

# Chancen und Herausforderungen im Produktionscontrolling vor dem Hintergrund des Industrial Internet of Things

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B.Sc.)“ im Studiengang Wirtschaftswissenschaft der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Name: Kreuzmann



Vorname: Tim



Prüfer: Prof. Dr. Michael H. Breitner

Hannover, 26.04.2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Produktion und Produktionscontrolling</b> .....	<b>5</b>
2.1 Produktion .....	5
2.2 Produktionsplanung und -steuerung .....	7
2.3 Produktionscontrolling .....	10
2.3.1 Informationsversorgung .....	11
2.3.2 Organisation .....	12
2.4 Zwischenfazit .....	13
<b>3 Produktionsdigitalisierung</b> .....	<b>14</b>
3.1 Herkunft und Definition von Digitalisierung .....	14
3.2 Herkunft und Definition von Industrie 4.0 .....	15
3.2.1 Cyber-physische Systeme .....	17
3.2.2 Industrial Internet of Things .....	18
3.3 Einsatz von IKT-Systemen und Definition von Echtzeit .....	20
3.4 Echtzeitdaten im Produktionscontrolling .....	25
<b>4 Methodisches Vorgehen</b> .....	<b>26</b>
4.1 Grundlagen von Literaturrecherchen .....	26
4.1.1 Literaturrecherche nach Webster und Watson .....	27
4.1.2 Literaturrecherche nach Templier und Paré .....	27
4.2 Durchführung der Literaturrecherche .....	28
4.2.1 Verwendete Suchbegriffe .....	30
4.2.2 Ein- und Ausschlusskriterien .....	30
4.2.3 Eingeschlossene Studien .....	31
<b>5 Chancen, Herausforderungen und Implikationen</b> .....	<b>33</b>
5.1 Chancen .....	33
5.1.1 Echtzeitsteuerung .....	33
5.1.2 Echtzeitplanung .....	34
5.1.3 Zugriff auf neue Datenquellen .....	35
5.1.4 Prozessverbesserungen .....	36
5.1.5 Chancen in der Organisation .....	38
5.2 Herausforderungen .....	43
5.2.1 Datenqualität .....	43
5.2.2 Wandlungsfähigkeit .....	44
5.2.3 Zentralisierung .....	45
5.2.4 Komplexität .....	46
5.2.5 Kompetenzentwicklung .....	47
5.2.6 Datensicherheit und Datenschutz .....	49
5.3 Implikationen .....	53
5.3.1 Schlussfolgerungen .....	53
5.3.2 Implikationen für das Management .....	54
<b>6 Limitationen</b> .....	<b>58</b>
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>59</b>
<b>8 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>61</b>

## 1 Einleitung

*„Industrie 4.0 ist eine Revolution, die die 2020er-Jahre bestimmen wird. Sie wird ganze Geschäftsmodelle und die Industrie weltweit verändern.“<sup>1</sup>*

- Joe Kaeser, 2015

Dieses Zitat macht deutlich: Durch die ausgerufene vierte industrielle Revolution stehen der produzierenden Industrie enorme Veränderungen bevor. „Industrie 4.0“ steht für eine neuartige Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette, sie orientiert sich an den zunehmend personalisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag, über die Entwicklung und Fertigung sowie die Auslieferung des Produktes an den Endkunden bis hin zum Recycling und versucht, diese Prozesse digital abzubilden. Kern der Industrie 4.0 bildet ein Dreiklang aus Digitalisierung, Automatisierung und Individualisierung. Moderne Unternehmen im Produktionsumfeld setzen künftig in „Smart Factories“ intelligente Kommunikations- und Informationssysteme ein, die zu einem „Industrial Internet of Things“ (IIoT) vernetzt werden und bei denen Betriebsdaten in Echtzeit erfasst werden. Selbstlernende Maschinen steuern und regeln Produktionsprozesse automatisch, basierend auf den erfassten Daten. Zweck einer Smart Factory ist die Errichtung einer intelligenten Wertschöpfungskette, welche über alle produzierenden und logistischen Prozesse hinweg optimiert werden kann und dabei auch die unternehmensübergreifende Position innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerks berücksichtigt<sup>2</sup>. Bei der Umsetzung des IIoT fallen enorme Datenmengen an. Die Verarbeitung dieser Daten wird durch „Big Data“-Anwendungen realisiert<sup>3</sup>.

