



Lean Complexity - wachsender Komplexität in der Produktion Rechnung tragen

Hohe Produktvielfalt und Dynamik der Nachfrage schlagen sich in der Produktion in Prozessen und Anlagen nieder. Die Beherrschung dieser Komplexität hat sich zu einer vorrangigen Fragestellung in der Produktion entwickelt. Am WZL der RWTH Aachen werden die Erfahrungen aus zahlreichen Beratungsprojekten im Maschinen- und Anlagenbau sowie der Automobilindustrie zusammengetragen.

Planung von Produktionssystemen

Die Planung und Auslegung von Produktionsanlagen und -systemen ist eine komplexe Herausforderung: Zahlreiche Informationen müssen unternehmensweit zusammengetragen und bewertet werden, um daraus unter den vielen denkbaren Lösungen die optimale Auslegung der Produktion zu finden. Typischerweise sind dabei marktseitige, technologische, arbeitsorganisatorische und infrastrukturelle Größen gegeneinander abzuwägen. Bei der Lösungsfindung zählen die klassischen Zielgrößen: Erfüllung der Marktforderungen, Kosten und Prozesssicherheit. Natürlich lässt sich "die" optimale Lösung für die Produktion nicht finden. Vor dem Hintergrund der theoretischen Freiheitsgrade bei der Umsetzung einer Produktionsaufgabe besteht der Zwang, sich an etablierte Lösungen, gewachsene Restriktionen und Erfahrung zu halten.

Alles in Frage zu stellen kann und sollte sich ein Unternehmen nicht leisten - die Herausforderung stellt sich vielmehr darin, die richtigen Dinge zu hinterfragen und zu verbessern.

Komplexität in der Produktion

Komplexität bedeutet in der Wissenschaft vor allem Vielfalt. Vielfalt entsteht in der Produktion aus hoher Produktvarianz, sich verändernden Stückzahlbedarfen und wechselnden Kundenanforderungen. Die Situation der Automobilindustrie, die sich als Folge kurzer Lebenszyklen und erweitertem Produktangebot zunehmend um Auslastung und Kosten von Produktionsanlagen sorgt, ist in den Medien besonders präsent. Der Maschinen- und Anlagenbau ist jedoch ebenso von der Herausforderung wachsender Vielfalt betroffen, da hier von Hause aus meist einzel-auftragsorientiert gearbeitet wird.

Produktion migriert zunehmend in die Rolle eines Dienstleisters: Kunde und Markt geben vor, was gebraucht wird. Die Produktion hat dies termin-treu, qualitäts- und kostengerecht zu leisten. In der Folge ist die Beherrschung der resultierenden Komplexität in der Produktion zu einer strategischen Erfolgsposition für viele Unternehmen geworden.

Die Herausforderung lautet "Wie?", ohne dass redundante Prozesse und Überkapazitäten, intransparente Abläufe und ein nicht mehr nachvollziehbares Expertensystem in der Produktion die Folge sind.

Im Umgang mit Komplexität in der Produktion liegt die eigentliche Herausforderung bereits in der Planung und Auslegung eines Produktionssystems. Hier werden die Entscheidungen über Kapazität, Flexibilität, langfristige Restriktionen und damit über entscheidende Kostenanteile und Limitierungen in der späteren Produktion festgelegt. Die Planung befindet

Laboratorium für
Werkzeugmaschinen
und Betriebslehre

Lehrstuhl für
Produktionssystematik

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Günther Schuh
Steinbachstraße 53 B
52074 Aachen
Deutschland
Telefon +49 (0)241 / 80-2 74 04
Fax +49 (0)241 / 80-2 22 93
www.wzl.rwth-aachen.de

Dr.-Ing. A. Kampker
Telefon +49 (0)241 / 80-2 74 06
A.Kampker@wzl.rwth-aachen.de



sich in dem Dilemma, ein Produktionssystem mit genau spezifizierten Merkmalen auslegen zu müssen, das später im Betrieb vielfältigen, hochdynamischen und in der Planung häufig unbekanntem Nutzungsanforderungen gegenübersteht. Es muss also, trotz großer Unsicherheiten, eine Auslegung des Systems vorgenommen werden, die allen wechselnden Anforderungen genügt. Vor dem Hintergrund dieses Dilemmas haben Begriffe wie Flexibilität, Agilität und Anpassungs- oder Wandlungsfähigkeit Hochkonjunktur. Die Ansätze verfolgen alle das gleiche Ziel: Optionen und Handlungsspielräume in der Produktion zu schaffen, die es erlauben, auch exotische Produktwünsche zu erfüllen und hoher Marktdynamik zu folgen.

