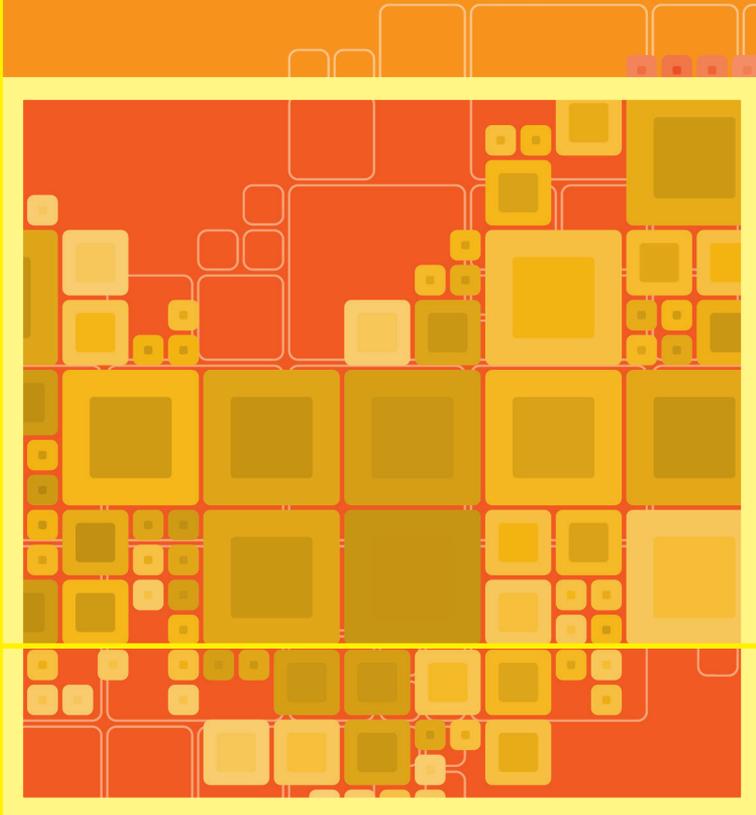


Jörg Brenner

Über  
**50**  
Praxis-  
beispiele

# Lean Production

Praktische Umsetzung zur  
Erhöhung der Wertschöpfung



2., überarbeitete und erweiterte Auflage

HANSER

Jörg Brenner

## Lean Production



### 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](http://www.hanser-fachbuch.de/newsletter)

Herausgeber der Reihe Qualitätswissen ab 2016 Kurt Matyas; vom Gründungsjahr 1991 bis 2015 Franz J. Brunner

In der Praxisreihe Qualitätswissen sind bereits erschienen:

Franz J. Brunner

### **Japanische Erfolgskonzepte**

Kaizen, KVP, Lean Production Management, Total Productive Maintenance, Shopfloor Management, Toyota Production Management, GD<sup>3</sup> – Lean Development  
3., überarbeitete Auflage  
ISBN 978-3-446-44010-4

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

René Kiem

### **Qualität 4.0**

QM, MES und CAQ in digitalen Geschäftsprozessen  
der Industrie 4.0  
ISBN 978-3-446-44736-3

Bernd Klein

### **Kostenoptimiertes Produkt- und Prozessdesign**

ISBN 978-3-446-42131-8

Wilhelm Kleppmann

### **Versuchsplanung**

Produkte und Prozesse optimieren  
8., überarbeitete Auflage  
ISBN 978-3-446-43752-4

Veit Kohnhauser, Markus Pollhamer

### **Entwicklungsqualität**

ISBN 978-3-446-42796-9

Karl Koltze, Valeri Souchkov

### **Systematische Innovation**

TRIZ-Anwendung in der Produkt- und  
Prozessentwicklung  
ISBN 978-3-446-42132-5

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

Jörg Brenner

# Lean Production

Praktische Umsetzung zur Erhöhung der Wertschöpfung

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Praxisreihe Qualitätswissen

Herausgegeben von Kurt Matyas

HANSER

## Der Autor:

Mag. Jörg Brenner, München, selbständiger Unternehmensberater mit Schwerpunkt Lean Management.



## 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 978-3-446-45028-8

E-Book-ISBN 978-3-446-45066-0

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.

© 2016 Carl Hanser Verlag München

[www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Dipl.-Ing. Volker Herzberg

Herstellung: Cornelia Rothenaicher

Satz: page create, Berit Herzberg, Freigericht/Bernbach

Coverconcept: Marc Müller-Bremer, Rebranding, München

Coverrealisierung: Stephan Rönigk

Druck und Bindung: Hubert & Co GmbH und Co KG, Göttingen

Printed in Germany

# Geleitwort

## Warum dieses Buch?

Oh, nein! Nicht schon wieder ein Buch über „Schlanke Produktion“.

Dies war tatsächlich meine erste Reaktion zu diesem Buch. Denn es gibt unzählige Bücher zu diesem Thema. Sogar mit demselben Titel. Bücher, in denen die Geschichte der „Schlanken Produktion“ aufgezeigt, die Philosophie erklärt und die damit erzielten Erfolge beschrieben werden. Da ich mich selbst seit über 20 Jahren, zusammen mit meinen Kunden und Beraterkollegen, intensiv diesem Thema verschrieben habe, konnte ich mir kaum vorstellen, dass ein weiteres Buch zu diesem Thema Neuigkeiten bringen würde. Doch Sie kennen die Situation: Sie kaufen eine neue Software für Ihren Rechner. Diese soll Ihren Rechner schneller und angenehmer bedienbar machen. Und da Sie schon seit vielen Jahren mit unterschiedlichen Rechnern arbeiten, verstehen Sie natürlich eine Menge davon. Bei der Installation kommt es zu Schwierigkeiten, die Anwendung will einfach nicht funktionieren. Nun nehmen Sie doch die Installationsanleitung zur Hand, wollen es erneut versuchen und müssen feststellen, dass Sie mit der Beschreibung nicht zurecht kommen. Vieles ist unverständlich, die Fachsprache fremd. Die oft beschriebene Kuriosität von Anleitungen führt nicht selten dazu, dass man eine gute Sache vertuefelt, sie zur Seite schiebt und die Lust daran verliert.

Dies kommt im Zusammenhang mit dem Thema Lean Production genauso vor. Ich kenne viele Situationen, bei denen Unternehmen bei dem Versuch der Einführung schlanker Strukturen verzweifelt sind. Nicht, weil der Veränderungsprozess selbst die allzu große Herausforderung darstellte, sondern lediglich weil das Verstehen gefehlt hat. Das Verstehen der Zusammenhänge und Abhängigkeiten in der Vorgehensweise; das Verstehen der Werkzeuge und der methodischen Anwendung, vor allem aber das Verstehen analytischer Werkzeuge, welche die Verbesserungspotenziale erst zum Vorschein bringen. Genau dieses Gap wird von diesem Fachbuch geschlossen und genau deshalb ist dieses Anwenderbuch nicht wieder nur ein weiteres Buch über „Schlanke Produktion“.

Mit diesem vorliegenden Buch können nun endlich die Werkzeuge des Lean Managements zielgerichtet und erfolgreich angewendet werden, da es in einer Art und Weise verfasst wurde, dass Leser die Zusammenhänge und das Wesentliche schnell verstehen werden. Durch dieses Verstehen wird Sicherheit in der Anwendung erzeugt und die notwendigen, messbaren Erfolge, die von der Einführung einer schlanken Produktion erwartet werden, erst möglich.

## Zum Aufbau dieses Buches

Hat man sich nun dazu entschieden, Lean-Management-Prinzipien in seiner Produktion einzuführen, tut man gut daran, sich eine inhaltliche und didaktische Struktur zurechtzulegen. Es sind die Fragen zu beantworten „Was“ möchte ich verbessern und „Wie“ möchte ich es erreichen. Das „Was“ widmet sich eher den sogenannten harten Faktoren. Der Steigerung von Produktivität und Kapazität, der Reduzierung von Beständen, dem Kürzen von Durchlaufzeiten und dem Vermeiden von Ausschuss und Nacharbeit. Das „Wie“ beschäftigt sich mit den weichen Faktoren, ohne diese jedoch als „Softies“ abzutun, die nett aber nicht unbedingt notwendig sind. Hierunter fallen das Verhalten der Mitarbeiter und deren Führungsverantwortliche, die geeignete Unternehmenskultur und Wege zur Nachhaltigkeit der erreichten Verbesserungen.

Der Aufbau dieses Buches folgt genau diesem Gedankengang und gibt ihm durch seine vier miteinander verknüpften Kapitel eine leicht leserliche, logische Struktur. In den ersten drei Kapitel des Buches werden nicht nur die wesentlichen Verschwendungsarten beschrieben, es werden auch praktische Hilfestellungen gegeben für Beobachtungen und Auswertungen – immer unterlegt mit plastischen, nachvollziehbaren Fallbeispielen. Dies vermittelt Sicherheit, welche Verschwendungen es überhaupt gibt und wie eine Potenzialanalyse bzw. ein Lean Assessment professionell durchgeführt werden muss. Die Grundlage also zur Hebung verborgener Schätze! Denn kein guter Schatzjäger würde ohne fundierte Vorbereitung mit seiner Schaufel orientierungslos den Boden durchpflügen, in der Hoffnung, dadurch reich zu werden. Da kann die verwendete Schaufel ein noch so gutes Werkzeug darstellen, ohne das Wissen wo gegraben werden muss, ist sie wertlos.

Doch jeder gefundene Schatz, also jede Wertschöpfung, wird erst dann „wert“-voll, wenn die Freude darüber nicht nur von kurzer Dauer ist. Der Autor beschäftigt sich in seinem vierten Kapitel folgerichtig mit dem Begriff der Nachhaltigkeit. Auch hier wird ein Begriff nicht theoretisch abgehandelt, sondern mit leicht anwendbaren Hilfestellungen in Beziehung gesetzt zu operativen Verschwendungsarten, die im vorangegangenen Teil des Buches den Schwerpunkt bilden. Es wird kein Zweifel daran gelassen, dass Nachhaltigkeit bei allen Prozess- und Organisationsverbesserungen ein ebenbürtiges Ziel zusammen mit der angestrebten messbaren Optimierung sein muss.

## Wer dieses Buch lesen sollte

Im Zusammenhang mit der Anwendung verschlankender Methoden stellt sich natürlich die Frage, wer von diesem Buch am meisten profitieren wird. Ohne von der operativen Bedeutung dieses für die Praxis geschaffenen Werkes abzulenken, möchte ich an dieser Stelle darauf hinweisen, dass Lean grundsätzlich ein Führungsthema ist. Wer sollte also dieses Buch lesen und warum? Führungskräfte oder Lean-Koordinatoren bzw. Moderatoren? Ich denke nicht, dass sich hier die Entweder-oder-Frage stellt. Dieses Fachbuch sollte Grundlagenliteratur für jeden leitenden Mitarbeiter eines Unternehmens werden, welches sich den Prinzipien des Lean Managements verschrieben hat. Unabhängig davon, ob man einer Führungsrolle gerecht werden muss oder für die operative Verbesserungen einer schlanken Produktion Verantwortung trägt. Diejenige Führungsebene, welche Lean-Anwender zu führen hat, sollte sich selbst die Sicherheit verschaffen, zu wissen, was eine ziehende Fertigung, Kanban, One-piece-flow etc. grundsätzlich ist. Nur so wird eine Führungskraft in der Lage sein, ihrer coachenden Rolle

gerecht zu werden und die Hilfestellungen zu geben, die notwendig sind, um Verbesserungs-Analysen und Umsetzungen nachhaltig erfolgreich zu machen. Hierdurch werden auch die Voraussetzungen geschaffen, dass Führungskraft und Anwender als Team zusammen agieren können. Fehlt wiederum dieses Grundlagenwissen auf Führungsebene, kommt es zu den typischen Verhaltensmustern, die einer Lean-Management-Kultur im Wege stehen. Zögerliches oder ablehnendes Verhalten aufgrund fehlendem Wissen und Angst vor dem Unbekannten. Dieses Verhalten ist bei schlechter Ausbildung dann auch bei Anwendern festzustellen. Der Autor dieses Buches kennt diese Situationen aus seiner langjährigen Beratungserfahrung nur allzu gut. Daher wurde auch speziell darauf geachtet, dass eine verständliche Ausdrucksweise verwendet und nie an Praxisbeispielen gespart wurde. Der Anwender findet hier die Informationen und Hinweise, die ihm die Sicherheit geben, sich auch mit komplizierten und komplexen Aufgabenstellungen auseinandersetzen zu wollen.

Hier schließt sich wieder der Kreis derer, für die dieses Buch geschrieben wurde: Führungskräfte und Anwender. Durch ein funktionierendes Miteinander, untermauert durch gleiches Wissen und Verständnis, bezogen auf „Schlanke Produktion“, entsteht eine Unternehmenskultur, die den Spaß und die Motivation an der Optimierung operativer Prozesse fördert und festigt.

