

# 1 Einleitung und Motivation

Im Jahr 2008 erfuhr die Weltwirtschaft eine Krise, welche für die betroffenen Länder unterschiedliche Auswirkungen nach sich zog. Einige Länder der Eurozone wurden so stark getroffen, dass sich diese mitten in einer Finanzkrise insolvenzähnlicher Ausmaße wiederfanden [Neubäumer 2011, S. 832]. Die am stärksten betroffenen Staaten der EU-Schuldenkrise wurden unter dem Begriff „GIPS-Staaten“ zusammengefasst und beinhalteten die Länder Griechenland, Irland, Portugal und Spanien [Brühl 2015, S. 4]. Die Bundesrepublik Deutschland konnte im Vergleich mit den GIPS-Staaten die Aus- und Nachwirkungen der Krise relativ gut abfangen bzw. die Schäden verhältnismäßig schnell in den Griff bekommen. Ein Grund dafür ist der hohe Anteil des produzierenden Gewerbes von 25,9 % zum Zeitpunkt der Krise und fast identischen 25,8% im Jahre 2017, weshalb das produzierende Gewerbe auch als Rückgrat der deutschen Wirtschaft bezeichnet wird [Kagermann 2014, S. 603; Statistisches Bundesamt 2011, S. 836, 2018, S. 334].

Die produzierenden Unternehmen sind demnach von entscheidender Bedeutung für die deutsche Wirtschaft und tragen maßgeblich zum gesellschaftlichen Wohlstand bei. Jedoch werden produzierende Unternehmen nicht nur mit Extremen wie der angesprochenen Krise auf den Finanzmärkten konfrontiert, sondern maßgeblich durch die Verschiebung vom Verkäufer- zum Käufermarkt beeinflusst [Garrel et al. 2014, S. 82; Lübke und Nyhuis 2016, S. 7; Hellmann 2019, S. 54f.]. Die Forderung des Kunden nach immer kundenindividuelleren Produkten in immer kürzeren Zeitabständen zwingt Unternehmen dazu, immer kurzzyklischer auf diese Bedürfnisse zu reagieren [Reinhart 2017, S. XXXV; Weuthen 2019, S. 108f.]. Zusätzlich beeinflusst die rasante Entwicklung von Technologien sowohl auf Seiten der vom Kunden geforderten Produkte als auch auf Seiten der Produktionstechnologien die Unternehmen und deren Produktionsstandorte zunehmend [Abele und Reinhart 2011, S. 1f.].

Mit Blick auf die Automobilbranche, dem Sektor des produzierenden Gewerbes mit dem höchsten Anteil an Beschäftigten und Umsatz, wird deutlich, wie stark die Unternehmen von den genannten Faktoren beeinflusst werden [van Suntum 2019, S. 102ff]. Die deutschen Automobilhersteller sehen sich einem stärkeren Druck durch die Klimapolitik in der EU und der Bundesrepublik Deutschland sowie dem Wettbewerb durch neue Konkurrenten wie beispielsweise Tesla ausgesetzt. Daraus resultiert der Zwang, neue Technologien sowohl für die Produkte in Form von beispielsweise Elektrofahrzeugen als auch in Form neuer Produktionstechnologie im Zuge der Industrie 4.0 zu entwickeln. Im Vergleich zu Zeiten Henry Fords, in denen lediglich ein Modell produziert wurde und

dem Kunden keine Wahl gelassen wurde, ist die Komplexität durch die Vielzahl an Einflussgrößen und der zunehmenden Dynamik stark gestiegen [Schenk et al. 2014, S. 1f.; Schuh 2005, S. 174; Boysen 2007, S. 11]. All diese Einflussfaktoren und die einhergehenden Anforderungen müssen kurzfristig erkannt, interpretiert und letztlich für das eigene Unternehmen so umgesetzt werden, dass die Produktivität möglichst nicht beeinträchtigt wird und das Unternehmen weiterhin wettbewerbsfähig bleibt.

