur, in dem das Unternehmen arbeitet. Soziologisch betrachtet ist das eigentliche Unternehmen nur ein kleiner Bestandteil eines Energons (vgl. 1.18. Probleme sind Schätze). Bestimmend ist daher im Wesentlichen nicht mehr die Leistung und Effizienz des eigentlichen Unternehmens selbst, sondern die Qualität des Zusammenspiels des gesamten Komplexes.

### **Softfacts**

Kultur, Verhalten, Erziehung, Ethik, Erfahrung, Verbundenheit mit einem Unternehmen, etc. sind nicht unmittelbar in Zahlen greifbare Werte. Sie sind typischerweise nicht direkt in IT zu erfassen oder abgreifbar, und können vom Controlling in ihrer Auswirkung nicht bewertet werden. Hardfacts bestimmen überproportional stark die Entscheidungen in Unternehmen. Sie stellen in konkreten, einfachen Kostenwerten fundiert die Basis von zielorientierten Führungsmethoden dar. Viele in Kostenstrukturen nicht erkennbare, aber entscheidende Zusammenhänge sind mit Softfacts einfach bewertbar und können optimiert werden. Sie haben daher gleichermaßen (wie Hardfacts) durchschlagenden Einfluss auf Unternehmensstrukturen, Abläufe, Kosten und letztlich die Rendite.

### **In den Rahmenbedingungen stecken die Schätze**

Struktur, Entscheidungen und Ethik eines Unternehmens werden durch Rahmenbedingungen vorbestimmt, analog der „theory of constraints“ [Gold 90]. Rahmenbedingungen sind entscheidende Einflussfaktoren, die als gegebene unveränderliche Größen angesehen werden und über deren Wirkung daher fast

immer kein Bewusstsein herrscht. So kann die Änderung einer Bedingung, welche die „Seele“ des Unternehmens trifft, einen entscheidenden Einfluss auf die weitere Entwicklung des Unternehmens haben. Die Optimierung der Rahmenbedingungen der Entlohnung steht beispielsweise derzeit stark im Fokus des Interesses der Unternehmen, während andere Aspekte mit vergleichbar großen Potentialen weniger Beachtung finden. Maßnahmen auf dem Weg zu einem schlanken Unternehmen erbringen langfristig sicherlich höhere Potentiale und einschneidendere Verbesserungen. Sie sind jedoch nicht so einfach in der Umsetzung, nicht kurzfristig umsetzbar und verursachen wesentlich höheren Aufwand. Weder IT, noch optimale Steuerungsmethoden, Mitarbeiter oder Lieferanten können schlechte Rahmenbedingungen letztlich jedoch kompensieren. Rahmenbedingungen können einerseits Schätze beinhalten oder aber letztlich eine Bürde sein, die das Unternehmen „in weniger sonnigen Zeiten“ in die Katastrophe führt!

### **Flexibilität und Verbesserungsgeschwindigkeit**

Einen guten Preis zu erreichen gilt landläufig als bestimmendes K.O.-Kriterium. In der Konkurrenzsituation ist immer häufiger alleine damit aber keine Abgrenzung oder fundierte Entscheidung mehr zu rechtfertigen. In globalen Märkten, in denen sich Lieferanten nur mehr um Nuancen unterscheiden, sind nachhaltige Kostenreduzierungen kaum mehr mit machtbasierter oder psychologischer Verhandlungstaktiken zu realisieren. Entscheidend sind zunehmend die Flexibilität und die Geschwindigkeit, mit denen eine Verbesserung erzielt wird. Die maximal erreichbaren Leistungen des Materialflusses und der Produktion werden in erster Linie durch die Erfüllung dieser Rahmenbedingungen im Unternehmen bestimmt. Daher wird in der Folge sehr umfassend auf Methoden und Anforderungen eingegangen, welche die Voraussetzungen für einen modernen und schlanken Materialfluss darstellen.

