

Bildquelle: Daimler (Produktion der A-Klasse E-CELL im Werk Rastatt)

Stefan Auer, Wilfried Sihh

Optimale Nutzung der Personalressourcen in der variantenreichen Serienfertigung

Europäische Automobilhersteller investieren kontinuierlich hohe Summen in die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter. Dies führt im internationalen Wettbewerb zu einer überdurchschnittlichen Flexibilität des Produktionspersonals. Allerdings wird diese Personalflexibilität derzeit zumeist nicht als Planungsobjekt sondern nur als reaktives Hilfsmittel eingesetzt, um das geplante Produktionsprogramm auch tatsächlich umsetzen zu können. Eine integrierte Planung von Personaleinsatz und Produktionsprogramm ermöglicht einen optimierten Einsatz der Personalressourcen und eine erhebliche Senkung von Auslastungsschwankungen.

1 Einleitung

Die Europäische Automobilindustrie und speziell die deutschen Fahrzeughersteller zeichnen sich durch hohe Kundenindividualität ihrer Produkte aus. Die Fahrzeugtypen weisen eine hohe Variantenvielfalt und Komplexität auf. Dadurch ergibt sich für die Programmplanung die Aufgabe die verschiedenen Varianten der zu montierenden Fahrzeuge im Tagesverlauf in eine Sequenz zu bringen, damit die eingesetzten Mitarbeiter gleichmäßig ausgelastet und Hot-Spots (Takte mit Überlast) bzw. Cold-Spots (Takte mit Wartezeit für die Mitarbeiter) minimiert werden. Dazu existieren bereits komplexe Planungslogiken und -werkzeuge. Die derzeitigen Werkzeuge für die Sequenzerstellung berücksichtigen die Personalkapazität jedoch nur bedingt bzw. als fixe Eingangsgröße und nicht als Planungsobjekt. Da an Montagebändern in der Automobilin-

dustrie das Personal aber eine der bedeutendsten Ressourcen ist, führt dies dazu, dass im Durchschnitt ein zu hoher Personalstand vorgehalten wird, um etwaige temporäre Überlasten abdecken zu können.

Der vorliegende Beitrag zeigt einen Ansatz und Potentiale einer Integration von Personaleinsatzplanung und Produktionsprogrammplanung am Beispiel der Automobilendmontage. Der Inhalt des Artikels wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „A ProPer Plan - Advanced Production Program and Personnel Assignment Planning“ gemeinsam mit einem Stuttgarter Softwareunternehmen, der flexis AG, im EUREKA Eurostars Programm erarbeitet.

2 Planungsaufgaben in der Automobilendmontage

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden in Workshops mit mehreren

OEMs (Original Equipment Manufacturers) der CEE-Region die einzelnen notwendigen Planungsschritte erarbeitet.

Als Eingangsgrößen für den Programmplanungsprozess dienen Forecasts aus dem Vertrieb und Prognosen zu Einbauraten der verschiedenen Ausstattungsvarianten. Daraus werden in einer rollierenden Jahresplanung vereinbarte monatliche Produktions- bzw. Absatzmengen definiert. Die Aufgabe der operativen Produktionsprogrammplanung besteht nun darin, für einzelne Fertigungsperioden über die Art und Menge der herzustellenden Varianten aus dem gegebenen Variantenportfolio zu entscheiden (Meyr 2004). Der Auftragsbestand für ein Monat wird dabei auf einzelne Tages- oder Schichttöpfe herunter gebrochen. Zum einen muss der von der Fließbandabstimmung vorgegebene kapazitive Rahmen in Form der Fertigungstakte berücksichtigt und eingehalten werden. Andererseits ist

die Verfügbarkeit der zu verbauenden Teile zu berücksichtigen.

Die Zuordnung von Aufträgen zu Wochen-/ Tagesperioden bzw. Schichten wird in weiterer Folge als Slotting bezeichnet und stellt die erste Planungsaufgabe dar. Ein üblicher Planungshorizont für das Slotting umfasst drei Monate vor Bandaufgabe. Zu diesem Zeitpunkt sind meist nur sehr wenige voll spezifizierte Kundenaufträge bekannt. Deshalb werden oft Planaufträge mit den Hauptmerkmalen (Motortype, etc.) erzeugt. Geht ein Kundenauftrag ein, wird ein Planauftrag mit den entsprechenden Merkmalen ersetzt.

