

Simulationsgestützte Entwicklung einer innovativen Fertigungssteuerung

Simulation-based Development of an Innovative Manufacturing Control

Mathias Bös, SDZ GmbH, Dortmund (Germany),
mathias.boes@sdz.de

Abstract: This report describes the development of an innovative manufacturing control. By means of simulation the bottle-necks as well as the reasons for production losses are identified. Through identification of connection of different product and machine restrictions a logic for manufacturing control can be developed and secured by simulation.

1 Motivation

Die (deutsche) Automobil-Zulieferindustrie steht in einem internationalen Wettbewerb, der sich in den kommenden Jahren noch weiter verschärfen wird. Denn weltweit werden weiterhin Fertigungskapazitäten aufgebaut, die mit wachsendem Know-how betrieben werden. In Folge können Original Equipment Manufacturers (OEM) vergleichbare Qualitäten weltweit beziehen, wodurch sich der Kostendruck auf heutige Lieferanten noch weiter erhöht.

Auch mittelständische Unternehmen sind so gezwungen, ihre Fertigung noch effizienter zu gestalten und die Produktivität ihrer Fabriken weiter zu steigern. Dies erfolgt durch eine fortgesetzte Automatisierung der Fertigungsabläufe und die Eliminierung (bzw. Reduzierung) weiterer Kostenfaktoren in den Fabriken (z. B. durch die Minimierung von Beständen auf allen Lagerstufen).

Dies hat zur Folge, dass die Abläufe innerhalb dieser Fabriken (von der Vor- über die Haupt- bis zur Endfertigung) immer stärker verkettet sind und nur noch minimale Sicherheiten für deren Entkopplung bestehen. Die Komplexität innerhalb dieser Fabriken erschließt sich niemandem mehr, kein Verantwortlicher verfügt mehr über ein Verständnis für das resultierende Betriebsverhalten dieser Systeme. Durch die Automatisierung bestehen zudem Grenzleistungen, die im Bedarfsfall nicht mehr durch mehr Manpower erweitert werden können. Aus diesem Grund schlagen dynamische Effekte unmittelbar und voll durch und führen zu Kapazitätsverlusten und Produktionseinbußen.

2 Ausgangssituation

Verantwortlich ist dafür die Tatsache, dass die Fertigungssteuerung bei der Modernisierung der Fertigung vernachlässigt wird. Dies betrifft sowohl die Entwicklung der entsprechenden Strategien der Fertigungssteuerung als auch die Implementierung geeigneter IT-Systeme (BMBF 2015). Denn obwohl Millionen in die technische Ausstattung der Fabriken gesteckt werden, werden keine adäquaten Mittel bereitgestellt, um auch die Produktionsplanung und Fertigungssteuerung auf den aktuellen Stand der Technik zu bringen und zu digitalisieren. In Folge steuert jeder Fertigungsbereich seine Tätigkeiten autonom auf herkömmliche Weise, also manuell und gemäß Prioritäten (Lödding 2015). Letztere werden permanent auf bidirektionalem Weg geändert, meistens durch direkten Kontakt zu Planungs- bzw. Steuerungsverantwortlichen in der Fertigung.

Eine Synchronisation aller Bereiche erfolgt dagegen in weitaus geringerer Frequenz als dies innerhalb der digitalisierten Lieferketten notwendig wäre. So wird in vielen Unternehmen noch eine wöchentliche Produktionsplanung durchgeführt, an der alle Unternehmensbereiche (Fertigung, Vertrieb, Beschaffung, Versand) beteiligt sind. Ergänzt wird diese durch eine einmalige tägliche Synchronisation aller Fertigungsbereiche, selbst bei einem Mehrschichtsystem. Diese Art der Fabriksteuerung ist allerdings viel zu träge, um anforderungsgerecht auf die dynamischen Schwankungen innerhalb der Lieferketten reagieren zu können (Spath et al. 2008).

Dabei kann oft bereits mit einfachen Mitteln Abhilfe geschaffen und die notwendige Reaktionsfähigkeit auf dynamische Einflüsse erreicht werden. So unterstützen individuelle, passgenau entwickelte Methoden eine flexible Fabriksteuerung und steigern deren Produktivität (Westkämper et al. 2009). Diese ermöglichen ein zielgerichtetes Handeln bei kurzfristigen Änderungen.

Zugegebenermaßen ist die Aufgabe, solche Methoden zu entwickeln, nicht ganz einfach. Die Konzeption derartiger Methoden setzt häufig ein Querdenken voraus und erfordert mutige und kreative Ideen abseits der herkömmlichen Wege.