Indes gilt die produzierende Industrie als einer der größten Wirtschaftsfaktoren Deutschlands. Gestützt wird diese Erkenntnis von volkswirtschaftlichen Erhebungen. So ist der Industriesektor einer der größten Nachfrager von Arbeitskraft: Im vierten Quartal 2020 befanden sich 18,1 % der Gesamtbeschäftigten in der Produktion. Dabei lag im vierten Quartal 2019 und somit vor Ausbruch der COVID-19-Pandemie der Anteil mit 18,4 % sogar etwas höher<sup>4</sup>. Mit einem Anteil am Bruttoinlandsprodukt von 24,2 % kommt der Produktionsindustrie für die gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung eine noch größere Bedeutung zu<sup>5</sup>. Obendrein geben in einer Befragung von 235 deutschen Industrieunternehmen 90 Prozent der Teilnehmenden an, dass Industrie 4.0 ein sehr wichtiger Faktor für die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands ist<sup>6</sup>. Derlei Aspekte verdeutlichen die Relevanz von Untersuchungen zu Industrie-4.0-induzierten Veränderungen. In diesem Kontext wird der Begriff anhand von Erläuterungen der ersten drei industriellen Revolutionen verdeutlicht (vgl. Abbildung 1).

Vor den Veränderungen in der Landwirtschaft und der Viehhaltung vor etwa 10.000 Jahren waren Menschen Jäger und Sammler. Aufgrund der Agrarrevolution kam es zu einem sprunghaften Anstieg der Lebensmittelproduktion sowie zu entsprechendem

---

<sup>1</sup> Rahmann et al., 2015, o.S.

<sup>2</sup> Vgl. BMWi, 2019.

<sup>3</sup> Vgl. Luber, 2019.

<sup>4</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt, 2021.

<sup>5</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt, 2020.

<sup>6</sup> Vgl. Geissbauer et al., 2014, S. 24.

Bevölkerungswachstum. Als Folge bildeten sich Städte. Nach dem Ende des Siebenjährigen Krieges wuchs die Bevölkerung im 18. Jahrhundert wieder rasant. Der damit verbundene Anstieg der Nachfrage erforderte eine Massenproduktion. In diesem Zusammenhang löste die Erfindung der Dampfmaschine die erste industrielle Revolution aus, wodurch die Industrie in der Lage war, diese Nachfrage zu bedienen. So konnte menschliche und tierische Muskelkraft durch mechanische Kraft, eingesetzt in mechanischen Produktionssystemen, substituiert werden. Die zweite industrielle Revolution wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch den Einsatz elektrisch betriebener Montagesysteme ausgelöst. In den frühen 1970er Jahren begann die dritte industrielle Revolution, wobei Elektronik und Informationstechnologie zur weiteren Automatisierung der Produktion eingesetzt wurden. In der vierten industriellen Revolution kommt Elektronik ebenso eine bedeutende Rolle zu. Dabei soll durch IIoT eine Vernetzung aller Prozesse innerhalb der Wertschöpfungskette ermöglicht werden. Zeitkorridore im Sekundenbereich sollen die Prozesse unterstützen. Diese Entwicklung ist auf die zunehmende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft zurückzuführen. Innerhalb der Industrie 4.0 kommunizieren und interagieren Menschen, Maschinen, Logistik und Produkte pausenlos miteinander<sup>7</sup>.

