



Pascal Freier (Autor)

# **Empirische Erkenntnisse und Gestaltungsansätze für Entscheidungsunterstützungssysteme in der Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen**



**Göttinger Wirtschaftsinformatik**

Herausgeber: J. Biethahn<sup>†</sup> • L. M. Kolbe • M. Schumann

Pascal Freier

**Empirische Erkenntnisse  
und Gestaltungsansätze für  
Entscheidungsunterstützungssysteme  
in der Ablaufplanung im Kontext von  
Cyber-Physischen Systemen**

Band 106



**Cuvillier Verlag Göttingen**  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8367>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# 1 Einleitung

*„Wir haben das große Problem, dass [...] bei fallenden Stückpreisen und steigenden Produktionskosten [...] und dann auch einem sehr hohem Servicegrad für Kunden [...] die Marge immer enger wird. Und deswegen haben wir nur die Chance über Automatisierung.“ (Experte 2)*

*„Mitarbeiter neigen gerne zu falschen Entscheidungen, weil es gefühlte Werte sind [...].“ (Experte 2)*

Mit diesen beiden Aussagen beschreibt ein Experte, aus einer im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Interviewstudie, wesentliche Probleme in produzierenden Unternehmen und zeigt damit gleichermaßen die Notwendigkeit für das Untersuchen von Unterstützungslösungen auf. In Kapitel 1.1 wird darauf aufbauend zunächst das Thema motiviert und die Problemstellung tiefergehend erläutert. Das anschließende Kapitel 1.2 dient dem Darstellen der daraus resultierenden Zielsetzung sowie der Forschungsfragen der vorliegenden Arbeit. Die zum Erreichen der Zielsetzung angewandten Forschungsmethoden und die Positionierung der Arbeit werden in Kapitel 1.3 behandelt, bevor in Kapitel 1.4 der Aufbau der Arbeit dargelegt wird.

## 1.1 Motivation

Unternehmen sehen sich heutzutage mehr denn je mit den Herausforderungen durch stetig steigende Kundenanforderungen konfrontiert. Die Kunden<sup>1</sup> von produzierenden Unternehmen fordern dabei vermehrt individualisierte Produkte mit kürzeren Lieferzeiten und zu geringeren Preisen (vgl. Schuh et al. 2014e, S. 277). Für Unternehmen bedeutet dies wiederum, dass kleine Losgrößen, deren Herstellung viele Umrüstungen an den Produktionsressourcen erfordern kann, zu den Konditionen der Massenproduktion produziert werden müssen, ohne die Produktqualität negativ zu beeinflussen. Um diesen Anforderungen zu entsprechen, ist eine gute und hochgradig flexible Produktionsplanung und -steuerung im Allgemeinen bzw. Ablaufplanung im Speziellen erforderlich, da ansonsten die Produktivität sinkt und Liefertermine nicht eingehalten werden können (vgl. Yang/Takakuwa 2017, S. 3908). Die Ablaufplanung unterliegt zusätzlich der Bedingung, dass Ablaufpläne schnell erzeugt werden müssen, um auch in unerwarteten Situationen, die die Produktion beeinflussen (z. B. Maschinenausfälle oder Eilaufträge), reaktionsfähig zu sein und eine hohe Produktivität zu gewährleisten. Der Erfolg der Ablaufplanung ist folglich kritisch für produzierende Unternehmen (vgl. Yang/Takakuwa 2017, S. 3908).

Die aktuell in Unternehmen vorliegenden Produktionsumgebungen und -systeme sind jedoch häufig nicht fähig, diese Anforderungen zu erfüllen (vgl. Roth 2016, S. 5 f.; Burger et al. 2017, S. 57 ff.; Ober-

---

<sup>1</sup> Im Sinne eines besseren Leseflusses wird auf das gleichzeitige Nennen beider Geschlechtsformen verzichtet, ohne dadurch eine Ungleichberechtigung oder Wertung zu implizieren. Sofern nicht explizit anders angegeben, sind stets Personen jedweden Geschlechts gemeint.

