

Tin-Chih Toly Chen  
Yi-Chi Wang

# Künstliche Intelligenz und schlanke Produktion

 Springer Vieweg

# Künstliche Intelligenz und schlanke Produktion

Tin-Chih Toly Chen · Yi-Chi Wang

# Künstliche Intelligenz und schlanke Produktion

 Springer Vieweg

Tin-Chih Toly Chen   
Department of Industrial Engineering  
and Management  
National Yang Ming Chiao Tung University  
Hsinchu, Taiwan

Yi-Chi Wang   
Department of Industrial Engineering  
and Systems Management  
Feng Chia University  
Taichung, Taiwan

ISBN 978-3-031-44279-7      ISBN 978-3-031-44280-3 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-44280-3>

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

Dieses Buch ist eine Übersetzung des Originals in Englisch „Artificial Intelligence and Lean Manufacturing“ von Chen, Tin-Chih Toly, publiziert durch Springer Nature Switzerland AG im Jahr 2022. Die Übersetzung erfolgte mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (maschinelle Übersetzung). Eine anschließende Überarbeitung im Satzbetrieb erfolgte vor allem in inhaltlicher Hinsicht, so dass sich das Buch stilistisch anders lesen wird als eine herkömmliche Übersetzung. Springer Nature arbeitet kontinuierlich an der Weiterentwicklung von Werkzeugen für die Produktion von Büchern und an den damit verbundenen Technologien zur Unterstützung der Autoren.

Übersetzung der englischen Ausgabe: „Artificial Intelligence and Lean Manufacturing“ von Tin-Chih Toly Chen und Yi-Chi Wang, © The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2022. Veröffentlicht durch Springer International Publishing. Alle Rechte vorbehalten.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Nature Switzerland AG 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Anthony Doyle

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Nature Switzerland AG und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundlagen im Lean Management</b> .....	1
1.1 Einführung .....	1
1.2 Grundkonzepte der schlanken Fertigung .....	2
1.2.1 3M und Sieben Verschwendungen .....	2
1.2.2 5S .....	3
1.2.3 Toyota Produktionssystem (TPS) .....	4
1.2.4 Just in Time (JIT) .....	4
1.2.5 Gesamtproduktive Instandhaltung (TPM) .....	5
1.2.6 Kanbans .....	6
1.2.7 Spaghetti-Diagramm .....	7
1.2.8 Trommel Puffer Seil (DBR) .....	7
1.2.9 Wertstromkarte (VSM) .....	8
1.3 Entwicklung des Lean Manufacturing .....	9
1.4 Organisation dieses Buches .....	10
Literatur .....	11
<b>2 Künstliche Intelligenz in der Fertigung</b> .....	15
2.1 Künstliche Intelligenz (KI) .....	15
2.1.1 Maschinenintelligenz .....	16
2.2 KI-Anwendungen in der Fertigung .....	17
2.2.1 Induktives Lernen .....	17
2.2.2 Instanzbasiertes Lernen .....	18
2.2.3 Genetische Algorithmen .....	20
2.2.4 Künstliche Neuronale Netzwerke .....	22
2.2.5 Bayesianische Ansätze .....	24
2.2.6 Fuzzy-Logik .....	25
2.2.7 3D-Druck .....	26
2.2.8 Zufällige Wälder .....	27

