

# Quo Vadis Ablaufsimulation?

## - Die Bedeutung der Ablaufsimulation im Konzept der Digitalen Fabrik –

Uwe Bracht und Thomas Masurat,

[office@imab.tu-clausthal.de](mailto:office@imab.tu-clausthal.de)

Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit (IMAB), TU Clausthal  
Anlagenprojektierung und Materialflusslogistik  
Leibnizstraße 32, 38678 Clausthal-Zellerfeld

### Kurzfassung

Bei der Produktionsplanung der Automobilindustrie, beim Flugzeugbau und bei immer mehr Maschinen- und Anlagenherstellern werden die Werkzeuge der Digitalen Fabrik eingesetzt. Die Vorteile und Problemfelder sind hinlänglich bekannt. Mit Sicherheit wird das Voranschreiten der Umsetzung des Konzeptes zu einschneidenden Veränderungen in den bisherigen Planungsprozessen führen. Dabei kommt den Simulationswerkzeugen eine besondere Bedeutung zu. Einige Aspekte zukünftiger Entwicklungsrichtungen für den Einsatz der Ablaufsimulation und die Anforderungen, die durch die Digitale Fabrik entstehen, sollen im folgenden Beitrag erläutert werden.

## 1 Einleitung

Nicht mehr ganz neu, doch immer noch hochaktuell ist der Ansatz Digitale Fabrik als ein viel versprechendes Konzept für zukunftsorientierte Planungsmethodiken in Verbindung mit innovativen Planungswerkzeugen besonders in der Automobilbranche zu finden [1]. Verstärkt zeichnen sich auch die Auswirkungen der Pionierarbeit der OEMs auf die Zulieferer der ersten Ebene ab. Es ist daher davon auszugehen, dass in nicht mehr allzu ferner Zukunft auch die Zulieferer in den darunter befindlichen Ebenen mit der Herausforderung Digitale Fabrik konfrontiert werden. Zweifellos erübrigt sich mittlerweile eine Diskussion um die Einführung dieses neuen Planungswerkzeuges bzw. Planungskonzeptes. Lediglich Berührungspunkte gilt es in den nächsten Jahren besonders bei kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) abzubauen und für die besonderen Belange dieser Firmen angepasste Variationen des Grundthemas zu entwickeln [2]. Dass die Digitale Fabrik bei KMU eine andere Dimension und Ausprägung haben muss als bei den großen OEMs der Automobilindustrie dürfte in diesem Zusammenhang selbstverständlich sein.

Die derzeit in der Entstehung befindliche VDI-Richtlinie 4499 beschäftigt sich mit dem Thema Digitale Fabrik, um zu einem einheitlichen Verständnis bei den Unternehmen, die sich bereits vertieft mit dem Ansatz befasst haben, zu gelangen und um in Form eines Leitfadens eine Vermittlung der ersten gewonnen Erkenntnisse an weitere insbesondere auch kleinere Unternehmen zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang definiert der Entwurf des Grundlagenblattes die Digitale Fabrik wie folgt:

*Die Digitale Fabrik ist der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u .a. der Simulation und 3D-Visualisierung – , die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden.*

*Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt.[VDI]*

Nicht ohne Grund werden in dieser Definition die Begriffe Simulation und Visualisierung besonders hervorgehoben. Speziell dem weiten Feld der Simulationsanwendungen kommt bei der Digitalen Fabrik eine besondere Rolle zu. Wie diese Rolle im Bezug auf die Modellierung und Untersuchung von Produktionsabläufen und Materialflüssen in Zukunft zu verstehen und zu bewerten ist, soll in den nächsten Kapiteln dargelegt werden.