## **1.1 Lean Production – das Toyota Produktionssystem (TPS)**

Philipp Dickmann

Es gibt heute kaum ein namhaftes produzierendes Unternehmen, das hohem Konkurrenzdruck ausgesetzt ist und dabei noch völlig ohne an die schlanke Produktion angelehnte Methoden auskommt. Die als „Lean Production“ oder das „Toyota Production-System“ (TPS) nach Hr. Taiichi Ohno [Ohno 78] bekannt gewordenen Methoden stellen eine elementare Basis für effizienten, konkurrenzfähigen und modernen Materialfluss dar. Sie finden erfolgreich Anwendung im Sondermaschinenbau, der Baubranche, der Medizintechnik, im Handwerk, der Biochemie oder im Großserienherstellprozess und sind gleichermaßen erfolgreich in Hochlohn- wie auch in Niedriglohnländern zu finden. Die einfachen

Prozesse, die auf eine direkt erkennbare und dadurch sehr schnelle Verbesserung zielen, führen zu einem teils rapiden Ansteigen der Wirtschaftlichkeit, auch wenn es das typische Merkmal dieser Methode ist, primär Abläufe und Prozesse mit einfachen Methoden zu optimieren und dadurch nur „nebenbei“ betriebswirtschaftliche Kennzahlen zu verbessern. Warum steht die Methode derzeit wieder derart im Blickpunkt? Die Methode der schnellen, nachhaltigen und ganzheitlichen Optimierung wurde für Toyota zu dieser Zeit notwendig, um im internationalen Konkurrenzkampf die USA und Europa einzuholen und nach Möglichkeit zu überholen. Heute ist die Situation vieler Unternehmen vor allem auch in Europa damit vergleichbar. Aufgrund der politischen Veränderung in Osteuropa und China, sowie der neuen Möglichkeiten im Internet, konkurrieren selbst kleine Unternehmen heute immer mehr auf dem Weltmarkt. Darin liegt ein enormes Potential für die Unternehmen, aber auch ein Zwang zur Wirtschaftlichkeit, die heute in vielen Bereichen allein nicht mehr ausreichend ist. Nicht primär der Unterschied in der Startposition, sondern die Schnelligkeit, Prozesse bei höchster Flexibilität zu optimieren, entscheidet vielfach in diesem Wettkampf – und genau hierin liegt die Stärke dieser umfassenden Systematik.

### 1.1.1 Entwicklung

Das Genie von Newton, Kepler, Galileo oder Einstein definiert sich durch die Leistung, komplexe Zusammenhänge in einem ungewohnten Blickwinkel und in einer simplen Logik zu komprimieren. Alle ihre Gleichungen zeichnen sich durch eine für ihre Entstehungszeit verblüffende Differenziertheit aus. Oft wurde die Tragweite in ihrer visionären Differenziation erst sehr viel später aufgrund neuer Methoden und Konzepte verständlich. Das Toyota Produktionssystem (TPS) wurde lange Zeit als simples, auf den Erfahrungsaustausch unter Anwendern zielendes „Praktikerwerk“ verstanden. Das Buch erläutert sich selbst in der Problemstellung der japanischen Wirtschaftskrise nach dem zweiten Weltkrieg bis in die 1960er Jahre. Wesentliche Probleme waren hierbei die schlechte Absatzmöglichkeit, da die Qualität und die Effizienz im Vergleich zur Konkurrenz in den USA und Europa ungenügend waren. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde Japan in vielerlei Hinsicht von den USA beeinflusst. Das Ford-System [Ford 26] setzte zu diesem Zeitpunkt den Maßstab und wurde bei Toyota gleichsam extrahiert und neu synthetisiert. Aber auch andere Unternehmen wurden bereit und brauchbare Methoden systematisch involviert. Das Prädikat „*Made in Germany*“ galt unter anderem als Gütesiegel oder Zielmarke, an das sich Toyota annähern wollte. Im Vergleich zu amerikanischen oder europäischen Ansätzen wurden auch traditionell asiatische und speziell japanische Denkprinzipien in die Methode mit einbezogen. Arbeit muss wiederholbar und einfach sein. Die unerhört detaillierte, pragmatische Systematik im Vorgehen beim TPS entspricht einem ritischen Muster, umgesetzt auf die Abläufe in der Produktion. Aber auch viele der in Japan stark etablierten Thesen des Konfuzianismus wurden höchst synergereich involviert, wie etwa der Selbstanspruch,

„Fehler sind eine persönliche Schande“, oder die konsequente Einhaltung von Standards und Regeln. Wesentliche Leitsätze wie die Grundthese von „Best Practise“ wurden formuliert:

- Lerne von den Besten. Daraus leitet sich das Best Practise-Konzept ab.
- Verbessere diese Methoden mit einer gleichermaßen einfachen, wie schnellen Methode.