Notwendige Voraussetzung ist in jedem Fall ein genaues Verständnis des Betriebsverhaltens der Fabrik, sowohl im Regelbetrieb als auch in Sonderfällen (Denkena und Schmidt 2015). Die Simulation unterstützt dabei, dieses Betriebsverhalten zu verstehen und Zusammenhänge unterschiedlicher Einflussgrößen zu ermitteln. Durch die Simulation kann auch die erreichbare Systemleistung (gemeint ist damit der tatsächliche Output, nicht die installierte technische Leistung) ermittelt werden. So wird durch die Simulation transparent, in welchen Betriebsituationen Leistungsverluste drohen und wie diesen entgegen gewirkt werden können.

Ein solches Systemverständnis bietet das (notwendige) Fundament, um individuelle Lösungen zu entwickeln, ausgerichtet auf die Anforderungen des Marktes und der Unternehmensstrategie sowie unter Berücksichtigung der Anforderungen aller Beteiligten (Kürzel 2015). Damit ist keine grundsätzliche Forderung nach Umsetzung aller Innovationen von Industrie 4.0 verbunden. Aber eine IT-gestützte Planung, die in eine Digitalisierungsstrategie eingebunden ist, ist heutzutage unumgänglich.

3 Beschreibung des Anwendungsfalls

Dieser Beitrag greift diese Thematik auf und beschreibt ein Vorgehen aus der Praxis, bei dem mittels Simulation eine solche Methodik entwickelt wurde. Es handelt sich um einen Anwendungsfall bei einem Automobilzulieferer, der Teile für die Erstausrüstung von Fahrzeugen liefert. Die Teile werden in einem Variantenmix gefertigt, der sich an den Kundenbedarfen orientiert. Bei den Teilen handelt es sich um Aluminiumdruckgussteile. In einem mehrstufigen Herstellungsprozess werden diese Teile gegossen, thermisch behandelt, mechanisch weiterbearbeitet und abschließend (teilweise) veredelt. Diese Fertigungsschritte sind direkt über Förder-technik miteinander gekoppelt. Während der Materialfluss automatisch gesteuert wird, ist für die Fertigungssteuerung kein IT-basiertes System implementiert.

Gegenstand der Betrachtung sind die Fertigungsstufen vom Gießen bis zur mechanischen Bearbeitung (vgl. Abb. 1). Diese sind miteinander gekoppelt. Mittels einer Automatisierung werden die Teile direkt (inline) von einem Fertigungsschritt zum nächsten transportiert. Die Kapazitäten je Fertigungsstufe sind aufeinander abgestimmt. Aufgrund der unterschiedlichen Fertigungszeiten je Fertigungsstufe sind in jeder Stufe unterschiedliche Kapazitäten (Anlagen) installiert.

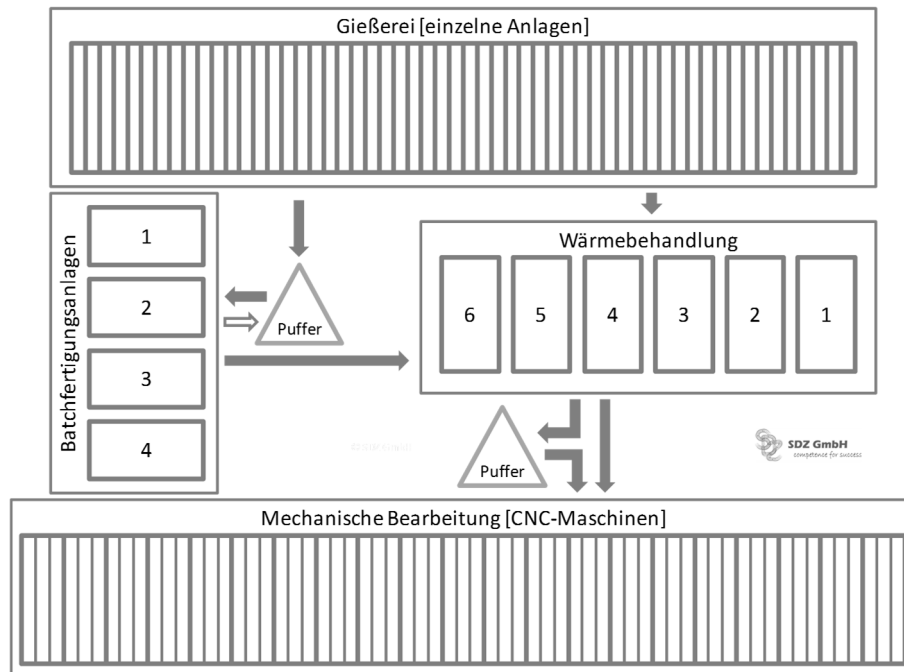


Abbildung 1: schematische Darstellung der Fabrik

Die existierende Fabrik erreicht nicht die vorgesehene Leistung (Anzahl produzierter Teile), die aufgrund der installierten Technik zu erwarten wäre. Die Gründe für die Einbußen bei der Systemleistung sollen mittels einer Materialflusssimulation ermittelt werden.