## **Schlanke Produktion – Eine wirksame Methoden-anwendung nur für Serienhersteller?**

Nein. Doch vor nicht allzu langer Zeit galten schlanke Produktionssysteme für Unternehmen der Kleinserien- und Einzelteillfertiger als nicht realisierbar. Noch heute ist immer wieder die Rede davon, dass im auftragsspezifischen Produktionsumfeld des Maschinen- und Anlagenbaus sich viele der Methoden nicht so einfach übertragen lassen. Richtig ist, dass nicht alle Methoden und Werkzeuge für die Kleinserienfertigung und das klassische Projektgeschäft geeignet sind. Doch warum verfallen wir immer wieder in den pessimistischen Ansatz darüber zu reden bzw. zu schreiben, was nicht geht? Joerg Brenner hat in seinem Buch „Schlanke Produktion“ auch zu diesem Thema Stellung bezogen und anhand vieler Praxisbeispiele sehr anschaulich dargestellt, dass die Realisierung des Ansatzes der Schlanke Produktion für Unternehmen der Kleinserien- und Einzelteillfertiger vor allem in der Gestaltung der Produkte und Prozesse liegt. Die Kunst liegt in der Gestaltung von Standards, die einerseits komplexitätsreduzierend und andererseits flexibilitätssteigernd wirken.

Natürlich wird man hier immer wieder auf die Aussage treffen „Bei uns ist alles anders“ und Lean ist daher für Kleinserien- und Einzelteillfertiger nicht anwendbar. Dieses Buch beweist das Gegenteil. Es zeigt dem Leser, wie durch Standardisierung, Visualisierung, Total Productive Maintenance (TPM) und weiteren Ansätzen, Methoden der Schlanke Produktion erfolgreich angewendet werden können. Auch bei der Produktion von kleinen Stückzahlen und sehr komplexen Wertströmen.

Ich wünsche den Leserinnen und Lesern dieses Buches bei der Anwendung des Gelernten viel Erfolg, Spaß und vor allen Dingen immer die Unterstützung ihres Managements.

Danksagung an Jörg Brenner.

Dipl.-Päd. Frank Tempel

Gründer und Geschäftsführender Gesellschafter

Growth® Consulting Europe GmbH, Starnberg



# Inhaltsverzeichnis

Geleitwort .....	V
<b>1 Kapazitätsengpässe und Produktivitätsverluste .....</b>	<b>1</b>
1.1 Arten von Kapazitätsengpässen und Produktivitätsverlusten .....	1
1.2 Produktivitäts- und Kapazitätssteigerung bei Mitarbeitern .....	3
1.2.1 Analyse der Daten .....	3
<i>Beispiel</i> .....	4
1.2.2 Maßnahmen zur Steigerung der Produktivität und Kapazität von Mitarbeitern .....	13
<i>Fallbeispiel 1.1</i> Bewegung und Transport in einer Serienfertigung – Produktivitätssteigerung durch Layoutoptimierung und Materialflussoptimierung .....	13
<i>Fallbeispiel 1.2</i> Bewegung und Wartezeiten in einer Manufaktur – Produktivitätssteigerung Erhöhung der Anzahl der Arbeitsplätze .....	17
<i>Fallbeispiel 1.3</i> Bewegung und Wartezeiten in einer Montagezelle – Produktivitäts- steigerung durch Reduzierung der Anzahl der Arbeitsplätze .....	22
<i>Fallbeispiel 1.4</i> Wartezeiten in einer Serienfertigung – Produktivitätssteigerung durch Reduzierung der Anlagengeschwindigkeit .....	23
<i>Fallbeispiel 1.5</i> Bewegung und Transport in einer Sonderfertigung – Produktivitäts- steigerung durch Einführung eines internen Logistikers .....	26
<i>Fallbeispiel 1.6</i> Bewegung und Warten in einer Kleinserienfertigung – Produktivitäts- steigerung durch Zellenlayout .....	29
<i>Fallbeispiel 1.7</i> Bewegung in einer Serienfertigung – Produktivitätssteigerung durch optimierte Materialbereitstellung .....	35

1.3	Produktivitäts- und Kapazitätssteigerung bei Anlagen . . . . .	38
1.3.1	Analyse der Daten . . . . .	39
1.3.2	Maßnahmen zur Steigerung der Produktivität und Kapazität von Anlagen . . . . .	62
	<i>Fallbeispiel 1.8</i>	
	Stabilisierung der Ausbringungsmenge in einer Serienfertigung – Einführung eines Visuellen Managements . . . . .	62
	<i>Fallbeispiel 1.9</i>	
	Produktivitätssteigerung bei Kleinserien und im Projektgeschäft – Einführung eines visuellen Managements . . . . .	73
	<i>Fallbeispiel 1.10</i>	
	Verluste an Anlagenverfügbarkeit durch Störungen – Neuverteilung von Instandsetzungsaufgaben . . . . .	79
	<i>Fallbeispiel 1.11</i>	
	Verluste an Anlagenverfügbarkeit durch Störungen – Verbesserung des Ersatzteilmanagements . . . . .	83
	<i>Fallbeispiel 1.12</i>	
	Verluste an Anlagenverfügbarkeit durch Störungen – Einführung einer dezentralen Instandhaltung . . . . .	87
	<i>Fallbeispiel 1.13</i>	
	Verluste an Anlagenverfügbarkeit durch Störungen – Einführung einer vorbeugenden Instandhaltung . . . . .	95
	<i>Fallbeispiel 1.14</i>	
	Verluste an Anlagenverfügbarkeit durch Rüsten – Reduzierung der Stillstände durch Externalisieren von Tätigkeiten . . . . .	101
	<i>Fallbeispiel 1.15</i>	
	Verluste an Anlagenverfügbarkeit durch Rüsten – Reduzierung der Rüstzeit durch Optimierung von internen Tätigkeiten . . . . .	105
	<i>Fallbeispiel 1.16a</i>	
	Verluste an Anlagenverfügbarkeit durch Rüsten – Reduzierung der Rüsthäufigkeit durch Bildung von Technologiegruppen . . . . .	111
	<i>Fallbeispiel 1.16b</i>	
	Verluste an Anlagenverfügbarkeit durch Rüsten – Reduzierung der Rüsthäufigkeit durch Einführung von Kanban . . . . .	115
	<i>Fallbeispiel 1.17</i>	
	3-P – Entwicklung von Produktionsvarianten für eine Investitionsentscheidung . . . . .	116
	<i>Fallbeispiel 1.18</i>	
	3-P – Definition des Materialflusses für den Aufbau einer neuen Montagelinie für Achsen . . . . .	123
<b>2</b>	<b>Bestände und Durchlaufzeiten . . . . .</b>	<b>129</b>
2.1	Ursachen und Bedeutung der Bestände in der Produktion . . . . .	129
2.2	Bestände an Halb- und Fertigerzeugnissen . . . . .	138

2.2.1	Analyse der Daten .....	141
2.2.2	Maßnahmen zur Reduzierung der Bestände an Halb- und Fertigware .....	154
	<i>Fallbeispiel 2.1</i>	
	Einführung einer ziehenden Fertigung mit Standard- und Sonderprodukten .....	164
	<i>Fallbeispiel 2.2</i>	
	Einführung einer ziehenden Fertigung in einer Gießerei .....	177
	<i>Fallbeispiel 2.3</i>	
	Einführung einer ziehenden Fertigung mit einer Heijunka-Box .....	185
	<i>Fallbeispiel 2.4</i>	
	Einführung eines fixen Produktionsprogramms für Standardprodukte .....	190
	<i>Fallbeispiel 2.5</i>	
	Einführung von Lieferzeitklassen in einer Serien- und Sonderfertigung .....	197
	<i>Fallbeispiel 2.6</i>	
	Der Aufbau eines Just-in-time-Systems für Halbfertigware .....	209
2.2.3	Punkte zur besonderen Berücksichtigung .....	215
2.3	Bestände in der Produktion/Zwischenbestände (WIP) .....	218
2.3.1	Analyse der Daten .....	221
2.3.2	Maßnahmen zur Reduzierung von Zwischenbeständen .....	229
	<i>Fallbeispiel 2.7</i>	
	Sonderfertigung – Einführung eines Pullsystems und die Theorie of Constraints .....	229
	<i>Fallbeispiel 2.8</i>	
	Serienfertigung – Anbindung Komponentenfertigung an eine Montagelinie und die Einführung eines Zwei-Behälter-Kanban-Systems .....	233
	<i>Fallbeispiel 2.9</i>	
	Projektgeschäft – Einführung eines internen Logistikers .....	238
	<i>Fallbeispiel 2.10</i>	
	Serienfertigung - Einführung eines Supermarktes kombiniert mit einem Bandlogistiker .....	242
	<i>Fallbeispiel 2.11</i>	
	Serienfertigung – Verwendung einer Wertstromanalyse .....	251
2.4	Bestände an Zuliefermaterial .....	257
2.4.1	Analyse der Daten .....	258
2.4.2	Maßnahmen zur Reduzierung der Bestände an Zuliefermaterial .....	262
	<i>Fallbeispiel 2.12</i>	
	Handelswaren – Lieferzeitklassen zum Kunden und Lieferanten (Fortsetzung Abschnitt Analyse) .....	262

	<i>Fallbeispiel 2.13</i>	
	Bestandsreduzierung durch Verknüpfung des tatsächlichen Verbrauches beim Kunden und Lieferungen an Rohmaterial . . . . .	267
	<i>Fallbeispiel 2.14</i>	
	Bestandsreduzierung durch Reduzierung der Variantenvielfalt von Komponenten . . . . .	271
<b>3</b>	<b>Ausschuss und Nacharbeit . . . . .</b>	<b>275</b>
3.1	Qualitätskosten in der Produktion . . . . .	275
3.2	Qualitätsthemen im Wareneingang . . . . .	277
3.2.1	Analyse der Daten . . . . .	277
3.2.2	Maßnahmen im Wareneingang . . . . .	281
	<i>Fallbeispiel 3.1</i>	
	Verwendung eines Sperrlagers . . . . .	281
3.3	Qualitätsthemen im Lager und beim Transport . . . . .	284
3.3.1	Analyse der Daten . . . . .	284
3.3.2	Maßnahmen im Lager und beim Transport . . . . .	287
	<i>Fallbeispiel 3.2</i>	
	Design von neuen Lager- und Transporteinheiten zur Reduzierung von Beschädigung am Rohmaterial . . . . .	287
	<i>Fallbeispiel 3.3</i>	
	5-S im Rohmateriallager zur Reduzierung von Ausschuss . . . . .	290
	<i>Fallbeispiel 3.4</i>	
	Änderung des Prozesses „Engineering Changes“ zur Vermeidung von Beständen mit altem Indexstand. . . . .	292
3.4	Qualitätsprobleme in der Produktion . . . . .	295
3.4.1	Analyse der Daten . . . . .	296
3.4.2	Maßnahmen in der Produktion . . . . .	303
	<i>Fallbeispiel 3.5</i>	
	Material – Anwendung von 5-S zur Reduzierung von Beschädigungen . . . . .	303
	<i>Fallbeispiel 3.6</i>	
	Material – Kooperation mit Lieferanten zur Reduzierung von Nacharbeit . . . . .	306
	<i>Fallbeispiel 3.7</i>	
	Material – Kontrolle der Umweltbedingungen . . . . .	308
	<i>Fallbeispiel 3.8</i>	
	Maschine – Anwendung von 5-S zur Reduzierung von Beschädigungen . . . . .	309
	<i>Fallbeispiel 3.9</i>	
	Maschine – Anwendung der 5-Warum-Fragen zur Identifikation von Beschädigungen von Anlagen und Vorrichtungen . . . . .	311
	<i>Fallbeispiel 3.10</i>	
	Maschine – Mangelnde Prozessfähigkeit von Anlagen und Design for Manufacturability. . . . .	313

<i>Fallbeispiel 3.11</i>	
Mensch – Verwendung der Qualifikationsmatrix und Standards . . . . .	316
<i>Fallbeispiel 3.12a</i>	
Mensch – Verwendung von Poka Yoke zur Fehlervermeidung . . . . .	319
<i>Fallbeispiel 3.12b</i>	
Mensch – Verwendung von Poka Yoke zur Fehlervermeidung . . . . .	320
<i>Fallbeispiel 3.12c</i>	
Mensch – Verwendung von Poka Yoke zur Fehlervermeidung . . . . .	321
<i>Fallbeispiel 3.13</i>	
Methode – Standardisierung des Messmittelmanagements . . . . .	322
<i>Fallbeispiel 3.14</i>	
Methode – Input der Produktion zur Verbesserung der verwendeten Methoden . . . . .	326
<i>Fallbeispiel 3.15</i>	
Informationsfluss – Einführung von Standards und Rückmeldung an internen Lieferanten . . . . .	326
<i>Fallbeispiel 3.16</i>	
Organisatorische Ansätze – Reduzierung der Losgrößen/Bestände . . . . .	329
<i>Fallbeispiel 3.17</i>	
Organisatorische Ansätze – Definition von Qualitätsregelkreisen . . . . .	332
<b>4 Nachhaltigkeit . . . . .</b>	<b>337</b>
4.1 Dokumentation . . . . .	337
4.2 Auswirkungen der Umsetzung . . . . .	340
<i>Fallbeispiel 4.1</i>	
Vorgehensweise beim Bestandsabbau nach der Einführung von Kanban . . . .	343
4.3 Anpassung . . . . .	345
4.4 Standardisierung . . . . .	348
4.5 Kontrolle . . . . .	350
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>355</b>
<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>357</b>