Toyota hat hier einen neuen Maßstab gesetzt. Über mehrere Jahrzehnte hinweg wurde das Toyota Produktionssystem in verschiedenen Stufen entwickelt und umgesetzt. Die Dichte und der Reifegrad der neuen Vorgehensweisen sind aus diesem Grund bestechend. Es werden vielfältige, sehr differenzierte aber stellenweise auf den ersten Blick trivial wirkende Maßnahmen und Zusammenhänge dargestellt. Erst bei der kritischen Auseinandersetzung wird einem bewusst, dass es sich um ein sehr durchdachtes, ausgefeiltes, vor allem sehr interdisziplinäres und umfassendes Zielformat handelt. Wissenschaftlich wirkt vieles überbestimmt, wegen der enormen Differenzierung in interdisziplinären Forderungen von extrem weit reichenden Einflüssen. Tatsächlich wurden einzelne Bausteine oder Methoden wie *Kanban* wissenschaftlich lange Zeit als simples banales System verstanden, etwa in Konkurrenz zu den modernen komplexen IT-basierten Algorithmen. Sie passten nicht in die favorisierte Blickrichtung des Zeitgeistes der Forschung. Im Streben, immer kleinere differenziertere Optimallösungen hochspeziell zu entwickeln, wirkte dieser umfassende, einfache „Rundumschlag“ nicht opportun. Einige der Vorgaben der Methoden wurden im Laufe der Zeit weiter entwickelt. Viele der neuen Ansätze, wie etwa das Nullbestandskonzept als Weiterführung von Just-in-time oder *Kanban*, zeigten aber enorme Nachteile. Trotz einer deutlich veränderten technologischen und informellen Arbeitsumgebung bleibt heute festzustellen, dass die originalen Definitionen noch immer anspruchsvolle Zielvorgaben vorlegen, um im internationalen Wettbewerb erfolgreich zu sein. Das TPS stellt einen in seiner Breite nach wie vor kaum vollständig umgesetzten interdisziplinären Baukasten dar. Die Verbreitung ist heute hoch, doch werden fast immer nur kleine Bausteine etabliert und damit enorme Potentiale verschenkt.

### 1.1.2 Innovationen und Regeln des TPS

TPS beinhaltet eine enorme Vielfalt an Vorgehensweisen, an dieser Stelle können daher nur einige wesentliche Themen mit Bezug zum Buch vorgestellt werden:

- **Verschwendung vermeiden:** Um einen Fortschritt zu erreichen wird nach Problemen und Verschwendung gesucht. Ignorieren von Problemen fördert negative Entwicklungen. Erst das bewusste systematische Suchen mit der konkreten Absicht, die Prozesse zu verbessern, bringt den Fortschritt. (vgl. 1.14. Prozessorientierung). Im TPS oder *Kanban* wird daher nach einer einfachen überschaubaren Liste von Verschwendungsarten gesucht.
- **Überproduktion vermeiden:** Die Überproduktion ist eine der wesentlichen Verschwendungsarten.