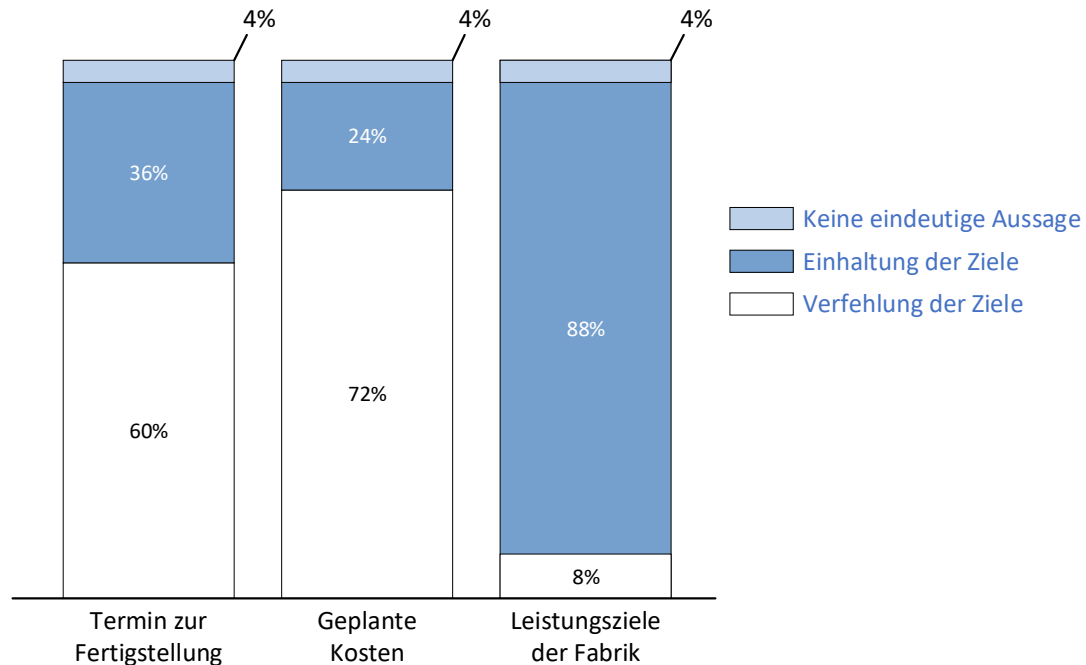
## **1.1 Ausgangslage und Problemstellung**

Als Reaktion auf diese Einflussfaktoren muss letztlich eine Fabrikanpassung bzw. Produktionsanpassung erfolgen, um weiterhin den Anforderungen gerecht zu werden [Nofen et al. 2003, S. 238]. Dabei gilt es, die von den Einflussfaktoren abgeleiteten Ziele und Rahmenbedingungen der Anpassung möglichst präzise festzulegen, damit keine kostenintensiven Fehlplanungen als Konsequenz resultieren [Winkels et al. 2018, S. 488ff]. Der Forschungsbereich der Fabrikplanung stellt dafür zahlreiche Vorgehensweisen und Methoden bereit, um den Prozess mit Projektcharakter möglichst effizient zu durchlaufen. Für eine effiziente und erfolgsversprechende Durchführung der Planung ist es daher notwendig, den Fabrikplanungsprozess möglichst aufwandsarm an das Projekt und die zu erfüllenden Ziele auszurichten [Nöcker 2012, S. 128f.]. Daher ist eine vorherige Zusammenstellung eines entsprechenden Planungsprozesses oder Planungsverlaufs essenziell für die Fabrikanpassung [Reinema et al. 2013, S. 116]. Nicht nur die Auswahl der zu bearbeitenden Aufgaben im Rahmen der Planung sind deshalb relevant für die Erfüllung von Zeit- und Kostenzielen, sondern auch die Bestimmung der logischen Abfolge der relevanten Aufgaben [Schuh et al. 2009, S. 196f.]. Die korrekte Auswahl der im Rahmen des Planungsprojektes zu erfüllenden Ziele und die Identifikation der dafür notwendigen Planungsaufgaben ist daher wesentliches Erfolgskriterium für die effiziente Planung. Weiter ist die im Vorfeld der Durchführung benötigte Zeit zur Erstellung des Planungsverlaufs entscheidend für eine reaktionsschnelle Anpassung.