An das Slotting schließt sich bis zur Festlegung der genauen Montagereihenfolge (Sequenzierung) eine rollie-

Üblicherweise gibt es nach der Sequenzierung eine so genannte „Frozen Zone“ von mehreren Tagen, in der eine Änderung der Reihenfolge nicht mehr zulässig ist. Damit wird den Lieferanten ermöglicht ihre Bauteile Just in Sequence, d.h. in der richtigen Verbaureihenfolge, anzuliefern. In Ausnahmefällen, wie zum Beispiel Materialengpässen, kann es zu einem Resequenzierungsschritt kommen, der mit erhöhtem Aufwand verbunden ist, da die Verfügbarkeit in den Versorgungsketten der Lieferanten nicht garantiert werden kann.

Zur Sequenzierung findet man in der Literatur drei verschiedene Methoden, die anhand verschiedener Zielkriterien (z.B. Gleichverteilung des Materialbedarfs oder Vermeidung von

Das Car-Sequencing ist ebenfalls überlastorientiert. Es arbeitet aber nicht mit detaillierten Daten zu den einzelnen Fahrzeugkonfigurationen, sondern versucht Teilsequenzen mit Überlast durch so genannte Ho:No-Reihenfolgeregeln zu verbieten. Danach dürfen von No aufeinander folgenden Varianten maximal Ho die Option o enthalten, da sonst Überlastungen entstehen. Ein Beispiel für eine Reihenfolgeregel von 1:3 bezüglich der Option Schiebedach besagt etwa, dass von drei aufeinander folgenden Fahrzeugen lediglich eines die Option Schiebedach enthalten darf. Andernfalls tritt eine Überlastung ein. Derzeit wird in den meisten westeuropäischen Unternehmen das Car-Sequencing angewendet um den Planungs- und Datenhaltungsaufwand beim Mixed-Model-Sequencing zu umgehen.

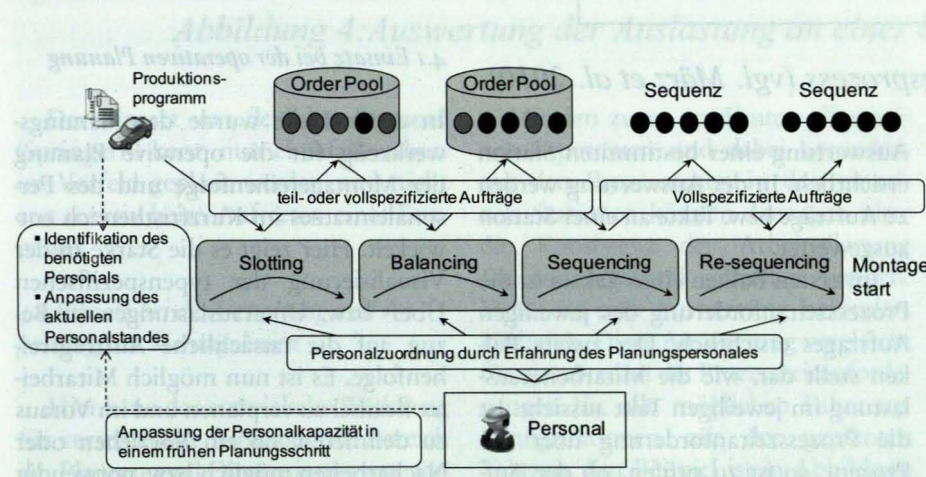


Abbildung 1: Planungsablauf bei sequenzierten Produktionslinien

rende Planung an, die eine Glättung hinsichtlich kapazitiver oder materialbezogener Kriterien durchführt. Dieser Schritt wird als Balancing bezeichnet. Dabei können einzelne Aufträge durch die Berücksichtigung weiterer, detaillierter Restriktionen in eine andere als die zuvor geplante Produktionsperiode verschoben werden.

Schließlich findet die eigentliche Reihenfolgenbildung statt. Sie ordnet jedem Auftrag aus dem Bestand eines Auftragsvorrats (auch Pool genannt) einen dezidierten Fertigungstakt zu. Dieser Schritt wird auch als Sequencing bezeichnet. Zu diesem Zeitpunkt müssen alle Aufträge voll ausspezifiziert sein. Sind noch Planaufträge im Auftragspool enthalten, ist zu entscheiden, ob diese auf Halbe produziert werden oder aus dem Auftragspool entfernt werden.