## **2 Historischer Exkurs zur Digitalen Fabrik**

Die grundsätzliche Idee, den Produktentstehungsprozess von der Produktentwicklung über die Produktionsplanung und den Produktionsanlauf bis hin zum Betrieb der Produktion mit computerunterstützten Werkzeugen zu begleiten und zu vereinfachen ist nicht gänzlich neu. Vor etwa drei Jahrzehnten bereits, als die Computer Einzug in die industrielle Produktion hielten, entstanden die ersten Ansätze die vorhandenen Softwarelösungen, mit ihrem vorwiegenden Inselcharakter, in Netzwerken zu bündeln und durchgängig im Planungs- und insbesondere Produktionsprozess zu nutzen. Die Vision dieses Konzeptes mit dem Namen „Computer Integrated Manufacturing“ (CIM) hatte die Zielsetzung, einen durchgängigen Informationsfluss zu erhalten, der mit einem bereichsübergreifenden Informations- und Steuerungssystem alle zusammenhängenden Fertigungsbereiche verbindet. In diesem Zusammenhang kann die Digitale Fabrik gewissermaßen als direkte Fortsetzung dieses Konzeptes mit dem frühzeitigen Fokus auf die Produktionsplanung gesehen werden. Allerdings waren die sich damals ergebenden Probleme wegen des beispielsweise geforderten extrem hohen Automatisierungsgrades der Anlagen und der vorhandenen Schnittstellenproblematik zwischen den verschiedenen Softwaretools sowie unterschiedlicher Programmiersprachen in der Anlagensteuerung kaum überwindbare kostenintensive Hindernisse. Daher wird heute sehr häufig die Vision, die hinter CIM steckt, allgemein als gescheitert angesehen, obwohl die grundlegenden Erkenntnisse, die z.B. in den Bereichen Robotereinsatz und Produktionsplanung und –steuerung zu erheblichen Fortschritten führten. Aus diesem Blickwinkel sind sicher viele Teilumsetzung des CIM-Konzeptes als Erfolg zu bezeichnen.

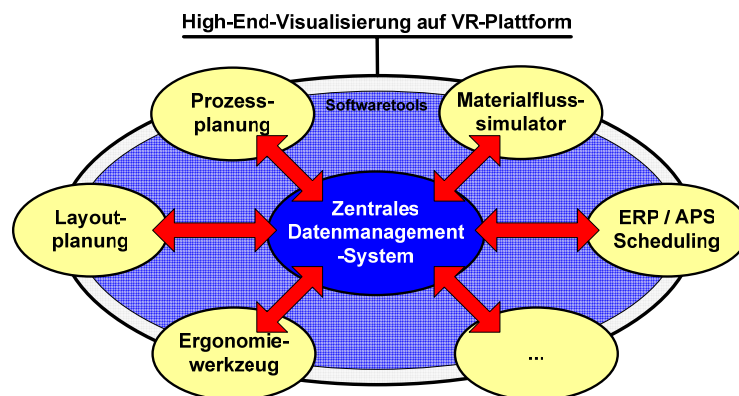
Wichtige computerunterstützte Werkzeuge, die bereits sehr früh Verwendung fanden waren im Konstruktionsbereich die Anwendungen für das Computer Aided Design (CAD) und für die Materialflussgestaltung im Umfeld der Fabrikplanung und Optimierung die Ablaufsimulation. Betrachtet man die Historie der Einführung von CAD in die Unternehmen, lassen sich zur Implementierung der Digitalen Fabrik gewisse Analogien feststellen. Die Einführung der CAD-Werkzeuge kann als eine Art Miniaturrevolution angesehen werden. Eine allgemeine Skepsis und die unzureichende Benutzerorientierung einiger CAD-Programme führten dazu, dass sich die flächendeckende Einführung in der Industrie über Jahrzehnte hinzog. Das Wissen und die

Geschicklichkeit der Technischen Zeichner konnte zunächst nicht von den Tools überboten werden. Ein versierter Zeichner war in der Lage, an seinem Zeichenbrett wesentlich schneller ein brauchbares Ergebnis zu erzeugen, als dies mit dem Computer möglich war. Auch war die Leistungsfähigkeit von Rechnern und Plottern noch nicht ausreichend, die teilweise geforderte Qualität zu liefern. Doch die Vorteile, die z.B. durch das wesentlich vereinfachte Änderungsmanagement entstanden, führten letztendlich zu einer immer breiteren Akzeptanz. Da nun in einem weitaus größeren Rahmen die Detailzeichnungen und Ausplanungen von den Konstrukteuren bzw. Planern übernommen wurden, waren einschneidende Veränderungen in den Strukturen einiger Funktionsbereiche der Unternehmen die Folge. Es veränderte sich die Methodik des Konstruierens; auch das verteilte Arbeiten an verschiedenen Entwicklungsstufen der Planung wurde ermöglicht.

