

Komplexität in der Fertigung beherrschen

Dr. Gregor Tücks/Sascha Fuchs (WZL)/Peter Ortlinghaus (Ortlinghaus)

Mit Beginn der Wirtschaftskrise ergriffen die Ortlinghaus-Werke die einmalige Gelegenheit, mehr interne Kapazitäten für die Verbesserung von Abläufen und Strukturen zu nutzen als dies in den umsatzstärkeren Jahren zuvor möglich war. Durch den Einbezug, die Motivierung und Erfolgsbeteiligung der Mitarbeiter bei der Entwicklung und Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen wurde eine Unternehmenskultur geschaffen, welche sich durch eine hohe Veränderungsdynamik und Umsetzungsstärke auszeichnet. In Zusammenarbeit mit dem Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen fanden die Ortlinghaus-Werke einen Partner, mit dem sie gemeinsam ein Konzept für die Beherrschung einer gestiegenen Fertigungskomplexität aufgrund kontinuierlich wachsender Kundenanforderungen entwickelten und umsetzten.

Ausgangslage und Zielsetzung

Die Ortlinghaus-Werke produzieren am Standort Wermelskirchen Lamellen, Bremsen, Kupplungen und Systemlösungen für unterschiedliche Anwendungen in Einzel- und Kleinserie. Bereits in den vergangenen Jahren konnten die Fertigungsbereiche kontinuierlich verbessert werden, wodurch eine Steigerung der Auslastung und Produktionsleistung erzielt wurde. Wegen einer stärkeren Individualität der Kundenbedarfe hat sich in den vergangenen Jahren ein Marktwandel vollzogen, der eine höhere Komplexität in der Fertigung aufgrund vielfältiger technologischer Bearbeitungsmöglichkeiten zur Folge hat. Die Einführung eines Advanced Planning & Scheduling (APS) Systems zur Feinplanung der Fertigungsabläufe sollte daher Abhilfe schaffen. Es wurde schnell klar, dass ein solches System alleine nicht den gewünschten Erfolg bringen konnte.

Vor diesem Hintergrund wurde das Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen, der wissenschaftliche Kooperationspartner der Schuh & Co. GmbH, beauftragt, das bisherige Konzept zur Produktionssteuerung am Standort Wermelskirchen zu analysieren und weiterzuentwickeln. Dabei stellte eine zusätzliche Reduzierung der Durchlaufzeiten bei gleichzeitiger Steigerung

der Termintreue die zentrale Herausforderung dar. Bislang führte der Einsatz eines IT-Systems mit seinen zugrundeliegenden Optimierungsalgorithmen dazu, dass Planungsergebnisse ihre Akzeptanz bei den Mitarbeitern aufgrund der geringen Nachvollziehbarkeit verloren. Mit Hilfe einfacher regelbasierter Steuerungsmethoden sollte somit die Transparenz erhöht und die Mitarbeiter zu einem entscheidungsfähigen Teil des Steuerungskonzeptes gemacht werden.

Die Prozesskomplexität als Eingangsgröße zur Fertigungssteuerung

Charakteristisch für die Ortlinghaus-Werke ist eine Produktion nach dem klassischen Werkstattprinzip, wie es in kleinen und mittelständischen Unternehmen häufig anzutreffen ist. Aufgrund einer hohen Fertigungstiefe sind die Fertigungsprozesse meist mehrstufig, so dass eine Vielzahl von Maschinen an der Bearbeitung beteiligt ist. Der Unterschied in der Bearbeitungszeit zwischen den Prozessschritten ist mitunter sehr groß, gleiches gilt für die Durchführungszeit aufeinanderfolgender Aufträge aufgrund schwankender Losgrößen. Die Bearbeitung erfolgt auf über 100 Einzelmaschinen, wodurch in der Praxis eine Vielzahl unterschiedlicher Wege der Produkte durch die Produktion

genutzt werden. Eine schwankende Kapazitätsbelastung an den Einzelressourcen ist die Folge.

Diese Ablaufvielfalt in Kombination mit verschiedenen Einflussfaktoren wie z.B. Reihenfolgever-tauschungen von Aufträgen, erzeugt natürlicher-weise eine hohe Komplexität in der Planung und Steuerung. Die Vermutung stark schwankender Durchlaufzeiten lag somit nahe, was die Auswertung von Rückmeldedaten der Fertigungsaufträge auch bestätigte (Abb. 1).