Überlast) und der Planungsmethodik klassifiziert werden können. Diese sind das Level-Scheduling, das Mixed-Model Sequencing und Car-Sequencing.

Das sogenannte Level-Scheduling, welches aus dem Toyota-Production-System kommt, zielt auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Bedarfs der Materialien innerhalb der Fertigungsfolge ab.

Das Mixed-Model Sequencing hat das Ziel, Überlastungen der Ressourcen des Fließsystems zu vermeiden. Mittels einer exakten zeitlichen Terminierung der einzelnen Varianten an den Stationen unter Beachtung von variantenbezogenen Bearbeitungsdauern, Stationslängen und der Taktzeit sollen reihenfolgebedingte Überlastungen der Stationen bzw. Werker exakt erfasst und minimiert werden (vgl. Boysen 2005).

3 Planungsansatz zur integrierten Planung

Der Planungsansatz sieht vor, die Vorteile der beiden kapazitätsorientierten Sequenzierungsmethoden zu kombinieren. Dabei wird mittels Car-Sequencing anhand der bekannten Ho:No-Regeln eine Sequenzvorschlag ermittelt. Da diese Regeln jedoch nicht alle Eventualitäten abdecken können und das Erstellen der Regeln sehr von der Erfahrung des Planungspersonales abhängig ist, wird mittels einer simulationsbasierten Analyse dieser Sequenzvorschlag auf Machbarkeit, Engpässe und Hot- bzw. Cold-Spots überprüft. Das Analyseergebnis wird in weiterer Folge dem Planer zur Verfügung gestellt. Dieser kann nun nach der Bewertung die Sequenz freigeben, den Personalstand an einzelnen Stationen anpassen, die Reihenfolge direkt ändern bzw. falls nötig neue Regeln für den Sequenzierer generieren und einen neuen Sequenzierungslauf starten.

3.1 Simulationsbasierte Auswertung

Das Simulationswerkzeug erhält allgemeine Inputdaten (Anzahl der Stationen, Länge der Stationen, Personalkapazität, Prozesszeiten, Taktzeit, etc.) und operative Inputdaten. Die operativen Inputdaten werden von der Sequenzierungslösung vorgegeben und beinhalten die spezifizierten Aufträge und deren Reihenfolge für einen

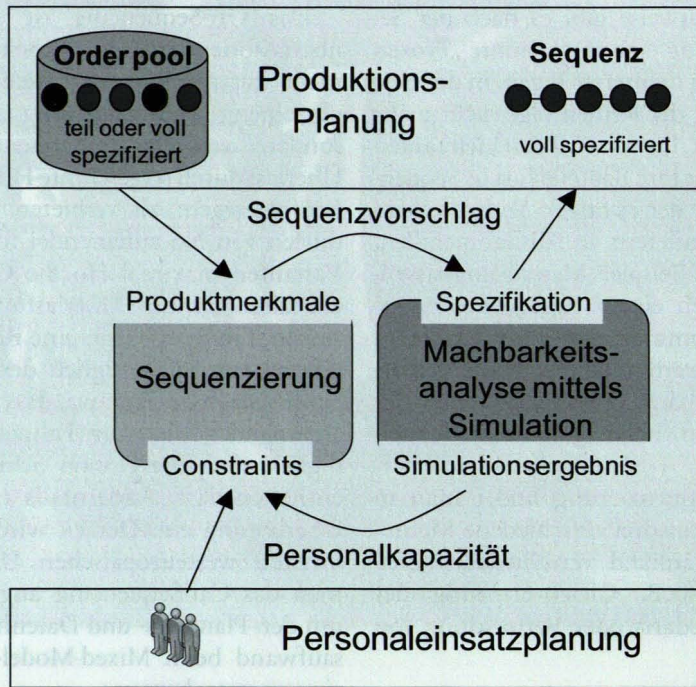


Abbildung 2: Iterativer Planungsprozess (vgl. März et al. 2010)

Tag oder Schicht. Daraus werden in Verbindung mit den Prozesszeiten die Prozesszeitanforderungen je Station und Takt ermittelt. Die Personalzuordnung erfolgt zur Simulationslaufzeit, nämlich zum Zeitpunkt an dem die Verrichtung in der Simulation begonnen werden soll. Es werden die für die Verrichtung vorgesehenen Mitarbeiter, welche in einem Team zusammengefasst sind, zugeteilt.

