

# Implementierung und Optimierung eines Manufacturing Execution System für Montagebänder

---

## Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades  
„Master of Science (M. Sc.)“ im Studiengang  
Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik  
und Informatik, Fakultät für Maschinenbau und der  
Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät  
der Leibniz Universität Hannover

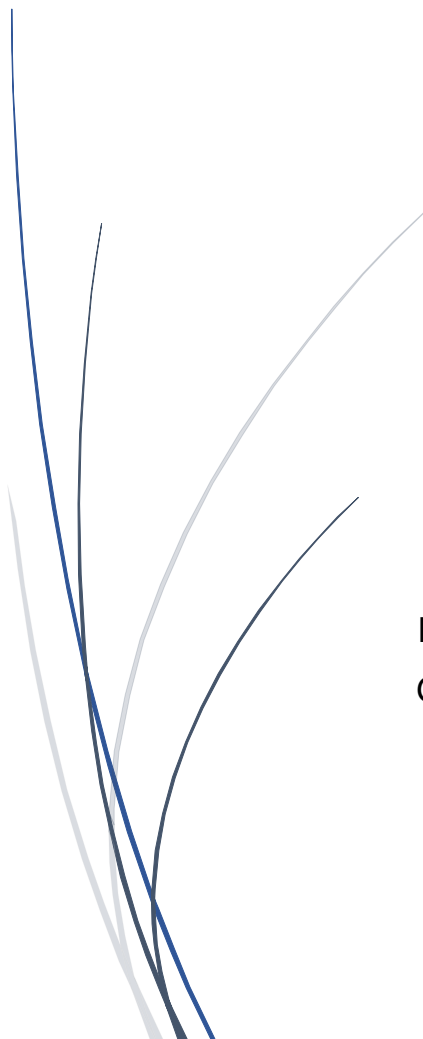
vorgelegt von

Name: Nikolas    Vorname: Arthur

Prüfer

Prof. Dr. Michael H. Breitner  
Direktor des Institutes für Wirtschaftsinformatik  
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Hannover, den 20.12.2018  
(Datum der Abgabe)



# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	I
Tabellenverzeichnis .....	II
Abkürzungsverzeichnis .....	II
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation und Relevanz .....	1
1.2 Zielsetzung .....	4
1.3 Struktur der Arbeit .....	5
<b>2 Stand der Wissenschaft .....</b>	<b>7</b>
2.1 Literaturrecherche nach Webster und Watson .....	7
2.2 Manufacturing Execution System .....	10
2.2.1 Entwicklung MES-Systeme .....	11
2.2.2 Einordnung MES-System .....	13
2.2.3 MES-Anforderungen und Aufgaben .....	15
2.2.4 Implementierung eines MES-Systems .....	19
2.2.5 IT-Struktur und Individual- vs. Standardlösung .....	21
2.2.6 MES als soziotechnisches System .....	24
2.3 Montagebänder im variantenreichen Produktionsbetrieb .....	26
2.3.1 Definition und Klassifizierung .....	26
2.3.2 Prozessorientierung und Wertschöpfung .....	27
2.3.3 Ablauforganisation und Montageorganisationsformen .....	28
2.3.4 Aufgaben und Anforderungen .....	31
2.3.5 Einflussgrößen und zielorientierte Prozessverbesserung .....	32
2.3.6 Digitalisierung in der Montage .....	33