# 1

# Kapazitätsengpässe und Produktivitätsverluste

## ■ 1.1 Arten von Kapazitätsengpässen und Produktivitätsverlusten

Grundsätzlich sind die Gründe für Verluste von Kapazität und Produktivität mehr oder weniger identisch, weshalb sie auch beide zusammen in diesem Kapitel behandelt werden. Um jedoch ein klareres Verständnis der Unterschiede zu erlangen, welches für die weiteren Abschnitte hilfreich sein wird, eine kurze Definition:



### Produktivität

Für die Produktivität wird normalerweise folgende Formel verwendet:

Produktivität = Output/Input oder Ausbringungsmenge/Einsatzfaktoren

Der Output wird in Einheiten des Faktors, den wir produzieren wollen, wie Stückzahlen, Kg, Liter etc. gemessen; der Input dagegen wird in dem angegeben, was wir zur Produktion einsetzen, wie Mitarbeiter- oder Maschinenstunden. Wenn wir also von Produktivitätssteigerung sprechen, so wollen wir entweder mit dem gleichen Input mehr Output erreichen, gleich viel Output mit weniger Input, oder beides zusammen. Sprechen wir allerdings von Kapazität, so definieren wir, entweder wie viel Input uns zur Verfügung steht oder wie viel wir benötigen, um einen gewissen Output zu erreichen. Wenn wir demnach in der Produktivitätsformel den Output bei gleich bleibendem Input erhöhen, so steigern wir automatisch auch die Kapazität. Mit einem Produktivitätsprojekt will man normalerweise die Kosten reduzieren, mit einem Kapazitätsprojekt allerdings liegt der Fokus klar auf der Erhöhung des Outputs. Im Prinzip kommt es also nur auf die Betrachtungsweise an.

### Welche Verschwendungsarten werden betrachtet?

Da das Thema der sieben Arten der Verschwendung in der Literatur mehr als ausreichend behandelt wurde, nur ein ganz kurzer Überblick zu den drei Arten, die in diesem Kapitel im Mittelpunkt stehen werden: Bewegung, Transport und Wartezeit.



### Sieben Arten der Verschwendung

Von den sieben Arten der Verschwendung sind bis auf die Bestände alle Thema der Kapazität und Produktivität (Ohno 1988):

- Bewegungen
- Transport
- Wartezeiten
- Überbearbeitung
- Überproduktion
- Korrekturen und Fehler.

Grundsätzlich ist der Gedanke der Verschwendung (japanischer Begriff Muda), dass Tätigkeiten in wertschöpfende und nicht-wertschöpfende Komponenten unterteilt werden. Die nicht-wertschöpfenden sollen als Verschwendung so weit als möglich reduziert oder ganz eliminiert werden. Die klassischen Arten der Verschwendung, wie sie von Taiichi Ohno beschrieben worden waren, wurden über die Jahre durch weitere ergänzt, wie z. B. die Verschwendung von Talenten. Weitere wichtige Begriffe in diesem Zusammenhang sind Muri (Überlastung von Mensch oder Maschine) und Mura (Unregelmäßigkeiten im Prozess).

Es wird in den Fallbeispielen auch versucht, eine klare Trennung zwischen nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten von Mitarbeitern und Anlagen einzuhalten. Im Kapitel zu den Beständen werden in fast allen Fallbeispielen gravierende Änderungen in den Abläufen notwendig, um Ergebnisse zu erzielen. Bei diesem Thema können allerdings bereits mit kleinen Veränderungen Produktivitäts- und Kapazitätssteigerungen erreicht werden. Daher werden auch zahlreichere, aber kürzere Fallbeispiele kommen, die Ihnen eine Vielzahl an unterschiedlichen Ansätzen aufzeigen sollen.

Bewegung und Transport werden einen ganz klaren Fokus auf Mitarbeiter haben. Bei der Verschwendungsart Bewegung dreht es sich um die Mitarbeiter, die daran gehindert werden, wertschöpfende Tätigkeiten auszuführen, weil sie geplant als Teil des Prozesses oder ungeplant als Abweichung von diesem sich bewegen müssen. Die Fallstudien dazu werden also darauf ausgerichtet sein, wie ein Arbeitsplatz oder das Layout verbessert werden kann, damit sich der Mitarbeiter weniger bewegen muss. Der ursprüngliche Gedanke beim Transport dreht sich um das Bewegen von Material, was mit oder ohne Beihilfe eines Mitarbeiters geschehen kann.

Für dieses Kapitel ist nur der Transport durch Mitarbeiter von Interesse. Die dritte Art - Wartezeiten - wird dann auf Mitarbeiter und Anlagen ausgeweitet, wobei auch alle Aspekte von Maschinenstillständen (Rüstzeiten, Instandhaltung usw.) erfasst werden. Für den Mitarbeiter kann Wartezeit, wie schon die Bewegung, entweder prozessbedingt (z. B. durch die Austaktung einer Montagelinie oder das Warten auf das Ende eines Prozesses in einer Anlage) oder störungsbedingt (z. B. Warten auf den nächsten Auftrag) sein. Auch hier werden unterschiedliche Fallbeispiele aufgezeigt.

## Wo liegt der Fokus bei Kapazitätsprojekten?

Produktivitätssteigerungen und damit Kostenreduzierungen können so gut wie in allen Prozessschritten Sinn machen. Mit Kapazitätssteigerungen können jedoch nur an gewissen Arbeitsplätzen tatsächliche, ergebnisrelevante Verbesserungen erzielt werden, nämlich an den Engpässen. Der Engpass ist jener Punkt in einer Prozesskette, der letztendlich den gesamten Durchfluss bestimmt (Tab. 1.1). Daher ist es auch von besonderer Bedeutung zu wissen, wo im Prozessfluss genau der Engpass liegt. In Tabelle 1.1 würde man, wenn man nur nach den Zykluszeiten geht, Prozessschritt 3 mit der höchsten Zykluszeit als den Engpass nehmen. Wird jedoch der OEE (siehe Kapitel 1.3.1 Analyse der Daten) in die Betrachtung mit einbezogen, also wie gut wir unsere Zeit für die Produktion von guten Teilen nutzen, so stellt sich Prozessschritt 4 als der Fokus heraus (gewichtete Zykluszeit = Zykluszeit/OEE). Dieser hat zwar eine geringere Zykluszeit, doch haben wir so hohe Verluste an der Anlage, dass sie tatsächlich der bestimmende Faktor für den Gesamtdurchsatz ist. Würden wir nun versuchen, die Kapazität von Prozessschritt 3 zu erhöhen, so würden wir am Ende des Tages kein einziges Stück mehr produzieren. Es müssten also im ersten Schritt die Verluste im Schritt 4 verringert werden bis die gewichtete Zykluszeit unter die von 3 fällt.

**Tabelle 1.1** Identifikation des Engpasses

	Zykluszeit (s)	OEE	Gewichtete Zykluszeit
Prozessschritt 1	21	95 %	22,1
Prozessschritt 2	28	85 %	32,9
Prozessschritt 3	35	80 %	43,8
Prozessschritt 4	26	55 %	47,3
Prozessschritt 5	14	65 %	21,5

Im Kapitel zu den Beständen wird genauer auf die Problematik des Engpasses und der Zykluszeiten eingegangen. In diesem Kontext wurden statt des OEEs nur die Rüstzeiten verwendet, da diese relevanter für die Bestände und die Flexibilität der Produktion waren. Die Aussage ist natürlich genau dieselbe.

## ■ 1.2 Produktivitäts- und Kapazitätssteigerung bei Mitarbeitern

### 1.2.1 Analyse der Daten

Auch in diesem Kapitel sollen an Hand einiger praktischer Beispiele die einzelnen Schritte in der Analyse von Tätigkeiten von Mitarbeitern aufgezeigt werden. Eingangs soll ganz besonders die Sensibilität dieses Themas hervorgehoben werden. Bitte bedenken Sie immer, dass Sie Mitarbeiter, eventuell sogar Kollegen, beobachten und deren Abläufe analysieren.

Es muss allen Beteiligten klar sein, dass es um keinerlei Bewertung einzelner Mitarbeiter geht und dass die erhobenen Daten weder relevant für Entlohnungs- noch Beurteilungssysteme sind. Es geht einzig und alleine um das Feststellen von Verbesserungspotenzialen. Aus diesem Grund besteht auch keine Notwendigkeit, einer Auswertung wie bei entlohnungsrelevanten Zeitstudien, die auf mehrere Kommastellen genau sein muss. In den folgenden Abschnitten wird immer wieder darauf eingegangen welcher Detaillierungsgrad notwendig oder sinnvoll ist.

In den folgenden Seiten werden sehr detailliert die Aufnahmen von Zykluszeiten und Ablaufstudien erklärt. Da diese die Basis für die Definition von Verbesserungsprojekten darstellen, ist es besonders wichtig, dass Sie diese Werkzeuge auch verstehen. Falls Sie bereits ausreichend Erfahrung mit solchen Aufnahmen haben, können sie diese Ausführungen gerne überspringen.

## Was ist die Taktzeit in der Produktion?

Die Taktzeit ist wohl eines der wichtigsten Konzepte der Schlanen Produktion (Ohno 1988). Obwohl der Grundgedanke der Taktzeit recht simpel ist, ist die Anwendung in der Praxis bei weitem nicht so einfach. Wir werden auch im Rahmen der unterschiedlichen Kapitel dieses Buches immer wieder auf diese stoßen. Daher erklären wir das Prinzip in diesem ersten Kapitel und gehen in die Details und die Relevanz zu jedem Thema im Speziellen ein.



### Taktzeit

Die Taktzeit definiert sich wie folgt:

$$\text{Taktzeit} = \text{Nettoarbeitszeit} / \text{Kundenbedarf}$$

Mit dieser Zeit wird ausgedrückt, wie viel Sekunden oder Minuten pro Teil zur Verfügung stehen, damit der Kundenbedarf erfüllt werden kann.

### Beispiel:

Die Produktion läuft in einer Schicht mit 8 h. Diese 8 h beinhalten eine Pause von 30 min, woraus sich eine Nettoarbeitszeit von 7,5 h (oder 27.000 s) ergibt. Der Kundenbedarf im Monat liegt bei 10.000 Stück (oder 500 Stück/Tag bei 20 Arbeitstagen).

Daraus errechnet sich folgende Taktzeit:

$$\text{TAKTZEIT} = 27.000 \text{ s} / 500 \text{ STÜCK} = 54 \text{ s} / \text{STÜCK}$$

Der Produktion stehen also 54 s zur Verfügung, um ein Teil zu produzieren und den Kundenbedarf befriedigen zu können. Würden nun zwei Anlagen zur Verfügung stehen, die parallel die gleichen Produkte bearbeiten, würde sich entsprechend die Nettoarbeitszeit verdoppeln. In vielen Fällen wird noch ein Effizienzfaktor wie z. B. dem OEE bei der Berechnung der Taktzeit berücksichtigt. Würde die Anlage also nur zu 80 % gute Teile produzieren, also 20 % der Nettoarbeitszeit verloren gehen, so würde sich die Taktzeit auf 67,5 s erhöhen.

## Wie lange sind die Zykluszeiten?



### Zykluszeit

Die Zykluszeit ist jene Zeit, die tatsächlich benötigt wird, um ein Teil zu fertigen. Der gesamte Zyklus und damit die gesamte Zykluszeit beinhalten alle Tätigkeiten, die standardmäßig zur Erstellung notwendig sind. Bei einer Anlage kann dies das Be- und Entladen oder regelmäßige Qualitätskontrollen beinhalten. Für eine Montagelinie wäre es z. B. wichtig zwischen der Summe der einzelnen Zykluszeiten, also den Arbeitsinhalten jeder Station, zu unterscheiden, und dem Zeitabstand, in dem ein fertiges Teil aus der Montagelinie kommt. Erstes wird benötigt, um den gesamten Arbeitsinhalt und daraus die Anzahl der Mitarbeiter zu bestimmen. Zweites wird benötigt, um es der Taktzeit gegenüberzustellen.

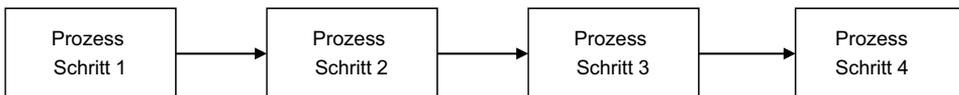
In einem Prozessfluss könnten die Zykluszeiten folgendermaßen aussehen:

Zykluszeit:  
20 sec.

