

Leitsätze zur Gestaltung einer verschwendungsarmen Produktion

Adaption von Ganzheitlichen Produktionssystemen für den Mittelstand

Jochen Deuse,
Jan Robert Stausberg und
Sascha Wischniewski, Dortmund

Ganzheitliche Produktionssysteme mit dem Toyota Produktionssystem als Ursprung [1] sind in den letzten Jahren zunehmend als konzeptioneller Ordnungsrahmen und Methodenbaukasten für einen schlanken Fabrikbetrieb populär geworden [2-4]. Insbesondere in den kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) ist es jedoch nicht immer sinnvoll, alle verfügbaren Methoden einzusetzen und deren Anwendung detailliert zu dokumentieren. Dieser Beitrag stellt daher 15 Leitsätze zur Gestaltung einer verschwendungsarmen Produktion vor. Diese können auch von typischen KMU branchenübergreifend angewendet werden und bilden somit die Grundlage ihrer Produktionssysteme.

Ganzheitliche Produktionssysteme (GPS) befähigen Unternehmen zur kostengünstigen, flexiblen Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte und dienen somit der Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit. Das Konzept der GPS beruht im Kern auf der konsequenten Vermeidung der so genannten 3 M's in der Wertschöpfung. Diese 3 M's stehen für Muda (Verschwendung), Muri (Überlastung) und Mura (Unausgeglichenheit). Viele Produktionssysteme betonen allerdings nur die Vermeidung von Muda, der im Folgenden erwähnten sieben Arten von Verschwendung:

- Überproduktion,
- Nacharbeit,
- Materialtransport,
- Wartezeiten,
- Bestände,
- nicht erforderliche Bewegung und
- Überbearbeitung.

Dabei sind diese Arten der Verschwendung häufig ein Resultat von Überlastung bzw. Unausgeglichenheit in der Produktion, also Muri und Mura [5]. Von großer Bedeutung ist dabei, dass sich Muri und Mura sowohl auf Mitarbeiter als auch auf Betriebsmittel beziehen. Dies kann in der Umsetzung des GPS beispielsweise zu dem Ergebnis führen, dass auch ein kapitalintensives Betriebsmittel kapazitiv nicht vollständig verplant wird, um eine gewisse Flexibilität auch nach oben zu gewährleisten. Dies erlaubt es der Maschine, bei kurzfristig schwankendem Bedarf über die Plankapazität hinaus nicht überlastet zu werden.

Bei der Ausgestaltung eines Produktionssystems müssen folglich alle drei der genannten Aspekte Berücksichtigung finden.

Aufbau von Produktionssystemen

Im Allgemeinen werden beim Aufbau von Produktionssystemen drei Ebenen unterschieden:

- Zielebene,
- Prinzipienebene und
- Methodenebene.

Auf der obersten Ebene werden die Produktionsziele definiert. Diese können zum Beispiel Lieferziele (kurze Durchlaufzeiten, hohe Liefertreue) und Qualitätsziele (Null-Fehler) sein. Zur Erreichung der Ziele werden diesen auf der zweiten Ebene Prinzipien zugeordnet. Die Prinzipien orientieren sich zum überwiegenden Teil an den 3 M's und interpretieren diese im Sprachgebrauch des Unternehmens. Deutlich wird das an verbreiteten Prinzipien wie dem Ziehprinzip (Vermeidung von Überproduktion), der Prozessorientierung und dem Just-in-Time-Prinzip (Vermeidung von Wartezeiten, Beständen), der Flexibilisierung (Vermeidung von Unausgeglichenheit) oder der Fehlervermeidung (Vermeidung von Nacharbeit). Im letzten Schritt, auf dritter Ebene, werden wieder

*) Danksagung

Die Entwicklung von Produktionssystemlösungen für kleine und mittelständische Unternehmen in Wertschöpfungsketten wird im Rahmen eines Forschungsvorhabens (FV-Nr. 14671 N) aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AIF) und die Bundesvereinigung Logistik (BVL) gefördert. Weitere Informationen sind unter www.modernisierungskonzepte.de zu finden.

rum Methoden definiert, welche eine Konformität zu den Prinzipien besitzen und somit eine Erreichung der Produktionsziele sicherstellen. Hier können dies beispielsweise Poka Yoke zur Fehlervermeidung, SMED zur Flexibilitätserhöhung und Produktionsnivellierung zur Flexibilitätserhöhung und Prozessorientierung sein.