„Durch eine vereinfachte Darstellung unserer komplexen Zusammenhänge konnte die richtungsweisende Entscheidung zur Prozessoptimierung entwickelt werden.“

Peter Ortlinghaus

Die Herausforderung einer komplexitäts-gerechten Fertigungssteuerung

Das klassische Dilemma der Produktionsplanung und -steuerung ist es, trotz einer stark turbulenten Umwelt eine hohe Prozesseffizienz, kurze Durchlaufzeiten und eine hohe Planungsstabilität zu erreichen. Hierfür kommen eine ganze Reihe von IT-Werkzeugen zum Einsatz, wie etwa für das Supply Chain Management (SCM), das Enterprise Resource Planning (ERP) und Manufacturing Execution Systeme (MES), um nur einige Beispiele zu nennen. Besonders die gestiegene Verwendung sogenannter APS-Systeme zeigt, dass Unternehmen einen Bedarf bei der Beherrschung

komplexer Abläufe aufgrund der hohen Dynamik sehen. Basierend auf Echtzeit-Rückmeldungen aus der Produktion passen sich solche Systeme an veränderte Randbedingungen an. Sie übernehmen im Wesentlichen die vier Steuerungsaufgaben, welche wie folgt definiert sind:

Die Auftragserzeugung hat den größten Einfluss auf Bestände in der Produktion. Hauptunterschied der eingesetzten Verfahren ist die Auslö-seart eines Auftrags. Es wird zwischen der Auslösung aufgrund eines Kundenauftrags, auf Basis von Forecasts oder durch Bestandsveränderung unterschieden.