Lean Complexity – schlanke Vielfalt

Der zeitgemäße Ratschlag für die Planung von Produktionssystemen lautet, proaktiv Veränderungsbedarfe einzuplanen und adaptive, selbstregelnde Lösungen einzurichten. Beispiele dafür sind Kanban Steuerungen, bei denen ein Prozess durch seinen eigenen Kunden gesteuert wird, oder autonome Arbeitsgruppen, die in der idealtypischen Vorstellung Zielvorgaben erhalten und diese ohne weitere Eingriffe unabhängig abarbeiten. Solche Lösungen weisen in die richtige Richtung, lösen das praktische Problem der Anpassungsfähigkeit allerdings nur bedingt: Ein Layout mit Einrichtungen, Maschinenfundamenten und baulichen Restriktionen ist, genauso wie ein qualifizierter Arbeitsplatz oder eine Werkzeugmaschine, nur sehr begrenzt

anpassungsfähig. Hier Veränderungsbedarfe einzuplanen heißt praktisch Fläche vorzuhalten, Überkapazität einzuplanen, die etwas größere Maschine an Stelle einer kleinen zu kaufen usw. Es lohnt sich also, genau abzuwägen, wie ein Produktionssystem der Komplexität intelligent begegnen kann.

Einen vielversprechenden Lösungsansatz stellen die Denk- und Handlungsmuster zur Verfügung, die die Lean Production Bewegung zusammengetragen hat. Zum einen fokussiert Lean darauf, Wert für den Kunden zu schaffen und folgerichtig alle Prozesse daran zu orientieren. Zusammen mit dem resultierenden Methodenbaukasten, ist dies der Orientierungsrahmen, der zur effizienten Komplexitätsbeherrschung in der Produktion notwendig ist. Zum anderen transportiert die Lean-Philosophie, dass für die Planung und den Betrieb eines Produktionssystems einfache Heuristiken, d.h. Regeln notwendig sind, die die komplexen Problemstellungen in der Planung und Auslegung beherrschbar machen. Diese einfachen Hilfestellungen erlauben es, schwierige Fragen schnell und trotzdem im Sinne des Gesamtnutzens richtig zu beantworten.

Handlungsfelder

Jedes Unternehmen hat spezifische Problemstellungen und muss einen individuellen Lösungsweg finden, der Voraussetzungen und unternehmenskulturellen Hintergründen Rechnung trägt. Es lassen sich jedoch einige

**Laboratory for Machine
Tools and Production
Engineering**

**Department of
Production Engineering**

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Günther Schuh
Steinbachstraße 53 B
52074 Aachen
Germany
Phone +49 (0)241 / 80-2 74 04
Fax +49 (0)241 / 80-2 22 93
www.wzl.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. A. Kampker
Phone +49 (0)241 / 80-2 74 06
A.Kampker@wzl.rwth-aachen.de



allgemeingültige Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Komplexität in der Produktion formulieren:

1 - Komplexität entflechten:
Komplexität lässt sich nur dann beherrschen, wenn die Auswirkungen der Produkt- und Prozessvarianz, wechselnder Stückzahlen und eines veränderlichen Produktangebotes auf die Produktion bekannt sind. Ausgehend von einer Einflussanalyse werden Transparenz und eine Bewertungsgrundlage für die Optimierung der Produktion geschaffen. Schlüsselfragen bei der Analyse sind: "Wie sähen ideale Abläufe bei der Herstellung nur eines Produktes bzw. einer Produktvariante für einen stabilen Markt aus?" und "An welchen Stellen ist das System von einzelnen Experten abhängig, die das Funktionieren sicherstellen müssen?"

2 - Denken in Optionen und Szenarien, nicht in Prämissen und Restriktionen:

Typischerweise denken Gestalter komplexer Systeme in Restriktionen und historisch gewachsenen Gegebenheiten, um damit die Freiheitsgrade in der Gestaltung soweit zu reduzieren, dass sich eine oder wenige Lösungen ableiten lassen. Die Umkehr dieser klassischen Denkweise ermöglicht es, intelligente Lösungen für den Umgang mit Komplexität in der Produktion zu finden. Planungsmethoden und -werkzeuge müssen daher Freiheitsgrade und Handlungsalternativen in den Mittelpunkt stellen, die Optionen zur Komplexitätsgerechten Produktionsgestaltung aufzuzeigen. Häufig sind Fabrik- und Anlagenplanern die

Freiheitsgrade, die sie tatsächlich bei der Produktionsauslegung haben, nicht bekannt.