24 sec.

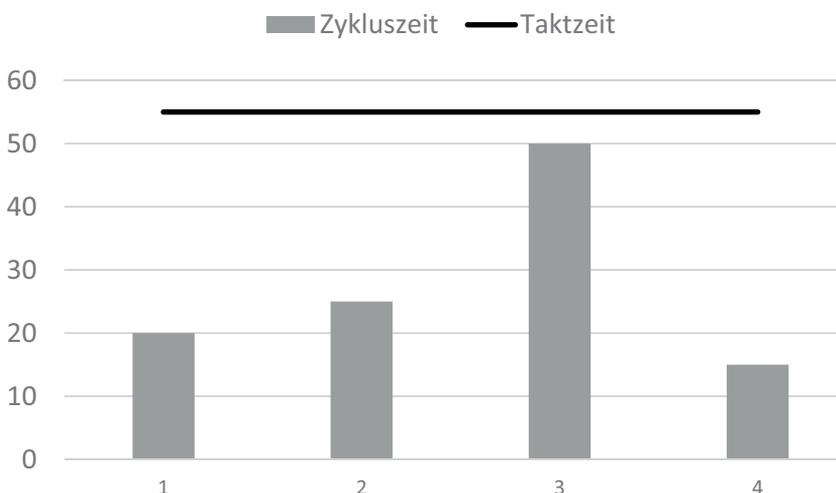
47 sec.

11 sec.



**Bild 1.1** Die Zykluszeit im Prozessfluss

Diese Zykluszeiten, die ermittelt werden, zeigen, wie lange die eigentliche Bearbeitungszeit in den einzelnen Prozessschritten ist. In Kombination mit der Taktzeit sieht man, ob die vorhandenen Ressourcen ausreichend sind und wo eventuell Engpässe auftreten können (Bild 1.2).



**Bild 1.2** Taktzeit-/Zykluszeitdiagramm

Zum Einstieg für die Aufnahme von Mitarbeiterzykluszeiten sehen wir uns den einfachsten Fall an, den Sie vorfinden können. Ein Mitarbeiter hat einen fest definierten Prozess und folgt immer denselben Prozessschritten. Typische Arbeitsplätze dafür sind z. B. Montagelinien oder eine Einmaschinenbedienung . Das Produktionsumfeld ist hauptsächlich durch höhere Stückzahlen gekennzeichnet. Die folgenden Schritte für eine Beobachtung mit einer Stoppuhr oder einem anderen Aufzeichnungsgerät (sei es Ihr Handy, ein Tablet oder ein sehr teures Zeitaufnahmegerät) haben sich bewährt:

- Die einzelnen Prozessschritte vom Mitarbeiter (oder unmittelbarem Vorgesetzten) erklären lassen. Da das Ziel der Aufnahme sein soll, die nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten zu identifizieren, sollte dies bei der Bestimmung der einzelnen Prozessschritte bereits berücksichtigt werden. Einzelne Schritte sollten einerseits nicht zu kurz (unter 3 s) sein, da die Aufnahme sehr schwer wird. Andererseits sollten sie nicht zu lange sein, da ansonsten die Aussagekraft leiden kann.
- Mehrere Zyklen beobachten und einen Start- bzw. Endpunkt für jeden Schritt bestimmen. Damit ist ein Prozessschritt auch eindeutig definiert.
- Die Aufnahme der Zykluszeiten durchführen. Die Anzahl der Zyklen, die Sie benötigen, hängt von der Gleichmäßigkeit ab, in der diese verlaufen. Weist ein Zyklus wenige Abweichungen auf, so können fünf bis zehn Zyklen ausreichend sein. Ansonsten könnten 10 bis 15 notwendig sein. Die obere Spalte (Fortschrittszeit) ist gedacht für die fortlaufende Zeit auf Ihrer Stoppuhr, falls Sie eine verwenden sollten. Aus dieser werden dann die Einzelzeiten berechnet.
- Nachdem die Zeiten aufgenommen wurden, sollten Sie die Ergebnisse mit dem Mitarbeiter durchsprechen. Dabei sollen auch sonstige, regelmäßige Tätigkeiten zu den Zykluszeiten hinzugefügt werden, die Sie eventuell nicht beobachtet haben (z. B. Entsorgen von Verpackungsmaterial; Maßkontrollen alle 100 Teile).

#	Prozessschritt	Beobachtete Zyklen					Durchschnittliche Zykluszeit	Wertschöpfend	Nicht-Wertschöpfend	Anmerkungen	
		1	2	3	4	5					
1	Teil Einlegen	Fortschrittszeit	18	24	46	52	60	5,4		5,4	Probleme beim Einlegen; Vorrichtung kontrollieren; Ausreißer herausrechnen
		Einzelzeit	7	6	22	6	8				
2	Verschrauben	Fortschrittszeit	29	61	95	126	157	31,4	31,4		Manuelles Verschrauben => Potential
		Einzelzeit	29	32	34	31	31				
3	Teil Entnehmen	Fortschrittszeit	5	12	18	24	31	6,2		6,2	
		Einzelzeit	5	7	6	6	7				
4	Zum nächsten Arbeitsschritt gehen und Teil ablegen	Fortschrittszeit	6	13	19	25	32	6,4		6,4	ca. 3 m Distanz zum nächsten Arbeitsplatz
		Einzelzeit	6	7	6	6	7				
5	Zum Behälter Rohteile Gehen und Teil Entnehmen und zur Vorrichtung gehen	Fortschrittszeit	5	11	16	22	29	5,8		5,8	Behälter mit Rohteilen am Fahrgweg abgestellt von Logistik
		Einzelzeit	5	6	5	6	7				
		Fortschrittszeit									
		Einzelzeit									
6	Alle 20 Teile Qualitätskontrolle	Fortschrittszeit						6		6	
		Einzelzeit	120								
		Zykluszeit					61,2	51%	49%		
							Total	Anteil	Anteil		

Bild 1.3 Beispiel einer Zykluszeitaufnahme mit Durchschnittswerten

- Zum Abschluss müssen die Aufnahmen natürlich noch ausgewertet werden. Die zwei wichtigsten Erkenntnisse einer solchen Analyse sind, wo sich im Prozess Verschwendung befindet bzw. welches Verbesserungspotenzial existiert, und wie lange die gesamte Zykluszeit eines Arbeitsschrittes ist, aus dem die theoretische Zykluszeit ermittelt werden kann.

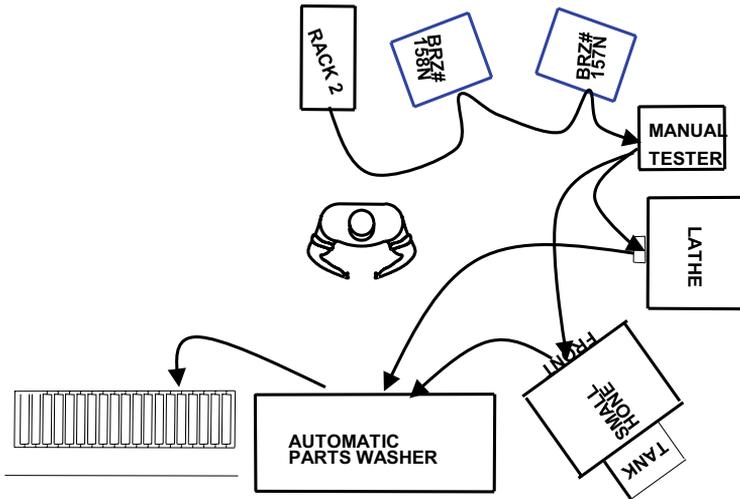
Bild 1.3 zeigt ein einfaches Beispiel einer Zykluszeitaufnahme mit einem klassischen Zeitaufnahmeformular. Folgende Punkte sind dabei besonders zu beachten:

- In Prozessschritt 1 gibt es einen sogenannten Ausreißer, also eine besonders hohe Zykluszeit, die durch einen besonderen Umstand hervorgerufen wurde; in diesem Beispiel ein Problem beim Einlegen in die Vorrichtung. Wenn Sie einen Durchschnitt über alle aufgenommenen Zeiten dieses Schrittes bilden wollen, werden solche Ausreißer nicht berücksichtigt. Es soll ermittelt werden, wie der Arbeitsschritt unter normalen Umständen ablaufen soll. Verluste wie dieser würden später im OEE unter Effizienzverlusten auftauchen.
- Im Prozessschritt 2, der einzigen wertschöpfenden Tätigkeit an diesem Arbeitsplatz, wurde bei der Aufnahme sofort erkannt, dass hier auch Potenzial für eine Verbesserung liegt. Der Fokus liegt zwar auf den nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten, doch sollte solch ein Potenzial sicher auch aufgenommen werden.
- Als Schritt 6 wurde die regelmäßige Kontrolle der Teile angeführt, die alle 20 Stück gemacht werden muss. Dieser Vorgang wurde einmal mit 120 s aufgenommen, was bei 20 Stück eine Zykluszeit pro Teil von 6 s ergibt.
- Wenn die einzelnen Zyklen nicht relativ gleichmäßig verlaufen wie in Bild 1.3, sondern eine höhere Varianz haben wie in Bild 1.4, dann werden keine Durchschnittswerte verwendet. Als Zykluszeit wird die sich am häufigsten wiederholbare Zeit verwendet. In Prozessschritt 1 wären dies sieben Sekunden, die sich dreimal wiederholen, also häufiger als 6 s. Die 7 s sollten als Zielwert für diesen Prozessschritt angesehen werden und durch die Effizienzrechnung sollte wieder ermittelt werden, was den Mitarbeiter davon abhält, diesen Zielwert regelmäßig zu erreichen.

#	Prozessschritt	Beobachtete Zyklen										Häufigste, wiederholbare Zeit	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Teil Einlegen	Fortschrittszeit	7	13	20	26	37	18	28	50	57	71	
		Einzelzeit	7	6	7	6	11	8	10	22	7	14	7
2	Verschrauben	Fortschrittszeit	29	81	115	151	193	34	66	100	141	190	
		Einzelzeit	29	52	34	36	42	34	32	34	41	49	34

**Bild 1.4** Beispiel einer Zykluszeitaufnahme mit häufigsten, wiederholbaren Zeiten

Diese klar definierten, standardisierten Abläufe, wie wir sie in den Bildern 1.3 und 1.4 gesehen haben, werden wir leider aber nicht immer vorfinden. Mitarbeiter müssen z. B. mehrere Maschinen bedienen, variieren die Reihenfolge ihrer Arbeitsschritte oder erledigen die einzelnen Schritte in Losgrößen, also Schritt 1 für zehn Stück, dann Schritt 2 für dieselben zehn Stück etc. Voraussetzung hierbei ist jedoch immer, dass es gewisse Abläufe gibt, die zumindest theoretisch in sich abgeschlossen sind. Ein Mitarbeiter könnte dabei eigentlich einen kompletten Zyklus nach dem anderen bearbeiten. Solche Aufnahmen sind wesentlich aufwendiger und können eine größere Herausforderung für den Beobachter darstellen.



**Bild 1.5** Zeitaufnahmen bei einer Mehrmaschinenbedienung

Sehen wir uns dazu ein Beispiel einer Mehrmaschinenbedienung wie in Bild 1.5 an. Im ersten Arbeitsschritt legt der Mitarbeiter zwei Teile in eine Lötvorrichtung ein, in der sie automatisch verlötet werden. Anschließend kommen sie in eine zweite Lötvorrichtung, wo eine dritte Komponente angelötet wird. Danach muss der Mitarbeiter das halbfertige Produkt vermessen und je nach dem Messergebnis kommt es zu einem weiteren Bearbeitungsschritt Drehen oder Honen. Abschließend muss der Mitarbeiter den Artikel in eine Waschanlage legen und dann auf ein Rollenband, das seine Zelle mit der nächsten verbindet. Während der Maschinenzyklen der diversen Anlagen erledigt der Mitarbeiter seine rein manuellen Tätigkeiten, wie das Messen. Da natürlich nicht ein Teil vom Mitarbeiter vom Anfang bis zum Ende komplettiert wird und erst dann das nächste begonnen wird, kommt es zu einem scheinbar chaotischen Ablauf. Bei solch einem Prozess muss der Beobachter für jeden Schritt die einzelnen Komponenten definieren und diese dann nacheinander aufnehmen. Für den ersten Lötvorgang könnten diese im Zeitaufnahmebogen wie in Bild 1.6 aussehen.

