

Wissenschaftliche Schriften

Innovationsforum Digitale Fabrik 8. und 9. September 2009 Tagungsband



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

TiCon III

DAS MODULARE SOFTWARE-KONZEPT

DATENAUSTAUSCH FLEXIBEL UND SICHER.

UNSERE ZEITEN STATT IHRER ZEIT

Im Zeitalter der Informationstechnologie ist es eine Selbstverständlichkeit, dass einmal eingegebene Zeit- und Prozessinformationen komfortabel und automatisiert zwischen EDV-Systemen ausgetauscht werden können.

Ebenso bedeutend ist die flexible Anpassungsfähigkeit des Datenaustauschs an geänderte Anforderungen – wie sie im Laufe eines jeden Projektes vorkommen.

OFFEN FÜR ALLE

Über konfigurierbare Schnittstellen können TiCon®-Daten in nahezu jedes Produktionsplanungs- und Steuerungssystem (PPS) eingespeist werden.

Dank des universellen Schnittstellenkonzepts TiCon® XP kommuniziert unsere Software u.a. mit SAP, den Siemens/UGS-Planungstools und anderen Programmen.

Eine sehr enge Anbindung an SAP bietet der Analysierclient. Mit ihm können MTM-Analysen basierend auf in TiCon gehaltenen Standardvorgängen unmittelbar in SAP eingegeben werden.

Den Bedürfnissen unserer Kunden entsprechend werden darüber hinaus individuelle Schnittstellen und Datenexporte u.a. in XML-, Excel- oder Textformate angeboten.

TiCon zum Thema:

Datenermittlung

Gestaltung

Arbeitsorganisation

Mittelstand

Datenintegration

TICON IST MTM IST TICON

www.dmtmsoftware.com



Wissenschaftliche Schriften des Institutes für Produktionstechnik

Herausgeber: Institut für Produktionstechnik

Heft 3, September 2009

Symposium des Innovationsforums Digitale Fabrik

08. und 09. September 2009

**Innovationsforum Digitale Fabrikplanung und -simulation
in der Automobilzulieferindustrie und im Maschinenbau in Südwestsachsen**

Tagungsband

Impressum:

Herausgeber:
Institut für Produktionstechnik

Herstellung:

© 2009 bei: Westsächsische Hochschule Zwickau
Institut für Produktionstechnik
Postanschrift:
Postfach 20 10 37
08012 Zwickau
Deutschland
Alle Rechte vorbehalten.

ISSN: 1863-1916

Inhaltsverzeichnis

Grußwort des Schirmherren

Karl Noltze, Präsident der Landesdirektion Chemnitz **1**

Das Innovationsforum „Digitale Fabrik“

Prof. Dr.-Ing. Andrea Kobylka, Westsächsische Hochschule Zwickau **3**

Digitale Fabrik – Realisierungsstand und Chancen

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Michael Schenk, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Daniel Reh,
Dipl.-Kfm. Ramon Ebert, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung **7**

Tecnomatix – Digitale Fabrik von Siemens PLM Software

Magnus Edholm Produktmarketing Tecnomatix **19**

Die Digitalisierung der Fabrik mittels Laserscanning - ein effizienter Weg von der physischen Fabrik zum 3D-Modell

Andreas Neumann eta AG engineering **31**

"Ergonomie im digitalen Umfeld"

Prof. Dr.-Ing. Torsten Merkel, Dipl.-Ing. Horst Böhmer Westsächsische Hochschule
Zwickau **37**

Die Digitale Fabrik für KMU - Grundlagen, Chancen, Risiken und Effekte

Dr. sc. techn. Wolfgang Leidholdt imk automotive GmbH Chemnitz **43**

Digitale Fabrik – Analoger Markt – wie virtuelle Fertigungswelten in der Realität Nutzen stiften

Rüdiger Kunze Gebrüder Kunze GmbH **53**

Rechnet sich die „Digitale Fabrik“ – Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit

Prof. Dr.-Ing. Andrea Kobylka, Dipl.-Ing. (FH) Torsten Kurtzke Westsächsische Hochschule Zwickau **57**

Finanzierungsangebote der KfW Bankengruppe für innovative Unternehmen

Markus Kaufmann KfW **63**

Product Lifecycle Management (PLM für den Mittelstand)

Dr.-Ing. Lutz Klingbeil PROCIM Systemtechnik GmbH **67**

Digital entwickelt, digital geplant und dann ...?

Martin Freytag imk automotive GmbH Chemnitz; Bernd Wurm BW Factory Group **77**

Elektronische Kommunikation

Axel, Schoth myOpenFactory **85**

Praktischer Einsatz von Materialflusssimulationen in Verkauf, Planung und Produktion

Steffen Bangsow Hörmann RAWEMA GmbH **95**

Detaillierungsstufen in der Layoutplanung

Prof. Dr.-Ing. Thomas Gäse, Westsächsische Hochschule Zwickau **105**

Layoutoptimierung für eine effiziente Produktion

Dr.-Ing. Jörg Ackermann, Dipl.-Ing. Frank Börner TU Chemnitz **111**

Grußwort des Schirmherren

Karl Noltze

Präsident der Landesdirektion Chemnitz

Vorsitzender des Beirates des Interessenverbandes Chemnitzer Maschinenbau e. V.

Netzwerke stärken die regionale Innovationskraft

Wie kaum eine andere technische Innovation hat die Nutzbarmachung der Dampfkraft die Grundlagen des Wirtschaftslebens verändert. Völlig zu Recht sprechen wir heute von einer "Industriellen Revolution", die im 19. Jahrhundert die wirtschaftlich-industriellen, aber auch die sozialen Strukturen der Gesellschaft tiefgreifend umgestaltete. Gerade Südwestsachsen wurde durch diesen Prozess nachhaltig geprägt. Zweifellos können wir heute sagen, dass unsere Region von den damaligen Veränderungen profitierte. In jener Zeit haben sich die Strukturen zum Beispiel im Maschinenbau, in der Fahrzeugindustrie oder in der Textilindustrie entwickelt, welche wir heute als unsere wirtschaftlichen Traditionen, als unser industrielles Erbe verstehen.

Der "Dampf" des 21. Jahrhunderts ist die Informationstechnik. Neue und innovative Kommunikations- und Informationstechnologien haben unser aller Leben in den letzten Jahren und Jahrzehnten ganz erheblich verändert und teilweise regelrecht umgewälzt. Die Informationstechnik hat in praktisch allen Bereichen des modernen Lebens Einzug gehalten. Erst recht sind diese Veränderungen in der Wirtschaft spürbar.

Industrielle Produktionsanlagen, in die keine Software steuernd eingreift, sucht man heute vergebens. Die zukünftigen Fabrikanlagen werden nahezu vollständig automatisiert sein. Ebenso ist die Informationstechnik heutzutage aus modernen Produkten nicht mehr wegzudenken. Die Forschungen an den Hochschulen und in den Unternehmen erschließen diesen Technologien dabei immer neue Anwendungsgebiete. Mit hoher Dynamik sind hier weitere, nachhaltige Veränderungen im Gange.

Diesen Entwicklungen kann sich kein Unternehmen entziehen, wenn es am Markt bestehen will. Vielmehr gilt es, Schritt zu halten oder - noch besser - voranzuschreiten.

Allerdings wird der Einzelne bei so hoch komplexen Themen wie der "Digitalen Fabrik" schnell an seine Grenzen stoßen. Die "Digitale Fabrik" ist nicht weniger als das Bestreben, die betriebliche Realität in einem digitalen Modell abzubilden. Die Vorteile des Ansatzes, sämtliche Abläufe in einem Unternehmen am Computer simulieren und analysieren zu können, liegen dabei klar auf der Hand. Auf der anderen Seite steigen aber auch in dem Maße, in dem die Parameter des virtuellen Modells mehr und mehr der Realität angepasst werden, die Anforderungen an die Ressourcen und das Know-how des einzelnen Anwenders.

"Viele Köche verderben den Brei", weiß der Volksmund zu sagen – und in diesem Fall irrt er damit.

Die Wirtschaft unserer Region ist überwiegend klein- und mittelständisch strukturiert. Damit sind unsere Betriebe dynamisch und flexibel aufgestellt. Im Vergleich zu anderen Industrieregionen mit größeren Wirtschaftseinheiten stehen diesen Vorteilen allerdings auch geringere Forschungs- und Entwicklungskapazitäten in den einzelnen Unternehmen gegenüber.

Um diesen Nachteil auszugleichen, hat sich seit Jahren die Strategie erfolgreich bewährt, industrielle Cluster und regionale Netzwerke zu etablieren. Intensive Netzwerkbeziehun-

gen zwischen den Unternehmen und anderen kompetenten Akteuren unserer Region Südwestsachsen stärken die regionale Innovationskraft. Sie bringen vielfältige Synergieeffekte hervor und setzen dadurch neue Impulse für Forschung und Praxis.

Eine enge Vernetzung zwischen allen Mitgliedern des Netzwerks und deren zielgerichtete Zusammenarbeit sind deshalb unerlässlich, wenn wir als Region unsere Zukunftspotentiale auch auf lange Sicht erhalten und entfalten wollen.

Das Symposium "Digitale Fabrik" verfolgt genau dieses ehrgeizige Ziel. Es möchte eine Plattform bieten, auf der die Akteure zusammenfinden und ihre Erfahrungen austauschen können. Auf dieser Basis lässt sich dann ein langfristig wirkendes Kooperationsnetzwerk aus Wissensträgern, Forschungspartnern und Industrieanwendern rund um die konkreten Einsatzfelder der "Digitalen Fabrik" aufbauen.

Vor diesem Hintergrund habe ich als Präsident der Landesdirektion Chemnitz und als Beiratsvorsitzender des Interessenverbandes Chemnitzer Maschinenbau e. V. sehr gern die Schirmherrschaft über diese Fachveranstaltung übernommen. Ich bin überzeugt, dass dieses Innovationsforum einen wichtigen Beitrag zur weiteren Stärkung des Wirtschaftsstandortes Südwestsachsen leisten kann und wird.

Um es mit Henry Ford zu sagen:

"Zusammenkommen ist ein Beginn, zusammenbleiben ist ein Fortschritt, zusammenarbeiten ist ein Erfolg."

In diesem Sinne wünsche ich dem Symposium "Digitale Fabrikplanung und -simulation" einen erfolgreichen Verlauf mit vielen interessanten Vorträgen und wertvollen Anregungen.

Präsident der Landesdirektion Chemnitz
Karl Noltze

Das Innovationsforum „Digitale Fabrik“

Prof. Dr.-Ing. Andrea Kobylka, Westsächsische Hochschule Zwickau

1. Einleitung

Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) stehen unter enormem Wettbewerbsdruck. Wirtschaftliche und technische Entwicklungen zwingen sie zu ständigen Anpassungen, im Bereich der Organisation wie auch im Produktionsprozess. Die Anpassungsprozesse könnten vereinfacht werden, wenn auch KMU verstärkt einzelne Bausteine der „Digitalen Fabrik“ zur Planung nutzen würden, d.h., wenn sie zur Organisation ihrer Unternehmen auf entsprechende Software zurückgreifen würden.

In den verschiedenen Einsatzbereichen der digitalen Fabrik von der Produktentwicklung bis zur Produktionsplanung und Steuerung ist die Umsetzung und Anwendungsbreite unterschiedlich fortgeschritten. In den Bereichen der Produktentwicklung und Fertigungsplanung gibt es sehr weit entwickelte Anwendungssoftware und die Schnittstellen zu einer zentralen Datenbank sind größtenteils standardisiert.

Mit dem Eintritt in die Planungsbereiche der Arbeitsplatz- und Fertigungssystemplanung über die Logistiksystemplanung bis zur Produktionsplanung und Steuerung stellt sich der Sachverhalt komplett anders dar.

Bedingt durch die sehr differenzierten branchen- und sogar unternehmensspezifischen Anforderungen an diese Planungsbereiche existiert zwar eine Vielzahl von Softwarelösungen zur digitalen Unterstützung, jedoch oft ohne Anbindung an eine zentrale Datenbank, und wenn, dann nur bei „Komplettanbietern“.

Bislang ist der Einsatz solcher Technologien überwiegend nur in Großunternehmen rentabel, für KMU ist aufgrund erheblicher Kosten der Einsatz häufig nicht wirtschaftlich.

Dieser Problematik haben sich die Westsächsische Hochschule Zwickau, die STZ Sächsisches Technologie Zentrum gGmbH (Zwickau) sowie der ICM-Interessenverband Chemnitzer Maschinenbau e. V. mit der Beantragung und Durchführung des Innovationsforums „Digitale Fabrikplanung und -simulation in der Automobilzulieferindustrie und im Maschinenbau in Südwestsachsen“ gestellt. Das Innovationsforum „Digitale Fabrik“ wird im Zeitraum vom 1. April 2009 bis zum 30. September 2009 durch „Unternehmen Region“ gefördert, einer Innovationsinitiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) für die Neuen Länder. Das BMBF investiert mit dieser Initiative in regionale Bündnisse herausragender Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen mit dem Ziel, die Stärken der Regionen auszubauen und durch erfolgreiche Innovationen wettbewerbsfähige Regionen zu schaffen.

Ziel des Innovationsforums ist es, ein Kooperationsnetzwerk aus Wissensträgern, Forschungspartnern und Industrieanwendern zu gründen. In interdisziplinären Projektgruppen werden diese dann gemeinsam an verschiedenen Aspekten der Weiterentwicklung der „Digitalen Fabrik“ für KMU arbeiten.

Zentralveranstaltung im Rahmen des Innovationsforums „Digitale Fabrik“ ist das Symposium am 8./9. September 2009 an der WHZ mit der Gründung des Netzwerkes.

2. Stand der Digitalen Fabrik in der Region

Mit Start des Innovationsforums „Digitale Fabrik“ sollten über eine Umfrage zum aktuellen Stand der Einführung und Anwendung der Digitalen Fabrik bei Unternehmen der Region konkrete Barrieren für die Einführung bzw. Schwerpunktprobleme bei der Anwendung identifiziert werden. Es wurden über 500 Unternehmen aus den Bereichen der Automobilzulieferindustrie, des Maschinen- und Anlagenbaus sowie der Engineering-Dienstleistung zur Anwendung der Digitalen Fabrik befragt.

Das erste und in der Ausprägung dann doch überraschende Ergebnis war die extrem geringe Rücklaufquote, die trotz persönlicher Kontaktaufnahme zu den meisten Unternehmen weit unter den für derartige Umfragen prognostizierten 10 % blieb.

Die o. g. Kontaktaufnahmen zeigten häufig auch mit den Grund für die geringe Rücklaufquote: Der Begriff der „Digitalen Fabrik“ wird sehr eingeschränkt verstanden. Bedingt durch die Medien herrscht überwiegend die Meinung, dass mit der „Digitalen Fabrik“ die Fabrik an sich virtuell in 3D abgebildet wird – und mehr nicht. Und damit sagen viele Firmen: „Mache ich nicht. Brauche ich nicht!“

Die Umfrage zeigte aber auch, dass einige wenige Unternehmen schon sehr weit bei der Einführung verschiedenster Bausteine der „Digitalen Fabrik“ sind und es wurde durchaus Interesse an der Arbeit an Forschungs- und Entwicklungsprojekten angemeldet.

Mit diesen Erkenntnissen änderte sich die Schwerpunktorientierung für dieses Symposium. Sollten anfangs verschiedene Projektgruppen ihre Zielstellungen für mögliche Weiterentwicklungen präsentieren, war nun klar, dass diese nicht in dem gedachten Umfang entstehen werden und dass im Vorfeld der konkreten Projektarbeit als erstes „Aufklärungsarbeit“ zur Digitalen Fabrik geleistet werden muss.

Bevor Unternehmen bereit sein werden, ein Kooperationsnetzwerk zur Digitalen Fabrik zu bilden oder auch nur zu nutzen, muss der Begriff der Digitalen Fabrik geklärt sein und den Unternehmen muss deutlich werden, welche Vorteile und Chancen mit den Einsatz der Digitalen Fabrik auch konkret bei ihnen verbunden sind.

3. Die Digitale Fabrik im Verständnis des Innovationsforums

Die Digitale Fabrik wie sie im Innovationsforum und später im Netzwerk „Digitale Fabrik“ verstanden wird, orientiert sich an der VDI-Richtlinie:

Die Digitale Fabrik bildet alle Aspekte einer Fabrik in digitalen Modellen ab, wobei auf eine zentrale Datenbank über eine Integrationsplattform Entwickler und Planer mit verschiedenen Softwarebausteinen (Bausteine der Digitalen Fabrik) zugreifen (Abb. 1). /Sche-04/, /VDI 4499/

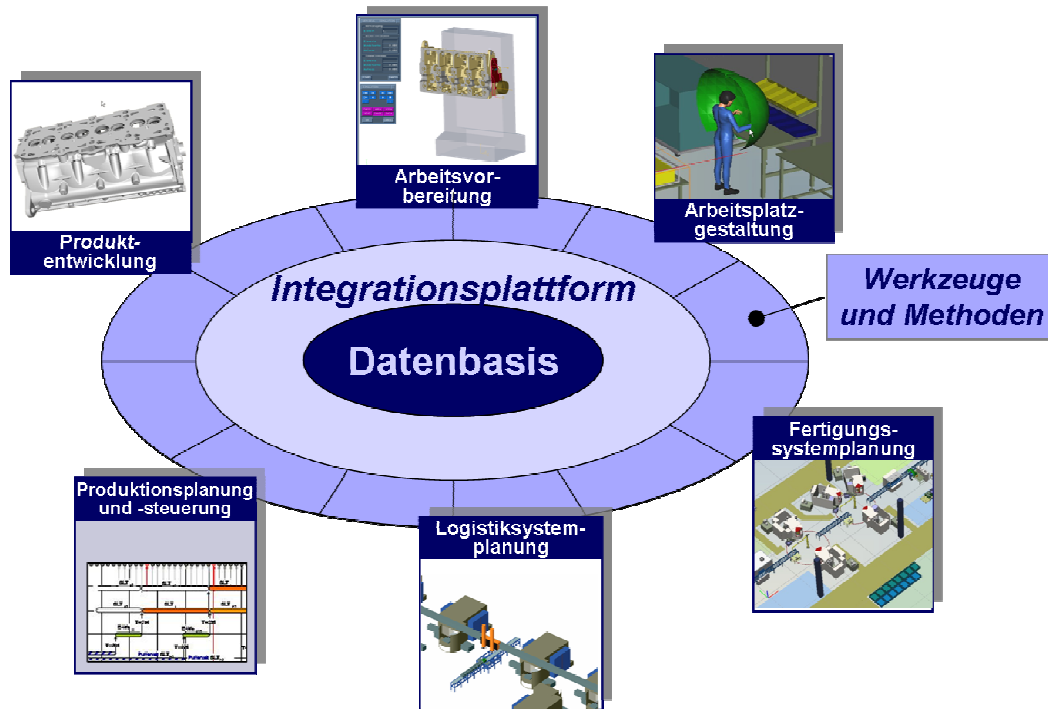


Abb. 1: Grundaufbau der Digitalen Fabrik

Ansätze für die Digitale Fabrik existieren heute in jedem Unternehmen. Die Annäherung erfolgt lediglich aus verschiedenen Richtungen. In den meisten Unternehmen liegen häufig die Produkt- und teilweise auch schon die Prozessdaten digital vor. Nur sind diese nicht zentral verfügbar oder miteinander vernetzt, wodurch eine Nutzung dieser Daten z.B. für strategische Planungen nur schwer bzw. nur mit viel Aufwand möglich ist.

Das Hauptproblem für eine intensivere und vor allem wirtschaftliche Anwendung der Digitalen Fabrik in den Bereichen von der Arbeitsplatzgestaltung über die Fertigungs- und Logistikplanung bis hin zur Materialflusssimulation, denen sich das Netzwerk hauptsächlich verschreiben wird, liegt in vielen Firmen darin begründet, dass diese Bereiche zum einen nicht zu den Kernkompetenzen der Unternehmen gehören und zum anderen Planungstätigkeiten in diesen Bereichen relativ selten durchzuführen sind. Damit ist der Erwerb oder gar die firmenspezifische Anpassung teurer Spezialsoftware nicht wirtschaftlich. Somit sind hier die wesentlichen Fakten für das Outsourcing dieser Planungen und folglich für den Einsatz von externen Dienstleistern gegeben.

Nach derzeitigem Erkenntnisstand sind folgende Schwerpunkt-Fragen bei der Weiterentwicklung der Digitalen Fabrik mit Blick auf KMU zu sehen:

- Wie können Bausteine der Digitalen Fabrik, d.h. speziell für Unternehmen interessante Planungs-Software, an Unternehmen anpassbar gestaltet werden (z. B. bzgl. des Funktionsumfangs), um Kosten für Erwerb und Nutzung (Einarbeitungs- /Bedienaufwand) zu reduzieren?
- Welche Daten sollten in digitalisierter Form im Unternehmen vorliegen, um jederzeit schnell betriebliche Entscheidungen treffen zu können?
- Welche Entscheidungsunterstützungen z. B. zur Bewertung von Planungslösungen werden benötigt?

- Wie sollten unternehmensspezifische Datenbanken aufgebaut sein, um einen effizienten Datenaustausch verschiedener Bereiche zu gewährleisten bzw. wie sollten die Schnittstellen zwischen verschiedenen Softwareprodukten gestaltet sein?
- Wie müssen unternehmensspezifische Datenbanken aufgebaut sein/eingeführt werden, die die schnelle und wirtschaftliche Anwendung von Bausteinen der digitalen Fabrik ggf. auch durch externe Dienstleister erlauben?
- Welche Voraussetzungen sind für effiziente Dienstleistungen unter Nutzung der Digitalen Fabrik zu schaffen?

4. Zukünftige Aktivitäten im Bereich der Digitalen Fabrik

Im Ergebnis der Umfrage zur Digitalen Fabrik wurden die beiden ersten themenspezifischen Projektgruppen gebildet, die aus identifizierten Entwicklungsschwerpunkten eigene Forschungsvorhaben initiieren werden.

Themenschwerpunkte der Projektgruppen sind:

- Materialflussoptimierung / Layoutplanung sowie
- Wissensmanagement

Mit der Gründung des Netzwerkes aus Wissensträgern, Forschungspartnern und Industrieanwendern steht dies als zentrale Koordinationsstelle für weitere Fragen, Anliegen, Interessen, ... im Bereich der Digitalen Fabrik zur Verfügung.

In regelmäßigen Informationsveranstaltungen des Netzwerkes wird über spezielle Themen bzw. neue Entwicklungen im Bereich der Digitalen Fabrik informiert werden. Bei vorliegendem Interesse an Schwerpunktthemen werden weitere Projektgruppen gebildet.

Ziel der Initiatoren des Innovationsforums „Digitale Fabrik“ – der WHZ, dem STZ und dem ICM, war es, einen Impuls zur verstärkten Anwendung der digitalen Fabrik in Unternehmen der Region zu setzen.

Inwieweit die Initiativen greifen, wird die Zukunft zeigen. Das Ziel, den Aufbau eines regionalen Forschungs- und Dienstleistungszentrums für Digitale Fabrikplanung, werden wir nicht aus den Augen verlieren, auch wenn dies länger brauchen wird, als wir anfangs vermuteten.

5. Literatur

/Sche-04/ M. Schenk, S. Wirth:

Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Springer-Verlag, Berlin, 2004

/VDI 4499/ VDI-Richtlinie 4499: Digitale Fabrik – Grundlagen. Beuth Verlag, 2008

Digitale Fabrik – Realisierungsstand und Chancen

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Michael Schenk, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Daniel Reh, Dipl.-Kfm. Ramon Ebert, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg

1. Einführung

In den vergangenen zwei Jahrzehnten erforderten die globalisierten Märkte in immer kürzer werdenden Zyklen neue, kundenindividuell gestaltete und qualitativ hochwertige Produkte. Um in dem resultierenden Spannungsfeld aus Komplexität, Kosten, Qualität und Zeit bestehen zu können, mussten und müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden.

Zur wirtschaftlichen Beherrschung der immer komplexer werdenden Produkt- und Produktionsentstehungsprozesse, sind neue Strategien und Lösungsansätze entstanden, wie z.B. Virtual Reality (VR) und das Product Life Cycle Management (PLM) – Kern der Vision der „Digitalen Fabrik“, die auf eine frühzeitige Parallelisierung der Prozesse und die digitale Bearbeitung der Produktentwicklung und Produktionsplanung bis hin zum virtuellen Anlauf und Betrieb einer Fabrik bei ganzheitlich integriertem Datenmanagement abzielt (vgl. VDI 2008).

Als Konzept zur Revolutionierung produktionstechnischer Planungsprozesse ist die Digitale Fabrik gegenwärtig Kern zahlreicher wissenschaftlicher und industrieller Veröffentlichungen und Veranstaltungen. Während einige Autoren die Realisierung der Digitalen Fabrik bereits in greifbarer Nähe sehen: „Zukünftig existiert ein digitales Modell einer realen Fabrik synchron zum laufenden Betrieb.“ (vgl. Schögl 2009), sind für andere ihre Potenziale, u.a. mit Blick auf eine virtuelle Inbetriebnahme einer Fabrik, noch längst nicht ausgeschöpft. (vgl. Bangerth 2009)

So vielfältig die Nutzenpotentiale der Digitalen Fabrik (z.B. die Vermeidung von Planungsfehlern, die Reduzierung von Planungszeiten und Änderungskosten, vgl. Bracht und Reichert 2008) von ihren Anwendern gesehen werden, so unterschiedlich ist teilweise das Verständnis darüber, was genau unter dem Begriff der Digitalen Fabrik zu verstehen ist. Im Allgemeinen beschreiben existierende Definitionen der Digitalen Fabrik diese entweder als ein fertiges Modell einer (zukünftigen) realen Fabrik oder als ein Werkzeug mit dem ein solches Modell erzeugt wird. Franke fasst die Definitionen der Digitalen Fabrik zusammen und definiert diese darauf aufbauend als ein computerbasiertes Modell bzw. einen Verbund solcher Modelle. (vgl. Franke 2003)

Um die durchaus divergierenden Definitionen und Sichtweisen der Digitalen Fabrik zu standardisieren, wurde in einem VDI-Fachausschuss, der sich aus Vertretern der Industrie und Forschung zusammensetzt und 2002 gegründet wurde, eine integrierte Definition erarbeitet. Die Digitale Fabrik wird demnach als „...der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u.a. der Simulation und 3D/VR-Visualisierung – verstanden, die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden. Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Prozesse und Ressourcen der Fabrik in Verbindung mit dem Produkt.“ (vgl. VDI 2008)

Im Rahmen der VDI-Definition der Digitalen Fabrik wird diese als Modell charakterisiert, welches im Verbund mit der Verwendung von computergestützten Werkzeugen zu verstehen ist. Gerade letzteres dient dazu, ein Modell im Rechner abzubilden, berechnen und visualisieren zu können. Das Modell stellt dabei die reale Fabrik mit all ihren Strukturen, Prozesse und Ressourcen in Verbindung mit dem Produkt dar.

2. Vision und Betrachtungsfelder der Digitalen Fabrik

Der Planungs- und Betriebsansatz der Digitalen Fabrik ist in den letzten Jahren bereits in der Automobil-, Flugzeug- und Schiffbauindustrie, aber auch in weiteren Branchen (z.B. im Maschinen- und Anlagenbau), zum zentralen Innovationsthema avanciert. Indem sich die digitale Produktentwicklung, Produktionsplanung und Produktion in diesen Branchen schrittweise über den gesamten Fabriklebenszyklus ausweitet, erhalten hierbei insb. die Fabrikplanung und der Fabrikbetrieb ein neues Betrachtungsfeld. Die Vision der Digitalen Fabrik einer vollständigen digitalen Repräsentation von Produkt, Prozess und Ressource sowie deren Betrachtungsfelder über den gesamten Fabriklebenszyklus hinweg sind in Abbildung 1 dargestellt. (vgl. Schenk und Wirth 2004)

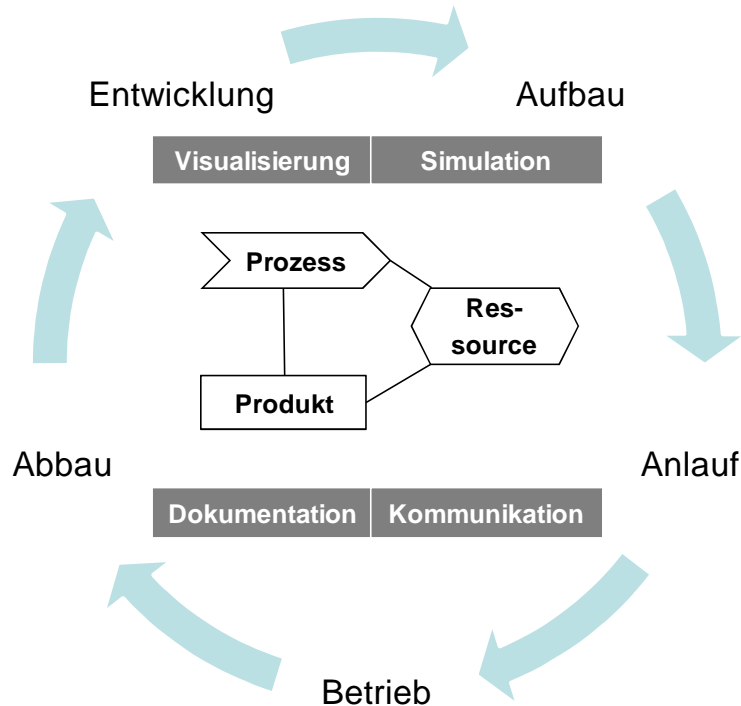


Abb. 1: Betrachtungsfelder der Digitalen Fabrik über den Fabriklebenszyklus

Das Konzept der Digitalisierung einer Fabrik beruht auf der Idee, eine durchgängige Planungsunterstützung (u.a. durch verbesserte Visualisierung, Simulation, Kommunikation und Dokumentation von Produkt, Prozess und Ressource) entlang der Wertschöpfungskette und der Lebenszyklusphasen Entwicklung, Aufbau, Anlauf, Betrieb und Abbau einer Fabrik so zu generieren, dass sie der Realität sehr nahe kommt. Produkte, Prozesse, Ressourcen und Produktionsstätten stehen im Zentrum der Betrachtung und sollen über den gesamten Fabriklebenszyklus digital geplant, simuliert und integriert werden sowie mit Hilfe rechnergestützter Methoden geändert, korrigiert und in ihren Wechselwirkungen optimiert werden. Idealerweise erfolgt die Freigabe zur physischen Produktherstellung, wenn das Produkt digital abgesichert ist und das Modell der Digitalen Fabrik erfolgreich durchlaufen wurde. Dadurch sollen insbesondere Zeit- und Kostenersparnisse, bei gleichzeitig höherer Qualität und Reifegrade, ermöglicht werden.

Ziel der Digitalen Fabrik ist es Produkte, Fertigungsverfahren und Produktionsabläufe in einer frühen Entwicklungsphase abzusichern und die Entwicklung und Planung der Produktion mit digitalen Modellen und Werkzeugen zu begleiten und zu beschleunigen, sowie anschließend die reale Produktion mit virtuellen Instrumenten fortlaufend zu überprüfen und zu verbessern. (vgl. VDI 2008)

Der Schlüssel zum Erfolg der Digitalen Fabrik liegt nicht in der Anschaffung kostenintensiver Planungstools. Vielmehr bedarf es einer individuellen Konzeption und Auswahl von geeigneten Werkzeugen und abgestimmten Planungsprozessen für das jeweilige Unternehmen. Diese Konzeption bezieht sich im Allgemeinen auf drei Ebenen der Digitalen Fabrik, die Organisation der Planungsprozesse, die Selektion geeigneter Tools sowie die Modelle und Daten. (vgl. Bierschenk u.a. 2005) Die Umsetzung der Digitalen Fabrik ist in diesem Zusammenhang nicht als ein einmalig abgeschlossenes, sondern als ein sich permanent wiederholendes Projekt mit langfristigem Charakter anzusehen. (vgl. Schack 2008)

3. Entwicklung der Digitalen Fabrik

Die Digitalisierung von Prozessen der Produktentwicklung, Produktionsplanung und Produktion hat ihren Ursprung in ersten Ansätzen der sogenannten (CIM) Computer Integrated Manufacturing-Fabrik. In den 1980er und 1990er Jahren wurden CIM-Bausteine entwickelt, die den durchgängigen Informationsfluss vom Kundenauftrag bis zum Vertrieb gewährleisten sollten. (vgl. Gottschalk und Wirth 1989; Bey 1990)

Zu Beginn der 1980er Jahre wurde der CIM-Gedanke primär zur Kopplung von (Computer Aided Design) CAD- und (Computer Aided Manufacturing) CAM-Systemen gesehen. In der zweiten Hälfte dieser Dekade wurde dieses Verständnis um (Computer Aided Planning) CAP- und (Computer Aided Quality Assurance) CAQ-Systeme bzw. Aspekte der Arbeitsplanung und Qualitätssicherung erweitert. Zusätzlich wurden Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme (PPS) für die Auftragsabwicklung als wesentliche Teilkomponente der so genannten rechnergestützten Produktion integriert.

Durch den Zuwachs an Rechnernutzung wurde erstmals erkannt, dass mit CIM eine unternehmensweite Vernetzung der einzelnen Systeme mit Hilfe von Datenbanksystemen in einem übergeordneten integrierten Gesamtsystem erfolgen muss. Der CIM-Gedanke verdeutlichte, dass ein durchgängiges Informationsmanagement in einem produzierendem Unternehmen sowohl technisch, als auch organisatorisch etabliert werden musste, wenn die hochgesteckten Ziele, eine ganzheitliche Zeit- und Kostenersparnis im Produktentstehungsprozess, erreicht werden sollten. (vgl. Schack 2008) Der ganzheitliche Ansatz scheiterte jedoch an der Beherrschbarkeit der Datenmengen, deren Qualität, Aktualität, den methodischen soft- und hardwareseitigen Voraussetzungen sowie an der Wirtschaftlichkeit.

Die Digitalisierung der Konstruktions- und Entwicklungsarbeiten sowie der Einsatz von Simulationsmethoden verbesserten seit dieser Zeit die digitale Entwicklung. Neben produktbezogenen Simulationen von digitalen Prototypen (Digital Mock Up) im Rahmen des Computer Aided Engineering (CAE) werden seit etwa Mitte der 1990er Jahre zunehmend auch Simulationsmethoden und -werkzeuge für die Produktionsplanung und -absicherung eingesetzt. Auch rechnergestützte Methoden der Fabrikplanung haben seither große Fortschritte gemacht. Heute liegt der Fokus auf der Planung ganzheitlicher Prozesse, durch deren Integration sich der Kreis zur digitalen Produktentwicklung, Produktionsplanung und Produktion schließen soll.

Allgemein lässt sich festhalten, dass die Digitale Fabrik von ihrem Ursprung her als eine logische Konsequenz aus der digitalen Produktentwicklung zu sehen ist. (vgl. Schuh u.a. 2002) In Analogie zum Einsatz von CAD-Systemen, die mittlerweile ein fester Bestandteil bei der Produktentwicklung in der industriellen Praxis sind, erfolgt in der Produktionsplanung zunehmend der Schritt von der alphanumerischen 2D-Planung hin zu einer integrierten digitalen 3D-Planung, was in der Folge zu einer Erhöhung des Reifegrades der Digitalen Fabrik führt. (vgl. Eißrich 2005)

Während Geschäftsprozesse, Methoden und Techniken der Digitalen Fabrik in der Produktentwicklung u.a. in der Automobilbranche bereits mit hohem Reifegrad etabliert sind (vgl. Mantwill 2009), konzentrieren sich aktuelle Bestrebungen und Verbesserungsansätze im Umfeld der Digitalen Fabrik in den letzten Jahren primär auf die Ausbreitung des Einsatzes von digitalen Werkzeugen auf die Produktionsplanung innerhalb der Produktentstehung. Die derzeitigen Bestrebungen der Softwarelösungsanbieter und auch der Softwareanwender konzentrieren sich darauf, die digitale Unterstützung der Produktionsplanung sinnvoll zu steigern und praktikable Lösungsansätze zu entwickeln, um beispielsweise die Lücke zwischen den CA-Systemen und den PPS-/ERP-Systemen zu schließen. Zudem wird die Vernetzung von Systemen der Fertigungs-, Montage-, Materialfluss- oder Layoutplanung, welche in vielen Unternehmen häufig isoliert als Einzellösungen eingesetzt werden, vorangetrieben, um ihre breite Integration in den unternehmensweiten Planungsprozess zu verbessern. (vgl. Keijzer u.a. 2006)

Die durch die Softwareunterstützung in der Produktionsplanung anfallende Daten müssen jedoch ergänzend, zu den in PDM-Systemen verwalteten Produktdaten aus der Produktentwicklung, verwaltet und gesteuert werden. In diesem Zusammenhang wurden (und werden) in der Praxis entscheidungsunterstützende Prozessplanungswerkzeuge weiterentwickelt und eingesetzt, die es ermöglichen Produkt- (u.a. Produktgeometrie-, Produktstruktur-, Werkstoff- und Bemaßungsdaten), Prozess- (u.a. beschreibende Daten zu einzelnen Arbeitsabläufen in Werken oder an einzelnen Fertigungslinien) und Ressourcendaten (z.B. Betriebsmitteldaten) in ein (Produkt-Prozess-Ressourcen) PPR-System zu integrieren. (vgl. Schack 2008)

4. Product Lifecycle Management als Backbone der Digitalen Fabrik

Das Product Lifecycle Management (PLM) stellt einen aktuellen Abschnitt in der Evolution der Digitalen Fabrik dar. Von den Softwareanbietern wird PLM als Geschäftsprozessstrategie verstanden, um ganzheitlich produktbezogen die Rentabilität eines produzierenden Unternehmens zu steigern. Dies bedingt jedoch die Notwendigkeit einer effizienten Gestaltung der Zusammenarbeit und der Kommunikation zwischen Mitarbeitern und Partnern, d.h. sowohl unternehmensintern als auch unternehmensextern. Product Life Cycle Management sowie die Digitale Fabrik sind aufgrund der Komplexität nicht als käufliches Produkt, sondern als eine Strategie zu verstehen. Diese muss mit Hilfe geeigneter technischer und organisatorischer Maßnahmen unternehmensspezifisch umgesetzt werden. (vgl. Fedorowicz 2009)

In den letzten Jahren hat sich PLM zu einem der technologischen sowie organisatorischen Schlüsselansätze im breiten Themenfeld der Digitalen Fabrik entwickelt, der das effektive Management von Produktentwicklungs- und Fertigungsprozessen in der Konstruktionstechnik und im produzierenden Gewerbe ermöglicht. PLM stellt eine logische Weiterentwicklung des Einsatzes von CA-, PDM-, PPR- und PPS-/ERP-Systemen dar und wird in der Literatur als ein integrierter Ansatz beschrieben, der ein konsistentes Set von Methoden, Modellen und IT-Werkzeugen zum Management von Produktinformationen, Konstruktionsprozessen und Anwendungen entlang der verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus umfasst und auf eine global verteilte, interdisziplinäre Kollaboration zwischen z.B. Herstellern, Zulieferern und Partnerunternehmen abzielt. (vgl. Abramovici u.a. 2008)

Der PLM-Ansatz ermöglicht, über eine ganzheitliche Betrachtung den Produktentstehungsprozess vom Auftragsabwicklungsprozess abzugrenzen. Letzterer umfasst im weiteren Sinne alle Aktivitäten, die zur anforderungsgerechten Transformation von Aufträgen in verkaufsfähige Produkte durchgeführt werden müssen und kann sowohl aus technologischer als auch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive betrachtet werden.