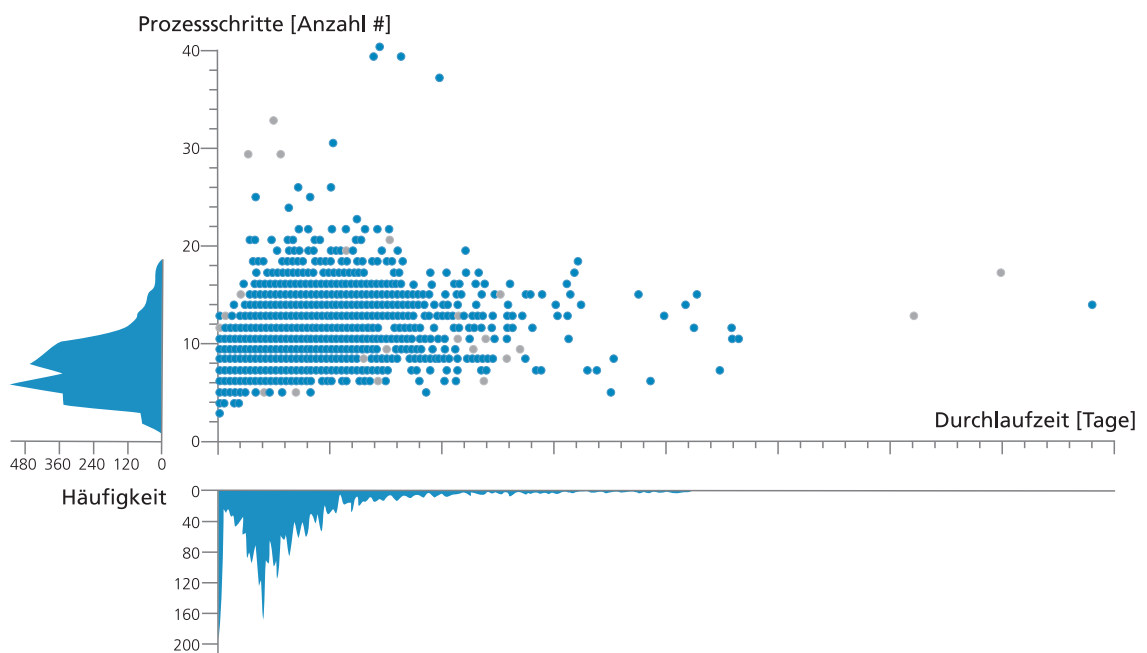


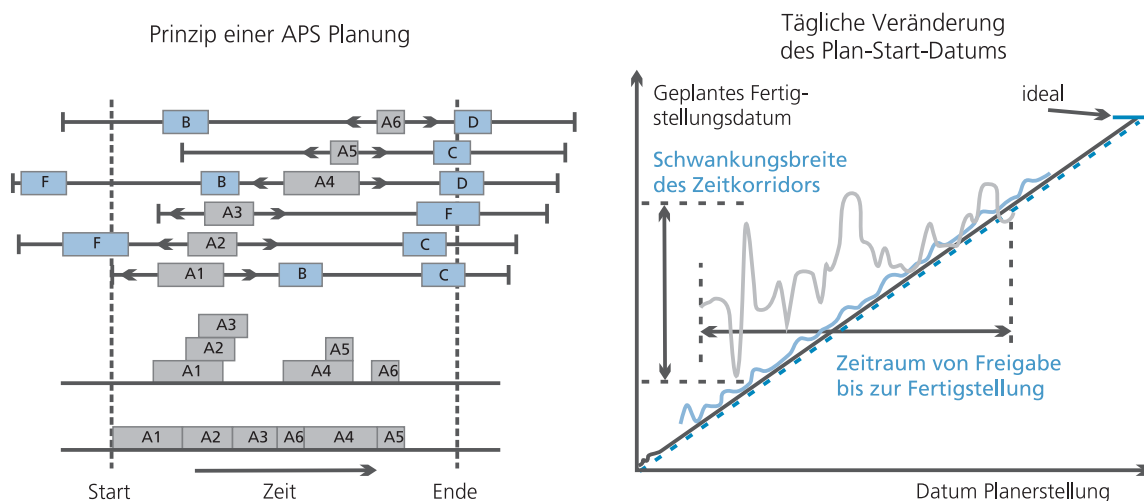
Abb. 1: Verteilung der Durchlaufzeiten

Die Auftragsfreigabe ist eine häufig unterschätzte Aufgabe der Fertigungssteuerung in der Industrie, obwohl gerade Lean Prinzipien wie Kanban oder Heijunka den Fokus auf die Freigabe von Aufträgen legen. Sie beeinflusst hauptsächlich den Work in Process (WIP), also Umlaufbestände, und die Kapazitätsauslastung, wodurch im Wesentlichen auch die mittlere Durchlaufzeit bestimmt wird. Es ist erwähnenswert, dass gerade IT-Systeme, die diese Aufgabe unterstützen, immer noch sehr selten sind. Die meisten MES- und APS-Systeme nehmen im Kern nur eine Maschinenbelegungsplanung vor.

Die Reihenfolgebildung in Warteschlangen beeinflusst stark die Verteilung von Durchlaufzeiten und somit auch die Termintreue. MES- und APS-Systeme erfüllen im Kern diese Aufgabe und zwar umso besser, je stabiler und vorhersagbarer die Produktion ist. Mit abnehmendem WIP-Bestand können hier einfachere Reihenfolgeregeln angewendet werden. Andererseits kann Stabilität auch in komplexen Produktionen durch den Einsatz solcher Reihenfolgeregeln wie z. B. FiFo (First-in-First-out) erzwungen werden.

Als letzte Aufgabe stellt die operative Kapazitätsplanung den größten Stellhebel für die Produktivität und Produktionskosten dar, indem auf der einen Seite Engpässe systematisch erweitert und andererseits die Personalverfügbarkeit von der Maschinenverfügbarkeit (z. B. durch Mehrmaschinenbedienung) entkoppelt wird.

Auch im Falle der Ortlinghaus-Werke stellte ein APS-System das zentrale Element der Steuerung dar. Die durch das ERP-System übergebenen Aufträge wurden den Arbeitsplänen folgend auf den Ressourcen mit einem Starttermin eingelastet, so dass eine rechtzeitige Fertigstellung zum Kundentermin hin prinzipiell sichergestellt war. Bei dieser Art der Auftragsfreigabe wird eine sogenannte Maschinenbelegungsplanung durch das APS-System durchgeführt, bei der WIP, also Umlaufbestand und Durchlaufzeit; nicht Gegenstand der Optimierung sind und somit unberücksichtigt bleiben. Einzig die Termintreue stellt das Zielkriterium dar. Dies führt dazu, dass die einzelnen Prozessschritte eines Auftrags beliebig weit auseinandergezogen werden, so lange der Endtermin eingehalten wird. Durch vielfältige Vorgänger- und Nachfol-



Durch die Belegungsplanung findet eine Vernetzung der Arbeitsvorgänge statt. Es entstehen starke Abhängigkeiten, wodurch vereinzelte Planabweichungen große Folgen haben können.

Abb. 2: Advanced Planning und Scheduling (APS)

ger-Beziehungen entsteht ein komplex vernetztes Wirkungsgefüge (vgl. linke Seite Abbildung 2), welches prinzipiell abgearbeitet werden kann, sich aber empfindlich gegenüber Veränderungen jeglicher Art verhält. Im rechten Teil der Abbildung 2 ist die Verschiebung des Planstarttermins für einen Vorgang über der Zeit aufgetragen. Deutlich ist die Schwankungsbreite des Zielkorridors zu erkennen, welche Rückschlüsse auf eine unzuverlässige Planung und Steuerung des APS-Systems zulässt.

