

Robuste Produktionsprogrammplanung in der hierarchischen Produktionsplanung für in der Industrie eingesetzte operative Produktionsplanungen und -steuerungen

Julian Englberger

Professur für Produktionswirtschaft und Informationstechnik

julian.englberger@hs-regensburg.de

Abstract: Dieser Beitrag basiert auf einer Planungshierarchie zur Produktionsplanung und -steuerung, die üblicherweise in der industriellen Praxis verwendet wird. In der Produktionsprogrammplanung werden meist deterministische Planungsparameter unterstellt. Tatsächlich sind insbesondere die Bedarfe zum Planungszeitpunkt nicht bekannt und somit unsicher. Zur Berücksichtigung dieser Unsicherheit wird in der aktuellen Forschung insbesondere die szenariobasierte robuste Optimierung verwendet. In diesem Forschungsvorhaben wird untersucht, wie eine robuste Produktionsprogrammplanung in einer solchen Planungshierarchie eingesetzt werden kann.

Problemstellung und Stand der Technik

Seit mehreren Jahrzehnten sind in Forschung und Industrie Konzepte zur hierarchischen Produktionsplanung – beispielsweise das in [HM75] – etabliert. Diesem Beitrag liegt das in [DF⁺94] und [MHE13] beschriebene Konzept zugrunde. Dieses Konzept besteht aus den drei Planungsebenen Produktionsprogrammplanung, Materialbedarfsplanung und Scheduling (siehe Abbildung 9.1). Die Produktionsprogrammplanung erfolgt über einen langen Horizont und basiert auf Bedarfen. Weil diese Bedarfe in den meisten Anwendungsfällen zum Planungszeitpunkt nicht deterministisch über den gesamten Planungshorizont bekannt sind, erfolgt die Produktionsprogrammplanung überwiegend auf der Basis von Bedarfsprognosen (siehe [Her11]). Die tatsächlich eintretenden Bedarfe weichen in der Regel von den Prognosen ab; dies führt sowohl zu Fehl- als auch zu Überbeständen. Die Bedarfsunsicherheit war in den letzten Jahrzehnten Gegenstand intensiver Forschung. Bereits früh wurde versucht, die Bedarfsunsicherheit in den Planungskonzepten zu berücksichtigen (für einen Überblick, siehe [HE13]).

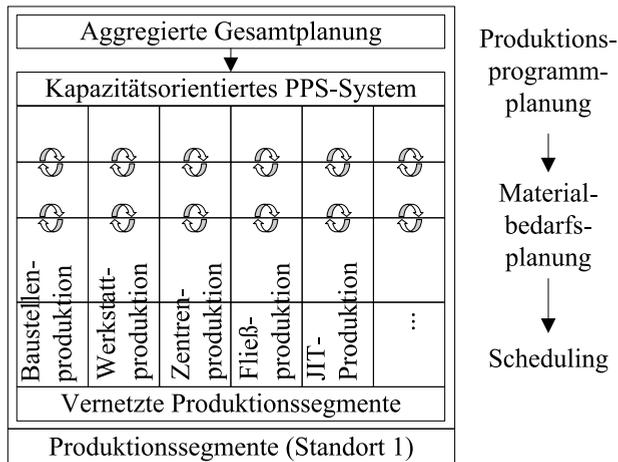


Abbildung 9.1: Hierarchische Produktionsplanung (in Anlehnung an [GT12, S.342])