Zur betriebswirtschaftlichen Auftragsabwicklung zählen – analog zur konventionellen Architektur von PPS- und ERP-Systemen – im Wesentlichen die Produktionsprogrammplanung, die Beschaffung, die Mengen- und Terminplanung, die Kalkulation sowie die Finanzbuchhaltung. Die technische Auftragsabwicklung umfasst die Phasen der Produktentwicklung und -konstruktion, der Produktionsplanung, der Produktion sowie des Vertriebs. (vgl. Pahl u.a. 2005) Insbesondere kann in diesem Sinne verdeutlicht werden, dass die technische Auftragsentwicklung hauptsächlich dem Produktentstehungsprozess entspricht, welcher durch Methoden und Werkzeuge der Digitalen Fabrik (über den Fabriklebenszyklus) unterstützt wird. Schack verdeutlicht diese Abgrenzung des Produktlebenszyklus, des Produktentstehungs- und des Auftragsabwicklungsprozesses hinsichtlich der Unterstützung durch digitale Werkzeuge und zeigt in diesem Sinne, dass die Digitale Fabrik einen integrierten Bestandteil im PLM-Konzept darstellt. (vgl. Abbildung 2)

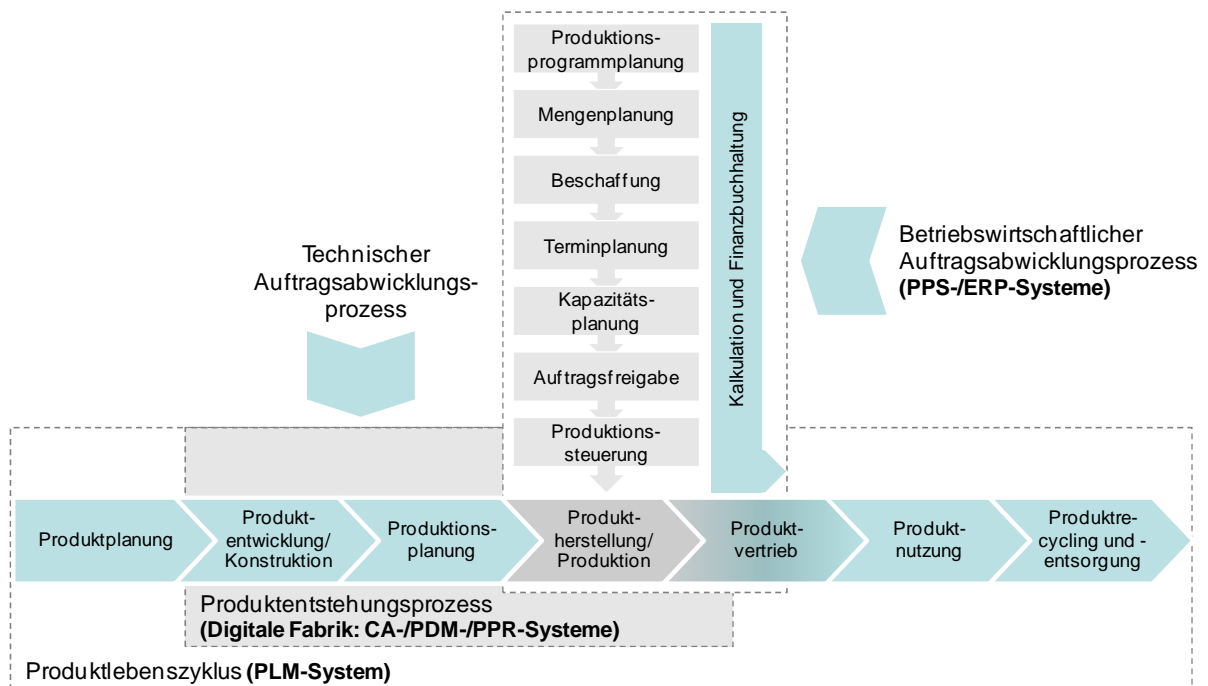


Abb. 2: Digitale Fabrik und PLM im Kontext von Produktlebenszyklus, Produktentstehungs- und Auftragsabwicklungsprozess (i.A.a. Schack 2008)

PLM-Lösungen erhöhen schon in den frühen Entwicklungsphasen das Produktwissen, was insbesondere von hoher Relevanz ist, da in dieser Phase ein Großteil der späteren Produktkosten definiert wird. Weiterhin unterstützt ein PLM-System die interne und firmenübergreifende Kommunikation von Ingenieuren in verteilten Entwicklungsprozessen, wobei individuell gestaffelte Zugriffsrechte den Schutz des geistigen Eigentums sichern. Prozessabläufe werden beschleunigt, da Mitarbeiter in allen Phasen des Produktlebenszyklus Zugriff auf die für sie relevanten Informationen erhalten. Innerhalb der Digitalen Fabrik werden damit u.a. Aufgaben rund um die Kontrolle und Freigabe von Fertigungsprozessen und Arbeitsanweisungen von Produkten verbessert. Hierfür steuern und protokollieren PLM-Lösungen z.B. Produktfreigaben der Prozessverantwortlichen und machen diese Abläufe im System transparent und nachvollziehbar. Definierte Prozesse lassen sich somit über das System zentralisiert prüfen und bieten in diesem Sinne insbesondere eine hohe Auditsicherheit.

Der aktuelle Stand der Datenhaltung in PLM-Lösungen in der industriellen Praxis beschränkt sich im Wesentlichen auf den Austausch unterschiedlicher Datenformate. Diese

werden für wenige ausgewählte Prozesse entlang des Lebenszyklus mittels oftmals nur unidirektionaler Schnittstellen ausgetauscht. Die entwicklungsübergreifende Integration von Workflows und Datenschnittstellen in PLM-unterstützte Workflows hat sich bislang als äußerst aufwendig und schwierig realisierbar herausgestellt, da die Komplexität der zugrunde liegenden PLM-Lösungen mit zunehmender Anzahl an Schnittstellen in der Regel exponentiell zunimmt.

Aufgrund der Fokussierung der PLM-Lösungsfunktionalitäten auf den Produktentwicklungsbereich werden diese Systeme bisher nur selten außerhalb dieses eingesetzt. Die Hauptproblematik heutiger PLM-Lösungen besteht dementsprechend darin, dass eine Durchgängigkeit der Produktdaten entlang der Prozesskette auf Grund der Vielzahl unterschiedlicher Schnittstellen und Formatierungen nicht gewährleistet werden kann. Dies belegt u.a. eine Befragung von 251 Führungskräften deutschsprachiger Unternehmen zu den wesentlichen Defiziten entlang der Engineering- Prozesskette. Hierbei stellte sich heraus, dass ein Großteil der gegenwärtig bestehenden Herausforderungen durch die zugrundeliegende Systemlandschaft determiniert wird. (vgl. Lenders u.a. 2007)

5. Industrielle Herausforderungen und Trends

In vielen Planungsbereichen produzierender Großunternehmen hat sich die Digitale Fabrik bereits etabliert. Der Nutzen der verwendeten Werkzeuge und Methoden zeigt sich dabei vor allem in einer Steigerung der Planungsqualität. Zudem konnten erhebliche Einsparpotenziale durch die Senkung von Investitions-, Änderungs- und Herstellkosten erzielt werden. Eine konsequentere Erweiterung der Digitalen Fabrik in die vor- und nachgelagerten Prozesse des Produktentstehungsprozess ist jedoch notwendig. Die Integration in ein PLM-Konzept (Daten und Organisation) ist verbesserungswürdig. (vgl. Mantwill 2009)

Gerade Automobilindustrie besitzt mit Bezug auf die Offenlegung künftiger Herausforderungen und Trends in der Entwicklung der Digitalen Fabrik Beispielcharakter. Sie hat die Digitale Fabrik bisher über das Aufdecken neuer Handlungsbedarfe, wie etwa bei der Entwicklung von Softwaresystemen, stets maßgeblich und zukunftsweisend geprägt. Künftige Herausforderungen für z.B. OEMs, Zulieferer, Anlagenausrüster und Entwicklungsdienstleister sind u.a. in der Standardisierung eines geregelten Workflowmanagements für die Digitale Fabrik zu sehen, wofür insbesondere Änderungen in den Planungsprozessen und in der Unternehmensorganisation notwendig sind, die sich aus dem Einsatz digitaler Methoden und Werkzeuge ergeben.

Um weitere Nutzeneffekte ausschöpfen zu können gilt es insbesondere vor allem die Systemintegration, die Entwicklung von Benutzerschnittstellen und die damit verbundene durchgehende und integrierte Verwendung von Planungsdaten voranzutreiben. Die Digitale Fabrik erfordert hierbei ein langfristiges Durchdenken der Prozesse und Strukturen im Unternehmen und geht daher über die reine Einführung von IT-Werkzeugen weit hinaus. Die Mitarbeiter spielen eine Schlüsselrolle in diesem Konzept, da die damit verbundenen aufbau-, ablauf- und arbeitsorganisatorischen Veränderungen nur erfolgreich gemeistert werden können, wenn sie von möglichst vielen überzeugt angenommen und intensiv gelebt werden. Zusätzlich wird es für die Anwender der Digitalen Fabrik notwendig sein weitgreifende vernetzte unternehmensinterne und unternehmensexterne Kooperationen anzustreben. Die Zielsetzung, Wettbewerbsvorteile im Alleingang zu generieren und zu sichern, ist mit der Gefahr verbunden, isoliert zu werden, da zu viele Softwarelösungen entwickelt werden müssen, die auch individuell zu pflegen sind und langfristig zusätzlich die Ankopplung von z.B. Entwicklungspartnern, Zulieferern und Dienstleistern entscheidend erschweren. (vgl. Bracht u.a. 2005) Der Gedanke des Simultaneous Engineering muss somit künftig über die gesamte Wertschöpfungskette deutlicher verfolgt werden, was wiederum impliziert, dass hierfür aufgrund der notwendigen Zusammenarbeit an verteilten

Unternehmensstandorten (oder mit externen Partnern) technische und organisatorische Lösungsansätze aufzubauen sind. (vgl. Schack 2008)

Während die Digitale Fabrik bislang hauptsächlich planungsbegleitend bis zum Start of Production (SOP) zum Einsatz kommt, kommt der Rückführung von realen Betriebsdaten aus (Betriebsdatenerfassung) BDE- und (Manufacturing Execution Systems) MES-Systemen in die Produktionsplanung immer höhere Bedeutung zu. Ein weiterer Trend kann insofern darin gesehen werden, dass die Modelle der Digitalen Fabrik künftig auch als Planungs- und Änderungsgrundlage für die reale Produktion dienen. Änderungen und Integrationen an Fertigungsanlagen, die sich in einer laufenden Produktion befinden, werden dann am virtuellen Modell vorgenommen. Änderungen an der Realanlage erfolgen somit erst, nachdem die Funktion am virtuellen Modell nachgewiesen wurde, was wiederum u.a. zur Verkürzung der Stillstandszeiten an der realen Anlage führt. Es wurden bereits erste Lösungsansätze erarbeitet, welche z.B. eine automatisierte, dynamische Aktualisierung von Modellen der Simulation für produktionslogistische Fragestellungen ermöglichen. (vgl. Zäh u.a. 2006) In diesem Zusammenhang kann festgehalten werden, dass künftig Planungssysteme und IT-Systeme des operativen Betriebs zusammenwachsen werden.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass eine künftige (industrietriebene) Reifegraderhöhungen der Digitalen Fabrik durch die Integration und Abbildung von Planungswissen in digitalen Werkzeugen – im Sinne von wissensorientierten Systemen – und insbesondere durch die flächendeckende Nutzung der Digitalen Fabrik erreicht werden kann. Nach derzeitiger Einschätzung ist damit erst ab dem Jahr 2015 zu rechnen, da heute der Aufwand zur effektiven Nutzung der Digitalen Fabrik speziell für Großunternehmen allgemein noch sehr hoch ist. (vgl. Schack 2008). Spezielle Lösungsansätze und Konzepte für KMU fehlen in der Regel noch, obwohl auch hier bereits positive Erfahrungen durch den Einsatz von Werkzeugen der Digitalen Fabrik gesammelt wurden und erste Lösungen angeboten werden.

6. Ausblick

Aufgrund der Spezialisierung unterschiedlicher Werkzeuge unterliegen Modelle der Digitalen Fabrik häufig engen Einschränkungen, wie einem realitätsfernen „Look and Feel“ oder bieten nur sehr begrenzte Interaktionsmöglichkeiten. Ein Qualitätssprung kann hier nur erreicht werden, wenn das künftige Produkt in allen physischen, funktionellen und organisatorischen Merkmalen vollständig beschreibbar ist und seine Eigenschaften über den kompletten Fabriklebenszyklus – in Verbindung mit Prozess und Ressource – interaktiv verifiziert werden können. Insbesondere die Koppelung der verschiedenen einzelnen verteilten Systeme der Digitalen Fabrik und deren gegenseitige Beeinflussung (Interoperabilität) bei Änderung von Parametern verschließt sich den Anwendern bis heute. Beispielsweise ist es noch nicht realisierbar, gemeinsam mit einem Außer-Haus-Techniker das Modell einer Fabrik zu analysieren, sich von einem Zulieferer das virtuelle Modell eines Ersatzteils schicken zu lassen, in die Gesamtanlage einzufügen, seine Festigkeit, Materialermüdung und Schwingungsverhalten beim Betrieb der Anlage zu simulieren sowie simulierte Testläufe der Gesamtanlage bei Veränderung von einzelnen Parametern durchzuführen. Noch gibt es zwischen den verschiedenen Einzelsystemen als auch durch die menschliche Interaktion eine „Interoperabilitätslücke“. (vgl. Schenk und Schumann 2009)

Die heutige Situation beim Einsatz von Werkzeugen der Digitalen Fabrik ist zudem von einer Vielzahl spezialisierter Softwareanwendungen geprägt, die jedoch lediglich planungsunterstützende Funktionen einnehmen. In jedem System müssen Informationen sicher verwaltet, benutzergerecht aufbereitet und vielfältig zwischen einzelnen Prozessstufen übertragen bzw. konvertiert werden. Eine einfache Verknüpfung unterschiedlicher

Softwarewerkzeuge, scheitert allerdings nach heutigem Stand nicht nur an einer immensen Modellkomplexität, sondern vor allem an fehlenden Schnittstellen. Verschärfend kommt hinzu, dass durch konventionelle Vorgehensweisen nur ca. 20 – 30 % aller Funktionen und Prozesse in einer Fabrik, bestehend aus Maschinen und Anlagen, beschreibbar sind. Die Restlichen sind derzeit nicht über formale Modelle abbildbar und machen den Einsatz von gemischten (Mixed Reality) Wirklichkeiten als eine Entwicklungs-, Test- und Experimentierumgebung notwendig. Eine zentrale Anforderung an virtuelle Modelle für den Einsatz im Rahmen der Digitalen Fabrik lässt sich daraus wie folgt ableiten:

- Eine neue Qualität für die Einbeziehung des Menschen entsteht durch interaktionsfähige, intuitiv erfassbare Modelle erweiterter Mixed-Reality-Szenarien mit integrierten Prozeß-Prozeß, Mensch-Prozeß und Mensch-Mensch Interaktionen. Die Schaffung derartiger Arbeitssysteme erfordert Beschreibungsformen und Methoden für die Einbeziehung nicht formalisierbarer Prozesse und Abhängigkeiten.

Eine schematische und beispielhafte Darstellung eines Mixed Reality Szenarios ist in Abbildung 3 dargestellt.

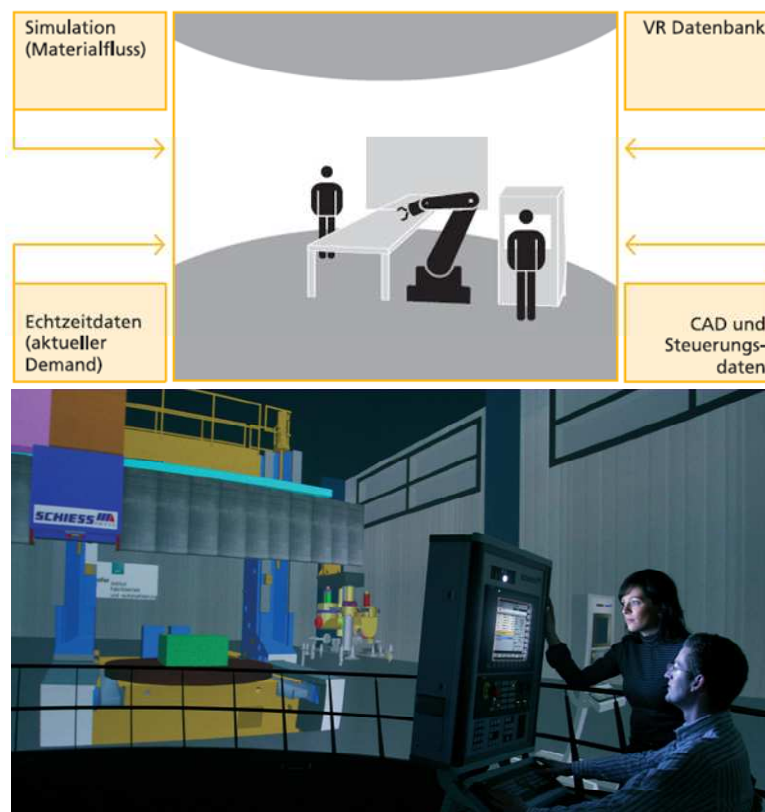


Abb. 3: Schematische und beispielhafte Darstellung eines Mixed Reality Szenarios
 Mit dem Virtual Development and Training Centre (VDTC) der Fraunhofer-Gesellschaft ist eine weltweit einmalige Forschungsinfrastruktur aufgebaut worden, die es im 360°-Grad Labor erlaubt, Mixed-Reality-Umgebungen in einzigartiger Form und Ausprägung zu erzeugen. Durch die bidirektionale Kopplung realer physischer Anlagenkomponenten (beispielsweise einer Maschinensteuerung wie in der Abbildung 3 gezeigt) mit virtuellen Modellen der Anlage werden Entwicklungs- und Testumgebungen geschaffen, die die Effizienz der Engineeringprozesse wesentlich verbessern als auch die Interaktionsformen mit den realen Arbeitsmitteln (z.B. Werkzeugen oder Bedienkonsolen) entwickeln, welche für die Akzeptanz notwendig sind. Reale Arbeitsplätze können so mit virtuellen Anlagenkomponenten kombiniert werden. Im Testen der Wechselwirkung zwischen realer und virtueller

Welt ist eine Optimierung der Anlage sowie der Mensch-Maschine-Kommunikation möglich.

Zentrale Herausforderung ist es künftig, heterogene, reale und virtuelle Systeme interoperabel zu koppeln und damit verteiltes, kooperatives Arbeiten zu ermöglichen. Diese Vereinigung von Modellen und die Verknüpfung von vorhandenen Werkzeugen sind dabei aber mehr als ein zu lösendes Schnittstellenproblem der Datenverarbeitung. Tatsächlich gilt es, u. a. folgende grundsätzliche Fragestellungen zu beantworten:

- Wie kann die für eine Kopplung erforderliche semantische Übereinstimmung der Modelldaten beschrieben und automatisiert überprüft werden?
- Wie können Simulationsmodelle auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen ineinander überführt werden?
- Wie kann die Herausforderung nach hoher Parallelität der Modelle bei gleichzeitiger verteilter Interaktion mit menschlichen Benutzern gelöst werden?
- Wie können Modelle mit verschiedenen Zeitfortschrittsmechanismen miteinander korrekt interagieren?
- Wie müssen Prozesse neu organisiert werden, damit Erkenntnisse aus frühen Validierungsphasen virtueller Modelle berücksichtigt werden können?

Derartige Fragestellungen und der Aufbau solcher interoperablen Umgebungen können nur in einem interdisziplinären Team mit ausgewiesener Expertise in den Bereichen Virtual Engineering, Simulation und Virtual Reality gelöst werden.

„Bevor die Vision einer vollständig integrierten virtuell-realen Produktions- und Informationslandschaft Wirklichkeit werden kann, muss aber noch die so genannte „mechatronische Herausforderung“ bewältigt werden: Es gilt, die mechanischen und physikalischen Daten von Objekten mit ihren elektrischen und ihren Software-Funktionen zu kombinieren – in dynamischen, in Echtzeit arbeitenden, virtuellen Prototypen. „Dazu muss es gelingen, Maschinenbau, Elektrotechnik und Software-Engineering, die sich als eigenständige Disziplinen, jede mit eigenen Werkzeugen,

entwickelt haben, miteinander zu vereinen“, betont Dr. Bernhard Nottbeck, Leiter der Abteilung Produktionsprozesse bei Siemens Corporate Technology.“ (vgl. Nottbeck 2007)

Die Kombination der genannten Disziplinen „...hat das Potenzial, sich künftig zu einer eigenen Wissenschaft – dem Digital Engineering oder Digeengineering – zu entwickeln.“ (Schenk und Schumann 2009) Das besondere dieser Disziplin liegt in der engen Verknüpfung von Informatik und Ingenieurwissenschaften. Die Ingenieurwissenschaft generiert domänenspezifisches Wissen zur Abbildung digitaler Modelle und liefert damit zugleich die Anforderungen und Ausprägungen an die Interoperabilität, d.h. für die Schaffung der technischen Voraussetzungen durch die Informatik.

7. Literaturverzeichnis

Abramovici, M.; Fathi, M.; Holland, A.; Neubach, M. (2008) PLM-basiertes Integrationskonzept für die Rückführung von Produktnutzungsinformationen in die Produktentwicklung. wt-Werkstattstechnik online, Jg. 98, H. 7/8, S. 561-567.

Bey, I. (1990) CIM-Fachmann, Hrsg., Springer, Berlin u.a.

Bierschenk, S.; Kuhlmann, T.; Ritter, A. (2005) Stand der Digitalen Fabrik bei kleinen und mittelständischen Unternehmen. Fraunhofer IRB, Stuttgart

Bracht, U.; Eckert, C.; Masurat, T. (2005) Ein umfassender Ansatz für Planung und Betrieb – Ursprünge und Visionen der Digitalen Fabrik. Intelligenter produzieren 1, VDMA-Verlag, S. 8-10.

- Bracht, U.; Reichert, J. (2008) Digitale Fabrik – Stand und neue Entwicklungen, 5. Euroforum Digitale Fabrik, Ingolstadt.
- Eckert, C. (2006) Weiterentwicklung und Nutzung von VR-gestützten Fabrikplanungswerkzeugen für KMU. Shaker, Aachen.
- Eißrich, R. (2005) Die vernetzte und integrierte Planung durch die Digitale Fabrik. Intelligenter produzieren 1, VDMA-Verlag, S. 4-6.
- Fedrowitz, C. H. (2009) Product Life Cycle Management: Die Digitale Fabrik als Chance zur Reduzierung der Komplexität, 5. Euroforum Digitale Fabrik, Ingolstadt.
- Franke, C. (2003) Feature-basierte Prozesskettenplanung in der Montage als Basis für die Integration von Simulationswerkzeugen in der Digitalen Fabrik. Dissertation Universität Saarbrücken, Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Computer Aided Manufacturing LFT, Band 28. Saarbrücken.
- Gottschalk, E.; Wirth, S. (1989) Bausteine der rechnerintegrierten Produktion, Technik, Berlin.
- Keijzer, W.; Kreimeyer, M.; Schack, R.; Lindemann, U.; Zäh, M.F. (2006) Vernetzungsstrukturen in der Digitalen Fabrik – Status, Trends und Empfehlungen, 1. Auflage, Dr. Hut-Verlag, München.
- Lenders, M.; Müller, J.; Schuh, G. (2007) PLM mit Modellcharakter. CADplus Business und Engineering 6, S. 32-35.
- Nottbeck, B. (2007) Pictures of the Future, Ausgabe Herbst 2007, S.14.
- Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhausen, J.; Grote, K.-H. (2005) Konstruktionslehre, 6.Auflage, Springer, Berlin u.a.
- Schenk, M.; Schumann, M. (2009) Interoperable Testumgebung für verteilte domänenübergreifende Anwendungen, Beitrag zum 21. HAB-Forschungsseminar: Technologiegetriebene Veränderungen der Arbeitswelt, Bremen
- Schenk, M.; Wirth, S. (2004) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb – Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik, Springer, Berlin u.a.
- Schlögl, W. (2009) Digitale Fabrik 2.0 – Arbeiten in der Digitalen Fabrik wie an der realen Anlage.5. Internationaler Fachkongress Digitale Fabrik, München.
- Schuh, G.; Klocke, F.; Straube, A.M.; Ripp, S.; Hollreiser, J. (2002) Integration als Grundlage der digitalen Fabrikplanung. VDI-Z 144-11/12, S. 48-51.
- VDI-Richtlinie (2008) Digitale Fabrik – Grundlagen, Blatt 1, Verein Deutscher Ingenieure-Verlag, Düsseldorf.
- Zäh, M.F.; Lau, C.; Gyger, T. (2006) Dynamische Abläufe in der Produktionssteuerung. wt-Werkstattstechnik online, Jg. 98, H.6, S. 308-314.

Fördermöglichkeiten für Forschungsvorhaben

Referent: Carsten Krauß, Wirtschaftsförderung Zwickau

Forschung und Entwicklung sind zusammen mit neuesten Produktionsverfahren die Grundlage für neue technologische Entwicklungen für morgen. Die Forschungsförderung hat zum Ziel, die Entwicklung neuer Ideen und Technologien zu finanzieren. Fördergelder gibt es für Vorhaben in einem breiten Forschungsspektrum und aus vielzähligen nationalen und europäischen Quellen. Thematisch reicht die Forschungsförderung von der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung bis zur angewandten Forschung u.a. zu neuen Technologien, umweltgerechter nachhaltiger Entwicklung, modernen Informations- und Kommunikationstechnologien oder auch dem Technologietransfer. Darüber hinaus gibt es jedoch auch eine Reihe von Querschnittsmaßnahmen, die themenübergreifend aufgebaut sind.

Maßgeblich für die Rahmenbedingungen der Forschungsförderung sind Regelungen, die EU-weit einheitlich gelten. Geregelt sind darin unter anderem Definitionen für Forschungseinrichtungen und Unternehmen, die Frage, was die Maßstäbe für kleine und mittelgroße Unternehmen sind, oder welches Verhältnis zulässig ist zwischen Fördermitteln und Eigenmitteln bei geförderten Unternehmen.

Die Entscheidung für oder gegen eine Förderung beruht immer auf der Klärung unter anderem dieser Fragen:

Innovationsgrad: Wie innovativ ist ein Vorhaben aus wissenschaftlicher oder technischer Sicht?

Verwertung: Wie sind die Erfolgsaussichten zu bewerten, gibt es bei technologischen Entwicklungen ein Verwertungskonzept?

Vermeidung von Doppelförderung: Wird oder wurde die Idee des Vorhabens bereits gefördert?

Wer fördert was und wie, wo sind Anträge zu stellen - das sind die wichtigen Fragen zur Forschungsförderung. Welche Förderlinien es gibt, welche Ausschreibungen laufen und wo es Informationen zu jedem Förderbereich gibt, dazu soll in dem Vortrag ein Überblick gegeben werden.

Einige wichtige Informationsquellen zur Forschungsförderung sind im Folgenden dargestellt:

- Forschungsförderung der Europäischen Kommission
<http://ec.europa.eu/research>
<http://www.eubuero.de>
- 7. Forschungsrahmenprogramm der EU
http://cordis.europa.eu/home_de.html
- CIP - Rahmenprogramm für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation der EU
http://ec.europa.eu/enterprise/index_de.htm
- Förderbereiche des BMWi
<http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Technologie-und-Innovation/Technologiepolitik/foerderbereiche.html>
- Forschungsprogramme des BMBF
<http://www.bmbf.de/foerderungen/677.php>
<http://www.bmbf.de/de/1398.php>
- Förderprogramme der KfW
http://www.kfw.de/DE/Home/Service/Foerderprogramme_auf_einen_Blick/Foerderungangebot_fuer_gewerbliche_Unternehmen.jsp

- Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)
<http://www.zim-bmwi.de/>
- Förderprogramm INNO-KOM-Ost
<http://www.fue-foerderung.de>
- Förderprogramm Innovationsmanagement
<http://www.fue-foerderung.de/>
- Programm für Existenzgründungen aus der Wissenschaft (EXIST)
<http://www.exist.de/>
- für weitere Programm siehe www.foerderdatenbank.de

Tecnomatix – Digitale Fabrik von Siemens PLM Software



SIEMENS

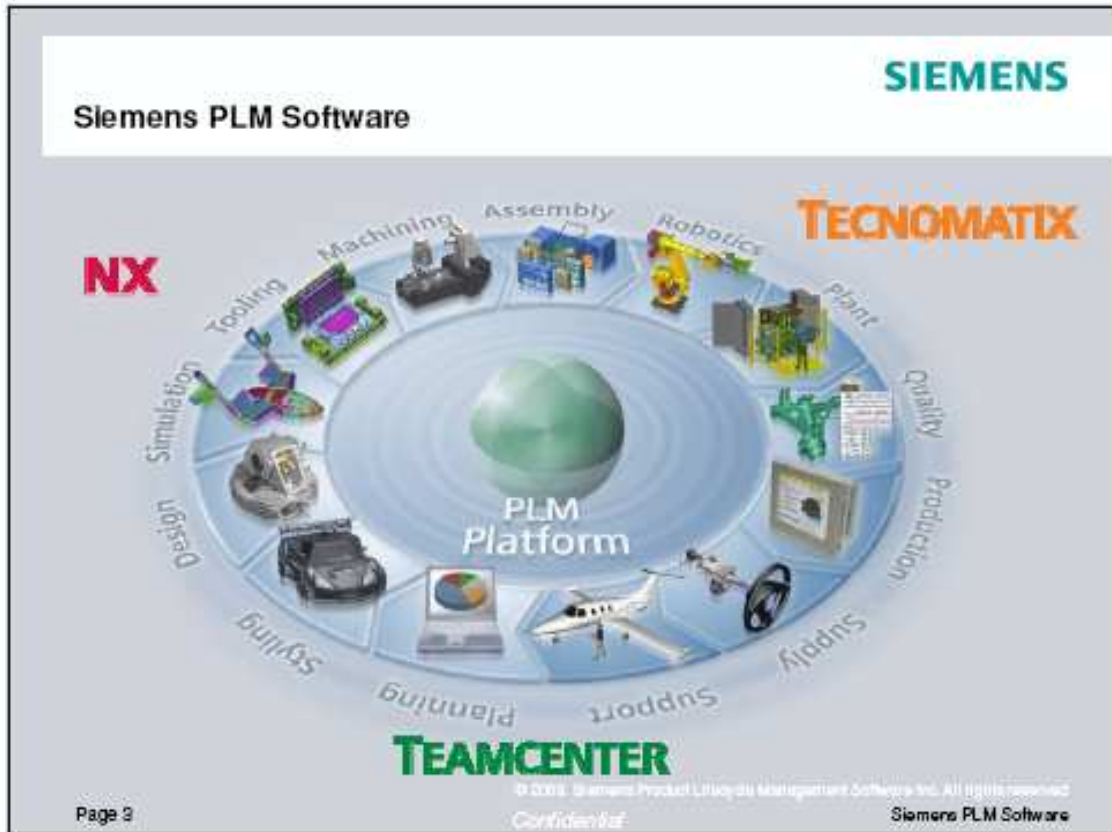
Agenda

- Introduktion Digitale Fabrik
- Tecnomatix Version 9
- Zusammenfassung

TECNOMATIX

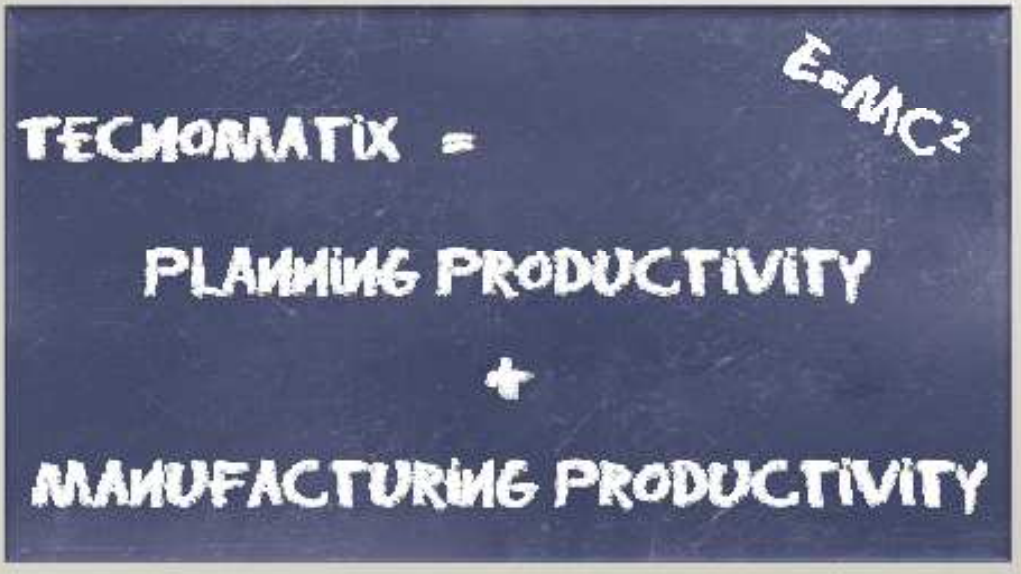
© 2016, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Confidential Siemens PLM Software

Page 2



SIEMENS

Tecnomatix 9 auf eine einfache Formel gebracht:



TECNOMATIX =
PLANNING PRODUCTIVITY
+
MANUFACTURING PRODUCTIVITY

© 2014 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

Page 5

SIEMENS

**Tecnomatix 9
Drives Productivity**



Planning Productivity

- Integrated Platform for Manufacturing Planning
- Don't Lose, Re-Use
- Mastering Complexity
- Automate Planning Tasks
- Connect Planning to Production



Manufacturing Productivity

- Program Automation Digitally
- Commission Manufacturing Lines Digitally
- Optimize Manual Work Processes
- Optimize Layout and Space Consumption
- Detect Bottlenecks and Optimize Material Flow



© 2014 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

Page 6

5 Wege wie Tecnomatix 9 die Produktivität in der Planung steigert





1
Integrated Platform
for
Manufacturing Planning



2
Don't Lose, Re-Use



3
Mastering Complexity



4
Automate Planning Tasks



5
Connect Planning to Production

Page 7

© 2009, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

Integrierte Planungsumgebung EBOM/MBOM Workflow



Workflow

- Von der Engineering BOM (Konstruktionsstückliste) zur Manufacturing BOM (Fertigungsstückliste)
- Änderungsmanagement

Was ist neu?

- Verbesserter Workflow (Performance, Change Reports)

Kundennutzen

- Enge Zusammenarbeit zwischen Konstruktion und Planung
- Änderungsmanagement



Page 8

© 2009, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

Integrierte Planungsumgebung Zeitmanagement

Workflow


- Zeitstudien
- Analyse der Ausführzeiten auf beliebigem Prozesslevel
- Analyse wertschöpfender und nicht wertschöpfender Anteile


Was ist neu?

- Neues Modul in Tecnomatix 9/
Teamcenter Manufacturing 8

Kundennutzen

- Kernfunktion bei der Montageplanung
- Reduzierung nicht wertschöpfender Tätigkeiten





Page 9

© 2008 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

Komplexität beherrschen „In Process Assembly“ Funktion

Workflow


- Ermittelt Montagefortschritt in einer spezifischen Station

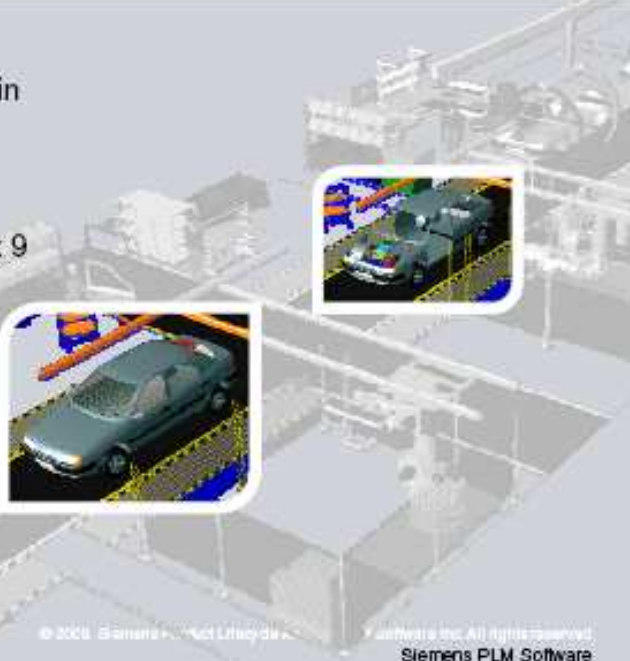
Was ist neu?

- Neues Modul in Tecnomatix 9

Kundennutzen

- Transparenz bezgl. der Montagereihenfolge
- Vereinfacht Machbarkeits- und Einbauuntersuchungen






Page 10

© 2008 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

Automatisierung von Planungstätigkeiten Smart Assembly/Disassembly



Workflow


- Automatische Ermittlung einer kollisionsfreien Montage-reihenfolge

Was ist neu?

- Neues Modul in Tecnomatix 9

Kundennutzen


- Schnelle Erzeugung und Vergleich unterschiedlicher Montagereihenfolgen
- Zeiteinsparungen in Planung und Dokumentation



Page 11

© 2009, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved
Siemens PLM Software

Automatisierung von Planungstätigkeiten Jack: Task Simulation Builder



Workflow

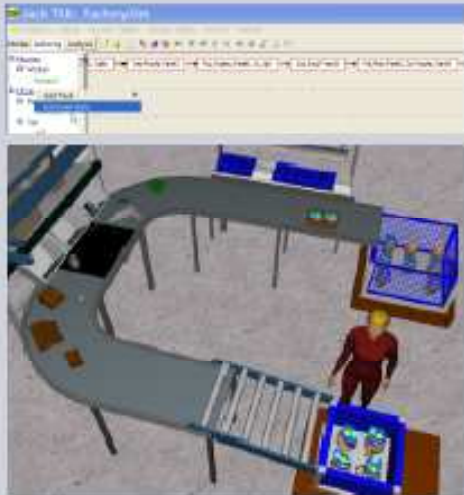
- Erstellung von Menschensimulationen durch „abstrakte Aufgabenbeschreibung“

Was ist neu?

- Neues Modul in Tecnomatix 9

Kundennutzen

- Erheblich verringerter Aufwand für Ergonomiestudien
- Breiterer Einsatz von Ergonomiesimulation



Page 12

© 2009, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved
Siemens PLM Software

Connect Planning to Production

Dimensional Planning & Validation (DPV)



Workflow

- Erfassung von Qualitätsdaten der Produktion; Speicherung in Teamcenter
- Datenanalyse in der Planung
- Optimierung von Produkt und Prozess

Was ist neu?

- Neues Modul in Tecnomatix 9

Kundennutzen

- Breite Verfügbarkeit von Q-Information
- Einfache Ursachenanalyse
- Optimierte Produkte und Prozesse durch Rückkopplung von Q-Daten




Page 13

© 2006 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

Tecnomatix 9 Drives Planning Productivity

Zusammenfassung Kundennutzen



- *Höhere Produktivität in der Planung* (bis zu 40% schnellere Planung) durch
 - Verringerter Aufwand für Suche nach Daten, Schnittstellenprobleme etc.
 - Wiederverwendung von Informationen
 - Automatisierung komplexer Planungstätigkeiten
 - Hilfsmittel zur Beherrschung der Komplexität
- Hohe Planungsqualität – *„Do it right first time at lowest cost.“* durch
 - Validierung von Planungsergebnissen in der Simulation
 - Wiederverwendung von Best Practice Prozessen
 - Standardisierung

Page 14

© 2006 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

5 Wege wie Tecnomatix 9 die Produktivität in der Produktion steigert

6

Plan and Program Your Automation Digitally

7

Commission Your Lines Digitally

8

Optimize Manual Work Processes

9

Optimize Layout and Space Consumption

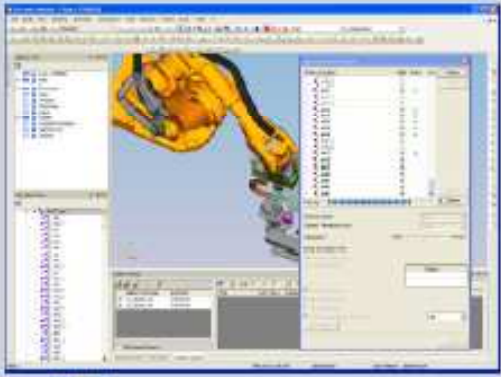
10


Detect Bottlenecks and Optimize Material Flow

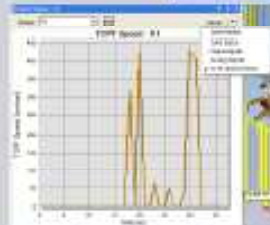
© 2012 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved. Siemens PLM Software

Planung und Programmierung von Roboterlinien Neu in Tecnomatix 9...

- Automatische Bahnplanung
 - ⇒ Kollisionsfreie, optimierte Verfahrswege
 - ⇒ Erhebliche Zeiteinsparung bei der Planung
- Unterstützung kontinuierlicher Prozesse
 - ⇒ Bahnschweißen, Laserschneiden, ...
 - ⇒ Anwendungen außerhalb der Automobilind.
- Weld Distribution Center (WDC)







© 2012 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved. Siemens PLM Software

Virtuelle Inbetriebnahme



Workflow

- Test realer (or emulierter) SPS Steuerungsprogramme mit einer virtuellen Zelle

Was ist neu?

- Robotersimulation und Virtuelle Inbetriebnahme in EINER Umgebung
- „Standard Logic Blocks“
- OPC Schnittstelle in Plant Simulation

Kundennutzen


- Bis zu 80% kürzere Inbetriebnahmezeiten
- Anwendungsfälle auch außerhalb der Automobilindustrie




Page 17

© 2008, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

Optimierung manueller Tätigkeiten Jack: Neues Menschmodell



Workflow


- Jack Menschmodell für Machbarkeits- und Ergonomiestudien

Was ist neu?

- Neues Menschmodell
- "Deformierbare Oberfläche" (Hautmodell)
- Genaueres Handmodell

Kundennutzen

- Bessere Akzeptanz der Simulationsergebnisse
- Höhere Genauigkeit bei Zugänglichkeitsuntersuchungen




Page 18

© 2008, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

Tecnomatix 9 Drives Manufacturing Productivity
Zusammenfassung Kundennutzen



Erhebliche Produktivitätsgewinne:

- Produktivere Roboterlinien
- Bis zu 80% geringere Inbetriebnahmezeiten
- Optimierung manueller Tätigkeiten
- Vermeidung von Ergonomieproblemen
- 50% effizientere Layoutplanung
- 15-20% Produktivitätssteigerung durch Ablaufsimulation
- Reduzierung von Beständen und Durchlaufzeiten um bis zu 70%

Tecnomatix 9
 Drives Productivity



Zusammenfassung

Tecnomatix 9 Drives

- Planning Productivity +
- Manufacturing Productivity

Viele Neuerungen bei

- Montageplanung in Teamcenter Manufacturing
- Automatisierung von Planungstätigkeiten
- Planung, Simulation und Inbetriebnahme von Roboterlinien





Weitere Informationen ...

- Tecnomatix Launch Seiten online seit 23.06.:
www.siemens.com/tecnomatix
- Launch relevante Informationen:
 - Interview mit Ziyon Amram (Entwicklungsleiter Tecnomatix)
 - Aberdeen Report zu Digital Manufacturing und Produktivität
 - Neue Case Studies von Kunden
 - ‚What's new + cool‘ für alle Bereiche des Tecnomatix Portfolios
 - Weiteres Informationsmaterial dazu, wie Tecnomatix die Produktivität in Planung und Produktion verbessert.