4 Simulationsmodell

Im Simulationsmodell werden die Abläufe der Fertigung von der Gießerei bis zur mechanischen Bearbeitung abgebildet. Der Schwerpunkt der Simulation liegt auf den Fertigungskapazitäten und den automatisierten Materialflüssen (Fördertechnik) innerhalb dieses Bereichs. Dazu werden die Kapazitäten aller Fertigungsstufen (Gießerei, Batchfertigungsanlagen, Wärmebehandlung, mechanische Bearbeitung) modelliert. Berücksichtigt werden dabei alle Einflussfaktoren, welche sowohl die Fertigungskapazität als auch den Materialfluss beschränken (Wenzel et al. 2008). Dabei handelt es sich um Rüst- und Einrichttätigkeiten an den Maschinen sowie um Störungen. Für die Verkettung aller Anlagen und Maschinen wird die Fördertechnik abgebildet, über die die Teile von einem Fertigungsschritt zum nächsten transportiert werden. Insgesamt befinden sich bis zu rund 60.000 Teile in diesem Fertigungsbereich.

Als Simulationsmethode wird die ereignisdiskrete Simulation gewählt. Die Abbildung erfolgt auf Basis des praxiserprobten Simulationsprogramms DOSIMIS-3. Das Simulationsprogramm verfügt über eine umfangreiche Bausteinbibliothek, die eine schnelle und valide Modellierung ermöglicht. Im Gegensatz zu vielen anderen Simulationsprogrammen erfolgt die Modellierung in DOSIMIS-3 ohne Programmierung, so dass auch technisch orientierte Anwender (z. B. Ingenieure, Planer) die Simulation durchführen können.

Jede Anlage und Maschine wird mit ihren spezifischen Kennwerten (Bearbeitungszeiten, Rüstzeiten, Materialtransportzeiten) abgebildet (VDI 2010). Dies umfasst auch deren Kapazität, da einige Anlagen über mehr als einen Bearbeitungsplatz verfügen. Über ein Schichtmodell kann die Verfügbarkeit der Anlagen eingeschränkt werden. Für jede Maschine kann in DOSIMIS-3 zudem ein individuelles Störprofil vorgegeben werden. Die Fördertechnik wird gemäß Layout abgebildet und jede Komponente (Strecken, Drehtische, Heber, usw.) mit den spezifischen Kennwerten (u.a. Geschwindigkeit, Kapazität) abgebildet. Puffer werden im Simulationsmodell nur grob abgebildet, um für jeden Simulationslauf die Bestandsverläufe jedes Puffers ausweisen zu können.

In Abbildung 2 (vgl. 3) ist der prinzipielle Fertigungsablauf dargestellt. In der Fabrik werden rund 550 unterschiedliche Teiletypen (Produkte) hergestellt. Jedes Produkt verfügt über spezifische Eigenschaften (z. B. Größe, Oberfläche, Werkstoff bzw. Legierung), die bei der Fertigung berücksichtigt werden müssen. So gibt es Produkte, die mit bzw. ohne Batchfertigung produziert werden. Darüber hinaus gibt es weitere produkt- und fertigungsbedingte Einschränkungen je Fertigungsstufe, die bei der Steuerung der Teile berücksichtigt werden müssen. In der Simulation werden für jedes Produkt zudem spezifische Zeiten (Bearbeitung, Rüsten) für jeden Fertigungsschritt berücksichtigt. Allerdings sind diese Zeiten für unterschiedliche Produkte bei gleichen Eigenschaften auch gleich, wodurch der Umfang zu verwaltender Daten in der Simulation erheblich reduziert wird.