Im Zuge der Dynamik des Marktes können in der laufenden Planung Anpassungen des zuvor festgelegten Planungsverlaufs notwendig werden. Die dynamischen Einflüsse, wie sie bereits zuvor beschrieben wurden, können die grundlegende Zielstellung der Planung beeinflussen und somit eine Anpassung des darauf ausgelegten Planungsverlaufs erfordern [Delbrügger et al. 2017, S. 364ff].

Ein Zeitverzug der Planung kann nicht nur die Kosten der Planung in die Höhe treiben, beispielsweise aufgrund von zusätzlich zu leistenden Planungsaufgaben, auch die Produktionsausfälle und die möglichen, resultierenden Konventionalstrafen können

dem Unternehmen erheblich schaden [Cisek 2005, S. 60]. Die Problematik der Erfüllung von Zeit- und Kostenzielen veranschaulicht die Abbildung 1-1, welche die Abweichung der gesetzten Ziele bei einer Vielzahl von Projekten darstellt [Reinema et al. 2013, S. 115].



**Abbildung 1-1: Zielverfehlungen bei Fabrikplanungsprojekten [Reinema et al. 2013, S. 115]**

Bereits in den späten 90er Jahren und zu Beginn des neuen Jahrtausends haben WIENDAHL UND WESTKÄMPER ET AL. eine Reduzierung der akzeptierten Planungszeit von 50% bzw. 75% vorhergesagt [Wiendahl und Hernandez 2000, S. 39; Westkämper et al. 1997, S. 640]. Wird erneut die Abbildung 1-1 betrachtet, dann wird deutlich, dass diese Vorhersage in ähnlicher Form eingetreten ist und damit ein weiteres Problem sichtbar macht. Die bis zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Modelle der Fabrikplanung konnten den zunehmenden Anforderungen nicht mehr entsprechen, was letztlich in der Verfehlung der Zeit- und Kostenziele mündete. Ursachen dafür können neben den unzureichenden Modellen im Allgemeinen unter anderem die angesprochene ineffiziente Ausrichtung des Planungsverlaufs auf das Planungsprojekt sein, die zeitintensive Ausrichtung der Planung auf das Projekt, aber auch der Umgang mit der Dynamik im Planungsverlauf selbst. Zudem ist, aufgrund der komplexen Anforderungen und damit einhergehend steigenden Komplexität der Planungsaufgaben, eine Unterstützung der Planungsbeteiligten im Verlauf notwendig. Durch die fehlende Unterstützung der Planer bei der Bearbeitung der jeweiligen Aufgaben und der interdisziplinären Koordination der einzelnen Gewerke können die Aufwände zur Bearbeitung und Abstimmung der Beteiligten ebenfalls zu einer Abweichung der Zeit- und Kostenziele führen.

Die Notwendigkeit solcher Untersuchungen ist zwar hinreichend dokumentiert, jedoch ist eine resultierende Methodik nicht ausreichend umgesetzt worden. Daher gilt es, sowohl die Zusammenstellung der relevanten Planungsaufgaben zu einem logischen und reibungslosen Planungsverlauf als auch die Unterstützung der Umsetzung und Anpassung des Plans zu untersuchen. Darauf aufbauend soll eine entsprechende Methodik entwickelt werden, die den Planer in den einzelnen Schritten unterstützt.