<b>3</b>	<b>MES-Systeme für mittelständische Unternehmen.....</b>	<b>35</b>
3.1	Definition und Einordnung von mittelständischen Unternehmen .....	35
3.2	Zielsetzungen und Nutzungspotential.....	36
3.3	Darstellung der Herausforderung durch Risiken.....	41
3.3.1	Datensicherheit und -schutz .....	41
3.3.2	Komplexität der Einführung.....	43
3.3.3	Risikomanagement für MES-Systeme .....	44
<b>4</b>	<b>Einzelfallstudie: Implementierung und Optimierung eines MES-Systems. 47</b>	
4.1	Unternehmen.....	48
4.2	Konzeptentwicklung.....	51
4.3	Ist-Analyse der Prozesse in der Produktion.....	53
4.3.1	Montage und Montageprozesse.....	53
4.3.2	Kennzahlen in der Montage .....	56
4.3.3	MES-System im Line-off Bereich .....	61
4.4	Anforderungen an ein MES-System .....	66
4.5	Optimierungsvoraussetzungen für das Montageband .....	69
4.6	Implementierung des MES-Systems .....	71
4.6.1	Konzeptentwicklung für das Zeit- und Standorttracking der Aufträge ...	72
4.6.2	Zusammenfassung der Konzepte .....	77
4.6.3	Bewertungsmethode Nutzwertanalyse.....	79
4.6.4	Bewertung und Konzeptempfehlung .....	81
4.7	MES-System am Montageband.....	82
4.8	Zukunftsszenarien .....	84
<b>5</b>	<b>Limitationen, Diskussion und Handlungsempfehlungen.....</b>	<b>87</b>
5.1	Limitationen .....	87
5.2	Diskussion und Handlungsempfehlungen .....	88

<b>6</b>	<b>Fazit und Ausblick.....</b>	<b>90</b>
	Literaturverzeichnis .....	92

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation und Relevanz

*„Je mehr wir uns mit dem Thema Industrie 4.0 beschäftigen, umso klarer werden uns drei Dinge:*

- 1. dass uns Industrie 4.0 hilft, langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben,*
- 2. dass Industrie 4.0 nur mit der Unterstützung von Manufacturing Execution Systemen (MES)<sup>1</sup> funktionieren kann und*
- 3. dass die Potentiale, die in der Anwendung selbst bzw. in der Organisation stecken, deutlich höher sind, als die Vorteile neuer Technologien.“*

-Prof. Dr.-Ing Jürgen Kletti<sup>2</sup>

Der Begriff *Industrie 4.0* wurde durch eine Initiative der deutschen Bundesregierung aus dem Jahre 2011 geprägt, die das Ziel impliziert Unternehmen für die Produktion von Industrieprodukten effizienter vorzubereiten. In der Literatur existieren viele Deutungsansätze von *Industrie 4.0*. Zusammenfassend ist darunter die Vernetzung der in Unternehmen eingesetzten Informations- und Kommunikationssysteme sowie Betriebsmittel und Mitarbeiter<sup>3</sup> zu verstehen.<sup>4</sup>

Viele Unternehmen hatten in der Vergangenheit eine überschaubare Produktpalette, die ohne die Potentiale der Digitalisierung zu handhaben war. Die Anforderungen sind in den letzten Jahren allerdings stark angestiegen. Einerseits hat sich in vielen Betrieben die zu fertigende Variantenanzahl erhöht, allein bei PKWs gibt es mehrere tausend Möglichkeiten der Sitzvariante. Andererseits sind die Produkte komplexer

---

<sup>1</sup> auf Deutsch: Fertigungsmanagementsysteme.

<sup>2</sup> Mpdv, 2015 S. 2.

<sup>3</sup> Es sind stets Personen weiblichen und männlichen Geschlechts gleichermaßen gemeint; aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit werden im Folgenden männliche Formen verwendet.

<sup>4</sup> Vgl. Koether, et al., 2017 S. 126.

geworden. Der Arbeitsumfang von Baugruppen, die montiert werden müssen, steigt an, vor allem Zulieferer müssen komplexere Produkte liefern können, um am Markt bestehen zu können. Es bedarf neuer Technologien und flexiblerer Produktionssysteme, damit dieser Entwicklung entgegengetreten werden kann.<sup>5</sup>

Durch die voranschreitende Globalisierung und durch neue Technologien werden die Märkte deutlich transparenter. Eine Folge davon ist ein verschärfter Wettbewerb.<sup>6</sup> Die stetigen Weiterentwicklungen in den Produktionsverfahren erhöhen die Komplexität in dem kompletten Produktionszyklus. Unter dem Schlagwort *Industrie 4.0* findet eine Vernetzung der Produktionsprozesse, mit dem Ziel der Schaffung einer digitalen Fabrik, statt.<sup>7</sup>