maier/Kirsch 2016, S. 191 ff.). Dementsprechend liegt in vielen Unternehmen eine ungenügende Informationsverfügbarkeit<sup>2</sup> vor, da bspw. keine Daten in der Produktion erfasst werden (z. B. da alte Maschinen über keine Sensorausstattung verfügen) oder die von den Produktionsressourcen erfassten Daten nicht abgegriffen werden können (z. B. wenn die Maschinenhersteller die Daten selbst für eigene Auswertungen nutzen; vgl. Kropp/Schuh 2014, S. 1 ff.; Lanza et al. 2013a). Dies führt dazu, dass bei unerwarteten Situationen in der Produktion nicht alle benötigten Informationen über die Abweichungen vom ursprünglichen Plan sowie über mögliche Reaktionsalternativen vorliegen, sodass die Lösungsfindung langsam und auf Basis von Erfahrungen und Bauchgefühl abläuft (vgl. Schuh et al. 2013b, S. 445; Schuh et al. 2014d, S. 154).

Das im Rahmen der High-Tech-Strategie 2020 der deutschen Bundesregierung auf der Hannover Messe 2011 unter dem Marketingbegriff „Industrie 4.0“ vorgestellte Konzept der vierten industriellen Revolution soll hinsichtlich der unzureichenden Informationsverfügbarkeit Abhilfe schaffen (vgl. Siepmann/Graef 2016, S. 19; Roth 2016, S. 5). Ziel dieses Konzepts ist u. a. die oben angesprochenen Flexibilität der Produktion zu erreichen (vgl. Roth 2016, S. 5), indem alle an der Produktion beteiligten physischen (z. B. Maschinen oder Werkstücke) und virtuellen (z. B. Softwareagenten) Ressourcen und Akteure vollständig miteinander vernetzt werden (vgl. Burger et al. 2017, S. 58 ff.; Obermaier/Kirsch 2016, S. 191; Roth 2016, S. 5 ff.). Technologische Grundlage dieser Vernetzung stellen sogenannte Cyber-Physische Systeme dar, die virtuelle und physische Komponenten und Prozesse integrieren und somit physikalische Daten in Echtzeit erfassen und verarbeiten sowie auch auf die physikalische Umgebung einwirken können (vgl. Brühl 2015, S. 69 f.; Broy 2010, S. 17; Geisberger/Broy 2012, S. 22). Bezogen auf die vorliegende Problemstellung ermöglichen Cyber-Physische Systeme somit das Erfassen und Verarbeiten von Echtzeitdaten aus der Produktionsumgebung, wodurch die Produktionsüberwachung verbessert und die oben angesprochenen Reaktionen auf unerwartete Situationen beschleunigt werden können (vgl. Schuh et al. 2014d, S. 155; Burger et al. 2017, S. 59 f.; Obermaier/Kirsch 2016, S. 194 ff.).

Das dauerhafte Aufzeichnen und Speichern von Echtzeitdaten aus der Produktion führt jedoch nicht inhärent zu einer Verbesserung der Ablaufplanung, sondern kann im Gegenteil zu einer Informationsüberflutung<sup>3</sup> führen, die es Entscheidungsträgern zusätzlich erschwert, im Fall von unerwarteten Situationen Entscheidungen hinsichtlich der Reaktionsmöglichkeiten zu treffen (vgl. Schuh et al. 2014d, S. 154 ff.; Kück et al. 2016c, S. 2820; Gronau 2015, S. 19). Die durch die Masse an Sensordaten generierte Informationsüberflutung kann dazu führen, dass die konkreten Problembereiche und Probleme nicht erkannt oder Entscheidungen ohne genaue Kenntnis über die konkreten Konsequenzen getroffen werden (vgl. Schuh et al. 2014d, S. 154 ff.). Es besteht daher die Notwendigkeit von Softwaresystemen zur Unterstützung der Ent-

---

<sup>2</sup> Da die vorliegende Arbeit nicht das technische Erfassen von Daten, sondern deren fachliche Interpretation und Verwendung als Informationen untersucht, wird von einer mangelnden Informationsverfügbarkeit gesprochen.

