

# Eine Fallstudie zur simulationsgestützten Feinplanung in der chemischen Industrie

Sven Spieckermann (\*) und Ralph Splanemann (§)

(\*) *SimPlan AG,*

*Edmund-Seng-Straße 3-5, D-63477 Maintal-Dörnigheim*

(§) *Degussa-Hüls AG, Konzernbereich Verfahrens- und Prozeßtechnik,*

*Rodenbacher Chaussee 4, D-63457 Hanau-Wolfgang*

## Abstract

Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme wiesen bislang Defizite in der Feinplanung der Produktion auf. In diesem Artikel werden Entwicklung und Einsatz eines simulationsgestützten Leitstand für einen diskontinuierlich arbeitenden Betrieb der chemischen Industrie beschrieben.

## 1 Einführung

Die vorrangigen Ziele bei der Planung des Produktionsablaufs sind kurze Durchlaufzeiten für Aufträge bei hoher Termintreue, niedrigen Beständen und einer guten Auslastung der Ressourcen. Dabei wird die Erreichung dieser Ziele ganz wesentlich von der Qualität der Planung bei der Einlastung und Steuerung der Aufträge sowie bei der Allokation der Ressourcen (Aggregate, Personal, Rohstoffe) bestimmt.

Die Aufgaben der "klassischen" Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme (PPS-Systeme), die die Erreichung dieser Ziele unterstützen sollen, beinhalten neben z.B. der mittelfristigen Produktionsprogrammplanung und der Bedarfsauflösung eine Kapazitätsplanung. Der Begriff Kapazitätsplanung suggeriert, daß PPS-Systeme in der Lage sind, nicht nur Aufträge, sondern auch begrenzte Ressourcen bei der Erstellung von Produktionsplänen in ausreichendem Maß zu berücksichtigen. Tatsächlich ist das aber bei den heutigen PPS-Systemen in der Regel nicht der Fall, auch wenn die Anbieter derzeit mit Hochdruck an derartigen Modulen arbeiten.

Eine Produktionsfeinplanung muß je nach konkreter Ausprägung der Fertigungsabläufe Ressourcen wie Personal, Maschinen und Vorprodukte geeignet berücksichtigen. Hört sich das zunächst überschaubar an, so sind bei näherer Betrachtung beim Personaleinsatz Faktoren wie Schichtpläne, urlaubs- und krankheitsbedingte Abwesenheit sowie Qualifikationsprofile, die wiederum auftrags- oder maschinenabhängig sein können, in die Betrachtung einzubeziehen. Bei Maschinen gehen Kapazitäten, Wartungsintervalle, Rüstzeiten, Störungsverhalten und vieles mehr ein. Geeignete Produktionspläne müssen kurzfristig aufgrund unvorhergesehener Ereignisse überplant und der aktuellen Situation angepaßt werden können. In einem diskontinuierlich arbeitenden Betrieb der Degussa-Hüls AG zur Rückgewinnung von Rohstoffen wurde aufgrund der genannten Schwachstellen von PPS nach anderen informationstechnischen Lösungen gesucht. Im Rahmen des daraus entstandenen Projektes wurde ein simulationsgestützter Leitstand entwickelt, der heute eine zentrale Rolle in der Produktionsfeinplanung spielt. Das Konzept hat sich insgesamt als so leistungsfähig erwiesen, daß es auf andere Betriebe der Degussa-Hüls übertragen wird.

Der vorliegende Artikel beschreibt im folgenden Kapitel die Rahmenbedingungen des Projekts. Im dritten Kapitel wird das heute eingesetzte System beschrieben, wobei schrittweise die Entwicklung von einer ersten simulationsunterstützten Analyse zur Ermittlung von Schwachpunkten im Auftragsdurchlauf, über die Entwicklung einer einfachen Fensteroberfläche, die Einführung einer Betriebsdatenerfassung (BDE) bis zum integrierten, SAP-, BDE- und Personalverwaltungs-gekoppelten Leitstand beschrieben wird. Die erstellten Pläne und ihre praktische Verwendung sowie die mit der Systemführung gewonnenen Verbesserungen sind Gegenstand des vierten Kapitels bevor abschließend die gesammelten Erfahrungen zusammengefaßt werden.