Page 21

© 2009 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.
Siemens PLM Software

... weiter geht's

Tecnomatix
Magnus Edholm

Innovationsforum "Digitale Fabrik" –
Westfälische Hochschule Zwickau
Answers for industry.



Die Digitalisierung der Fabrik mittels Laserscanning - ein effizienter Weg von der physischen Fabrik zum 3D-Modell

Andreas Neumann
eta AG engineering
Schäferestraße 24
D-03130 Spremberg
0355/28924-258
aneumann@eta-ag.com

1. Einführung

In den VDI Richtlinien wird die „Digitale Fabrik“ als Netzwerk von Methoden und Modellen zur Simulation und 3D-Visualisierung beschrieben. Der Wirkungsbereich ist in der Produktionsplanungsphase angesiedelt. Grundlage, um die Werkzeuge der digitalen Fabrik in einer bestehenden Fertigung einsetzen zu können, ist die Erfassung möglichst vieler Produkt- und Produktionsdaten. Dazu zählen die Daten aus der Logistik und Produktionsvorbereitung, Entwicklungs- und Konstruktionsdaten, Anlagendaten, kaufmännische und Personaldaten.

Eine Vielzahl der Daten stehen meist schnell zur Verfügung, Maschinendaten werden von den Anlagen geliefert, Betriebsdaten liegen im MES-System oder werden in Datenbanken gehalten. Häufig genügen das Sammeln, Konvertieren und das Konsolidieren der Daten in einer zentralen Datenbank, um diese für digitale Werkzeuge verfügbar zu machen.

Anders verhält es sich bei Bau- und Konstruktionsunterlagen der Infrastruktur und Anlagen. Häufig sind die Fabrikhallen älter als das Inventar; Pläne, sofern überhaupt, nur auf Papier verfügbar. Nicht selten wurden in der Vergangenheit Umbauten vorgenommen und unzureichend dokumentiert, vorhandene Anlagen und Arbeitsmittel wurden entfernt oder es sind weitere hinzugekommen. Unterlagen der Anlagenhersteller sind schwer zu bekommen, so dass selbst für neue Anlagen keine ausreichenden Daten zur Verfügung stehen können.

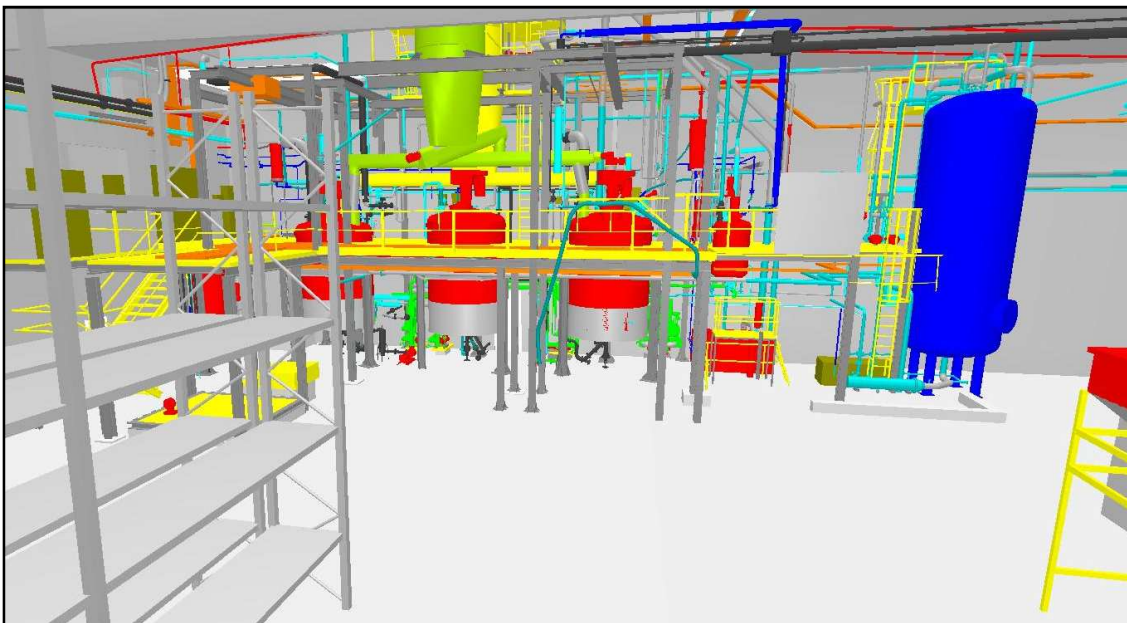


Bild1: 3D-Modell einer Fabrikhalle, modelliert aus Laserscandaten

Einer der Schwerpunkte der Digitalen Fabrik ist die Fabrikplanung und Visualisierung. Man möchte Fabrikplanungstools einsetzen und ist auf digital verfügbare Unterlagen angewiesen, am besten gleich in 3D-Darstellung.

Das Problem ist nicht unbedingt an diese zu kommen, nur was ist der effizienteste Weg? Herkömmlicher Weise wird man die vorhandenen 2D Zeichnungen in 3D CAD-Tools nachmodellieren und fehlende Werte aufwändig nachträglich per Hand aufmessen. Ein Abgleich der Bestandsunterlagen ist auch sehr zeitaufwändig, so dass man sich auf die Zeichnungen und Dokumentationen der Änderungen verlassen muss. Neuerdings drängt eine neue Methode der 3D Bestandsdokumentation auf den Markt:

2. terrestrisches 3D-Laserscanning

Das terrestrische 3D Laserscannen ist ein berührungsloses Messverfahren, bei welchem die Oberflächengeometrie mittels Laserstrahlen abgetastet wird. Damit ist es möglich den Ist-Zustand der gesamten Fabrik oder auch einzelner Anlagenteile schnell zu erfassen und zu digitalisieren.

Im konkreten Fall werden Laserscanner der Firma Rieggl genutzt, welche auf einem Vermesserstativ montiert sind. Der Scanner liefert ein detailliertes Rundumbild seiner Umgebung (360° horizontal bis zu 100° vertikal). Der Erfassungsbereich hat einen Radius von bis zu 800m. Eine komplette Erfassung enthält bis zu zwei Millionen Punkte. Durch Neigung des Scanners bis zu 90° kann auch eine vertikale Rundumerfassung erfolgen. Die durch Impulslaufzeitmessung erfasste Umgebung stellt sich im ersten Schritt als Intensitäts-Punktwolke dar.



Bild 2: Rieggl Laserscanner LMS 420i und LMS VZ-400

Um diese Punktwolken mit Farbinformationen zu versehen ist zusätzlich eine digitale Spiegelreflexkamera installiert. Mit dieser werden hoch aufgelöste Digitalfotos erzeugt, welche später per Software zu einer Panoramaaufnahme zusammengefügt werden können. Die entstandene Punktwolke, kann mit den Informationen aus den Photos koloriert werden. Die RGB Daten der Fotos werden dabei auf die Einzelpunkte des Laserscans projiziert.

Sämtliche erfasste Punkte, sind mit xyz-Koordinaten und Intensität belegt. Um eine 3D Darstellung der Objekte zu erhalten und Abschattungen zu verhindern, werden mehrere Scans aus unterschiedlichen Positionen durchgeführt.

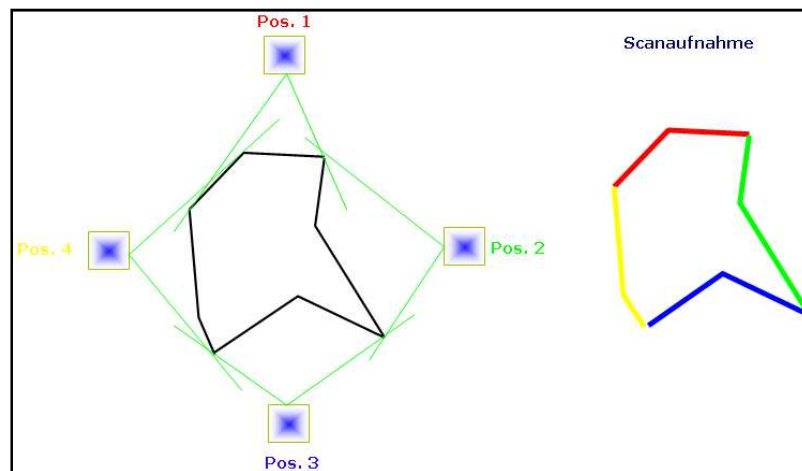


Bild 3: Funktionsprinzip 3D Vermessung mit mehreren Scanpositionen

Die erfassten Werte der Laserscans, Bilder der Digitalkamera und ggf. GPS Positionen werden mittels der Software registriert (verbunden). Dazu werden im Raum Orientierungspunkte, sogenannte Tie-Points angebracht. Diese flachen, runden oder kugelförmigen, reflektierenden Objekte werden von der Software separat erfasst.

Für die Umrechnung der lokalen Koordinaten in ein globales System, können die Laser-scanner mit einem GPS-Empfänger ausgestattet werden. Dieser ermittelt die Position des Scanners. Für eine noch exaktere Lokalisierung der Objekte werden einzelne Tie-Points mittels Tachymeter eingemessen und mit dem vorherrschenden Festpunktnetz abgeglichen. Die Software ist damit in der Lage die erfassten Werte aus dem Scannerkoordinatensystem in jedes beliebige Koordinatensystem, z.B. Werkskoordinatensystem umzurechnen.

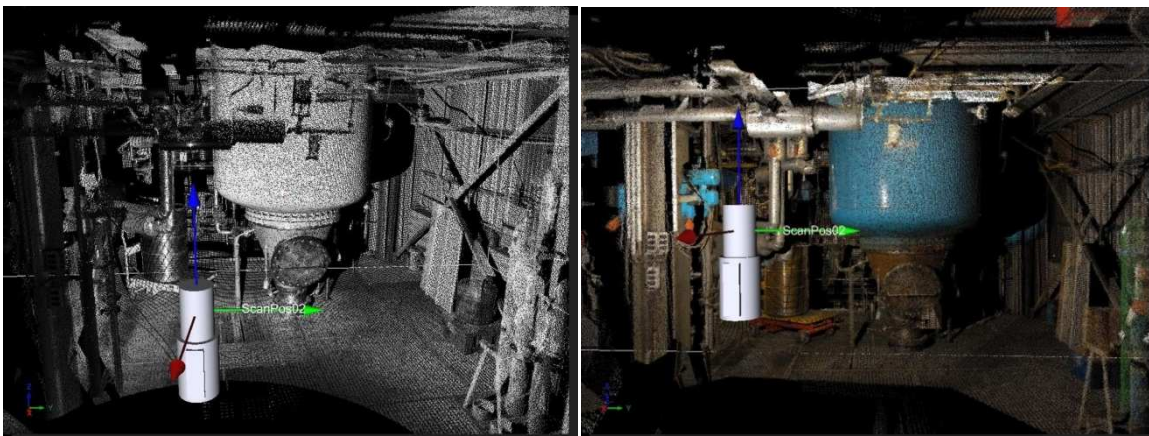


Bild 4: Punktwolke in Intensitäts- und fotokolorierter Darstellung

Es ist ohne weitere Bearbeitung möglich, sich in der Punktwolke 3-dimensional zu bewegen. Die Punkte können auch zu geschlossenen Oberflächen vermascht werden. Streckenmessungen, Volumenbestimmungen und Massenberechnungen sind sofort möglich. Für viele Anwendungen in der Bauüberwachung und der Architektur ist das schon ausreichend. Für den Einsatz der erfassten Daten in einer Planungssoftware ist ein weiterer Schritt notwendig.

3. 3D-Modell-Erstellung

In diesem nächsten Schritt werden die Punktwolken in ein 3D-CAD-Software wie Microstation oder AutoCAD überführt. Mittels geeigneter Zusatzanwendungen kann eine Kombination der Punktwolken und der Photos in der CAD-Software dargestellt werden. Damit ist es möglich Strukturen gut zu identifizieren. Nun erfolgt die Modellierung der Kanten und Flächen der einzelnen Objekte. Als äußerst hilfreich hat sich dabei die Kombination der Punktwolke mit den digitalen Photos erwiesen. Damit ist es möglich die Modellierung durchzuführen, ohne das Objekt konkret zu kennen.

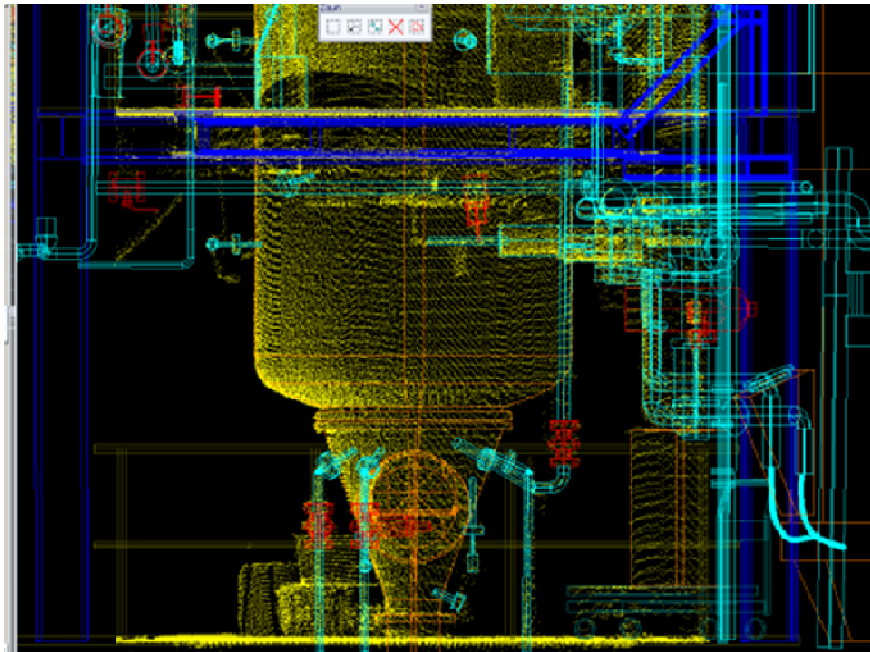


Bild 5: Darstellung Punktwolke und teilweise fertig gestelltes 3D Modell

Je nach Bedarf lassen sich nun einzelne Anlagen oder Anlagenteile, aber auch die gesamte Werkshalle als 3D CAD-Modell darstellen. Der Detaillierungsgrad ist durch die Laserscannaufnahme extrem hoch. Bei der Modellierung kann die Detaillierung je nach Einsatzzweck individuell angepasst werden. Häufig genügt es Stützkonstruktionen oder Gitter als soliden Körper oder Fläche darzustellen. An anderer Stelle, möglicherweise eine Engstelle, kann es notwendig sein Armaturen oder vorstehende Griffe zu modellieren um eine valide Kollisionsüberprüfung durchführen zu können.

4. Nutzen der Modelle

Einige Analysen, Auswertungen und Umplanungen können direkt in den CAD-Tools durchgeführt werden. Oft stehen den Planer auch diese Programme zur Verfügung. Für die Übernahme der Daten in Simulations- oder Planungssoftware bieten die CAD-Programme eine Vielzahl standardisierter Datenformate, wie dgn, dwg, dxf, iges, step aber auch vrmf bzw. X3D an.

In den Programmen zur Fabrikplanung (z.B. visTABLE, i-plant o.ä.) werden mit den Modellen je nach Einsatzzweck weitere Daten verknüpft.

Mit den nun erzeugten Modellen kann nun gearbeitet werden, nicht mehr benötigte Teile können entfernt werden, neue Strukturen werden hinzugefügt. Als Diskussionsgrundlage für das Projektteam können verschiedene Varianten erstellt und visualisiert werden.



Bild 6: Details eines Versorgungsleitungssystems

Durch die Vollständigkeit und Detailliertheit des Laserscans ist es möglich auch nach Abschluss der Umbaumaßnahmen den Baufortschritt nachzuvollziehen und auch nicht ausmodellerte Teile in die Betrachtung mit einzubeziehen.

5. Zusammenfassung

Der Einsatz von terrestrischen Laserscanning bietet eine Reihe Vorteile gegenüber der herkömmlichen Vermessung. Insbesondere dort, wo schwierige örtliche Bedingungen, enge Platzverhältnisse, große Bauwerksumfänge und vorhandene Infrastruktur einen hohen Zeit- und Kostenaufwand für die manuelle räumliche Erfassung bedingen würden, entstehen auf Grund des hohen Detaillierungsgrades, der Genauigkeit und Vollständigkeit in der Objekterfassung sowie die Optimierung des Zeitaufwandes signifikante Kostenvorteile gegenüber herkömmlichen Aufmassverfahren.

Die Vorteile der Methode liegen auf der Hand. Mittels Laserscanning lässt sich der IST-Zustand der Anlagen extrem schnell und detailliert aufnehmen ohne die Betriebsabläufe zu stören. Auch große und komplexe Strukturen werden vollständig erfasst. Die Punktwolken mit den Zusatzinformationen bieten Möglichkeiten der Messung und Darstellung noch an Ort und Stelle, während oder direkt nach der Aufnahme. Die Modellierung erfolgt mittels herkömmlicher CAD Software, was Interoperabilität und Kompatibilität der Daten und Formate gewährleistet. Die Planung kann mit den Werkzeugen der digitalen Fabrik (für Sicherheitsabstände, Durchflussmengenbestimmung, Abstände, Änderungen der Anordnungen, virtuellen Rundgang durch die Fabrik) oder mit herkömmlichen Methoden durchgeführt werden (für Kollisionsanalyse, Planung von Leitungen, Rohren und mechanischen Konstruktionen).



Bild 7: Bestandsaufnahme in einem HKW

Die Effizienz der Methode spiegelt sich bereits in der sofortigen Verfügbarkeit der Punktwolken ab. Die Zeit von der Erfassung bis zur Fertigstellung des Modells, die Möglichkeit der Detaillierung der Modelle vom einfachen Block bis zur originalgetreuen Darstellung mit geraderer Oberfläche sowie die Vollständigkeit und Detailliertheit zeigen die großen Vorteile beim Einsatz des terrestrischen Laserscanning.

6. über die eta AG engineering

Die eta AG engineering ist ein seit 1999 erfolgreich tätiges mittelständiges Ingenieurbüro mit den Geschäftsfeldern Anlagentechnik/Bau, Geoservice und Infrastruktur/Umwelt. Vertreten ist die eta in Brandenburg mit Niederlassungen in Cottbus, Spremberg, Eisenhüttenstadt und Sachsen mit Niederlassungen in Leipzig und Bautzen. Eine Spezialisierungsrichtung der eta AG engineering ist die Vermessung mittels Laserscanning, sowohl als airborne Laserscanning für Anwendungen mit größeren Flächen als auch die terrestrische Version für mittlere und kleine Objekte mit deutlich höherer Detaillierung. Viele erfolgreiche Projekte in Kraftwerken und großen Industrieanlagen aber auch im Ingenieur- und Bergbau zeugen von der Qualität der Arbeit, der partnerschaftlichen Zusammenarbeit und dem Vertrauen der Kunden der eta AG engineering.

„Ergonomienormen im digitalen Umfeld“

Prof.-Dr.-Ing. Torsten Merkel

Dipl.-Ing. Horst Böhmer

Westfälische Hochschule Zwickau

1. Problembeschreibung

Die Verwendung von Ergonomienormen stellt eine wichtige Voraussetzung für die nutzergerechte Gestaltung von Produkten, Anlagen und Arbeitsstätten dar. Wie in einer gemeinsam mit der Technischen Universität Dresden und der Kommission Arbeitsschutz und Normung durchgeführten Studie deutlich wird, nimmt der Anteil der Vermittlung arbeitswissenschaftlichen Wissens in den konstruktiv orientierten Studiengängen aber tendenziell ab.

Betrachtet man auf der anderen Seite den Entwicklungsprozess, so ist dieser in hohem Maße digitalisiert und konzentriert sich auf verschiedenste CA-Technologien. Damit entsteht die Konzentration der Arbeit auf das Arbeitsmittel Computer verbunden mit einer Verdichtung des gesamten Arbeitsprozesses. Für Phasen einer Recherche nach Ergonomienormen bleibt da kaum Zeit. Dies gilt für kleine und große Unternehmen gleichermaßen. Ein Teil der Anbieter von CA-Technologie hat auf diese Situation reagiert und integriert eine Reihe von arbeitswissenschaftlichen Hilfsmitteln in die jeweilige Entwicklungsumgebung.

Sieht man davon ab, dass insbesondere kleiner Unternehmen solche Zusatzmodule aus Kostengründen nicht einsetzen, führen mangelnde Ergonomiekennnisse und der Wandel im Arbeitsprozess zu einer unzureichenden Berücksichtigung menschengerechter Systemgestaltung im Entwurfsprozess in deren Folge qualitativ unzureichende Produkte entstehen.

2. Lösungsansätze

Lösungsansätze sind vielfältig und beginnen mit der Vermittlung ergonomischen Basiswissens in der Ausbildung. Entsprechend dem Schwerpunkt des Symposiums sollen ausschließlich digitale Lösungsmöglichkeiten für den Arbeitsprozess berücksichtigt werden. Im Folgenden werden drei Möglichkeiten vorgestellt.

- Online-Learning bzw. digitale Nachschlagewerke
- Einfache digitale Hilfsmittel (Einzelanwendungen bzw. integrative Lösungen)
- Niveaudifferenzierung digitaler Hilfsmittel.

Ein erster wichtiger Schritt besteht darin, das für einen ergonomischen Gestaltungsprozess notwendige Wissen in der unmittelbaren Arbeitsumgebung zur Verfügung zu stellen ist. Wie bei anderen Gestaltungsaufgaben auch, können gute Lösungen nur auf Grundlage einer klaren Zielvorstellung und eines methodischen Vorgehens entstehen. Ist das Ergonomiewissen nur rudimentär oder gar nicht vorhanden, bedarf es entsprechender Nachschlage- und Lernmöglichkeiten.

Neben zahlreichen Internetportalen, welche allgemeine Informationen zur Ergonomie am Arbeitsplatz aufbereiten, fehlte es bisher an einer auf die Anforderungen von Entwicklern, insbesondere Konstrukteuren, zugeschnittenen Aufbereitung von Ergonomiewissen. Seit Anfang 2009 wurde unter Initiative der Kommission Arbeitsschutz und Normung e.V. in St. Augustin durch das FTZ der Westfälischen Hochschule Zwickau, der Technische Universität Dresden und den beiden Berufsgenossenschaftlichen Instituten BGAG in Dresden und BIA in St. Augustin eine über das Internet verfügbare Lehrunterlage zur Verfügung gestellt in deren Mittelpunkt die Anwendung von Ergonomienormen im Entwicklungspro-

zess steht. Neben einem Basistest, welcher der Einordnung des eigenen Kenntnisstandes dient, werden schrittweise Methoden, Fakten und Fallbeispiele dargestellt. In einem sich an fortgeschrittene Nutzer wendenden Lernkonzept stehen mit der Plattform Integral II über den Server der RWTH Aachen weitere Lerninhalte zur Verfügung, welche den meisten Anwendern nicht bekannt sein dürften.

The screenshot shows the homepage of the online learning platform 'Ergonomie für Konstrukteure'. The header features the text 'BASISWISSEN' and the title 'Ergonomie für Konstrukteure'. Below the header is a navigation bar with links for 'Home', 'Sitemap', 'Impressum', and 'Suche'. The main content area is titled 'Ergonomie für Konstrukteure' and includes a section for 'Konstrukteure ...' with introductory text. A sidebar on the left contains a menu with 'ERGONOMIE FÜR KONSTRUKTEURE' (highlighted), 'Basistest', 'Das Projekt', 'Lehrmodule - Download', and 'Kontakt'. Below the menu is a 'Download Basiswissen-Lehrmodule' section with a login form (Login: [input], Passwort: [input], Anmelden button) and a link for 'Haben Sie kein Passwort? Registrierung mehr>'. The main content area also features a section for 'Fertig aufbereitete ergonomische Inhalte zum Einsatz in der Lehre' and 'Die Vorteile auf einen Blick' with a bulleted list of benefits.

Abb. 1: Startseite des Online-Lernangebotes „Ergonomie für Konstrukteure“ /KAN-01/

Eine zweite Handlungsebene stellen digital verfügbare Hilfsmittel dar, welche begleitend zum Entwicklungs- und Planungsprozess eingesetzt werden können. Dabei lassen sich in die eigentliche Entwicklungsumgebung integrierte Module und separate Anwendungen unterscheiden. Integrierte Modelle besitzen den Vorteil, dass in der Regel eine ergonomische Beurteilung am unmittelbaren Entwurf vorgenommen wird. Für diese Zwecke stehen mittlerweile ausgereifte Systeme zur Verfügung, welche sowohl die maßliche Beurteilung des Arbeitsplatzes, aber auch Komfortbewertungen oder die zeitliche Simula-

tion von Arbeitsprozessen erlauben. Solche Systeme sind kostenintensiv und erfordern ein hohes Maß an Training. Diese Grundvoraussetzungen führen dazu, dass kleinere Unternehmen zwar digital planen, aber ergänzende arbeitswissenschaftliche Module kaum einsetzen.

Ähnlich wie im Bereich der Lernumgebung „Ergonomie für Konstrukteure“ sind der Einsatz fixierte Schablonen für den Planungsbereich des 5.-95. Perzentiles nach DIN EN 33402 und die Abbildung starrer Greif- und Sehräume denkbar, welche in die jeweilige CAD-Umgebung geladen werden können. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn keine extrem hohen maßlichen Gestaltungsanforderungen, wie z.B. bei der Ausgestaltung eines Fahrerplatzes im Automobilbau bestehen.

Auch wenn es sich dabei um einen technischen Rückgriff handelt, würden fest definierte Haltungsschablonen zumindest das ergonomische Planungsniveau der 1980er Jahre als Bestandteil aktueller Technologien gewährleisten. Insbesondere die Animation und die Beurteilung der auf diesem Weg generierten Körperhaltungen fällt selbst mit einem Teil modernsten Systeme schwer, so dass die Orientierung einer Gestaltungslösung an den Maßen einer Basishaltung in der Regel zu einer ausreichenden Berücksichtigung anthropometrischer Gestaltungsanforderungen führt.

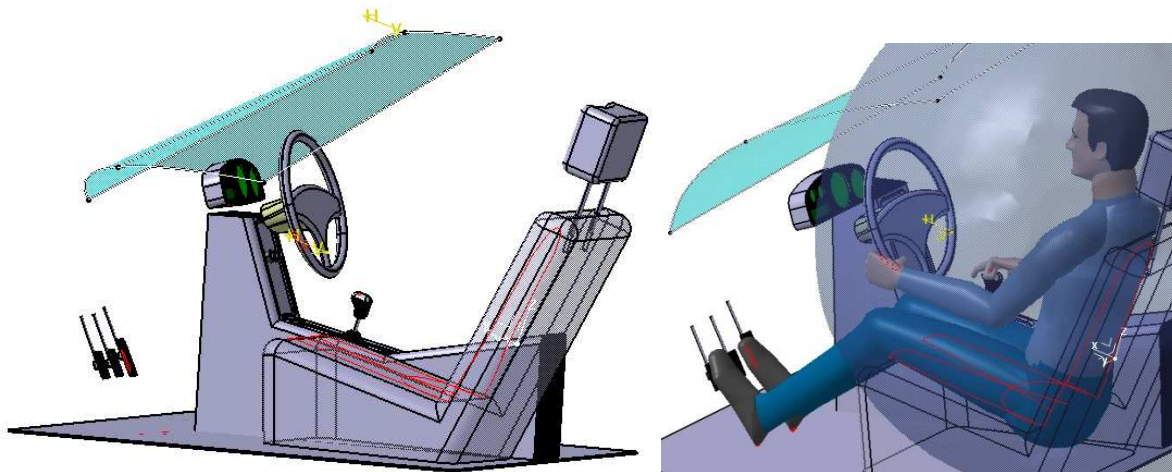


Abb. 2: Möglichkeiten einer exakten Positionierung von Menschmodellen am Beispiel des „Human-Builder“ – Catia v5 – Modul Arbeitswissenschaft.

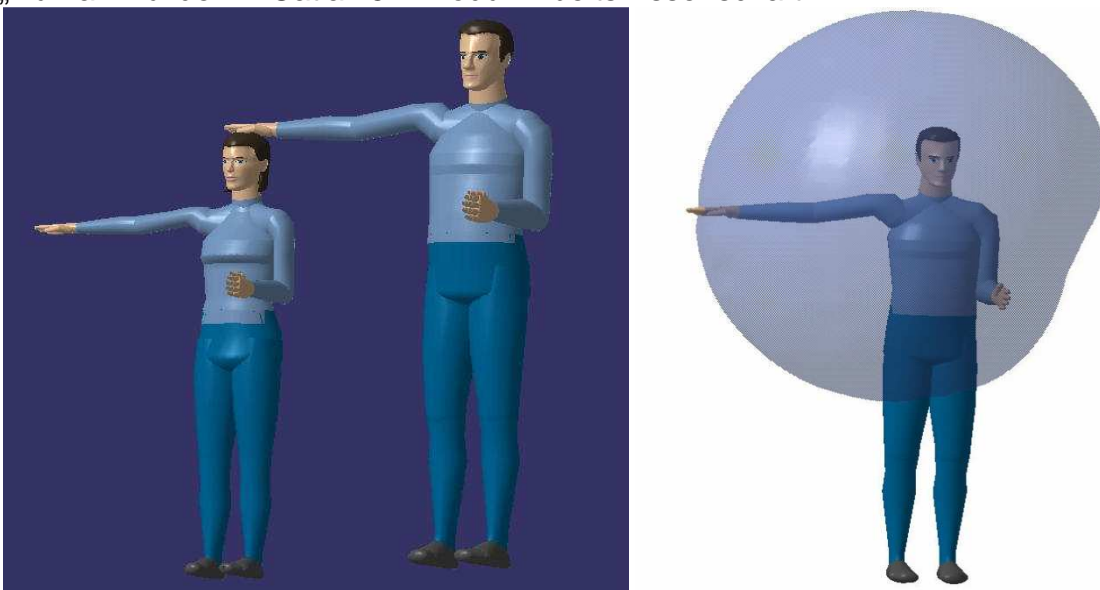


Abb. 3: Varianten statischer Modelle zur Computersomatografie für verschiedene Perzentilgruppen und Darstellung des Greifraums

Alternativ lassen sich Einzelprogramme einsetzen, welche auf Anforderungen die jeweils benötigten Maßgruppen generieren. So erfolgte die Aufbereitung aller anthropometrischen Vorgaben aus der DIN EN 33402:2006 und der DIN EN 14738:2005 als Kalkulationsblatt für eine Tabellenkalkulation. Notwendige Bezugsmaße stehen damit unmittelbar am Arbeitsplatz zur Verfügung. Die Sammlung solcher Hilfsmittel lässt sich mit dem ebenfalls im Internet verfügbaren Grenzlastrechner zum Heben und Tragen von Lasten oder diversen Hilfsmitteln zur Bestimmung der Arbeitsumweltbelastung fortsetzen. Festzustellen ist, es existiert eine Vielzahl von Lösungen, diese sind aber häufig nicht bekannt oder sind im Ergebnis von Forschungsvorhaben entstanden, nach deren Beendigung nicht zur Produktreife entwickelt und damit nur für Spezialisten sinnvoll anwendbar.

1	Steharbeitsplatzmaße					
2	Für Männer, 5. und 95. Perzentil variabel					
3	Alle Angaben in mm					
4				5. Perzentil:	95. Perzentil:	
5		Bereich		1650	1855	
6						
7	Fall1: Arbeitshöhe des Tisches verstellbar, keine Plattform notwendig					
8	Maßbuchstabe	Bezeichnung			Wert	
9		Arbeitshöhe, verstellbar				
10	A _{max}	Situation 1, maximaler Wert			1558	
11	A _{min}	Situation 1, minimaler Wert			1158	
12	B _{max}	Situation 2, maximaler Wert			1205	
13	B _{min}	Situation 2, minimaler Wert			1055	
14	C _{max}	Situation 3, maximaler Wert			1088	
15	C _{min}	Situation 3, minimaler Wert			953	
16		Fußraum				
17	D	Höhe des Fußraums			226	
18	E	Tiefe des Fußraums			211	

Abb. 3: Berechnung relevanter Arbeitsplatzmaße unter Verwendung von /1/,/2/

In der Folge ergibt sich ein drittes Handlungsfeld. Ausgehend von den in den Entwicklungsplattformen verfügbaren arbeitswissenschaftlichen Gestaltungsmittel bis hin zu den Einzelprogrammen bedarf es einer den jeweiligen Vorkenntnissen entsprechenden Nutzerschnittstelle. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den Anwendern in der Regel nicht um Ergonomiespezialisten handelt. So erklärt sich die RULA-Analyse (RULA steht für Rapid Upper Limb Assessment – Schnelle Prüfung der Belastung oberer Gliedmaßen) in dem entsprechenden CATIA-Modul nicht unbedingt von allein, so dass ohne ergänzendes Hintergrundwissen eine Anwendung fehlerhaft sein kann oder gar nicht erfolgt. Diese Erkenntnis lässt sich auch auf andere Felder der ergonomischen Prüfung, wie die Beurteilung des Sichtfeldes ausweiten.

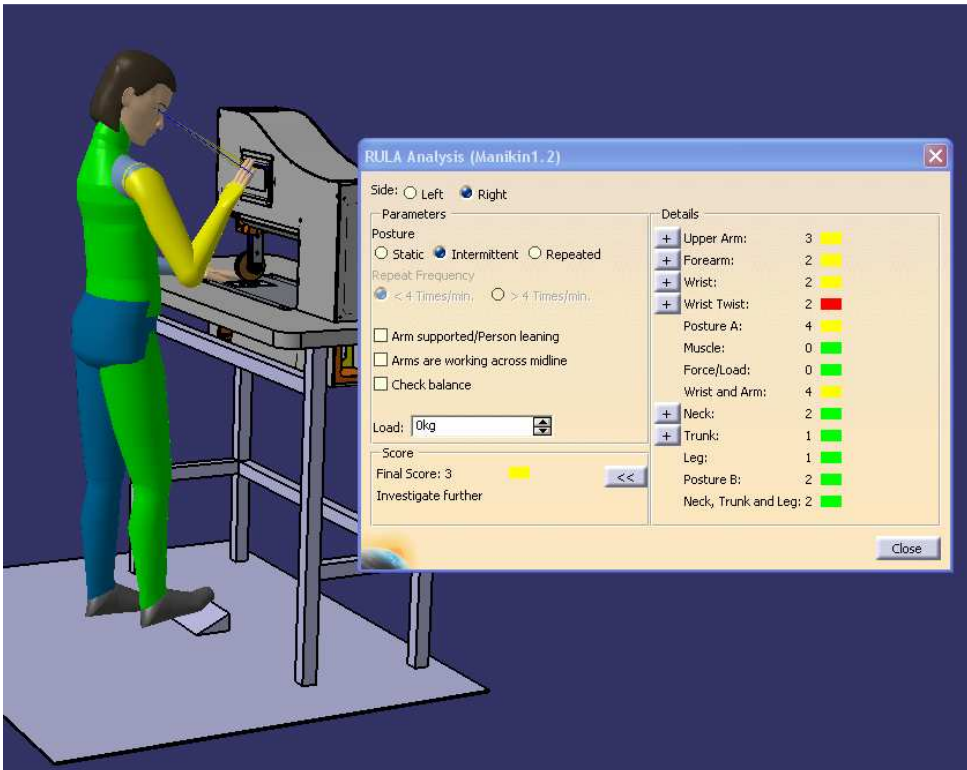


Abb. 4: RULA-Analyse im Modul Arbeitswissenschaft CATIA v5

3. Zusammenfassung

Softwarelösungen erlauben die Zusammenführung des für eine normgerechte ergonomische Gestaltung notwendigen Wissens am zentralen Punkt einer digitalen Planung von Produkten und Fabriken. Eine Reihe von Produkten bietet zudem ein hohes Maß an integrativen Gestaltungshilfsmitteln, welche es dem Planer erlauben in einer Entwicklungsumgebung notwendige arbeitswissenschaftliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Neben dem allgemeinen Schwachpunkt mangelnder ergonomischer Kenntnisse im Entwicklungsbereich und der für viele Unternehmen nicht finanzierbaren arbeitswissenschaftlichen Hilfsmittel führen Schwierigkeiten bei der Bedienung und die Defragmentierung des zur Verfügung stehenden Wissen bzw. verfügbarer Softwarelösungen zu einer mangelhaften Berücksichtigung der Ergonomie in der digitalen Fabrik. Ansatzpunkt diesen Zustand zu verbessern zeigt der Beitrag auf.

4. Literatur

- /KAN-01/ Merkel, T. u.a.: „Ergonomie-Lehrmodule für die Ausbildung von Konstrukteuren“; Herausgeber: Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. (VFA); 2008
- /DIN-01/ DIN EN 33402:2006 – Ergonomie Körpermaße des Menschen; Beuth Verlag Berlin
- /DIN-02/ DIN EN 14738:2005 – Sicherheit von Maschinen – Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen

Die Digitale Fabrik für KMU - Grundlagen, Chancen, Risiken und Effekte

Fachbereichsleiter Vorentwicklung
Dr. sc. techn. Wolfgang Leidholdt
imk automotive GmbH Chemnitz

1. Einleitung

Es gibt wohl kein Unternehmen, und sei es noch so klein, das keinen Computer sein eigen nennt. Das Office-Paket von Microsoft stellt mit Word, Excel und Powerpoint ganz wesentliche Grundlagen der Büroarbeit zur Verfügung, dazu noch der Internet-Explorer und Outlook zum E-Mailen – und die Geschäftstätigkeit des Unternehmens kann beginnen. Aber so nach und nach füllen sich die Verzeichnisse mit Dateien, und die Sucherei wird schwieriger. Es werden Organisationsformen und festgelegte Geschäftsprozesse gebraucht. Und schon beginnt die Diskussion: Was machen wir wie und wo legen wir es ab? Es reift der Gedanke an ein Programmsystem, was die Arbeit zu organisieren hilft. Aber was nehmen? Und wie beginnen? Das Riesenthema PPS-Systeme, ERP-Systeme bis hin zu PLM öffnet sich als unüberschaubare Aufgabe.

Dieser Vortrag macht keine Werbung für irgendeines dieser Produkte. Er will nur Klarheit schaffen über die Grundlagen und Vorgehensweisen dieser Systeme.

2. Die Begriffe

Es gibt eine Vielzahl dreibuchstabiger Abkürzungen für die Systeme, aber es lassen sich vier Stufen der Komplexität abgrenzen:

- FLS: »Fertigungsleitstand« – er bezeichnet die operative Fertigungsplanung, die Verteilung der Erfordernisse aus den Fertigungsaufträgen auf die konkreten Ressourcen (Maschinen, Arbeitsplätze, Personal) und die Einsteuerung der benötigten Materialien.
- PPS-Systeme: »Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme« sind für die Auftragsvorbereitung und Auftragsabwicklung da. Sie steuern den Warenfluss durch den Betrieb, vom Wareneingang über die Bestandsführung in den Lagern zu den Fertigungsaufträgen, Fertigungspapieren, Lieferaufträgen und den Lieferpapieren.
- ERP-Systeme: »Enterprise Resource Planning« – Unternehmens-Ressourcen-Planungs-Systeme – erweitern das Aufgabenspektrum des Computers um die Verwaltung der Maschinen-, Personal-, Zeit- und Geldbestände und helfen erheblich bei der Vorausplanung des Betriebsgeschehens und auch bei der Abrechnung.
- PLM-Systeme: »Product Lifecycle Management-Systeme« sind umfassende Systeme für die Steuerung des gesamten Betriebes mit all seiner Peripherie, dem Service, dem Recycling, über alle Produktdaten und Dokumente hinweg. Es wird auch der Begriff PDM – Produktdatenmanagement – gebraucht.

Diese Unterteilung ist zugegeben etwas plakativ, zeigt aber die Entwicklungsstufen der Digitalen Fabrik auf.

3. Datenbestände und deren Struktur

a. Der Artikelstamm

Mit ihm beginnt in aller Regel der Aufbau der betrieblichen Datenbestände. Er ist die Basis jeglicher Warenwirtschaft. Ein Artikel ist

- alles, was Bestände hat und demnach bestandsgeführt wird,
- alles was zur Bildung von Gruppen der Einzelartikel nötig ist (vom Autor gern »Strukturbildner« genannt): Funktionsgruppen, Baugruppen, Schweißgruppen, Verpackungsgruppen, Ersatzteilegruppen

Es soll jedes technische Objekt als Artikel nur einmal geben, ansonsten nennt man das »eine Dublette«. Das kostet unnötig Geld: Das Anlegen eines Artikels kostet 10 ... 50 €, je nach Datenmenge.

Der Artikelstamm nimmt alle Daten auf, die zu dem Artikel selbst – nicht zu dessen Einbindung in die Erzeugnisstruktur, das macht die Stückliste – gehören. Das können, wenn erforderlich, mehrere hundert sein! Sie lassen sich unterteilen in:

- Organisatorische Daten: Artikelnummer (am besten nicht sprechend), Bezeichnung, Basismengeneinheit, Werkstoff, Masse ...
- Klassifikatorische Daten: Länge, Breite, Höhe, Masse, Teilegrundform, Grundfarbe, weitere feststehende Eigenschaften.
- Dokumente zum Artikel, aber nur auftragsunabhängige! – Zeichnungen, Beschreibungen, Zertifikate, Genehmigungen, ...
- CAD-Modelle zum Artikel, u. U. sogar mehrere, wenn Zwischenbearbeitungsstände an- und abgelegt werden.

