

Neues Simulationsmodell bildet Materialfluss im Rohbau eines Automobilherstellers ab

Sven Spieckermann, Mühlheim am Main, Nils Griffel, München, und Hartmut Hoffmann, Garching

Simulation gewinnt zunehmend an Akzeptanz als zeitgemäßes Instrument zur Planungsunterstützung. Die Forschung wendet sich bereits neuen Themenstellungen zu, beispielsweise der Integration von Simulationsmodellen mit anderen betrieblichen Informationssystemen. Im vorliegenden Artikel wird ein im Hause BMW erarbeitetes Modell vorgestellt, das sowohl als Planungsinstrument aber auch hinsichtlich der Integration in operative betriebliche DV-Systeme wegweisend ist.

"Ein Münchner im Himmel" - mit dieser Überschrift betitelte die Frankfurter Allgemeine Zeitung einen Bericht über den BMW 540i im März diesen Jahres in ihrem Sonderteil "Technik und Motor". Das Auto - so ist dort zu lesen - demonstriert in beeindruckender Weise, wie weit der Stand der Technik im modernen Fahrzeugbau gediehen ist.

Sicher ist das Vergnügen, das aus einem Simulationsmodell erwächst, nicht mit dem Fahrspaß zu vergleichen, den dieses Fahrzeug der oberen Mittelklasse zu bieten hat. Aber das gemeinsam von der BMW AG und dem Mühlheimer Simulationsdienstleister SimPlan entwickelte Modell zur Abbildung des gesamten Rohbaus der "5er-Reihe" verdient in seiner Klasse -im Bereich Logistik- und Materialfluss-Simulation - durchaus Beachtung. Dies gilt sowohl für die "technischen Daten" des Modells, wie Modellgröße oder direkten Zugriff auf Produktionsdatenbanken als auch für die "Testergebnisse", d.h. für die bislang mit dem Modell erzielten Resultate.

Der folgende Beitrag gibt einen Einblick in die Zielstellung des durchgeführten Projektes und in die Einbettung von Konzepten für Materialfluss-Simulationen im Rohbau bei BMW insgesamt. Das erstellte Modell wird auch bezüglich der Anbindung an andere Informationssysteme vorgestellt. Abschließend werden die bislang erreichten Resultate dem Verhalten des Rohbaus gegenübergestellt.

Ziele des Projektes

An dem Projekt wurde von Oktober 1996 bis Juni 1997 mit einem Aufwand von insgesamt 1,5 Mannjahren (darunter 0,5 Mannjahre oder TDM 130 für externe Dienstleistung) gearbeitet.

Das wesentliche Ziel des Projektes war die Anbindung der Simulation als Produktionsplanungsinstrument an die Betriebsdatenerfassung (BDE) zur Absicherung von operativen Entscheidungen des Managements. Aus dieser weitgesteckten Zielsetzung, die einmal darauf hinwirkt, Entscheidungen über arbeitsorganisatorische Fragen (Durcharbeiten von Pausen, Zusatzschichten) mit Hilfe der Simulation zu unterstützen, die aber auch für Projekte der serienbetreuenden Planung eine realitätsgetreue Experimentierumgebung schaffen soll, ergaben sich folgende Teilaufgaben für das Projekt:

- Erstellen eines detaillierten und realitätsnahen Simulationsmodells des gesamten Rohbaus, das sämtliche Anlagen und die gesamte Fördertechnik umfasst.
- Anbindung des Simulationsmodells an die Maschinendatenerfassung (MDE) und die BDE.
- Abfrage von Verfügbarkeitsdaten aus der MDE.
- Abfrage von aktuellen Taktzeiten aus der MDE.

- Übergabe der realen Kundenauftragsdaten in das Simulationsmodell aus der Datenbank der Auftragssteuerung.
- Vorbelegung des Simulationsmodells mit den aktuellen Füllständen des Realsystems.
- Einfache Parametrierbarkeit von operativen Entscheidungsalternativen in der Strategie und Struktur des Rohbaus.