Allerdings wurden bei der Einführung der CAD-Tools auch Nachteile realisiert. Das fachspezifische Know-how, das sich viele Detailkonstrukteure und technische Zeichner über Jahre aufgebaut hatten ging zu einem gewissen Teil mit dem Wegfall der auf Menschen gestützten Ausführungsarbeiten verloren. Deutlich wird an diesem Beispiel die Tatsache, dass die Einführung eines neuen Systems auch starke Auswirkungen auf die Vorgehensweisen und Strukturen in den Unternehmen hat. In diesem Zusammenhang wird auch die Digitale Fabrik zu einem erheblichen Einschnitt in die bisherigen Produktionsentstehungsprozesse führen und auch die computerunterstützte Überwachung und Steuerung des Fabrikbetriebs verändern.

### 3 Grundkonzept DigiFab in Verbindung mit der Simulation

Den meisten in Publikationen zu findenden Konzepten für den grundsätzlichen Aufbau der Digitalen Fabrik ist eine zentrale Datenbankstruktur gemein. Um diese herum sind die verschiedenen Werkzeuge der Digitalen Fabrik angeordnet und haben Zugriff zu den benötigten Daten im jeweiligen Format. Ein Virtual Reality-Tool bildet die Visualisierungsebene und dient der fachübergreifenden Darstellung und Kommunikation der unterschiedlichen Ergebnisse aller relevanten Anwendungen der Digitalen Fabrik. Das Bild 1 zeigt eine stark vereinfachte Darstellung dieses Konzeptes.



**Bild 1:** Strukturkonzept der Digitalen Fabrik

Wie die VDI-Definition schon deutlich macht, besitzt die Simulation einen bedeutenden Stellenwert in der Digitalen Fabrik. Dazu muss aber differenziert werden, welche Simulationen für die Prozesse in der Digitalen Fabrik relevant sind. So liegt im derzeitigen Konzept der Digitalen Fabrik der Schwerpunkt noch auf dem Produktionsentstehungsprozess. Dazu müssen alle wichtigen Daten aus dem Produktentwicklungsprozess für die Planung der Produktionsprozesse zur Verfügung stehen. Bereits in der Produktentwicklung sorgen heute Simulationen im Bezug auf die gewünschten Eigenschaften und das Betriebsverhalten von Bauteilen und Baugruppen für eine Verkürzung der Entwicklungszeit [3]. Kosten für physische Prototypen und langwierige Versuche können bereits in größerem Umfang eingespart werden.

Ein Teil der mit digitalen Produktmodellen gewonnen Erkenntnisse findet Eingang in die Simulationen, die im Umfeld der Fertigungs- und Montageprozessplanung notwendig sind. Vornehmlich Geometrie- und Werkstoffdaten dienen dann in Verbindung mit den Prozessparametern der Simulation technischer Verfahren. Auch hier kommt es zu Einsparungen und einer höheren Absicherung der Konstruktion unter Berücksichtigung der technologischen Anforderungen. Im Weiteren ist es möglich, vom eigentlichen Fertigungsverfahren kommend, die Peripherie der Anlagen in der maschinennahen Simulation auszulegen. Auf diese Weise können Fertigungshilfsmittel wie z.B. Handhabungs- und Spannvorrichtungen ebenfalls noch vor dem Bau physischer Prototypen überprüft und optimiert sowie Fehler ausgemerzt werden. Wird der Blickwinkel noch mehr erweitert, gilt es, schließlich alle Prozesse bei der Herstellung von Produkten zu berücksichtigen und zu simulieren. Letztendlich sieht die Vision der Digitalen Fabrik ein umfassendes Netzwerk von Computermodellen vor, die alle wichtigen Prozesse innerhalb der Produktion simulieren und entscheidend zur Erhöhung der Planungssicherheit bei Verkürzung der Planungszeit und Senkung der Kosten beitragen.