Synonyme zu Artikelstamm sind »Materialstamm«, »Telestamm«. Identbegriff des Artikels ist die Artikelnummer. Ob nach einer Änderung an einem Artikel ein neuer Artikel mit neuer Nummer entstanden ist, hängt von der Austauschbarkeit ab: Ist der Artikel mit dem alten Zustand technisch austauschbar, so wird die Artikelnummer beibehalten. Ist er das nicht, so dürfen auch die Bestände nicht vermengt werden und es ist ein neuer Artikel anzulegen.

b. Die Stücklisten

Sie stellen die Struktur des Produktes dar. Stücklisten sind im informationstechnischen Sinne Zeigerdateien. Sie enthalten »Zeiger« vom übergeordneten Artikel (Gruppe) zum untergeordneten Artikel (Teil, Untergruppe). Der Artikel wird dabei nur durch seine Nummer benannt – die Artikeldaten stehen im Artikelstamm und werden beim Aufbau von Listendarstellungen von dort geholt. Die Zeiger tragen zwei »Zeigerattribute«: die eingehende Menge des untergeordneten Artikels und eine Benennung der Variante bei Artikeln, die nicht in allen Erzeugnisvarianten auftreten.

Es gibt im Rahmen der Stücklistenverwaltung:

- Stücklistenarten: Sie sind verschiedene Sichten auf die Produktstruktur oder auch völlig verschiedene Strukturen für das Produkt: Funktionale (oft »konstruktive« genannt), technologische, Farbgebungsstrukturen (Lackstückliste, Galvanikstückliste), Verpackungsstückliste, Ersatzteilstückliste ...
- Stücklistendarstellungsformen: Baukastenstückliste, Strukturstücklisten, Mengenübersicht, Verwendungsnachweis.

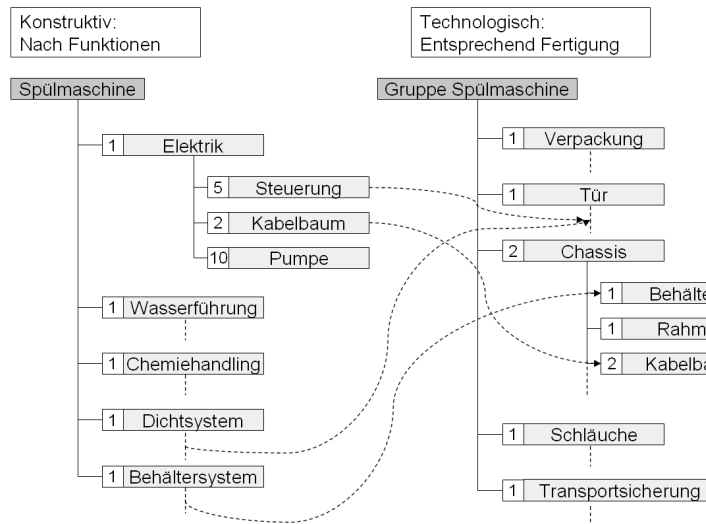


Abb. 1: Stücklistenarten

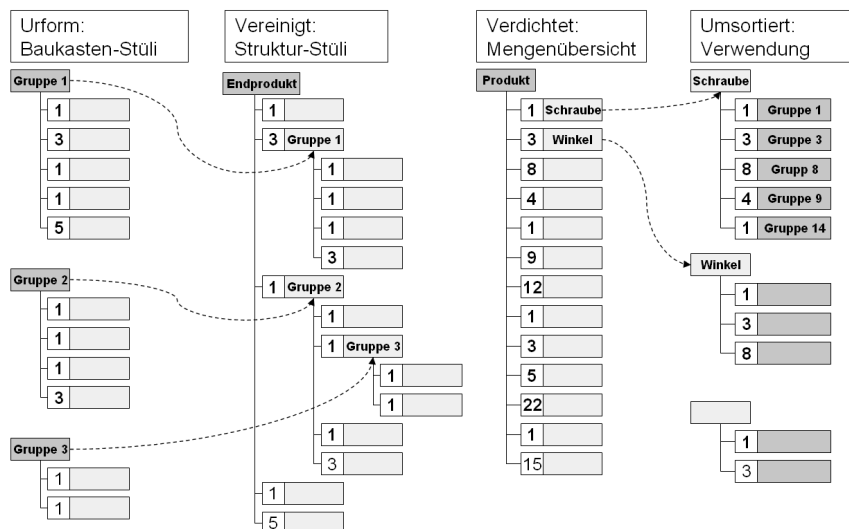


Abb. 2: Stücklistendarstellungsformen

Urform der Stückliste ist die Baukasten-Stüli, weil sie als einzige keine Redundanzen enthält und deshalb am leichtesten und übersichtlichen zu pflegen ist.

c. Merkmale und Ausprägungen

Durch Kundenwünsche sind heute die meisten Erzeugnisse mit Varianten behaftet. Um die Arbeit mit Varianten sauber zu organisieren, gibt es folgende Vorgehensweise: Zunächst werden alle Merkmale aufgestellt, in denen sich die Produktvarianten unterscheiden können: Farbe, Größe, Land, Netzspannung Dann werden für jedes Merkmal die möglichen Ausprägungen aufgestellt: Farbe → rot, grün, blau, silber, schwarz. Größe → 300, 500, 750. Land → Deutschland, Frankreich, Norwegen, USA. Netzspannung → 230 V, 127 V. Diese möglichen Zuordnungen werden in eine Stammdatei geschrieben.

Nun können:

- Die Zeiger der Artikel in der Stückliste, die nur für eine bestimmte Merkmalsausprägung gelten (Teil tritt nur bei dieser Ausprägung auf) mit ebendiesen Ausprägungen – das können auch mehrere gleichzeitig sein, sogar Bool'sch verknüpft – versehen werden,
- Konfigurationen – das sind komplette Merkmals-Ausprägungs-Kombinationen – gebildet werden und für eine solche Konfiguration variantenspezifische Stücklisten dynamisch generiert werden.

Das Problem der Varianten ist sehr vielschichtig. Insbesondere die Frage, ob bestimmte Ausprägungskombinationen verschiedener Merkmale technisch kombinierbar sind, kann nur der Konstrukteur im Einzelfall der Konfiguration entscheiden. Deshalb werden die erprobten Konfigurationen häufig abgespeichert.

d. Der Personalstamm

Den legt die Personalabteilung oder der Personalverantwortliche fest. Die Eintragungen sind persönlicher Natur und unterliegen i. A. der strikten Geheimhaltung. Wichtig für das Planungsgeschehen ist die Zuordnung der Mitarbeiter zu Qualifikationsgruppen. Insbesondere die Ressourcenplanung bedarf dieser Daten. Der Identbegriff des Personals ist die Personalnummer.

e. Der Arbeitsplatzstamm

Neben dem Personal sind die Arbeitsplätze die zweitwichtigste Ressource des Unternehmens. Die Arbeitsplätze sind Controlling-Objekte: Sie werden ökonomisch bewertet und auf sie werden Kosten gebucht. Sie enthalten damit verschiedene Informationsklassen:

- Organisatorische Daten: Nummer, Bezeichnung, Ort, Kostenstelle, Zustand, Verwendungszweck, Automatisierungsgrad, Wartungsvertragsbindung ...
- Planerische Daten: Erforderliche Werkerqualifikation, Kapazität Mensch/Maschine, Mehrmaschinenbedienung, Fläche, Layout, Ausrüstung, Werkzeugbestückung ...
- Ökonomische Daten: Anschaffungswert, Abschreibung, Fläche, Energieverbrauch, Lohngruppe, Wartungsaufwand ... – und oft und günstigerweise einen Stundenkostensatz.

Auf diese Daten greifen alle weiteren Geschäftsprozesse zu. Die ökonomischen Daten sind die, die der besten und gewissenhaftesten Pflege bedürfen: eine vornehmliche Aufgabe des Controlling.

f. Die Arbeitspläne

Sie sind die auftragsneutrale Beschreibung der Arbeitsgänge zur Herstellung derjenigen Artikel, die der Eigenfertigung unterliegen. Das können Einzelteile und Baugruppen sein, die Arbeitspläne gibt es demnach für Teilefertigung und Montage. Sie sollten für beide Prozessstufen gleich sein. Der Arbeitsplan hat drei Ident-Begriffe:

- Die Artikelnummer, wofür er bestimmt ist,
- die zeitliche Gültigkeit, innerhalb derer er zur Ableitung von Fertigungsaufträgen verwendet werden darf,
- eine „Nummer der Technologie“. Sie muss sein, weil es zu einem Artikel parallel mehrere Arbeitspläne geben kann, z. B. für verschiedene Stückzahlbereiche oder für alternative Arbeitsplätze.

Der Arbeitsplan besteht aus Arbeitsgängen, die verschiedene Informationsklassen enthalten:

- Organisatorische Daten: Arbeitsgangnummer, Arbeitsplatz, Verweise auf zugehörige Dokumente (Arbeitsunterweisungen, NC-Programme, Werkzeuglisten ...), Rückmeldeinformationen ...
- Planerische Daten: Lohngruppe, Zeiten (Personalzeit, Maschinenzeit, jeweils getrennt nach Rüsten und Bearbeiten), Vorlaufzeit, Reservezeiten ...
- Logistische Daten: Eingehende Komponenten (Verweis auf eine Komponentenzuordnungsliste), Lagerbehälter, Verpackungen, Hilfsstoffe ...

Der Arbeitsgang ist an den Arbeitsplatz gebunden. Verlässt das Produkt den Arbeitsplatz, beginnt ein neuer Arbeitsgang. Der Arbeitsgang ist eines der Hauptcontrolling-Objekte im Unternehmen. Er dient der Rückmeldung und der Entlastung der Kostenstelle.

g. Fertigungsaufträge

Fertigungsaufträge sind – datentechnisch betrachtet – Kopien des Arbeitsplanes und der Komponentenzuordnung, die terminiert und beplant worden sind. Sie lösen die materielle Produktion aus und dienen der Abrechnung. Sie werden gespeichert in der Fertigungsauftragsdatei, der (beinahe schon legendären) FAD. Hier trifft sich die technische Fertigungsvorbereitung mit Planung, Beschaffung, Vertrieb, Abrechnung, Controlling, Rechnungswesen und Buchhaltung – schlechterdings mit dem gesamten Betriebsgeschehen. Die FAD ist deshalb ganz besonders revisionssicher, es wird nichts gelöscht.

h. Weiteres ...

Der Vortrag bietet bei weitem nicht den Raum für die Datenbestände, die unter den Begriff »operationale Daten« fallen. Es sind die vielen Listen und Dokumente, die den aktuellen Zustand des Unternehmens darstellen, allen voran die Bestandsführung aller Ressourcen. Es wurden hier nur die wichtigsten und ursächlichsten Datenbestände genannt und beschrieben.

4. Die Geschäftsprozesse und Systeme

Jedes Unternehmen baut nun mit diesen Datenbeständen seine Geschäftsprozesse auf und nutzt dazu die im Abschnitt 2 genannten Programmsysteme. Dabei zeichnen sich die KMU's dadurch aus, dass ihre Geschäftsprozesse

- einfach sind, weil das Unternehmen überschaubar ist, das Leitungspersonal weniger zahlreich und dafür mit breiterem Aufgabengebiet betraut ist, was Schnittstellen minimiert,
- wenig „Sicherungen“ brauchen, weil im allgemeinen eine Vertrauensbasis herrscht,
- flexibel angelegt und wenig von starren Schemen durchdrungen sind, was das große Wucherpfund des deutschen Mittelstandes ist.

Für die in Abschnitt 2 genannten Systeme gelten nun in etwa folgende Bedingungen, wobei hier nur grobe Anhaltspunkte gegeben werden sollen.

a. Fertigungsleitstand

Er benötigt die Fertigungsaufträge, die Bestände und die aktuellen Daten der Verfügbarkeit der Ressourcen Artikel, Arbeitsplätze und Personal. Er plant daraufhin die Arbeitsgänge auf die verfügbaren Arbeitsplätze und kontrolliert, ob Material und Maschinenpersonal da ist. Es wird oft der Begriff »Planung gegen begrenzte Ressourcen« gebraucht. Er ist notwendig, wenn eine große Vielfalt an kleinen Aufträgen in der Serienfertigung terminge-

recht durch die Fertigung geschleust werden muss. Insbesondere beim flexiblen Werkstattprinzip sind erhebliche Effekte der Auslastungserhöhung, Termintreue und Bestandsreduzierung machbar.

b. PPS-System

Diese Systeme werden von KMU's gerne benutzt, sie verwalten die bisher beschriebenen Datenbestände und organisieren Beschaffung, Vertrieb, Lagerung und Bestandsführung, Produktion, Terminierung und Terminverfolgung. Es sind die Prozesse, bei denen auch im KMU – insbesondere wenn das Unternehmen erfolgreich wächst – aufgrund wachsender Datenbestände die Übersicht am ehesten verloren geht. Andererseits sind diese Prozesse aber der Kern der Wertschöpfung und des Unternehmensergebnisses. Ordnung in diesen Prozessen ist auch Grundlage für ein Qualitätsmanagementsystem und für eine erfolgreiche Zertifizierung.

c. ERP-System

Nun kommt die mittel- und langfristige Beplanung des gesamten Unternehmens – vor allem unter Einschluss der Finanzen! – dazu. Es werden die Begleitprozesse – Vorrichtungsbau, Instandhaltung, Betriebsschutz ... – einbezogen.

ERP-Systeme – bekanntester Vertreter ist wohl SAP R/3 – sind schon sehr umfangreiche Softwarepakete und durchziehen nahezu den gesamten Betrieb. Ihre Einführung ist ein strategisches Großprojekt. Oft müssen die Geschäftsprozesse an das System angepasst werden.

Die Verwaltung der Produktdaten – CAD-Modelle, Zeichnungen, Dokumentationen – gehört manchmal auch zu dem ERP-Umfang. Aufgrund der Geometrielastigkeit dieser Daten wird deren Verwaltung aber oft im CAD-System belassen.

d. PLM-System

Es verwaltet alle Daten und organisiert alle Geschäftsprozesse des Unternehmens. Der ganze Produktlebenszyklus – von der Entwicklung über die Produktionsphase, die Nutzung beim Kunden und das Recycling (vielleicht sogar die Verwendung im Deutschen Museum) – wird informationstechnisch begleitet. Die Entwicklung solcher Systeme steht noch am Anfang, geschieht aber seitens der Großunternehmen mit viel Geräusch.

5. Wie beginnen?

Mit dem Weiterkommen des Unternehmens in Richtung Digitale Fabrik tritt das Problem auf, dass ein solches Programmsystem ausgewählt und eingeführt werden muss. Vor dieser Aufgabe haben viele Unternehmen gewisse Vorbehalte. Der folgende Abschnitt soll einige Vorgehensweisen und Erfahrungen schildern, um diese Ängste abzubauen.

a. Daten erfassen

Der Einstieg wird sein, die betrieblichen Datenbestände zu strukturieren und anzulegen. Dazu muss das avisierte oder noch unklare Softwaresystem gar nicht da sein. Weil die Datenstrukturen bis hinauf zu den ERP-Systemen Tabellenform haben, kann die Datenerfassung auch in Excel geschehen. Wichtig ist nur, dass von Anfang an Strukturen erzeugt

werden, die mit dem FLS-, PPS- oder ERP-System kompatibel sind. Wie sie aussehen, wurde im Abschnitt 3 bereits grob beschrieben.

Die Firma imk automotive GmbH hat bereits mehrere Projekte der Einführung von Planungssoftware in KMU's betreut und deshalb eine Sammlung von Excel-Vorlagen geschaffen, die für die Datenerfassung (und für die Geschäftsprozesse im Abschnitt b) geeignet sind und die Forderungen erfüllen. Hier ein Ausschnitt aus Artikelstamm und Baukasten-Stückliste:

Artikel-Nr.	Artikel-Bezeichnung	Menge	einheit	Artikelart	Bezugsart	Blechteil	gsnr.	Artikelnr. des Kunden oder Liste	Artikelnr. des Lieferanten o. Liste	Kunden-Kurzbezeichnung oder Liste	Liefera-Kurzbezeichnung oder Li
5	00001 Mantelblech	Stck.	Blech	eigen							
7	00002 Luftkanal links und rechts	Stck.	Blechteil	eigen							
8	00003 Blech-Scheibenspülung	Stck.	Blechteil	eigen							
9	00004 Gusstroß-Auflage-vorn	Stck.	Gussteil	eigen			pr000006				
10	00005 Abdeckblech Ofenrohr	Stck.	Blechteil	eigen			pr000010				
11	00006 Luftleitblech Scheibenspülung	Stck.	Blechteil	eigen			pr000014				
12	00007 Luftkasten Sekundärluft	Stck.	Blechteil	eigen			pr000023				
13	00008 Automatenhalter	Stck.	Blechteil	eigen			pr000024				
14	00009 Holzfach	Stck.	Blechteil	eigen			pr000027				
15	00010 Abstandhalter	Stck.	Blechteil	eigen			pr000038				
16	00011 Einhausung Schließhaken	Stck.	Blechteil	eigen			pr000035				
17	00012 Aschkasten-Boden	Stck.	Blechteil	eigen			pr000019				
18	00013 Muldenauflage	Stck.	Blechteil	eigen			pr000091				
19	00014 Rauchfang-Turm	Stck.	Blechteil	eigen			pr000109				
20	00015 Front-Aschkasten	Stck.	Blechteil	eigen							
21	00016 Blende Front-Aschkasten	Stck.	Blechteil	eigen							
22	00017 Aschkastenaufgabe links und rechts	Stck.	Blechteil	eigen							
23	00018 Aufnahme Zugfeder Tür	Stck.	Blechteil	eigen							
24	00019 Blende Gussmulde	Stck.	Blechteil	eigen							
25	00020 Blende Gussmulde 2	Stck.	Blechteil	eigen							
26	00021 Ansaugrohr	Stck.	Blechteil	eigen							
27	00022 Auftragsblech Deckkachel	Stck.	Blechteil	eigen							
28	00023 Bedienknopf Hart38 chrom	Stck.	Norm								
29	00024 Bolzen Triebzylinder dmm:14x24	Stck.	Druck								

Gruppe	Komponente	Positions-Nr.	Menge	Variantenbedingung
00153	00003	10	3	M01_07
	00005	20	12	M01_07&M03_01
	00018	30	5	(M01_07&M03_04) (M01_06&M03_02)
00201	00155	10	1	
	00159	20	1	
	00160	30	1	
	00164	40	1	
	00165	50	1	
	00046	60	1	
	00178	70	1	
	00190	80	1	
	00191	90	1	
	00195	100	1	
	00202	110	1	
	00099	120	3	M00_01/M00_02
	00204	130	1	
	00205	140	4	
	00206	150	1	
	00207	160	1	

Abb. 3: Ausschnitt aus dem Pre-PPS-System der imk automotive GmbH

Festgelegt sind im Artikelstamm nur die Spalten A und B, in der Baukasten-Stückliste die Spalten A bis E, die restlichen Daten sind optional und kundenspezifisch. Es ist zu sehen,

- dass es Kommentare gibt, die dem Nutzer helfen,
- dass die Spalten Filter zum Suchen besitzen,
- dass einige Spalten, welche festgelegte Schlüssel enthalten, mit Gültigkeitsbeschränkungen versehen sind und
- dass es markierte Zeilen gibt, bei denen noch inhaltliche Unklarheiten bestehen.

Das System ist flexibel, so dass mangels Beschränkungen kein überhöhter Zwang für die Mitarbeiter eintritt, aber ein Mindestmaß an Disziplin eingefordert wird.

Dieses Excel-System wird seitens imk automotive GmbH als »Pre-PPS-System« tituiert. Es stellt folgende Dateien zur Verfügung:

- Artikelstamm
- Baukasten-Stückliste
- Merkmal-/Ausprägungsstamm
- Konfigurationsstamm
- Personalstamm
- Arbeitsplatzstamm
- Arbeitsplanstamm
- Fertigungsauftragsdatei FAD

b. Geschäftsprozesse gestalten

Sind die Daten erfasst, können nun alle beteiligten Mitarbeiter damit arbeiten. Sie werden versuchen, entweder ihre Geschäftsprozesse an die Daten anzupassen oder die Daten an die Geschäftsprozesse. Beides ist löblich. Nur bei der Anpassung der Daten darf nicht gegen die Grundregeln verstoßen werden.

Die Geschäftsprozesse werden nun qualifiziert. Es entstehen die Anforderungen an das zu beschaffende FLS-/PPS-/ERP-System, aus denen so nach und nach das Lastenheft entsteht. Ganz wichtiger Effekt: Alle Mitarbeiter lernen in den datentechnischen Kategorien zu denken, bringen sich ein und entwickeln Ideen für das Lastenheft.

Das Pre-PPS-System unterstützt diese Phase in einem gewissen Maße. Es bietet einige Makros an, die im Vorgriff auf ein „richtiges“ System gewisse Grundfunktionen realisieren:

- Aufbau der Struktur-Stückliste mit / ohne Konfiguration, ausgehend von einer frei wählbaren Wurzel
- Aufbau der Mengenübersicht mit / ohne Konfiguration, ausgehend von einer frei wählbaren Wurzel
- Aufbau des Verwendungsnachweises mit / ohne Konfiguration, ausgehend von einer frei wählbaren Wurzel
- Konfiguration eines Erzeugnisses, ausgehend vom Merkmal-/Ausprägungsstamm und ggf. Speicherung im Konfigurationsstamm
- Druck von Arbeitspapieren ausgehend von Artikelstamm, Arbeitsplan, Komponentenzuordnung und FAD

Die Stücklisten verschaffen allen Planungsmitarbeitern einen Überblick über die Artikel und die Erzeugnisstrukturen, die Konfiguration erleichtert die Variantenarbeit und die Auftragspapiere führen zur Beteiligung der Produktionsabteilung am Geschehen. Im Falle der digitalen Planung oder Planungsabsicherung im CAD/CAM-Geschehen entstehen die Produktstrukturen automatisch und werden übernommen.

c. Software einführen

Das Pre-PPS-System erreicht alsbald seine Grenzen, weil die Begehrlichkeiten an die Geschäftsprozesse wachsen und wachsen. Im Rahmen eines Einführungsprojektes kann nun ein passendes FLS-, PPS- oder ERP-System (manche mögen's heiß: PLM-System) gesucht und eingeführt werden. Die Datenbestände aus dem Pre-PPS-System werden in das neue System importiert, was nach dem Ermessen des Autors problemlos möglich ist. Auf alle Fälle sollte das Bestandteil des Lastenheftes sein. Weitere Ausführungen zur Softwareeinführung seien an dieser Stelle erspart, es ist ein eigenes Thema.

6. Risiken

a. Determiniertheit zu groß

Mit der Einführung von rechnergestützten Organisations- und Planungslösungen steigt der Grad der Determinierung der Geschäftsprozesse stark an. So sehr dieser Effekt erwünscht ist, so sehr kann er Klima und Arbeitsweise belasten:

»EDV schafft keine Ordnung, EDV setzt Ordnung voraus!«

Dieser uralte, aber immer noch goldene Spruch beschreibt dieses Risiko. Sind die Prozesse nicht determiniert („in Ordnung“), so lassen sie sich auch nicht algorithmisch beschrei-

ben. Unsere hoch organisierte, arbeitsteilige, optimierte Arbeitswelt verlangt aber diese Determiniertheit, auch wenn das manchem betrieblichen Chaos-Beherrscher nicht passt.

b. Falsche Abbildung der Geschäftsprozesse

Insbesondere bei der Inanspruchnahme von Beraterfirmen gibt es ein Spannungsfeld zwischen der Meinung des Unternehmens:

- althergebrachte, eingefahrene Geschäftsprozesse
- eingeschliffene Schnittstellen zu Kunden und Lieferanten
- eingeschliffene Begriffswelt,
- Erwartungshaltung, dass das alles so bleiben kann,

und der Meinung der Beratungsfirma:

- Anpassung der Geschäftsprozesse an moderne Strategien und Programmsysteme,
- Qualität der Datenerfassung, -bereitstellung und -pflege.

Insbesondere dann, wenn beide Partner sehr unterschiedlichen Schulen (oder unterschiedlichen Branchen – ganz gefährlich!) angehören, gibt es Fehler bei der Abbildung der Geschäftsprozesse in der Software. Oft ist die Software anpassbar und der Fehler kann behoben werden. Das muss aber alsbald geschehen, bevor das System mit scharfen Daten angefüllt ist, weil der Austausch von Algorithmen im Programmsystem bei bereits verzögerten Daten schwer oder unmöglich ist. Fazit: Ein auf EDV übertragener Geschäftsprozess muss sofort erprobt werden!

c. Mitarbeiterüberforderung

Sie tritt besonders dann ein, wenn der Betrieb von einigen wenigen »alten Hasen« händisch gesteuert wurde, deren (vielleicht bevorstehendes) Ausscheiden aus dem Betrieb dem Chef schlaflose Nächte bereitet. Werden nun die Geschäftsprozesse anders organisiert und dem Computer übertragen, fällt das den alten Hasen unendlich schwer.

d. Administrationsaufwandstreiber

Software auf vernetzten Rechnern bedarf der qualifizierten Pflege und Administration. Ein Mitarbeiter mit fundierten Kenntnissen über die Hardware, Software und Organisation muss im Unternehmen anwesend sein. Ist die Software nicht ausreichend robust, oder werden Programme gekoppelt, die nicht ausreichend kompatibel sind, so führt das gern zu Dauerstress für den Administrator und für die Nutzer, die in der Folge nicht mit Kraftausdrücken oder Computerwitzen sparen. Faustwert: bei 25 Rechnern hat 1 Administrator einen Full-Time-Job!

7. Effekte

a. Beseitigung grundlegender Fehler

Mit der rechentechnischen Datenerfassung entsteht ein sauber strukturiertes Unternehmensabbild. Bei der Arbeit mit diesen Daten wird durch Algorithmen eine Disziplin erzwungen. Das führt zu einer erheblichen Steigerung der Qualität der Arbeit im Unternehmen. Es soll nicht verschwiegen werden, dass es immer Mitarbeiter gibt, denen das nicht passt.

Vorteile ergeben sich im sinkenden Arbeitsaufwand der gesamten Betriebsführung, in der Termintreue und in der Transparenz des Unternehmens. Gepflegte Datenbestände sind die Grundlage jeder detaillierten Kostenrechnung und Analysetätigkeit des Controllings!

b. Sicherung der Geschäftsprozesse

Mit der rechentechnischen Abbildung der Geschäftsprozesse laufen diese in jedem Fall determiniert ab. Das erhöht den Überblick und spart eine Menge Arbeit, vor allem Telefonate. Jeder weiß, was zu tun ist, auch der Stellvertreter kann im Bedarfsfalle die Arbeit übernehmen. Die Bestellungen, die Fertigungsaufträge, die Lieferung – alles läuft nun in einheitlichen Bahnen. Störungen werden früh erkannt und können beseitigt werden.

Die digital abgesicherte Planung führt zu hochoptimalen Prozessen unter bester Nutzung der Ressourcen. Die gute Dokumentation verkürzt und sichert Produktionsanläufe ganz gewaltig.

c. Kommunikation mit dem Umfeld

Jedes Unternehmen befindet sich im digitalen Umfeld. Lieferanten verlangen elektronische Bestellungen, Kunden verlangen elektronische Papiere oder Datensätze über die Produktqualität. Bestellungen gehen elektronisch ein, zu jeder beliebigen Zeit. Der Digitalisierung der Fabrik kann sich letztendlich keiner entziehen. Die Vielgestaltigkeit und der Funktionsreichtum heutiger Produkte und Dienstleistungen sind nur noch mit moderner Informatik und immer schnelleren Computern mit gigantischer Speichertechnik machbar. Wer in diesem Umfeld unternehmerisch tätig ist, der ist digital!

8. Zusammenfassung

Keine Angst vor dem Rechnereinsatz im Unternehmen! Es gibt die richtige Technik – Hardware und Software – für jedermann. Wenn etwas nicht funktioniert, liegt es bestimmt nicht am Computer. Das KMU braucht nicht gleich ein Riesensystem. Die Grundlegenden Prinzipien sind einfach. Nur Ordnung muss sein, und zwar vorher, und Disziplin muss sein, vorher und nachher!

Digitale Fabrik – Analoger Markt – wie virtuelle Fertigungswelten in der Realität Nutzen stiften

Rüdiger Kunze
Geschäftsführer
Gebrüder Kunze GmbH

1. Problemstellung

Im Fertigungsfortschritt von der Werkstoffgewinnung über Formgebung Teilefertigung bis zur Endmontage gibt es sehr unterschiedliche Anforderungen an Flexibilität, Reaktionszeit und Anzahl der Teilearten. Von einem Teilefertiger wie der Gebr. Kunze GmbH werden normalerweise sehr kleine Reaktionszeiten bei relativ großer Anzahl der Teilearten erwartet. Daraus resultieren hohe Anforderung an eine flexible Fertigung. So muss bei der Fertigungsplanung die Auslastung der Maschinen und Anlagen berücksichtigt werden, zukünftige Abrufe sind meistens weder terminlich noch nach zu fertigender Teilezahl genau bekannt und es müssen technologische Maßnahmen getroffen werden, um Maschinenausfall oder vorhersehbare Nacharbeit (z.B. bei Fertigung an technologischer Grenze) kompensieren zu können.

Es musste deshalb ein Konzept mit folgenden Zielstellungen erarbeitet werden:

- Bessere Übersicht und Ordnung der Produktion, dadurch Rückstandsabbau um 60 ... 70 %
- Verringerung der Lagerbestände um ca. 30 %
- Verringerung des Wertes der Lagerbestände um schätzungsweise 50 ... 60 %
- Verringerung Logistikaufwand (Umschichten von Behältern) spürbar
- Verringerung Verschrottung von NiO-Teilen um ca. 30 % durch bessere Planung der Nacharbeit
- Erhöhung des Grades der Mehrmaschinenbedienung an 20 % aller Maschinen
- Bessere Auditnoten betreffend Fertigungsdurchlauforganisation
- Bessere Qualität durch bessere Nachverfolgungsmöglichkeit, weniger Anonymität der Vorgänge

2. Fertigungskonzept

Die Basis der neuen Fertigungsstruktur bildet ein netzförmiger Arbeitsplan. Dazu werden Subartikel gebildet, die durch den jeweiligen fertigungstechnischen Zustand beschrieben werden. Die Bestände dieser Subartikel werden vom Fertigungsauftrag gelöst und in ein automatisches Lagersystem eingelagert. Aus diesem Lager werden dann die Fertigungsaufträge mit den Subartikeln bedient.

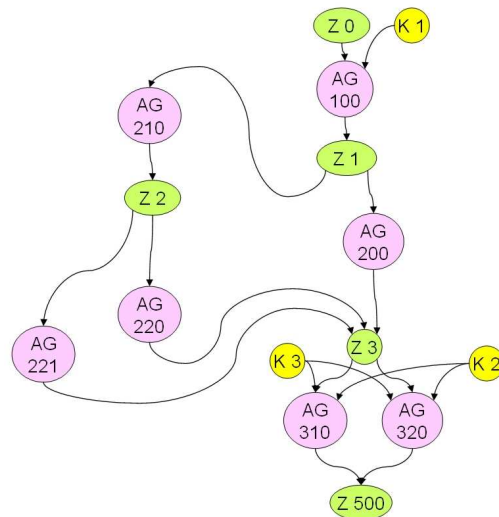


Abbildung 1: Netzplan

Die Abbildung 1 zeigt beispielhaft einen solchen Netzplan. Mit „Z“ werden die Artikel bezeichnet, „AG“ sind die Arbeitsgänge und „K“ zusätzliche Komponenten. „Z0“ bildet dabei den Anfang, den Artikel gibt es noch nicht, es gibt auch noch keinen Bestand. In den AG 100 wird die Komponente K 1 (z.B. ein Halbzeug) eingesteuert. Nach Abschluss des AG 100 existiert der Artikel Z 1. Um nun zum Artikel Z 3 zu kommen, muss entweder der der AG 200 oder über den Umweg Z 3 die AG 210 und 220 ausgeführt werden. Beispielhaft kann AG 200 als komplexes Bearbeitungszentrum und AG 210 und 220 als Dreh- und Fräsmaschine aufgefasst werden.

Diese Verästelung führt zu einer Erhöhung der Flexibilität, da je nach Maschinenauslastung variabel auf die jeweils günstigste Fertigungsmethode zurückgegriffen werden kann. Weiterhin ist es möglich, operative oder planmäßige Bypässe (z.B. zur Organisation der Weiterbehandlung von Teilen mit Fertigungsmängeln, Einarbeitung von Teillosen aus vorangegangenen Aufträgen, Reaktion auf Maschinenausfall, Ähnlicheilproduktion) zu realisieren, z.B.:

- Organisation der Weiterbehandlung von Teilen mit Fertigungsmängeln
- Einarbeitung von Teillosen aus vorangegangenen Aufträgen
- Reaktion auf Maschinen- oder Werkzeugausfall
- Ähnlicheilproduktion

3. Zentrales Produktionsteilelager

Das zentrale Lager wurde als „chaotisches“ Lager konzipiert, d.h., den einzelnen Artikeln werden nicht feste Lagerplätze zugewiesen, sondern das Lager entscheidet selbst, wo ein Artikel platziert wird. Die Ein- und Auslagerung von Artikeln erfolgt in folgenden Arbeitsschritten:

- Scannen der Identnummer des Werkers, danach Vorgang auswählen (Behälter einlagern oder auslagern)
- Artikelnummer scannen
- Behälter identifizieren, hiermit wird der Artikel mit dem Behälter „verheiratet“
- Feststellen des Qualitätsstatus, entweder i.O. oder n.i.O, im letzteren Fall muss das Fehlermerkmal beschrieben werden
- Ermittlung der im Behälter vorhandenen Teileanzahl
- Prüfung des Behältern auf Überladung, danach Einlagerung

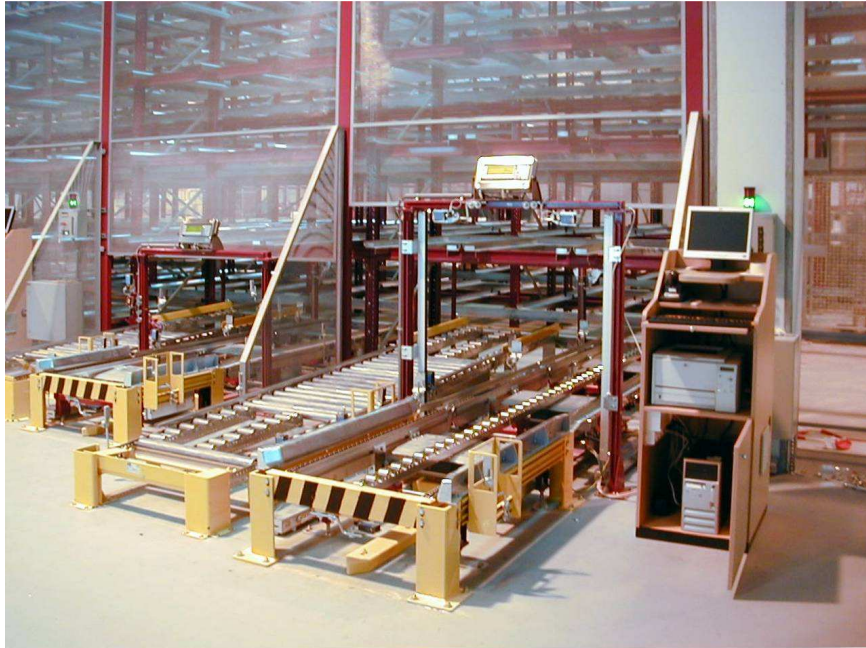


Abbildung 2: Zentrales Produktionsteilelager, Schleuse

4. Zusammenfassung

Die Herausforderung, aus digitalisierten Abläufen, alle Daten in einer „aufgebohrten“ Lagersoftware zu verwalten und die Fähigkeit mit diesen Werkzeugen dennoch eine mittels-tändisch geprägte, hoch flexible Fertigung aufzubauen bedingt zu allererst einmal die Be-reitschaft sich diesen Möglichkeiten zu öffnen.

Gleichzeitig fordern die ständig wechselnden Bedingungen am Markt den Nutzer, seine digitalisierte Lösung in Frage zu stellen und rechtzeitig die weitere Verfeinerung zu stop-pen.

Rechnet sich die „Digitale Fabrik“ – Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit

Prof. Dr.-Ing. Andrea Kobylka, Westsächsische Hochschule Zwickau
Dipl.-Ing. (FH) Torsten Kurtzke, Westsächsische Hochschule Zwickau

1. Einleitung

Projekte unter Einsatz der Digitalen Fabrik unterliegen wie alle betrieblichen Entscheidungen der Bedingung der Wirtschaftlichkeit. Software aus dem Bereich der Digitalen Fabrik, die heute auf dem Markt präsent ist, ist in der Regel im oberen Preissegment angesiedelt. Dies führt gerade bei KMU schnell zu der Entscheidung: „Digitale Fabrik ist für uns zu teuer!“

Die Aufwandsseite ist aber nur ein Aspekt der Wirtschaftlichkeit, zur Einschätzung dieser ist ebenso die Nutzenseite zu betrachten.

Auf das Wesentliche reduziert, kann ein Projekt als wirtschaftlich betrachtet werden, wenn der Nutzen höher als der Aufwand ist. Ein großes Problem bei dieser Betrachtung gerade im Bereich der Digitalen Fabrik ist, dass der Aufwand, nicht nur in Form von Software- und Hardwarebeschaffung sondern auch bzgl. des Personalaufwandes, sehr gut monetär bewertet werden kann, dies aber nur selten für die Nutzenseite möglich ist.

Somit kommt es meist zu der (subjektiven) Einschätzung, dass der Aufwand wesentlich höher ist, als der erwartete Nutzen. Dies wird noch durch die Tatsache verstärkt, dass sowohl beim Aufwand als auch beim Nutzen zeitliche Aspekte zu berücksichtigen sind. Der Investitionsaufwand und große Teile des Personalaufwandes treten sofort zu Beginn eines Projektes auf. Der Nutzen ist erst später zu verzeichnen, das liegt allerdings im Wesen von Planungsprojekten.

Das (subjektive) Empfinden des wesentlich höheren Aufwandes führt in vielen Fällen schon vor einer genaueren Bewertung der Wirtschaftlichkeit zur Ablehnung der entsprechenden Projekte.

Eine Ausnahme bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit bilden Optimierungsprojekte, bei denen im Sollzustand eine Kosteneinsparung zum Istzustand erreicht wird. Gleich, ob dieses Ergebnis konventionell oder mit Hilfe von Bausteinen der Digitalen Fabrik erzielt wurde, kann dem monetären Planungsaufwand ein konkreter monetärer Nutzen gegenübergestellt werden.

Mit dem folgenden Beitrag soll der Aspekt der Wirtschaftlichkeit der „Digitalen Fabrik“ diskutiert werden, um die Betrachtung der Nutzenseite zu objektivieren und Wege zur wirtschaftlichen Anwendung der Digitalen Fabrik aufzuzeigen.

2. Das Aufwands-Nutzen-Verhältnis

Das Verhältnis von Aufwand und Nutzen ist entscheidend für die Wirtschaftlichkeit von Projekten. Dabei sind allerdings **alle** Aufwände und **alle** Nutzeneffekte zu betrachten, sowohl die, die einmalig bzw. sofort eintreten, als auch die Aufwände, die in der Folge laufend zu verzeichnen sind und die Nutzeneffekte, die erst später, d.h. ggf. erst bei Folgeprojekten eintreten.

Aufwände

Unter die einmaligen Aufwände sind neben den Soft- und Hardwarekosten auch die Kosten für Schulungen des Personals zu rechnen, das die Software anwenden soll. Liegen die benötigten Projektdaten noch nicht in digitalisierter Form vor, ist ebenso der Personalaufwand zur Digitalisierung zu beachten.

Laufende Aufwände sind ggf. Wartungs- bzw. Aktualisierungskosten der Software, Kosten für den Ersatz der Hardware nach 3-x Jahren sowie der eigentliche Personalaufwand für die Durchführung der Planungsprojekte. (Bild 1)

Eine Senkung des Aufwandes (kostengünstige Software, niedriger Schulungsaufwand für Personal usw.) führt ebenso zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit wie auch eine Erhöhung des Nutzens.

Nutzen

Der entscheidende Nutzen vieler Anwendungen aus dem Bereich der Digitalen Fabrik ist das Erzielen von Ergebnissen und Erkenntnissen, die auf konventionellem Weg nicht ermittelt werden können. Als ein Beispiel sei die dynamische Untersuchung des Lagerbestandes mit Hilfe der Materialflusssimulation genannt.

Zudem wird über die Digitalisierung und Visualisierung der Daten eine höhere Lösungsakzeptanz (bedingt durch ein besseres Verständnis der Lösung) erreicht.

Die Digitalisierung von Prozessen und Ressourcen zwingt in den meisten Fällen zu einer stärkeren Kommunikation zwischen den Beteiligten einer Planung, wodurch eine ganzheitliche Betrachtung sowie eine Variantendiskussion unterstützt wird. Zudem werden mit der Digitalisierung (und Visualisierung) Prozesse und Ressourcen wesentlich detaillierter und vor allem in ihrer gegenseitigen Beeinflussung betrachtet, wodurch Projektfehler schneller aufgedeckt werden können.

Neben diesen Nutzeneffekten, die sofort im aktuellen Projekt wirken, gibt es eine Reihe von Effekten, die zusätzlich bei späteren ähnlichen Projekten wirksam werden.

Einmal erstellte digitale Modelle von Prozessen oder Ressourcen können wiederverwendet werden, wodurch der Zeit- und damit der Personalaufwand für die Planung sinkt. Liegen Daten gut strukturiert digital vor, steigt die Planungsbereitschaft eines Unternehmens, d. h. dass z. B. auf neue Marktsituationen wesentlich schneller mit neuen Fertigungsprozessen bzw. Unternehmensstrukturen reagiert werden kann.

In Bild 1 sind diese Aufwands- und Nutzenaspekte von Projekten im Bereich der Digitalen Fabrik gegenübergestellt.