<sup>3</sup> Informationsüberflutung (engl. Information overload) beschreibt einen Zustand, in dem die verfügbare Menge von Informationen die Fähigkeit eines Entscheidungsträgers übersteigt, die Informationen zu verarbeiten (vgl. Roetzel 2019, S. 480 ff.; Eppler/Mengis 2004, S. 273 ff.).

scheidungsfindung, die Entscheidungsträgern einen Überblick über die aktuelle Situation und darin vorhandene Problembereiche sowie die Auswirkungen aller möglichen Handlungsalternativen aufzeigen (vgl. Schuh et al. 2013b, S. 443 ff.; Kletti 2015, S. 271; Cupek et al. 2016, S. 257; Lanza et al. 2013a, S. 124).

Eine vielversprechende Möglichkeit, diese Unterstützungsleistung zu erbringen, stellen Entscheidungsunterstützungssysteme dar, die Daten verarbeiten, aufbereiten sowie visualisieren und somit Entscheidungsgrundlagen liefern können (vgl. Cupek et al. 2016, S. 245 ff.). Weiterhin können sie auch Lösungsansätze für die angesprochene Problematik einer schnellen Ablaufplangenerierung bereitstellen. Zwar handelt es sich bei der Erstellung von Ablaufplänen weiterhin um ein „non-deterministic polynomial-time hard problem“, das von herkömmlichen Algorithmen nicht in einer akzeptablen Zeit für Echtzeitsysteme gelöst werden kann, jedoch bieten sich durch neue Methoden der künstlichen Intelligenz (z. B. Machine Learning) in Kombination mit der Verfügbarkeit von Echtzeitdaten diesbezüglich neue Möglichkeiten der Problemlösung (vgl. Waschneck et al. 2018, S. 1264).

Wenngleich der Einsatz von Entscheidungsunterstützungssystemen in der Ablaufplanung kein gänzlich neues Konzept ist, so ist die Integration von Echtzeitdaten bisher ein wenig erforschter Themenkomplex. Existierende Forschungsergebnisse sind dabei auf einzelne Fallbeispiele oder Einsatzszenarien (z. B. Predictive Maintenance; vgl. Krumeich et al. 2014b) limitiert, sodass eine systematische Betrachtung des Einsatzes von Entscheidungsunterstützungssystemen in der Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen ebenso fehlt wie übertragbare Erkenntnisse zum Gestalten solcher Lösungen. In der vorliegenden Arbeit wird diese Forschungslücke adressiert, indem Einsatzgebiete, Wirkungen und Rahmenbedingungen empirisch erhoben werden und die Gestaltung entsprechender Anwendungen behandelt wird, um daraus generalisierbare Gestaltungsempfehlungen abzuleiten. Die daraus resultierende Zielsetzung sowie die zugehörigen Forschungsfragen des Promotionsvorhabens werden im folgenden Kapitel behandelt.

## 1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, zu untersuchen, wobei und wie Entscheidungsunterstützungssysteme (EUS) Entscheidungsträger in der Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen (CPS) unterstützen können. Dabei stehen sowohl das Identifizieren von Einsatzmöglichkeiten, Wirkungen und Rahmenbedingungen des Einsatzes von EUS im oben beschriebenen Kontext im Fokus als auch das Gestalten solcher EUS. Zum Erreichen dieses Forschungsziels werden die nachfolgend aufgeführten fünf Forschungsfragen (FF) adressiert und im Rahmen des Promotionsvorhabens beantwortet.

In einem ersten Schritt ist der aktuelle Stand der Forschung zu erheben, um das Forschungsfeld der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) im Kontext von CPS zu systematisieren, die Relevanz des Themas sicherzustellen und die zu bearbeitende Forschungslücke herauszuarbeiten.

FF 1

Wie ist der aktuelle Stand der Forschung auf dem Gebiet der Produktionsplanung und -steuerung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen?

Auf Basis des aktuellen Forschungsstandes wurde die Entscheidungsunterstützung in der Ablaufplanung im Kontext von CPS als zu adressierende Forschungslücke identifiziert, die im weiteren Verlauf der Arbeit behandelt wird. Dafür werden zunächst empirische Erkenntnisse erhoben. In einem zweiten Schritt sind dementsprechend Einsatzgebiete und -möglichkeiten von EUS in der Ablaufplanung im Kontext von CPS zu identifizieren und zu systematisieren. Dieser Schritt ist in Forschungsfrage 2 manifestiert, die im Rahmen einer explorativen Interviewstudie beantwortet wird.

FF 2

In welchen Einsatzszenarien können Entscheidungsunterstützungssysteme in der Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen genutzt werden?