Die Prozesszeitanforderungen werden mit dem Kapazitätsangebot je Station zur Laufzeit abgeglichen. Sollten die vorgesehenen Mitarbeiter an einer Station nicht ausreichend sein, so können sie, sofern zeitlich möglich, die Verrichtungen bereits im vorhergehenden Takt beginnen bzw. im nachfolgenden Takt fertigstellen.

Sollten nicht hinreichend freie Mitarbeiter vorhanden sein, so muss das Team auf Springer zurückgreifen. Springer sind Gruppen zugeordnet, die für eine Reihe von Teams zuständig sind. Sollte kein freier Springer vorhanden sein, so generiert das Simulationsmodell einen solchen virtuellen „Überlauf“-Mitarbeiter.

Die in der Laufzeit der Simulation ermittelten Resultate werden in entsprechenden Dateien mitgeschrieben und stehen zur Auswertung zur Verfügung. In Abbildung 4 ist eine exemplarische

Auswertung einer bestimmten Station ersichtlich. In der Auswertung werden 20 Aufträge bzw. Takte an einer Station ausgewertet.

Im ersten Balken eines Taktes ist die Prozesszeitanforderung des jeweiligen Auftrages ersichtlich. Der zweite Balken stellt dar, wie die Mitarbeiterauslastung im jeweiligen Takt aussieht. Ist die Prozesszeitanforderung über 100 Prozent, so ist zu prüfen, ob der Auftrag mit Vorziehen und Nacharbeit abgearbeitet werden kann. Diese Vor- und Nacharbeit ist ebenfalls im zweiten Balken ersichtlich. Reicht dies nicht aus wird ein Springer eingesetzt.

Das Ausmaß des Springereinsatzes ist im dritten Balken des Taktes ersicht-

lich. Anhand dieser Auswertung hat der Planer seine Entscheidungen hinsichtlich des Personalstandes an den Stationen und eventueller Reihenfolgenänderungen zu treffen. Die Simulation ist jedenfalls für die endgültige Sequenz durchzuführen und die Auswertung wird dann den Gruppenleitern für die jeweilige Schicht oder den Tag zur Verfügung gestellt. Durch diese erhöhte Transparenz können sie ihren Mitarbeitern nun im Voraus detaillierte Informationen über das anstehende Produktionsprogramm geben und ihr Personal richtig zuteilen. Eventuelle Springereinsätze können vorab bekannt gegeben werden.

4 Mögliche Einsatzfelder der integrierten Planlösung

4.1 Einsatz bei der operativen Planung

In erster Linie wurde das Planungswerkzeug für die operative Planung der Montagereihenfolge und des Personaleinsatzes im Kurzfristbereich entwickelt. Hier zeigt es die Stärke in der Visualisierung der typenspezifischen Über- bzw. Unterauslastungen in Bezug auf die tatsächliche Auftragsreihenfolge. Es ist nun möglich Mitarbeiter flexibel zu verplanen und im Voraus zu definieren, ob ein Vorziehen oder Nacharbeiten möglich bzw. notwendig ist.

Damit können die auftretenden Hot- und Cold-Spots und Auslastungsschwankungen geglättet werden. Auch die vorgehaltene Springerkapazität als festgelegte Reaktionsfähigkeit in Bezug auf Flexibilität kann reduziert werden.