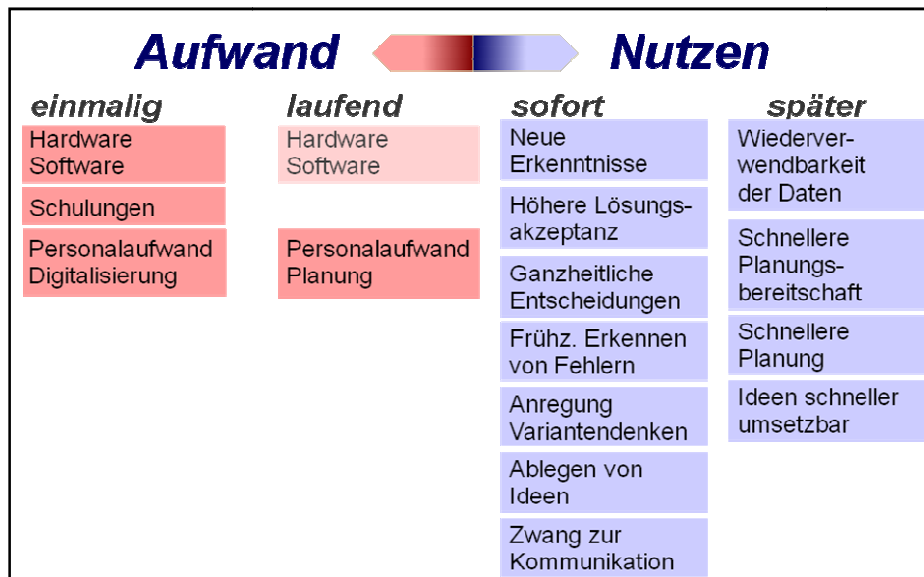


Bild 1: Aufwands- und Nutzenaspekte der „Digitalen Fabrik“

Trotz der „optischen Überlegenheit“ der Nutzenseite bleibt die Schwierigkeit, die Nutzeneffekte monetär zu quantifizieren. Niemand wird z. B., um die Wirtschaftlichkeit eines Projektes zu bewerten, Planungsfehler protokollieren und Vermutungen anstellen, wann diese bei konventioneller Planung entdeckt worden wären, um dann abzuschätzen, welche Einsparungen durch die frühzeitige Erkennung erzielt werden konnten.

Bei einer Betrachtung und Kombination statistisch abgesicherter Aussagen zu Projekten wird schnell deutlich, dass bestimmte Nutzeneffekte real existieren, eine exakte monetäre Bewertung aber nicht möglich ist. Folgend dazu zwei Beispiele:

Nutzen durch frühzeitige Fehlererkennung

Die Digitalisierung und Visualisierung von Produktionsdaten z. B. in der Materialflusssimulation bewirkt, dass wesentlich eher als bei einer konventionellen Planung eine Grundvorstellung von der Funktionsweise des geplanten Produktionssystems aufgebaut werden kann. Weiß man eher mehr über das geplante Produktionssystem (siehe Bild 2), können Planungsfehler auch eher erkannt werden.

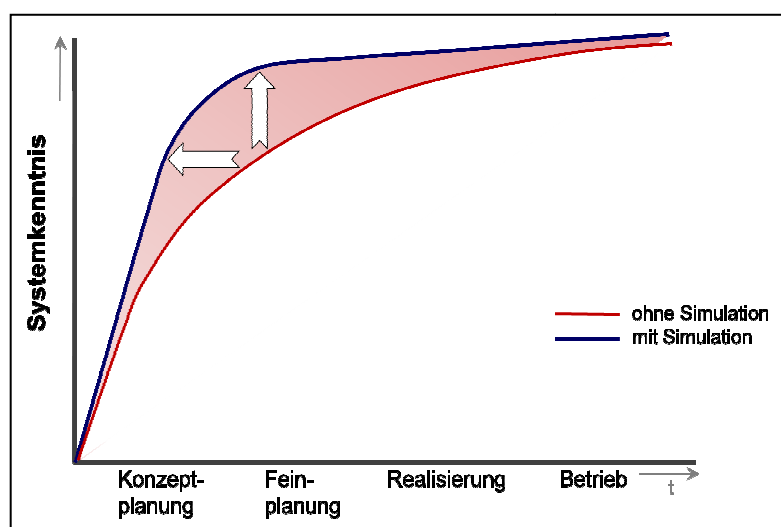


Bild 2: Systemkenntnis ohne/mit Simulation /nach Acél/

Statistisch abgesichert ist, dass die Kosten zur Behebung von Planungsfehlern im Projektverlauf exponentiell ansteigen. Werden Planungsfehler durch den Einsatz der Digitalen Fabrik früher erkannt, sinken die Gesamtkosten zur Fehlerkorrektur im Vergleich zur konventionellen Planung. (Bild 3) Die Kurven für die Kosten der Fehlerbeseitigung mit und ohne digitaler Fabrik zeigen einen deutlichen Kostenunterschied wobei die Menge der entdeckten Fehler bei beiden Planungsvarianten als gleich angenommen wird. Der entscheidende Unterschied liegt lediglich im zeitlichen Versatz der Fehlerentdeckung.

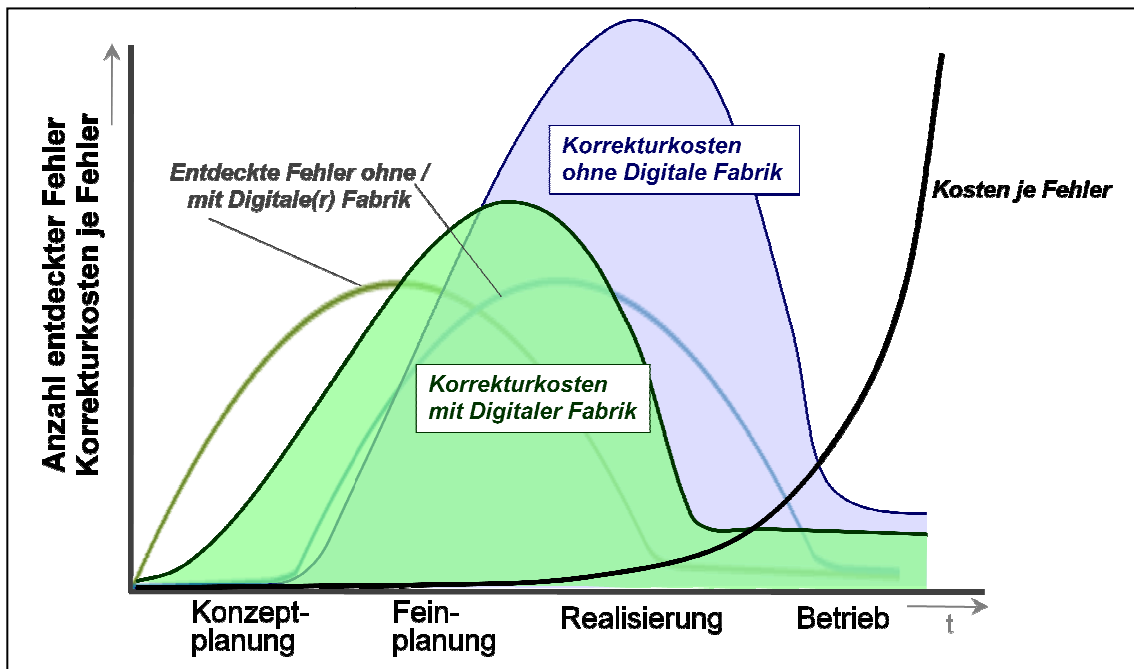


Bild 3: Reduzierung der Gesamtfehlerkosten bei Einsatz der Digitalen Fabrik

Nachnutzung von einmal Erstelltem

Dass die digitale Ablage und Verarbeitung von Daten zur Effektivierung des Planungsprozesses führt auch wenn der Einstieg in die Technologie erst einmal mit Mehraufwand verbunden ist, wurde im Bereich der Konstruktion seit der Einführung von CAD-Systemen ausreichend belegt. Nicht zuletzt spiegeln sich Effekte der digitalen Produktentwicklung in den extrem verkürzten Entwicklungszeiten vieler Produkte wider.

Ähnliche Effekte sind bei der Anwendung digitaler Planung in den Bereichen Prozess-, Ressourcen- und Layoutplanung zu erwarten/zu verzeichnen. Sind z. B. Bibliotheken mit den im Unternehmen verwendeten Betriebsmitteln sowie ein digitales Produktionslayout einmal erstellt, ist die Erstellung modifizierter Layouts (Varianten- oder Anpassungsplanung) mit wesentlich geringerem Aufwand gegenüber konventioneller Layouterstellung möglich.

Je häufiger Anpassungsplanungen aufgrund z. B. veränderter Markterfordernisse durchgeführt werden müssen, umso höher wird der Nutzen durch den Einsatz digitaler Planung sein. Die Erfahrungen und Markteinschätzungen der Projektgruppe Materialflussplanung im Rahmen des Innovationsforums Digitale Fabrik zeigen einen eindeutigen Trend stärker zur Modernisierung und Optimierung der bestehenden Fabrikanlagen als zur Neuplanung

„auf der grünen Wiese“. Durch diesen Umstand wird sich das Potenzial der Nachnutzung enorm erhöhen.

Zudem können einmal erfasste Daten, einmal erzeugte Lösungen, einmal gespeichertes Wissen bei Bedarf bei ähnlichen Projekten Wiederverwendung finden und so den Planungsaufwand erheblich reduzieren.

Der eigentliche Effekt der Digitalen Fabrik ist allerdings in der (Nach-)Nutzung von Daten anderer Planungsbereiche zu sehen, da damit einerseits der Aufwand zur Datenerfassung reduziert werden kann und andererseits die Durchgängigkeit von Daten gesichert wird, wodurch die Fehlerquote in Projekten sinkt.

3. Digitale Fabrik – Make or Buy?

Im Rahmen der Diskussion um die Wirtschaftlichkeit der Digitalen Fabrik ist ebenfalls die klassische „Make or Buy?“-Frage zu stellen.

Einige Bereiche wie die Produktentwicklung oder Arbeitsplanung gehören in vielen Unternehmen zu den Kernkompetenzen, die auf jeden Fall durch das Unternehmen selbst zu realisieren sind. Anders sieht es z. B. in den Bereichen der Materialfluss- bzw. Layoutplanung, der Logistikplanung oder der Prozessoptimierung aus. Diese sind selten Kernkompetenzen des Unternehmens und somit fehlen auch häufig Fachkräfte für diese Gebiete. Ohne die notwendige Planungs- / Optimierungskompetenz wird aber wahrscheinlich auch das beste Softwarewerkzeug wirkungslos bleiben. Überlegungen wer die Planung wie durchführen soll, sind notwendig.

Ebenso wie bei klassischen Outsourcing-Entscheidungen stellt sich auch im Bereich der Digitalen Fabrik das kostenbasierte Entscheidungsschema dar. Fixen und variablen Kosten der Eigenerstellung stehen meist ausschließlich variable Kosten der Fremderstellung gegenüber - nur, dass die variablen Kosten nicht von Stückzahlen sondern vom Umfang bzw. der Häufigkeit von durchzuführenden Planungen abhängig sind. (siehe Bild 4)

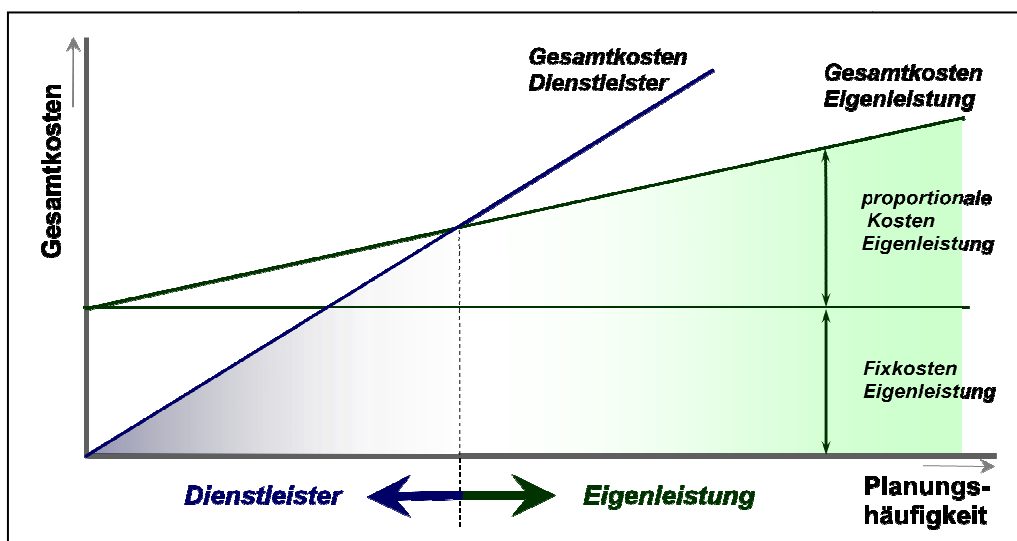


Bild 4: Kostenschema für Outsourcingentscheidungen

Werden in bestimmten Bereichen Planungen relativ selten durchgeführt, ist es also ratsam, diese an einen Planungsdienstleister zu vergeben. In Bereichen mit hoher Planungshäufigkeit ist die Investition in Soft- und Hardware sowie in entsprechend kompetentes

Personal die wirtschaftliche Entscheidung. Etliche KMU sind diesen Weg im Bereich der PPS/ERP-Systeme in den letzten Jahren gegangen, da Entscheidungen, die durch diese Systeme unterstützt werden, täglich anstehen.

Kritisch ist es in Bereichen, in denen die Häufigkeit von notwendigen Planungen nur schwer abgeschätzt werden kann. Bedingt durch die zunehmende Turbulenz der Märkte, werden auch Fragen der Ressourcen- und Strukturplanung wesentlich häufiger zu beantworten sein, um ein Unternehmen im wirtschaftlichen Bereich agieren zu lassen. In diesen Fällen ist der wirtschaftliche Weg ggf. erst Planungsdienstleistungen in Anspruch zu nehmen und bei ansteigender Planungshäufigkeit dann in die eigene Planungskompetenz zu investieren.

Die erwarteten Vorteile beim klassischen Outsourcing von Logistik- oder Instandhaltungsaufgaben wie z. B. bessere Planungsqualität und geringerer Zeitbedarf aufgrund höherer Planungskompetenz oder höhere personelle Kapazität und Flexibilität sprechen unter Beachtung o. g. wirtschaftlicher Aspekte ebenso für ein Outsourcing von Teilbereichen der Digitalen Fabrik.

4. Fazit

Die Wirtschaftlichkeit der Digitalen Fabrik definiert sich über das Verhältnis von Aufwand und Nutzen, jedoch nicht nur eines einzelnen Projektes sondern über alle Projekte, die auf dieser Basis durchgeführt werden.

Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit sind auch monetär nur schwer quantifizierbare Nutzenaspekte mit in die Diskussion einzubinden.

Vorhandene Ansätze der Digitalen Fabrik (in allen Unternehmen gibt es bereits eine Vielzahl von digitalen Daten!) sollten gezielt ausgebaut werden, um weitere Nutzenaspekte zu erschließen.

Für jeden Planungs- / Entscheidungsbereich ist wirtschaftlich fundiert die „Make or Buy?“-Frage zu beantworten.

Finanzierungsangebote der KfW Bankengruppe für innovative Unternehmen

Markus Kaufmann KfW

Seit ihrer Gründung im Jahre 1948 unterstützt die KfW Bankengruppe im Rahmen ihres gesetzlichen Auftrags den Wandel und treibt zukunftsweisende Ideen voran in Deutschland, in Europa und in der Welt. Dafür hat sie in über 60 Jahren fast eine Billion Euro als Darlehen vergeben.

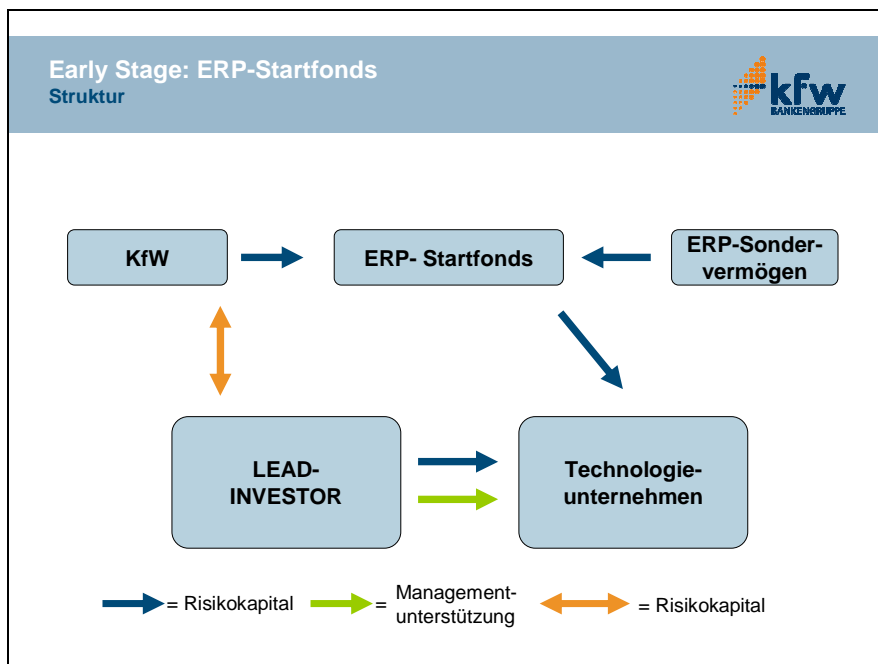
Als Förderbank, die im Eigentum von Bund und Ländern steht, unterstützt sie die nachhaltige Verbesserung der wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Lebens- und Wirtschaftsbedingungen etwa in den Bereichen Mittelstand, Existenzgründung, Umweltschutz, Wohnungswirtschaft, Infrastruktur, Bildungsförderung, Projekt- und Exportfinanzierung oder Entwicklungszusammenarbeit.

Zur Finanzierung innovativer (technologieorientierter) Vorhaben bietet die KfW Bankengruppe gewerblichen Unternehmen, die sich mehrheitlich in Privatbesitz befinden, Mezzaninekapital aus dem ERP-Innovationsprogramm und Beteiligungskapital aus dem ERP-Startfonds.

1. Beteiligungskapital für junge Technologieunternehmen

Die KfW mobilisiert mit Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Beteiligungskapital für junge, innovative Technologieunternehmen mit dem ERP-Startfonds. Die KfW geht hierbei Beteiligungen ein, ohne sich im Regelfall an der Geschäftsführung des Unternehmens zu beteiligen. Voraussetzung ist aber, dass ein weiterer Beteiligungsgeber (Leadinvestor) sich ebenfalls in mindestens gleicher Höhe beteiligt. Die KfW beteiligt sich zu den gleichen wirtschaftlichen Konditionen wie der Leadinvestor.

Diese Beteiligungskonstellation wird erläutert im folgenden Schaubild



Mit dem Beteiligungskapital aus dem ERP-Startfonds werden junge (innovative) Technologieunternehmen gefördert, die nicht älter als 10 Jahre sind und die Kriterien der EU-Kommission für kleine Unternehmen erfüllen. Diese innovativen Technologieunternehmen können mit dem aufgenommenen Beteiligungskapital ihren Finanzierungsbedarf decken z. B. zur Entwicklung neuer oder wesentlich verbesserter Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen und/oder deren Markteinführung. Dabei muss der innovative Kern im Unternehmen selbst entwickelt werden und die neu entwickelten Produkte (Verfahren/Dienstleistungen) unterscheiden sich in den wesentlichen Funktionen von den bisherigen Produkten (bzw. Verfahren/Dienstleistungen) des Unternehmens und basieren auf eigener FuE-Leistung.

Der Höchstbetrag beträgt 3,0 Mio. EUR pro Technologieunternehmen, wobei mehrere Finanzierungsrunden möglich sind. Bei der erstmaliger Finanzierung sind Beteiligungsbeträge bis zu 1,5 Mio. Euro möglich. Laufzeit, Konditionen und Beteiligungsform richten sich nach der Beteiligung des Leadinvestors. Der Leadinvestor soll das Technologieunternehmen in allen wirtschaftlichen und finanziellen Belangen beraten und unterstützen. Er soll Management-Know-how und Marketingunterstützung bieten können. Außerdem sollte er in der Lage sein, zusätzliche Finanzierungsmittel zur Verfügung zu stellen. Als Leadinvestoren kommen Beteiligungsgesellschaften, Unternehmen (als strategische Investoren) und Business Angels in Betracht. Dabei müssen die Beteiligungsgesellschaften bei der KfW akkreditiert sein; Unternehmen und Business Angels werden auf Einzelfallbasis zugelassen.

Der Leadinvestor überwacht die Geschäftsführung und Entwicklung des Technologieunternehmens und unterrichtet hierüber die KfW. Zum Ausgleich erhält er von der KfW eine Vergütung.

Vor einer potenziellen Beteiligung der KfW hat der Leadinvestor für die KfW die Beteiligungsvoraussetzungen zu prüfen und nachvollziehbar zu dokumentieren. Die Beurteilung des Unternehmens (Due Diligence, Investmentproposal o. ä.) stellt im Rahmen der Finanzierungsprüfung einen wesentlichen Aspekt der Beteiligungsentscheidung der KfW dar.

2. Nachrangkapital für innovative Produkt- und Prozessinnovationen im ERP-Innovationsprogramm

Innovationen sind für die wirtschaftliche Dynamik und das Wachstum der deutschen Volkswirtschaft von großer Bedeutung. Mit dem ERP-Innovationsprogramm fördert die KfW sowohl Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen (Programmteil 1) als auch die Markteinführung (Programmteil 2) neuer Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen. Das Programm richtet sich an etablierte Unternehmen, die bereits seit mehr als 2 Jahren am Markt tätig sind. Für kleine Unternehmen im Sinne der EU-Definition gibt es ein KUFenster mit einem zusätzlich vergünstigten Zinssatz. Der Gruppenumsatz des Unternehmens darf 125 Millionen Euro grundsätzlich nicht überschreiten.

Durch ihr Finanzierungspaket, das aus einem klassischen Kredit (Fremdkapitaltranche) und einem Nachrangdarlehen (Nachrangtranche) besteht, stärkt die KfW zusätzlich die Kapitalstruktur des Unternehmens.

Im einzelnen sind in der Forschungs- und Entwicklungsphase förderfähig

- die dem Vorhaben zurechenbare Personaleinzelkosten, Gemeinkosten, Reise-, Material- und EDV-Kosten

- die Einzelkosten für Forschungs- und Entwicklungsaufträge sowie für Beratungsleistungen und ähnliche Dienste
- die Investitionskosten, die für das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FUE-Vorhaben) anfallen
- die Kosten zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Innovation
- Maßnahmen zur Qualitätssicherung.

Die Forschungs- und Entwicklungsphase endet mit dem Abschluss der für die kommerzielle Nutzung notwendigen Entwicklungsarbeiten.

In der Markteinführungsphase, die spätestens drei Jahre nach Beginn der kommerziellen Nutzung der Innovation endet, sind förderfähig

- Kosten für Unternehmensberatung, Ausbildung, Marktforschung und Marktinformation, soweit die Maßnahmen darauf abzielen, einmalige Informationsbedürfnisse sicherzustellen
- Investitionen im Zusammenhang mit der Einführung neuer Produkte oder Produktionsverfahren (z. B. Produktionsaufbau).

Product Lifecycle Management (PLM für den Mittelstand)



PROCIM

Solution Partner

PLM

SIEMENS

Product Lifecycle Management (PLM) für den Mittelstand

Dr. Ing. Lutz Klingbeil
PROCIM Systemtechnik GmbH

9.09.2009

©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Historie



- **1990 Firmengründung**
CAD Systemhaus
Partner Firma ISYCON/Produkt CAD Software PROREN
Sitz Zwickau
- **1992 Firmenveränderung**
Strategische Partnerschaft mit INTERGRAPH
Entwickler von Solid Edge
Sitz Zwickau
- **1993**
Lösungen für Konstruktion und Dokumentation
Zertifizierung als Intergraph Solution Center
- **1996 Firmenerweiterung**
Erster Solid Edge Business Partner der neuen Bundesländer
Hauptsitz im Gewerbegebiet Stenn bei Zwickau
- **1998**
Unigraphics Solutions strategischer Partner
- **2007**
PROCIM wird zertifizierter Vertriebspartner von Siemens
PLM Software

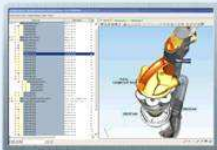


©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Leistungen im Überblick



Produkte der Velocity Series



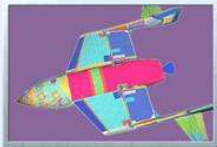
Datenmanagement
TEAMCENTER EXPRESS
VELOCITY SERIES



Konstruktion
SOLID EDGE
VELOCITY SERIES



Fertigung
CAM EXPRESS
VELOCITY SERIES



Berechnung
FEMAP
VELOCITY SERIES



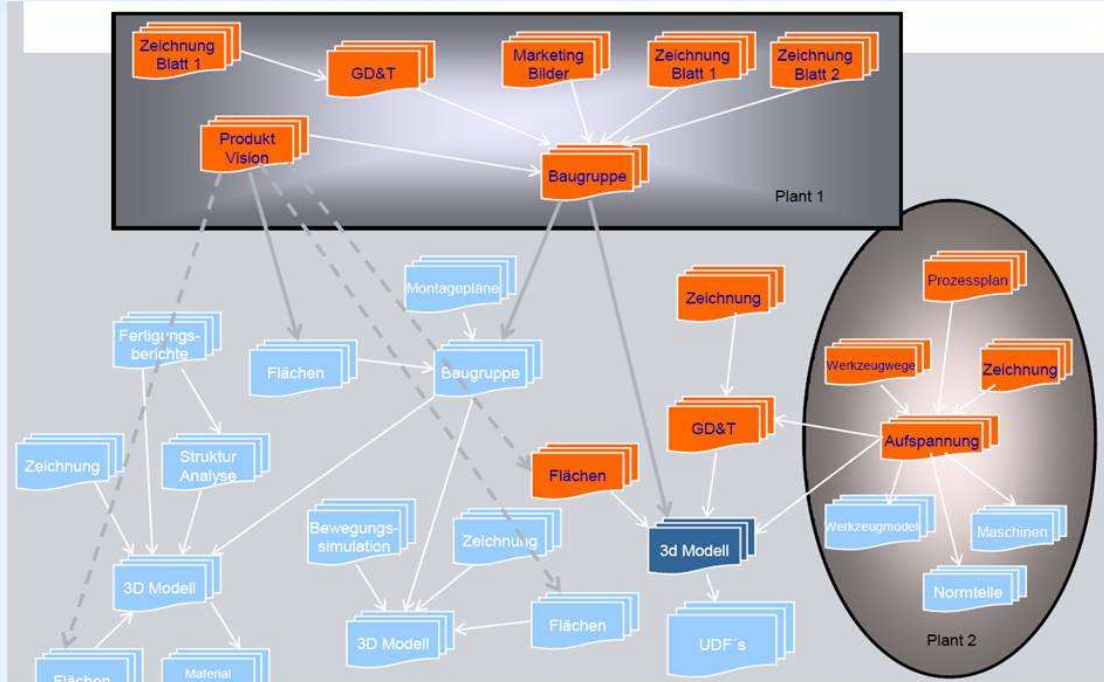
Kompetenz in CAD/CAM/PLM – Garantie für Ihren Erfolg!

VELOCITY SERIES

- Modulare und dennoch integrierte Software-Lösung für das Product Lifecycle Management in kleinen und mittelständigen Unternehmen

©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Früher war alles so einfach...



©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Mittelständische Aufgaben und Prozesse



Verwaltung aller Daten mit einem System



- Administration
- Fertigung
- Verkauf
- Zulieferer
- Planung
- Marketing
- Konstruktion

- Erstellen neuer Projekte
- Einführen neuer Freigabeprozesse
- Verwalten von Altdaten (Design Reviews)
- Erzeugen von Zeichnungsdaten
- Erzeugen von CAD Modellen und Stücklisten
- Bereitstellen von Visualisierungsdaten
- Überprüfen, Anmerkungen, Fehlerbeschreibung
- Überprüfen, weiterleiten, freigeben

©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Teamcenter Express *Multi-CAD Unterstützung*




Teamcenter Express unterstützt Kunden, die in einer Multi-CAD Umgebung arbeiten

- CAD-Integrationen sind in Teamcenter Express verfügbar
- Check-in/Check-out, Suche und Ersetzen, verwaltete Revision / Version, Produktkonfiguration mit / ohne CAD-Integration, statische und dynamische Stücklisten
- Der Kunde hat die Flexibilität CAD Daten, Altdaten, Kundendaten oder Zulieferer zu verwalten
- Ermöglicht gemeinsame Prozesse mit unterschiedlichen CAD-Systemen und erleichtert Migrationsstrategien



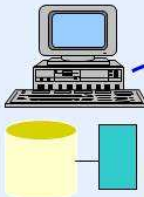
©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Teamcenter Multisite

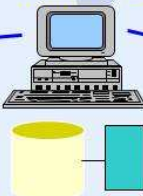


- Mehrere Entwicklungsstandorte
 - Verteilte Entwicklung
 - Ständiger, aktueller Datenaustausch
 - Verteilung von Norm-/Standardteilen
- Informationszugang für alle Abteilungen

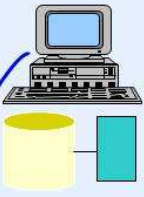
Standort A



Standort C




Standort B



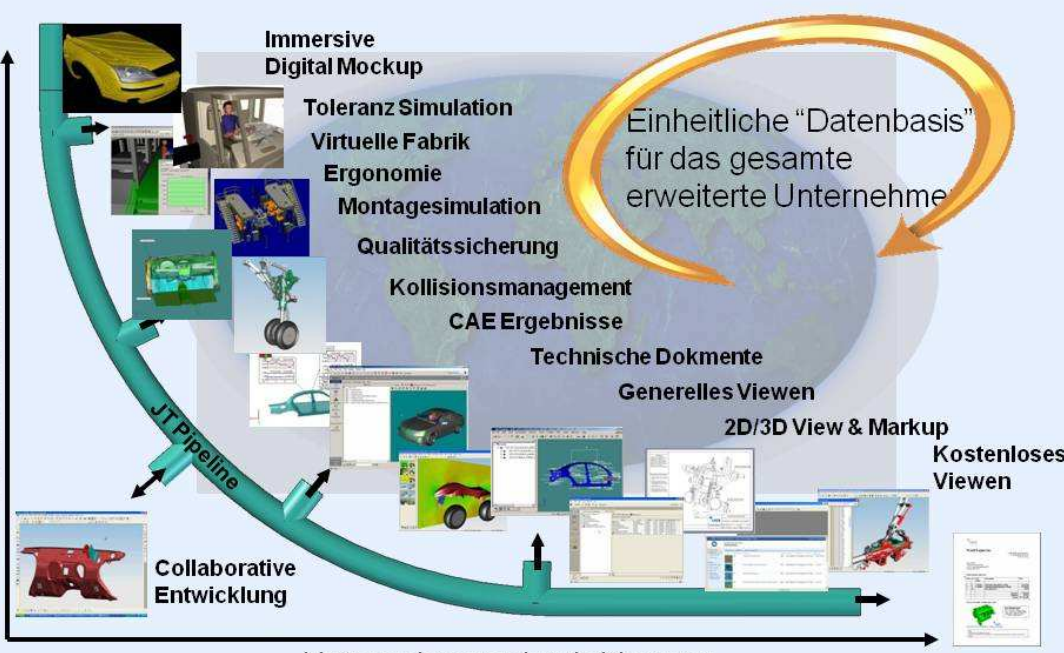
- Nutzung einer zentralen Datenbank
 - (4-Tier) verteilte regionale Standorte
 - Standleitung
- Nutzung einer zentralen Datenbank plus synchrone Kopien
 - Multisite verteilte überregionale / globale Standorte
- Zugriff über Webbrowser außerhalb der Standorte

13 ©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Teamcenter Visualisierung



Prozesskomplexität



Einheitliche "Datenbasis" für das gesamte erweiterte Unternehmen

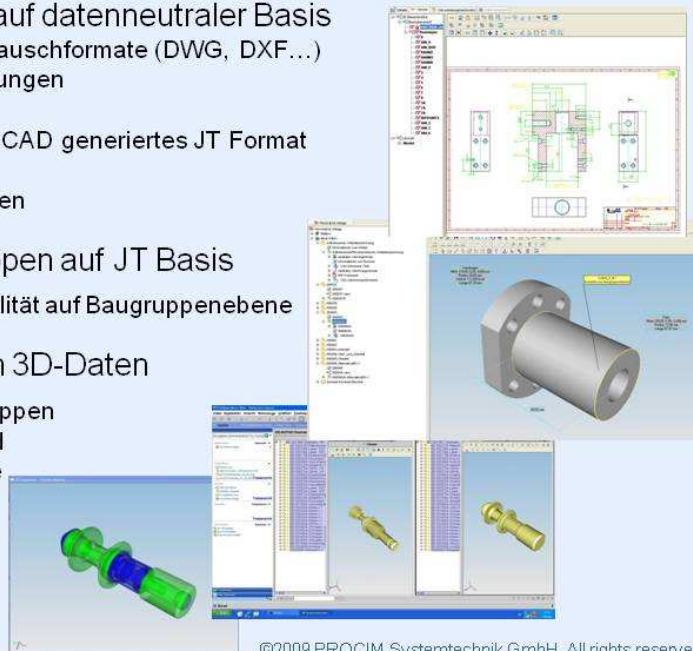
Unternehmensdurchdringung

©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Integrierte Visualisierung

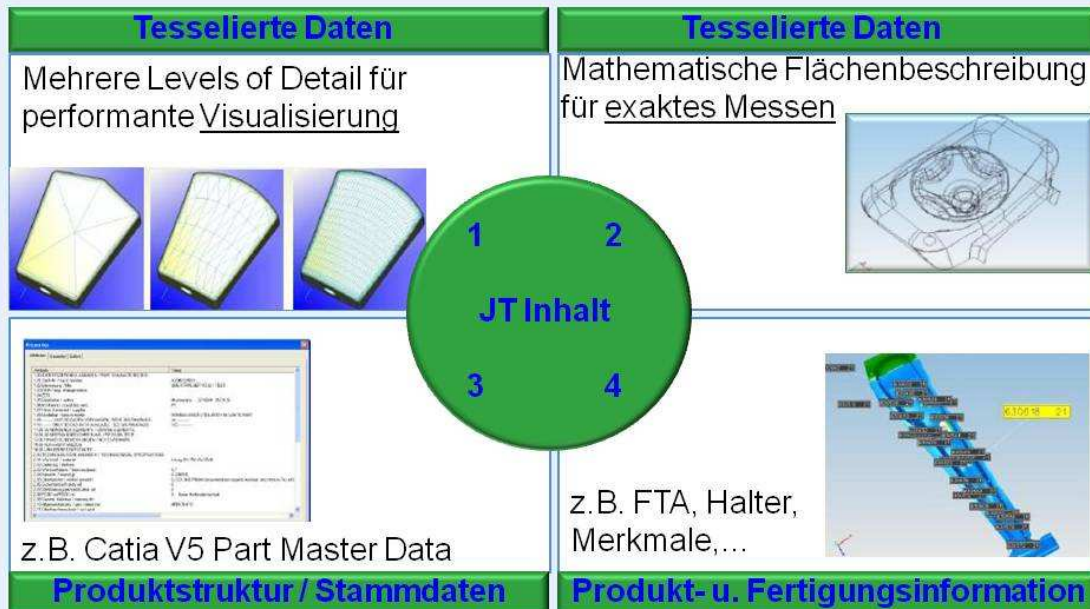


- Integrierte Visualisierung auf datenneutraler Basis
 - 2D-Messfunktionen für Austauschformate (DWG, DXF...)
 - Markup Funktion für Zeichnungen
 - Vergleich von Zeichnungen
 - 3D-Messfunktionen für vom CAD generiertes JT Format
 - Markup Funktion für 3D
 - Vergleich von 3D Dokumenten
- Visualisieren von Baugruppen auf JT Basis
 - Mess- und Markupfunktionalität auf Baugruppenebene
- Graphischer Vergleich von 3D-Daten
 - Über Einzelteile und Baugruppen
 - Darstellung von gleicher und unterschiedlicher Geometrie



©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

JT Technologie Grundlagen



©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Portfolio, Program- & Project-Management



Portfolio, Programm und Projekt Management



Vollständig integrierte Projekt- und Programm-Entscheidungsfindung

Ressourcen Management – über Anwender, Gruppen und über Disziplinen

Zeitplan Management – Aufgaben, Abhängigkeiten, Ressourcen-Zeitpläne

Integrierte Workflows steuern Projektaufgaben (PEM – Program Execution Management)

Integrierte Aufgaben “deliverables” (Konstruktions-Dokumente, Office, xCAD Dateien, ...)

PLM Sicherheit Zugriff Regelung

©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Warum ? Programm- und Projekt-Management



- Unbekannter Einfluss der in Entwicklung befindlichen Produkte
- Fehlen von Echtzeit-Sicht von laufenden Projekten / Programmen
- Undurchgängige Projekt / Programm Ausführung und Ablieferung
- Ungenaue oder überholte Informationen über die Projekt / Programm Ausführung

©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Programm- und Projekt-Management



- Echtzeitsichtbarkeit in die Programminformationen während des Produkt-Lebenszyklus
- Projekt- und Programm-Zeitpläne & Ressourcen verlinkt mit aktuellen Workflow Prozessen
- Kosten, Ressourcen und Arbeit synchronisiert und verwaltet gemäß optimierter Prozesse, z.B. Phase-Gate

Klare Strategie

Verbinden aller Mitglieder von Projektteams mit gemeinschaftlichen Teamcenter Arbeitsplätzen, die alle Projektinformationen beinhalten

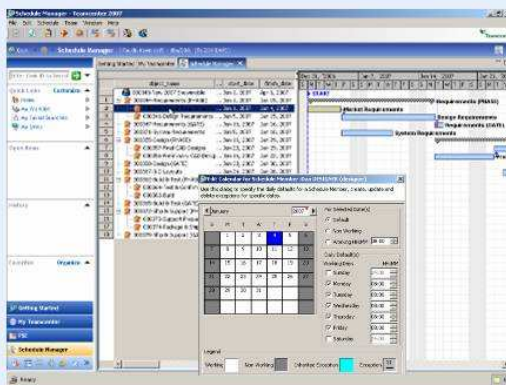
Erprobt!

- Schnellerer Zugriff auf Projektinformationen hilft die Durchlaufzeit zu verkürzen
- Verbesserte Zusammenarbeit verhindert Missverständnisse die zuvor für Verzögerungen gesorgt hatten

KATUN



Programm- und Projekt-Management



- Ein System mit Prozess- & Abwicklungsverwaltung individueller Aufgaben verbunden mit dem geistigen Eigentum des Unternehmens
- Koppeln von Projektinformationen (Zeitplan)
 - mit Produktdaten (Teilen, Dokumenten, Produkt Strukturen)
 - mit Workflow Prozessen
 - mit Ressourcen
- Komplette Sichtbarkeit von Projekt-Zeitplänen durch Reports & Dashboards
- Phase-Gate & Projekt Templates
- MS Project Integration

Klare Strategie

Verbinden aller Mitglieder von Projektteams mit gemeinschaftlichen Teamcenter Arbeitsplätzen, die alle Projektinformationen beinhalten

Erprobt!

- Schnellerer Zugriff auf Projektinformationen hilft die Durchlaufzeit zu verkürzen
- Verbesserte Zusammenarbeit verhindert Missverständnisse die zuvor für Verzögerungen gesorgt hatten

KATUN



Projekt in Teamcenter 2007



- Stellt **Projektmanagement Funktionalität** bereit
 - Erzeugt **Zeitpläne** mit Aufgaben-Strukturen
 - Führt **Ressourcen-Zuweisungen** durch und stellt **Aufgabenabhängigkeiten** und **-bedingungen** her
 - Erstellt **Baselines**

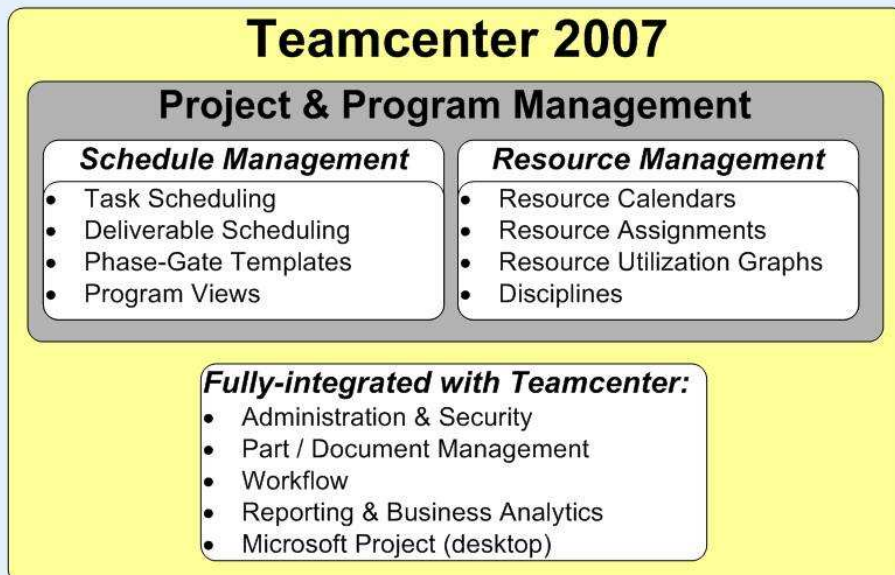
- Setzt das **Teamcenter Ressourcen** und **Sicherheitsmodell** ein
 - Stellt grundlegende Ressourcenmanagement Möglichkeiten bereit, das User und Disziplinen enthält (ehemals Qualifikationen)

- **Integriert Aufgaben** im Zeitplan **mit Workflow Templates & Deliverables**

- Stellt **Kalenderverwaltung** mit Organisation, Ressourcen und Zeitplan-Kalender bereit.