Unter Berücksichtigung der zuvor erarbeiteten Einsatzgebiete sind in einem weiteren Schritt Wirkungen zu ermitteln, die sich aus dem Einsatz eines EUS in dem jeweiligen Einsatzgebiet und unter Berücksichtigung der neuen Möglichkeiten durch CPS ergeben.

FF 3

Welche Wirkungen können durch den Einsatz von Entscheidungsunterstützungssystemen in der Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen erzielt werden?

Darüber hinaus werden auf Basis der Erkenntnisse aus den Experteninterviews zusätzlich technische, organisatorische und externe Rahmenbedingungen identifiziert, die für einen erfolgreichen Einsatz von EUS in der Ablaufplanung im Kontext von CPS zu schaffen sind.

FF 4

Welche Rahmenbedingungen müssen für den Einsatz von Entscheidungsunterstützungssystemen in der Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen berücksichtigt werden?

Aufbauend auf den empirischen Erkenntnissen, insbesondere hinsichtlich der Einsatzgebiete, wird in einem letzten Schritt die Gestaltung eines Entscheidungsunterstützungssystems analysiert. Dazu wird, basierend auf Anforderungen, die in der Theorie sowie in der Praxis genannt wurden, eine prototypische Anwendung konzeptioniert und implementiert, die eine Entscheidungsunterstützung in allen identifizierten Einsatzgebieten liefert. Diese wird anschließend im Rahmen von drei unterschiedlichen Studien evaluiert. Auf Basis der Evaluationsergebnisse werden Rückschlüsse auf die aufgestellten Designprinzipien und Wirkungspropositionen gezogen und die gewonnenen Erkenntnisse abschließend genutzt, um die Ergebnisse in Form einer Designtheorie zu generalisieren.

FF 5

Wie müssen Lösungen für die Entscheidungsunterstützung in der Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen gestaltet sein?

Durch das Beantworten der oben dargestellten Forschungsfragen zielt die vorliegende Arbeit darauf ab, die in Tabelle 1 dargestellten Beiträge für die Wissenschaft und die Praxis zu leisten.

Beiträge für die Wissenschaft	Beiträge für die Praxis
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Systematisieren des Forschungsfeldes</b> der Produktionsplanung und -steuerung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen (FF1)</li> <li>- <b>Systematisieren der Einsatzgebiete, Wirkungen und Rahmenbedingungen</b> für den Einsatz von Entscheidungsunterstützungssystemen in der Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen (FF2, FF3, FF4)</li> <li>- <b>Designprinzipien und Designtheorie</b> für das Gestalten eines Entscheidungsunterstützungssystems für die Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen (FF5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Übersicht über Einsatzmöglichkeiten, Wirkungen und Rahmenbedingungen</b> für den Einsatz von Entscheidungsunterstützungssystemen in der Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen (FF2, FF3, FF4)</li> <li>- <b>Gestaltungsempfehlungen und exemplarische Implementierung</b> eines Entscheidungsunterstützungssystems für die Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen (FF5)</li> <li>- Aufzeigen von <b>Nutzeffekten</b> des Einsatzes eines Entscheidungsunterstützungssystems für die Ablaufplanung im Kontext von Cyber-Physischen Systemen</li> </ul>

Tabelle 1: Beiträge der Arbeit für Wissenschaft und Praxis

### 1.3 Positionierung und Forschungsmethodik

Inhaltlich positioniert sich die vorliegende Arbeit, wie in Abbildung 1 dargestellt, in der Schnittmenge der betriebswirtschaftlichen Ablaufplanung und den technischen Themenkomplexen der CPS und EUS. Dabei werden die Datenerfassungs- und -verarbeitungsmöglichkeiten der CPS genutzt, um die in EUS bereitgestellten Entscheidungsgrundlagen zu verbessern und somit die Entscheidungsfindung in der Ablaufplanung zu unterstützen.