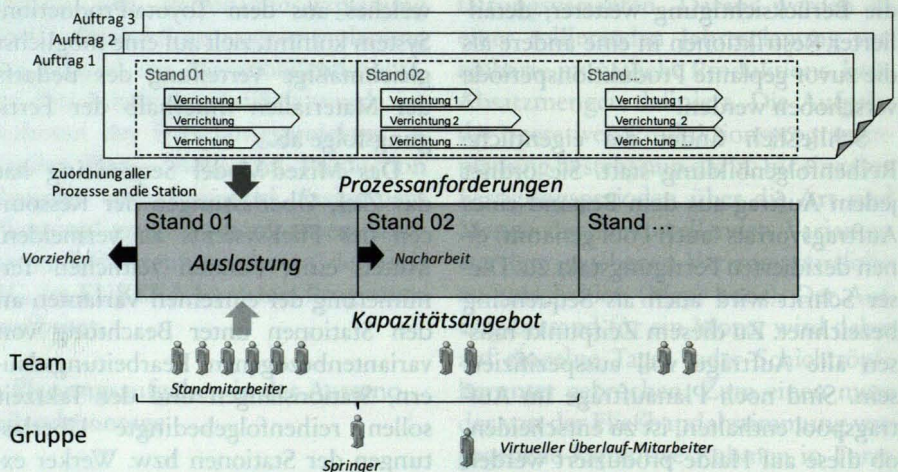


Abbildung 3: Struktur des Simulationsmodells

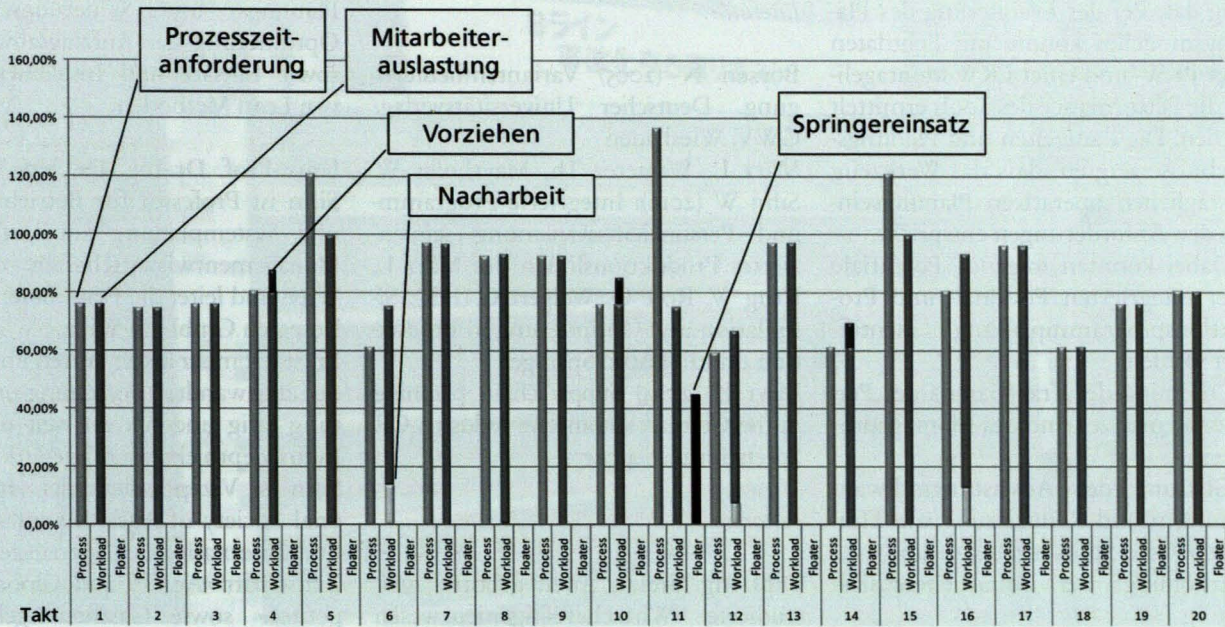


Abbildung 4: Auswertung der Auslastung an einer bestimmten Station

Der Einsatz von flexiblen Personal (Springern) kann nun ebenfalls schon im Vorfeld geplant werden und nicht erst reaktiv beim Auftreten eines Engpasses.

4.2 Einsatz bei der Gestaltung und Anpassung von Montagelinien

Hier kann das entwickelte Werkzeug für verschiedene Aufgaben im Bereich der Planung und Dimensionierung von Montagelinien eingesetzt werden.

Dabei wird aber nur das Simulationsmodul des Planungstools benötigt. Die Anbindung an den Sequenzierer ist dabei nicht erforderlich.

Mit den zuvor erwähnten allgemeinen Inputdaten und dabei besonders mit den Prozesszeiten in den einzelnen Stationen können Aussagen über die Konsistenz der Arbeitsplanung am Montageband getroffen werden. Dabei ist eine Auswertung besonders hilfreich. Diese Auswertung vergleicht für eine Station die Prozesszeitanforderungen für alle möglichen Fahrzeugkonfigurationen mit der geplanten Taktzeit. Ein Beispiel ist in Abbildung 5 ersichtlich.