Damit bildet das Modell den letzten Baustein im Simulationskonzept der "Technologie Rohbau" von BMW. Dieses von der TU München wissenschaftlich begleitete Gesamtkonzept beginnt bei planungsunterstützender Konzept-Simulation und reicht durchgängig bis zur Betreiber-Simulation im operativen Betrieb.

Modellbildung mit hohem Detaillierungsgrad

Das mit dem Simulationssystem "Simple++" (Version 4.0) erstellte Modell umfasst die gesamte Fördertechnik und Anlagentechnik des Rohbaus. Bei der Frage nach dem geeigneten Detaillierungsgrad war der Projektgruppe die Maxime "so genau wie nötig und nicht so genau wie möglich" wohl bewusst. Vor dem Hintergrund der Erfahrungen in vergleichbaren Projekten hat sich das Team entschlossen, zunächst mit einer hohen Detaillierung zu beginnen, um möglichst alle Einflussparameter und Zusammenhänge im Produktionssystem zu erfassen.

Im Bereich der Fördertechnik, die im Dingolfinger Rohbau über eine Reihe von Elektrohängebahn-Kreisläufe (EHB) mit insgesamt weit mehr als 1000 Gehängen abgewickelt wird, ist jeder einzelne Stellplatz für ein Gehänge und jedes Gehänge selbst als einzelnes Objekt abgebildet. Im Anlagenbereich sind alle Anlagen mit ihren einzelnen Stationen abgebildet. Neben den Hauptanlagen, die das Rückgrat des Fertigungsflusses bilden, enthält das Modell die relevanten Nebenanlagen. So kann beispielsweise im Modell genau nachvollzogen werden, wie sich der Vorderbau des BMW aus den Radhäusern, den Motorträgern, der Stirnwand und dem Querträger zusammensetzt.

Bei der Modellerstellung wurde ferner auf eine möglichst einfache Parametrierbarkeit, beispielsweise der Arbeitszeitmodelle oder der Taktzeiten, und auf eine anschauliche Animation Wert gelegt. So können folgende Punkte zentral parametriert werden:

- Taktzeiten für jede einzelne Anlage.
- Arbeitszeitmodelle für jede einzelne Anlage. Dabei kann zusätzlich angegeben werden, mit welcher Leistung während der einzelnen Zeiten im Arbeitszeitmodell gearbeitet werden soll. Die Arbeitszeitmodelle können von Anlage zu Anlage abweichend sein. So ist es beispielsweise denkbar und im Modell einstellbar, dass bestimmte (manuelle) Anlagen in den Tagschichten mit voller Leistung betrieben werden, in der Nachtschicht dagegen nur mit einem Drittel, andere Anlagen dagegen während der Nachtschicht ihren Takt beibehalten und wieder andere nur im Zweischichtbetrieb arbeiten.
- Für jeden Störbereich, für den in der realen Anlage Störungen erfasst werden, können im Modell Fehlerabstände und Fehlerdauern mit Zufallsverteilungen zentral festgelegt werden (Störcharakteristika).
- Prüfzyklen, Prüfzeiten, Nacharbeitswahrscheinlichkeit und Nacharbeitszeiten für jeden Prüfplatz bzw. für den zugeordneten Nacharbeitsplatz.

Ferner kann zwischen bestimmten Steuerungsregeln, die alternierend in der Fördertechnik eingesetzt werden, umgeschaltet werden. Das Animations-Layout zeigt die Anlage und die EHB-Kreisläufe in zweidimensionaler, maßstäblicher CAD-Darstellung.

Bild 1 enthält einen entsprechenden Ausschnitt aus dem Simulationslayout. Die dafür erforderlichen Zeichnungen wurden- mit wenigen Zwischenschritten - aus dem Layout-System übernommen. Links im Bild erkennt man die Karosseriegerippe-Anlage, in der Seitengerippe, Dach und Karosserie gefügt und geheftet werden. Daneben ist der zur Anlage gehörende Fördertechnikbereich auf der 10-m-Ebene abgebildet. Die Karosserien werden in Gehängen (im Bild oben rechts) zur Anlage transportiert. Nach der Abgabe der Karosserie fährt das leere Gehänge aus dem Lift aus. Im Anschluss an die Bearbeitung in der Anlage werden die Karossen von einem anderen Lift abgeholt und im Gehänge zur nächsten Anlage transportiert. Die Leergehänge zur Aufnahme der nächsten Aufträge stehen in der Abbildung bereits links neben dem Lift bereit.