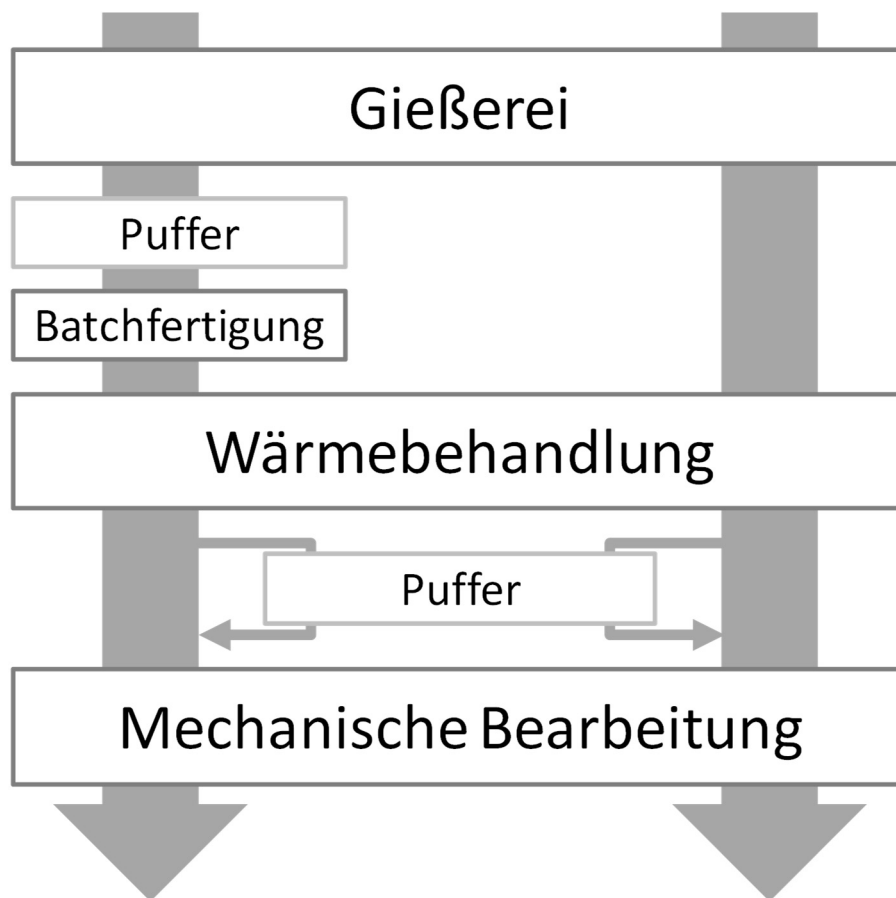


Abbildung 2: prinzipielle Fertigungsabläufe

Grundlage der Simulation sind Fertigungsaufträge. Diese definieren das Produkt und seine Losgröße. Die Fertigungsreihenfolge (Produktionsplanung) wird nicht direkt im Simulationsmodell abgebildet, sondern vorab generiert. Die Produktionsplanung erfolgt wochenweise und basiert auf den Vorgabemengen je Woche. Die herzustellenden Teile werden dazu in Fertigungsaufträgen zusammengefasst. Diese Aufträge werden einzelnen Anlagen zugeordnet, wozu die Restriktionen der jeweiligen Produkte und der Anlagen zu berücksichtigen sind (vgl. Abb. 3 (3)). So ergibt sich ein Wochenplan für die Gießerei. Die übrigen Anlagen werden nicht geplant. Die Batchfertigung erfolgt, wenn sich mehrere Batche zur Bearbeitung im Puffer (vor der Anlage) befinden. Bei den Anlagen der Wärmebehandlung handelt es sich um kontinuierlich betriebene Durchlauföfen, die nicht geplant werden müssen.

Etwas komplexer ist dagegen die Fertigungssteuerung der mechanischen Bearbeitung. Grundsätzlich sollen die Maschinen inline betrieben werden. Teile, die aus der Wärmebehandlung kommen, werden dazu direkt zu einer Maschine transportiert. Dazu wird bei der Zuführung des ersten Teils eines Fertigungsauftrages eine Maschine ausgewählt, auf der dieser Auftrag bearbeitet werden soll.

Da in der mechanischen Bearbeitung mehr Maschinen als Gießanlagen installiert sind, müsste eigentlich immer eine Maschine verfügbar sein.