Ziel bei der Verteilung von Verrichtungen auf die einzelnen Stationen sollte es sein, möglichst viele der Prozesszeitanforderungen der verschiedenen Fahrzeugkonfigurationen im Bereich

zwischen 80 und 100 % der Taktzeit zu platzieren. Sind viele Typen unter bzw. über diesem Bereich, kommt es unausweichlich zu Stehzeiten bzw. Überlast. Dabei ist auch zu berücksichtigen welche der Konfigurationen bzw. Ausstattungsvarianten gehäuft auftreten werden und welche eher als Exoten betrachtet werden. Dies muss durch die Analyse von Vergangenheitswerten und Marktstudien bereitgestellt werden. Eine genaue Vorhersage ist hier natürlich nur schwer möglich.

Ändern sich die Kundenanforderungen und werden einzelne Ausstattungsvarianten vermehrt bestellt, kann dies zu einer Verschiebung der Arbeitslast an einzelnen Stationen führen. Es können Stationen mit permanenter Überlast oder Unterlast entstehen. Der Einsatz des Simulationswerkzeuges ermöglicht es schnell und kostengünstig auf diese Veränderungen zu reagieren und eine neue Prozesszuteilung durchzuführen.

5 Ergebnisse

Die im Rahmen des Forschungsprojektes erarbeitete Lösung stellt einen marktnahen Prototyp der Planungslö-

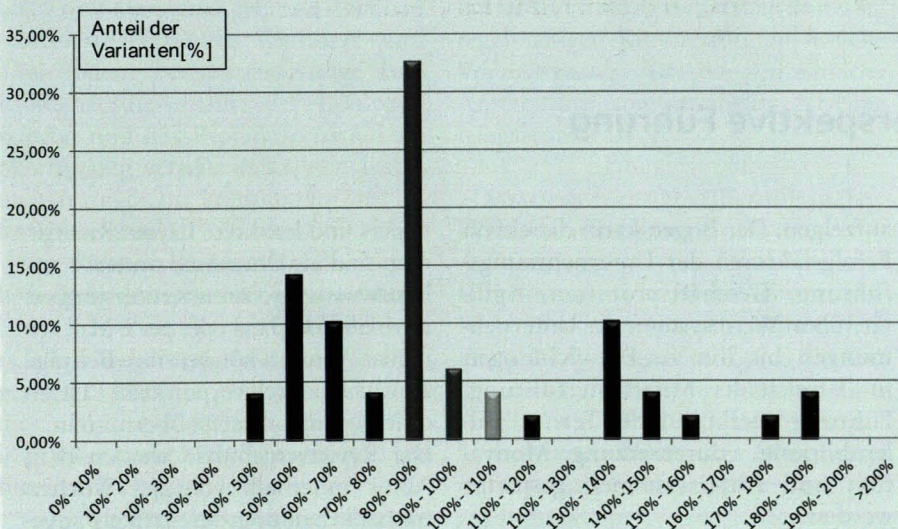


Abbildung 5: Vergleich Prozesszeiten zu Taktzeit

sung dar. Bei der Evaluierung des Planungsmodelles konnte mit Echt Daten einer PKW- und einer LKW-Montagelinie die Performance des Tools ermittelt werden. Die Laufzeiten und Planungsergebnisse zeigten, dass das Werkzeug im täglichen operativen Planungseinsatz den Anforderungen entspricht.

Dabei konnten folgende Potentiale einer integrierten Personal- und Produktionsprogrammplanung identifiziert werden:

- Erhöhung der Transparenz des Personaleinsatzes und des Montageprozesses
- Glättung der Auslastungsschwankungen und Reduzierung von Hot- bzw. Cold-Spots um bis zu 30%
- Erhöhung der Mitarbeiterauslastung
- Nachweis der Baubarkeit eines Produktionsprogramms

Während des Projektes wurde auch klar, dass das Simulationswerkzeug einen wertvollen Beitrag bei der Neu- und Umplanung von Montagelinien leisten kann.