In den letzten Jahren wurden insbesondere szenariobasierte Ansätze der robusten oder stochastischen Optimierung (siehe u.a. [BL11], [KM11], [Sch01]) untersucht; diese Ansätze werden in diesem Beitrag fokussiert. Bei diesen Ansätzen wird die Unsicherheit der Bedarfe durch Bedarfsszenarien abgebildet. Jedes Szenario entspricht einer möglichen Folge von Bedarfen. Ziel der robusten Optimierung ist es, ein Produktionsprogramm zu ermitteln, das für alle Szenarien zulässig und optimal ist. [EK⁺93] entwickeln mehrstufige stochastische Modelle zur Produktionsplanung und zeigen deren Überlegenheit gegenüber deterministischen Modellen. [MVZ95] definieren die robuste Optimierung als Abwägung zwischen Lösungsoptimalität und Lösungszulässigkeit. Die daraus resultierende Zielfunktion wird unter anderem von [YL00], [LT⁺07] und [AeHMA11] aufgegriffen, die Modelle zur aggregierten Produktionsprogrammplanung formulieren. [Sch01] untersucht verschiedene Ansätze zur robusten Optimierung zur Produktionsprogrammplanung in einer rollenden Planungsumgebung, unter anderem Ersatzwertmodelle, Chance-Constrained-Modelle und Kompensationsmodelle. In seinen Untersuchungen sind Kompensationsmodelle in den meisten Fällen den anderen Modellierungsansätzen überlegen. Basierend auf dieser Arbeit formuliert und untersucht [Geb09] ein robustes, hierarchisches Planungskonzept. [ZPP11] untersuchen ein zweistufiges stochastisches Modell zur Produktionsplanung und erwähnen Überlegungen zum Einsatz des Modells in einer rollenden Planungsumgebung. [HSS12] vergleichen verschiedene Ansätze zur kapazitierten Losgrößenplanung unter Bedarfsunsicherheit. In ihren Untersuchungen sind verteilungsbasierte Ansätze zur stochastischen Optimierung den

szenariobasierten Ansätzen überlegen; gleichzeitig wird festgestellt, dass die Flexibilität hinsichtlich der Modellierung der Unsicherheit bei verteilungsbasierte Ansätze stark eingeschränkt ist.

Forschungsfragen und eingesetzte Methoden

Die Untersuchung der Integration einer robusten Produktionsprogrammplanung in eine in der Industrie üblicherweise eingesetzte Planungshierarchie zur Produktionsplanung und -steuerung steht bislang aus. Mit dieser Integration ergeben sich die Forschungsfragen, welche robusten Modellierungsansätze zur Produktionsprogrammplanung unter Bedarfsunsicherheit für den Einsatz in einer solchen Planungshierarchie geeignet sind, und welche Ergebnisse diese Ansätze im Vergleich zu den konventionellen, deterministischen Ansätzen liefern.

Zur Untersuchung der Integration der Produktionsprogrammplanung in eine Planungshierarchie existiert am Innovationszentrum für Produktionslogistik und Fabrikplanung der Hochschule Regensburg ein Simulationssystem, in dem die oben beschriebene Planungshierarchie realisiert ist. In diesem System ist es durch eine automatisierte Anbindung von IBM ILOG möglich, beliebige Optimierungsmodelle zur Produktionsprogrammplanung zu verwenden und aus der Umsetzung resultierende Kennzahlen zu messen. Primäres Ziel der Untersuchungen ist die Minimierung der Verspätung von Kundenaufträgen. Da dieses Ziel durch das Aufbauen sehr hoher Endproduktbestände trivial erreicht werden könnte, werden als sekundäres Ziel die Endproduktbestände minimiert. In diesem Simulationssystem werden durch Langzeitsimulationsstudien statistisch signifikante Ergebnisse erzielt – zur Bestimmung der Aufwärmphase der Simulationsuntersuchungen wird das Verfahren MSER-5 (siehe [Whi97]) verwendet, die Abschätzung der statistische Signifikanz der Simulationsergebnisse erfolgt über das Overlapping Batch Means-Verfahren (siehe [MS84]), die Bestimmung sinnvoller Batchgrößen durch den in [Son96] angegebenen Algorithmus.

Erste Ergebnisse zur robusten Produktionsprogrammplanung unter Bedarfsunsicherheit finden sich in [EHC13].

Literaturverzeichnis

[AeHMA11] Al-e Hashem, S M J M; Malekly, H; Aryanezhad, M B. A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 134 (1):28-42, 2011.

