

1 Einleitung

Dieses Kapitel zeigt zunächst Ausgangssituation und Motivation der Arbeit auf. Davon ausgehend wird die Zielstellung abgeleitet und der Aufbau der Arbeit erläutert.

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Um heutzutage auf den umkämpften, globalisierten Märkten wettbewerbsfähig zu sein, müssen Unternehmen steigende Anforderungen, besonders bezüglich Qualität, Individualität, Preis sowie Lieferzeit und -treue angebotener Leistungen, erfüllen. Hierbei bestimmen zunehmend schnelllebige Märkte und sich häufig ändernde Produkte, Prozesse und Produktionstechnologien den Alltag der Betriebe ([Nyhu08]; [West09]). Von besonderer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit ist die betriebliche Kapazität. Denn die vorgehaltene qualitative und quantitative Kapazität ist wesentliche Voraussetzung dafür, die kundenseitigen Anforderungen nach Art, Menge und Termin erfüllen zu können ([Kern92]). Zugleich beeinflussen das Kapazitätsangebot und die realisierbare Auslastung in hohem Maß die Höhe der Fertigungskosten ([Wien10], S. 252). Daher stellt die Bereitstellung eines möglichst jederzeit bedarfsgerechten Kapazitätsangebots und eine gleichzeitige Vermeidung von Über- und Unterkapazitäten trotz wechselnder Nachfrage eine permanente Herausforderung für die Unternehmen dar.

Die verfügbare Kapazität einer Fertigung wird durch die eingesetzten Mitarbeiter und die Betriebsmittel sowie durch deren gegenseitige Organisation determiniert ([Clar64]). Die langfristigen Rahmenbedingungen werden diesbezüglich durch die Fabrikplanung festgelegt. Auf mittel- und kurzfristiger Ebene ist die Kapazitätsbereitstellung und -nutzung in der Fertigungsplanung bzw. in der Fertigungssteuerung verankert. Die Fertigungsplanung bestimmt in Abgleich mit der geplanten Belastung das Kapazitätsangebot für einen mittleren Zeithorizont ([Wien10], S. 316f.). Aufgrund unvorhersehbarer Ereignisse und der Folge von Planungsfehlern und -unsicherheiten weichen Plan- und Ist-Kapazitätsbedarfe jedoch in der Regel voneinander ab. Die Fertigungssteuerung hat daher auf kurzfristiger Ebene die Aufgabe, trotz dieser Diskrepanzen eine hohe logistische Zielerreichung sicherzustellen ([Bege05], S. 21f.). Die kurzzeitig wechselnden, marktseitigen Forderungen haben dabei zu einem wachsenden Aufgabenbereich der Fertigungssteuerung und steigenden Ansprüchen hinsichtlich ihrer Reaktionsschnelligkeit geführt. Die Entscheidung über den Einsatz der verfügbaren Kapazitäten und hinsichtlich etwaiger Kapazitätsanpassungen obliegt hierbei der Kapazitätssteuerung, die eine Teilaufgabe der Fertigungssteuerung darstellt ([Lödd08], S. 461).

Zur kurzfristigen Anpassung der Kapazität im Rahmen der Kapazitätssteuerung wird hauptsächlich auf die verfügbaren Mitarbeiter und die mit ihnen verknüpfte Kapazitätsflexibilität zurückgegriffen, beispielsweise auf Basis des innerbetrieblichen Austauschs der Arbeitskräfte sowie flexibler Arbeitszeiten. Eine Erweiterung der Kapazitätsflexibilität kann zukünftig in einer stärkeren Einbindung und Nutzung flexibler Betriebsmittel bestehen. Dabei kann insbesondere die Entwicklung kurzfristig rekonfigurierbarer Werkzeugmaschinen ([Abel09]; [Kore99]; [Kore02]; [Land01]; [Lore11]; [Stan08]; [Pada12]; [Wörn06]) die Kapazitätsflexibilität vergrößern und die Bereitstellung eines bedarfsgerechten Kapazitätsangebots unterstützen. Die Untersuchung der daraus erschließbaren Potenziale und deren Grenzen in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen ist Gegenstand dieser Arbeit. Im Fokus steht hierbei die Organisationsform der Werkstattfertigung. Durch die verrichtungsorientierte Anordnung und den Einsatz paralleler Werkzeugmaschinen stellt sie ein besonders vielversprechendes Anwendungsfeld rekonfigurierbarer Maschinen dar. Zudem sind gerade in der Werkstattfertigung, gemessen an den eigentlichen Bearbeitungs- und Rüstzeiten, tendenziell sehr lange und stark streu-

ende Durchlaufzeiten zu beobachten ([Stom73], S. 12; [Wien10], S. 31). Hierbei bedingen hohe Bestände und lange Liegezeiten sowohl eine hohe Kapitalbindung als auch eine schlechte Termintreue. Durch den Einsatz rekonfigurierbarer Maschinen in Verbindung mit einer geeigneten Kapazitätssteuerung kann die logistische Zielerreichung in der Werkstattfertigung potenziell verbessert werden.