Zusammen betrachtet ergibt sich bei der Ausgestaltung des GPS ein komplexes, hierarchisches Gebilde mit umfangreichen Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Elementen und Ebenen. Das Produktionssystem kann in seiner Gesamtheit bei oberflächlicher Betrachtung leicht einen übertrieben akademischen Eindruck erwecken.

Nicht zuletzt auf Grund des insgesamt niedrigeren Formalisierungsgrades der Abläufe und Strukturen mittelständischer Unternehmen empfiehlt sich daher für KMU ein weniger ordnungsmäßiger Aufbau des Produktionssystems. Es ist ausreichend, die Ziele, die erreicht werden sollen, über die Befolgung einfacher Gestaltungsleitsätze anzustreben, ohne ein Konstrukt aus Prinzipien und Methoden zu verwenden. Dieser Zusammenhang wird in Bild 1 verdeutlicht.

Zur Erreichung der Produktionsziele sollten von KMU bei der Planung und Reorganisation von Produktionsprozessen die im Folgenden aufgeführten 15 Leitsätze berücksichtigt werden. Diese sind von der Unternehmensgröße und Branche abhängig und jeweils unternehmensspezifisch zu gewichten.

Hohe Anlagenverfügbarkeit

Maschinenausfälle auf Grund von unzuverlässigen Betriebsmitteln führen zu Wartezeiten sowie defekten Produkten und bewirken einen Eingriff in die kapazitiv abgestimmte Produktion. Aber auch das Rüsten und Einstellen von Betriebsmitteln bedeutet einen Verfügbarkeitsverlust an der Anlage. Da bei öfterem Produktwechsel im Sinne einer Ausgeglichenheit der Produktion ein häufiges Umrüsten unabdingbar ist, muss die Anlagenverfügbarkeit durch Verkürzung der Rüstvorgänge (z. B. durch die SMED-Technik) erhöht werden [6].

Verschwendungsarme Materialbewegung

Die verschwendungsarme Materialbewegung verzichtet auf alle für die Produktion oder die Belieferung von Kunden nicht un-