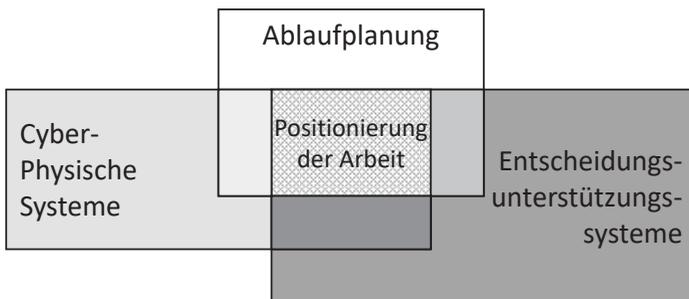


Abbildung 1: Inhaltliche Positionierung der Arbeit

Entsprechend des praxisnahen Anwendungsbezugs und der übergeordneten Zielsetzung des Promotionsvorhabens, Erkenntnisse zum Gestalten von EUS für die Ablaufplanung im Kontext von CPS zu generieren, ist die Arbeit dem Forschungsparadigma der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik zuzuordnen (vgl. Österle et al. 2010, S. 664 ff.). Dem Methodenpluralismus der Wirtschaftsinformatik folgend (vgl. Wilde/Hess 2007, S. 280), werden jedoch auch Forschungsmethoden angewandt, die dem Paradigma der erklärungsorientierten Wirtschaftsinformatik zugeordnet sind (vgl. Österle et al. 2010, S. 664 ff.; Wilde/Hess 2007, S. 280). Durch die gewählte Kombination der Forschungsmethoden sowie den gestaltungsorientierten Ansatz wird das Ziel verfolgt, eine hohe Praxisrelevanz zu erreichen, ohne dabei wissenschaftliche Beiträge zu vernachlässigen.

Zum Systematisieren des Forschungsfeldes und dem damit verbundenen Beantworten der ersten Forschungsfrage, wird zunächst ein strukturiertes Literaturreview nach VOM BROCKE ET AL. (2009, S. 2212), WEBSTER/WATSON (2002), COOPER (1988, S. 110 f.) und FETKE (2006, S. 259) durchgeführt, um den aktuellen Stand der Forschung in dem zu untersuchenden Themengebiet zu identifizieren und darauf basierend in einer Diskussion bestehende Forschungslücken abzuleiten.

Aufbauend auf den vorangegangenen Ergebnissen wird für die identifizierte Forschungslücke der Entscheidungsunterstützung in der Ablaufplanung eine qualitative Querschnittsanalyse durchgeführt (vgl. Wilde/Hess 2007, S. 282; Mayring 2015). Diese zielt darauf ab, Einsatzmöglichkeiten (FF2), Wirkungen (FF3) und Rahmenbedingungen (FF4) des Einsatzes von EUS in der Ablaufplanung im Kontext von CPS zu identifizieren. Das Klassifizieren der identifizierten Rahmenbedingungen erfolgt dabei unter Zuhilfenahme des Technology-Organization-Environment-Frameworks nach DEPIETRO ET AL. (1990).

Basierend auf den generierten empirischen Erkenntnissen wird ein prototypisches EUS entsprechend des Design Science Research Paradigmas (vgl. u. a. Gregor/Hevner 2013; Peffers et al. 2007) entwickelt (FF5), das Unterstützungsleistungen in allen der identifizierten Einsatzgebieten liefert. Dafür werden auf der Basis der zuvor aufgezeigten Problemstellungen und ihrer theoretischen Fundierung (Information Foraging Theory; Pirolli/Card 1999) zunächst funktionale Anforderungen an den Prototypen sowohl literaturbasiert als auch basierend auf den geführten Interviews ermittelt und in Designprinzipien überführt. Diese dienen wiederum als Grundlage, um mittels der Prototyping-Methode (vgl. Heinrich et al. 2011) eine prototypische Implementierung des Artefakts zu erstellen. Das somit implementierte EUS wird anschließend in drei Studien evaluiert. Zunächst erfolgt eine Simulationsstudie, in der die Funktionsfähigkeit des Prototyps sowie die Wirkung der Echtzeitdatennutzung evaluiert werden. Daran schließt eine Laborstudie zum Untersuchen der Nützlichkeit und Benutzbarkeit des EUS unter kontrollierten Laborbedingungen an. Die dritte Studie zielt auf das Evaluieren der Eignung der Lösung für den Einsatz in der Praxis ab und wird in Form einer weiteren qualitativen Interviewstudie durchgeführt. Zusätzlich werden die Ergebnisse der drei Evaluationsstudien hinsichtlich der Evaluation der Designprinzipien ausgewertet und diskutiert. Die somit gewonnen Erkenntnisse dienen weiterhin als Grundlage, um die Ergebnisse in Form einer Designtheorie nach GREGOR/JONES (2007) zu generalisieren.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die verwendeten Methoden und Theorien sowie die jeweils zugehörigen Forschungsfragen und -paradigmen.