Wie groß der Detaillierungsgrad und der Umfang des Modells sind, lässt sich an einem informationstechnischen Detail ermesen: Um das Modell auf einem PC oder einer Workstation laufen zu lassen, muss der entsprechende Rechner mit 256 Megabyte Hauptspeicher ausgestattet sein.

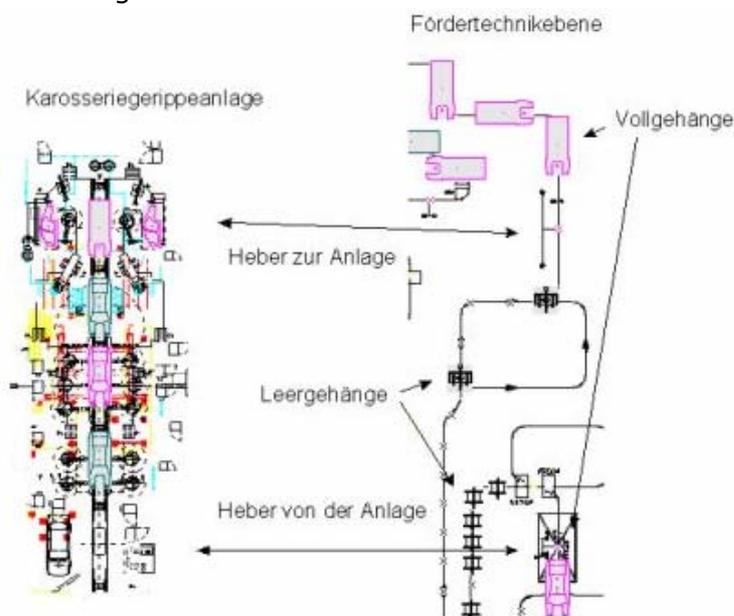


Bild 1: Ausschnitt aus dem Simulations-Layout: Anlagenebene und Fördertechnikebene.

Datenbeschaffung direkt über reale Daten

Die im vorangegangenen Abschnitt erläuterten Parametrierungsmöglichkeiten für Taktzeiten, Störungen etc. setzen voraus, dass die dafür erforderlichen Daten vorliegen. Wenn die Simulation während der Systemplanung eingesetzt wird, muss der Planungsingenieur dem "Simulanten" die entsprechenden Daten vorgeben. Bei dem vorliegenden Modell, das eine bereits in Betrieb befindliche Anlage abbildet, wurde ein anderer Weg gewählt, um eine möglichst hohe Genauigkeit zu erzielen: Die Daten werden über den direkten Zugriff auf Produktionsdatenbanken gewonnen. Über eine ODBC-Schnittstelle (ODBC = Open Gatabase Connectivity; dies ist ein herstellerunabhängiger Standard für den Zugriff auf Datenbanken) werden SQL-Abfragen (Structured Query Language = Standardabfragesprache für Datenbanken) abgesetzt.

Auf diese Weise werden die Anlagentaktzeiten direkt aus den Taktzeiten der realen Anlage ermittelt. Aus derselben Datenbank werden auch Zeitpunkte und Dauer der technischen Störungen abgefragt, wobei die Daten anschließend noch einer statistischen Aufbereitung in einem mehrstufigen Verfahren unterzogen werden müssen.