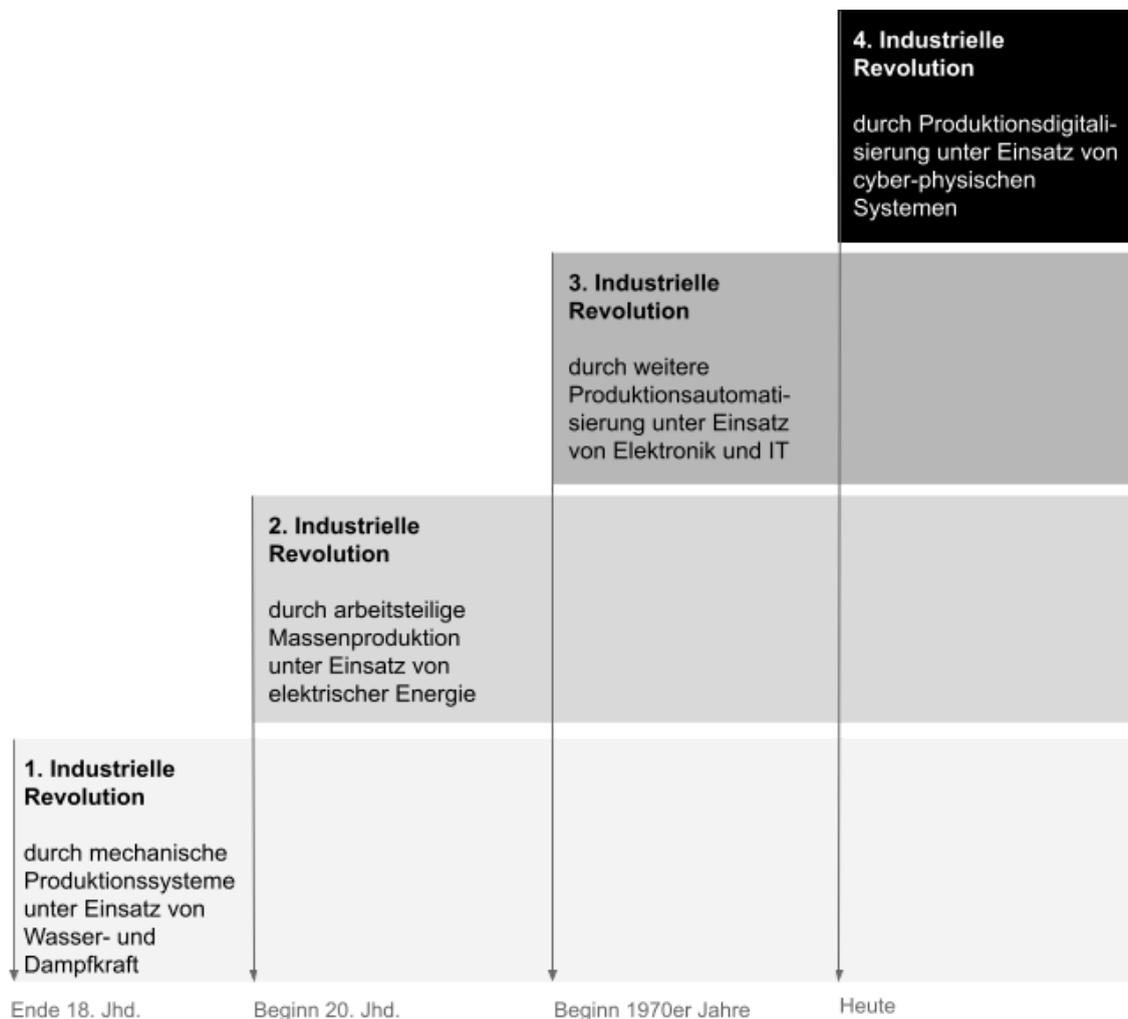


Abbildung 1: Industrielle Revolutionen (in Anlehnung an Sejdic, 2019, S. 36)

<sup>7</sup> Vgl. Heupel/Lange, 2019, S. 204.