FF	Forschungsmethoden	Angewandte Theorien und Modelle	Forschungsparadigma
1	Strukturiertes Literaturreview		Erklärungsorientiert
2	Qualitative Querschnittsanalyse		Erklärungs- und gestaltungsorientiert
3			
4		Technology-Organization-Environment-Framework	
5	Design Science Research: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Argumentativ-deduktives Schließen</li> <li>- Prototyping</li> <li>- Simulationsstudie</li> <li>- Laborstudie</li> <li>- Quantitative Querschnittsanalyse</li> <li>- Qualitative Querschnittsanalyse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Information Foraging Theory</li> <li>- Technology Acceptance Model</li> <li>- Designtheorie</li> </ul>	Gestaltungsorientiert

**Tabelle 2: Wissenschaftliche Positionierung der Arbeit**

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Zum Beantworten der in Kapitel 1.2 vorgestellten Forschungsfragen untergliedert sich die vorliegende Arbeit in die in Abbildung 2 dargestellten sechs Kapitel. Die zum Verständnis der Arbeit erforderlichen Grundlagen zu den Themengebieten der PPS, der CPS und der EUS werden in **Kapitel 2** erläutert.

In **Kapitel 3** wird anschließend zum Erheben des aktuellen Forschungsstandes eine Literaturanalyse nach VOM BROCKE ET AL. (2009, S. 2212), FETKE (2006), WEBSTER/WATSON (2002) und COOPER (1988) durchgeführt. Die Ergebnisse dienen zum einen dem Adressieren von Forschungsfrage 1 und zum anderen als Basis für das Aufzeigen von Forschungslücken, die die weitere Forschungsagenda der vorliegenden Arbeit begründen.

Darauffolgend dient **Kapitel 4** dem Darstellen empirischer Erkenntnisse aus einer qualitativen Interviewstudie über Einsatzszenarien, Wirkungen und Rahmenbedingungen des Einsatzes von EUS in der Ablaufplanung im Kontext von CPS. Die somit generierten Ergebnisse dienen dem Beantworten von Forschungsfrage 2 bis 4.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Expertenbefragung wird in **Kapitel 5** im Rahmen einer Design Science Research Studie ein prototypisches EUS beschrieben. Die Anwendung adressiert die zuvor identifizierten Einsatzgebiete und soll in diesen Entscheidungsträgern in der Ablaufplanung als Entscheidungsgrundlage dienen sowie dabei stets auf Basis von Echtzeitdaten aus der Produktionsumgebung agieren. Die dadurch generierten Erkenntnisse werden darüber hinaus durch das Vorschlagen einer Designtheorie zum Gestalten von EUS für die Ablaufplanung im Kontext von CPS generalisiert.

In einer Schlussbetrachtung in **Kapitel 6** werden die zentralen Ergebnisse zusammengefasst und die Forschungsfragen abschließend beantwortet. Weiterhin werden Implikationen für Wissenschaft und Praxis dargelegt, Limitationen der vorliegenden Arbeit aufgezeigt und ein Ausblick auf zukünftige Forschungsmöglichkeiten gegeben.