In kleinen und mittelständischen deutschen Unternehmen spielte das Thema der Digitalisierung in der Vergangenheit keine relevante Rolle. Argumente, dass die Digitalisierung von Prozessen zu teuer sei oder benötigte Ressourcen fehlen würde, verlieren zunehmend an Bedeutung, weil viele Unternehmen erkennen, dass das Umfeld und alle Geschäftsfelder diesem Wandel unterliegen.<sup>8</sup>

*„In IT<sup>9</sup> und IS<sup>10</sup> zu investieren ist teuer, nicht zu investieren oft noch teurer.“*

-Prof. Dr. Michael H. Breitner<sup>11</sup>

Eine zu späte Reaktion auf den Wandel könnte ggf. bedeuten, dass Unternehmen den heutigen Anforderungen nicht mehr genügen und von Mitbewerbern vom Markt gedrängt werden. Um weiterhin konkurrenzfähig zu bleiben, beginnen viele Unternehmen neue Projekte, die die Weiterentwicklung des digitalen Arbeitsumfeldes als Ziel haben.<sup>12</sup> Besonders die Produktion ist der Bereich, in dem die Unternehmen

---

<sup>5</sup> Vgl. Block, et al., 2018 S. 1.

<sup>6</sup> Vgl. Kletti, et al., 2014 S. 6.

<sup>7</sup> Vgl. Obermaier, 2017 S. 255.

<sup>8</sup> Vgl. ebd.

<sup>9</sup> Informationstechnik.

<sup>10</sup> Informationssystem(e).

<sup>11</sup> Breitner, 2017.

<sup>12</sup> Vgl. Kletti, et al., 2014 S. 2.

das größte Verbesserungspotential in Hinblick auf die Digitalisierung von Prozessen sehen, z. B. in der Verfügbarkeit von Echtzeit-Daten (vgl. Abbildung 1.1).

In welchem Unternehmensbereich würden Ihnen aktuelle Daten aus der Produktion den größten Mehrwert bringen?

(n=526, Mehrfachnennungen möglich)

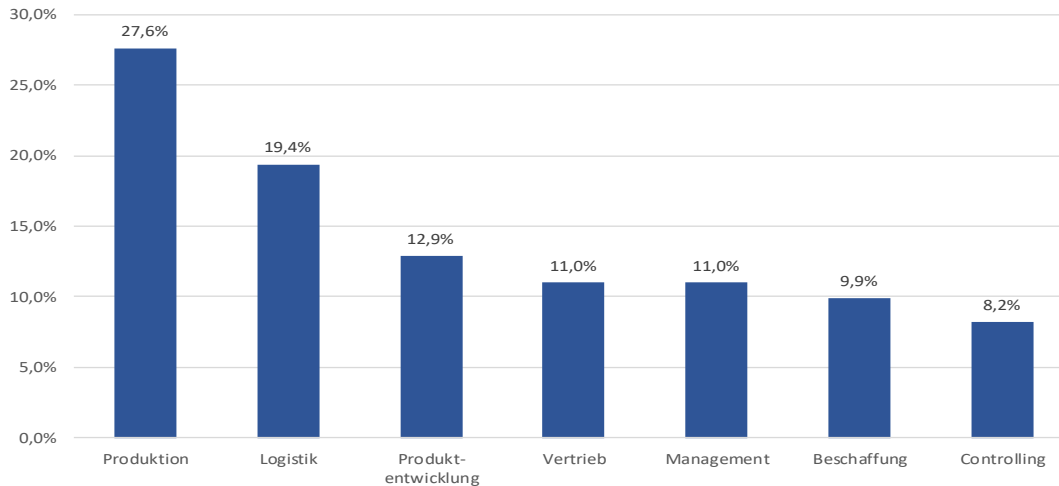


Abbildung 1.1 Mehrwert von aktuellen Daten nach Unternehmensbereichen<sup>13</sup>

Dadurch, dass mehr Firmen dem Trend der Digitalisierung der Geschäftsprozesse folgen, kann die wissenschaftliche Betrachtung dieser Entwicklung ein relevantes Potential aufzeigen und mit *Best Practice* Ansätzen mögliche Lösungsvorschläge bieten. Eine Kostengünstigere Produktion und eine Steigerung der Termintreue sind u. a. die angestrebten Ziele durch die Einführung neuer Systeme in der Wertschöpfungskette.