Ein Typ von Simulation soll in diesem Beitrag besonders betrachtet werden. Ursprünglich lediglich zur Simulation von Materialflüssen gedacht, bildet die Ablaufsimulation heute logistische Systeme in ihrer Gesamtheit ab, indem auch Informationsflüsse und Steuerungsphilosophien Berücksichtigung finden. In der Planung stellt die Ablaufsimulation kein Sonderinstrument mehr dar. Vielmehr wird heute im Verlauf von Neuplanungen, Optimierungs- und Restrukturierungsprojekten häufig vom Simulationsdienstleister und/oder Zulieferer grundsätzlich verlangt, die Fähigkeit des zu projektierenden Systems oder der Anlagen virtuell nachzuweisen.

Eine alte Forderung gewinnt in letzter Zeit immer mehr an Bedeutung. So sollen zukünftig verstärkt Ablaufsimulationen auch den Fabrikbetrieb unterstützen. Zusätzlich gilt es, die Ergebnisse adäquat aufzubereiten, um die Transparenz von logistischen Systemen und Planungsergebnissen zu erhöhen sowie das allgemeine Verständnis zu vertiefen.

## **4 Ablaufsimulation und Visualisierung**

Besonders bei der Ablaufsimulation gilt es, die Simulationswürdigkeit des betrachteten Systems genau zu überprüfen. Noch immer ist ein höherer Aufwand zu treiben, wenn Material- und die zugehörigen Informationsflüsse zu simulieren sind. Wenn es gelingt, eine automatische Generierung der Simulationsmodelle aus den Planungsdaten zu erzeugen, werden zukünftig die Aufwände sinken. Dennoch wird bei der Interpretation

von Simulationsergebnissen weiterhin ein fundiertes Fachwissen notwendig sein, so dass der Job des Simulationsexperten auch in absehbarer Zukunft noch seinen Stellenwert behalten wird. Generell kann aber festgestellt werden, dass die Durchführung einer Ablaufsimulation nicht immer notwendig oder sinnvoll ist, was die Erfahrung nach wie vor zeigt.

Gerade im Umfeld der Digitalen Fabrik ist es in den letzten Jahren zu einem verstärkten Aufwand im Bezug auf Planungsvisualisierungen gekommen. Vor dem Hintergrund, dass die Zusammensetzung der heutigen Projektteams immer stärker eine heterogene Struktur im Bezug auf die beteiligten Fachleute aufweist, muss auch eine angemessene Kommunikations- und Kooperationsplattformen zur Verfügung stehen. Hier bietet die Verwendung von Werkzeugen der virtuellen Realität (VR) einen geeigneten Ansatz, die Kommunikation zwischen den verschiedenen Experten zu fördern bzw. erst zu ermöglichen. Dabei stellt die dreidimensional orientierte Darstellung von Entwicklungs- und Planungsergebnissen die geeignete Grundlage dar, Transparenz im Planungsprozess zu erzeugen und die Varianten schnell zu erfassen, zu bewerten und zu optimieren. Allerdings sind die Visualisierungen besonders im Bereich der Fabrik- und Logistikplanung noch immer mit großem Aufwand verbunden, so dass hier der Kritikpunkt entsteht, lediglich bunte Bilderwelten zu erzeugen, deren Nutzen nicht explizit nachgewiesen werden kann. Jetzt gibt es jedoch immer mehr Untersuchungen, die belegen, dass der Einsatz von Virtual Reality-Werkzeugen zu wichtigen zusätzlichen Erkenntnisgewinnen führt [4, 5].

Auch wenn aufwändig modellierte Ablaufsimulationen die Transparenz logistischer System erhöhen können, bedürfen sie noch immer eines gewissen Interpretationsvermögens seitens der Projektteammmitglieder, die nicht mit der Simulation vertraut sind. Aus diesem Grunde ist in den letzten Jahren eine deutliche Tendenz zu erkennen, die konzipierten Anlagen und Vorgänge in den Ablaufsimulationen in realitätsnäheren VR-Darstellungen oder digitalen Filmen zu präsentieren. Da auch hier noch ein erheblicher Zusatzaufwand nötig ist, Visualisierungen zu erstellen und die Simulationsergebnisse zu übertragen, gab es diverse Versuche, auch die Simulatoren mit einer 3D-Oberfläche zu versehen bzw. Tools zu entwickeln, die eine Verknüpfung von Simulator und VR- bzw. Visualisierungswerkzeugen ermöglichen.

Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass der Wunsch nach realitätsnaher Darstellung einen unmittelbaren Einfluss auf das zu erstellende Simulationsmodell hat. Fast immer sind dann in der Ablaufsimulation Modelle zu erzeugen, die einen wesentlich höheren Aufwand bei der Generierung benötigen. Der Hauptgrund dafür ist die Überschneidung zweier gänzlich unterschiedlicher Sichtweisen auf die Simulations- und Visualisierungsmodelle. Während in der Ablaufsimulation lediglich die Zeitverbräuche für die einzelnen Prozesse zu betrachten sind und daher mit einem deutlich höheren Abstraktionsgrad gearbeitet werden kann, kommt es bei der realitätsnahen Visualisierung zu einer Überschneidung mit Ergebnissen der maschinennahen Simulation. Letztendlich sind also die Ergebnisse der Ablaufsimulation nicht alleine geeignet, um die Visualisierung in einer ansprechenden Genauigkeit darzustellen und müssen um zusätzliche Vorgänge, wie Handhabungs-, Spannprozesse etc. ergänzt werden.

Erst wenn es gelingt, die Probleme mit vertretbarem Aufwand zu lösen, die durch diese Überschneidung der diskreten Ablaufsimulation mit der kontinuierlichen maschinennahen Simulation entstehen, wird beispielsweise ein VR-Modell oder ein digitaler Film ohne großen Zusatzaufwand die entsprechenden Informationen für das

Projektteam bzw. die Entscheidungsträger bereitstellen. Aus diesem Grunde sind auch die in diversen marktverfügbaren Ablaufsimulatoren integrierten 3D-Visualisierungswerkzeuge nicht wirklich geeignet, eine optimale Aufbereitung der Simulationsergebnisse zu gewährleisten. Ob also die Integration von 3D-orientierten Visualisierungsfunktionen in Ablaufsimulatoren sinnvoll ist, wird in Zukunft noch zu diskutieren sein.

## **5 Digitale Fabrik mit Ablaufsimulation im Fabrikbetrieb**

Die Digitale Fabrik wird in absehbarer Zeit auch zur Steuerung und Optimierung der laufenden Fabrikprozesse eingesetzt werden. Hier ist ein verstärkter Einsatz der Ablaufsimulation notwendig und viel versprechend. Auch die Betrachtung der gesamten Zulieferkette ist dabei nicht zu vernachlässigen. In diesem Zusammenhang setzen sich immer mehr Advanced Planning and Scheduling-Systeme (APS) zur Planung des operativen Geschäftes und zur Koordination der Supply Chain in den Unternehmen durch. Dabei handelt es sich um eine Erweiterung der klassischen Enterprise Resource Planning-Systeme (ERP), die bei APS die Funktion eines Datenbackbone übernehmen. Auf diese Weise können heute die begrenzten Ressourcen und Engpässe in der Produktion schon im Planungsprozess berücksichtigt werden. Somit ist eine simultane, engpassorientierte Planung der Funktionen Materialwirtschaft, Beschaffung, Produktion, Transport und Vertrieb möglich. Pläne die nur aus dem ERP stammen sind aufgrund der in den Algorithmen teilweise als unbegrenzt verfügbar angenommenen Ressourcen nicht in die Realität zu übersetzen [6].

