

Flexibilitätsprofile

Analyse und Konfiguration von Strategien zur Kapazitätsanpassung in der industriellen Produktion

Doctoral Thesis

Author(s):

Gottschalk, Lutz L.

Publication date:

2005

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005150357>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

FLEXIBILITÄTSPROFILE

Analyse und Konfiguration von Strategien zur
Kapazitätsanpassung in der industriellen Produktion

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
LUTZ LEO GOTTSCHALK

Dipl.-Ing. Maschinenbau, Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen

geboren am 29. April 1971,
aus Deutschland.

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. PAUL SCHÖNSLEBEN (Referent)
Prof. Dr. habil. PETER NYHUIS (Korreferent)

2005

Kurzfassung

Die Beherrschung von Bedarfsschwankungen gehört zu den zentralen Aufgaben der Planung und Steuerung in produzierenden Betrieben. Dabei sind Bedarfsveränderungen nicht nur auf den Anstieg oder Rückgang der von den Abnehmern insgesamt nachgefragten Produktmengen beschränkt. Gleichermassen relevant sind Wünsche nach anderen, gegebenenfalls sogar neuen Produkten bzw. Produktvarianten oder die Verschiebung vereinbarter Liefertermine. Im kurz- und mittelfristigen Planungshorizont äussern sich diese Veränderungen der Kundenwünsche vor allem in der Anforderung, schwankende Kapazitätsbedarfe mit dem verfügbaren Kapazitätsangebot abzugleichen. Im Produktionsmanagement stehen dafür zwei verschiedene Lösungsmöglichkeiten zur Verfügung. Dies ist einerseits die Umplanung von Start- und Endterminen für Produktionsaufträge sowie andererseits die Anpassung der Produktionskapazität. Angesichts der wachsenden Forderung nach immer kürzeren Lieferfristen und deren strikter Einhaltung werden die möglichen Freiheitsgrade in der Terminplanung unter Umständen erheblich eingeschränkt. Die Bereitstellung und der effiziente Einsatz flexibler Produktionskapazitäten wird somit in verstärktem Masse erzwungen oder zumindest zu einer unverzichtbaren Lösungsalternative bei der Planung und Abwicklung der Produktion.

Unter anderem durch die Einführung flexibler Arbeitszeitmodelle oder durch Möglichkeiten zur temporären Fremdvergabe von Wertschöpfungsanteilen stehen vielen Betrieben heute durchaus zahlreiche Möglichkeiten zur Veränderung ihrer Produktionskapazitäten zur Verfügung. Die entsprechenden Anpassungsmassnahmen unterscheiden sich dabei nicht nur in ihrem Beitrag zur Erhöhung bzw. Reduktion der Kapazität, sondern auch durch verschiedene zeitliche Randbedingungen sowie durch die Kosten, die jeweils für ihre Bereitstellung und Nutzung anfallen. In diesem Kontext stellt sich planungsverantwortlichen Mitarbeitern unter anderem die Frage, ob die verfügbaren Anpassungsmassnahmen überhaupt geeignet sind, um die künftig erwarteten Bedarfsunsicherheiten zu beherrschen. Darüber hinaus ist zu entscheiden, welche Anpassungsmassnahme bzw. Massnahmenkombination in welcher Bedarfssituation am besten einzusetzen ist. Die wissenschaftlich fundierte Erarbeitung geeigneter Methoden und Hilfsmittel zur Beantwortung der beiden genannten Fragestellungen ist die Zielstellung der vorliegenden Dissertation.

Durch die Ausarbeitung eines Modellierungsansatzes wurde zunächst die notwendige Grundlage geschaffen, um Schwankungen des Kapazitätsbedarfes sowie Massnahmen zur Kapazitätsveränderung in einer miteinander vergleichbaren Weise beschreiben zu können. Neben einer geeigneten Erfassung der Höhe einer Bedarfsveränderung bzw. des Kapazitätsbeitrages einer Anpassungsmassnahme werden dabei auch die bereits angesprochenen Zeit- und Kostenaspekte einbezogen. Schliesslich formt sich so ein mehrdimensionales Gesamtbild zur Flexibilität der Produktionskapazität, das von wichtiger Bedeutung für deren Planung und zweckmässige Nutzung ist.

Darauf aufbauend, wird mit einer Methode zur Bestimmung und Darstellung von *Flexibilitätsprofilen* eine einfache Möglichkeit bereitgestellt, um die schnellstmögliche und maximale Veränderungsfähigkeit der Kapazität eines Produktionssystems sichtbar zu machen. Dazu wird die Information zum Kapazitätsbeitrag einer Anpassungsmassnahme mit der zur zeit-