#	Prozessschritt		Beobachtete Zyklen					Durchschnittliche Zykluszeit	Mitarbeiterzykluszeit	Maschinenzykluszeit	Maschinen- u. Mitarbeiterzykluszeit
			1	2	3	4	5				
1	Gehen vom vorhergehendem Arbeitsschritt zum Regal, Teil entnehmen und zum Löten tragen	Fortschrittszeit									
		Einzelzeit	12	14	11	16	12	10,8	10,8		
3	Maschinenzyklus	Fortschrittszeit									
		Einzelzeit	39	39	39	38	39	38,8		38,8	
4	Gelötetes Teil aus Anlage nehmen und neue Teile einlegen	Fortschrittszeit									
		Einzelzeit	8	11	9	9	10	9,4			9,4
4	Gelötete Teile beim 2. Löten ablegen	Fortschrittszeit									
		Einzelzeit	5	4	5	6	4	4,8	4,8		
		Zykluszeit						63,8	15,6	38,8	9,4

**Bild 1.6** Beispiel einer Zykluszeitaufnahme bei Mehrmaschinenbedienung

Folgende Unterschiede im Vergleich zu Bild 1.3 sind besonders hervorzuheben:

- Die Fortschrittszeiten sind nicht mehr eingetragen. Da der Mitarbeiter diese einzelnen Schritte kombiniert mit anderen durchführt, wäre das Eintragen der Fortschrittszeit nicht sehr hilfreich. Die Einzelzeiten müssen also nach jedem einzelnen Schritt sofort bestimmt werden.
- In dieser Auswertung unterscheiden wir zwischen Mitarbeiter-, Maschinen- und gemeinsamen Zykluszeiten. Da die Lötanlage automatisch läuft, kann der Mitarbeiter während der Laufzeit, eine andere Tätigkeit ausführen.

Wenn Sie sich vorstellen, dass diese Aufnahmen nun für jeden einzelnen Arbeitsschritt gemacht werden müssen, können Sie den Aufwand abschätzen. Geübte Beobachter würden mehrere Arbeitsschritte parallel aufnehmen, bei fast jedem Schritt also von einem Blatt auf ein anderes wechseln. Für jemanden, der nicht sehr viel Übung mit Zykluszeitaufnahmen hat, ist es empfehlenswert, einen Schritt nach dem anderen zu beobachten, was selbstverständlich den Zeitaufwand wesentlich erhöht. Wenn Sie nun alle Schritte aufgenommen haben, muss zunächst wieder das Zykluszeitdiagramm erstellt werden.

Die nächste Steigerung der Komplexität der Analyse wird verursacht durch eine hohe Variantenvielfalt. Wenn nur eine überschaubare Anzahl von Varianten produziert wird, so kann jede einzelne aufgenommen werden. Die Zahl wird allerdings irgendwann zu groß, um noch alle Möglichkeiten beobachten zu können. Sehen wir uns im ersten Schritt an, wie mit unterschiedlichen Zykluszeiten prinzipiell umgegangen wird und betrachten dazu ein einfaches Beispiel (Tab. 1.2).

**Tabelle 1.2** Zusammenfassung der Zeitaufnahmen

Produkte	Zykluszeit (s)	Produzierte Menge (Stk.)	Gesamte Fertigungszeit (s)
Produkt 1	28	10.488	293.664
Produkt 2	45	5.778	260.010
Produkt 3	12	8.976	107.712
Produkt 4	29	3.289	95.381
Produkt 5	39	1.278	49.842
Produkt 6	188	589	110.732
Produkt 7	52	12.859	668.668
Summe		43.257	1.586.009

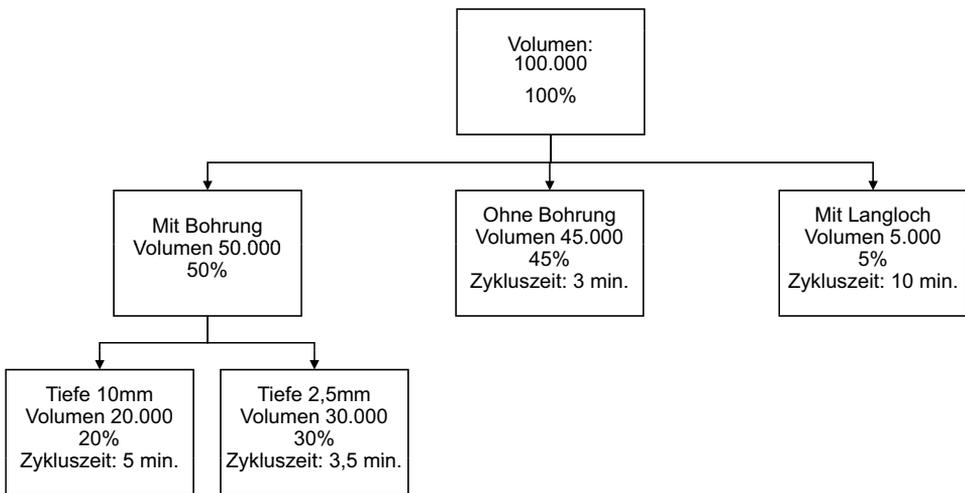
Im Betrachtungszeitraum wurden sieben verschiedene Artikel produziert, die alle eine unterschiedliche Zykluszeit hatten. Werden die Zykluszeiten mit den jeweiligen Volumina multipliziert, so ergibt dies die gesamte, reine Fertigungszeit, immer unter der Annahme, dass es keine Störungen gegeben hat. Die Zeit über alle Produkte wird nun durch die Menge aller Produkte dividiert, was eine durchschnittliche Zykluszeit von 36,7 s für alle Artikel ergibt. Bei der Verwendung dieser Zahl muss beachtet werden, dass es sich ausschließlich um einen Durchschnittswert handelt, der z. B. für die Bestimmung des langfristigen Kapazitätsbedarfes verwendet werden kann. Für eine Tagesplanung muss allerdings immer auf die Einzelwerte der jeweils zu fertigenden Teile zurückgegriffen werden.

Wie sieht es allerdings aus, wenn hunderte oder tausende verschiedene Varianten produziert werden? In solch einem Fall hat sich der Variantenbaum als praktikabelster Ansatz erwiesen, wie er auch im Kapitel zu den Beständen verwendet wird. Im Zusammenhang mit Zykluszeiten kann ein Variantenbaum eine ähnliche Ausprägung haben (Bild 1.7)



### Variantenbaum

Ein Variantenbaum soll eine grafische Übersicht geben, wie sich eine Gesamtmenge nach verschiedenen Kriterien unterteilt. So kann, wie in Bild 1.7, das gesamte Volumen der Produkte, nach unterschiedlichen Ausprägungen unterteilt werden. Bei Rüstvorgängen könnte die gesamte Anzahl der durchgeführten Rüstungen nach den bestimmenden Faktoren des Schwierigkeitsgrades aufgeteilt werden (z. B. ein kompletter Umbau vs. dem Wechsel einer Komponente). Im Zusammenhang mit den Analysen in den Fallbeispielen in diesem Buch dient der Variantenbaum dazu, aus einer großen Menge gewisse Gemeinsamkeiten zu definieren, aus denen ein Fokus für detaillierte Aufnahmen bestimmt werden soll.



**Bild 1.7** Variantenbaum für Zykluszeitaufnahmen

Die Produkte wurden nach den Faktoren unterteilt, die die Länge der Zykluszeit am stärksten beeinflussen. Auf der ersten Ebene wurde unterschieden, ob der Artikel mit oder ohne Bohrung oder mit einem Langloch gefertigt werden muss. Mit 50% war die Variante mit Loch die wichtigste, die daher in eine weitere Ebene unterteilt wurde: der Tiefe der Bohrung. Es ist nicht immer möglich, den einzelnen Varianten genau berechnete Volumina zuzuordnen. In solch einem Fall muss auf die Schätzungen der Experten zurückgegriffen werden, die aus der Erfahrung heraus die Prozente am Gesamtvolumen verteilen. Nachdem nun dieser Variantenbaum erstellt wurde, kann für jede einzelne Kategorie eine Zykluszeit ermittelt werden. Ratsam dabei ist es, für die wichtigsten Varianten, in diesem Fall z. B. mit 2,5 mm-Bohrung und ohne Bohrung, mehrere verschiedene Produkte zu beobachten, um einen guten Durchschnitt der Zykluszeit zu bekommen.

Es kann sich bei den Aufnahmen auch ergeben, dass beide Varianten unterschiedliche nicht-wertschöpfende Tätigkeiten beinhalten. Die Auswertung erfolgt wieder wie in Tabelle 1.2, anstatt der einzelnen Produkte stehen nun die Varianten in der ersten Spalte.

## Erstellen einer Multimomentaufnahme



### Multimomentaufnahme

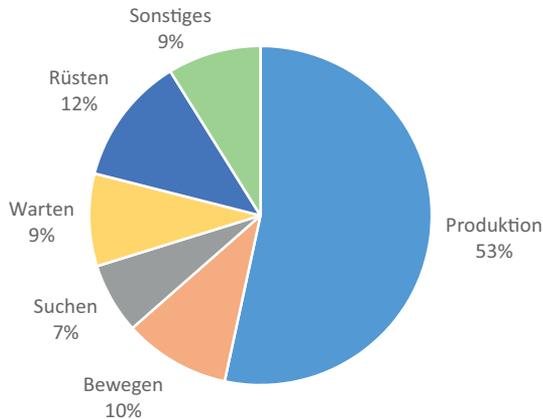
Es wurde bereits erwähnt, dass für die Durchführbarkeit einer Zykluszeitaufnahme die Tätigkeit des Mitarbeiters eine gewisse, sich wiederholende Struktur haben muss, also einen Zyklus. Irgendwann wird jedoch der Punkt erreicht, dass sich die Abläufe eines Mitarbeiters nur mehr sehr schwer in einem Zyklus wiederfinden oder es zu viele Störungen im Ablauf gibt. In beiden Fällen kann auf das Werkzeug der Multimomentaufnahme zurückgegriffen werden (Haller-Wedel 1985). Bei diesem Verfahren wird in vorab bestimmten Zeitabschnitten (z. B. alle 5 min) beobachtet, welche Tätigkeit ein Mitarbeiter gerade ausführt. In einem Aufnahmebogen (Bild 1.8) werden die wichtigsten Tätigkeiten im Vorfeld definiert, um auch die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Beobachtern zu erleichtern.

	Produktion	Bewegen	Suchen	Warten	Rüsten	Kommunikation	Dokumentation	Nicht anwesend	Sonstiges
07:30	x								
07:35	x								
07:40	x								
07:45		x							
07:50							x		
07:55					x				
08:00					x				
08:05						x			
08:50					x				
09:00	x								
09:10	x								

**Bild 1.8** Beispiel einer Multimomentaufnahme

Wenn diese Aufnahmen über einen Zeitraum von zwei bis drei Tagen durchgeführt werden, so kann damit ein relativ gutes Bild gewonnen werden, was die wichtigsten Tätigkeiten eines Mitarbeiters sind. Je geringer die Zeitintervalle sind, umso präziser wird dieses Bild. Es muss allerdings auch berücksichtigt werden, dass in den meisten Fällen mehrere Mitarbeiter aufgenommen werden, da ein Kompromiss zwischen der Anzahl der zu Beobachtenden und der

Kürze der Intervalle gefunden werden muss. Als Richtlinie kann dabei dienen, je kürzer die Intervalle jeder einzelnen Tätigkeit eines Mitarbeiters, desto geringer sollten auch die Aufnahmezyklen sein. Sind Unterbrechungen der wertschöpfenden Tätigkeit eines Mitarbeiters sehr kurz (z. B. unter einer Minute), so wäre es nicht sinnvoll, nur alle zehn Minuten eine Beobachtung durchzuführen. Eventuell wäre es sogar notwendig, jede oder jede zweite Minute ein Kreuz im Aufnahmebogen zu machen.



**Bild 1.9** Auswertung der Multimomentaufnahme

Die Auswertung in Bild 1.9 nimmt nur sehr wenig Zeit in Anspruch, indem einfach die Anzahl der beobachteten Vorfälle einer Tätigkeit addiert werden. Der beobachtete Mitarbeiter wäre z. B. zu 53% mit der Produktion beschäftigt. Die drei nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten Bewegen, Suchen und Warten würden zusammen auf einen Anteil von 26% kommen und wären das Hauptpotenzial für das Reduzieren von Verschwendung.

Der Beobachter sollte jedoch bei einer Multimomentaufnahme nicht nur blind seine Kreuze alle paar Minuten machen. Es bietet sich gleichzeitig die Möglichkeit, intensiv das Umfeld des Arbeitsplatzes zu beobachten und ein Verständnis dafür zu entwickeln, wie es zu diesen 26%-Verschwendung kommt. Die Zahlen sollen nur quantifizieren und bestätigen, was während der Multimomentaufnahme an Verbesserungspotenzial beobachtet wurde.