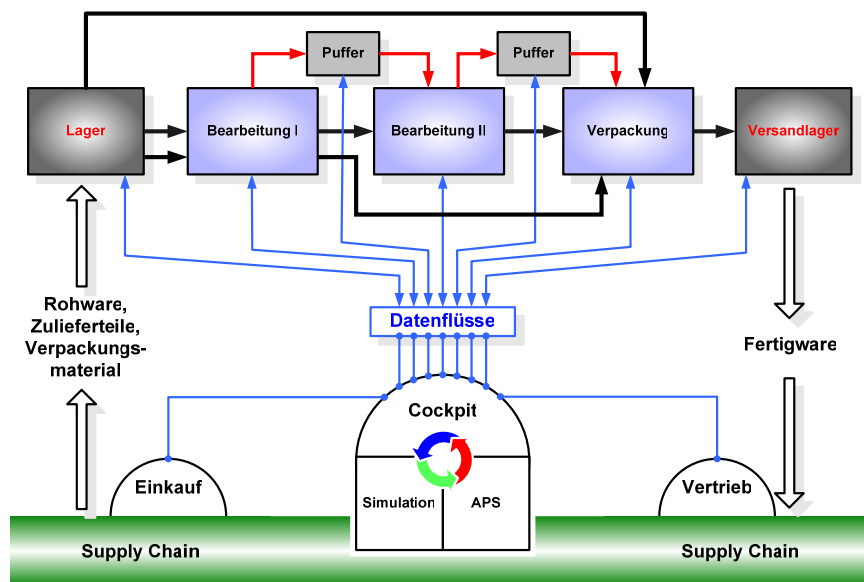
Als Schwachpunkt stellt es sich allerdings dar, dass die derzeit am Markt verfügbaren APS-Systeme die im Rahmen der Supply Chain Configuration (SCC) getroffenen Entscheidungen über die Struktur- und Ressourcenkonfiguration von Supply Chains nur unzureichend unterstützen [7]. Die feineren Planungsalgorithmen des APS bedürfen daher eines besseren Verständnisses der Abläufe und des dynamischen Verhaltens des Gesamtsystems aus Produktion und Supply Chain. Um die entsprechenden Daten für das Engpassverhalten der Produktion zu erhalten oder auch nur das Gesamtsystem besser verstehen zu können, hat sich die Ablaufsimulation als sehr nützliches Werkzeug erwiesen [8].

Wie bereits erwähnt ist für die Erstellung eines Simulationsmodells noch immer das Fachwissen eines Experten notwendig. Bei der Durchführung einer Simulationsstudie wird allerdings ein Großteil der Zeit für Routineaufgaben verwendet, z. B. alle notwendigen Daten für die Parametrierung der Modelle zu ermitteln, aufzubereiten und in das Modell einzupflegen. Viele Simulatoren bieten heute schon Schnittstellen, die eine weitestgehend automatisierte Eingabe von neuen Parametern erlaubt [9]. Dadurch kann das Modell auch von Mitarbeitern genutzt werden, die nur geringe Erfahrungen bezüglich der Simulationstechnik haben. Diese Tatsache eröffnet neue Möglichkeiten beim Einsatz der Simulation im operativen Betrieb von Fabriken und Anlagen. Wenn alle notwendigen Daten über ERP und APS zur Verfügung stehen und eine Parametrierung des Modells weitestgehend automatisch erfolgt, lassen sich Planungsergebnisse aus den Systemen sofort mit Hilfe der Simulation überprüfen. Hinzu kommt die Möglichkeit, bei Ausfällen von Anlagen und/oder Lieferengpässen von Zulieferern Notfallszenarien durch zu spielen und auf Basis der Simulationsergebnisse Entscheidungen für eine optimale Lösung zu

treffen. Im Rahmen der Digitalen Fabrik stellen sich die Anforderungen an einen Ablaufsimulator demnach wie folgt dar:

Es muss möglich sein, Modelle weitestgehend automatisch zu generieren. Der Materialfluss muss von außerhalb gesteuert werden können. Damit kein Expertenwissen bei der Parametrierung des Modells notwendig ist, sollten benutzerfreundliche Bedienoberflächen geschaffen werden. Die Idee eine Art Cockpit bzw. einen Leitstand zu entwickeln, der mit einer ebensolchen Oberfläche ausgestattet ist, liegt somit nahe. Alle Daten müssen über eine Datenbank und entsprechende Schnittstellen problemlos übertragen werden können und die Auswertungen der Simulationsläufe weitestgehend automatisch in präsentationsfähigen Formaten erfolgen. Zusätzlich sollte es möglich sein, eine Interaktion des Simulators mit APS-Programmen wie zum Beispiel SAP APO, SimAL – Logomate, Inform und Precator auch während der Simulation zu erlauben. Die gemeinsame Datenhaltung sollte die entsprechenden Stammdaten, wie Produktionsspektrum und Artikeldaten sowie Maschinen-, Fördertechnik-, Mitarbeiterdaten etc., zur Verfügung stellen. Zusammen mit Informationen über die Prozessabläufe lassen sich anhand dieser Daten dann Strategien erproben, die eine Optimierung der Materialflüsse, der Maschinenbelegung und der Auftragsverwaltung möglich machen und zusätzlich eine Kontrolle des laufenden Betriebes sowie den Abgleich mit der Simulation erlauben. Für diese Zielsetzung gilt es, Schnittstellen, Standards und gegebenenfalls Übergabeformate für den Datentransfer zu entwickeln, die eine Kommunikation der verschiedenen Werkzeuge in einer Art „Telegrammstil“ erlauben.