## **2 Ausgangssituation und Problemstellung**

In dem untersuchten Betrieb werden angelieferte Materialien aufbereitet und die Rohstoffe anschließend durch Einsatz verschiedener Verfahren extrahiert. Zwischen der Aufbereitung der angelieferten Materialien und der Rohstoffextraktion erfolgt eine Analyse der Inhaltsstoffe, um das geeignete Extraktionsverfahren festzulegen. Erst nach der Analyse ist dann auch die Durchlaufzeit bis zur Bereitstellung der Rohstoffe endgültig festgelegt.

Der Kundenauftrag erfordert bereits vor der Materialanlieferung die Zusage eines Bereitstellungsdatums der Rohstoffe. Die Einplanung bzw. Terminierung erfolgte anhand von Arbeitsplanzeiten und Erfahrungswerten, die in einem SAP-System hinterlegt sind. Der Betrieb wollte aufgrund der Unsicherheiten bezüglich der zu erwartenden Bearbeitungszeiten zunächst in der ersten Produktionsstufe (Materialaufbereitung) die Einhaltung kurzer Durchlaufzeiten gewährleisten, um auch bei aufwendigen Extraktionsverfahren genügend Pufferzeit bis zum Lieferdatum zu erhalten. In dem mehrstufigen Aufbereitungsprozeß waren die Durchlaufzeiten jedoch recht hoch. Durch die Simulationsstudie sollten Engpässe analysiert und Maßnahmen zur Verbesserung der Situation ermittelt werden. Als wesentliches Ergebnis konnte eine deutliche Verkürzung der Durchlaufzeiten durch die Einführung eines flexibleren Personaleinsatzes (priorisierte Bearbeitung der zeitkritischen Aufträge anstelle der stärksten Auftragsanhäufungen) erreicht werden. Die Umsetzung in der Praxis erfordert hierzu einen Überblick über alle in der Produktion befindlichen Aufträge sowie die Unterstützung des Produktionsbereichs bei der dynamischen Verteilung des verfügbaren Personals.

Das vorhandene Simulationsmodell, das bereits die entwickelten Steuerungsstrategien für die Einplanung des Personals beinhaltet, sollte zur täglichen Produktionsfeinplanung weiterverwendet werden. Mit diesem "Online-Einsatz" wurden neue Anforderungen an den Simulationseinsatz gestellt, die über das übliche Maß für Simulationsstudien hinausgehen:

Interaktive, anwenderorientierte Benutzeroberfläche zum Planungseinsatz ohne Simulationserfahrung, Betriebsdatenerfassungssystem zur Darstellung des Planungsergebnisses sowie zur Aufnahme der Ist-Situation, Schnittstellen zu anderen DV-Systemen (Auftragsverwaltungssystem in SAP, Personalverwaltungssystem, BDE), Vorverarbeitung von Soll- und Istdatenbeständen.

Durch die Konzeption und Implementierung eines integrierten Gesamtsystems sollte die praktische Umsetzung der ermittelten Verbesserungspotentiale erreicht werden.

## **3 Systemtechnische Lösung**

Zur Unterstützung der Feinplanung in der Produktion wurde ein simulationsgestützter Leitstand aufgebaut. Was sich derart einfach zusammenfassen läßt, war in der Realisierung, Einführung und Umsetzung ein Prozeß, der sich über einen Zeitraum von insgesamt gut zwei Jahren erstreckt hat. Diese relative lange Dauer erklärt sich zum einen damit, daß es innerhalb der Degussa-Hüls AG das erste erfolgreiche Projekt dieser Art war und daß die Abwicklung bewußt in mehreren Schritten erfolgte.

Bei der mittlerweile erfolgten Übertragung des Leitstandskonzepts auf andere Betriebe konnte die Projektdauer auf ca. sechs Monate reduziert werden. Dabei wurden die in dem hier beschriebenen Projekt erfolgten Schritte nicht nacheinander, sondern unter Ausnutzung der gewonnenen Erkenntnisse parallel durchgeführt.