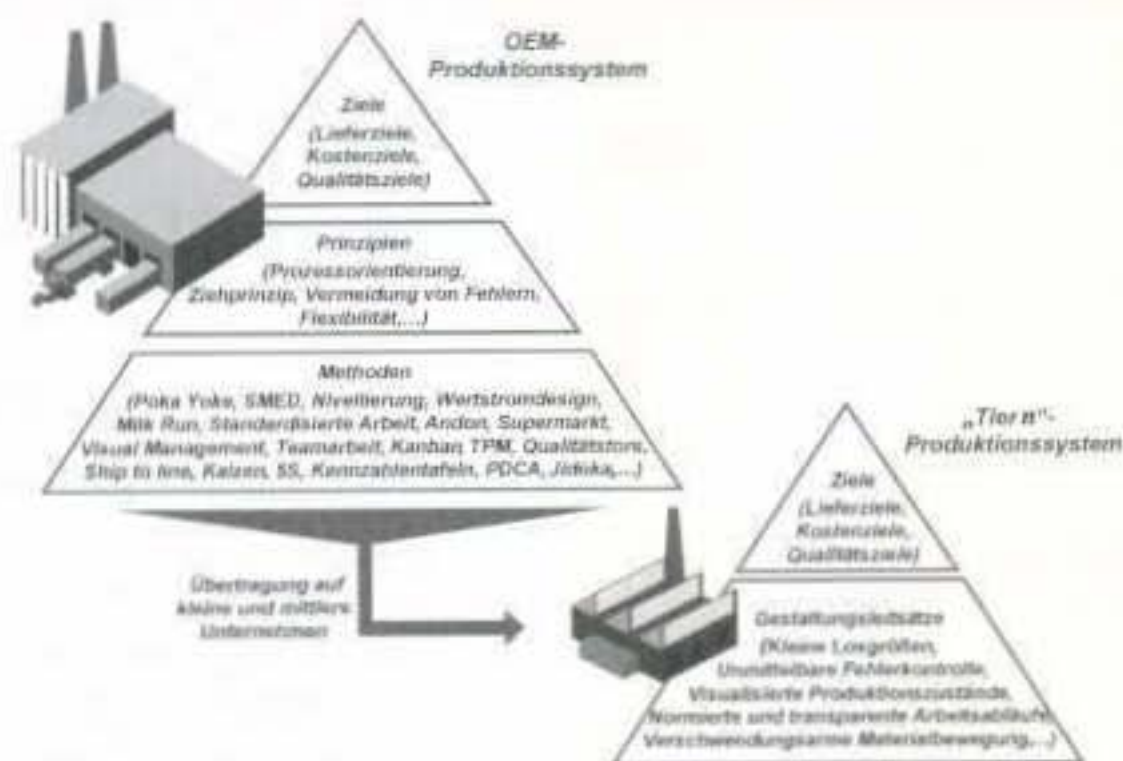


Bild 1. Übertragung von GPS auf mittelständische Unternehmen

bedingt erforderlichen Transportvorgänge. Hierzu gehören unter anderem kurze Wegstrecken zwischen den verschiedenen Arbeitsplätzen. Dies wird idealerweise durch eine Flussorientierung auf Grob- und Feinlayoutebene realisiert [7]. Unterstützt wird die verschwendungsarme Materialbewegung durch geeignete Materialbereitstellungskonzepte, wozu auch die Just-in-Time- bzw. Just-in-Sequence-Anlieferung von Vormaterialien gehört.

Unmittelbare Fehlerkontrolle

Fehler sollten unmittelbar am Ort ihres Entstehens aufgedeckt werden. Auf diese Weise wird eine Weitergabe fehlerhafter Produkte an den nachfolgenden Bearbeitungsschritt verhindert. Dies führt dazu, dass an den fehlerhaften Produkten keine weiteren wertschöpfenden Prozesse durchgeführt werden. Es ist sicherzustellen, dass Mitarbeiter nicht versehentlich fehlerhafte Produkte weitergeben [8].

Stetige Wertschöpfung ab Auftragspezifikation

Sobald ein Produkt eindeutig einem Kundenauftrag zugeordnet werden kann, sollten durchgängig wertschöpfende Tätigkeiten zur weiteren „Veredlung“ des Produkts durchgeführt werden. Hintergrund ist die Vermeidung von teuren In-Bearbeitungsbeständen. Die Bevorratung von kundenauftragsneutralen Bauteilen, beispielsweise in einem Supermarkt am Anfang der Wertschöpfungskette, begünstigt kontrollierte Durchlaufzeiten und somit eine hohe Liefertreue. Idealerweise wird das Material ab Auftragspezifikation im Wertschöpfungs-

prozess zu keinem Zeitpunkt zwischengelagert, was somit der Produktion im kontinuierlichen Fluss entspricht [9].

Ausgeglichene Ressourcenausnutzung

Ausgeglichene Ressourcenausnutzung resultiert aus der Gleichmäßigkeit der Auslastung bei sich kurzzyklisch wiederholendem Produktspektrum (in Form einer Nivellierung der Produktion). Die Nivellierung verbessert die Reaktionsfähigkeit auf Bedarfsschwankungen hinsichtlich des Produktmixes und des zu produzierenden Volumens [5]. Bei gesicherter Wirtschaftlichkeit des Betriebsmitteleinsatzes sollte also im Sinne einer schlanke Produktion eine kurze Durchlaufzeit der Produkte an der Anlage und nicht, wie oftmals gefordert, eine möglichst konstante Auslastung der Ressourcen nahe der Kapazitätsgrenze im Vordergrund stehen.

Kleine Losgrößen

Fertigung und Transport in kleinen Losgrößen sind wesentliche Voraussetzungen für die Erreichung von Flexibilität in der Produktion. Die Reduzierung von Losgrößen führt außerdem zu einer deutlichen Senkung der Durchlaufzeit, gleichbedeutend mit der schnelleren Befriedigung der Kundennachfrage, sowie zur Senkung von Beständen innerhalb der Produktion [10]. Bei der Reduzierung von Losgrößen ist zu berücksichtigen, dass Rüstvorgänge entsprechend häufiger auftreten können und somit zunächst die Anlagenverfügbarkeit sinkt.