Das Bild 2 zeigt schematisch den Aufbau für eine derartige innerbetriebliche Information- / Steuerungsnetzwerk und die Einbindung des Cockpits in die Supply Chain.



**Bild 2:** Schematische Darstellung der cockpitbasierten Kopplung von Produktions- und Versorgungsprozessen

Dieser recht einfache Beispielablauf macht bereits deutlich, dass eine große Anzahl von Handlungsalternativen existiert. Schon bei der Implementierung der gezeigten Fertigungskette muss zunächst ein Verständnis für die spezifische Dynamik dieses Systems erzeugt werden. Dazu kann ein Simulationsmodell entwickelt und mit den Plandaten parametrisiert werden. Aus den ersten Simulationsexperimenten ergibt sich wiederum der notwendige Input, um das APS mit grundlegenden Informationen über Verfügbarkeiten der Ressourcen, Engpässe etc. zu versorgen. Im weiteren Betrieb der Anlage steht das Simulationsmodell über die Cockpitkopplung sofort bereit, bei Unregelmäßigkeiten in der Produktion oder bei Störungen der Zulieferkette „What-If-Szenarien“ zu generieren.

Dazu müssen aber die Betriebsdaten permanent erfasst werden. Neben den elementaren Informationen, wann welcher Auftrag beginnen soll bzw. fertig gestellt worden ist, müssen die Information bezüglich ungeplanter Unterbrechungen und Transporte an das APS zurückgemeldet werden. Bei Ausbleiben einer Lieferung von Verpackungsmaterial oder dem Ausfall einer einzelnen Maschine beispielsweise, können sofort Notfallszenarien generiert und Handlungsalternativen gefunden werden, so dass ein Stillstand der Anlagen vermieden bzw. minimiert werden kann.

Besonders unter dem Aspekt einer flexiblen Produktion kann ein gegebenenfalls modifiziertes Simulationsmodell neue Daten für die Algorithmen des APS bei einer Neukonfiguration von Anlagen oder einem einschneidenden Produktwechseln liefern. Nicht nur die reine Auftragsdisposition sondern auch die übergreifende Logistik wird somit in die Lage versetzt, sowohl auf Auftragsebene ein Optimum zu finden und somit nachhaltig kurze Durchlaufzeiten zu erzielen, Bestände zu reduzieren und die Anlagenauslastungen zu maximieren, als auch zusätzlich die Auswirkungen auf den Materialfluss zu erkennen und aus der Rückkopplung Maßnahmen abzuleiten. Alle diese Möglichkeiten bedeuten einen eindeutigen Zeitvorteil und führen somit bei der Planung und im Betrieb zu erheblichen Kosteneinsparungen.

## **6 Fazit**

Sicher ist, dass die Simulation eine der wichtigsten Kernkomponenten der Digitalen Fabrik darstellt. Bezogen auf die Ablaufsimulation wird es in den nächsten Jahren zu einer verstärkten Ausweitung des Simulationseinsatzes im operativen Fabrikbetrieb und dem strukturellen Fabrikturning kommen. Die Simulatoren müssen zukünftig eine offenere Ankopplung an Planungs- und Steuerungswerkzeuge ermöglichen. Dennoch wird der Simulationsexperte auch in den nächsten Jahren nicht zu ersetzen sein. Allerdings ist es notwendig, auch ungeschulten Mitarbeitern aus den operativen Unternehmensbereichen einen Zugang zu Simulationsmodellen zu ermöglichen, um damit den Fabrikbetrieb sowie die kurz- und mittelfristige Auftragsdisposition mit Simulationsszenarien zu unterstützen [9].