Literatur:

Boysen N (2005) Variantenfließfertigung. Deutscher Universitätsverlag/GWV, Wiesbaden
 März L, Winterer Th, Mayrhofer W, Sihn W (2010): Integrierte Programm- und Personaleinsatzplanung sequenzierter Produktionslinien. In: März L, Krug W, Rose O, Weigert G (Eds): Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik. Springer
 Meyr H (2004) Supply chain planning in the German automotive industry. OR Spectrum 26: S 447-470

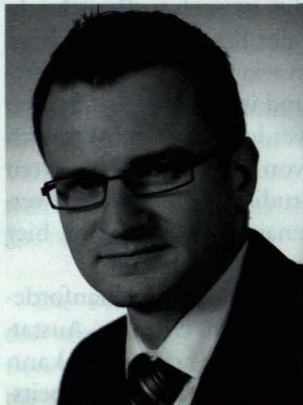
Autoren:

Dipl.-Ing. Stefan Auer, geboren 1981, studierte Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau an der Technischen Universität Wien. Seit Anfang 2008 ist er Mitarbeiter im Geschäftsfeld Produktions- und Logistikmanagement der Fraunhofer Austria Research GmbH in Wien.
 In nationalen und internationalen Projekten beschäftigt sich Herr Auer mit

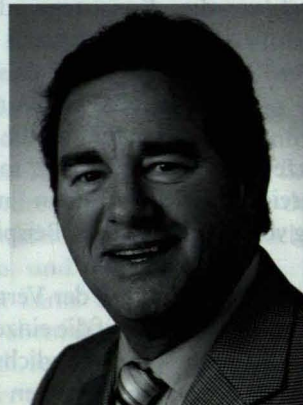
Planungs- und Steuerungsabläufen, Optimierung der Auftragsabwicklung sowie Einsatz und Implementierung von Lean Methoden.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Wilfried Sihn ist Professor für Betriebstechnik und Systemplanung am Institut für Managementwissenschaften der TU Wien und leitet die Fraunhofer Austria Research GmbH in Wien.

Er ist seit mehr als 20 Jahren im Bereich der angewandten Forschung und Beratung tätig und hat an weit über 200 Industrieprojekten mitgewirkt. Prof. Sihn ist Vizepräsident der »International Society of Agile Manufacturing« und internationaler Herausgeber der Zeitschrift »Agility and Global Competiton« sowie Gastherausgeber des »International Journal of Technology Management (IJTM)«. Außerdem ist er Mitglied in mehreren Aufsichtsräten sowie Mitglied in der European Academy for Industrial Management. Im Februar 2006 wurde er in die »International Academy for Production Engineering (CIRP)« aufgenommen.



Dipl.-Ing. Stefan Auer
 Produktions- und Logistikmanagement-
 Fraunhofer Austria
 Research GmbH Wien



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Wilfried Sihn
 Institut für Managementwissenschaften
 der TU Wien
 Fraunhofer Austria
 Research GmbH Wien

Call for Papers

Themenschwerpunkt: Perspektive Führung in WINGbusiness 01/2011

Für die Ausgabe 01/2011 laden wir Autoren ein, wissenschaftliche Artikel (WINGPaper) zum Thema „Perspektive Führung“ einzureichen.

Dieses Thema soll sich mit aktuellen Fragestellungen, Problemen, Lösungsansätzen und empirischen Untersuchungen im Feld der Unternehmungs- und Mitarbeiterführung beschäftigen und dabei aktuelle Entwicklungen und Visionen

aufzeigen. Der Bogen kann dabei von Erfolgsfaktoren der Unternehmungs-führung, Geschäftsprozessen, Agilität, über Wertesysteme in Unternehmungen bis hin zu Entwicklungen im Bereich der Mitarbeiterführung, Führung interkultureller Teams, Willensbildung, durchsetzung, Motivation und Anreizsystemen gespannt werden.

Hinweise für Autoren:
 Vorlagen zur Erstellung eines WING-

papers und konkrete Layout-Richtlinien sind als Download unter: <http://www.wing-online.at/services/wingbusiness/medienfolder.html> oder per E-Mail verfügbar. Autoren können ihre Beiträge zum Themenschwerpunkt als PDF an office@wing-online.at übermitteln. Die Reviewergebnisse werden dem Autor innerhalb von 4-8 Wochen nach Einsendung des Artikels zuge-stellt.

ANNAHMESCHLUSS: 12.01.2011