In der vorliegenden Untersuchung werden Möglichkeiten herausgearbeitet, die sich im Kontext des IIoT für das Produktionscontrolling ergeben. Aufgabe des Controllings ist zunächst, Betriebsdaten zu analysieren und daraus Maßnahmen entsprechend der unternehmerischen Zielvorgaben abzuleiten<sup>8</sup>. Als ganzheitliches Steuer- und Regelungskonzept im Produktionsbetrieb ist das Produktionscontrolling von den Änderungen, die sich durch den technologischen Wandel ergeben, unmittelbar betroffen. Des Weiteren gilt die Erfassung und Verarbeitung von Produktionsdaten und -informationen als entscheidender Wettbewerbsfaktor im Kontext der Industrie 4.0. Peter Sondergaard, Executive Vice President of Research beim Marktforschungsunternehmen Gartner, stellt fest: „Informationen sind das Öl des 21. Jahrhunderts und Analyse der Verbrennungsmotor“<sup>9</sup>, wodurch die Bedeutung des Produktionscontrollings als zentrale Stelle im Produktionssystem unterstrichen wird. Die Arbeit stellt daher eine Analyse der Chancen und Herausforderungen durch das „Produktionscontrolling 4.0“ für Unternehmen vor.

Während sich viele Publikationen zum Thema IIoT vor allem der technischen Dimension widmen, indem selbige zum Beispiel neue Technologien zur Kommunikation innerhalb eines Produktionssystems realisieren, werden die Einflüsse auf die Arbeit in der Planung und Steuerung vergleichsweise nachlässig behandelt. Dennoch lassen sich mithilfe des IIoT neue Optimierungsmöglichkeiten innerhalb des Produktionscontrollings umsetzen. Als Beispiel sei die Verarbeitung von Echtzeitdaten genannt, die durch Verwendung von Algorithmen und Big-Data-Systemen ebenso in Echtzeit erfolgen kann. Dadurch sind beispielsweise Konflikte und Abweichungen innerhalb des Produktionssystems unmittelbar lokalisierbar. Methodengestützte IT-Anwendungen sind in der Lage, problematische Produktionsbereiche selbständig zu identifizieren und autonom Maßnahmen zur Problemlösung umzusetzen. Eine selbstorganisierte Kontrolle und Steuerung von Produktionssystemen könnte den menschlichen Faktor im Produktionscontrolling verdrängen beziehungsweise ersetzen. Die Untersuchung soll dazu beitragen, Erkenntnisse über die Auswirkungen durch Produktionscontrolling im Umfeld von IIoT zu erhalten sowie entsprechende Chancen und Herausforderungen festzustellen. Der besondere Fokus soll auf der Aufnahme, Auswertung und Verarbeitung von Betriebsdaten im Produktionssystem liegen, die durch IIoT-Technologien in Echtzeit zur Verfügung stehen. Dieser Fokus wird in der Forschungsfrage widergespiegelt:

**Forschungsfrage:**

Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für deutsche Produktionsbetriebe durch die Verfügbarkeit von Echtzeitdaten im Produktionscontrolling?

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wird in der vorliegenden Arbeit zunächst der Stand der Forschung bezüglich des IIoT und insbesondere der Verwendung von Echtzeitdaten im Produktionscontrolling dargelegt. Hier werden aktuelle Modelle, Methoden und Konzepte vorgestellt, die zur Integration von Betriebsdaten in Echtzeit und damit einhergehend zur digitalen Transformation im Produktionscontrolling geeignet sind.

<sup>8</sup> Vgl. Schäfers/Schmidt, 2015, S. 776.

<sup>9</sup> Mavuduru, 2020, o.S.

Den Schwerpunkt der Arbeit bildet die Erörterung von Chancen und Herausforderungen, die sich durch die Verwendung der neuen Technologien für Unternehmen ergeben. Basis dafür bildet eine qualitative Literaturanalyse. Abschließend werden Implikationen aus den Untersuchungsergebnissen hergeleitet.