lichen Verfügbarkeit verknüpft. Diese zunächst nur für ein einzelnes Produktionssystem entwickelte Abbildungsform veranschaulicht zugleich, wie mehrere einsetzbare Möglichkeiten zur Kapazitätsveränderung zusammenwirken können. Durch die so erzielbare Transparenz kann unter anderem beurteilt werden, ob ein Produktionssystem grundsätzlich in der Lage ist, die künftig erwarteten Bedarfsschwankungen abzudecken. Dieser Aspekt steht auch bei der Erweiterung des Ansatzes auf Ermittlung *resultierender Flexibilitätsprofile* im Vordergrund. Ziel ist es, hier die Kapazitätsflexibilität verketteter Produktionssysteme abschätzen zu können. Dabei wird die Tatsache berücksichtigt, dass die Durchführung einer Kapazitätserhöhung an einem Produktionssystem erst dann sinnvoll ist, wenn das dafür zusätzlich benötigte Material zur Verarbeitung bereits vom Vorgänger-Produktionssystem geliefert wurde. Bezogen auf das Gesamtsystem erhält die Materialdurchlaufzeit so zumindest im kurzfristigen Planungsbereich einen mitbestimmenden Einfluss auf die maximal mögliche Erhöhung des Produktausstosses. Ein entsprechend erzielbares Resultat ist nicht nur für die Produktionsplanung innerhalb eines Betriebes interessant, sondern ist gegebenenfalls auch eine wertvolle Information für Kunden oder Partner in einer Lieferkette.

In einem weitergehenden Schritt wird ein Verfahren zur Planung von Strategien zur Kapazitätsanpassung vorgeschlagen. Neben einer Empfehlung für eine grobe Vorgehensweise gehört dazu vor allem ein detaillierter Planungsablauf zur Konfiguration und Bewertung von Lösungen zur bedarfsgerechten Kapazitätsanpassung. Die erarbeitete Methode soll dabei die in der Praxis verbreitete Handlungsweise ersetzen, bei der die Auswahl und Einplanung von Anpassungsmassnahmen zumeist auf der Grundlage intuitiver, oftmals zu spät getroffener Entscheidungen erfolgt. In zwei Fallstudien wird schliesslich gezeigt, wie die entwickelten Lösungskonzepte auf konkrete Problemstellungen in der industriellen Praxis angewandt werden können.

Abstract

Managing fluctuations in demand is one of the core planning & control tasks for manufacturing companies. Demand fluctuations are not only caused by increases and drops in the total product volumes demanded by customers. Equally important are customer demands for different, or even new, products or product variants and changes in agreed delivery dates. For short and medium-term planning, these changes in customer requirements make it necessary to match fluctuating capacity requirements to disposable production capacity. In production management two different solution options are available: rescheduling of start dates and deadlines for production orders on the one hand and flexible adaptation of production capacity on the other. The growing demand for ever shorter delivery lead times and for strict adherence to these deadlines can pose considerable restrictions on the degrees of freedom for scheduling. This means that companies are now increasingly compelled, or at the least find it indispensable, to make flexible production capacity available and utilize it efficiently as a solution alternative in production planning and execution.

There are certainly a number of options available to many companies today for adapting production capacities, such as the introduction of flexible work shifts or temporary outsourcing of parts of the value chain. These adaptation measures differ not only in their contributions to increasing or reducing capacity but also in the amount of time and the costs that are required to set up and deploy them. In this context planners face the question of whether the available adaptation measures are at all sufficient for managing future demand uncertainties. Furthermore, the decision must also be made as to what adaptation measures or combination of measures can be implemented to best advantage in a given demand situation. The goal of the present dissertation research study is to develop scientifically-based, useful methods and aids for answering these two questions.

The elaboration of a modeling approach was the first step to provide the necessary basis for describing fluctuations in capacity requirements as well as measures for adapting capacity in such a way that they are comparable. In addition to quantifying changes in demand and the achievable increase or decrease of the production level by applying certain adaptation measures, the model also considers time and cost parameters. This then yields a multi-dimensional total picture of the flexibility of production capacity, which is an important support for its planning and targeted use.

Based on that, using a method of determining and graphing *Flexibility Profiles*, an easy-to-use way of visualizing the most rapid and maximum possibilities for capacity adaptation of a production system is developed. To do this, the information on the achievable increase or decrease in the production level by applying an adaptation measure is plotted together with the relevant time information in a time-capacity diagram. This type of diagram, which was initially developed for an individual production system, reveals possible interactions of different executable measures to adapt manufacturing capacity. The transparency achieved in this way is an aid, among other things, to determining whether a production system is fundamentally capable of meeting future expected demand fluctuations. This is also the main aspect when the approach is extended in order to determine *resulting Flexibility Profiles* when the capacity flexibility of linked production systems is to be assessed. Here it is taken into consideration

that implementing measures to increase the capacity of a production system only makes sense if the materials required for processing have already been supplied by the upstream production unit or system. In the total system, then, the lead time of material becomes one of the determining factors, at least in the short-term planning horizon, of the maximum possible increase in product output. The information yielded by the flexibility profiles resulting from linked systems is not only interesting with regard to production planning within a production company but can also be valuable information for customers or partners in a supply chain.

In a further step, a method of planning strategies for capacity adaptation is proposed. Along with general recommendations for a rough procedure, a detailed planning procedure for configuration and evaluation of alternative strategies for meeting demand through capacity adaptation is presented. The method developed is intended to replace the common practice in industry whereby capacity adaptation measures are selected and scheduled for the most part based on intuitive decisions frequently made too late. In conclusion, two case studies demonstrate how the solution concepts developed can be applied to specific problems in industrial practice.