Selbststeuernd automatisierte Betriebsmittel

Die im vollautomatischen Betrieb laufenden Anlagen müssen in der Lage sein, ihren technischen Zustand zu erkennen, um im Falle einer aufgetretenen Produktionsbeeinträchtigung unmittelbar den Betrieb einzustellen [11]. Erst nachdem der aufgetretene Fehler behoben wurde, darf der Betrieb fortgesetzt werden. Um die Zeit zwischen dem Stillstand der Maschine und der Behebung des Fehlers so kurz wie möglich zu halten, können zum Beispiel akustische Warnsignale eingesetzt werden. Die Fähigkeit der Identifikation von Fehlern durch die Betriebsmittel kann durch einfache gestalterische Maßnahmen oder durch eine geeignete Sensorik erreicht werden.

Nachfragesynchrone Produktion

Die nachfragesynchrone Produktion hat zum Zweck, Überproduktion zu verhindern. Das Ziel ist das Bestreben nach einer Produktion lediglich jener Güter, die hinsichtlich Produktionszeitpunkt und -menge unmittelbar an anderer Stelle benötigt werden. Hierzu ist es wichtig, Kundenbedarfe exakt zu bestimmen, so dass keine spekulative Bedarfsplanung erfolgt, die gegebenenfalls zur Herstellung der falschen Produkte und Volumina führt. Die Produktion synchron zur Nachfrage ermöglicht bei konsequenter Anwendung weiterhin eine deutliche Senkung der Bestände.

Systematische Problemlösung

Der nachhaltige Erfolg ganzheitlicher Produktionssysteme hängt von der ständigen Verbesserung des Ist-Zustands der Abläufe und Prozesse ab. Abweichungen von einem idealen Prozess-Soll-Zustand (z.B. Störungen) sind zu diesem Zweck aufzudecken. Sobald dies der Fall ist, müssen sowohl kurzfristig für die unmittelbare Fortführung der Produktion als auch langfristig Maßnahmen ergriffen werden, um diese Abweichung nicht erneut auftreten zu lassen [12]. Eine standardisierte und vor allem schnelle Systematik beim Bearbeiten von Problemen und Störungen (z.B. Durchlaufen des PDCA-Zyklus) beschleunigt den nachhaltigen Problemlösungsprozess und erleichtert das Auffinden der wahren Ursache eines Problems. Es werden nicht nur die Symptome einer Störung beseitigt, sondern es wird zum Kern des Problems vorgedrungen.

Geführte, mitarbeiterinitiierte Veränderung

Die Akzeptanz und Wirksamkeit von Veränderungen des Betriebsablaufs sind umso größer, je mehr die Mitarbeiter als Betroffene die Notwendigkeit der Änderungen verstehen, sich am Änderungsprozess beteiligen und beteiligt fühlen. Dies bedeutet zum einen die Aufgabe der Führungskräfte, den betroffenen Mitarbeitern Erfordernis und Inhalte der Änderungen verständlich zu machen und selbst aktiv am Verbesserungsprozess mitzuarbeiten [13]. Zum anderen ist es auch als Forderung an die Mitarbeiter zu verstehen, selbst über mögliche Veränderungen nachzudenken, diese vorzuschlagen und aktiv voranzutreiben. Dazu bedarf es eines vertrauensvollen Umgangs zwischen den Mitarbeitern und Führungskräften, welcher zu einer Kultur der permanenten Weiterentwicklung führt.

Standardisierte Ressourcen

Der Einsatz standardisierter Ressourcen auf Seiten der Betriebs- und Arbeitsmittel führt zur Vielseitigkeit der Wiederverwendungsmöglichkeiten. Betriebsmittel können bei Prozessänderungen einfach aus einer Produktionslinie herausgelöst und in eine andere Linie integriert werden. Dies bedeutet auch, dass der Einsatz einfacher, nicht hoch spezialisierter Betriebsmittel gefordert ist.

Normierte und transparente Arbeitsabläufe

Manuell durchgeführte Arbeitsprozesse in einem Arbeitssystem müssen von der Abfolge und der für die Durchführung erforderlichen Kapazität her bekannt sein. Um eine Synchronisation verschiedener Produktionsschritte erreichen zu können, be-

darf es einer durchgängigen Standardisierung der Abläufe nach einer Best-Practice-Methode. Diese Standardisierung beinhaltet einen normierten, möglichst geringen Bestand an Arbeitsvorrat im Arbeitssystem. Die Standards unterliegen einer ständigen Kontrolle auf mögliche Verbesserung durch die Mitarbeiter, weshalb in diesem Zusammenhang auch oft von flexiblen Standards gesprochen wird. Durch die Standardisierung und Dokumentation von Arbeitsabläufen wird ein hohes Maß an Transparenz erzielt, das auch einem Außenstehenden dazu dienen kann, Abweichungen von den Arbeitsstandards zu erkennen [1].