### **Einordnung ins Graduiertenkolleg 2193 – Anpassungsintelligenz von Fabriken**

Das 2016 an der TU Dortmund gegründete Graduiertenkolleg (GRK) 2193 – *Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld* hat sich zum Ziel gesetzt, die Reaktionsfähigkeit bestehender Fabrikssysteme durch den Einsatz verschiedener Methoden zu erhöhen, um sich effizienter und schneller an die Umfeldbedingungen anpassen zu können. Durch die zielgerichtete Auslegung einer interdisziplinär aufgestellten Kohorte im GRK können verschiedene Aspekte der Fabrik und seiner Elemente berücksichtigt werden. Die Fabrik ist ein komplexes System und das wird durch die 7 Fachrichtungen, welche durch 11 Doktoranden vertreten werden, deutlich. Zusätzlich ist eine Aufteilung der Doktoranden in 3 Themenschwerpunkte vorgenommen worden, um Schnittstellenpotentiale direkt zu fördern.

Diese Arbeit ist im Themenschwerpunkt des *Managements von Anpassungsprozessen* entstanden und profitierte deutlich von den geschaffenen Schnittstellen zur Informatik und der Betriebswirtschaftslehre, aber auch darüber hinaus zum Bauingenieurwesen. Alle Arbeiten, die im Rahmen des GRK 2193 entstehen, tragen zu dem übergeordneten Ziel der Befähigung und Förderung einer reaktionsschnellen Anpassung von Fabriken mit all seinen systembeschreibenden Elementen bei [Delbrügger et al. 2017; Rehof et al. 2018].

## **1.2 Zielsetzung**

Basierend auf der beschriebenen Problemstellung im Kontext der Fabrikplanung und der vorhandenen Planungsunterstützungen in Form von Modellen und Vorgehensweisen werden Ziele abgeleitet, um die Probleme konkret zu adressieren bzw. zu lösen, um damit einen wissenschaftlichen Beitrag für den Fachbereich der Fabrikplanung zu leisten.

Unter Berücksichtigung der Zielverfehlungen der Zeit- und Kostenziele in Fabrikplanungsprojekten liegt der Fokus auf der Unterstützung des Planers in Form einer Methodik. Um Zeitverluste bereits zu Beginn der Planung zu vermeiden gilt es, schon im Rahmen der Erstellung eines Planungsverlaufs möglichst effizient vorzugehen. Nach GOLDRATT besitzt jedes System, in diesem Fall die Fabrik, einen Engpass, welcher

---

maßgeblich für den wirtschaftlichen Erfolg des Systems verantwortlich ist [Goldratt op. 1990, S. 4]. Er bestimmt die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems, weshalb Maßnahmen zur Optimierung des Systems einen hauptsächlichen Fokus auf den Engpass legen sollten. Diese Sichtweise lässt sich auch auf die Planung von Fabriken übertragen. Da jede Fabrik einen anderen Engpass bei einer generell sehr individuellen Produktionsstruktur aufweist und somit Planungsaufgaben individuell festzulegen und zu bearbeiten sind, können Planungsaufwand und -inhalt nicht generisch festgelegt werden. Daher muss die Planung individuell auf den planungsfallspezifischen Engpass ausgelegt werden [Burggräf 2013, S. 46].

Das bedeutet, dass entsprechende Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden müssen, mit denen der Planer in der Lage ist, nicht nur die projektindividuellen Aufgaben der Planung auswählen zu können, sondern diese auch in eine logische Abfolge der Bearbeitung zu bringen. Durch die Auswahl der tatsächlich notwendig zu bearbeitenden Aufgaben für das individuelle Planungsprojekt können zusätzlich unnötige Kosten der Planung in Form von Blindleistungen vermieden werden. Wie bereits in der Problemstellung erläutert, sind bisherige Ansätze der Fabrikplanung nicht ausreichend in der Lage, projektindividuell ausgerichtet zu werden. Daher gilt es, eine Methodik der individuellen Zusammenstellung von Planungsverläufen zu entwickeln, welche einen starken aufgabenbezogenen Fokus aufweist, um die Zeit- und Kostenziele direkt adressieren zu können. Einige Ansätze verfolgen eine modulare Planung, bei der Aufgaben der Fabrikplanung in einzelne Module gekapselt und mit anderen Modulen über Ein- und Ausgangsgrößen verknüpft sind. Diese versprechen eine Möglichkeit der individuellen Zusammenstellung und sollen daher näher untersucht werden.