Allerdings bestehen auch Einschränkungen für die Maschinenzuordnung in der mechanischen Bearbeitung, da nicht jedes Produkt auf jeder Anlage gefertigt werden kann. Ggf. müssen Maschinen dazu gerüstet werden. Durch die Simulation kann aufgezeigt werden, dass diesbezüglich ein Problem im Konzept der Inline-Fertigung besteht. Zwar kann im Prinzip dies Rüsten frühzeitig erfolgen, da aufgrund der Produktionsplanung der Gießplan bekannt ist. Da dieser jedoch kurzfristig aufgrund ungeplanter Lieferabrufe der Kunden immer wieder geändert werden muss, steht bei der Ankunft des ersten Teils eines Auftrages häufig keine (fertig gerüstete) Maschine zur Verfügung. Die zugeführten Teile stauen sich auf (bis das Rüsten beendet ist) und behindern dadurch auch die Zuführung von Teilen zu anderen Maschinen. In kürzester Zeit (vor jeder Maschine ist nur ein wenige Teile umfassender Puffer vorhanden) steht die gesamte mechanische Bearbeitung.

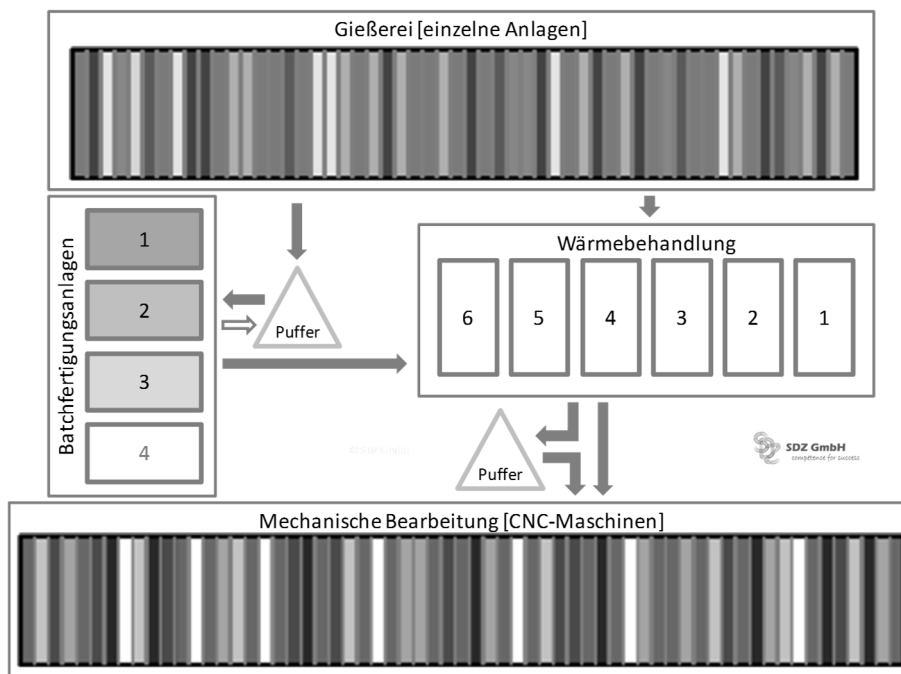


Abbildung 3: grafische Darstellung von unterschiedlichen Anlageneigenschaften

Um dieser Gefahr zu entgehen werden Teile, die nicht inline gefertigt werden können, dem Puffer vor der mechanischen Bearbeitung zugeführt und dort zwischengelagert. Durch die Simulation können so existierende Engpässe im Materialflusskonzept identifiziert werden, die in Folge zu Unterbrechungen des gesamten Materialflusses bzw. in Extremsituationen zu Deadlocks geführt haben. Das gleiche Problem kann (in noch weitaus stärkerem Ausmaß) zudem bei Störungen von Anlagen innerhalb der mechanischen Bearbeitung nachgewiesen

werden sowie bei Zuordnungsproblemen von Teilen (neuen Fertigungsaufträgen) zu Anlagen innerhalb dieses Bereichs.

Letztere begründen sich durch bestehende Restriktionen in Bezug auf die Zuordnung von Varianten zu einzelnen Anlagen, sodass für die Fertigungssteuerung eine wahlfreie Zuordnung von Fertigungsaufträgen zu Anlagen nicht möglich ist. In der Gießerei müssen vorgegebene Restriktionen (in Bezug auf den Mix von Legierungen und Kokillen) berücksichtigt werden und in der mechanischen Fertigung kann nicht jede Variante auf jeder Anlage gefertigt werden. Daher wird wochenweise auf Grundlage der (zu diesem Zeitpunkt bekannten) Abrufplanung der Kunden ein Produktionsplan erstellt, wofür die Restriktionen aller Fertigungsbereiche ebenso berücksichtigt werden wie das Konzept der Inline-Fertigung. Hierbei werden auch planbare Produktionsunterbrechungen (Instandhaltung, Rüst- und Einrichtzeiten) berücksichtigt.