### **3.1 "Simulationskern" des Systems**

Erster Meilenstein des Projekts war die Erstellung eines Simulationsmodells. Das Modell sollte die Dynamik in der mehrstufigen Auftragsabarbeitung hinreichend genau nachbilden. Dazu mußte es die anstehenden Aufträge berücksichtigen (Bereitsstellung zunächst in einer Textdatei), die Struktur der Produktionsanlage abbilden (ca. 70 Aggregate), sowie die Schichtpläne und Personalqualifikationen berücksichtigen.

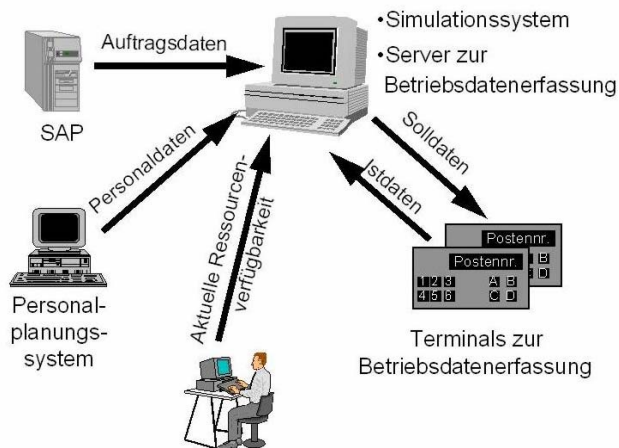
Herzstück des entsprechend dieser Anforderungen erstellten Modells wurde die Steuerung zur Auftragseinlastung. Aufgabe dieser Steuerung ist es, bei Zustandsveränderungen der Aggregate (z.B. Ende von Rüst-, Bearbeitungs- oder Reinigungsvorgängen oder Auftreten von Störungen) oder Veränderungen der Personalverfügbarkeit (z.B. bei Schichtwechsel) eine Anpassung der Systemlast vorzunehmen (z.B. Einlastung von Aufträgen auf freigewordene Aggregate oder Unterbrechung der Auftragsabarbeitung aufgrund fehlenden Personals in der Nachschicht). Dabei muß die Steuerung prüfen, ob ein geeignetes Aggregat (hinsichtlich Prozeß-, Gewichts- und Volumensrestriktionen) bereitsteht und ob geeignet qualifizierte Mitarbeiter zur Beschickung des Aggregats oder zur Durchführung der Bearbeitung anwesend sind. Gleichzeitig sind noch eine Reihe von Details (Mitarbeiterzuordnung zu bestimmten Bereichen sowie Prioritäten bei der Zuordnung zu bestimmten Aggregaten, Substitution von Aggregaten) einzubeziehen. Ferner wurden für die Auftragseinlastung zwei einfache Prioritätsregeln, die Lieferterminregel und die Schlupfzeitregel, implementiert. Die Realisierung des Modells erfolgte mit Hilfe des Simulationswerkzeugs SIMPLE++, was sich im Hinblick auf den Umfang der System-schnittstellen zu Datenbanken und im Hinblick auf die Einbindung der Benutzeroberfläche als günstig erwiesen hat. Ein problematisches Manko dieses interpretierend arbeitenden Simulators ist jedoch seine Rechengeschwindigkeit. Das hatte zur Folge, daß das Modell am Anfang weit von den anvisierten fünf bis zehn Minuten Rechenzeit für einen zweimonatigen Planungslauf entfernt war. Infolgedessen bestand ein nicht unwesentlicher Teil des Implementierungsaufwands darin, Steuerungen im Hinblick auf die Abarbeitungsgeschwindigkeit zu optimieren. Natürlich ist dieser Schritt Standard in einem umfangreichen Softwareentwicklungsprojekt - mit einer anderen Entwicklungsumgebung hätte diesem Punkt allerdings nicht soviel Aufmerksamkeit geschenkt werden müssen.

Die Pläne (Auftrags-, Personal- und Aggregateplanung), die mit dem Modell in dieser Phase erstellt wurden, waren genau und für die Produktionsverantwortlichen unmittelbar nachzuvollziehen.