Der Fokus auf die Aufgaben des individuellen Fabrikplanungsprojektes erfordert einen entsprechend definierten Aufbau der Aufgaben selbst. Diese Standardisierung soll einen einfachen Austausch betroffener Aufgaben sowie eine einfache Anwendung und Anpassung der Planungsverläufe ermöglichen. Zur aufgabenorientierten Ausrichtung des Planungsverlaufs müssen nur die jeweils notwendig zu bearbeitenden Aufgaben identifiziert und in eine logische Abfolge gebracht werden. Die dafür notwendige Vorgehensweise zur Identifizierung und Zusammenstellung relevanter Aufgaben gilt es ebenfalls zu entwickeln. Damit die Effizienz der Bearbeitung der Aufgaben möglichst hochgehalten wird, bedarf es konkreter Unterstützung durch passende Methoden. Bisherige Ansätze verknüpfen die einzelnen Schritte, Phasen oder Aufgaben der Fabrikplanung nicht direkt und ausgerichtet an die identifizierten Aufgaben, weshalb an dieser Stelle ebenfalls Effizienzpotentiale liegen.

Der angesprochenen Dynamik in der laufenden Planung, welche sowohl die Zielstellung als auch die Planung und damit den Verlauf der weiteren Planung maßgeblich beeinflussen kann, soll mit geeigneten Mechanismen und Maßnahmen begegnet werden. Die Nutzung verschiedener Elemente zur Standardisierung der Aufgaben, der Identifizierung und Zusammenstellung der Aufgaben sowie die Unterstützung bei der Bearbeitung der Aufgaben durch konkrete Methoden soll ebenfalls Anwendung in der Anpassung des Planungsverlaufs finden. Daher gilt es, die jeweiligen Mechanismen entsprechend zu entwickeln, um eine durchgehende Methodik zur aufgabenorientierten Fabrikplanung zu erhalten, die sowohl Zeit- als auch Kostenpotentiale heben kann.

Zur wissenschaftlichen Strukturierung der Arbeit wird das übergeordnete Ziel wie folgt beschrieben:

**Ziel der Dissertation ist die Entwicklung einer Methodik zur Zusammenstellung und Bearbeitung projektindividueller und aufgabenorientierter Planungsverläufe, die den Anwender in Fabrikpassungsprojekten unterstützt.**

Zur Zielerreichung wird die Zielstellung in einzelne Forschungsfragen aufgegliedert, um das übergeordnete Problem handhabbarer zu gestalten. Dieses Vorgehen folgt dem Verständnis der explorativen Forschung nach KUBICEK [KUBICEK 1976, S. 14f.]. Die Forschungsfragen lauten wie folgt:

*Frage 1:* Welche bestehenden Ansätze eignen sich für die projektindividuelle Zusammenstellung eines Planungsverlaufs?

*Frage 2:* Wie müssen Aufgaben der Fabrikplanung beschrieben sein, damit sie sich für eine individuelle Zusammenstellung eignen?

*Frage 3:* Mit welcher methodischen Vorgehensweise können projektrelevante Fabrikplanungsaufgaben identifiziert und in eine logische Abfolge gebracht werden?

*Frage 4:* Wie kann die Bearbeitung der identifizierten Planungsaufgaben methodisch unterstützt werden?

*Frage 5:* Durch welche Mechanismen und Hilfestellungen ist eine Anpassung des Planungsverlaufs während der laufenden Planung möglich?

### **1.3 Aufbau der Arbeit**

Zur Bearbeitung der zuvor genannten Fragen und der damit einhergehenden Zielerfüllung der leitenden Zielstellung dieser Arbeit soll der Aufbau entsprechend strukturiert werden.