Schwieriger ist dagegen die Fertigungssteuerung im Falle von nicht planbaren Ereignissen, wie technischen Störungen oder kurzfristig übermittelten Änderungen der Kundenabrufe. In diesem Fall erfolgt (aufgrund der verfügbaren Zeit) lediglich eine Umplanung im Bereich des Gießens durch die Fertigungssteuerung, ohne dass mögliche Restriktionsverletzungen in der mechanischen Fertigung überprüft werden (können). Letztere wird auch nicht unmittelbar über vorgenommene Änderungen informiert, sondern erfährt diese häufig erst, wenn die ersten, abweichend gegossenen Teile (Wechsel von Fertigungsaufträgen) der mechanischen Fertigung zugeführt werden.

Restriktionsbedingt führt dies dazu, dass Teile in der mechanischen Bearbeitung nicht bearbeitet werden können und zunächst zwischengelagert werden müssen. Dies führt zu einer Reduzierung der Produktionsleistung und in Folge zu Lieferverzögerungen und resultierenden Versorgungsabbrissen des Kunden.

5 Lösungskonzept

Durch die Simulation können die diesbezüglichen Zusammenhänge für die messbaren Produktionseinbußen ermittelt und aufgezeigt werden. Insbesondere kann nachgewiesen werden, dass bei kurzfristig erforderlichen Änderungen des Produktionsplans (Gießplans) zu wenig Rücksicht auf die Restriktionen der mechanischen Bearbeitung genommen werden. Auch die Steuerung der Batchfertigung orientiert sich in keiner Weise an diesen Restriktionen, führte zu einem nicht verfügbaren Kapazitätsbedarf in der mechanischen Bearbeitung und wird diesem Fertigungsbereich zudem mit einem viel zu kurzen Vorlauf bekanntgegeben. All diese Faktoren führten zu den vorab beschriebenen Effekten.

Um eine Lösung zu entwickeln, werden unterschiedliche Simulationsläufe durchgeführt. Bei deren Analyse werden Situationen identifiziert, in denen der Auftragswechsel übergangslos (inline) erfolgt bzw. Situationen, in denen eine Entkopplung erforderlich ist. Bei genauerer Analyse dieser Situationen wird ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der grundsätzlich für ein Produkt gerüsteten Anlagen und der Anzahl gleichzeitig gefertigten Produkte ermittelt. Des Weiteren schwankt der Fertigungsbedarf der Produkte pro Woche, wobei weder Schwankungsbreiten noch die Anzahl nicht prognostizierbarer Abrufschwankungen innerhalb einer Woche festgelegt werden können.

Allerdings wird identifiziert, dass Produkte zu Produktgruppen zusammengefasst werden können, die wöchentlich recht gleichmäßige Kapazitätsbedarfe erfordern. Jeder Produktgruppe kann eine definierte Anzahl an Maschinen zugewiesen werden. Als optimale Konfiguration wird ermittelt, dass jeweils Produkte mit 2-3 unterschiedlichen Größenabmessungen zu einer Produktgruppe zusammengefasst werden. Durch den Einsatz flexibler Bohrfutter (geringfügige Investition) können diese Maschinen sehr schnell auf die unterschiedlichen Produkte der jeweiligen Produktgruppe umgerüstet werden. Dies ermöglicht eine wahlfreie Auswahl einer Maschine innerhalb einer Maschinengruppe. Basierend auf dieser Erkenntnis wird so eine Grundkonfiguration definiert (Rahmenbelegungsplan, vgl. Abb. 4), durch die die Maschinen einzelnen Produktgruppen zugeordnet werden.

MB	MaxAufträge	MaxProdukte	Merkmal 1	Merkmal 2	MinGröße	MaxGröße	14	15	16	17	18	19	20	21
1	3	1	0	0	15	15	0	1	0	0	0	0	0	0
2	3	1	0	0	15	15	0	1	0	0	0	0	0	0
3	3	1	0	0	16	16	0	0	1	0	0	0	0	0
4	3	1	0	0	16	16	0	0	1	0	0	0	0	0
5	3	1	0	0	16	16	0	0	1	0	0	0	0	0
6	3	1	0	0	17	17	0	0	0	1	0	0	0	0
7	3	1	0	0	17	17	0	0	0	1	0	0	0	0
8	3	1	0	0	17	17	0	0	0	1	0	0	0	0
9	3	1	0	0	18	18	0	0	0	0	1	0	0	0
10	3	1	0	0	18	18	0	0	0	0	1	0	0	0
11	5	1	0	0	18	18	0	0	0	0	1	0	0	0
12	5	1	0	0	18	18	0	0	0	0	1	0	0	0
13	5	2	0	0	18	18	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0
14	5	2	0	1	18	19	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0
15	5	3	1	1	16	16	0	0	1	0	0	0	0	0
16	5	3	1	1	17	17	0	0	0	1	0	0	0	0
17	5	3	1	1	17	17	0	0	0	1	0	0	0	0
18	5	3	1	1	18	19	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0
19	5	3	1	1	18	19	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0
20	5	3	1	1	19	21	0	0	0	0	0	0,333	0,333	0,333
21	5	3	1	1	19	21	0	0	0	0	0	0,333	0,333	0,333
ges.							0,00	2,00	4,00	5,00	6,00	2,67	0,67	0,67