- [BL11] Birge, J R; Louveaux, F. *Introduction to stochastic programming*. Springer Science, New York, 2011.
- [DF⁺94] Drexl, A; Fleischmann, B; Günther, H-O; Stadtler, H; Tempelmeier, H. Konzeptionelle Grundlagen kapazitätsorientierter PPS-Systeme. *Zeitschrift für Betriebswirtschaftliche Forschung*, 46(12):1022-1045, 1994.
- [EHC13] Englberger, J; Herrmann, F; Claus, T. Simulation Of Robust Master Production Scheduling In An Industrially Relevant Planning Environment. In Rekdalsbakken, W (Hrsg.), *27th European Conference on Modelling and Simulation, EMCS 2013*, 2013.
- [EK⁺93] Escudero, L; Kamesam, P; King, A; Wets, R. Production planning via scenario modelling. *Annals of Operations Research*, 43(6):311-335, 1993.
- [Geb09] Gebhard, M. *Hierarchische Produktionsplanung bei Unsicherheit*. Gabler, Wiesbaden, 2009.
- [GT12] Günther, H-O; Tempelmeier, H. *Produktion und Logistik*, 9. Auflage. Springer, Berlin [u.a.], 2012.
- [HE13] Herrmann, F; Englberger, J. Robuste Optimierung zur Produktionsprogrammplanung. In Claus, T.; Herrmann, F.; Manitz, M. (Hrsg.), *Divergierende Forschungsansätze zur Produktionsplanung und -steuerung*, Springer, Berlin [u.a.], 2014.
- [Her11] Herrmann, F. *Operative Planung in IT-Systemen für die Produktionsplanung und -steuerung: Wirkung, Auswahl und Einstellhinweise*. Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 1. Auflage, 2011.
- [HM75] Hax, A C; Meal, H C: Hierarchical Integration of Production Planning and Scheduling. In Geisler, M A (Hrsg.): *Logistics, Studies in Management Sciences*, 1:656-673, 1975.
- [HSS12] Helber, S; Sahling, F; Schimmelpfeng, K. Dynamic capacitated lot sizing with random demand and dynamic safety stocks. *OR Spectrum*, 35(1):75-105, 2013.
- [KM11] Kall, P; Mayer, J. *Stochastic linear programming: Models, theory, and computation*. Springer, New York, 2. Auflage, 2011.
- [LT⁺07] Leung, S C; Tsang, S O; Ng, W; Yue, W. A robust optimization model for multi-site production planning problem in an uncertain environment. *European Journal of Operational Research*, 181(1):224-238, 2007.
- [MHE13] Manitz, M; Herrmann, F; Englberger, J: Ein hierarchisches Planungskonzept zur operativen Produktionsplanung und -steuerung. In Claus, T; Herrmann, F; Manitz, M (Hrsg.), *Divergierende Forschungsansätze zur Produktionsplanung und -steuerung*, Springer, Berlin [u.a.], 2014.
- [MS84] Meketon, M S; Schmeiser, B. Overlapping Batch Means: Something for Nothing? In Sheppard, S; Pooch, U; Pegden, D (Hrsg.), *Proceedings of the 1984 Winter Simulation Conference*, 1984.
- [MVZ95] Mulvey, J; Vanderbei, R; Zenios, S. Robust Optimization of Large-Scale Systems. *Operations Research*, 43(2):264-281, 1995.

- [Sch01] Scholl, A. *Robuste Planung und Optimierung: Grundlagen – Konzepte und Methoden – experimentelle Untersuchungen mit 105 Tabellen*. Physica-Verlag, Heidelberg, 2001.
- [Son96] Song, W.T. On the estimation of optimal batch sizes in the analysis of simulation output. *European Journal of Operational Research*, 88(2):304-319, 1996.
- [Whi97] White, K. P. An Effective Truncation Heuristic for Bias Reduction in Simulation Output. *SIMULATION*, 69(6):323-334, 1997.
- [YL00] Yu, C.; Li, H. A robust optimization model for stochastic logistic problems. *International Journal of Production Economics*, 64(1-3):385-397, 2000.
- [ZPP11] Zhang, X.; Prajapati, M.; Peden, E. A stochastic production planning model under uncertain seasonal demand and market growth. *International Journal of Production Research*, 49(7):1957-1975, 2011.



Julian Englberger, M.Eng., wurde in Landshut (Deutschland) geboren und studierte Produktions- und Automatisierungstechnik sowie Logistik an der Hochschule Regensburg. Seit seinem Master-Abschluss im Jahr 2011 ist er Doktorand am Internationalen Hochschulinstitut Zittau der Technischen Universität Dresden.

Dieser Beitrag ist erschienen in: Thorsten Claus und Niels Seidel (Hrsg.), *Werkstatt europäischen Denkens – 20 Jahre Internationales Hochschulinstitut Zittau*, TUDpress, Dresden, 2014. Online verfügbar: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-152253>.