In den Kapiteln 2 und 3 wird durch die Erläuterung relevanter Begrifflichkeiten und Grundlagen zunächst ein theoretischer Rahmen geschaffen. Anschließend wird das methodische Vorgehen bei der Literaturrecherche sowie bei der Durchführung der qualitativen Literaturanalyse in Kapitel 4 erläutert. Ergebnisse aus der Analyse werden in Kapitel 5 in Form von Chancen sowie Herausforderungen offengelegt und visualisiert. In der Folge werden Implikationen dargestellt, die sich aus den Chancen und Herausforderungen ergeben. Mögliche Limitierungen in der Untersuchung werden in Kapitel 6 aufgegriffen, bevor eine abschließende Zusammenfassung sowie ein Ausblick auf weiterführende Forschung in Kapitel 7 die Arbeit komplettiert.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Wie gezeigt wird, bewirkt die Verfügbarkeit von Echtzeitdaten im Zuge der Industrie 4.0 enorme Veränderungen in Produktionsbetrieben. Einerseits dynamische unternehmerische Rahmenbedingungen und andererseits technologischer Wettbewerbsdruck bedingen eine Auseinandersetzung mit Industrie 4.0 in der Praxis. In dieser werden künftig innovative IKT in Produktionsprozesse integriert, um diese in Echtzeit digital abzubilden. Dabei werden physische Systeme um digitale Funktionalitäten zu CPS erweitert und vernetzen so die gesamte Produktionsanlage im IIoT. Deren Hauptziel ist das intelligente Zusammenspiel von Produkten und Prozessen entlang der Wertschöpfungskette. Erforderliche Informationsflüsse werden durch MES abgebildet. Davon ausgehend wird in der vorliegenden Arbeit erörtert, welche Chancen und Herausforderungen die Verfügbarkeit von Echtzeitdaten im Produktionscontrolling ergibt. Im Zuge der Untersuchung wurden solche Daten als Echtzeitdaten betrachtet, deren Latenz im Sekundenbereich liegt. Verfügbarkeit von Echtzeitdaten im Produktionscontrolling beschreibt daher die durch Integration von IKT geschaffene Möglichkeit der Erfassung und Analyse von Betriebs- und Maschinendaten aus dem Produktionsbereich mit einer Datenlatenz im Sekundenbereich. Als geeignete Methode zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde eine qualitative Literaturanalyse identifiziert. Hierbei wurden insgesamt 25, vorrangig deutschsprachige, wissenschaftliche Publikationen analysiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Verfügbarkeit von Echtzeitdaten künftig die Steuerung und Planung aller Produktionsprozesse in Echtzeit ermöglicht. Daraus ergeben sich einerseits Chancen für Ressourcen- sowie weitere Kosteneinsparungen und andererseits Potenziale zur Steigerung der Produktivität und Reaktionsgeschwindigkeit. Zudem ermöglichen der unternehmensübergreifende Datenaustausch sowie der Zugriff auf weitere externe Datenquellen zusätzliche Chancen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz. Indes begünstigt die Echtzeitplanung aufgrund der höheren Qualität und Auflösung von Rückmeldedaten eine genauere Planung. Obendrein können weitere Planungsparameter in den Produktionsplan aufgenommen werden. Darüber hinaus befähigt die Verfügbarkeit von Echtzeitdaten zu umfangreichen Prozessverbesserungen. Hier ist insbesondere festzuhalten, dass die Optimierung der Datengrundlage und Analysefähigkeit zu einer leistungsfähigen sowie bedarfsgerechten Informationsversorgung führt. Ebendiese verbessert letztlich die Entscheidungsprozesse bei Führungskräften.

Zudem ergeben sich durch Echtzeitdaten neue Entwicklungsmöglichkeiten für Geschäftsmodelle, die auf einer unternehmensübergreifenden Vernetzung in Echtzeit basieren. Darüber hinaus entspringen Chancen für ein umfangreiches Selbstcontrolling der Entscheidungsträger. Dies ermöglicht dem Produktionscontrolling, neue Aufgaben wahrzunehmen und das Management strategisch zu unterstützen. Dadurch verändert sich das Rollenbild des Controllers vom reaktiven Analytiker hin zum proaktiven Business Partner der Unternehmensführung. Folglich steigen die Anforderungen an Controller, vor allem bezüglich sozialer und analytischer Kompetenzen. Hierneben steht das Produktionscontrolling vor der Aufgabe, Datensilos innerhalb einzelner Abteilungen aufzubrechen und eine zentrale Datenversorgung zu gewährleisten. Eine weitere bedeutende Herausforderung ist die steigende Komplexität der Produktionscontrolling-Aufgaben. So bieten sich im Berichtswesen zwar Potenziale durch Automatisierung und Standardisierung, allerdings werden zunehmend häufiger individuelle