Zur Unterstützung von digitalen und vernetzten Prozessen können MES-Systeme implementiert werden. Im Gegensatz zu ERP-Systemen (Enterprise Resource Planning), die für die Grobplanung eines Unternehmens eingesetzt werden, sind MES-Systeme zur Feinplanung der betrieblichen Prozesse entwickelt worden. Der größte Vorteil von MES-Systemen ist die Zurverfügungstellung von Echtzeit-Daten, die zu weiterführenden Analysen genutzt werden können. Diese Systeme können abhängig vom Anbieter viele Funktionen beinhalten und mehrere Bereiche einer Fabrik abdecken, wie bspw. das Personal- oder Qualitätsmanagement. Diese Arbeit wird sich

<sup>13</sup> In Anlehnung an Müller, 2016.

hauptsächlich mit den Funktionen für die Montage beschäftigen. Eine Betrachtung aller Funktionsmöglichkeiten (vgl. Kapitel 2.2.3) würde den Umfang dieser Arbeit übersteigen.

## 1.2 Zielsetzung

*Industrie 4.0* und somit die Vernetzung aller Geschäftsbereiche ist, wie im eröffnenden Zitat dargestellt, eine unaufhaltsame Entwicklung. Diese Arbeit legt einen besonderen Fokus auf kleine und mittelständische Unternehmen. Die finanziellen und personellen Ressourcen sind in diesen Unternehmen oft beschränkt. Deshalb wird im dritten Kapitel auch in Hinblick auf die Einzelfallstudie folgende Fragestellung formuliert:

*Welchen Effekt hat die Implementierung eines MES-Systems für die operativen und strategischen Geschäftsfelder eines mittelständischen Unternehmens?*

Anschließend folgt im vierten und praxisbezogenen Kapitel darauf aufbauend die Betrachtung:

*Welche Grundvoraussetzungen müssen geschaffen werden, um eine optimale Implementierung eines MES-Systems am Montageband zu ermöglichen?*

Die Konzepterstellung und -bewertung stehen in diesem Kapitel im Fokus. Ziel dieses Kapitels ist die Erarbeitung von Optimierungsmaßnahmen und eines Konzeptes zur Implementierung eines MES-Systems am Montageband. Dieses Konzept wird soweit entwickelt, dass eine Implementierung am Montageband ermöglicht wird. Dabei wird betrachtet, welche Auswertungsmöglichkeiten sich durch diesen Einsatz ergeben und wo das MES-System oder die vorhandenen Prozesse angepasst werden müssen.



### 1.3 Struktur der Arbeit

Diese Arbeit gliedert sich in sechs Kapitel (vgl. Abbildung 1.2). Nach der Einleitung wird der aktuelle wissenschaftliche Stand zu MES-Systemen und der Montage beschrieben. Anschließend erfolgt die Betrachtung inwieweit MES-Systeme in mittelständischen Unternehmen implementiert werden können und welchen Einfluss sie haben. Dabei wird die erste Forschungsfrage, welchen Effekt die Implementierung eines MES-Systems für die operativen und strategischen Geschäftsfelder eines mittelständischen Unternehmens hat, untersucht.