Nach DEMING, welcher mit Hilfe eines Trichterexperimentes Untersuchungen zur Beherrschung von Prozessen durchführte, die mit einer Streuung behaftet waren, führen ständige Anpassungen eines solchen Systems dazu, dass im Ergebnis die Streuung sogar noch ansteigt. Erst durch grundlegende Veränderungen an der Systemstruktur, für welche ein Verständnis der Wirkzusammenhänge erforderlich ist, kann nachhaltig eine Reduzierung der zufälligen Streuung erzielt werden. Diese Möglichkeiten liegen außerhalb des Einflussbereichs des Werkers. Deshalb sind 80% aller Streuungsprobleme durch das Management verursacht.

Die Aufgabe war es nun, in weiteren Untersuchungen die Ursachen zu identifizieren und die Frage zu klären, ob sich eine solche Art der Steuerung überhaupt für eine Werkstattfertigung eignet. Neben vielen Einflussfaktoren, wie z. B. schwankende Vorgabezeiten und der kurzfristigen Einlastung von Eilaufträgen, waren die stärksten Inkonsistenzen bei der Reihenfolgebildung festzustellen. Während das APS-System täglich für jede Maschine eine minutiös einzuhaltende Liste abzuarbeitender Aufträge erzeugte und somit bereits eine Reihenfolge vorgab, sind gleichzeitig aufgrund von Durchlaufzeitoptimierungen einzelner Aufträge andere Reihenfolgebildungen vorgenommen worden. Somit wurden Aufträge aus dem Pufferbestand vorgezogen, wodurch sich andere wiederum verzögerten. Diese Verschiebungen hatten einen massiven Einfluss auf die Zuverlässigkeit der Planungs- und Steuerungsergebnisse. Sie waren neben Schwankungen in den Rohteilabmessungen sowie zusätzlichen, nur mit ungefähren Werten im Arbeitsplan hinterlegten Arbeitsgängen die Ur-

sache für die zahlreichen Terminverschiebungen. Eine minutiös vorgegebene Abarbeitung einzuhalten war somit nicht möglich.

Obwohl APS-Systeme bereits in vielen Anwendungen erfolgreich zum Einsatz kommen, gab es zwei Gründe, warum sich Ortlinghaus am Ende dagegen entschied: Zum einen waren die Stammdaten aufgrund der hohen Produktvarianz nicht mit einer ausreichenden Qualität für eine solche Art der Auftragssteuerung versehen und zum anderen versprach dieser Einsatz keine wesentliche Verbesserung in Bezug auf Durchlaufzeiten und WIP. Ein neues Steuerungskonzept musste somit aufgebaut werden.

Wichtiger Bestandteil eines Steuerungskonzeptes ist die Berücksichtigung von Fertigungsengpässen. Sie limitieren den Durchsatz an Fertigungsaufträgen in einem System und beeinflussen dadurch den WIP. Zur Bestimmung von Engpässen existieren in der Literatur viele verschiedene Ansätze, welche sich allerdings zum Teil für die Praxis als ungeeignet erweisen. Aus diesem Grund wurde die Definition von GOLDRATT herangezogen, nach der sich ein Engpass anhand der längsten Warteschlange von Aufträgen finden lässt. Auf Basis der rückgemeldeten Arbeitsschritte via BDE können die Arbeitsvorräte vor einer jeden Maschine bestimmt und somit Engpässe identifiziert werden.

Wegen der zuvor beschriebenen Ablaufkomplexität können aufgrund konvergierender und divergierender Materialflüsse mehrere Engpässe nebeneinander existieren. Zusätzlich verändern neu hinzukommende und fertig bearbeitete Aufträge die Kapazitätssituation zusätzlich, so dass Engpässe über die Zeit ihre Position verändern. Um eine verlässliche Aussage über die derzeitige Engpasssituation zu treffen, stellten die Ortlinghaus-Werke folgende Engpassdefinition auf: Eine Maschine stellt einen Engpass dar, wenn ihr WIP einen Arbeitsvorrat von drei Tagen übersteigt bzw. wenn die Warteschlange Aufträge enthält, welche bereits länger als drei Tage auf die Bearbeitung warten. Zu Beginn trafen diese Bedingungen erstaunlicherweise auf ca. 60% aller Fertigungsressourcen zu.