Visualisierte Produktionszustände

Soll-Ist-Abweichungen in der Produktion müssen jederzeit erkannt werden können. Nur so ist es möglich, korrigierende Maßnahmen an der richtigen Stelle zu ergreifen. Eine Visualisierung der aktuellen Produktionszustände, gegebenenfalls unterstützt durch entsprechende akustische Signale, beschleunigt das Erkennen von Problemen und deren Beseitigung. Die Visualisierung von Produktionszuständen kann aber auch Auskunft über den Stand der Erreichung von Zielvorgaben bei der Visualisierung produktionsrelevanter Kennzahlen geben.

Flexibler Mitarbeiterereinsatz

Hohe Anforderungen an die Flexibilität der Produktion erfordern eine Flexibilität der Mitarbeiter. Geeignete Arbeitszeitmodelle sowie ein adäquater Ausbildungs- und Kenntnisstand sind die Grundvoraussetzungen hierfür. Die Bedienung mehrerer selbststeuernd automatisierter Betriebsmittel stellt ein Beispiel für den flexiblen Mitarbeiterereinsatz dar [14]. Darü-

Summary

Guidelines for designing lean production processes for small and medium-sized enterprises. Not only in the automotive sector the lean production approach originating from the Toyota Production System has gained popularity over the past years. But especially for small and medium-sized enterprises it often does not make sense to use the whole lean toolkit. This article introduces 15 guidelines for designing lean production processes for small and medium-sized enterprises.

ber hinaus sind manuelle Arbeitssysteme derart auszulegen, dass sie abhängig vom gewünschten Volumen mit einer angepassten Anzahl an Mitarbeitern betrieben werden können.

Ziehende Produktionssteuerung

Ziehende Produktionssteuerung bedeutet die Steuerung eines Fertigungsprozesses hinsichtlich Produktionsmenge und -zeitpunkt durch den jeweils nachgelagerten Prozess [15]. Die Richtung, aus der die Produktionsanweisung erfolgt, ist nicht wie bei der klassischen „drückenden“ Produktionssteuerung „von vorn nach hinten“, sondern umgekehrt. Als Konsequenz wird der Aufbau großer Bestände verhindert, da lediglich das nachproduziert wird, was verbraucht wird. Eine ziehende Steuerung kann dort als Alternative gesehen werden, wo ein kontinuierlicher Fluss nicht zum Einsatz kommen kann.

Zusammenfassung

GPS sind für jede Unternehmensgröße interessant und können zur Steigerung der Effizienz der Produktion beitragen. Diese Effizienzsteigerung wird durch die Vermeidung von Verschwendung, Überlastung und Unausgeglichenheit in den Produktionsprozessen erreicht. Je nach Unternehmensgröße muss dafür zunächst

der Aufbau eines Produktionssystems festgelegt und definiert werden. Kleine und mittelständische Unternehmen können dabei auf die in diesem Beitrag vorgestellten 15 Gestaltungsleitsätze zurückgreifen, um eine verschwendungsarme Produktion sicherzustellen.

Literatur

- 1 Deuse, J.; Wischniewski, S.; Fischer, H.: Renaissance des Industrial Engineering. wt Werkstattstechnik online 96 (2006) 1/2, S. 57-60
- 2 Deuse, J.; Kessler, S.; Wischniewski, S.: Ganzheitliche Produktionssysteme für Logistikdienstleister – eine Aufgabe für die nahe Zukunft. In: Jahrbuch Logistik 2006, free beratung GmbH, Bochum 2006
- 3 Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich Produzieren - Innovative Organisation und Führung. LOG_X Verlag, Stuttgart 2003
- 4 Baugärtner, G.: Reifegradorientierte Gestaltung von Produktionssystemen. Dissertation, TU München, 2006
- 5 Liker, J. K.: The Toyota Way. McGraw-Hill, New York 2004
- 6 Shingo, S.; Dillon, A. P.: A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press, Cambridge 1985
- 7 Rother, M.; Harris, R.: Creating Continuous Flow. Lean Enterprise Institute, Brookline 2001
- 8 Shingo, S.: A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint. Productivity Press, Cambridge 1989