Angelehnt an die von ULRICH entwickelte *Strategie angewandter Forschung* wird der Forschungsprozess der Lösungsentwicklung auf den Aufbau der Arbeit wie folgt übertragen [Ulrich et al. 1984, S. 192f.](siehe Abbildung 1-2):

Fokus	Strategie angewandter Forschung	Aufbau der Arbeit	Kapitel	Forschungsfragen
Praxis	Erfassung und Typisierung von Problemen aus der Praxis	Einleitung	1	
Grundlagen	Problemrelevante Theorie der Grundlagenwissenschaften	Grundlagen und Abgrenzung des Untersuchungsbereichs	2	1
Methoden	Problemrelevante Verfahren der Formalwissenschaft			
Praxis	Erfassung und Untersuchung des Anwendungszusammenhangs			
Ableitung	Ableitung von Beurteilungskriterien, Gestaltungsregeln und -modellen	Grobkonzeptionierung der aufgabenorientierten Fabrikplanung	3	2,3
		Detaillierung der Bausteine der aufgabenorientierten Fabrikplanung	4	4,5
Praxis	Prüfung der Regeln und Modelle im Anwendungszusammenhang	Validierung der Methodik	5	
Praxis	Empfehlung für die Praxis	Zusammenfassung und Ausblick	6	

**Abbildung 1-2: Aufbau der Arbeit**

Die Arbeit gliedert sich in 6 Kapitel. Einleitend wurden im ersten Kapitel sowohl die Motivation als auch die Ausgangslage und Problemstellung des eingeführten Fachbereichs der Fabrikplanung näher erläutert. Davon ausgehend wurden die Ziele der Arbeit und die als wissenschaftliche Orientierung auf dem Weg der Zielerfüllung geltenden Teilmengen des übergeordneten Ziels in Form von Forschungsfragen beschrieben. Anschließend werden im zweiten Kapitel sowohl die allgemeinen Grundlagen des betrachteten Fachbereichs *Fabrikplanung* detailliert beschrieben als auch die bestehenden klassischen und modernen Ansätze auf Defizite und geeignete Lösungsbausteine untersucht. Dafür werden Vorgehensmodelle der Fabrikplanung anhand ihrer Strukturierung und ihres Aufbaus untersucht und mittels der bereits in der Problem- und Zielstellung aufgezeigten Kriterien bewertet. Diese Untersuchung beantwortet dabei die erste Forschungsfrage. Die Grundlagen, welche zur Lösung der übergeordneten Zielstellung der Arbeit und der darauf hervorgegangenen Forschungsfragen notwendig sind, schließen das zweite Kapitel ab. Darauf aufbauend werden im dritten Kapitel die einzelnen Bausteine der aufgabenorientierten Fabrikplanung in Form eines Grobkonzepts erläutert. Im Zuge der Beschreibung der Bausteine können die zweite und dritte Forschungsfrage beantwortet werden. Die vorgestellten Bausteine werden im darauf folgenden vierten Kapitel detaillierter

beschrieben. Dafür wird das übergeordnete Vorgehensmodell schrittweise durchlaufen, um die jeweiligen Bausteine und Schritte detailliert erläutern zu können. Damit einher geht die Beantwortung der vierten und fünften Forschungsfrage. Zur Überprüfung der entwickelten Methodik werden 3 unterschiedliche Fallbeispiele im fünften Kapitel herangezogen, anhand derer sowohl der Ablauf in Form des Vorgehensmodells als auch die einzelnen Bausteine jeweils angewandt werden. Die anschließende Reflexion der Validierung fasst die Ergebnisse abschließend für dieses Kapitel zusammen. Das sechste und letzte Kapitel fasst die Arbeit insgesamt zusammen und gibt nach einer kritischen Würdigung der Ergebnisse einen Ausblick auf mögliche anschließende Forschungsbestrebungen.