In welchem Maße zukünftig direkt aus der Simulation anspruchsvolle Visualisierungen zu erstellen sein werden ist ungewiss. Mit Sicherheit lässt sich auf diese Weise eine erhöhte Transparenz in der Planung erzeugen und die Entscheidungsfindung unterstützen. Diesen Vorteilen steht noch immer ein zu hoher Aufwand bei der Erstellung der Visualisierungsmodelle gegenüber. Ob es im Bezug auf die IT-technische Umsetzung besser ist, die marktgängigen Tools für die Ablaufsimulation weiterhin mit 3D-



Funktionalitäten zu versehen bzw. eine Kopplung an Visualisierungstools zu ermöglichen oder aber 3D-orientierte Planungswerkzeuge zu entwickeln, die eine Simulatorfunktionalität integrieren [10], gilt es in den nächsten Jahren noch zu erforschen. Die letztgenannte Lösung dürfte für eine gewisse Anzahl von Anwendungsfällen der Ablaufsimulation nicht nötig sein, würde aber komplexe Planungsprozesse deutlich verbessern. Da es aber im Zusammenhang mit der Digitalen Fabrik in den Unternehmen nicht nur bei den Planungsprozessen zu tief greifenden Veränderungen kommen wird, sondern auch auf der aufbauorganisatorischer Seite, muss generell mit einer Verschiebung der Aufgabengebiete einzelner Fachfunktionen gerechnet werden. Insofern ist zwar eine eindeutige Marschrichtung für die Ablaufsimulation zu erkennen. Wohin der Weg aber im Detail führen wird, kann zu diesem Zeitpunkt noch nicht gesagt werden.

## 7. Literatur

- [1] Bracht, U.; Eckert, C. und Masurat, T.: „Ein Umfassender Ansatz für Planung und Betrieb – Ursprünge und Visionen der Digitalen Fabrik“, intelligenter produzieren 2005/1, VDMA-Verlag, 8-10, Frankfurt am Main, S. 8-10
- [2] Bracht, U. und Masurat, T.: „Die vergessenen Fabriken“, wt-online (2002) 4, 154-158
- [3] Bracht, U.; Kurz, O.: „Virtuelle Prozessabsicherung für das Fügeverfahren Kleben – Einsatz von Finite Element Methoden im Rahmen der Digitalen Fabrik“, ZWF (2004) 10, S. 544-549
- [4] Abel, A., Bracht, U., Eckert, C. und Masurat, T.: „Partizipative Fabrikplanung mit Virtual Reality – Ergebnisse aus der Zusammenarbeit mit einem Automobilzulieferer“, Tagungsband 8. IFF Wissenschaftstage; Virtual Reality und Augmented Reality zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme, Magdeburg, 22.-24.06.2005
- [5] Klocke, F.; Straube, M.; Pypec, C.: "Vorsprung durch Virtual Reality"; Studie, Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie (IPT); Aachen 2003
- [6] N.N., "Produktionsplanungssysteme: „Was Automatisierer über APS wissen müssen“, SPS Magazin 7 2003, TeDo-Verlag
- [7] Pibernik, R.: „Dynamische Supply Chain Configuration mit Advanced Planning Systems“, Tagungsband "Quantitative Methoden in ERP und SCM", Uni Duisburg, 10.03.2004
- [8] N.N.: „Kooperationsfähigkeit wird groß geschrieben“  
[http://www.tecnomatix.de/downloads/Pressespiegel\\_Kooperationsfähigkeit\\_wird\\_gross\\_geschrieben\\_Feb\\_03.pdf](http://www.tecnomatix.de/downloads/Pressespiegel_Kooperationsfähigkeit_wird_gross_geschrieben_Feb_03.pdf), Februar 2003
- [9] Masurat, T., Schwarzer, S. und Bethke, M.: „Interne Impulse zur Optimierung finden – Betriebsbegleitende Simulation von indirekten Bereichen zum Aufzeigen der Notwendigkeit zur organisatorischen Anpassung“, Industrie Management 3, 2004
- [10] Bracht, U. und Masurat, T.: „Integration von Virtual Reality und Materialflusssimulation zum Digitalen Prozessmuster“, wt-online (2003) 4, 249-253