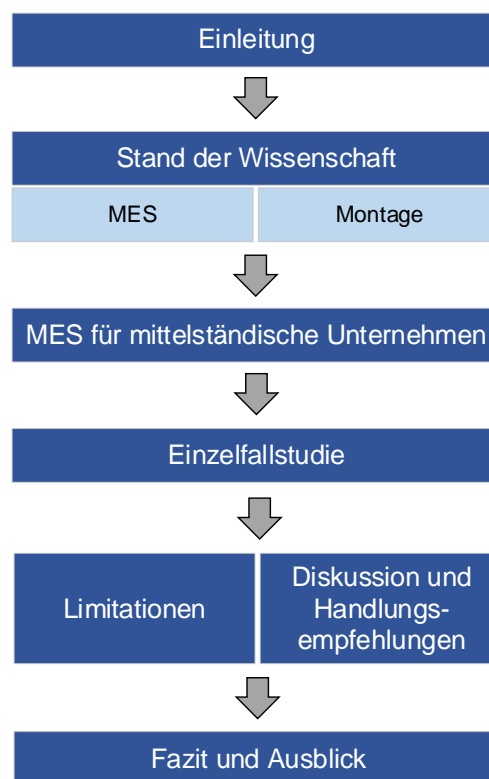


Abbildung 1.2 Gliederung der Arbeit<sup>14</sup>

Im vierten Kapitel erfolgt die Betrachtung einer Einzelfallstudie. In einem mittelständischen Unternehmen soll ein MES-System am Montageband eingeführt werden, wofür Konzepte zur Implementierung entwickelt und mit Hilfe einer Nutzwertanalyse bewertet werden. Der Fokus liegt auf der Konzepterstellung und der Erarbeitung der Optimierungsmaßnahmen. Aufgrund des zeitlich begrenzten Rahmens dieser Arbeit wird die Implementierung des MES-Systems am Montageband

<sup>14</sup> Eigene Darstellung.

nicht betreut. Die Betrachtung der Einzelfallstudie endet mit der Konzeptempfehlung und möglichen Zukunftsvisionen. Nach den Limitationen und der Diskussion mit Handlungsempfehlungen schließen ein Fazit und Ausblick die Arbeit ab.

## 6 Fazit und Ausblick

MES-Systeme werden langfristig eine relevante Rolle in Unternehmen spielen. Die Digitalisierung und Vernetzung aller denkbaren Geschäftsprozesse werden diese Entwicklung fördern. Speziell kleine und mittelständische Unternehmen, die in der Vergangenheit diesem Trend noch skeptisch gegenüberstanden und teilweise keine Chancen hatten sich in diese Richtung weiterzuentwickeln, werden in Zukunft mehr in Projekte unter dem Stichpunkt *Industrie 4.0* investieren müssen, um am Markt bestehen zu können. Im operativen und strategischen Geschäftsumfeld können MES-Systeme wichtige Wettbewerbsvorteile generieren. Kürzere Durchlaufzeiten und eine verbesserte Termintreue senken die Kosten und erhöhen die Kunden-zufriedenheit

Im Kapitel der Einzelfallstudie wurden mehrere Konzepte erarbeitet wie das MES-System Xetics, das bereits im Line-off Bereich eingesetzt wird, am Montageband implementiert werden kann. Die benötigten Optimierungsmaßnahmen, um das System effizient und im benötigten Umfang nutzen zu können, müssen erst in das MES-System eingepflegt werden. Bis zur Umsetzung dieser Anforderungen kann eine Implementierung des MES-Systems unter dem Aspekt der Sammlung von Erfahrung erfolgen. Nach der Einführung ist es relevant die Implementierung des MES-Systems und den Einsatz in der Montage zu analysieren und zu evaluieren. Anhand dessen können Maßnahmen abgeleitet werden, um das System und das Einsatzpotential weiter zu optimieren. Des Weiteren muss in regelmäßigen Abständen während des Einsatzes betrachtet werden, wie die Nutzung kontinuierlich verbessert werden kann. Dadurch wird gewährleistet, dass neue Potentiale erkannt werden können und dadurch die Effizienz des Systems erhöht werden kann.

Durch technischen Fortschritt entwickeln sich MES-Systeme und deren Funktionen und Einsatzmöglichkeiten kontinuierliche weiter. Ein Überblick über die aktuellen und zukünftigen technischen Entwicklungen sollte fortlaufend erstellt werden. Langfristig ist zur Entlastung der Mitarbeiter ein automatisches Tracking, wodurch nichtwert-schöpfende Zeit für das An- und Abmelden von Aufträgen entfällt, zu favorisieren. Aufgrund von Faktoren wie den Kosten können Konzepte, die diesen automatischen

Ansatz verfolgen, nicht immer umgesetzt werden. Durch den technischen Fortschritt, werden diese Lösungen günstiger, weshalb der optimale Zeitpunkt bestimmt werden muss, an dem auf ein neues Konzept umgestellt werden kann.