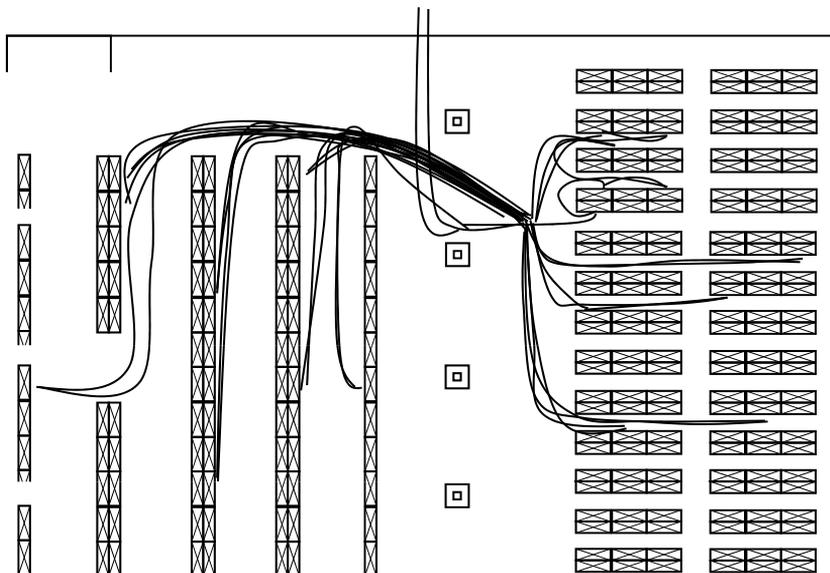
## Erstellen eines Spaghetti-Diagramms



### Spaghetti-Diagramm

Ein weiteres, sehr simples Werkzeug für die Aufnahme von Mitarbeitertätigkeiten ist das Spaghetti-Diagramm (siehe Bild 1.10). Es wird hauptsächlich in Kombination mit einer Zykluszeitaufnahme oder einer Multimomentaufnahme erstellt, um die Laufwege des Mitarbeiters visuell darzustellen. Dadurch sollen Aussagen getroffen werden, wie weit ein Mitarbeiter innerhalb eines bestimmten Zeitraumes laufen muss bzw. welche Punkte er am häufigsten ansteuert. Der besondere Vorteil liegt jedoch in der aussagekräftigen, visuellen Darstellung.

Das Beispiel in Bild 1.10 zeigt die Laufwege, die ein Mitarbeiter eines Lagers zurücklegen muss, um das Material für einen Fertigungsauftrag zusammenzustellen. Es sollte damit die Aussage unterstützt werden, dass es keine klare Struktur im Lager gab und selbst häufig verwendete Komponenten über alle Regale verteilt waren. Dazu wurden für mehrere Standardaufträge einzelne Spaghetti-Diagramme erstellt. Genauso hätte man auch alle Aufträge z. B. mit unterschiedlichen Farben auf ein Blatt eintragen können.



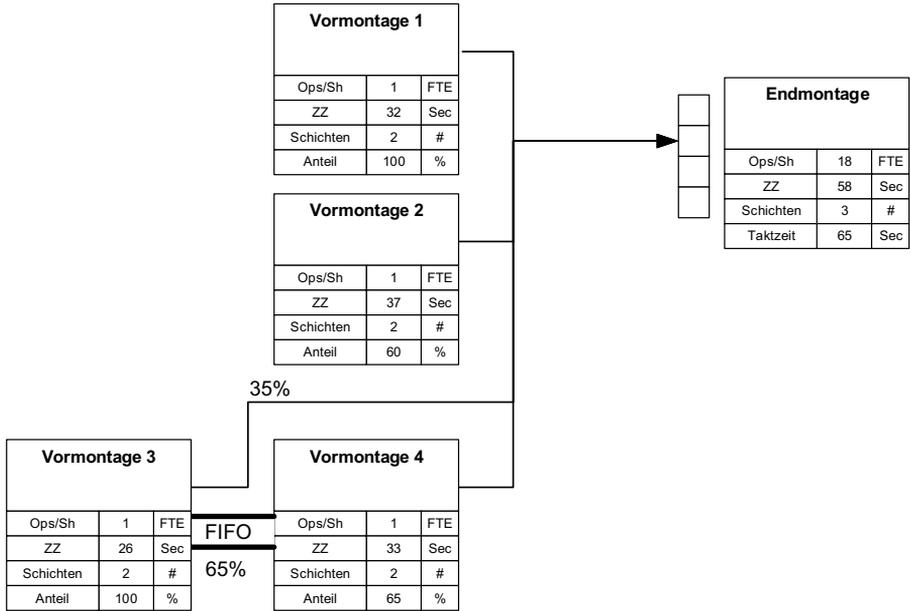
**Bild 1.10** Beispiel eines Spaghetti-Diagrammes

## 1.2.2 Maßnahmen zur Steigerung der Produktivität und Kapazität von Mitarbeitern

**Fallbeispiel 1.1** Bewegung und Transport in einer Serienfertigung – Produktivitätssteigerung durch Layoutoptimierung und Materialflussoptimierung

*Ausgangssituation:*

Vier Vormontagen (VM) belieferten eine Montagelinie mit Komponenten (Bild 1.11). VM 1 produzierte für 100% aller Produkte und VM 2 für 60%. VM 3 lieferte zu 35% direkt und zu 65% über VM 4 an die Linie. Da jedoch die Zykluszeiten der VM wesentlich geringer waren als die der Endmontage, wurde nur in zwei Schichten und in einen Puffer (Bild 1.12) produziert. Für die Mitarbeiter der VM, die auch für den Transport von ihrem Arbeitsplatz zum Puffer verantwortlich waren, erhöhten sich dadurch die Zykluszeiten. Aus Gewichtsgründen wurde jeder Behälter, der nur 20 bis 35 Teile je nach VM fassen konnte, einzeln zum Puffer getragen. Der Anteil der Materialbewegung an der gesamten Zykluszeit betrug zwischen sieben und zehn Sekunden.



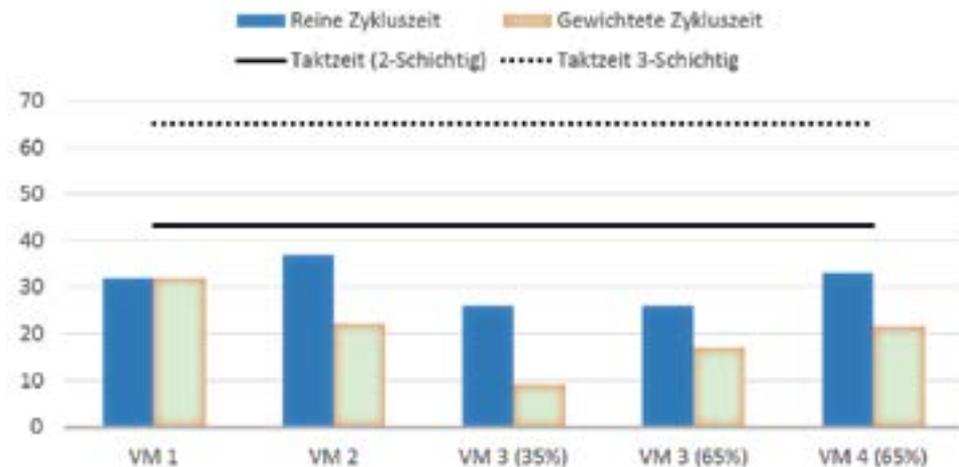
**Bild 1.11** Wertstrom für die Vormontagen zur Endmontage

An den VM 1 und 2 montierten jeweils 1 Mitarbeiter/Schicht. VM 3 und 4 waren unterschiedlich besetzt; je nachdem welches Produkt an der Montagelinie gefertigt wurde, fertigten ein oder zwei Personen an diesen Arbeitsplätzen. Insgesamt waren also entweder drei oder vier Mitarbeiter in der Vormontage tätig.



**Bild 1.12** Puffer zwischen Vormontage und Endmontage

Die Zykluszeitaufnahmen in Bild 1.13 mussten demnach auch berücksichtigen, dass VM 4 nur zu 65 % produziert. Die Balken in den jeweiligen Zykluszeiten reflektieren, dass es einen Unterschied gibt zwischen den beobachteten Zeiten für ein einziges Teil und den gewichteten nach dem Prozentsatz vom gesamten Volumen. In VM 1 entspricht die aufgenommene Zeit der gewichteten mit 32 s. VM produziert nur für 60 % und die Zykluszeit von 37 s muss mit diesem Prozentsatz bewertet werden. VM 3 wurde auf die Menge aufgeteilt, die direkt an die Endmontage gehen (35 %) und die noch an VM 4 bearbeitet werden. Die aufgenommene Zeit je Teil beträgt 26 s, auf die 35 % umgerechnet ergibt dies 9,1 s. Dasselbe gilt für die 65 %, die an VM 4 weiterverarbeitet werden. Zusammen ergeben die zwei Werte natürlich wieder 26 s, da VM 3 letztendlich 100 % der Produktion beliefert. Wo wir tatsächlich eine Auswirkung sehen, ist VM 4, welches nur zu 65 % produziert. Die erhobene Zykluszeit beträgt 33 s, auf die 65 % umgerechnet sind dies nur 21,5 s. Diese Betrachtung ist notwendig, da wir im nächsten Schritt die gesamte Zykluszeit wieder der Taktzeit gegenüberstellen.



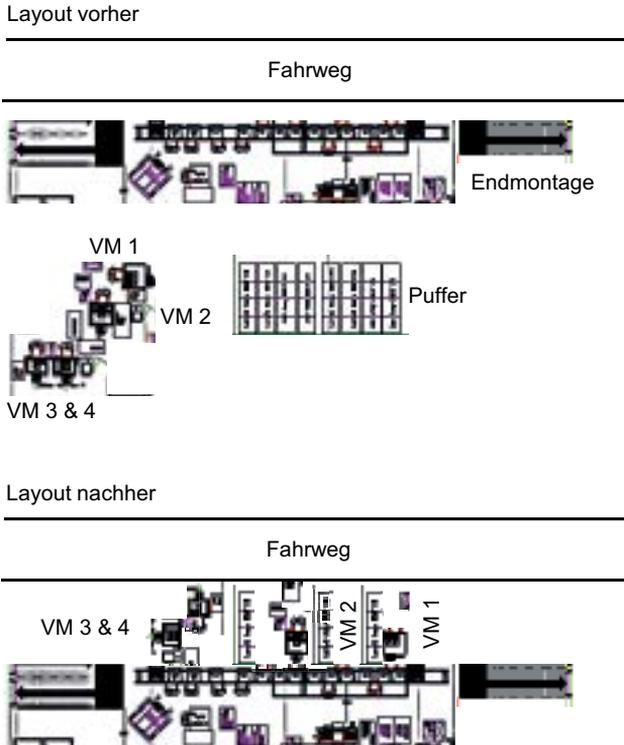
**Bild 1.13** Ergebnis der Zykluszeitaufnahmen

Arbeitet der Vormontagebereich in zwei Schichten, so ergibt sich eine Taktzeit von 43 s. Wenn wir die Summe der gewichteten Zykluszeiten ( $32\text{ s} + 22\text{ s} + 9\text{ s} + 17\text{ s} + 21,5\text{ s}$ ) von  $101,5\text{ s}$  durch die Taktzeit von  $43\text{ s}$  dividieren, so sehen wir, dass wir  $2,4$  Mitarbeiter je Schicht benötigen. Bei einem 3-Schichtbetrieb wären es entsprechend  $1,6$  Mitarbeiter/Schicht. Dabei ist allerdings noch nicht berücksichtigt, dass die Verschwendung durch Bewegung eliminiert werden muss.

#### Verbesserungsansatz:

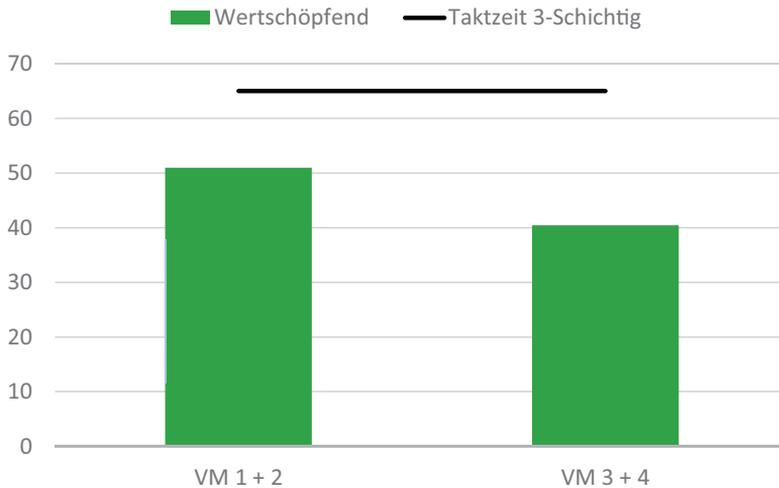
Schon mehrmals hatte man mit dem Gedanken gespielt, die Vormontagen direkt an die Linie zu hängen. Die allzu unterschiedlichen Zykluszeiten hatten eine Umsetzung allerdings jedes Mal verhindert. Erst als ein Kaizen-Team mit Mitarbeitern sich dieses Themas annahm, konnte eine praktikable Lösung ausgearbeitet werden (Bild 1.14). Die vier VM wurden zwar direkt an die Linien gestellt, jedoch über einen kleinen Puffer mit dieser verbunden. Ein Mitarbeiter arbeitete nun abwechselnd an VM 1 und VM 2 in jeweils einen Puffer. War dieser voll, so wurde der Arbeitsplatz gewechselt. Dasselbe Prinzip gilt für die beiden anderen VM. Eine weitere Überle-

gung musste angestellt werden und zwar auf welcher Seite der Montagelinie die VM angebracht werden sollten. Da die prinzipielle Strategie in die Richtung ging, auf einer Seite die Arbeitsplätze zu platzieren und von vorne die Materialversorgung zu gewährleisten, musste die Montagelinie entsprechend vom Fahrweg entfernt werden. Die Rollregale, die als Puffer für die Vormontagen dienten, konnten so auch für die Versorgung der Kleinteile genutzt werden.