Die realen kundenbezogenen Auftragsdaten werden ebenfalls durch Zugriff auf eine Datenbank dem Simulationsmodell zugeführt. Jedem Auftrag im Modell wird der vollständige Datensatz eines realen Kundenauftrages zugewiesen. Alle Angaben, die auf dem Identifikationssystem einer Karosserie gespeichert sind, werden auch im Modell verwaltet. Damit stehen dem Modell die realen Anteile von Sonderausstattungen oder der Anteil von Variantenproduktionen zur Verfügung, woraus die Konsequenzen für den Materialfluss und die Arbeitsauslastung einzelner Anlagenteile abgeschätzt werden können.

Neben dem Zugriff auf die in Datenbanken archivierte Produktionsdaten wird ferner auf die Betriebsdatenerfassung zurückgegriffen, deren Daten auf einem Zentralrechner online zur Verfügung stehen. Aus der BDE werden für sämtliche EHB-Kreisläufe Füllstandsdaten abgefragt. Auf diese Weise ist es möglich, den aktuellen Anlagenzustand im Simulationsmodell zu visualisieren; ein "Monitoring" entsteht so gewissermaßen als Nebeneffekt.

Der wesentliche Vorteil der Vorbelegung des Modells ist jedoch, dass für die simulative Vorausschau immer auf einem klar definierten und real existierenden Systemzustand aufgesetzt werden kann. Ein Einschwingen des Simulationsmodells - eine zeitraubende Prozedur bei einem derart großen Modell - entfällt mithin vollständig. Zum Simulationsstart ist immer ein detailgetreues Abbild der Realität gegeben.

Erste Ergebnisse zeigen hervorragendes Prognoseverhalten

Während der Inbetriebnahme und Validierung des Simulationsmodells stellte sich die spannende Frage: Kann mit einem derartigen Modell aus über 30 Anlagenbereichen mit jeweils mehreren Stationen und etwa 3 000 Objekten der Fördertechnik das Verhalten des Karosserie-Rohbaus mit seinem Materialfluss genau prognostiziert werden?

Dazu sind i.w. zwei Szenarien untersucht worden: Eine Prognose über einen Produktionszeitraum von zehn Tagen und eine Kurzfristvorhersage für das Rohbauverhalten in den nächsten drei Schichten.

Die durchschnittlich mit der Prognose über den längeren Zeitraum erzielten Ergebnisse sind ausgezeichnet. Die Abweichungen der Stückzahlen liegen für jede Anlage und für das Gesamtsystem im Mittel bei 4,5 %. Selbst die Füllstandsverläufe in Puffern werden bemerkenswert gut getroffen. **Bild 2** stellt den Füllstandsverlauf in einem Entkopplungsspeicher zwischen zwei Gebäuden in der Realität und im Modell für den Vergleichszeitraum gegenüber. Es läßt sich erkennen, dass nicht nur die groben, sich aus den Arbeitszeitmodellen ergebenden Trends in der Simulation auftretenden, sondern z.T. auch kleinere Schwankungen nachempfunden bzw. vorweggenommen werden.

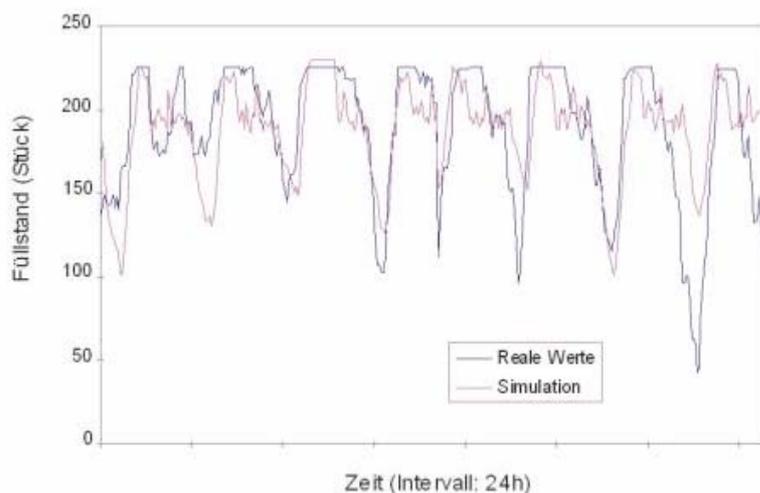


Bild 2: Füllstandsverlauf in einem Entkopplungsspeicher im Modell und in der Realität.