### **3.2 Benutzeroberfläche**

Simulationsmodelle, die im Rahmen von Planungsprojekten erstellt werden, verfügen im besten Fall über rudimentäre Benutzerschnittstellen: Der Planer kann eine eng begrenzte Anzahl von Parametern in Tabellen oder Masken (oft in Tabellenkalkulationen außerhalb des Simulators) ändern und anpassen, in den Simulator einspielen und erhält einige Kennzahlen aus dem Modell. In den ungünstigen Fällen sind die Parameter tief in den Modellstrukturen verborgen und es bleibt vor allem dem Erinnerungsvermögen des Modellierers überlassen, wie lange Variationen in den Einstellungen vorgenommen werden können.

Im vorliegenden Fall war die klare Anforderung, daß das Modell (als Kern des Leitstands) für einen Anwender mit durchschnittlichen PC- und Windows-Kenntnissen bedienbar sein muß. Als Antwort auf diese Anforderung wurde mit Hilfe von ebenfalls vom Simulator bereitgestellten Dialogbausteinen eine Oberfläche "über" das Simulationsmodell gebaut. Diese Oberfläche stellt unter anderem eine Benutzerverwaltung bereit. Für den nicht simulationskundigen Benutzer verschwindet auf diese Weise das Simulationsmodell völlig hinter Masken, lediglich privilegierte Benutzer können noch auf die Modellstrukturen zugreifen. Auf sämtliche Daten kann menügesteuert zugegriffen werden. Abb. 1 vermittelt einen Eindruck davon. Ferner stehen über die Benutzeroberfläche umfangreiche Möglichkeiten zum Anzeigen und Ausdrucken von Resultaten wie Aggregatebelegung, Personalzuordnung zu Aufträgen, Personalzuordnung zu Aggregaten etc. zur Verfügung.



**Abbildung 1** Benutzerführung im Leitstand (Beispiele)

### 3.3 BDE-Einführung

Die Auftragsdurchlaufzeiten der Materialaufbereitung in dem untersuchten Betrieb der Degussa-Hüls AG können eine Woche deutlich überschreiten und liegen im Mittel bei mehreren Tagen. Wenn nun mit Hilfe des Leitstands die Produktion für einen Zeitraum von z.B. vier Wochen geplant werden soll, bedeutet das, daß durchschnittlich ungefähr 20% der für diesen Zeitraum relevanten Aufträge bereits mindestens ein Aggregat durchlaufen haben. Kennt der Leitstand den entsprechenden Auftragsfortschritt nicht, wird die Planung sehr unscharf. Dieser Zusammenhang macht deutlich, daß die Einführung eines Leitstands ohne die Einführung (oder die Nutzung einer bereits vorhandenen) BDE oftmals keinen Sinn macht.

Im vorliegenden Fall wurde das Leitstandsprojekt auch zu einer BDE-Einführung genutzt, die natürlich ohne die Anbindung an den Leitstand alleine schon ein Menge Vorteile mit sich bringt: Die Transparenz über die Abläufe steigt und es gibt eine stärker formalisierte, dezentrale Rückmeldung über den Auftragsfortschritt. An den BDE-Terminals kann jeder Mitarbeiter seinen Arbeitsplan abrufen, komplettierte Arbeitsschritte quittieren, eine Übersicht über vor Aggregaten (oder allgemeiner vor Bearbeitungsstufen) wartende Aufträge abrufen und sich Auftragsübersichten abrufen. Damit "kennt" das BDE-System sehr genau den Zustand der Produktion und auf diesem Wissen kann der Leitstand (in Form des Simulationsmodells) mit einer deutlich verbesserten Planungsgüte aufsetzen.

### 3.4 Integrierte Lösung

Auftrags- und Personaldaten sind neben den Informationen aus der BDE die wichtigsten Eingangsgrößen für den Leitstand. Zur Pflege beider Datenbestände standen im dem Betrieb vor Beginn des Projektes bereits Systeme zur Verfügung: eine SAP-basierte datenbankgestützte Auftragsverwaltung sowie ein ebenfalls datenbankbasiertes Personalplanungssystem. Zu diesen unterschiedlichen, SQL-fähigen Datenbanksystemen konnte eine Kopplung mit Hilfe des ODBC-Protokolls (Open Database Connectivity-Protokoll) ohne großen Schwierigkeiten vorgenommen werden. Das Resultat ist ein simulationsgestützter Leitstand, der voll mit den bereits vorhandenen Informationssystemen und der BDE integriert ist. Abbildung 2 verdeutlicht nochmals die Zusammenhänge und die beteiligten Systeme.