**Bild 1.14** Layout vor und nach der Umsetzung

Aus der ursprünglichen Aufnahme der Zykluszeiten konnte durch diese Verbesserung der Anteil an Bewegung komplett eliminiert werden. Es wurden im Rahmen der Umsetzung noch weitere kleinere Maßnahmen implementiert, wobei für die Gegenüberstellung der Zeiten vorher und nachher nur das Potenzial der Bewegung berücksichtigt wurde. Im Taktzeit/Zykluszeitdiagramm lässt sich das Ergebnis recht einfach erkennen (Bild 1.15). Die Anzahl der Mitarbeiter wurde von insgesamt sieben bis acht auf sechs in drei Schichten reduziert, wodurch auch ein gleichmäßigerer Materialfluss erreicht wurde. Da die Mitarbeiter immer noch genügend Spielraum bis zur Taktzeit hatten (rechnerisch ergab sich eine benötigte Anzahl an Personen von 1,4 pro Schicht), konnten Tätigkeiten wie Entsorgen von Verpackungsmaterial etc. auf sie übertragen werden. Durch den stark reduzierten Puffer waren sie erheblich eingeschränkt, Bestände aufzubauen. Leerläufe der Mitarbeiter wurden dadurch wesentlich transparenter und es wurde sehr schnell klar, dass sie die Flexibilität für zusätzliche Aufgaben hatten.



**Bild 1.15** Neue Mitarbeiterzykluszeiten

### Fallbeispiel 1.2 Bewegung und Wartezeiten in einer Manufaktur – Produktivitätssteigerung Erhöhung der Anzahl der Arbeitsplätze

#### *Ausgangssituation:*

In diesem manufakturähnlichen (reine Handarbeit, Mitarbeiter mit sehr speziellen Kenntnissen) Bereich wurden Gummileisten und -profile, die aus einem vorgelagerten Arbeitsschritt kamen, weiterverarbeitet. Die wichtigsten Bearbeitungsschritte beinhalteten das Zuschneiden der Profile oder das Einziehen von Kabeln durch diese. Die Mitarbeiter benötigten sehr viel Fingerspitzengefühl und Erfahrung für diese Tätigkeiten. Die Daten, die für dieses Projekt als Grundlage analysiert wurden, konzentrierten sich darauf, die Produktvielfalt mit den jeweils benötigten Arbeitsschritten und die notwendigen Bearbeitungszeiten zu verstehen. 236 verschiedene Produkte wurden in insgesamt 427 Aufträgen bearbeitet und in zwei Monaten abgeschlossen. Das zeigte die hohe Variantenvielfalt in diesem Bereich. Für jedes einzelne Produkt waren im System Zykluszeiten hinterlegt, die nach ihren gesamten Stückzahlen analysiert wurden (siehe Tab. 1.3).

**Tabelle 1.3** Verteilung der Zykluszeiten nach Stückzahlen

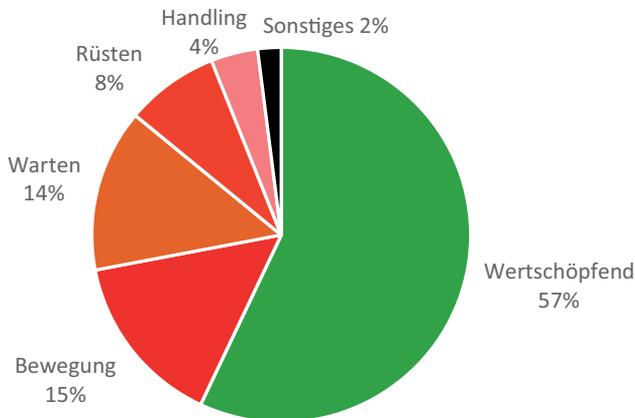
Zykluszeit (min)	Stückzahl	Anteil an gesamter Stückzahl (%)
0–10	627	10,2
11–15	2.456	40,0
16–20	1.679	27,3
21–25	722	11,8
26–30	567	9,2
31 +	89	1,4

Artikel mit einer maximalen Zykluszeit von zehn Minuten wurden z.B. mit einer Stückzahl von 627 produziert. Die wichtigste Erkenntnis aus dieser Auswertung war, dass ca. 70% der gesamten Stückzahlen eine Bearbeitungszeit zwischen 11 und 20 min hatten, deren Arbeitsumfänge demnach relativ ähnlich waren. Diese Unterteilung entsprach auch mehr oder weniger der Definition der einzelnen Produktgruppen, die in diesem Bereich gefertigt wurden und sich an den Anwendungsbereichen beim Kunden orientierten. Die weiteren Beobachtungen vor Ort konzentrierten sich demnach auf die größte Gruppe an Produkten.

Die acht Mitarbeiter des Bereiches waren auf insgesamt sechs Arbeitstische aufgeteilt, wobei jeder einzelne Tisch bestimmten Produktgruppen zugeordnet war, da einzelne Vorrichtungen und Werkzeuge nicht für alle Artikel benötigt wurden. Die Mitarbeiter wechselten je nach Auftragslage zwischen den einzelnen Arbeitsplätzen. Jeder Auftrag wurde jedoch nur von einem Mitarbeiter komplett bearbeitet und zwar vom Vorbereiten des Arbeitsplatzes bis zum Verpacken der Produkte.

Da jeder Mitarbeiter mehrere Aufträge zur gleichen Zeit bearbeitete und es auch zahlreiche Unterbrechungen im Ablauf gab, wurden keine Zykluszeitaufnahmen durchgeführt sondern Multimomentaufnahmen (Bild 1.16). Diese Aufnahmen sollten ein klareres Bild ergeben, welche Tätigkeiten ein Mitarbeiter insgesamt durchzuführen hat. Die ersten Beobachtungen führten zu folgenden Kategorien für die Multimomentaufnahmen:

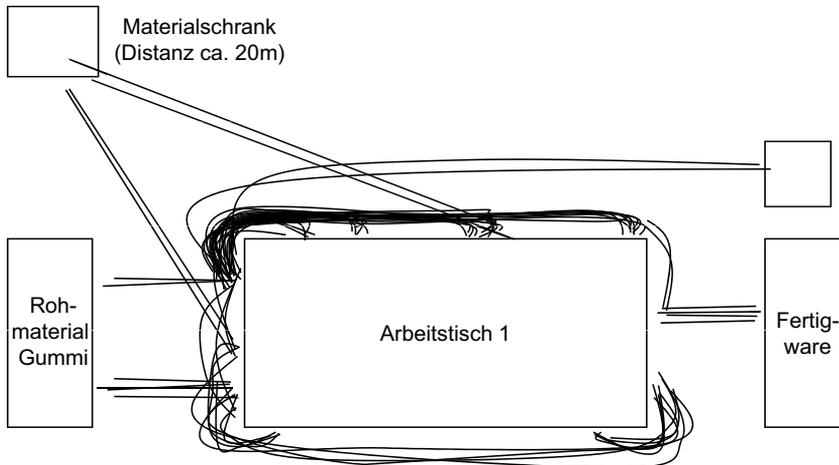
- Wertschöpfend
- Bewegen
- Warten
- Rüsten (Auftrag Vorbereiten und Abschließen)
- Materialhandhabung (Handling)
- Sonstige.



**Bild 1.16** Ergebnis der Multimomentaufnahme

Das Ergebnis der zweitägigen Multimomentaufnahme zeigte, dass sich die beobachteten acht Mitarbeiter nur zu 57% ihrer Zeit mit wertschöpfenden Tätigkeiten befassten, 29% waren Bewegen und Warten und sollten als Potenzial und Fokus für die Verbesserungen dienen. Um

die Verschwendungsart Bewegungen noch deutlicher darzustellen, wurden begleitend einige Spaghetti-Diagramme erstellt, wobei jedes einzelne immer einen Fertigungsauftrag darstellte (Bild 1.17). Die wichtigsten Erkenntnisse, die sich aus diesen Beobachtungen schließen ließen, waren:



**Bild 1.17** Spaghetti-Diagramm für einen Auftrag

- Die Arbeitstische in Bild 1.18 hatten eine Breite von ca. zwei und eine Länge von ca. drei Metern und alle Teile mussten von allen Seiten bearbeitet werden. Der Mitarbeiter musste demnach häufig von einer Seite des Tisches zur anderen gehen.



**Bild 1.18** Arbeitstisch im Projektbereich

- An einem Arbeitstisch konnten zwei Mitarbeiter unterschiedliche Aufträge bearbeiten. Da es von einzelnen Vorrichtungen und Werkzeuge nur jeweils ein Stück gab, bzw. diese von mehreren Tischen geteilt wurden, kam es zu Wartezeiten, wenn diese gerade von einem anderen Mitarbeiter benötigt wurden.
- Häufig verwendete Verbrauchsmaterialien waren in einem für die gesamte Abteilung zentralen Schrank gelagert, der ca. 20 m vom nächsten Arbeitstisch entfernt war. Speziell beim Rüsten von Aufträgen kam es zum mehrmaligen Laufen zu diesem Schrank.
- Die Bearbeitung der Aufträge erfolgte im typischen Losgrößenprinzip. Bei einer Anzahl von 20 wird Arbeitsschritt 1 zuerst für alle 20 Stück durchgeführt, dann Arbeitsschritt 2 für 20 usw. Der Mitarbeiter hatte dadurch einen hohen Handhabungsbedarf, da er sich alle 20 Teile für jeden einzelnen Arbeitsschritt erneut zurecht legte.
- Zahlreiche Aufträge werden angefangen, um dann festzustellen, dass Komponenten, die montiert werden mussten, nicht vorhanden waren. Diese Aufträge blieben am Arbeitsplatz liegen und ein neuer wurde angefangen. Dies führte einerseits zu weiterem Handling und auch einer Erhöhung der Bestände in der Produktion.

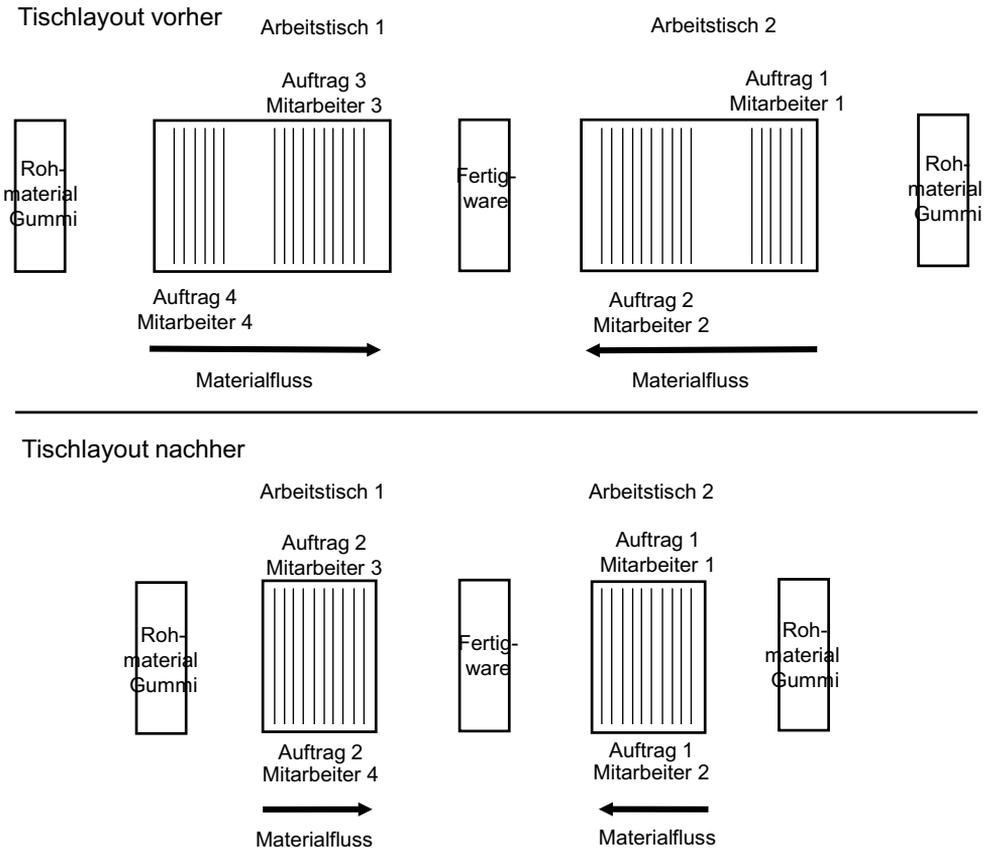
Vom Grundsätzlichen Ansatz war es allen Beteiligten nach den Aufnahmen klar, dass es nicht sinnvoll war, dass ein Mitarbeiter einen gesamten Auftrag alleine bearbeiten sollte. Die Herausforderung war jedoch zu bestimmen, was die optimalste Aufteilung war. Wie könnten also die Bearbeitungsschritte eines Auftrages auf zwei oder mehrere Arbeitsplätze aufgeteilt werden? Die Aufteilung musste so flexibel sein, dass auch unterschiedliche Arbeitsinhalte (selbst innerhalb einer Produktgruppe) ohne großen Koordinations- und Umrüstaufwand an einem Arbeitstisch erledigt werden könnten.