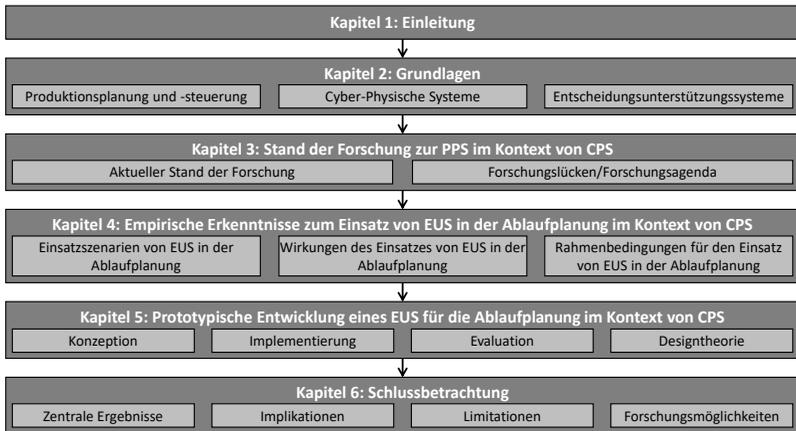


Abbildung 2: Aufbau der Arbeit

## 2 Grundlagen

Das nachfolgende Kapitel dient dem Erläutern der Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) sowie von Cyber-Physischen Systemen (CPS) und Entscheidungsunterstützungssystemen (EUS). Hierzu gibt Kapitel 2.1 einen Überblick über die PPS, ihre Prozessphasen sowie Modelle und die Unterstützung durch Informationstechnik (IT)-Systeme. In Kapitel 2.2 werden anschließend sowohl das Konzept der CPS und ihre Definition als auch die zugehörigen Konzepte und Eigenschaften näher beschrieben, bevor in Kapitel 2.3 eine Definition für EUS erarbeitet und ihre Einsatzgebiete in der PPS dargestellt werden.<sup>4</sup>

### 2.1 Produktionsplanung und -steuerung

Die nachfolgenden Abschnitte dienen der Beschreibung der betrieblichen PPS. Hierzu wird zuerst in Kapitel 2.1.1 eine Begriffsabgrenzung von PPS vorgenommen und eine für diese Arbeit geltende Definition erarbeitet. Im Anschluss daran werden in Kapitel 2.1.2 die Phasen und in Kapitel 2.1.3 die daraus resultierenden Modelle der PPS vorgestellt sowie die Möglichkeiten der Softwareunterstützung in Kapitel 2.1.4 dargelegt.

#### 2.1.1 Definition und Begriffsabgrenzung

Die PPS stellt seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts eine zentrale und komplexe Aufgabe in Industriebetrieben dar (vgl. Kurbel 2005, S. 1; Kurbel 2013, S. 10). Aufgrund ihrer Relevanz für die Industrie ist die PPS seit Jahrzehnten von großem Interesse sowohl für die Praxis als auch für die Wissenschaft (vgl. Kurbel 2005, S. 1; Kurbel 2013, S. 10; Schuh et al. 2012a, S. 4). Demzufolge existiert ebenfalls eine Vielzahl an Definitionen und Beschreibungen (vgl. Schuh et al. 2012a, S. 4). Eine erste weitverbreitete und akzeptierte Definition lieferte HACKSTEIN (1989, S. 4), der die PPS als das Planen und Steuern der vier Produktionsbereiche Fertigung, Beschaffung, Arbeitsvorbereitung und Konstruktion beschrieb. Durch das Verändern und Erweitern dieser und anderer Definitionen über die Jahre entstand u. a. die Definition von EVERSHEIM (2002, S. 123). Dieser bezeichnet die PPS als „die termin-, kapazitäts- und mengenbezogene Planung und Steuerung der Fertigungs- und Montageprozesse.“ (Eversheim 2002, S. 123) Dabei sollen im Rahmen der Produktionsplanung die Einzelprozesse und der Inhalt der Montage und der Fertigung gestaltet werden, während die Produktionssteuerung den Ablauf der, bei der Abwicklung von Aufträgen, anfallenden Tätigkeiten im Fertigungsprozess regelt (vgl. Eversheim 2002, S. 123; Schuh et al. 2012c, S. 29). Durch den Einsatz von PPS-Methoden sollen dabei verschiedene, teilweise widersprüchliche Ziele, wie eine hohe Termintreue, Flexibilität und Kapazitätsauslastung, kurze Durchlaufzeiten sowie geringe Werkstatt- und Lagerbestände, erreicht werden (vgl. Eversheim 2002, S. 123 f.; Schuh et al. 2012c, S. 29). Demnach verstehen verschiedene Autoren die PPS allgemein auch als die Gesamtheit von Aktivitäten, die erforderlich sind, um den Produktionsprozess derart zu gestalten, dass die unternehmensindividuellen Ziele optimal erreicht werden (vgl. Zäpfel 1982, S. 33; Gutenberg 1983, S. 148; Geiger 1992, S. 8). Weiterhin fokussieren sich viele Autoren auf das fokale Unternehmen.