2.3	AI-Anwendungen in Lean Manufacturing . . . . .	27
2.3.1	Motivation . . . . .	27
2.3.2	Anwendungsverfahren . . . . .	28
2.3.3	Aktuelle Praxis und Probleme . . . . .	29
2.3.4	Beispiele. . . . .	31
2.4	Überlegungen zur Einführung von KI in die schlanke Fertigung . . . . .	36
	Literatur. . . . .	37
<b>3</b>	<b>KI-Anwendungen im Kaizen-Management . . . . .</b>	<b>41</b>
3.1	Kaizen-Aktivitäten in der schlanken Produktion . . . . .	41
3.2	Schlankheit eines Produktionssystems . . . . .	41
3.3	AI-Anwendungen auf 5S . . . . .	45
3.4	AI-Anwendungen zur vorausschauenden Wartung . . . . .	51
3.5	Reduzierung der Zykluszeit . . . . .	56
	Literatur. . . . .	57
<b>4</b>	<b>KI-Anwendungen in Pull-Produktion, JIT und Produktionsnivellierung . . . . .</b>	<b>59</b>
4.1	Einführung . . . . .	59
4.2	AI-Anwendungen für Pull-Produktion . . . . .	60
4.2.1	Fuzzy-Logik für Pull-Produktion unter Unsicherheit . . . . .	60
4.2.2	Künstliche neuronale Netzwerke zur Schätzung der Zykluszeit und zur Auftragsplanung in der Pull-Produktion . . . . .	64
4.3	AI-Anwendungen für JIT. . . . .	68
4.3.1	3D-Druckanwendungen für Lean Manufacturing . . . . .	68
4.3.2	3D-Druck und JIT . . . . .	70
4.4	Produktionsausgleich. . . . .	75
4.4.1	Produktionsnivellierung basierend auf TAKT-Zeit . . . . .	75
4.4.2	Cloud Manufacturing Anwendung zur Produktionsnivellierung . . . . .	76
	Literatur. . . . .	78
<b>5</b>	<b>KI-Anwendungen im Shop Floor Management in Lean Manufacturing. . . . .</b>	<b>81</b>
5.1	Shop Floor Management . . . . .	81
5.1.1	Einführung . . . . .	81
5.1.2	Shop Floor Management in der Lean Production . . . . .	81
5.1.3	Notwendigkeit von Künstlicher Intelligenz Anwendungen im Shop Floor Management . . . . .	82
5.2	AI-Anwendungen für Shop Floor Management in Lean Manufacturing. . . . .	83
5.2.1	Lean Data . . . . .	83
5.2.2	Schlanke Instandhaltung . . . . .	84

5.2.3	Digitalisierte Kanbans . . . . .	85
5.2.4	Machine Learning und Industrie 4.0 Anwendungen auf Single-Minute Exchange of Die (SMED) . . . . .	87
5.2.5	Genetische Programmierung zur Bestimmung der Anzahl der Kanbans . . . . .	93
5.3	Schlussfolgerungen . . . . .	95
	Literatur. . . . .	96

# Kapitel 1

## Grundlagen im Lean Management



### 1.1 Einführung

**Schlanke Fertigung**, oder **Lean Sigma**, stammt aus Japan und ist ein bekanntes Werkzeug zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Herstellern weltweit. Schlanke Fertigung verbessert die Planung, Kontrolle und Verwaltung eines Fertigungssystems durch den Einsatz einfacher und effektiver Werkzeuge wie Kanbans, Taktgeber, Wertstrom-Mapping, 5s, Just-in-Time (JIT), Standardbetriebsverfahren, Lastausgleich, Pull-Fertigung und andere, wie in Abb. 1.1 dargestellt. Gemeinsame Merkmale dieser Werkzeuge sind Transparenz, Verständlichkeit und Kommunikation sowie Benutzerfreundlichkeit. Die Philosophie der geringen Stückzahl und hohen Vielfalt sowie der Pull-Produktion in der schlanken Fertigung ist jedoch möglicherweise nicht für alle Arten von Fabriken geeignet. Dennoch sind einige Konzepte und Techniken des Lean Managements für alle Fabriken von Referenzwert.

**Toyota Produktionssystem (TPS)** gilt als Vorläufer der schlanken Fertigung. TPS wurde erfolgreich in Fabriken und Lieferketten weltweit angewendet, um Zykluszeiten zu verkürzen, Ausgaben zu regulieren, Entscheidungsprozesse zu erleichtern, Kosten zu senken und die Sicherheit der Arbeiter zu erhöhen [1, 2].

Bisher wurden die Konzepte und Techniken der schlanken Fertigung auf nicht-produzierende Bereiche angewendet, was zur Bildung des sogenannten „Lean Thinking“ führte, das darauf abzielt, „mehr mit weniger“ zu tun [3].

Laut Sanders et al. [4] gibt es vier Erfolgsfaktoren für die schlanke Fertigung:

- Lieferantenbeziehung;
- Prozess und Kontrolle;
- Menschliche Faktoren;
- Kundenorientierung.

Aus Sicht von Melo et al. [5] sind auch menschliche Faktoren und Ergonomie wichtige Überlegungen bei der Planung einer schlanken Arbeitsumgebung. Tat-

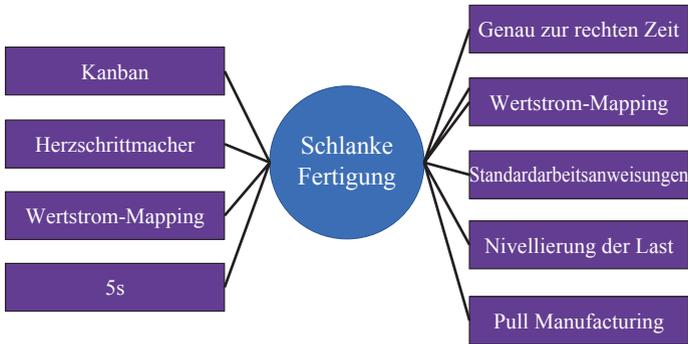


Abb. 1.1 Technologien der schlanken Fertigung

sächlich sind schlanke Fertigungsumgebungen eher dazu in der Lage, die Gesundheit und Sicherheit der Arbeiter zu gewährleisten.