©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Beispiel in Teamcenter 2007



©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Ressourcen- & Zeitplan-Verwaltung

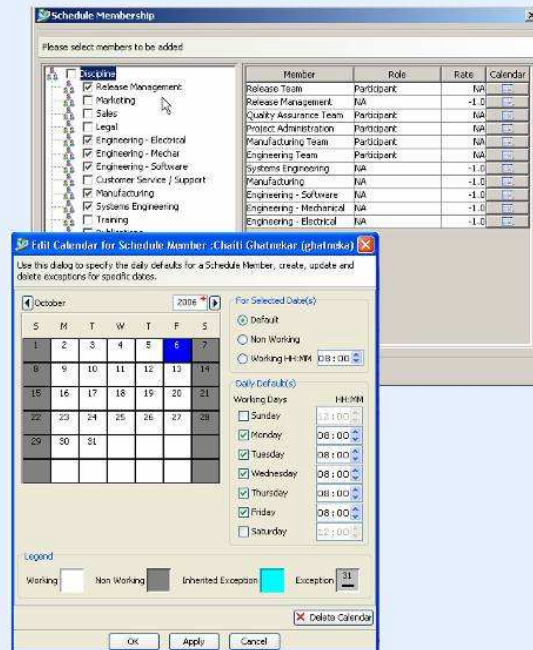


Ressourcen-Verwaltung – “disciplines” hinzugefügt zu “users” & “groups”

- “Disciplines” definieren Ressourcen-Expertise in kunden-spezifischen Bereichen
- Erlaubt dem Planer sehr schnell festzustellen, ob genügend Ressourcen mit der richtigen Qualifikation für ihr Portfolio von Projekten bereit stehen

Zeitplan-Management – Aufgaben, Abhängigkeiten, Ressourcen Zeitplan-Kalender

- Aufsetzen individueller Ressourcen-Kalender um die Arbeitszeiten jeder einzelnen Ressource anzuzeigen
- Erleichtert die optimale Ressourcenauslastung und –ausgleich 24 / 7 / 365



©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Phase-Gate Vorlagen & Programmansichten

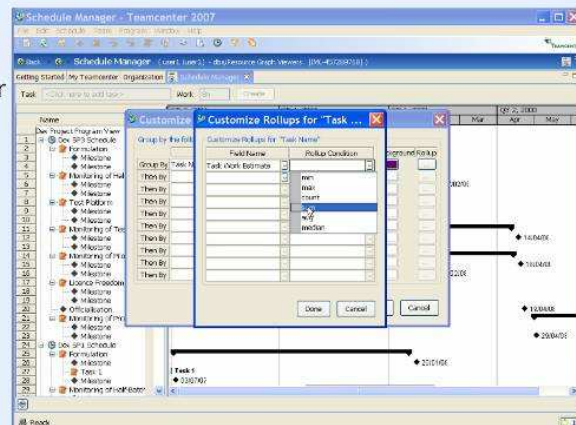


Phase-Gate Projekte & Vorlagen (Templates)

- Eingearbeitete Standardprozesse in einen vorlagenbasierenden Zeitplan, inklusive Aufgaben, Dauer, Abhängigkeiten, Ressourcen und Deliverables

Programm Ansicht

- Einfach konfigurierbare Ansicht von wichtigen Projektdaten über Projekte und Programme
- Auswahl von Aufgaben, Meilensteinen, Sortierreihenfolge, Farben und summarische Roll-Ups



©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Reports & Dashboards mit Teamcenter R&A



Reports & Dashboards

- Verbessertes Rahmenwerk um Teamcenter Reporting and basierende Reports und Dashboards zu unterstützen. Die existierende Erzeugung wird weiter unterstützt, aber künftige Reports (und Dashboards) sollten in Teamcenter Reporting and Analytics erstellt werden. Der Dashboard Mechanismus wird neu sein (unterschiedlich zu Teamcenter Project).

The screenshot displays several overlapping report windows from the Teamcenter software. On the left, a 'Schedule Overview' window shows project details for 'minisko eCube WPL' starting in July 2007. In the center, a 'Task Report' window shows a list of tasks with columns for task name, start date, and completion percentage. To the right, a 'Milestone Analysis Report' window features a bar chart with four bars of different colors (blue, yellow, pink, blue) representing milestones. Another window titled 'Cross Schedule' is partially visible. A blue callout box on the right lists the following features:

- Big Picture
- Cross Schedule
- Milestone Analysis
- Resource Task
- Schedule Overview
- Task Deliverable

At the bottom right of the screenshot, the text '©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved' is visible.

Zusammenfassung



PLM für den Mittelstand

- Verwaltung aller produktbeschreibenden Daten
- Multicad fähig
- Multisite fähig
- integrierte Visualisierung
- integrierte Projektplanung
- vorkonfiguriert (out of the box)
- geringe Kosten für Implementierung

... eine zentrale Datenbank für ALLE technischen Daten und Prozesse

Teamcenter Express

©2009 PROCIM Systemtechnik GmbH. All rights reserved

Digital entwickelt, digital geplant und dann ...?

Planungs-Ingenieur
Martin Freytag
imk automotive GmbH Chemnitz

Consultant ERP/PPS
Bernd Wurm
BW Factory Group Günzburg / Schmöln

1. Einleitung

Die Fa. Kiefel Geräte- und Metallbau GmbH (im Folgenden als Fa. Kiefel benannt) trat als Hersteller von kompletten Kamineinsätzen mit der Aufgabe der Planung eines neuen Produktes und der dazugehörigen Strukturierung der Geschäftsprozesse an die imk automotive GmbH heran. Ein gut ausgebildetes und hoch motiviertes Mitarbeiterpotential sowie konkurrenzfähige Produkte waren vorhanden, es mangelte jedoch an organisatorischen Lösungen und es waren Zweifel an einem effizienten Einsatz der Fertigungstechnik vorhanden. Es wurden also technische und organisatorische Defizite im Bereich Arbeitsvorbereitung/Planung angesprochen, für die nach Lösungen gesucht wurde.

2. Vorgehensweise

a. PPS-System

Ein PPS-System muss her, um die Zielsetzungen:

- Verbesserung des innerbetrieblichen Daten-Handlings,
- bessere Nutzung der Fertigungsmittel,
- kürzere Durchlaufzeiten,
- geringerer Lagerbestand, besseres Bestellwesen zu erreichen.

Die Installation und Einführung eines PPS-Systems ist von der Fa. Kiefel Systemtechnik avisiert.

b. Produkt- und Fertigungsanlauf

Der Fertigungsanlauf des neuen Produktes ist in technischer und organisatorischer Hinsicht zu unterstützen.

- technisch höheres Niveau durch:
 - Entwicklung verbesserter Vorrichtungen
 - Erhöhung des Automatisierungsgrades (maximaler Roboter-Einsatz)
- optimierte Fertigungs- und Prozess-Planung sowie Dokumentation
 - imk automotive GmbH verwendet Delmia

3. Umsetzung

a. Einsatz des Pre-PPS-Systems

In Anbetracht der Größe der Aufgabe gab es Bedenken bei der Fa. Kiefel, dass eine möglichst konfliktarme Integration des PPS-Systems sicherzustellen sei, ein betriebsinternes Chaos wurde befürchtet.

Lösung:

- Zuerst erfolgt die Datenerstellung in Excel – das hat jeder und das kann jeder!
- Anschließend Erarbeitung eines Pre-PPS-Systems durch die imk automotive GmbH

Aufgrund der Tatsache, dass gerade eine Produktneuerung durchgeführt wurde, wurde das neue Produkt zum beispielhaften Aufbau verwendet und stellte den Kondensationskern für alle nachfolgenden Produktdatenerfassungen dar.

Die Konstruktion des neuen Kamineinsatzes wurde bei der Fa. Kiefel in Solid-Edge durchgeführt und die erhaltenen Konstruktionsdaten der imk automotive GmbH zur Verfügung gestellt.

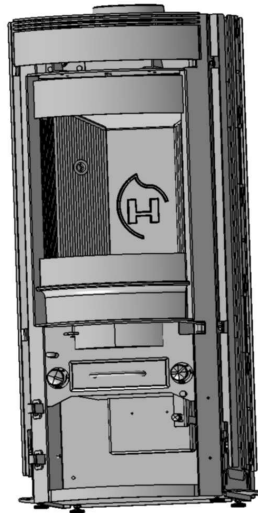


Abb. 1 Kamineinsatz

Das Problem der Konvertierung der Daten von Solid-Edge in Catia/Delmia wurde über ein Konvertierungsprogramm gelöst.

Daraus erfolgte die Erarbeitung der Stammwerte-Dateien, welche zur Ableitung benötigter Datenbestände erforderlich sind.

- Artikelstamm:

Der Artikelstamm lag in angefangenem Arbeitsstand vor und wurde auf Basis der Solid-Edge-Daten vervollständigt. Zusammen mit der Fa. Kiefel wurde eine Möglichkeit gesucht, wie die Artikel-Nr. bereits bei der Konstruktion der Teile vergeben werden kann. Eine entsprechende Lösung wurde umgesetzt und in den Geschäftsprozess eingeordnet (s. Abb. 1).

Ergebnis: jedes Teil war mit Artikel-Nr. und Bezeichnung deklariert.

Artikel-Nr.	Artikel-Bezeichnung	Mengen- einheit	Artikelart	Bezugsart	Zeichnungsnr.
00001	Mantelblech	Stck.	Blechteil	eigen	pri000001
00002	Luftkanal links und rechts	Stck.	Blechteil	eigen	pri000003
00003	Blech-Scheibenspülung	Stck.	Blechteil	eigen	pri000004
00004	Gussrost-Auflage-vorn	Stck.	Gussteil	eigen	pri000006
00005	Abdeckblech Ofenrohr	Stck.	Blechteil	eigen	pri000010
00006	Luftleitblech Scheibenspülung	Stck.	Blechteil	eigen	pri000014
00007	Luftkasten Sekundärluft	Stck.	Blechteil	eigen	pri000023
00008	Automatenhalter	Stck.	Blechteil	eigen	pri000024
00009	Holzfach	Stck.	Blechteil	eigen	pri000027
00010	Abstandhalter	Stck.	Blechteil	eigen	pri000038
00011	Einhausung Schließhaken	Stck.	Blechteil	eigen	pri000035
00012	Aschkasten-Boden	Stck.	Blechteil	eigen	pri000019
00013	Muldenauflage	Stck.	Blechteil	eigen	pri000091
00014	Rauchfang-Turm	Stck.	Blechteil	eigen	pri000109
00015	Front-Aschekasten	Stck.	Blechteil	eigen	pri000011
00016	Blende Front-Aschekasten	Stck.	Blechteil	eigen	pri000012
00017	Aschkastenauflage links und rechts	Stck.	Blechteil	eigen	pri000022
00018	Aufnahme Zugfeder Tür	Stck.	Blechteil	eigen	pri000099
00019	Blende Gussmulde	Stck.	Blechteil	eigen	pri000012
00020	Blende Gussmulde 2	Stck.	Blechteil	eigen	pri000013

Abb. 2: Artikelstamm

▪ **Baukasten-Stückliste:**

Basierend auf den Konstruktionsdaten und dem Artikelstamm wurde begonnen, per Excel eine Stückliste für das neue Produkt aufzubauen. Dies gestaltete sich langwierig und umständlich („File-Hopping“), so dass schnell eine Möglichkeit gesucht und gefunden wurde, aus Delmia die Stückliste in Excel auszugeben und in das Pre-PPS-System zurückzuspielen. Als bessere Lösung erwies sich somit die Nutzung der Delmia-Funktion für eben diesen Zweck.

▪ **Merkmale-/Ausprägungsstamm:**

Da die Fertigung des neuen Produktes in verschiedenen Varianten vorgesehen war, wurden die Merkmale und dazugehörigen Ausprägungen in einer Datei festgelegt. Sie werden dann mit einer festgelegten Notation in der Baukasten-Stückliste verwendet.

Pos	Merkmale	Merkmal-Schlüssel	Bemerkung	Ausprägung	Ausprägung-Schlüssel	Varianten-Schlüssel	Bemerkung
1	M_Design	M00	Unterschiedliches Design	A_Kachel	01	M00_01	Design Kachel
2				A_Speckstein	02	M00_02	Design Speckstein
3				A_Metall	03	M00_03	Design Metall
1	M_Farbe	M01	Unterschiedliche Beschichtung	A_graphit	01	M01_01	Farbeschichtung in graphit
2				A_titan	02	M01_02	Farbeschichtung in titan
3	M_Höhe	M02	Unterschiedliche Bauhöhe der Kamine	A_kurz	01	M02_01	Bauhöhe des Kamins beträgt 1030 mm, kein Aufsatz
4				A_mittel	02	M02_02	Bauhöhe des Kamins beträgt 1144 mm, mittlerer Aufsatz
5				A_hoch	03	M02_03	Bauhöhe des Kamins beträgt 1250 mm, hoher Aufsatz
6	M_Tür	M03	Variation der Tür mit den Griffelementen	A_gerillt	01	M03_01	Gusstürgriffe sind in gerillter Ausführung
7				A_tailliert	02	M03_02	Gusstürgriffe sind in taillierter Ausführung
8				A_edel	03	M03_03	Gusstürgriffe sind in Edelstahl-Ausführung

Abb. 3: Merkmale-/Ausprägungsstamm

All diese Dateien bestehen aus einer Anzahl festgelegter Spalten – für den Zugriff von Makros – und aus kundenspezifischen Spalten. Es sind Codeschlüssel für festgelegte Wertevorräte angelegt, die als Gültigkeitsliste im Excel in Erscheinung treten.

Für die Erzeugung und Ausgabe von Datenbeständen, welche für alle betrieblichen Geschäftsprozesse benötigt werden, entwickelte die imk automotive GmbH ein Pre-PPS-System auf Excel-Basis, wie im vorangehenden Vortrag von Hr. Dr. Leidholdt dargestellt. Mit diesem einfach zu bedienenden Excel-Programmpaket erfolgt die Ausgabe:

- der Struktur-Stückliste
- der Mengenübersicht
- des Verwendungsnachweises
- von temporären Konfigurationen
- von Arbeitspapieren zum Fertigungsauftrag: Laufkarte und Arbeitsgangauftrag, Materialschein

Diese Dateien werden in anderen Dateiodnern abgelegt und dienen der Verwendung für die Geschäftsprozesse quer durch das Unternehmen.

EINGABEN:	
Dateiname des Artikelstamms:	Öffnen Z:\09-011-2-01 Kiefel Kamine\4 Bearbeitung\4.2 ERP-System\artikelstamm-hark-80-090615.xls
Dateiname der Baukasten-Stückliste:	Öffnen Z:\09-011-2-01 Kiefel Kamine\4 Bearbeitung\4.2 ERP-System\VBA Stueckliste\baukasten-stueckliste.xls
AUSGABEN:	
Ergebnis-Dateityp:	Strukturstückliste
Ergebnis-Dateiname:	ergebnis.xls (nur Dateiname / KEIN Pfad)
Wurzel-Artikelnummer(n):	1
Erzeuge Ergebnis-Datei	

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Artikel-Nr.	Artikel-Bezeichnung	Mengen- einheit	Artikelart	Bezugsart	Zeichnungsnr.	
											1	Mantelblech	Stk.	Blech	eigen	pri000001	
	1										2	Luftkanal links und re	Stk.	Blechteil	eigen	pri000003	
		2									3	Blech-Scheibenspülj	Stk.	Blechteil	eigen	pri000004	
			3								4	Gussrost-Auflage-vor	Stk.	Gussteil	eigen	pri000006	
				4							5	Abdeckblech Ofenrof	Stk.	Blechteil	eigen	pri000010	
					4						6	Luftleitblech Scheibe	Stk.	Blechteil	eigen	pri000014	
						4					7	Luftkasten Sekundär	Stk.	Blechteil	eigen	pri000023	
							3				5	Abdeckblech Ofenrof	Stk.	Blechteil	eigen	pri000010	
								3			6	Luftleitblech Scheibe	Stk.	Blechteil	eigen	pri000014	
									3		7	Luftkasten Sekundär	Stk.	Blechteil	eigen	pri000023	
										3	8	Automatenhalter	Stk.	Blechteil	eigen	pri000024	
											9	Holzfach	Stk.	Blechteil	eigen	pri000027	
											10	Abstandhalter	Stk.	Blechteil	eigen	pri000038	
										2	4	Gussrost-Auflage-vor	Stk.	Gussteil	eigen	pri000006	
											3	5	Abdeckblech Ofenrof	Stk.	Blechteil	eigen	pri000010

Abb. 4 Erzeugung der Struktur-Stückliste

b. Planung in Delmia

Auf Basis der Solid-Edge-Konstruktionsdaten erfolgte die Erarbeitung der Fertigungs- und Prozess-Planung in Delmia. Delmia ist eine Software der Fa. 3DS (bekannt durch Catia) zur Unterstützung (Planung, Visualisierung, Simulation und Absicherung) von Produktionsplanungen. Sie stellt bereits eine sehr hohe Form der Digitalen Fabrik dar. Sie ist aber kein ERP-System.

Der Ablauf der Heft- und Schweißfolgen für das Fügen der einzelnen Blechteile (s. Abb. 5) wurde ebenso in Delmia erarbeitet wie die Prüfung der Zugänglichkeit zu den Heft- und Schweißnähten für den Roboterschweißkopf und Konstruktion der Spannvorrichtung (s. Abb. 6).

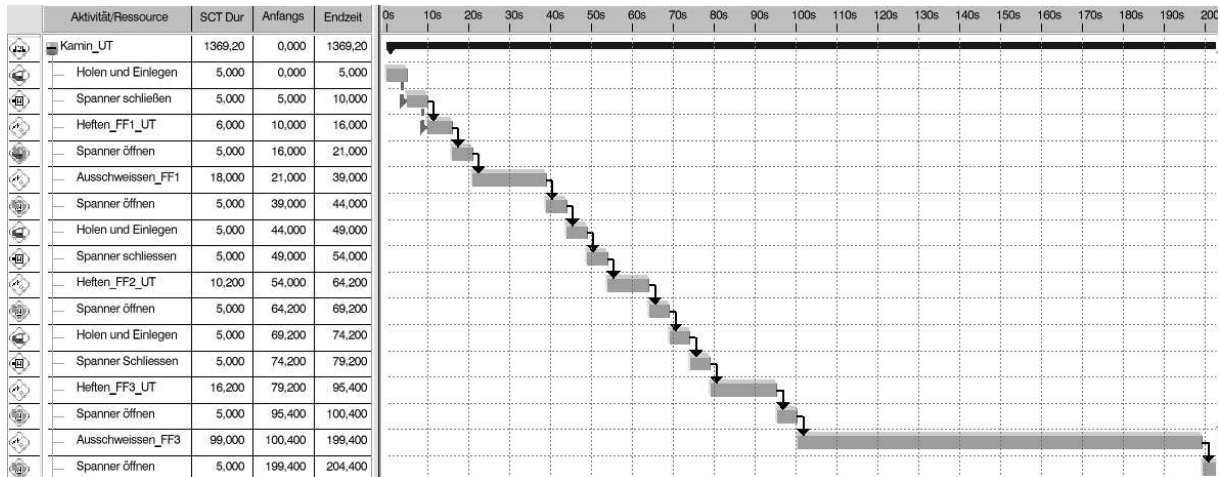


Abb. 5 Prozessablauf über Gantt-Diagramm

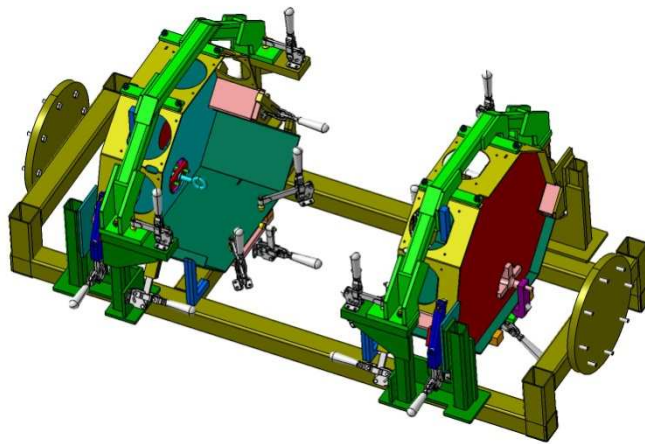


Abb. 6 Spannvorrichtung in Delmia/Catia

4. Real-PPS-System

Die Einführung eines echten PPS-Systems ist die logische Weiterführung des hier aufgezeigten Weges. Diese Systeme haben meist den entscheidenden Vorteil, dass sie eng mit einem ERP- und einem CRM-System verbunden sind und somit die Funktionen dieser Systeme genutzt werden können. Vor allem bei der Datenhaltung spielen diese Systeme ihre Stärken aus. Alle Informationen, die in Entscheidungsprozessen benötigt werden, kommen aus einer Datenbank, müssen also nicht doppelt und dreifach erfasst werden.

Ein PPS-System alleinstehend erfüllt diese Forderung meist nicht. Denn viele Informationen, die die Produktion benötigt, kommen aus anderen Bereichen. Sei es das Bestellwesen, welches die Bereitstellung der Materialien ist, die die Produktion benötigt oder der Vertrieb, denn es soll ja nicht nur für das Lager produziert werden.

Eine wesentliche Aufgabe ist es nun, die im Pre-PPS-System gesammelten Daten verlustfrei in die entsprechenden Strukturen in das Real-PPS-System zu übergeben. Dies soll für alle oben genannten Datenbereiche gelten.

Abbildung 7 stellt ein Beispiel dar, wie ein Bereich der Datenerfassung für den Artikelstamm aufgebaut sein kann, wobei hier der Bereich der PPS-System-Daten zu sehen ist.

Abb. 7 Artikelstamm Registerkarte „PPS“

Ein Problem vieler PPS- oder ERP-Systeme ist es, dass es viele Datenfelder gibt, die nicht benötigt werden, weil sie viel im Standard darstellen wollen. Andererseits kann ein Standard nie alle individuellen Wünsche abdecken. Hier gilt es, das reale PPS-System den realen Bedingungen anzupassen (Überflüssiges von den Bildschirmmasken nehmen und individuelle Felder mit aufnehmen).

Hier kann das Pre-PPS-System von vorn herein helfen zu entscheiden, welche Daten wichtig sind und wie sie dargestellt werden sollen.

Variantenstücklisten

In vielen Firmen wird großer Wert darauf gelegt, dass ihre Artikel in unterschiedlichen Varianten produziert werden können. Dabei wird meistens im Vertrieb festgelegt, welche Variante produziert werden soll. Der Vertrieb muss jedoch kein Wissen über den Aufbau der Stückliste haben. Dem Vertriebsmitarbeiter werden bei Auswahl eines Variantenartikels Entscheidungstabellen (Abb. 8) angeboten, aus welchen er die Konfiguration zusammenbaut, die der Kunde wünscht. Die Tabellen können so aufgebaut sein, dass sich verschiedene Merkmale ausschließen können.

In unserem Beispiel wird die Konfiguration »Design Speckstein in der Farbe Titan mit mittlerer Türgröße« ausgewählt.

Durch diese Auswahl werden dann aus einer Maximalstückliste alle die Artikel (Einzelteile und Baugruppen) und die dazu gehörigen Arbeitsgänge ausgewählt und in den entsprechenden Fertigungsauftrag übergeben.

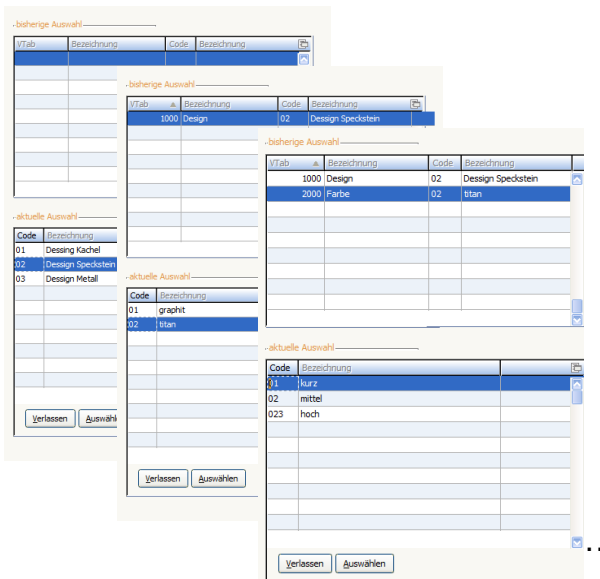


Abb. 8 Entscheidungstabellen Variantenstückliste

Die eigentliche Verwaltung der Ressourcen (Material, Arbeitszeit, ...) findet dann im PPS-System statt. Das kann die Kapazitätsplanung, die Betriebs- bzw. Personalzeiterfassung oder automatische Lagerverwaltung sein.

Durch die enge Verzahnung mit dem Vertrieb können Entscheidungen, die den Produktionsablauf beeinflussen, schnell getroffen werden.

5. Fazit

Die Anwendung des Pre-PPS-Systems schaffte mit der Datenerfassung und -strukturierung bei gleichzeitiger Ordnung der Geschäftsprozesse die notwendigen Voraussetzungen, um das technische und organisatorische Niveau des Unternehmens in dem Maße zu steigern, dass eine möglichst problemlose Installation und Einführung eines PPS-Systems in die betrieblichen Abläufe gewährleistet wird.

Dieser Beitrag sollte zeigen, dass es möglich ist, effizient ein PPS-System von den ersten Vorstellungen der eigenen Organisationen mit der entsprechenden Planung über ein Pre-PPS-System in die wahre Welt eines PPS-Systems zu überführen. Da diese Planung schrittweise parallel erfolgen kann, ist der Eingriff in aktuelle Prozesse sehr gering und die eigentliche Einführung des PPS-Systems schnell vollzogen.

Elektronische Kommunikation

Axel, Schoth myOpenFactory



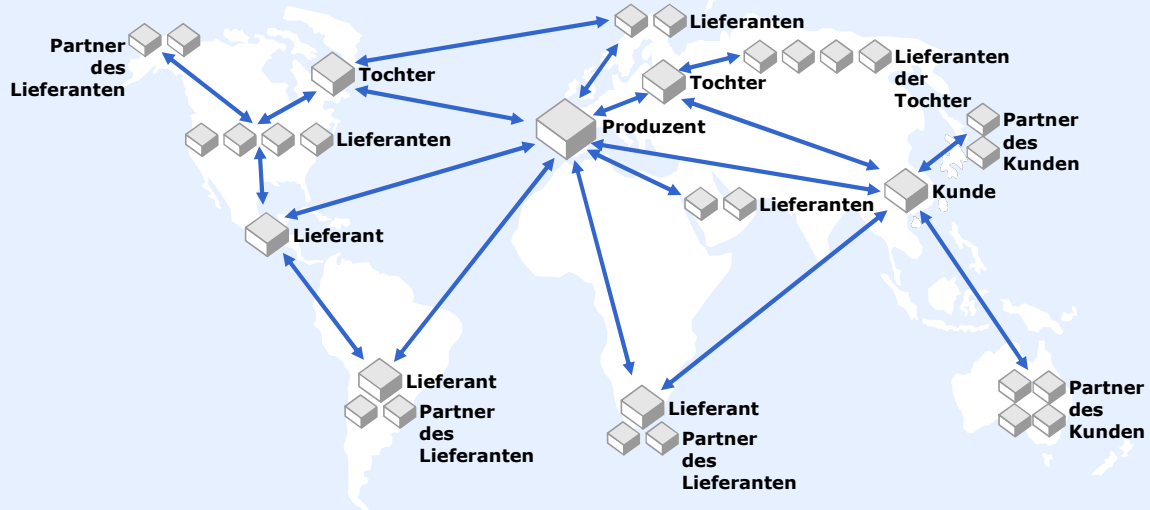
Elektronische Kommunikation
mit myOpenFactory

myOpenFactory

Adresse Steinbachstr. 25
D-52074 Aachen
Telefon +49 241 9900030 0
Fax +49 241 9900030 17
Email info@myopenfactory.com
Website www.myopenfactory.com

OpenFactory ist eine Marke der myOpenFactory eG, alle anderen Marken gehören ihren jeweiligen Besitzern.

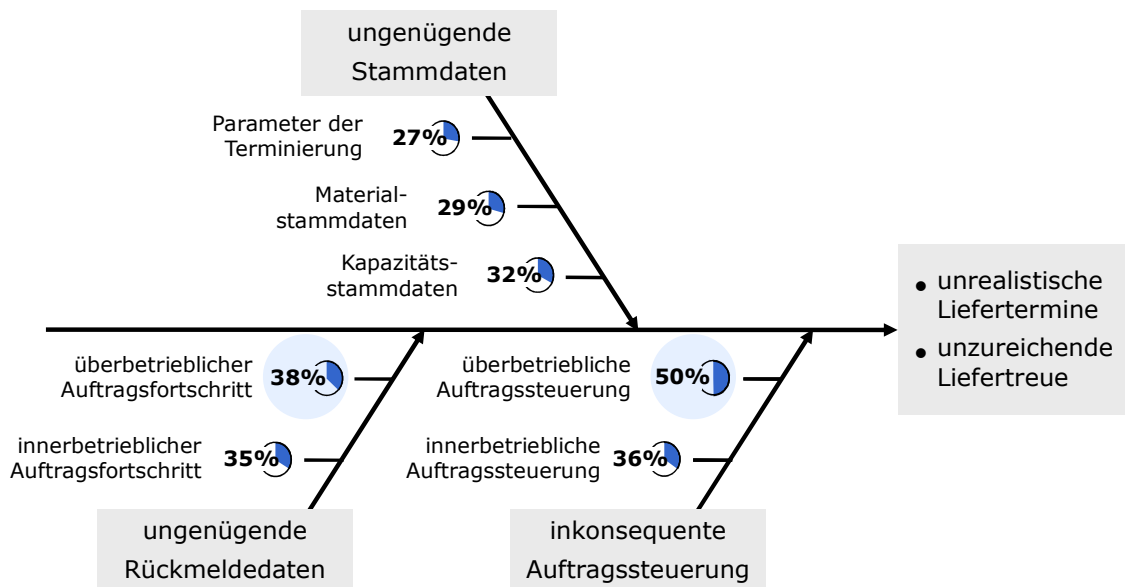
Der Maschinen- und Anlagenbau ist ein komplex vernetzter Markt mit höchster Individualisierung



Jedes Unternehmen versucht die eigenen Abläufe zu optimieren, dadurch hängt die Ausprägung der elektronischen Abwicklung immer von der Machtverteilung in der Kunden-Lieferanten-Beziehung ab. Dadurch ist es bisher unwahrscheinlich, dass kleine und mittlere Unternehmen von EDI profitieren.

myOpenFactory

Die überbetriebliche Auftragssteuerung ist der größte Stolperstein für eine realistische Lieferterminermittlung

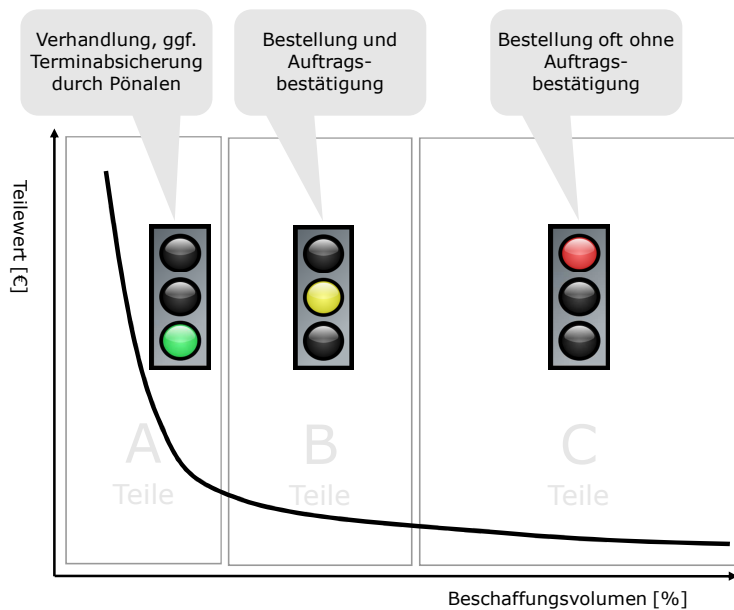


% kritische Antworten

Quelle: WZL/FIR/IPA: Ergebnisse einer Befragung unter 54 Produktionsunternehmen

myOpenFactory

Die Verfolgung aller Zukaufteile ist personell nicht möglich



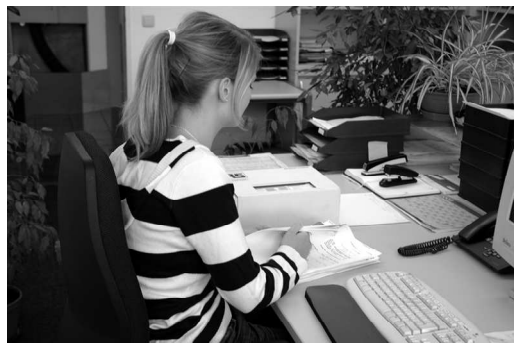
- ca. 2/3 der Arbeitszeit in Einkauf und Vertrieb werden für die Eingabe und Kontrolle von Bestell- und Artikeldaten verwendet.
- Trotzdem sind die Informationen über den Status von Zukaufteilen häufig unzureichend.

Quelle: Burkhardt GmbH 2008

myOpenFactory

EDI strafft die Abläufe im Einkauf und ermöglicht die Konzentration auf wertschöpfende Tätigkeiten

Herkömmlicher Prozess



- Lange Durchlaufzeiten pro Beleg: 1 - 2,5 Tage vom Eingang bis zu Kontrolle
- Prüfen und Abklären der Angebote, ABs, Rechnungen, etc. verschlingen einen Großteil der Arbeitszeit des Einkäufers



Quelle: Burkhardt GmbH 2008

Elektronische Kommunikation



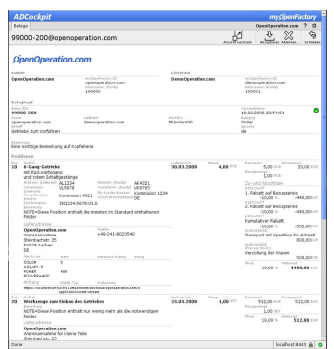
- Die automatische Prüfung der Belege reduziert die Prozesszeiten
- Einkäufer konzentriert sich auf Klärung der „problematischen“ Positionen
- Mehr Zeit für strategische Fragestellungen



myOpenFactory

Beschaffung Der Einkauf wird von Routinetätigkeiten entlastet

Bestellung



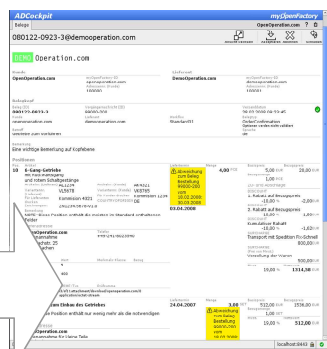
Aus dem ERP-System werden Bestellungen an die Lieferanten versandt

Auftragsbestätigung

Prüfung

Alle Auftragsbestätigungen werden geprüft
 ABs ohne Abweichungen werden sofort im ERP-System verbucht
Nur bei relevanten Abweichung wird eine Entscheidung vom Sachbearbeiter benötigt

Übernahme ins ERP-System

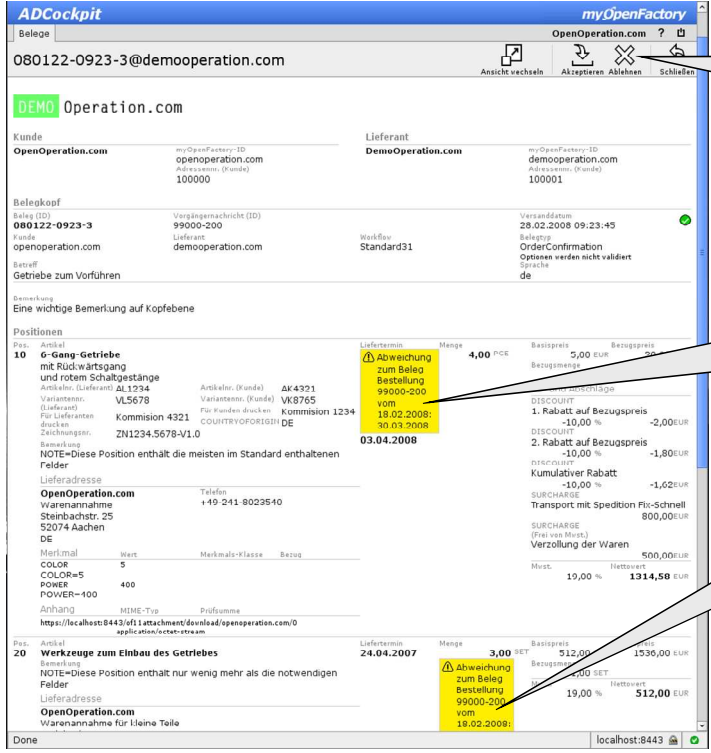


Die Abweichungen werden in diesem Fall übersichtlich dargestellt
 Wenn der Sachbearbeiter die Abweichungen akzeptiert, wird die Auftragsbestätigung an das ERP-System weitergeleitet

(siehe nächste Seite)

myOpenFactory

Beschaffung Abweichungen zwischen den Belegen werden dargestellt



Hier kann der Sachbearbeiter entscheiden, ob er die Auftragsbestätigung ins ERP-System übernehmen möchte

Der Liefertermin aus der Bestellung (30. März) konnte vom Lieferanten nicht gehalten werden; eine Lieferung ist erst am 3. April möglich

Hier konnte der Lieferant zum angegebenen Termin nur eine geringere Stückzahl liefern

myOpenFactory

Vergabeprozess Die Übersicht der Angebote erleichtert die Entscheidung

Ursprungsdaten aus der Anfrage

GRÜN preiswerteste Position

GELB Termin- oder Mengenabweichung

Lieferant hat eine weitere Position ergänzt

GRÜN preiswerteste Summe

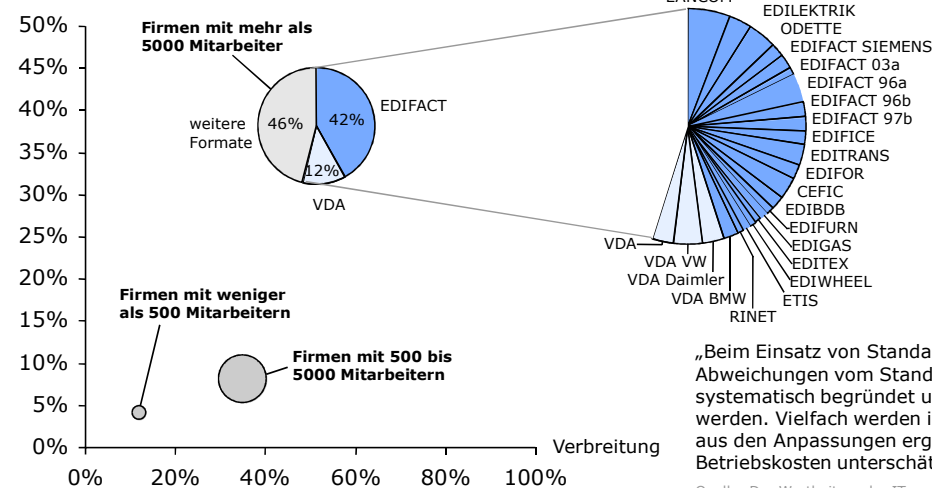
myOpenFactory

Die Netzwerkeffizienz erfordert den Einsatz von Standards in der Kommunikation...