Abb. 3: Plantafel

Die zuvor durch das APS-System durchgeführten Aufgaben der Auftragsfreigabe und Reihenfolgebildung mussten nun von einem anderen Mechanismus abgefangen werden. Da der Wechsel auf eine weitere IT-Lösung aufgrund der zuvor geschilderten Probleme nicht angemessen erschien, fiel die Wahl auf ein regelbasiertes Steuerungssystem. Dies bedeutete, dass der Fertigungssteuerer als Entscheider stärker in den Mittelpunkt rückte und daher mit aufbereiteten Informationen versorgt werden musste, um entscheidungsfähig zu sein. Die größte Umstellung stellte dabei der Verzicht auf die Angabe eines exakten Fertigstellungsdatums dar, welche zuvor durch das APS-System erfolgte. Dies hatte einen absichernden Effekt, da solche Informationen nur als gegeben hingenommen werden konnten und somit praktisch wie Vorgaben anzusehen waren.

Eine solche Argumentation war mit dem neuen Steuerungskonzept nicht mehr möglich. Zuverlässige Vorhersagen zu treffen war nun wichtiger denn je, und dies konnte nur durch eine Reduzierung der Durchlaufzeit und ihrer Streuung erreicht werden. Letzteres wurde durch die Anwendung einer simplen Reihenfolgeregel, nämlich der First-in First-out (FiFo) Regel, erreicht. Diese ließ sich zusätzlich in das vorhandene Layout integrieren, so dass ein Zwang zur Abarbeitung nach dem FiFo-Prinzip gegeben war.

Das zweite Element stellte die engpassorientierte Freigabe von Aufträgen dar, welche erst bei Unterschreitung eines bestimmten WIP-Levels an den Maschinen die erneute Freigabe von Aufträgen auslöst. Das Kernelement hierfür zeigt eine Plantafel, welche die Arbeitsbelastung tagesgenau wiedergibt und so den Fertigungssteuerer bei seiner Arbeit unterstützt (Abb. 3). Gleichzeitig führte das geschärfte Bewusstsein der Mitarbeiter über die Auswirkungen von Reihenfolgevertauschungen dazu, dass diese nun fast ausschließlich vor der Freigabe stattfinden und Verzögerungen anderer Aufträge somit transparenter sind. Auch das Wissen um die Belastungssituation an jeder Maschine führte zu einer veränderten Arbeitsweise der Mitarbeiter, weg von der täglichen Nachverfolgung einzelner Aufträge hin zu einer ganzheitlichen Optimierung der Produktion. WIP-Bestände wurden so sukzessive reduziert, was sich unmittelbar auf die Durchlaufzeiten auswirkte. Diese konnte in einigen Bereichen bereits um bis zu 60% reduziert werden.

Diese bemerkenswerten Erfolge sind nicht zuletzt auch dem Ideenreichtum der Ortlinghaus-Mitarbeiter zuzuschreiben, die nach Beginn der ersten Veränderungen in ihrem Arbeitsumfeld eine Weiterentwicklung des Steuerungskonzeptes vorgenommen haben und diese auch kontinuierlich weiterführen, wie z. B. die Implementierung neuer Visualisierungstools zeigen.

Fazit

Ein wichtiger Bestandteil der dargestellten Lösung ist die strenge Beobachtung von Umlaufbeständen und Liegezeiten. In Verbindung mit einer gezielten Freigabe von Aufträgen kann so selbst ein komplexes System mit relativ einfachen Mitteln gesteuert werden. Dieser Ansatz hat sich bereits bei der Firma Ortlinghaus in der Praxis bewährt und wird kontinuierlich mit dem Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH weiterentwickelt. Obwohl die vorgestellten Lösungselemente in der Theorie bereits bekannt sind, ist derzeit kein vergleichbar komplexer Anwendungsfall in der Praxis dokumentiert. Die gesammelten Erfahrungen haben sich bei der Entwicklung und Gestaltung von Steuerungskonzepten als sehr wertvoll erwiesen. Auf der anderen Seite zeigte die Zusammenarbeit auch, wie wichtig die Begeisterung aller beteiligten Mitarbeiter mit dem Umgang einer neuen Lösung ist. Nur so kann sichergestellt werden, dass eine kontinuierliche Weiterentwicklung erfolgt und neue Ideen zu einer ständigen Verbesserung führen.

Kontakt

Dr. Gregor Tücks

Telefon: +49 2405 459 02

gregor.tuecks@schuh-group.com

Sascha Fuchs

Werkzeugmaschinenlabor

WZL der RWTH Aachen

Lehrstuhl für Produktionssystematik

Peter Ortlinghaus

Ortlinghaus-Werke GmbH

Geschäftsführer