Abbildung 4: Rahmenbelegungsplan für Fertigungssteuerung

Beim Rahmenbelegungsplan handelt es sich im Grunde um ein Korsett für eine manuelle Kapazitätsplanung. So können anhand der Auftrags-/Produktmerkmale die Maschinen identifiziert werden, auf denen der Auftrag / das Produkt gefertigt werden kann (weil diese Maschine aktuell für dieses Produkt gerüstet ist). Wenn eine geeignete Maschine belegt ist, kann auf eine alternative ausgewichen werden. Wenn keine geeignete Maschine mehr zur Verfügung steht, kann der Auftrag zum geplanten Zeitpunkt nicht gefertigt werden. Der Rahmenbelegungsplan sollte jedoch wöchentlich auf Basis der erwarteten Lieferabrufe neu berechnet werden.

Wenn nun bei der Produktionsplanung (Tagesplanung) und der Fertigungssteuerung (Umplanung) zu jeder Zeit immer nur so viel Produkte einer Maschinengruppe vorgesehen werden, wie dieser Produktgruppe Maschinen zugeordnet sind, wird eine vollständige Synchronisation des gesamten Fertigungsbereichs erreicht, die auch eine Inline-Fertigung ermöglicht. Denn wenn bei der Planung der Gießereibelegung diese Restriktionen berücksichtigt werden, findet jeder Fertigungsauftrag auch in der mechanischen Fertigung eine freie Maschine, auf der er bearbeitet werden kann. Diese Methodik berücksichtigt auch die Batchfertigung. Wenn auch diese mit dem Rahmenbelegungsplan synchronisiert wird, kann diese Fertigungsstufe jederzeit

durchgeführt werden, ohne dass die übrigen Fertigungsbereiche eingeschränkt werden. Optimal wäre jedoch ein kontinuierlicher und nicht diskontinuierlicher Betrieb auch dieses Fertigungsbereiches, was aber auch ein kontinuierliches Gießen und mechanische Bearbeiten dieser Produkte erfordert.

Eine hundertprozentige Inline-Fertigung der mechanischen Bearbeitung wird allerdings aufgrund von Zeitanteilen für Qualitätsprüfungen und Anlagenstörungen verhindert und erfordert ein dynamisches Puffern von Rädern. Auch die Begrenzung von Unterwegsbeständen (Füllstandskontrolle) führt bei nicht planbaren Einflüssen zu temporären Entkopplungsbedarfen. Ein Mindestmaß an Entkopplung ist daher auch für eine Inline-Fertigung notwendig und erfordert ein Pufferlager. Dies heute noch manuell betriebene Lager kann zukünftig durch ein automatisches Lager effizienter gestaltet werden.

Abschließend bleibt noch zu bemerken, dass auch die Engpässe der Fördertechnik innerhalb der Fertigung durch die Simulation analysiert wurden. So ist die installierte Förderleistung grundsätzlich ausreichend dimensioniert. Lediglich im Bereich der Zusammenführung von Wärmebehandlung und manuellem Lager kommt es aufgrund kreuzender Materialflüsse zu hohen Auslastungen, insbesondere in Phasen hoher Ein- und Auslagerung von Rädern im Lager. Diese können zu einer Einschränkung der Inline-Fertigung führen und zusätzliche Entkopplungskapazitäten zur Folge haben. Auf Basis der Ergebnisse der Simulation wurde ein Vorschlag für ein Re-Engineering dieses Bereiches entwickelt und abgesichert.