Berichte angefordert. Als entscheidende Limitierung für sämtliche datenverarbeitenden Instrumente stellt sich dabei die Datenqualität heraus. Produktionscontroller stehen aufgrund des hohen Vernetzungsgrads sowie des Aufkommens großer Datenmengen vor der Herausforderung, den erhöhten Aufwand bei der Auswahl und Beschaffung relevanter Daten zu bewältigen. Dabei stellt die mangelhafte Transparenz in vielen Datenbanken ein bedeutendes Hindernis dar. Mangelhafte Wandlungsfähigkeit wiederum gilt als bedeutendes Hindernis für die Implementierung von Industrie 4.0. Traditionsbetriebe stehen vor der Aufgabe, ihre Prozesse im laufenden Geschäftsbetrieb anzupassen und den Wandel in einem dynamischen gesellschaftlichen und regulatorischen Umfeld zu vollziehen. Erschwerend kommt bei der Suche nach geeigneten Konzepten hinzu, dass der wirtschaftliche Nutzen einzelner Industrie-4.0-Anwendungen derzeit häufig vage ist. Zudem sind die IT-Infrastrukturen vieler Produktionsbetriebe nicht auf die Verarbeitung großer Datenmengen in Echtzeit ausgelegt und auch verfügbare Speicher- und Datenbanktechnologie stößt mitunter an ihre Leistungsgrenzen. Desweiteren bewirkt die Verarbeitung von Echtzeitdaten mit der damit zusammenhängenden Vernetzung von CPS eine erhöhte Abhängigkeit von Technologie, woraus sich höhere Gefahren bei Datenmissbrauch ergeben. Zugleich erhöht sich infolge der Zunahme von Mensch/Maschine-Interaktionen die Anzahl der Schnittstellen im Produktionssystem. Daraus folgt unweigerlich eine Zunahme an technischen und menschlichen Sicherheitslücken. Unternehmen stehen dadurch vor der Herausforderung, ein ausgeglichenes Maß zwischen Innovation und Sicherheit zu finden. Darüber hinaus werden vermehrt mitarbeiterbezogene Daten verarbeitet, was einerseits eine Abstimmung mit dem Betriebsrat sowie gesetzlichen Bestimmungen erfordert und andererseits ein Gefühl der Überwachung unter Mitarbeitenden auslösen kann.

Bezugnehmend auf die Forschungsfrage lässt sich feststellen, dass sich die qualitative Literaturanalyse als geeigneter Ansatz zur Beantwortung herausgestellt hat. Insgesamt konnten die Chancen und Herausforderungen sowie die wechselseitigen Wirkbeziehungen umfangreich herausgearbeitet werden. Viele der dargestellten Möglichkeiten und Anwendungen lassen dabei auf einen gravierenden Umbruch schließen, der sowohl innerhalb von Prozessen als auch bezogen auf Tätigkeitsprofile oder strategische Entscheidungen weitreichende Auswirkungen haben wird. Die wachsende Nachfrage nach IT-Kenntnissen und analytischen Fähigkeiten sowie die Möglichkeiten durch die Integration von CPS werden die traditionellen Ansprüche tiefgreifend verändern. Zudem ergeben sich durch Echtzeitverfügbarkeit völlig neue Geschäftsmodelle. Somit liefert die Arbeit weitere Argumente dafür, dass sich die einleitende Prognose von Joe Kaeser, zumindest für die deutsche Industrie, bewahrheitet.

Ziel der Arbeit war es, mögliche Veränderungen im Produktionscontrolling für deutsche Produktionsbetriebe aufzuzeigen. Ein internationaler Vergleich fand im Rahmen der Untersuchung nicht statt und wäre daher ein interessanter Ansatz für weitere Forschungsarbeit. Andere denkbare Fortführungen könnten sich mit der Steigerung der Wirtschaftlichkeit von Echtzeitanwendungen auseinandersetzen. Hier wäre es interessant zu erfahren, welche Potenziale durch KI-gesteuerte Produktionsplanung und -steuerung gehoben werden könnten.