- **5W-Methode:** Fünf Mal wird mit der Frage „Warum?“ bei der Fehleranalyse der tiefere Hintergrund analysiert. Diese simple Methode führt sehr schnell zu den Wurzeln eines Problems und auf dessen Ansätze zur Lösung, daher entsprechen die „5W“ einem how-to-do.
- **Poka Yoke, oder auch Boka Yoke:** Dieser Begriff wird vielfach als vollständige Kontrolle oder auch 100 % Kontrolle interpretiert. Fehler zu selektieren ist in jedem Fall günstiger, als die vielfältigen Auswirkungen von Fehlern zu beheben. Grundsätzlich unterscheidet man im TPS das „Tun“, also das physische Arbeiten und das eigentliche „Arbeiten“, bei dem der Selbstanspruch zur Verbesserung hinzukommt. Charakterisierend ist zudem die Forderung nach konsequenter Fehlervermeidung durch einfachste Prüfprozesse, die präventiv stattfinden. (vgl. 1.9. *Poka Yoke*)
- **Andon:** *Andon* ist zunächst die Linienstoppampel, also eine Ampel, die den Status der Produktionslinie anzeigt und direkt darüber hängt. Die Signalfarben entsprechen der Straßenverkehrsampel. Sie erlaubt visuelle Kontrolle und die Online-Steuerung des Produktionsprozesses. Wenn der Werker eine Abnormalität erkennt, kann er mit dem gelben Signal Hilfe holen. Hat er ein gravierendes Problem erkannt, muss er die rote Ampel auslösen und damit die Linie stilllegen. Die Werker übernehmen mit dieser Pflicht die Verantwortung für die Produktion. Ihre Philosophie lautet: Der Produktionsmitarbeiter ist so nah am Ort des Geschehens, dass er die Vorgänge am besten beurteilen kann.
- **Autonomation:** Autonomation ist Automation mit einem menschlichen Touch. Autonomation soll die Linie oder die Produktion allgemein vor Schäden bewahren, indem die Anlage bei allen Störungen oder abnormen Situationen automatisch auf Stopp geht.
- **Baton Passing Room:** Um bei einer Fließfertigung einen gleichmäßigen Fluss zu erreichen, ist es wesentlich einen Pufferraum zu schaffen, an dem Werker, die im Hintertreffen sind, aufholen können.
- **„Do not make isolated islands“:** Werker sollen im Team arbeiten, da sie so als Ganzes höhere Flexibilität und Leistung erzielen. Die moderne Ergonomie bestätigt, dass die Gesamteffizienz des Einzelnen in der Gruppe deutlich höher ist, als bei isolierten Einzelarbeitsplätzen. Ergänzend kommt es zum Kapazitätsausgleich in der Gruppe, wodurch sich der Mittelwert verbessert.
- **Mehrmaschinenbedienung:** Mehrere Maschinen werden in einem Rhythmus nacheinander bedient. Dies setzt voraus, dass die Maschinentakte dies zulassen. Die Arbeitszeit des Werkers wird effizienter genutzt, da Verschwendung durch Wartezeiten eliminiert wird. Eine Sonderform ist die Gruppenarbeit mit Mehrmaschinenbedienung. Trotz ungünstiger Austattung kann damit eine höhere Effizienz erreicht werden.
- **Kaizen:** Diese Methode zur kontinuierlichen Verbesserung wurde zunächst für direkte Produktionsprozesse entwickelt. Sie wird heute für nahezu alle Arbeitsprozesse angewandt, auch in völlig anderen Bereichen und Branchen (vgl. 1.4. *Kaizen*). Es existieren starke Überschneidungen zu *Poka Yoke*.

- **Die Kraft der individuellen Fertigkeiten und des Teamworks:** Eine der wesentlichen Säulen, auf die TPS baut, ist die möglichst umfassende Nutzung der Innovationskraft und Kompetenz der Belegschaft. Der operative Spezialist soll nicht nur arbeiten, sondern auch sein Know-How soll entscheiden. Hieraus leiten sich gravierende Anforderungen an das Management ab (vgl. 1.18. Probleme sind Schätze).
- **Vom Belegschaftsschutz über den Schutz des Einzelnen zur Reduzierung der Anzahl der Werker:** Nach dem traditionellen Verständnis von TPS sind Mitarbeiter ein „Teil der Familie“, daher ist jeder Einzelne vor den Auswirkungen von Einsparungen zu bewahren. Durch offensiven Umgang mit Flexibilisierung der Qualifikation wird zunächst ein universellerer Einsatz der Werker ermöglicht und eine höhere interdisziplinäre Kompetenz erreicht, zudem steigt dadurch die Effizienz. Im TPS ist es gelebte Realität, dass der Schutz der Mitarbeiter zu höherer Effizienz und Flexibilisierung führt, was ein klarer Gegensatz zu vielen modernen Managementthesen ist. T. Ohno betont an verschiedenen Stellen den Wert des Teamworks für die Leistung, dies ist nachhaltig nur auf Basis dauerhaft vertrauensvoller Verbindungen und Sicherheit für jeden Einzelnen zu gewährleisten.
- **Produktionsfluss und Arbeitsfluss (Work Flow):** TPS gibt verschiedene Elemente vor, um einen harmonischen Fluss zu erreichen und dabei strikt auf die hohe Dichte an Wertschöpfung zu achten.
- **Just-in-time:** Just-in-time(JIT) umfasst zunächst, dass das Material zur richtigen Zeit in der geforderten Menge am notwendigen Ort bereitgestellt wird. Dadurch wird Verschwendung durch Wartezeiten, unnötige Puffer und damit Ineffizienz vermieden (vgl. 1.3 Just-in-time). Im weiteren Sinne beinhaltet es aber auch bedingungslose Kundenorientierung, Neuausrichtung der Produktionsabläufe, Produktionsvorrichtungen (vgl. 1.8. Low Cost Intelligent Automation) sowie angepasste Managementeigenschaften.
- **Kanban:** Der japanische Begriff *Kanban* heißt Karte oder Label, umfasst im TPS jedoch auch das *Kanban*-Steuerungskonzept (1.2. *Kanban*; 2.4. Die *Kanban*-Steuerung).
- **Supermarkt-Prinzip und Lieferanten-Kanban:** *Kanban* wird, bezogen auf Lieferanten-*Kanban*, mit dem Supermarkt-Prinzip dargestellt. Im Supermarkt wird nach dem Pull-Vorgehen durch jeden Verbrauch ein neuer Bedarf beim Lieferanten angestoßen. (vgl. 4.1. Lieferanten-*Kanban*)
- **Produktionsglättung (Production Leveling, Produktionsnivellierung, Heijunka):** Hiermit ist zum einen der Ausgleich der Arbeitsinhalte mit dem Ziel einer Fließfertigung gemeint, also die Abbildung eines gleichmäßigen Taktes. Andererseits umfasst dies die Anpassung und das Modellieren der Arbeitsinhalte, um möglichst wenig Verschwendung zu erreichen. Letztlich beinhaltet die Produktionsglättung aber auch die Pufferbildung und das Vermeiden des Peitscheneffektes (vgl. 2.1. Ruhiger kontinuierlicher Materialfluss), mit dem Ziel, einen kontinuierlichen Materialfluss und JIT-orientierte Prozesse zu erreichen.