Nutzung von EDI-Standards in Deutschland

Umsatzanteil

mit EDI



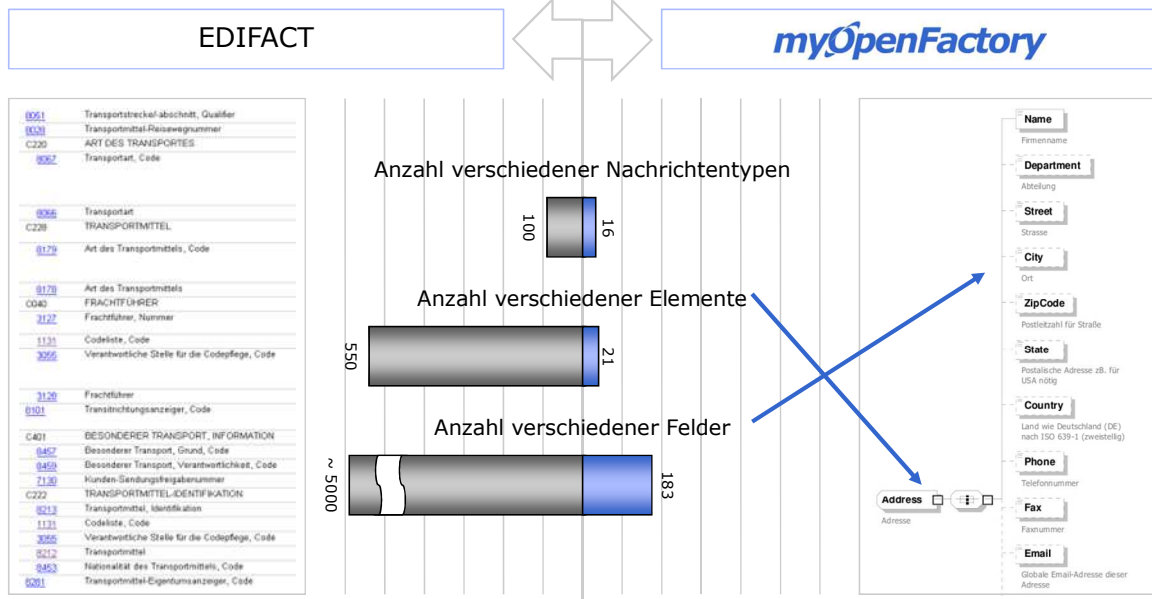
„Beim Einsatz von Standardsystemen sollten alle Abweichungen vom Standard grundsätzlich systematisch begründet und in Frage gestellt werden. Vielfach werden in der Praxis die sich aus den Anpassungen ergebenden laufenden Betriebskosten unterschätzt.“

... aber trotz EDIFACT weist heute fast jede eingesetzte Schnittstelle Besonderheiten auf

Quelle: VDMA 2007

myOpenFactory

Durch die Reduzierung auf die wesentlichen Inhalte ist myOpenFactory vergleichsweise schlank und einfach

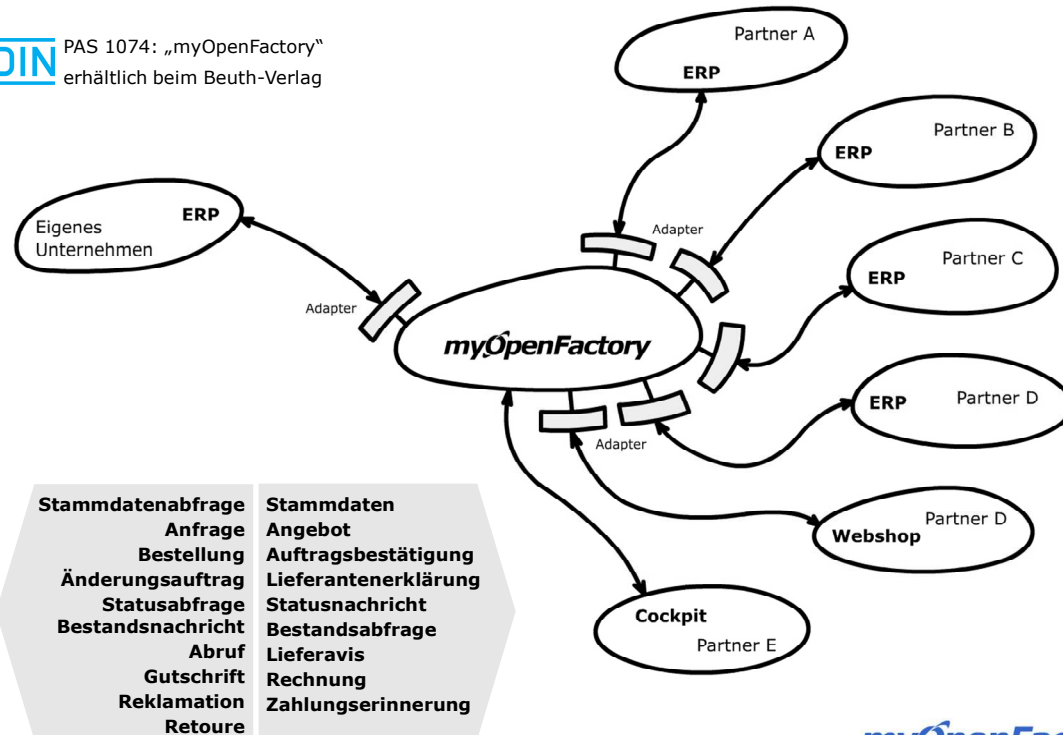


- Es können auch weniger moderne ERP-Systeme angeschlossen werden
- Die XML-Nachrichten sind auch ohne Handbuch zum größten Teil verständlich

myOpenFactory

myOpenFactory ist eine Plattform zur überbetrieblichen Kommunikation

DIN PAS 1074: „myOpenFactory“
erhältlich beim Beuth-Verlag



myOpenFactory

„Ziel war die Stärkung der Einkaufsabteilung durch myOpenFactory“

Wolfgang Sticht, Leiter Materialwirtschaft bei der Burkhardt GmbH

ca. 50,1% Bestellvolumen



Entscheidungskriterien für myOpenFactory:

- **1 Schnittstelle** ermöglicht die Anbindung unterschiedlichster Partner
- Unterstützung des **Projekt-/Termin-Managements**
- **Anbindung kleiner Unternehmen** ohne eigenes ERP über das Web-Cockpit
- **Branchenneutral**, mit Schwerpunkt auf dem Maschinenbau
- erheblicher Zusatznutzen durch **komfortablen Stammdatenabgleich**
- **flexible Strukturen** (bilaterale Übertragung zusätzlicher Daten)

Auswahl angeschlossener Lieferanten:

- Adolf Würth GmbH & Co. KG, Balluff GmbH, Festo AG & Co. KG, DK-Metalltechnik GmbH, Gebelein GmbH, Hoffmann GmbH Qualitätswerkzeuge, KTR Kupplungstechnik GmbH, SEW Eurodrive GmbH & Co. KG, F. Reyher Nchfg. GmbH & Co. KG, Siemens AG, Wago Kontakttechnik GmbH & Co. KG, Zitec Industrietechnik GmbH, ZTS-Schwedler

myOpenFactory

„Ziel der Einführung war die Durchlaufzeitenreduzierung in der Beschaffung“

Norbert Wagner, Leiter IT bei Wemhöner Surface Technologies GmbH



Entscheidungskriterien für myOpenFactory:

- myOpenFactory ist **einfach zu bedienen**: Einkäufer benutzt gewohnte ERP-Umgebung, Bestellen funktioniert wie früher Drucken
- myOpenFactory ist **fehlertolerant**: Eingehende Belege werden automatisch geprüft und Abweichungen dem Bearbeiter kenntlich gemacht
- myOpenFactory ist **einfach zu implementieren**: Flexible Einbindung neuer Lieferanten durch einfache Standardschnittstelle
- Teilnahme von Zulieferer ohne eigenes ERP-System möglich, **unterstützt die verlängerte Werkbank** zu kleinen Unternehmen
- kein proprietäres Systeme sondern **Standard**

Auswahl angeschlossener Lieferanten:

- Balluff GmbH, Bosch Rexroth AG, Festo AG & Co. KG, Lenze GmbH, Siemens AG, verschiedene Lohnfertiger

myOpenFactory

„Ziel ist die Integration des Mittelstands über myOpenFactory“

Roland Aechtner, Leiter CRM E-Business A&D bei der Siemens AG



Status E-Business bei Siemens:

- Ca. 2400 teilintegrierte Kunden mit elektronischer Bestellung und ca. 250 Kunden mit mehr als einer Belegart
- **unzählige KMU-Kunden** bislang **ohne Integration**

Vertriebsfunktionen für myOpenFactory:

- Empfangen von Bestellungen und Auftragsänderungen
- Versenden von Auftragsbestätigungen und Rechnungen
- Artikeldatenkonfiguration per OCI-Schnittstelle

Auswahl angeschlossener Kunden:

- Burkhardt GmbH, Felss GmbH, Hans Lingl GmbH & Co. KG, Kapp GmbH, Kolbus GmbH, Rekers GmbH, Sigloch Maschinenbau GmbH, Wemhöner Surface Technologie

myOpenFactory

myOpenFactory auf einen Blick

myOpenFactory nutzt moderne Internettechnologien zur teilautomatisierten Abwicklung von Auftragsabwicklungsprozessen. Die Grundlage hierzu sind Webservices (XML/SOAP/WSDL) und ein Webclient.

Was ist der Nutzen?

- Elimination manueller Prozesse führt im Einkauf zur Prozesskostenreduktion um bis zu 50%
- Vermeidung von doppelten Eingaben und Übertragungsfehlern
- Entlastung der Mitarbeiter in Materialwirtschaft und Einkauf ermöglicht die Konzentration auf Kernaufgaben (z.B. Trouble-Shooting, Beschaffungsmarktforschung und Lieferantenmanagement)
- Erhöhung der Transparenz in der überbetrieblichen Auftragsverfolgung und damit die Reduzierung von internen Planungsunsicherheiten

Was sind die technischen Vorteile?

- Transparente Integration in bestehende ERP-Systeme problemlos möglich (Das Versenden einer Nachricht erfolgt auf Kopfdruck aus dem ERP-System heraus, andere Abläufe müssen sich nicht ändern)
- Eine generelle Offenheit für alle ERP-Systeme wird durch die geringe Komplexität der Schnittstelle gewährleistet
- Nutzung ist auch ohne ERP-System durch einen einfach bedienbaren Webclient („Cockpit“) möglich. Keine Zusatz-Software erforderlich - Internet-Browser ausreichend

Was sind die Aufwände?

- Transaktionskosten basierte Abrechnung. Nur die genutzte Leistung muss auch bezahlt werden
- Es sind keine signifikanten Anfangsinvestitionen notwendig
- Zur Nutzung des Webclients genügt eine Schulung von maximal einem Tag

myOpenFactory

Praktischer Einsatz von Materialflusssimulationen in Verkauf, Planung und Produktion

Leiter Abteilung Simulation
Steffen Bangsow
Hörmann RAWEMA GmbH

1. Einleitung

Hörmann RAWEMA ist ein mittelständischer Ingenieurdienstleister aus Chemnitz. Eines unserer Geschäftsbereiche ist die Planung und Errichtung von Fertigungsanlagen. Wir setzen seit 10 Jahren Materialflusssimulation bei unserer Arbeit ein und bieten mit Erfolg Materialflusssimulationen als Dienstleistung an.

Materialflusssimulation als Arbeitsinstrument hat sich in den letzten Jahren nicht in dem Ausmaß verbreitet, wie wir es erwartet haben. Das liegt zum einen an den relativ hohen Kosten der notwendigen Ausrüstung, fehlender Qualifikation der Mitarbeiter und einem relativ schwierig zu ermittelnden Nutzen. Zum anderen bieten CAD Systeme mit ihren Präsentationskomponenten einen auf den ersten Blick gleichen Nutzen bei erheblich weniger Aufwand. Dabei bieten sich in vielen betrieblichen Bereichen Einsatzmöglichkeiten für Materialflusssimulationen mit enormen Potenzial zur Erkennung von Schwachstellen und damit zur Effizienzsteigerung der Produktion. Schwerpunkt unserer Arbeit mit Materialflusssimulationen ist der Einsatz im Verkauf, in der Planung und in der Planung von Veränderungen in laufenden Produktionen.

2. Einsatz von Materialflusssimulationen im Verkauf

Simulation vs. CAD

Wenn man komplexe Lösungen anbietet, die aus einer Vielzahl von Komponenten bestehen, kommt der Präsentation des Konzeptes beim Kunden eine Schlüsselrolle zu. Zum einen muss ein gemeinsames Verständnis von der angebotenen Lösung geschaffen werden, zum anderen ist es wichtig, vor allem bei neuen Kunden, als kompetenter Partner wahrgenommen zu werden. Basis für die Präsentation komplexer technischer Lösungen sind im Normalfall Zeichnungen mit entsprechenden Erläuterungen. Bei einem einfachen Aufbau der Lösung ist diese Vorgehensweise ausreichend. Bei komplexen Lösungen muss der Kunde in Präsentationen eine Vorstellung vermittelt bekommen, wie der Materialfluss durch das technische System aussieht und zu der Überzeugung gelangen, dass das System die Aufgabenstellung erfüllt. Hilfreich ist in diesem Zusammenhang eine dynamische Darstellung des Materialflusses. Für weniger komplexe Aufgabenstellungen können dazu CAD-Systeme genutzt werden. Man kann z.B. eine Videosequenz aufzeichnen und diese vorführen. Wenn es zu viele Interaktionen zwischen den einzelnen Elementen gibt, wird die Erstellung dieser Sequenzen schnell sehr aufwändig. Materialflusssimulationen lassen sich für diese Zwecke sehr gut einsetzen. Eine Simulation hat einige wichtige Vorteile gegenüber einer Videosequenz. Simulationen können theoretisch ewig laufen, es gibt kein Zeitfenster, was eingehalten werden muss und die Simulation beginnt nicht nach einer bestimmten Zeit von vorn.

Beispiele für Simulationen im Verkauf

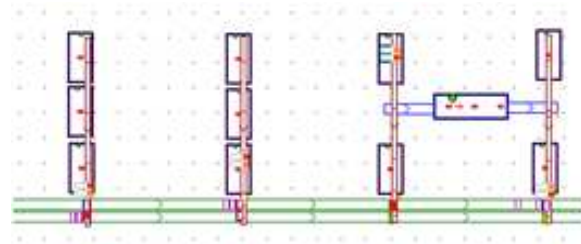


Abb. 2: Maschinenkonzept

Abb. 3: Linienkonzept

In komplexen Simulationen „passiert“ über eine längere Zeit etwas. Man hat Zeit, um die einzelnen Elemente am Modell zu erklären und Fragen zu beantworten. Eine Simulation ist dabei nach unseren Erfahrungen nicht teurer als eine CAD-Visualisierung. Die Simulation kann relativ einfach gehalten werden und verursacht damit relativ wenig Aufwand.

Quick and dirty

Simulationen für den Verkauf lassen sich nur schnell und preisgünstig erstellen, wenn man einige Regeln beachtet:

- a) Keine Extras
Interessante Fragen für die Planung wie zum Beispiel Puffermanagement, Maschinenausfälle, Werkzeugwechsel, Loswechsel usw. sollten nicht in dieser frühen Phase eines Projektes abgebildet werden. Man muss davon ausgehen, dass Konzeptsimulationen sehr häufigen und gravierenden Änderungen unterliegen. Das Grundanliegen der Simulation muss deshalb sein, das Material wie geplant durch das Layout zu transportieren.
- b) Nicht zu genau
Perfektion ist bei der Vorstellung eines Konzeptes nicht angebracht und kann sogar zu Problemen führen. Häufig stehen die Maschinen noch nicht endgültig fest und das Layout wird erst zu einem späteren Zeitpunkt geplant. Es liegen evtl. noch keine Taktzeiten vor oder es gibt Unstimmigkeiten in der Technologie. Der Schwerpunkt der Simulation liegt in der Darstellung der Ablauflogik.
- c) Hier und jetzt
Konzepte erstellt man für das „Hier und Jetzt“. Eine Nachnutzung ist in der Regel nur für andere Konzepte möglich. Eine Änderung bzw. Detaillierung ist meist aufwändiger als eine Neuerstellung nach den Anforderungen der später stattfindenden Planung.

Nicht nur für den Maschinenbau sind Simulationen für Präsentationen interessant. Für Unternehmen der Automobilzulieferindustrie können Simulationen ebenso für die Präsentation der eigenen Fertigung oder zukünftiger Fertigungen verwendet werden. Der Einkäufer kann sich dann relativ einfach einen Gesamtüberblick über die vorhandenen Produktionskapazitäten verschaffen und erhält einen ersten Einblick in die technologischen Möglichkeiten des Unternehmens.

2D oder 3D

Die Frage, ob die Simulation in 2D oder 3D zu erstellen ist, entscheidet in der Regel der Kunde. Je weiter die Zielgruppe von der realen technischen Aufgabenstellung entfernt ist, desto angebrachter scheint die Verwendung von 3D Simulationen zu sein. Technisch hat sich die 3D-Simulation im Bereich des Factory Moc Up und der Robotersimulation bewährt. Dort wird u.a. geprüft, ob sich die Teile kollisionsfrei durch die Fertigung bewegen können.

3D Simulationen sind auch dann angebracht, wenn durch eine reine Draufsicht nicht die Struktur der Fertigung erkennbar ist (z.B. wenn die Fertigung in mehreren Ebenen erfolgt). Für eine Verwendung von 3D bei Simulationen im Verkauf sprechen unter anderem die folgenden Argumente:

- 3D Simulationen kann man verwenden, um die Werthaltigkeit eines Projektes zu verdeutlichen. Der Kunde kann sich so ein besseres Bild von der Dimension der Anlagen machen (vor allem in der Höhe).
- Wenn Sie mit der Simulation Aufmerksamkeit erwecken wollen (z.B. bei Messen), ist 3D sicherlich besser geeignet als 2D.
- Entscheidungsunterstützung auf oberster Ebene erreicht man am besten durch hochkomprimierte Informationen. Mit 3D lassen sich sehr viele Details geschickt ausblenden, ohne dass es als störend bemerkt wird.

Daneben gibt es eine Reihe von Faktoren, die den Einsatz von 3D Simulationen in der Praxis stark behindern. Die Beschaffung von aktuellen 3D-Modellen von den Unterlieferanten und Maschinenherstellern ist zurzeit fast unmöglich. Die Modelle selbst zu erstellen kostet aber sehr viel Zeit und Geld. Mit der 3D-Simulation schafft man einen qualitativen Gegenpol zur restlichen Planung, wenn diese in 2D erfolgt. Die Mischung von 2D Planung und 3D Simulation kann sehr kontraproduktiv sein. Mit der 3D Repräsentation wird aus der Sicht des Kunden eine weitere Abstraktionsebene geschaffen. Die 2D Planungsgrundlagen müssen in die 3D-Darstellung „hineininterpretiert“ werden. Das schafft Raum für Missverständnisse. Und man darf bei der ganzen 3D-Euphorie nicht vergessen, dass die Navigation durch ein großes 3D-Modell ohne spezielle Instrumente einen ungeübten Nutzer (hier der Kunde) vor einige Probleme stellen dürfte.

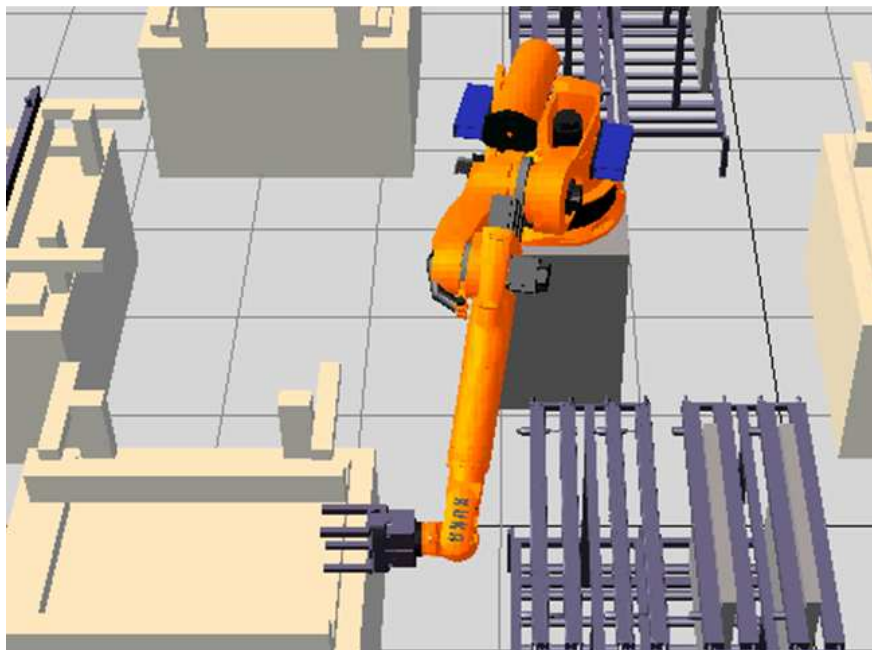


Abb. 1: Beispiel 3D Robotersimulation

Wir verfolgen bei unseren Konzeptpräsentationen den Ansatz des „bewegten Layouts“. Wir arbeiten bewusst mit dem Layout der Planungsunterlage. Bei Präsentationen kann somit die technische Lösung am Layout erläutert werden und als Unterstützung bewegen sich die Teile entsprechend dem geplanten Ablauf. Je nach Kundenanforderung arbeiten wir komplett in 3D oder in 2D.

3. Einsatz von Materialflusssimulation in der Planung

Wir setzen Simulation in allen Phasen der Planung ein. Über eine konsequente Parametrierung der Modelle können wir den gesamten Planungsprozess simulativ unterstützen. Die Aufgabenstellungen für Simulationen in der Planung sind vielfältig. Häufig verlangen Kunden einen Nachweis der Ausbringung mit Hilfe einer Simulation. Für unsere eigene Arbeit wird die Simulation zur Evaluierung und Präsentation der Planung eingesetzt.

Simulation und Simultaneous Engineering

Im zunehmenden Maße müssen Planungsprozesse in kurzer Zeit und stark parallelisiert stattfinden. Simulation ist für uns ein hervorragendes Instrument, um Schnittstellenprobleme beim Simultaneous Engineering zu verringern. Die Simulation ergibt für die Betriebsmittel- und Fertigungsplanung eine gemeinsame Diskussionsgrundlage. Sie zeigt relativ anschaulich die Planungsstände und hilft Probleme rechtzeitig zu erkennen. Wichtig sind auch hier Anforderungsänderungen des Kunden, die in der Simulation relativ einfach zu einem frühen Zeitpunkt eingearbeitet und deren Auswirkungen geprüft werden können. Je nach Planungsphase hat die Materialflusssimulation in unserem Hause unterschiedliche Aufgaben zu erfüllen.

- **Bewertung von Planungsvarianten**
Mit Hilfe von Simulationen kann man verschiedene Planungsvarianten „gegeneinander“ laufen lassen. Die Ergebnisse der einzelnen Simulationsläufe helfen Grundsatzentscheidungen zu unterstützen (z.B. unterschiedliche Produktionsverfahren).
- **Hilfe bei der Feinplanung**
Im Unterschied zum Verkauf und der dort evtl. stattfindenden Präsentation mit Hilfe einer Simulation müssen die Modelle in der Planung detailliert ausgearbeitet werden. Schon die Abbildung der Planung in einem Modell bringt Effekte. Der Ersteller der Simulation muss den Materialfluss detailliert darstellen. Sehr schnell erkennt man bei dieser Arbeit Lücken in der Planung, die in der Realisierung zu großen Problemen führen würden. Die Simulation zwingt den Planer frühzeitig, sich mit bestimmten Fragen auseinanderzusetzen wie zum Beispiel Ausfallplanung, Umrüstvorgänge, Werkzeugwechsel usw. .
- **Vorlagen für Steuerkonzepte**
Vor allem in der Logistikplanung helfen Simulationen den späteren Programmierern der Steuerungssoftware Vorgaben zu kommunizieren. Der Vorteil zu formalen Beschreibungen ist, dass Simulationen einen sehr viel kleineren Interpretationsspielraum zulassen und die spätere Lösung relativ einfach verifiziert werden kann (das Gerät muss sich genau so verhalten, wie die Simulation).
- **Präsentation von Planungsständen**
Simulationen helfen uns, verschiedene Planungsstände visuell und wirkungsvoll zu präsentieren.

Abstraktion

Wie genau muss eine Simulation sein? Bei jeder Simulation stellt sich die Frage, in wie fern man Aspekte des abzubildenden Systems weglassen kann (Vereinfachung) oder ob man das Verhalten von Systemteilen einfacher als in der Realität abbilden kann. Die Frage nach dem Detaillierungsgrad kann pauschal nicht beantwortet werden. Bei jeder Simulation muss mit dem Auftraggeber (intern oder extern) eine genaue Zielvorgabe vereinbart werden. Es muss Einigkeit darüber herrschen, zu welchem Zweck die Simulation erstellt wird und in welchem Maße die Ergebnisse der Simulation für reale Entscheidungen benutzt werden. Die geforderte Übertragbarkeit der Ergebnisse bestimmt dann den Detaillierungsgrad der Simulation.

Beispiel Portallader:

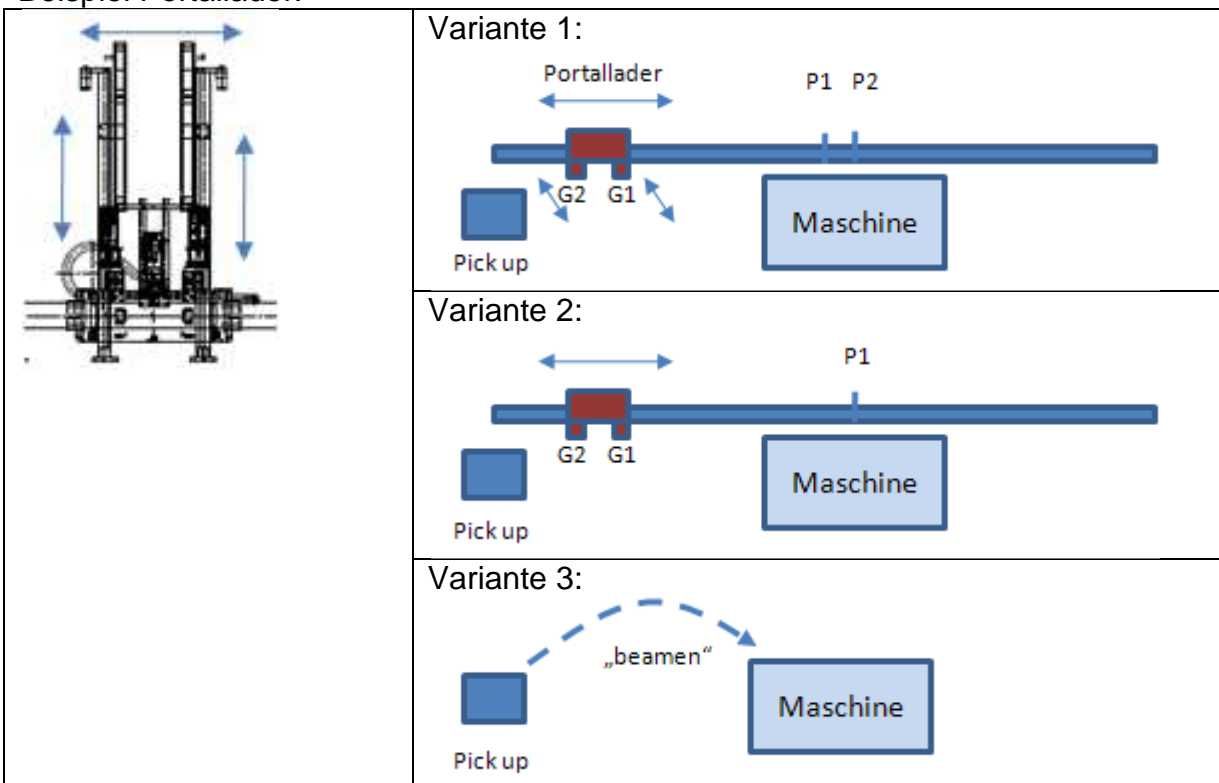


Tabelle 1: Varianten zur Darstellung eines Portalladers

In einer Produktion wird eine Maschine von einem Portallader be- und entladen. Die Teile werden von einer Ablage entnommen und fertig wieder auf die Ablage (Pick-up-Platz) gelegt. Der Portallader hat 2 Greifer. Es gibt viele Genauigkeiten, in der diese Aufgabenstellung abgebildet werden kann (Auswahl):

- Variante 1: Wenn die Maschine beladen ist, wird folgender Ablauf simuliert: Der Portallader fährt leer zum Pick-up-Platz und lädt mit dem Greifer G2 ein neues Teil (Greifer fährt herunter, das Teil wird gegriffen, Greifer fährt wieder hoch). Der Lader fährt zur Position P1 und entlädt die Maschine. Wenn der Greifer wieder die obere Position eingenommen hat, fährt der Lader an die Position P2 und belädt die Maschine mit dem nächsten Rohteil usw.
- Variante 2: Die Greiferbewegungen werden nicht simuliert. Es gibt nur eine Position an der Maschine. Der Lader fährt zum Pick-up-Platz. Es wird ein Teil auf den Lader transferiert. Die Dauer der Greiferbewegungen wird durch eine Zeit berücksichtigt. Der Lader fährt zur Maschine. Dort wird das fertige Teil auf den Lader geladen und das Rohteil

auf die Maschine. Die Zeiten für den Positionswechsel von P1 zu P2 und für die Beladung werden über eine Verweilzeit berücksichtigt.

Variante 3: Der Lader wird nicht simuliert. Die Teile werden „gebeamt“. Anfallende Beladungszeiten werden in die Zeiten der Maschine eingerechnet.

Es gibt zwei wichtige Kriterien für die Auswahl der Detaillierung:

1. Ein wichtiger Indikator für die notwendige Detaillierung ist für uns die Taktzeit. Bei einer Taktzeit von wenigen Sekunden ist der Spielraum für das Weglassen von Elementen kleiner als bei einer Taktzeit von mehreren Stunden. Die Elemente selbst kann man auf Relevanz bezüglich des Materialflusses prüfen. Hat ein Element einen nicht vernachlässigbaren Einfluss auf das Gesamtsystem (Taktzeit), muss es dargestellt werden. Je mehr man Elemente weglässt, die eine Auswirkung auf das Gesamtsystem haben, desto weniger wird das Ergebnis auf die Realität übertragbar. Wenn im obigen Beispiel der Lader 40 Sekunden für das Be- und Entladen der Teile braucht und eine Verfügbarkeit von 99,95% hat, dann kann man bei einer Bearbeitungszeit der Maschine von 120 Minuten den Lader vernachlässigen. Wenn die Maschine eine Bearbeitungszeit von 42 Sekunden hat, dann können Änderungen in der Länge des Portals, der Fahrwege der Greifer oder der Verfügbarkeit des Laders negative Auswirkungen auf die Gesamttaktzeit haben. Auf die Darstellung des Laders und seiner Fahrbewegungen dürfte in dem Fall nicht verzichtet werden.
2. Auch die erwartete optische Präsentation des darzustellenden Systems begrenzt in der Regel die Möglichkeiten der Abstraktion. Wenn zum Beispiel die Maschinen in einer Simulation durch Portallader beladen werden, dann muss das in der Simulation auch entsprechend erkennbar sein. Nach unserem Verständnis von Simulation muss der Lader sich dazu bewegen.

Datenhandling, Datendurchgängigkeit

Am Anfang einer Planung liegt ein großer Teil der Daten nicht in endgültiger Form vor. Man kann deshalb nicht in der Systematik der Simulationserstellung mit der Datensammlung beginnen und nach Vorliegen der bestätigten Daten die Erstellung der Simulation starten. Oft gibt es in der Planung mehrere Stufen der Detaillierung der Daten. Die letzte Stufe ist mit der Erprobung der Maschinen und Anlagen vor Ort abgeschlossen (z.B. endgültige Bearbeitungszeiten, endgültige Geschwindigkeiten usw.).

Wenn wir Simulationen für Planungen erstellen, ersetzen wir einen großen Teil der Daten durch Platzhalter (Planwerte oder Schätzungen). Am Anfang benötigen wir lediglich Strukturdaten, dazu gehören ein grobes Layout, die Ablauflogik und erste Arbeitspläne. Entsprechend dem Planungsstand werden die Platzhalterdaten (z.B. Taktzeiten, reale Geschwindigkeiten, endgültige Maschinenpositionen, realer Produktmix evtl. auch Arbeitsplanentwürfe usw.) ersetzt durch reale Werte. Auf diese Art und Weise kann das Modell mit der realen Planung mitwachsen. Auswirkungen von Wertänderungen können schnell ermittelt und zusammen mit dem Kunden (oder internem Auftraggeber) diskutiert werden. Es lassen sich relativ problemlos Varianten von Simulationsmodellen erzeugen, die zum Durchspielen von Planungsvarianten in den entsprechenden Stufen genutzt werden können. Je nach Wunsch legen wir diese Daten in Tabellen (z.B. Excel) oder in Datenbanken ab.

Effekte von Materialflusssimulationen in der Planung

Der Nutzen von Simulationen in Planungsprozessen ist schlecht abzuschätzen. Im gesamten Planungsprozess dienen Simulationen der Erhöhung der Planungssicherheit und sparen durch die Verringerung von Iterationsstufen viel Zeit. Wenn das Modell eine genügende Detaillierung hat, lassen sich damit „Sandkastenspiele“ durchführen. Optimierungen lassen sich an dem Modell vornehmen. Erstaunlicherweise entwickeln sich Simulationen in der Planung zu einem zentralen Kommunikationsinstrument. In die Simulation fließen Informationen aus allen Planungsbereichen ein. Nach einer kleinen Eingewöhnungsphase werden die Ergebnisse der Simulation von den Beteiligten in der Regel akzeptiert. Auf die Weise fungiert die Simulation als eine gemeinsame Verständigungsplattform. Nicht unwesentlich ist die Tatsache, dass über die Simulation die Planungsbeteiligten einen Gesamtüberblick über das Planungsvorhaben bekommen. Auch dieser Fakt spart in der praktischen Arbeit eine Menge Kommunikationsarbeit und das Studieren von u.U. unverständlichen Projektdokumentationen.

Den Vorteilen von planungsbegleitender Simulation stehen einige praktische Nachteile gegenüber. Durch eine Planungsbekleidung entstandene Simulationen sind nicht „aus einem Guss“. Sie sind das Ergebnis vieler Stufen von Detaillierungen und Änderungen. Oft ergeben sich daraus Probleme bei der Nachnutzung dieser Art von Simulationen. Meist ist es notwendig, den Ist-Zustand noch einmal als Modell abzubilden, um eine dauerhafte Nachnutzung zu sichern.

Es ist schwer, Simulationen in der Planung in Dienstleistungsverträgen zu definieren. Die Menge der Arbeit ist im Vorfeld nicht bekannt. Hier muss man Dienstleistungsverträge flexibel gestalten (z.B. auf Stundenbasis).

Die Anforderungen an die Simulationsspezialisten sind sehr hoch. Der ideale Simulant aus unserer Sicht:

- Ist kreativ (er muss selbständig in der Lage sein, Lücken zu schließen und Lösungen vorzuschlagen)
- Arbeitet analytisch exakt, beherrscht mindestens eine höhere Programmiersprache
- Bringt technischen Sachverstand mit oder ist in der Lage sich sehr schnell in neue Sachverhalte einzuarbeiten
- Ist in der Lage, die Ergebnisse der Simulation zu dokumentieren und zu präsentieren (möglichst in mehreren Sprachen)
- Arbeitet selbständig in engem Kontakt zum Kunden

4. Materialflusssimulation an der Schnittstelle von Planung zur Realisierung

Materialflusssimulationen helfen bei der Entwicklung und Bewertung von Steuerstrategien. Wenn das Planungsmodell fertig gestellt ist, können Steuerungsstrategien am Modell erprobt werden. Bei den meisten Projekten sind das:

- Rüststrategien (Loswechsel, Losgrößen)
- Ausfallstrategie (Pufferdimensionierung, Werkzeugwechsel, Maschinenausfälle)
- An- und Abfahrverhalten
- Personaleinsatz
- Logistikkonzepte
- Automatisierungskonzepte

Wenn das Modell detailliert genug ist, kann die Steuerungsstrategie der Automatisierung (Be- und Entladung) am Modell getestet werden.

Bsp.: Untersuchung des Einsatzes von Ladern mit einem oder mit zwei Greifer

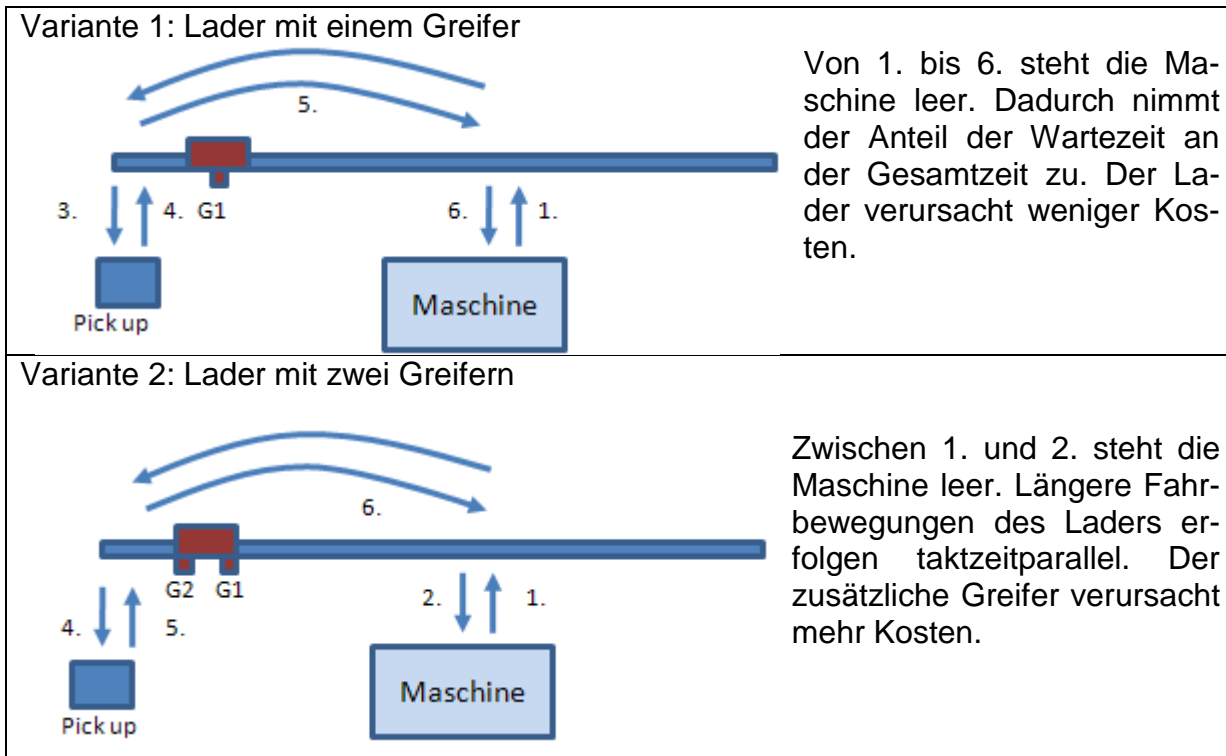


Tabelle 2: Untersuchung des Einsatzes von Ladern mit einem oder mit zwei Greifer

Test der Steuerung (virtuelle Inbetriebnahme)

Vor Errichtung der Anlage kann das Simulationsmodell zu einer virtuellen Inbetriebnahme genutzt werden. Dazu wird die interne Steuerungslogik des Modells zum Teil abgeschaltet. Das Modell sendet Informationen an die spätere originale Steuerung (z.B. Siemens) und erhält aus der Steuerung Anweisungen. Die Anweisungen der Steuerung werden im Simulationsmodell ausgelesen und zum Auslösen von Aktionen genutzt.

Beispiel:

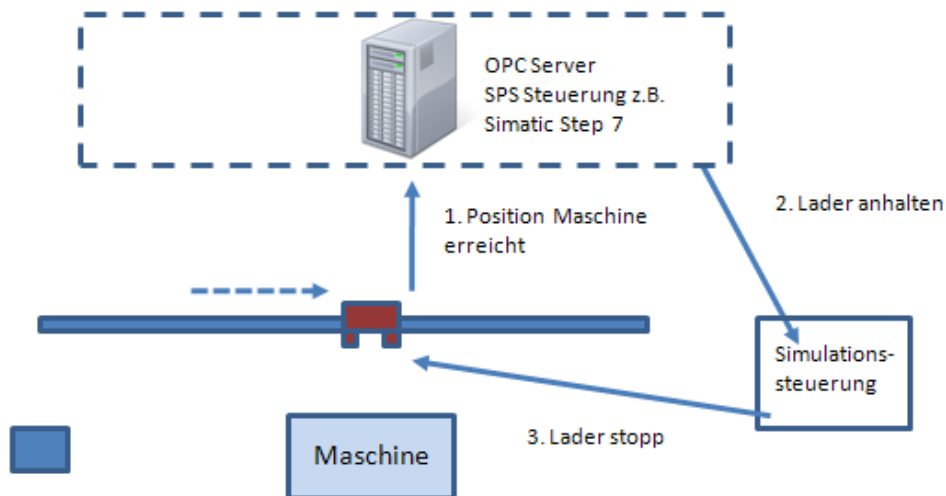


Abb. 3: Virtuelle Inbetriebnahme

Der Lader meldet seine Position an bestimmten Punkten (Sensoren) an den OPC-Server. Wenn die richtige Position erreicht ist, sendet die SPS-Steuerung ein Halt-Signal. Das Halt-Signal wird in der Simulationssteuerung abgefangen und in einen Simulationsbefehl für den Lader umgewandelt. Der Lader wird darauf hin von der Simulationssteuerung angehalten. Die Simulationssteuerung übernimmt die Aufgabe technischer Schalter, Antriebe usw. welche durch die SPS gesteuert werden. Auf diese Weise lassen sich Steuerungen testen, bevor die Hardware gekauft wird. Die Länge des Produktionsanlaufes lässt sich so erheblich verkürzen.

5. Materialflusssimulation in der laufenden Produktion

In der laufenden Produktion können Simulationen verwendet werden, um Engpässe aufzudecken und Verbesserungen im laufenden Betrieb planerisch abzusichern. Dafür wird zunächst das bestehende System abgebildet. Es erfolgt eine Prüfung, ob die Simulation das bestehende System richtig abbildet. Bei Simulationen von Ist-Systemen gibt es einige Besonderheiten:

- **Datenbeschaffung**
Die Datenbeschaffung in vorhandenen Systemen ist sehr schwierig. Oft gibt es keine aktualisierten Planungsunterlagen. Viele Daten müssen speziell für die Simulation erhoben werden. Das kostet eine Menge Zeit und Geld.
- **Flexibilisierender Faktor Mensch**
Ein großes Abbildungsproblem ergibt sich aus den manuellen Eingriffen der Ausführenden in das vorhandene System und deren Abläufe. Es führt in der Simulation dazu, dass sich das reale System anders verhält als die Simulation. Zum Beispiel haben viele Meister in der Fertigung die Möglichkeit, manuelle Eingriffe in die Bearbeitungsreihenfolgen vorzunehmen. Manuelles Aus- und Einschleusen, operative Losteilung, ad Hoc Wochenendschichten, temporäre Aus- und Einlagerungen usw. lassen sich in der Simulation nicht darstellen. Der Simulationsexperte ist gezwungen, dafür spezielle Regeln zu entwickeln (als wäre es ein voll automatisiertes System).
- **Sonderfälle**
Jede Fertigung hat ihre Sonderfälle. Die Berücksichtigung aller Sonderfälle kann die Simulation zu sehr aufblähen. Man muss hier im Vorfeld genau die Prozesse auswählen, die innerhalb der Simulation zu betrachten (zu verändern) sind.