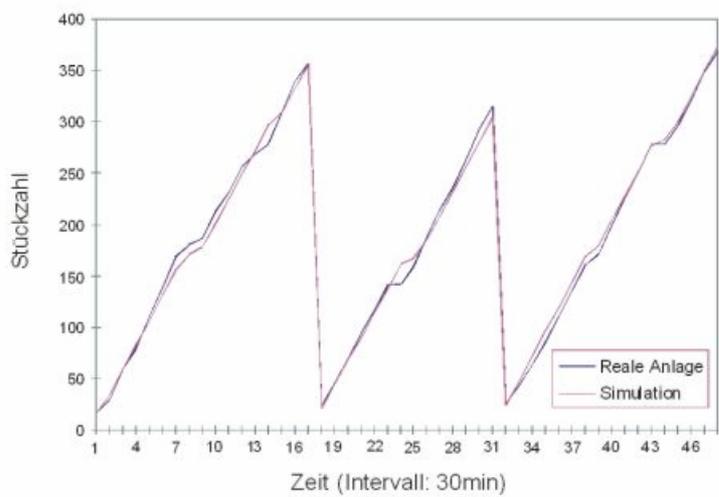


Bild 3: Stückzahlverläufe einer Anlage für den Unterbau in der Realität und in der Simulation.

Auch die kurzfristigen Vorhersagen zeigen ein sehr gutes Bild. Das Verhalten des Rohbaus in den nächsten 24 Stunden lässt sich relativ präzise vorwegnehmen. Das hängt in erster Linie damit zusammen, dass das Simulationsmodell nicht "leer" beginnt und sich einschwingen muss, sondern auf der tatsächlichen Situation des Rohbaus aufsetzt. Wie präzise die Übereinstimmung sein kann, illustriert **Bild 3**. Zwischen den simulierten und den realen Stückzahlen in der Unterbau-Anlage lässt sich in den dargestellten drei Schichten so gut wie keine Differenz erkennen.

Diese guten Prognose-Resultate können allerdings nur dann erzielt werden, wenn im realen Produktionssystem keine Großstörungen auftreten. Das Modell bildet immer wieder auftretende Kurzstörungen realitätsnah ab. Wenn allerdings in der Fördertechnik ein Lift für einen längeren Zeitraum ausfällt oder in einer Anlage beispielsweise eine Antriebswelle bricht und die Behebung der Störungen u.U. mehrere Stunden in Anspruch nehmen kann, dann entfernt sich das Modell merklich von der Realität. Man muss sich aber verdeutlichen, dass eine taggenaue Vorhersage für das Auftreten von derartigen Großstörungen nichts mehr mit Materialfluss-Simulation zu tun hat, sondern schlicht hellseherische Fähigkeiten voraussetzt.

Die mit diesen Großstörungen verbundenen Aktivitäten sind oft von umfangreichen operativen Aktivitäten geprägt, da kostspielige Produktionsausfälle drohen. Speziell in dieser Situation kommt dann die Stärke der kurzfristigen Vorhersage zum Tragen, die das Untersuchen von definierten Szenarien ermöglicht und so die Entscheidung für das effektivste Vorgehen zur Störungskompensation unterstützt.

Das hier skizzierte Simulationsmodell wird z.Z. in Dingolfing zur Absicherung von Planungsentscheidungen herangezogen und genutzt. Aufgrund der guten Prognosequalität steht die Integration in den täglichen operativen Betrieb zur Unterstützung von Entscheidungen, z.B. über die kurzfristige Anpassung von Arbeitszeitmodellen, unmittelbar bevor. Als leistungsfähige virtuelle Experimentierumgebung für die serienbetreuende Planung haben sich das Simulationskonzept und das erstellte Simulationsmodell bewährt. Das Modell soll in der Zukunft wesentlich zur Optimierung und Kostensenkung im laufenden Betrieb beitragen.