## 1.2 *Kanban* – Element des Toyota Produktionssystems

Eva Dickmann, LEPROS; Philipp Dickmann

*Kanban* bedeutet wörtlich Aufkleber, Label oder Behälterbeschriftung und steht für eine einfache, fast triviale Steuerungsmethode, die im Toyota Produktionssystem [Ohno 78] entwickelt wurde. Die Methode, mit Behältern zu steuern, ist eine der ältesten Steuerungsmethoden überhaupt. In vielen Bereichen des täglichen Lebens setzten wir sie in Ansätzen um. Dieser Umstand alleine ist sicherlich nicht verantwortlich für den Siegeszug, den diese Steuerungsmethode seit der ersten Einführung bei Toyota hatte. Auch erklärt dies nicht, warum *Kanban* derzeit stark an Penetration zunimmt, trotz Konkurrenz durch ausgereifte Algorithmen in der IT. *Kanban* umfasst nicht nur eine Steuerungsmethode, sondern gibt sehr klare und strenge Verfahrensregeln vor. Mit der gleichen strengen Akribie und Liebe wie in der weltweit bekannten Teezeremonie werden in Japan für andere Kulturen banale Abläufe auch im Arbeitsleben zur Perfektion fortgeführt. Typisch für diesen Ritus sind die klare Definition exakter Plätze und das Einhalten eines genauen Ablaufs („Der perfekte Prozess ist das Ziel“ buddhistische These). Dieser wesentliche Erfolgsfaktor wird im westlichen Kulturkreis weitläufig unterschätzt. Die Selbstverantwortung und das Erleben der Perfektion obliegen dem Einzelnen. Im Fall von *Kanban* betrifft dies den Umgang mit Behältern durch den Mitarbeiter. Im Folgenden soll der Verfahrensablauf, Elemente und charakterisierende Eigenschaften der Steuerungsmethode erläutert werden.

### 1.2.1 Verfahrensablauf

*Kanban* steuert mit physischen Gebinden, oder den Labeln darauf, welche die Basiselemente dieser Steuerung bilden. Das Material in einem Behälter wird verbraucht bis dieser leer ist. Der Behälter oder auch nur die *Kanban*-Karte wandert danach an die Nachschubquelle bzw. zum internen oder externen Lieferanten zurück, wo er erneut befüllt wird. Nach dem Befüllen wird das Material wieder zum Verbraucher oder Kunden geschickt. Dieser Vorgang ist extrem einfach und besitzt daher wenige mögliche Störgrößen. Der Ablauf ist visuell sowie übersichtlich und erreicht durch seine Transparenz eine enorme Prozesssicherheit. Der Kreis, den der Behälter beschreibt, wird auch als *Kanban*-Kreis bezeichnet. Das Material bewegt sich aufgrund eines physischen Verbrauchs. Der Nachschub wird gleichsam vom Kunden gezogen, woraus sich der englische Begriff des Pull-Prinzips ableitet. Eine weitere implementierte Verfahrensregel ist die Begrenzung des dynamischen maximalen Lagervolumens. Die Summe der in Umlauf befindlichen Karten im Kreis definiert und begrenzt die maximale Kapitalbindung in Form von Lagerbeständen oder Aufträgen.