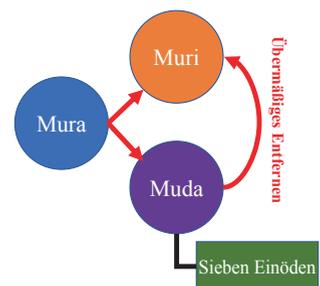
## 1.2 Grundkonzepte der schlanken Fertigung

### 1.2.1 3M und Sieben Verschwendungen

Schlanke Produktion zielt darauf ab, drei Arten von Abweichungen zu beseitigen [2, 6], die in Abb. 1.2 dargestellt sind:

- **Muda:** Muda beinhaltet Aktivitäten, die keinen Wert hinzufügen. Die Ergebnisse solcher Aktivitäten sind in der Regel Abfall, d. h. die sogenannten sieben Arten von Verschwendungen – Überproduktion, Warten, Transport, Überverarbeitung, Lagerbestand, unnötige Bewegungen und Produktfehler.
- **Mura:** Mura weist auf die Variabilität, Inkonsistenz, Ungleichmäßigkeit, Nicht-Uniformität oder Unregelmäßigkeit in der Produktion (in Zeit, Menge

Abb. 1.2 3M und sieben Verschwendungen



oder Qualität) hin. Das Vorhandensein von Mura führt zu den **sieben Verschwendungen**.

- **Muri:** Muri bezieht sich auf Situationen, in denen Bediener oder Maschinen über ihre Grenzen hinaus arbeiten. Überlastung, Übermaß und Unvernunft sind einige Synonyme für Muri. Muri kann aus Mura oder der übermäßigen Beseitigung von Muda resultieren.

Daher sind Aktivitäten wertsteigernd, wenn sie Verschwendungen vermeiden und genau das produzieren, was benötigt wird, wo und wann es benötigt wird.

Die Beseitigung von 3M beginnt in der Regel mit der Beseitigung von Muda (d. h. sieben Verschwendungen). Manager sollten sofort Überproduktion und unnötiges Warten, Versand, Handhabung, Lagerbestand, Aktionen oder Korrekturen angehen. Tatsächlich verringern sich nach der Beseitigung von Muda, Mura und Muri auch, was die Arbeitsumgebung und auch die Arbeitsleistung verbessert [5].

## 1.2.2 5S

**5S** beinhaltet eine Reihe von Verbesserungsmaßnahmen auf der Werkstattfläche, die darauf abzielen, die Werkstattfläche sauberer, ordentlicher, hygienischer und sicherer zu machen. Solche Aktivitäten sind in fünf Kategorien unterteilt: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu und Shitsuke [7], wie in Tab. 1.1 definiert. Für die Japaner sind 5S tatsächlich eine tägliche Praxis der Lebensweisheit, daher sind sie leicht in Managementpraktiken zu integrieren [8]. 5S erreichen Kosteneffizienz durch Maximierung von Effizienz und Effektivität. Im Lean Manufacturing gehören 5S zu den am weitesten verbreiteten und leicht wirksamen Verbesserungsmaßnahmen. In vielen Organisationen wurden jedoch nur die ersten drei S-Aktivitäten durchgeführt, was die möglichen Vorteile einschränkte [9].

Der rasche Fortschritt der Computer- und Informationstechnologien hat die Durchführung von 5S-Aktivitäten diversifiziert. Nach den Erkenntnissen von Gapp et al. [10] ist eine Organisationswebsite ein geeigneter Kanal zur Verbreitung von Informationen über 5S-Praktiken. Ob **künstliche Intelligenz (KI)**, als die fortschrittlichste Computer- und Rechentechnologie, auf 5S-Aktivitäten angewendet

**Tab. 1.1** Definitionen von 5S

Kaizen-Aktivität	Definition
Seiri	Unnützes Zeug wegwerfen
Seiton	Materialien, Werkstücke, Werkzeuge, Fertigwaren usw. ausrichten, sortieren
Seiso	Die Werkstattfläche reinigen
Seiketsu	Die Sauberkeit der Werkstattfläche aufrechterhalten
Shitsuke	Menschen dazu erziehen, sich an die kontinuierliche Durchführung von 5S-Aktivitäten zu gewöhnen