#### *Verbesserungsansatz:*

Verschiedene Möglichkeiten einer Aufteilung zwischen zwei, drei und vier Mitarbeitern wurden anhand von einigen Aufträgen simuliert. Ein weiterer Diskussionspunkt war, ob auf einen reinen One-piece-flow oder einer anderen Losgröße umgestellt werden sollte. Auch diese wurde in den Simulationen berücksichtigt. Die Mitarbeiter, die alle an dem Projekt beteiligt waren, entschieden sich letztendlich für folgende Variante (Bild 1.19):

- Es wurden an den Hauptarbeitstischen, an denen die wichtigsten Produktgruppen gefertigt wurden, zwei voll ausgestattete Arbeitsbereiche eingerichtet, die die beiden größten Gruppen und einige Untergruppen abdeckten. Dazu mussten einige Vorrichtung und Werkzeuge dupliziert werden, die ein geringes Investment bedeuteten. Zusätzlich wurde die Länge der Tische auf das Maß für ein Fertigungslos reduziert.
- Jeder Arbeitsbereich ist für zwei Mitarbeiter eingerichtet. Zwei Personen wurden gewählt, da der größte Teil der Bewegung und des Wartens eliminiert werden konnte, der Koordinierungsaufwand zwischen den Arbeitsplätzen allerdings noch sehr gering blieb. Es konnte nicht für alle Aufträge vorab genau geklärt werden, welcher Arbeitsschritt welcher Position zugeteilt werden sollte. Für diese Entscheidung wurde die Verantwortung den Mitarbeitern selbst übertragen.
- Die Losgröße wurde auf zehn Stück festgelegt. Teil einiger Arbeitsschritte war das Auftragen von Klebstoffen, die trocknen mussten, bevor das Produkt weiterverarbeitet werden konnte. Nach zehn Stück war sichergestellt, dass der Klebstoff trocken war.

- Für alle Arbeitsplätze wurde definiert, welche Verbrauchsmaterialien regelmäßig benutzt wurden. Sie wurden danach mit einem Zwei-Behälter-Kanban ausgestattet, um die Versorgung zu sichern und das Gehen zum Schrank zu verhindern.
- Eine Verfügbarkeitsprüfung wurde eingeführt und damit auch die Regel, dass ein Auftrag erst dann begonnen werden durfte, wenn der vorherige abgeschlossen worden war. Es musste demnach vorab geklärt werden, ob alles Material für einen Auftrag vorhanden ist. Damit sollte verhindert werden, dass mehrere Aufträge zur gleichen Zeit in Bearbeitung waren.



**Bild 1.19** Gegenüberstellung Anordnung von Arbeitstischen vor und nach dem Projekt

Die zwei größten Einsparungen in Bezug auf die Produktivität der Mitarbeiter waren, dass jede Person nur noch an zwei Seiten eines verkürzten Tisches arbeiten musste im Gegensatz zu allen vier Seiten des Sechs-Meter-Tisches und, dass das Warten auf Werkzeuge oder Vorrichtungen eliminiert wurde. Messungen ergaben, dass sich die Laufwege alleine im Schnitt von 380m/Auftrag auf 70 m reduzierten. Alle Maßnahmen zusammen resultierten in einer durchschnittlichen Reduzierung des Zeitaufwands pro Auftrag von ca. 20%, was über die rückgemeldeten Zeiten/Auftrag bestätigt wurde. Als zusätzliche Verbesserung wurde eine Platzeinsparung sowie eine Durchlaufzeit- und Bestandsreduzierung erreicht.

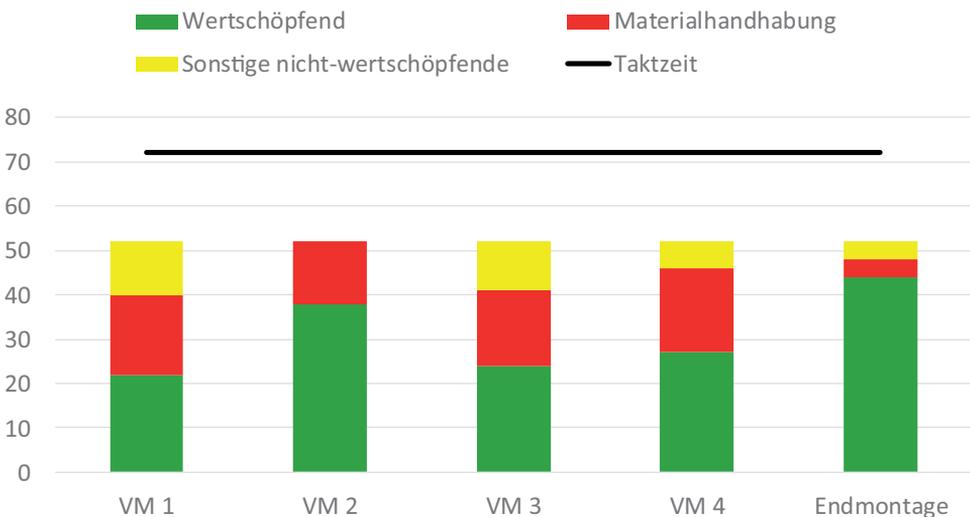
### Fallbeispiel 1.3 Bewegung und Wartezeiten in einer Montagezelle – Produktivitätssteigerung durch Reduzierung der Anzahl der Arbeitsplätze

#### Ausgangssituation:

Nachdem im vorherigen Beispiel die Anzahl der Arbeitsplätze erhöht wurde, wurde in diesem Fall der umgekehrte Ansatz verwendet. Der Produktionsbereich (Bild 1.20) bestand aus vier Arbeitsplätzen, an denen aufeinander aufbauend das Innenleben eines Antriebs montiert wurde. Der fünfte und letzte Arbeitsplatz setzte das Innenleben in das Gehäuse ein und führte einige Tests durch. Was während der ersten Beobachtungen der einzelnen Arbeitsplätze auffiel war, dass sie kaum ausgetaktet waren und sehr hohe Zwischenbestände aufgebaut wurden. Speziell diese Zwischenbestände führten zu einem hohen Aufwand an zusätzlicher Handhabung, da der „Berg“ an Teilen ständig wieder umsortiert wurde, um Platz für mehr Bestände zu schaffen.

Die Zykluszeitaufnahme zeigte sehr schnell, dass die Mitarbeiter einen sehr hohen Anteil ihrer Zeit mit dem „Auf- und Umbauen“ ihrer Berge an Material verbrachten, was als Materialhandhabung bezeichnet wurde. Diese und andere nicht-wertschöpfende Tätigkeit füllten die Lücken der Unterschiede der Zykluszeiten, sodass die Mitarbeiter auch ständig voll ausgelastet wirkten.

Alle Versuche, diese Situation zu verändern und einen besseren Fluss in diesen Ablauf zu bekommen, scheiterten daran, dass die einzelnen Arbeitsinhalte nicht anders mit einfachen Mitteln auf die fünf Mitarbeiter aufgeteilt werden konnten. Da die Mitarbeiter auf den ersten Blick auch immer beschäftigt waren, wurde nicht weiter darüber nachgedacht, ob die Produktivität gesteigert werden könnte.

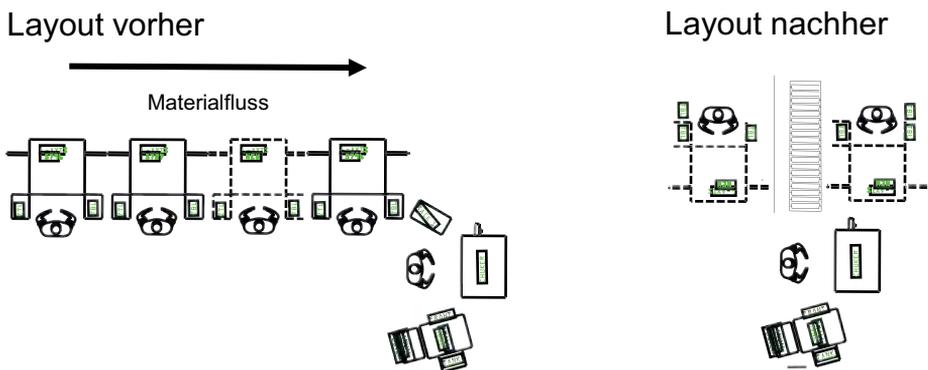


**Bild 1.20** Zykluszeitaufnahme

Die Summe aller wertschöpfenden Zykluszeiten ergab für diese fünf Arbeitsplätze 155 s, was bei einer Taktzeit von 72 s rechnerisch wieder 2,2 Mitarbeiter ergab. Wie könnten also die Arbeitsplätze und Abläufe umgestaltet werden, sodass eine Reduzierung von fünf auf drei Mitarbeiter möglich wäre?

*Verbesserungsansatz:*

Die zwei wichtigsten Punkte, die verbessert werden mussten, waren die ungleich verteilten Zykluszeiten und das Handling der Bestände zwischen den Arbeitsplätzen. Der erste Gedanke dazu sollte zwar die heftigsten Diskussionen hervorrufen, erwies sich letztendlich als die optimalste Lösung. Statt der vier Vormontageschritte sollten zwei Arbeitsplätze eingerichtet werden, an denen ein Teil komplett gebaut werden könnte. Das Hauptargument der Mitarbeiter gegen diese Lösung war, dass sie die verwendeten Werkzeuge für jedes Teil aufnehmen und ablegen müssten, was in der Zeitaufnahme Teil der Wertschöpfung war. In der Ausgangssituation wurde z. B. ein Elektroschrauber einmal in die Hand genommen und dann 20 Stück hintereinander verschraubt. Dann wurde ein anderes Werkzeug genommen und der Arbeitsgang mit diesem Werkzeug wieder 20-mal durchgeführt. Dies wurde als die effizienteste Vorgehensweise betrachtet. Letztendlich stimmten alle Beteiligten einer Simulation zu, in der ein Arbeitsplatz so eingerichtet wurde, dass alle Inhalte der vier Vormontagen durchgeführt werden konnten. Das Ergebnis überzeugte selbst die kritischsten Mitarbeiter. Aus einer Gesamtzykluszeit von 208 s mit 111 s wertschöpfendem Anteil wurden 96 s Zykluszeit. Bild 1.21 zeigt, wie das Layout nach dieser Simulation umgestellt wurde. Aus den vier Vormontagearbeitsplätzen, die in einer Linie aufgestellt waren, wurden zwei Arbeitsplätze, die durch ein Rollenband mit der Endmontage verbunden waren. Jeder einzelne Arbeitsplatz musste natürlich mit allen Werkzeugen, Vorrichtungen und Materialien ausgestattet werden, was ein geringes Investment benötigte. Neben der Produktivitätssteigerung wurden zusätzlich noch die Durchlaufzeiten und der Platzbedarf reduziert.



**Bild 1.21** Layout vor und nach der Verbesserung

**Fallbeispiel 1.4** Wartezeiten in einer Serienfertigung – Produktivitätssteigerung durch Reduzierung der Anlagengeschwindigkeit

*Ausgangssituation:*

Der Produktionsbereich (Bild 1.22) bestand aus drei Anlagen, zwei Nietanlagen führten dieselben Arbeitsschritte durch und einem Schweißroboter, wobei alle drei über ein Förderband mit Teilen versorgt wurden. An den Nietanlagen legten zwei Mitarbeiter die Teile in die Vorrichtungen am Förderband, am Schweißroboter waren es drei. Am Ausgang jeder Maschine stand jeweils ein weiterer Mitarbeiter, um die Teile auf ein Gestell, welches zum nächsten Arbeitsgang Lackierung gebracht wurde, zu hängen.