6 Zusammenfassung

Der hier vorliegende Beitrag zeigt die Möglichkeit der Simulation, einfache, operative Methoden für die Fertigungssteuerung zu entwickeln und abzusichern. Durch die Simulation kann zunächst die Grenzleistung der Fabrik ermittelt werden und der Einfluss leistungseinschränkender Restriktionen. So kann aufgezeigt werden, dass die mechanische Fertigung bei einer ungestörten Inline-Fertigung nur zu maximal 89 % ausgelastet wird und damit grundsätzlich über die notwendige Kapazität verfügt, um die gegossenen Teile zu bearbeiten.

Durch fertigungs- und maschinenbedingte Restriktionen kommt es bei ‚falschen‘ Produktmischen zu Kapazitätseinschränkungen in der mechanischen Bearbeitung. Durch eine einfache Planungsmethodik können ‚falsche‘ Produktmische jedoch in jeder Situation durch die Fertigungssteuerung vermieden werden. Wenn jeder vorgesehene Produktmix vorab anhand einer Rahmenbelegungsplanung geprüft wird, ist die Synchronisation der gesamten Fabrik sichergestellt (solange keine technischen Störungen die verfügbaren Kapazitäten einschränken). Es kann inline produziert werden und Pufferbestände (WIP) werden vermieden. Dies erfolgt ohne eine Begrenzung der (täglich) benötigten Flexibilität (in Bezug auf die Lieferabrufe), bietet aber gleichzeitig Effizienzgewinne durch die Einsparung von Nebennutzungszeiten (z. B. Rüstzeiten).

Die Idee liegt in der Zusammenfassung von Produkten und in der Definition von adäquaten Maschinengruppen für diese Produktgruppen. Der so entwickelte Rahmenbelegungsplan kann wöchentlich im Rahmen der Produktionsplanung an den prognostizierten Fertigungsbedarf angepasst werden. Wenn dessen Anwendung für die Fertigungssteuerung in jedem Bereich sichergestellt ist, können Produktions-

einbußen weitgehend eingeschränkt werden, sowie die Ausbringungsmenge (Stückzahl) und die Produktivität gesteigert werden.

Die Inline-Fertigung ist jedoch grundsätzlich vor dem Hintergrund der kurzfristig bekanntgegebenen Lieferabrufe und der daraus resultierenden Änderungen der Fertigungsplanung zu überdenken. Eine Entkopplung (Lager) würde hier die Möglichkeit bieten, noch schneller auf geänderte Abrufmengen reagieren zu können. Dazu muss das Lager mit definierten Reichweiten an Halbfertigware (HALB) betrieben werden, aus denen sich die mechanische Bearbeitung bedienen könnte. Dies umfasst auch die Möglichkeit, kurzfristig und parallel auf mehr als einer Anlage ein dringend benötigtes Rad zu bearbeiten. Die Lagerung von HALB kann sich dabei auch auf wenige Radtypen (z. B. A-Artikel) beschränken, die bedarfsorientiert (gemäß Prognose) vorgehalten werden.

Zu empfehlen ist darüber hinaus die Implementierung einer regelbasierten, IT-gestützten Produktionsplanung und Fertigungssteuerung, um eine synchronisierte Zusammenarbeit von Gießerei und mechanischer Bearbeitung zu gewährleisten. Diese basiert auf den in diesem Beitrag vorgestellten Regeln der Produktionsplanung und Fertigungssteuerung und kann dadurch auch automatisiert werden (VDI 2000).

Literaturverzeichnis

- Bundesministerium für Bildung und Forschung: Industrie 4.0, Innovationen für die Produktion von morgen, BMBF (Bonn) 2015.
- Denkena, B., Schmidt, J.: Integrierte Arbeitsplanung und Fertigungssteuerung auf Basis von Zustandsinformationen. Garbsen: PZH 2015.
- Kürzel, A.: Produktionssystem, Fertigungssteuerung, Toyota und Kata: durch Konsequenz zur Exzellenz. Books on Demand 2015.
- Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung. Berlin, Heidelberg: Springer 2015.
- Spath, D.; Hirsch-Kreinsen, H.; Kinkel, S.: Organisatorische Wandlungsfähigkeit produzierender Unternehmen. Stuttgart: Fraunhofer IRB 2008.
- VDI Richtlinie 3633 Blatt 1: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Begriffsdefinitionen. Berlin: Beuth 2010.
- Wenzel, S., Weiss, M., Collisi-Böhmer, S., Pitsch, H., Rose, O.: Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik: Planung und Durchführung von Simulationsstudien. Berlin, Heidelberg: Springer 2008.
- Westkämper, E.; Bullinger, H.-J.; Spath, D.; Aldinger, L.A.: Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen des Mittelstandes. Heimsheim: Joseph-Jetter 2009.