Planvarianten lassen sich auf der Grundlage der Ist-Variante erzeugen oder werden völlig neu erstellt. Nach Erarbeitung der Veränderungen lässt man die Varianten „gegeneinander laufen“. Die Ergebnisse der verschiedenen Varianten werden statistisch verglichen.

Effekte der Materialflusssimulation in der Produktion

Ähnlich wie in der Planung kann die Simulation in der Produktion als gemeinsame Kommunikationsbasis für alle Beteiligten dienen. Wichtig ist dabei, dass die Simulation die Realität hinreichend genau abbildet und die Ergebnisse von den Praktikern anerkannt werden. Meist ist dazu eine relativ große Abbildungsgenauigkeit notwendig. Wenn das Modell des Ist-Zustandes existiert, kann es zum Testen von Varianten genutzt werden. Bei diesen Tests muss man zwei Typen unterscheiden:

- **Parameter tests**
Hier werden lediglich Werte der in der Simulation eingestellten Größen geändert und die Änderungen der Zielgrößen dokumentiert. Diese Experimente kann man sehr gut vorbereiten und lassen sich relativ schnell durchführen. Meist können diese Experimen-

te auch von Mitarbeitern oder Kunden durchgeführt werden, die lediglich Grundkenntnisse in dem verwendeten Simulationssystem besitzen.

- **Strukturveränderungen**

Die meisten Tests verändern den Aufbau der Simulation (veränderte Produktionsprozesse, andere Maschinen, veränderter Materialfluss, anderes Speicherkonzept usw.). Um solche Tests durchführen zu können, muss man die Simulation anpassen. Das kann so umfangreich sein, dass die Simulation komplett neu erstellt werden muss. Die Varianten müssen hinsichtlich ihrer Lauffähigkeit geprüft werden, bevor sie eingesetzt werden. Diese Arbeit kann in der Regel nur von Spezialisten vorgenommen werden.

Die Simulationen sichern Entscheidungen für oder gegen Änderungen in der aktuellen Produktion ab. Interessant ist die Simulation von Realisierungsstufen. Mit Materialflusssimulation lassen sich relativ einfach Ausbaustufen oder Entwicklungsschritte darstellen. Sie helfen Zwischenschritte zu definieren, die notwendig sind, wenn Veränderungen in der Produktion ohne große Produktionsstillstände organisiert werden müssen.

Detailierungsstufen in der Layoutplanung

Prof. Dr.-Ing. Thomas Gäse, Westsächsische Hochschule Zwickau

1. Überblick über die Layoutplanung

Die Layoutplanung als abschließender Schritt des Fabrikplanungsprozesses umfasst die Integration der im Rahmen der vorherigen Planungsschritte bestimmten Flusssysteme zu einer Gesamtlösung mit dem Ziel, durch richtige Anordnung von Struktureinheiten (z. B. Fertigungsplätze) und Verbindungselementen (z. B. Transportanlagen) den Fertigungsablauf wirtschaftlich und störungsfrei zu ermöglichen (nach /VDI 2385/). Dabei sind die überwiegend abstrakten Planungsergebnisse der Strukturierung anhand der räumlichen Gegebenheiten realistisch abzubilden und optimal umzusetzen /WIMO-00/. Das visualisierte Ergebnis der Layoutplanung ist das Layout.

Unter einem Layout wird die grafische Darstellung der räumlichen Anordnung von betrieblichen Funktions- und Struktureinheiten (Fertigungs- und Montageplätze, Lager, Produktionsbereiche u. a.) verstanden /SCWI-04/.

Den prinzipiellen Ablauf der Layoutplanung zeigt Bild 1.

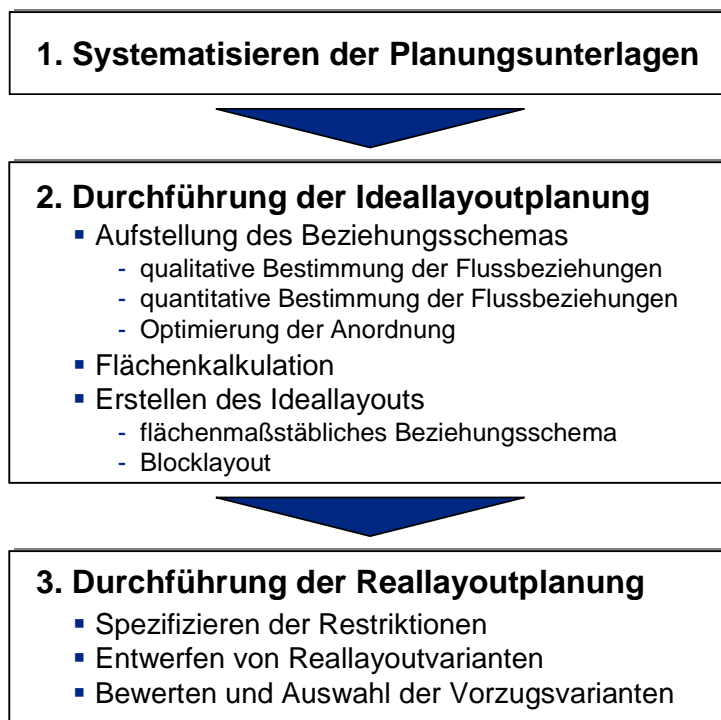


Bild 1: Prinzipieller Ablauf der Layoutplanung (Planungsschritte) /WIMO-00/

Die Komplexität der Layoutplanung hat zur Folge, dass nur in den seltensten Fällen in einem Schritt das ausführungsfähige Layout entsteht. Vielmehr ist es erforderlich, Planungsvarianten stufenweise zu erarbeiten, zu bewerten und die Vorzugsvariante auszuwählen sowie weiter zu verfeinern. Dabei kommen verschiedene Planungsgrundsätze, wie

- das hierarchisch gegliederte Vorgehen,
- die stufenweise Variantenbildung und -ausscheidung,
- die Selbstähnlichkeit des Planungsablaufes und weitere zur Anwendung /WIMO-00/.

2. Detaillierungsstufen der in der Layoutplanung eingesetzten Modelle

Zur Anordnung der Struktureinheiten (Lagebestimmung) werden in der Layoutplanung verschiedene Modelle genutzt, die sich hinsichtlich ihres Abstraktionsgrades zum realen Objekt unterscheiden (Bild 2).

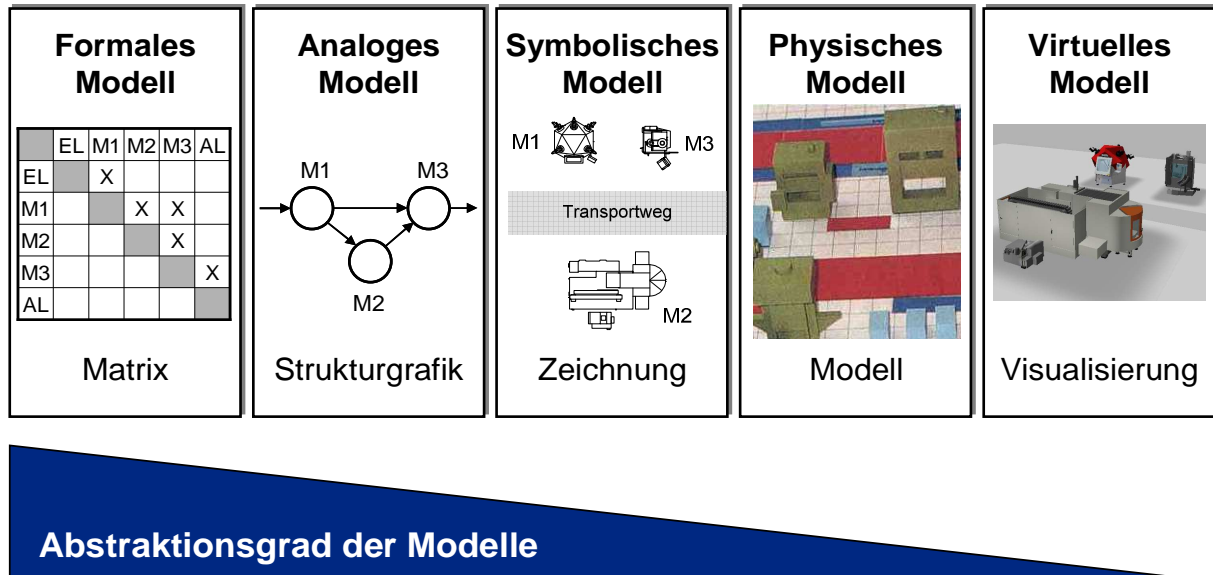


Bild 2: Modellarten in der Layoutplanung

Das formale Modell bildet das Beziehungsschema in Form von Matrizen ab. Es stellt die flusstechnischen Zusammenhänge (Quelle-Senke-Beziehungen) zwischen den anzuordnenden Objekten qualitativ (Verbindungsmatrix) und quantitativ (relative oder absolute Intensitätsmatrix) für das der Layoutplanung zugrunde liegende Flusssystem dar. Als wesentliche Flusssysteme in Produktionsunternehmen werden

- Materialflusssysteme,
 - Informationsflusssysteme und
 - Energieflusssysteme
- unterschieden.

Auf Basis des formalen Modells lässt sich die Anordnung der Struktureinheiten mit verschiedenen Verfahren optimieren, so dass der Transportaufwand minimiert wird (s. /WIMO-00/, /GUEN-05/, /GGKM-06/). Dieses Ziel ergibt sich aus der Dominanz des Materialflusses bei der überwiegenden Anzahl von Produktionsunternehmen. Der Transportaufwand zwischen zwei Struktureinheiten wird durch

- den Transportweg (Entfernung) und
- die Transportintensität (Anzahl der Transporte im Bezugszeitraum)

bestimmt. Durch die Anordnungsoptimierung werden die Struktureinheiten mit hoher Transportintensität räumlich möglichst nah zueinander angeordnet. Das Ergebnis wird in einer Strukturgrafik (analoges Modell) dargestellt, wobei die konkreten Abmessungen der anzuordnenden Objekte noch keine Rolle spielen, d. h. sie werden als Punkt betrachtet. Ein wesentliches Problem der Layoutplanung ist damit aber prinzipiell gelöst: Wo ist welches Objekt günstig anzuordnen?

Auf Basis der Strukturgrafik und durch Zuordnung von rechteckigen Flächen zu den Anordnungsobjekten wird ein ideales Layout in Form eines Blocklayouts entwickelt (Bild 3 links). Dabei werden die Flächen unter möglichst weitgehender Einhaltung der idealen Anordnung zusammengeführt.

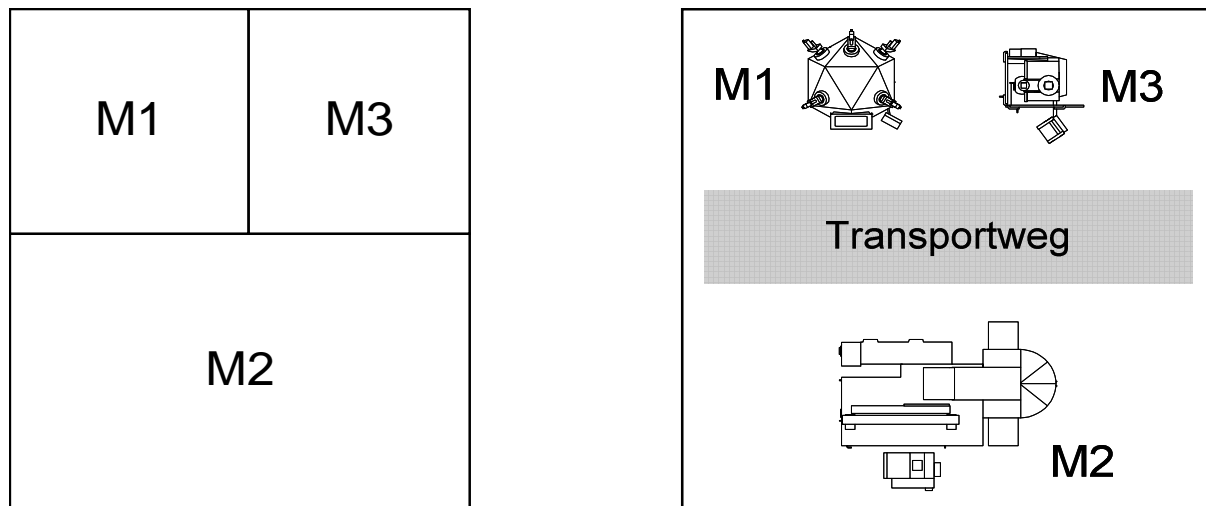


Bild 3: Blocklayout (links) und 2D-Layoutzeichnung (rechts)

Die weitere Detaillierung der Layoutzeichnung erfolgt über den Ersatz der Flächen im Blocklayout durch 2D-Modelle der anzuordnenden Objekte, womit eine 2D-Layoutzeichnung (symbolisches Modell) in der Draufsicht entsteht (Bild 3 rechts). Diese detaillierte Layoutzeichnung mit angetragener Bemaßung dient als Vorlage für die Umsetzung der Planungslösung und die Erarbeitung weiterer Pläne (z. B. Anschlusspläne, Fundamentplan, Fluchtplan u. a.). Für die Erstellung der Layoutzeichnungen und -pläne werden CAD-Systeme eingesetzt.

Zur Verbesserung der räumlichen Vorstellung werden auch physische Modelle für die Erarbeitung des Layouts angewendet. Diese ersetzen die Flächenmodelle der Anordnungsobjekte durch einfache maßstabgetreue Modelle aus Holz oder Kunststoff und zeichnen sich durch ihre gute Handhabbarkeit aus (s. a. /SCHH-94/). Auch 1:1-Modelle aus Pappe werden dafür eingesetzt. Problematisch sind jedoch die aufwendige Herstellung der physischen Modelle und die abschließende Übernahme der Planungslösung in ein CAD-System zur Layouterstellung.

Die Entwicklung der Hard- und Software führte zur Nutzung von dreidimensionalen virtuellen Modellen. Entsprechende Modellierungsfähigkeiten vorausgesetzt, kann damit die Planungslösung äußerst anschaulich visualisiert und animiert werden, was vor allem bei Präsentationen für Entscheidungsträger von Vorteil ist. Dabei sollten der Aufwand zur Modellerstellung aber nicht unterschätzt und der Nutzen abgewogen werden, denn nach wie vor erfolgt die Ausführung auf Basis detaillierter Layoutpläne.

Tabelle 1: Modellausprägungen und benötigte Informationen

Modell	Ausprägung	Benötigte Informationen
Formales Modell	Verbindungsmatrix	Transportbeziehungen
	relative Intensitätsmatrix	relative Transportintensitäten
	absolute Intensitätsmatrix	absolute Transportintensitäten
Analoges Modell	Strukturgrafik	optimale Anordnung
Symbolisches Modell	Blocklayout	Flächen (Abmessungen)
	2D-Layoutzeichnung	maßstäbliche 2D-Modelle
Physisches Modell	3D-Modell	maßstäbliche Holzmodelle
Virtuelles Modell	3D-/VR-Visualisierung	maßstäbliche 3D-/VR-Modelle

Die für die verschiedenen Modelle (Detaillierungsstufen) benötigten Informationen sind in Tabelle 1 zusammengefasst, wonach der Modelleinsatz entschieden werden kann. Dabei nimmt der Abstraktionsgrad der Modelle von oben nach unten ab.

3. Digitales Planungswerkzeug für die interaktive Layoutplanung

Die Anwendung der verschiedenen Modelle zur Layoutplanung wurde in das an der Professur Fabrikplanung und -betrieb der TU Chemnitz entwickelte und jetzt von der plavis GmbH Chemnitz weiter entwickelte interaktive Planungssystem visTABLE[®] integriert (Bild 4).



Bild 4: Interaktives Planungswerkzeug visTABLE[®]

Mit diesem Werkzeug wird der gesamte Layoutplanungsprozess von der Strukturentwicklung bis zur VR-Visualisierung durch folgende Aktivitäten unterstützt (nach /WWW-09/):

- Erstellung von Materialflussanalysen,
- Optimierung der Objektanordnung,
- interaktiver Layoutentwurf im Planungsteam,
- Prüfung auf Einhaltung von Abstandsmaßen,
- vergleichende Layoutbewertung.

Das besondere an diesem Planungswerkzeug ist, dass sich die anzuordnenden Objekte, wie Maschinen, Fördertechnik, Lager, Einrichtungsgegenstände sowie Personen auf einem zweidimensional projizierten Layout aus einer Objektbibliothek auswählen, platzieren und mit dem Finger bewegen lassen. Dabei wird jede Veränderung in der Anordnung dieser Objekte sowohl auf dem berührungsempfindlichen Display (Touch-Screen) als auch in einer weiteren dreidimensionalen Ansicht auf einem Bildschirm oder einer Projektionswand visualisiert. Über die Steuerung eines Kamerasymbols ist jederzeit ein virtueller Spaziergang durch die geplante Werkhalle möglich und die Planungslösung lässt sich sofort aus beliebigen Blickwinkeln begutachten. Bei der Arbeit wird das Planungsteam durch

die Darstellung der Materialflussbeziehungen und der optimalen Objektanordnung, die vergleichende Layoutbewertung über die Ermittlung des Transportaufwandes sowie die Überwachung der Mindestabstände zwischen den Objekten unterstützt. Damit erhält das Planungsteam konkrete Hinweise zur Verbesserung des Layouts und die Qualität der Planungslösung kann sofort beurteilt werden. Darüber hinaus ist die Erarbeitung und Präsentation der Planungsergebnisse auch in örtlich verteilten Teams über das Internet durchführbar.

4. Zusammenfassung

Der Beitrag beschreibt verschiedene für die Layoutplanung eingesetzte Modelle, die sich hinsichtlich ihres Abstraktionsgrades zu den real anzuordnenden Objekten unterscheiden (Detaillierungsstufen). Die für die Erstellung der Modelle benötigten Informationen werden herausgearbeitet. Damit kann entsprechend der vorhandenen Daten über den Modelleinsatz für die Layoutplanung entschieden werden bzw. es wird ersichtlich, welche Informationen für die Anwendung eines konkreten Modells vorhanden sein müssen. Die Anwendung der verschiedenen Modelle wird durch das interaktive Planungssystem visTABLE[®] unterstützt. Mit diesem Planungswerkzeug ist die Erarbeitung von Layoutvarianten durch ein Planungsteam, bestehend aus Personen mit unterschiedlicher Fachkompetenz und Erfahrung, leicht und zügig durchzuführen. Dazu werden der aktuelle Planungsstand für alle Beteiligten anschaulich zwei- und dreidimensional visualisiert sowie Hinweise zur Layoutverbesserung gegeben. Notwendige Änderungen können sofort ausgeführt und dargestellt werden, was die Teamarbeit bei der Layoutplanung erleichtert.

5. Literatur

- /GGKM-06/ Gäse, Th.; Günther, U.; Krauß, A.; Müller, E.: Integrierte Struktur- und Layoutplanung. wt Werkstattstechnik (online) 96 (2006) H. 5, S. 314-320
- /GUEN-05/ Günther, U.: Methodik zur Struktur- und Layoutplanung wandlungsfähiger Produktionssysteme. TU Chemnitz, Fakultät Maschinenbau, Dissertation, 2005
- /SCHH-94/ Scheel, J.; Hacker, W.; Henning, K.: Fabrikorganisation neu beGreifen. Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1994
- /SCWI-04/ Schenk, M.; Wirth, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2004
- /VDI 2385/ Leitfaden für die materialflussgerechte Gestaltung von Industrieanlagen. VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, VDI-Richtlinie 2385, 1989.
- /WIMO-00/ Wirth, S.; Mann, H.; Otto, R.: Layoutplanung betrieblicher Funktionseinheiten. Technische Universität Chemnitz, Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, Wissenschaftliche Schriftenreihe Heft 25, 2000
- /WWW-09/ <http://www.vistable.de> abgerufen am 04.08.2009

Layoutoptimierung für eine effiziente Produktion

Dr.-Ing. Jörg Ackermann, TU Chemnitz, Professur Fabrikplanung und Fabrikbetrieb
 Dipl.-Ing. Frank Börner, TU Chemnitz, Professur Fabrikplanung und Fabrikbetrieb

1. Problemstellung

Für eine effiziente Produktion sind situationsgerechte Materialflussstrukturen und zugehörige Layoutanordnungen mitentscheidend. Dies gilt nicht nur für Großunternehmen der Großserienproduktion. Auch für Klein- und mittelständige Unternehmen (KMU) mit ihrer oftmals auftragsorientierten kleinserigen Produktion stellt sich wiederkehrend die Frage, passen Materialflussstruktur und Layoutanordnung noch zur Auftrags- und Ressourcencharakteristik oder sollten Veränderungen an der räumlichen Organisation vorgenommen werden.

Die räumliche Organisation der Produktion definiert sich unter Berücksichtigung der spezifischen Bedingungen als Anordnung der ortsgebundenen Betriebsmittel bei Beachtung der sich daraus ergebenden Ortsveränderungen der Arbeitsgegenstände und Arbeitspersonen sowie deren Einbindung in die bauliche Hülle.

Das Problem der räumlichen Strukturierung in der Fabrikplanung besteht folglich in der örtlichen Zusammenführung der an einem Teilprozess (Arbeitsvorgang) beteiligten Elemente Arbeitsgegenstand, Arbeits-/Betriebsmittel und Arbeitsperson (Tab. 1). Daraus ergeben sich drei Teilprobleme:

3. die Festlegung, welche Elemente einen festen Standort erhalten und welche Elemente bewegt werden,
4. die Bestimmung des Standortes der ortsfesten Elemente und
5. die Ermittlung von Bewegungsrouten der ortsveränderlichen Elemente.

Fall	Arbeits-/ Betriebsmittel	Arbeitsgegenstand	Arbeitsperson	z_{AG}	z_{AP}
1	0	0	0	= 1	= z_{BM}
2	0	0	↔	= 1	< z_{BM}
3	0	↔	0	> 1	= z_{BM}
4	0	↔	↔	>1	< z_{BM}
5	↔	0	0		
6	↔	0	↔		
7	↔	↔	0		
8	↔	↔	↔		

0 ortsfest (stationär)

↔ ortsveränderlich

Tab. 1: Fälle des Zusammenführens der Elemente des Fertigungsprozesses

Die ersten vier Fälle – die Arbeits-/Betriebsmittel sind ortsfest – kommen in der Fertigungsindustrie am häufigsten vor. Für diese Fälle stellt sich das zweite Teilproblem der räumlichen Strukturierung als Standortbestimmung der Maschinen und Ausrüstungen (Betriebsmittel) dar.

2. Methoden der Objekt-Platz-Zuordnung

Die Bestimmung der räumlichen Anordnung der Fertigungsplätze ist eine Optimierungsaufgabe mit dem Ziel minimaler Transportaufwendungen entlang des Produkt-/Materialflusses sowie einer der Kundenmarktsituation gerecht werdenden technologischen Flexibilität. Deshalb läuft die optimale Gestaltung der räumlichen Struktur auf Grund der getroffenen Abstraktionen auf die Bestimmung der minimal möglichen Transportwege, -leistungen und -kosten hinaus. Unabhängig von der Modifizierung durch die verschiedenen mathematischen Verfahren bzw. Lösungsmodelle für die Optimierung der räumlichen Struktur baut diese auf folgender Grundgleichung auf:

$$K_T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m J_{ij} * s_{ij} * k_{Tij} \longrightarrow \min$$

K_T - Transportkosten
 J - Flussintensität einer einzelnen Transportstrecke
 s - Transportweg zwischen den Standplätzen der FP
 k_T - spezifische Kosten des Transportmittels

Für eine derartige Anordnungsoptimierung existieren zahlreiche deterministische und heuristische Verfahren und Verfahrensvarianten. Von Bedeutung für die Fabrikplanungspraxis sind dabei die heuristischen Verfahren wegen der kürzeren Rechenzeit bei hinreichender Optimierungswahrscheinlichkeit.

Zu den gängigen Verfahren zählen:

- Modifiziertes Dreiecksverfahren (MDV) nach Schmigalla,
- Verfahren nach Martin oder
- Ungarisches Verfahren.

Häufig angewendet wird das Modifizierte Dreiecksverfahren (MDV) /SCHM-09/. Weniger gebräuchlich ist bisher das Kreisverfahren nach Schwerdtfeger /KETT-84/, obwohl es im Vergleich gute Resultate hervorbringt.

3. Kreisverfahren

Beim Kreisverfahren nach Schwerdtfeger werden die Anordnungsobjekte auf einem Kreis angeordnet und deren Materialflussbeziehungen durch Pfeile bzw. Verbindungslinien markiert (Abb. 1). Die Linienstärken gelten dabei als Maß der Flussintensitäten. Durch Umgruppierung der Objekte auf dem Kreis wird schrittweise versucht, eine Anordnung zu erreichen, bei der transportintensiv verknüpfte Objekte auf dem Kreisumfang möglichst abstandsminimal aneinanderliegen, sodass dann transportintensive Verbindungslinien nicht mitten durch den Kreis führen, sondern linienförmig tangential auf dem Kreisumfang angeordnet sind. (vgl. /GRUN-09/)

Der Anwendungsbereich des Kreisverfahrens liegt vorzugsweise bei Anordnungsproblemen resultierend aus komplexen Fertigungsabläufen mit vernetzten Materialflüssen und signifikanten Unterschieden in den Flussintensitäten.

Die Zielfunktion liegt analog zum Modifizierten Dreiecksverfahren in einer Minimierung des Transportaufwandes (Intensität x Weglänge; Kosten=1) durch Minimierung der Wegdistanzen absteigend von den höchsten Flussintensitäten.

Die Voraussetzungen für die Anwendung des Verfahrens sind gegeben, wenn als benötigte Eingangsdaten die Angaben zur Aufstellung der ungerichteten relativen oder absoluten Flussintensitätsmatrix vorhanden sind.

Hinsichtlich der Art des Verfahrens wird unterschieden in:

- grafisches Verfahren,
- rechnerisches Verfahren.

1. Grafisches Verfahren

Folgende Vorgehensweise ist charakteristisch für das grafische Lösungsverfahren:

- Objekte als Quellen und Senken werden als nichtmaßstäbliche gleiche Flächen kreisförmig zueinander angeordnet.
- Flussintensitäten zwischen den Flächen werden als Pfeile bzw. Linien eingetragen, wobei die Pfeil- bzw. Linienstärken proportional den Flussintensitäten sind.
- Durch Verschieben der Flächen auf dem Kreisumfang erfolgt die heuristische Optimierung: Flächen mit hohen Flussintensitäten werden hierbei möglichst nah zueinander angeordnet (Abb. 1).

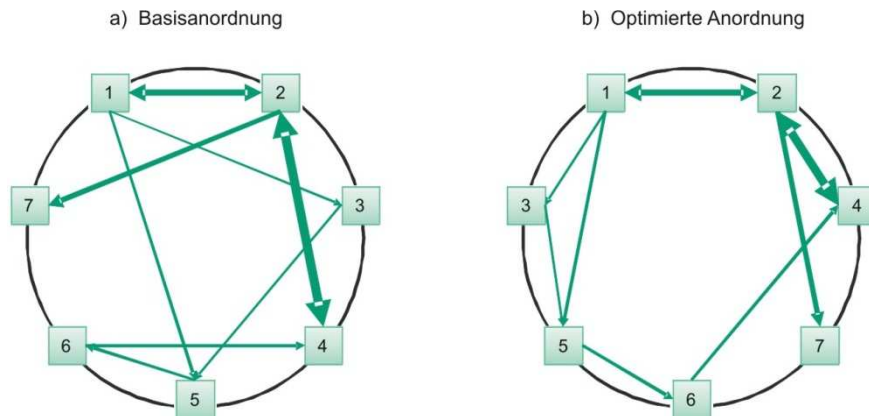


Abb. 1: Optimierung der Anordnung: a) Basisanordnung, b) Optimierte Anordnung

Neben Papier und Bleistift kann das Verfahren u.a. rechen technisch unterstützt werden durch die MS Office-Werkzeuge MS PowerPoint oder MS Visio. Eine Unterstützung mit zusätzlichen Fabrikplanungsfunktionalitäten bietet das Struktur- und Layoutplanungswerkzeug visTABLE /PLAV-09/. Nach Anlegen der Anordnungsobjekte und des Kreises, die vereinfacht durch Flächen symbolisiert werden, können die Materialflussintensitäten wahlweise in eine Tabelle oder Matrix eingetragen und damit grafisch abgebildet werden. Die erzeugte Anordnung repräsentiert die Basisanordnung, bewertet mit einem Transportaufwand von 100%. Durch Ausführen des Modifizierten Dreiecksverfahrens wird eine Anordnungsreihenfolge ermittelt und farblich dargestellt (Abb. 2), die als Anordnungsempfehlung in die folgende Umordnung der Objekte auf dem Kreis einbezogen werden kann. Zwei Anordnungsverfahren werden also intelligent miteinander kombiniert, gegebenenfalls auch wiederholt. Lassen sich keine Verbesserungen für den Transportaufwand mehr erzielen, ist die optimierte Anordnung gefunden.

Den Vorteilen des grafischen Verfahrens:

- Rechenverfahren fallen weg,
- intuitive Ergebnisfindung,
- sehr anschauliche Darstellung,
- nachvollziehbarer Lösungsweg,
- gut übertragbar auf alle möglichen Problemstellungen,
- hilfreich bei relativ komplexen Problemstellungen,

stehen folgen Nachteile gegenüber:

- keine mathematische, algorithmische Grundlage,
- optimale Lösung kann nur durch Probieren gewonnen werden,
- teils nichttriviale Übertragung des Ergebnisses in reales Layout,
- durch sinnvolles intuitives Probieren z.B. in visTABLE kann Layout auch gefunden werden.

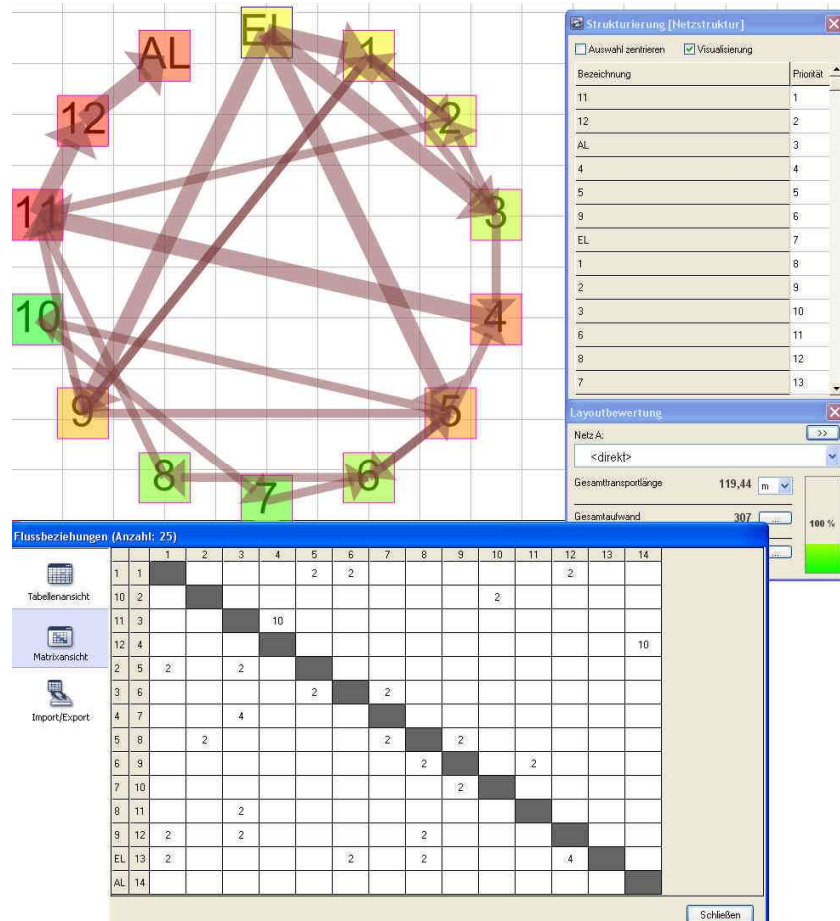


Abb. 2: visTABLE – Unterstützung durch Fabrikplanungsfunktionalitäten

2. Rechnerisches Verfahren

Für die Ermittlung der optimalen Anordnungsreihenfolge existiert bisher kein exakter, verifizierter Algorithmus.

Ziel des aktuell in Entwicklung befindlichen rechnerischen Verfahrens ist es, den Nutzer bestmöglich bei der Annäherung an die Ideallösung zu unterstützen. Dazu wird in dem entwickelten Software-Prototyp die Flussintensitätsmatrix eingelesen und die Anzahl der anzuordnenden Elemente ermittelt. Diese Zahl bildet die Basis für die Bestimmung der Kennwerte für den Anordnungsreis (n-Segmente, Sekantenlänge zwischen benachbarten Elementen $s=1$).

Mithilfe des ermittelten Radius und der jeweiligen Position in der gewählten Anordnungsreihenfolge lassen sich die Flussbeziehungen in Intensitätslängen (=Transportaufwände) umrechnen. Durch Summation über die Intensitätslängen der Materialflussbeziehungen kann die gewählte Anordnungsreihenfolge quantitativ bewertet und mit anderen Varianten verglichen werden.

Um eine verlässliche Variante des definitiven Optimums zu finden, ist die Berechnung des Gesamtaufwandes für jede mögliche Anordnungsreihenfolge vorzunehmen. Dieses Vorgehen zeigt ein Laufzeitverhalten n -Fakultät $\Theta(n!)$. Die Variantenanzahl kann jedoch durch strukturelle Zusammenhänge reduziert werden:

- Die Richtung der Sortierung auf dem Kreis ist irrelevant $\rightarrow \Theta(n!/2)$.
- Zusätzliche Festlegung eines Startelementes $\rightarrow \Theta((n-1)!/2)$.
- Anordnung der beiden Elemente mit der intensivsten Beziehung (Voraussetzung: eindeutig) $\rightarrow \Theta((n-2)!/2)$.

Diese Maßnahmen reduzieren den zu untersuchenden Raum signifikant, dennoch bleibt der mathematische Grundzusammenhang bestehen ($\Theta(n!)$). Eine derartige Lösungsfindung stellt bereits ab wenigen Elementen (10-12) einen zeitkritischen Vorgang dar.

Derzeit existiert ein Prototyp, der die oben angeführten Berechnungen vornimmt (Einheitskreisbestimmung, Intensitätslängenbestimmung) und den Nutzer bei der intuitiven Lösungsfindung und -bewertung bestmöglich unterstützen soll. Parallel dazu gibt es Entwicklungen, Algorithmen zu hinterlegen, die den Nutzer beim Finden der optimalen Anordnungsreihenfolge unterstützen sollen.

Für die Generierung einer Anfangslösung werden zunächst die beiden Elemente angeordnet, die in intensivster Relation miteinander stehen. Danach werden die weiteren Elemente nach ihrer Intensität zu den bereits angeordneten hinzugefügt (ähnlich der Vorgehensweise nach Schmigalla). Für die Verifikation der Lösung kommt eine Abwandlung eines Sortieralgorithmus zum Einsatz („Bubblesort“). Bei diesem werden immer zwei benachbarte Elemente getauscht und verglichen, ob sich das Ergebnis positiv verändert. Sollte aus allen Positionen keine Veränderung eine Verbesserung hervorbringen, so ist davon auszugehen, dass die gewählte Lösung der optimalen Anordnungsreihenfolge entspricht.

Die Stabilität und zielführende Arbeitsweise sowie das Laufzeitverhalten eines weiteren rekursiven Algorithmus werden zurzeit noch untersucht.

Die Überführung der Anordnungsreihenfolge gemäß Kreisverfahren in ein Layout eröffnet weitere interessante Perspektiven. Der Kreis lässt sich in nahezu jede – beispielweise durch die Transportwegstruktur vorgegebene – Form transferieren. Durch „Kreisdeformation“ lassen sich damit Ideal- und Reallayoutvarianten ableiten. Der Prototyp verfügt über eine Funktion, die gefundene Lösung in visTABLE zu importieren. Damit wird die Basis für die anschließende Layoutgestaltung gelegt.

4. Demonstrationsbeispiel

Zu Demonstrationszwecken wurde das Produktionsprogramm eines Fertigungsbetriebes (14 Anordnungsobjekte) für die Ermittlung der optimalen Anordnungsreihenfolge herangezogen (vgl. Abb. 2). In die Software wurde die erstellte Flussintensitätsmatrix eingelesen und das rechnergestützte Kreisverfahren angewendet (Abb. 3).

Die Ergebnisse wurden abschließend wieder nach visTABLE überführt. Mittels der ermittelten Anordnungsreihenfolge konnte der Gesamttransportaufwand um 28% reduziert werden. Gegenüber dem ebenfalls angewendeten grafischen Probier-Verfahren lieferte das rechnergestützte Verfahren in wesentlich kürzerer Zeit qualitativ hochwertigere Ergebnisse.

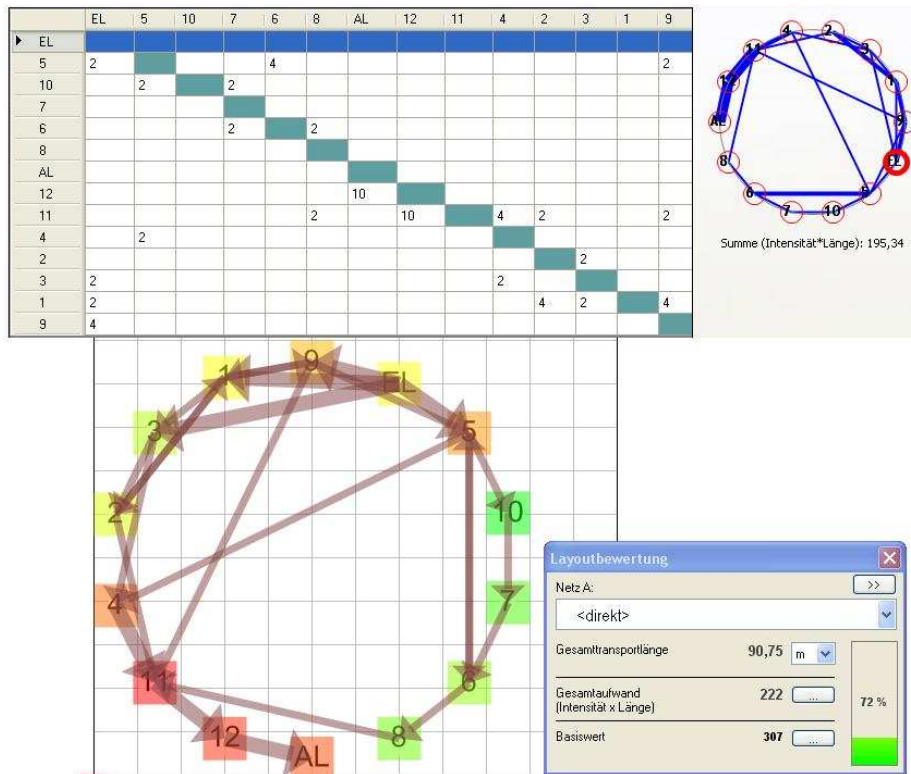


Abb. 3: Demonstrationsbeispiel

5. Zusammenfassung und Ausblick

Das Kreisverfahren nach Schwerdtfeger bietet eine schnelle und simple Alternative zum Dreiecksverfahren nach Schmigalla. Beide Verfahren kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Neben dem üblichen grafischen Verfahren richten sich die Anstrengungen derzeit auf die Entwicklung eines leistungsfähigen rechnerischen Verfahrens einschließlich Implementierung in einen softwaretechnischen Prototypen.

Weiterführend lassen sich zwei Entwicklungslinien aufzeigen:

1. Aktuell gibt es Untersuchungen, das Kreisverfahren mit geometrischen Daten zu untersetzen, d.h. die Elemente repräsentieren durch ihren Radius ihre Dimensionen und verändern entsprechend die Sekantenlängen.
2. Desweiteren ist es vorstellbar, in absehbarer Zeit den zugrundeliegenden Kreis durch andere geometrische Formen und Beschreibungen auszutauschen.

Für KMU bietet sich mit dem Kreisverfahren eine einfache Möglichkeit, schnell und aufwandsarm die aktuelle Materialflussstruktur und das aktuelle Layout zu hinterfragen und gegebenenfalls anzupassen.

6. Literatur

- /GRUN-09/ Grundig, C.-G.: Fabrikplanung: Planungssystematik – Methoden – Anwendungen. Hanser-Verlag, München, 2009
- /KETT-84/ Kettner, H.; Schmidt, H.-J.; Greim, H.-J.: Leitfaden der systematischen Fabrikplanung. Carl Hanser-Verlag, München, Wien, 1984
- /PLAV-09/ plavis: visTABLE. <http://www.vistable.de/touch.html>, 03.08.2009
- /SCHM-09/ Schmigalla, H.: Methoden zur optimalen Maschinenanordnung. VEB Verlag Technik, Berlin, 1968

**Vertrieb • Service • Vermietung
Gabelstapler-Fahrschulung
Spezialtransporte • Arbeitsschutzberatung**



Sander Fördertechnik GmbH

F.-O.-Schimmel-Straße 1, 09120 Chemnitz

Tel.: 0371 52338-0, Fax: 0371 52338-30

Internet: www.sander-foerdertechnik.de, E-Mail: info@sander-ft.de



INNOVATIONSFORUM
DIGITALE
FABRIK

**Wissenschaftliche Schriften des
Institutes für Produktionstechnik**

**Tagungsband Symposium des
Innovationsforums „Digitale Fabrik, September 2009**

Westfälische Hochschule Zwickau

ISSN 1863-1916