1.2 Zielstellung

Die Zielstellung der vorliegenden Arbeit besteht darin, zu untersuchen, wie kurzfristig rekonfigurierbare Werkzeugmaschinen die Kapazitätsflexibilität einer Werkstattfertigung erweitern können und welche Potenziale sich durch ihren zielgerichteten Einsatz für eine Fertigung erschließen lassen. Hierzu soll mit der Reichweitenorientierten Kapazitätssteuerung (RKS) ein Verfahren entwickelt und validiert werden, welches einen effektiven und effizienten Einsatz rekonfigurierbarer Maschinen in der Fertigung erlaubt. Die auf den technischen und betrieblichen Eigenschaften der Werkzeugmaschinen basierende Kapazitätsflexibilität soll dazu detailliert berücksichtigt werden. Insgesamt soll durch den kombinierten Einsatz rekonfigurierbarer Maschinen und der RKS auch bei Belastungsschwankungen eine gute Abstimmung von Belastung und Kapazität in den Werkstätten und damit eine hohe logistische Zielerreichung erzielt werden. Von besonderem Interesse sind hierbei wirtschaftlich relevante logistische Zielgrößen wie Bestand, Durchlaufzeiten, Termintreue und Auslastung. Um die grundsätzliche Wirtschaftlichkeit sicherzustellen, soll das Verfahren eine aktive Beeinflussung der Häufigkeit von Kapazitätsanpassungen und des dadurch bedingten Aufwands ermöglichen. Das Verfahren soll qualitativ und, anhand der simulativen Untersuchung ausgewählter theoretischer und eines praktischen Fertigungsszenarios, quantitativ validiert werden. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse und unter Bezugnahme auf herkömmliche, mitarbeiterbasierte Maßnahmen sollen die Potenziale und die Grenzen des Einsatzes rekonfigurierbarer Werkzeugmaschinen für die Kapazitätssteuerung in der Werkstattfertigung abschließend zusammengefasst und diskutiert werden.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in insgesamt neun Kapitel. Nach der Einleitung durch Kapitel 1 werden in Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen der Kapazitätsplanung und -steuerung aufbereitet. Ausgehend von den Grundbegriffen der betrieblichen Kapazität werden die Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung erläutert. Ein Fokus liegt hierbei auf der Termin- und der Kapazitätsplanung sowie auf den Maßnahmen der Kapazitätsabstimmung. Weiterhin führt Kapitel 2 die Kapazitätssteuerung aus. Hierzu zeigt es zunächst relevante logistische Zielgrößen und ihre Wirkzusammenhänge auf. Ferner erfolgt eine Einordnung der Kapazitätssteuerung in die Fertigungssteuerung, wobei die Bedeutung und die Zusammensetzung der Kapazitätsflexibilität dargestellt werden. Abschließend stellt das Kapitel das generelle Wirkprinzip sowie verschiedene Verfahren der Kapazitätssteuerung vor.

Das Kapitel 3 beschreibt die Entwicklung und den Einsatz rekonfigurierbarer Werkzeugmaschinen. Aufbauend auf einer allgemeingültigen Definition werden verschiedene Maschinenkonzepte erläutert und entsprechend ihrer Produktivität und Flexibilität klassifiziert. Neben Sonder- und Universalmaschinen wird hierbei mit den rekonfigurierbaren Werkzeugmaschinen ein weiteres Maschinenkonzept eingeführt. Dieses wird hinsichtlich seiner Entwicklungshintergründe, technischen und betrieblichen Eigenschaften sowie möglicher Einsatzfelder detailliert beschrieben. Zudem wird anhand erster Prototypen und industrieller Entwicklungen der aktuelle Entwicklungsstand zugehöriger Maschinen illustriert. Abschließend beschreibt das Kapitel betriebsmittelorientierte Ansätze der Kapazitätsanpassung und würdigt diese hinsichtlich ihrer Eignung für die angestrebte Untersuchung.

Das Kapitel 4 entwickelt mit der RKS ein für die Untersuchung geeignetes Verfahren der Kapazitätssteuerung auf Basis rekonfigurierbarer Werkzeugmaschinen. Zunächst beschreibt es den Einfluss kurzfristig rekonfigurierbarer Maschinen auf die Kapazitätsflexibilität einer Werkstattfertigung und identifiziert diesbezüglich relevante Maschineneigenschaften. Deren erforderliche Ausprägungen werden nachfolgend in Form von Voraussetzungen innerhalb des Einsatzszenarios der RKS zusammengefasst. Ferner führt Kapitel 4 das Funktionsprinzip der RKS aus und nimmt eine Einordnung in die Fertigungssteuerung vor. Auf Basis zuvor definierter Anforderungen wird anschließend die Steuerungslogik der RKS ausgeführt. Dies schließt eine Diskussion steuerungsrelevanter Größen, der Mechanismen von Auslösungs- und Regelungslogik sowie die Beschreibung des Ablaufs der RKS ein. Abschließend diskutiert das Kapitel die Wirkung der Verfahrensparameter und nimmt eine qualitative Validierung der RKS vor.

In Kapitel 5 erfolgt die simulative Untersuchung des Einsatzes der RKS in verschiedenen Szenarios der Werkstattfertigung. Mit der Definition von Untersuchungszielen, der Beschreibung des Simulationsmodells und der Versuchsplanung stellt es zunächst die Ausgangspunkte der Untersuchung dar. Darauf aufbauend erfolgen die Darstellung und die Diskussion der Simulationsergebnisse. Ferner beschreibt das Kapitel die Untersuchung eines praxisbasierten Szenarios unter Anwendung der RKS. Auf Basis der durch die Simulationen gewonnenen Erkenntnisse nimmt das Kapitel abschließend eine quantitative Validierung der RKS vor.

In Kapitel 6 werden die Potenziale und die Grenzen des Einsatzes rekonfigurierbarer Werkzeugmaschinen für die Kapazitätssteuerung in der Werkstattfertigung abschließend diskutiert. Das Kapitel 7 nimmt diesbezüglich eine Schlussbetrachtung vor. Hierzu erfolgen eine Zusammenfassung der Arbeit, eine kritische Betrachtung sowie ein Ausblick. Das Kapitel 8 enthält als Anhang die wichtigsten in Kapitel 5 diskutierten Simulationsergebnisse in tabellarischer Form. Im Kapitel 9 ist die innerhalb der Arbeit zitierte Literatur aufgeführt.