---

<sup>4</sup> Die Inhalte in diesem Kapitel basieren auf dem Arbeitsbericht von FREIER/SCHUMANN (2018).

Für den weiteren Verlauf der zugrundeliegenden Arbeit wird unter der PPS zusammenfassend Folgendes verstanden:

*Die PPS beschreibt die Gesamtheit von Aktivitäten zur mengen-, kapazitäts- und terminbezogenen Planung, Überwachung und Steuerung des Produktionsprozesses, die erforderlich sind, um den Produktionsprozess des fokalsten Unternehmens derart zu gestalten, dass die unternehmensindividuellen Ziele bestmöglich erreicht werden.*

In Abhängigkeit von der Ausrichtung des produzierenden Unternehmens lassen sich dabei unterschiedliche Ziele und Problemstellungen differenzieren (vgl. Kistner/Steven 2001, S. 7). Produziert das Unternehmen auftragsbestimmte Einzelfertigungen, so stehen die Reihenfolge der Auftragsbearbeitung sowie die Maschinenbelegung im Fokus (vgl. Kistner/Steven 2001, S. 7). Im Falle einer Massenfertigung stellen die zeitliche Abstimmung zwischen Produktion und Nachfrage, die Losgrößenbestimmung und die Produktionsglättung zentrale Problemstellungen dar (vgl. Kistner/Steven 2001, S. 7). Bei einer Serienfertigung hingegen sind das Bilden der Seriengröße sowie das Erstellen der Seriensequenz von zentraler Bedeutung (vgl. Kistner/Steven 2001, S. 7).

Die PPS findet in einem Unternehmen auf verschiedenen Ebenen mit unterschiedlicher Tragweite und verschiedenen zeitlichen Horizonten statt (vgl. Zäpfel 2000, S. 1 f.). Daher ist es notwendig, die Produktionsplanung im Hinblick auf die **hierarchische Zugehörigkeit**, die **Fristigkeit** und den **Detaillierungsgrad** weiter zu unterteilen (vgl. Kurbel 1983, S. 15).

Nach KURBEL (1983, S. 15), ZÄPFEL (2000, S. 2 f.) und BLOECH ET AL. (2014, S. 96) lassen sich im Hinblick auf die **hierarchische Zugehörigkeit** *strategische*, *taktische* und *operative Aufgaben* unterscheiden, die jedoch voneinander abhängen und somit in Wechselwirkung stehende Regelkreise bilden. Im Rahmen der *strategischen Aufgaben* wird die Strategie- und Zielfindung des Leistungserstellungssystems behandelt. Ziel hierbei ist der Erhalt bzw. das Erreichen einer wettbewerbsfähigen (Güter-) Produktion (vgl. Zäpfel 2000, S. 2). Auf der *taktischen Ebene* werden die Strategien anschließend konkretisiert und Entscheidungen über Input, Throughput und Output der Produktion getroffen (vgl. Zäpfel 2000, S. 2). Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der strategischen und taktischen Produktionsplanung wird auf der *operativen Ebene* der optimale Einsatz des Produktionsapparates zur Erfüllung der wirtschaftlichen Aufgaben und Ziele festgelegt (vgl. Zäpfel 2000, S. 2 f.). Daher beinhaltet die operative Produktionsplanung die Organisation aller Vorgänge, die beim Materialfluss durch die Produktion zu planen sind. In diesem Rahmen wird sowohl die Bereitstellung der benötigten Werkstoffe und Arbeitskräfte als auch die Prozessplanung der eigentlichen Produktion geplant. Dadurch ist die operative Produktionsplanung untrennbar mit der Produktionssteuerung verknüpft, weshalb für die operative Produktionsplanung häufig der Begriff PPS verwendet wird (vgl. Schoner 2008, S. 6). Am unteren Ende dieses Regelsystems steht letztlich das *physische Produktionssystem* (vgl. Adam 1992; Zäpfel 2000, S. 2 ff.). Aus Gründen der Einfachheit verzichten manche Autoren auf die Aufteilung in eine strategische, taktische und operative Produktionsplanung und verwenden stattdessen lediglich eine Zweiteilung in die strategische und die operative Planung (vgl. Meyr 1999,