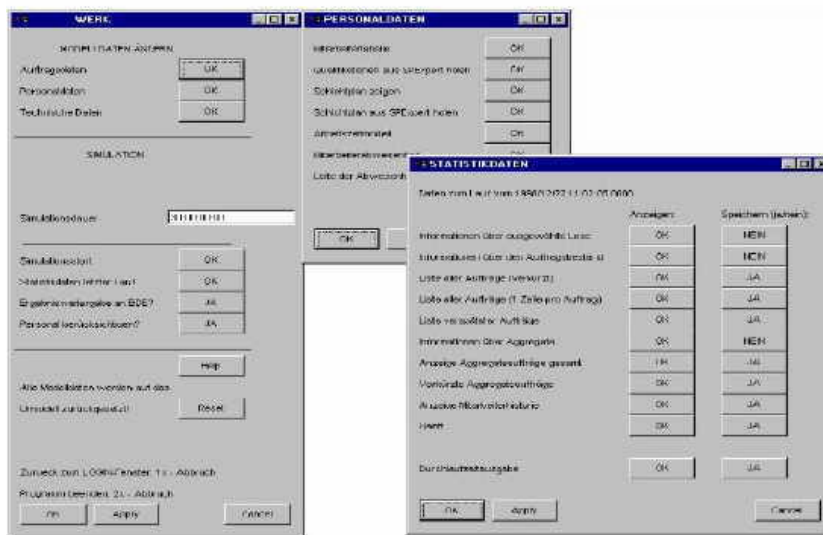


Abbildung 2 Bestandteile des Gesamtsystems

#### 4 Praxiseinsatz und Systemnutzen

Die entwickelte integrierte Lösung ist seit über einem Jahr im betrieblichen Einsatz. Die Anwendung erfolgt durch den Bereichsmeister, der neben der eigentlichen Abwicklung von Planungsläufen auch die Pflege der einstellbaren Simulationsparameter durchführt. Nach einer mehrwöchigen Feintuningphase (im Prinzip die Validierung des Gesamtsystems) konnten gute Produktionspläne erzeugt werden, die unter Berücksichtigung der geschilderten komplexen Randbedingungen die simulativ ermittelte Verkürzung der Durchlaufzeiten umsetzbar machen. Die Planung erfolgt typischerweise alle 2-3 Tage für einen Planungshorizont von 3-4 Wochen (Laufzeit ca. 15 Minuten). Der Anwender lädt die aktuellen Auftragsdaten, die geplante Personalverfügbarkeit und die Ist-Situation der Auftragsbearbeitung über die Schnittstellen, aktualisiert bei Bedarf die Anlagenverfügbarkeit und startet die Simulation. Nach Beendigung des Simulationslaufes überprüft er das Planungsergebnis und übergibt die durchzuführende Auftragsreihenfolge an das BDE-System.

Durch den Einsatz des simulationsbasierten Systems erreicht der Betrieb ca. 30% kürzere Durchlaufzeiten. Zusätzlicher Nutzen entsteht durch die verkürzte Planungszeit, die verbesserte Transparenz hinsichtlich der aktuellen Produktionssituation und die Steuerungsmöglichkeiten beim kurzfristigen Eintritt ungeplanter Ereignisse. Der deutliche Nutzen der integrierten Lösung zur simulationsgestützten Produktionsfeinplanung hat zu weiteren Anwendungen in anderen Betrieben geführt. Die Funktionalitäten dieser Systeme werden dabei je nach Anforderungen angepaßt oder erweitert.

#### 5 Zusammenfassung und Ausblick

Das entwickelte Konzept des simulationsgestützten Leitstands, der mit anderen betrieblichen Informationssystemen integriert ist, hat sich bewährt. Sowohl die Folgeanwendungen zu diesem Projekt wie auch andere vergleichbare Praxisberichte bestätigen diese Einschätzung.

Inwieweit die Erweiterungsmodule, die derzeit von PPS-Systemherstellern entwickelt werden, derartige Entwicklungen in Zukunft ersetzen können, bleibt abzuwarten.