- 9 Rother, M.; Shook, J.: Learning to See. Lean Enterprise Institute, Brookline 2003
- 10 Ohno, T.: Toyota Production System: beyond Large-scale Production. Productivity Press, Cambridge 1988
- 11 Takeda, H.: Low Cost Intelligent Automation: LCIA. Produktivitätsvorteile durch Einfachautomatisierung. Redline, Frankfurt a.M. 2004
- 12 Imai, M.: Gemba Kaizen. McGraw-Hill, New York 1997
- 13 Spear, S.: Management à la Toyota. Harvard Business Manager 26 (2004) 8, S. 36-47
- 14 Monden, Y.: Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time. Chapman and Hall, London 1994
- 15 Smalley, A.: Creating Level Pull. Lean Enterprise Institute, Cambridge 2004

Die Autoren dieses Beitrags

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Deuse leitet seit 2005 den Lehrstuhl für Arbeits- und Produktionssysteme der Universität Dortmund. Zuvor war er in verschiedenen industriellen Tätigkeiten u. a. mit der Ausgestaltung und Umsetzung ganzheitlicher Produktionssysteme befasst.
Dipl.-Ing. Jan Robert Stausberg arbeitet seit 2005 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Arbeits- und Produktionssysteme der Universität Dortmund.
Dipl.-Ing. Sascha Wischniewski arbeitet seit 2004 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Arbeits- und Produktionssysteme der Universität Dortmund.

Virtuelle Simulation

Bei der Entwicklung von Produkten spielen Technologien der Virtuellen Realität (VR) eine immer größere Rolle. Virtuelle Simulationsmodelle erlauben es beispielsweise, das Materialverhalten vorherzusagen oder verschiedene Design-Varianten innerhalb kürzester Zeit interaktiv durchzuspielen. Unternehmen sparen durch den Einsatz dieser Technologien jede Menge Zeit und Kosten. Speziell für die Visualisierung sehr umfangreicher Simulationsergebnisse entwickelten Forscher des Fraunhofer IGD den iFX-Postprozessor. Dieses Visualisierungstool erlaubt es problemlos, über verteilte Standorte hinweg kooperativ an Simulationsmodellen zu arbeiten – trotz riesiger Datenmengen.

Ein wichtiger Schritt innerhalb der Prozesskette ist der regelmäßige Austausch zwischen Entwicklern, Designern und Kunden, denn nur gemeinsam kann die bestmögliche Produktvariante gefunden

werden. Im Idealfall können die Teilnehmer von verschiedenen Standorten aus ein Simulationsmodell analysieren und in Echtzeit interaktiv bearbeiten. In der Praxis gestaltet sich diese kooperative Arbeit allerdings oft schwierig. Die Übertragung enormer Datenmengen, wie sie beispielsweise bei der Simulation von Crashtests oder bei Strömungssimulationen entstehen, lassen die Hardware der Computer nicht selten an ihre Grenzen stoßen.

Der iFX-Postprozessor des Fraunhofer-Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD umgeht dieses Problem. Mit nur minimalen Anforderungen an die Bandbreite können mehrere Benutzer an unterschiedlichen Standorten gleichzeitig über ein Netzwerk kooperativ arbeiten und gemeinsam die Simulationsmodelle analysieren und auswerten. Dabei werden die Simulationsdaten, die unter Umständen den Umfang mehrerer Gigabytes errei-

chen können, über sichere Kommunikationskanäle, beispielsweise per DVD verschickt. Im Gegensatz zu anderen Postprozessoren werden so während der kooperativen Arbeit über das Netzwerk nur Steuerbefehle und keine sensiblen Daten zwischen den Kooperationspartnern ausgetauscht. Bei der Visualisierung der Daten setzen die Forscher auf moderne Graphikhardware, die es ermöglicht, Simulationsmodelle mit 20 Millionen Elementen und mehr interaktiv darzustellen.

Kontakt:

Dr. André Stork
Abteilung Industrielle Anwendungen
Fraunhofer IGD, Fraunhoferstr. 5
64283 Darmstadt
Tel.: (0 61 51) 1 55-4 69
Fax: (0 61 51) 1 55-2 99
E-Mail: andre.stork@igd.fraunhofer.de
www.igd.fraunhofer.de/igd-a2/