3 - Planung von Zustandsräumen statt Referenzprodukten:
Ein Produktionssystem anhand weniger Referenzprodukte auszulegen, reicht in der Regel nicht, auch wenn diese einen wesentlichen Anteil der Produktionsstückzahl abdecken. Häufig ist es ein einzelnes, exotisches Produkt, das trotz geringer Stückzahl aufgrund einer extremen Fertigungszeit die Abläufe in einem Produktionsbereich durcheinander bringt. Eine Produktion muss außerdem in unterschiedlichen Stückzahlbereichen in gleicher Weise effizient arbeiten können. Die Konsequenz ist, dass statt einer an Mittelwerten orientierten Auslegung der Produktion mit den Extrema geplant werden muss und Statistik als Handwerkszeug in die Auslegung von Produktionssystemen Einzug hält.

4 - Intelligente statt komplexe Lösungen:
Komplexen Anforderungen wird häufig mit technisch komplizierten Lösungen begegnet. Einen komplexen Prozess auf komplexen Anlagen abzubilden, führt jedoch zu einer Verschärfung des Problems, macht eine effiziente Beherrschung der Komplexität unwahrscheinlicher und ist auch aus Kostengesichtspunkten zu hinterfragen. Die Suche nach einfachen und beherrschten technischen wie organisatorischen Lösungen, die dennoch die Vielfalt der Produktionsprozesse abbilden, ist der Schlüssel zum Erfolg.

**Laboratory for Machine
Tools and Production
Engineering**

**Department of
Production Engineering**

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Günther Schuh
Steinbachstraße 53 B
52074 Aachen
Germany
Phone +49 (0)241 / 80-2 74 04
Fax +49 (0)241 / 80-2 22 93
www.wzl.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. A. Kampker
Phone +49 (0)241 / 80-2 74 06
A.Kampker@wzl.rwth-aachen.de



5 - Dedicated Flexibility - Der Punkt der optimalen Flexibilität: Flexibilität ist eine weit verbreitete Lösung, um Herr über hohe Prozessvarianz in der Produktion zu werden. Flexibilität hat jedoch in der Regel unmittelbare Auswirkungen auf die technische Auslegung von Anlagen und ist damit kostenintensiv. Es kann von einem abnehmenden Grenznutzen ausgegangen werden: Der Nutzen, der durch zusätzliche Flexibilität entsteht, wird von den Kosten ab einem bestimmten Punkt neutralisiert; es ist daher häufig besser, zwei unflexible als eine Universalmaschine anzuschaffen. Flexibilität ist eine Eigenschaft, die – mit pragmatischen Methoden – optimiert werden muss.

Lean Complexity - Anwendung

Die beschriebenen Überlegungen bilden den Rahmen für Forschung und Industrieberatung im Bereich der Produktionsoptimierung. Zahlreiche Projekte wurden unter dem Problemfokus der Komplexitätsbeherrschung in der Produktion am WZL durchgeführt. Dabei sind Werkzeuge und Methoden entwickelt worden, um spezifische Fragestellungen zu untersuchen und zu beantworten.

Hierzu folgende Auswahl:

- Reorganisation einer variantenreichen Serienmontage (Antriebshersteller): Verbesserung von Produktivität und Durchlaufzeit durch Reorganisation des Logistik- und Steuerungskonzeptes
- Variantenoptimierung in der Montage (Automobilzulieferer): Reduzie-

rung von Folgeinvestitionen durch produktvariantengerechte Optimierung einer Montagelinie

- Quick Check - Potenzialanalyse (z.B. Maschinen- und Anlagenbau): Entwicklung von Potenzialen und Maßnahmen zur Produktivitäts- und Flexibilitätsverbesserung
- Prozessoptimierung in der Einzel- und Kleinserienmontage (Maschinen- und Anlagenbau): Reorganisation der Montage einer Werkzeugmaschine und Umsetzungsbegleitung für IT-Systeme, Layout und Logistik
- Auslegung von Fließmontagelinien (Automobilhersteller): Linienauslegung und Kapazitätsabstimmung einer variantenreichen Fließmontagelinie
- Skalierbare Produktionslinien (Automobilzulieferer): Investitionsreduzierung und Flexibilitätsverbesserung durch eine in Automatisierungsgrad, Produktionsstückzahl und Produktvarianz skalierbare Montagelinie
- Flexibilitätsoptimierung der Produktionsauslegung (z.B. Automobilhersteller): Simulation, Auslegung und Bewertung zur Optimierung der flexibilitätsabhängigen Lieferfähigkeit der Produktion
- Dynamisches Flächennutzungskonzept und erweiterbares Gebäudekonzept (Automobilzulieferer): Konzeption und Auslegung des Layoutkonzeptes einer Standortneugründung

**Laboratory for Machine
Tools and Production
Engineering**

**Department of
Production Engineering**

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Günther Schuh
Steinbachstraße 53 B
52074 Aachen
Germany
Phone +49 (0)241 / 80-2 74 04
Fax +49 (0)241 / 80-2 22 93
www.wzl.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. A. Kampker
Phone +49 (0)241 / 80-2 74 06
A.Kampker@wzl.rwth-aachen.de