

# Digitale Fabrik

Wolfgang Kühn

Fabriksimulation für Produktionsplaner

ISBN 3-446-40619-0

Leseprobe

Weitere Informationen oder Bestellungen unter  
<http://www.hanser.de/3-446-40619-0> sowie im Buchhandel

## 4 Simulationsstudien

In diesem Kapitel wird die grundsätzliche Vorgehensweise für die Durchführung von Simulationsstudien dargestellt. Die Vorgehensweise von Simulationsstudien unterscheidet sich grundsätzlich von der direkten operativen Einbindung von Simulation in die Prozesse der Digitalen Fabrik. Diese Problematik wird in Kapitel 9 näher erläutert. Zielsetzung des Kapitels „Simulationsstudien“ ist es, Planern und weiteren Beteiligten ein prinzipielles Verständnis der durchzuführenden Schritte und Verfahren zu vermitteln, um Simulationsstudien kompetent beauftragen und betreuen zu können.

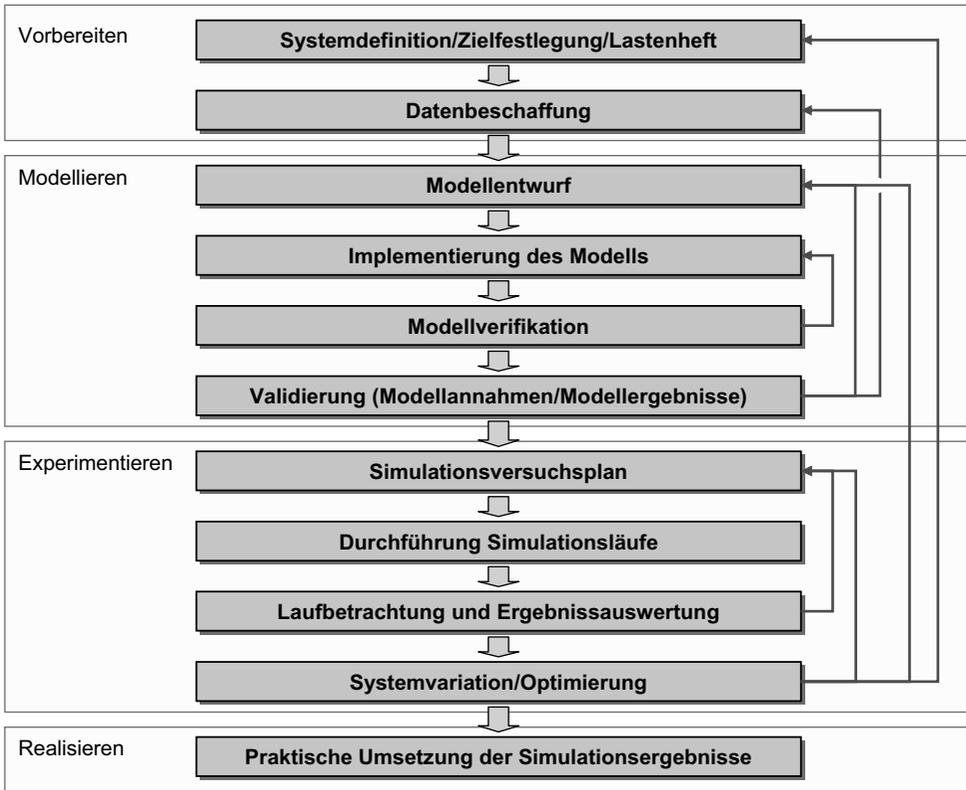
Simulationsstudien werden von Unternehmen zum Teil extern vergeben, zum Teil intern durchgeführt. Ein Vorteil der externen Vergabe ist, dass spezialisiertes Personal und die erforderliche Simulationssoftware nicht vom Anwender vorgehalten werden müssen, und dass spezialisierte Fachleute mit einem „objektiven“ Blick von außen das System analysieren und untersuchen können. Andererseits spricht für die interne Durchführung, dass bereits gute Systemkenntnisse vorhanden sind und spätere Änderungen oder zusätzliche Untersuchungen direkt vor Ort ohne neue Beauftragung nach außen durchführbar sind. Grundsätzlich unterscheidet sich die Vorgehensweise in beiden Fällen relativ wenig. Die meisten Schritte sind gleichermaßen erforderlich, bei internen Studien ist in der Regel die Kommunikation und Datenerfassung etwas einfacher.

Im ersten Teil des Kapitels wird der prinzipielle Ablauf von Simulationsstudien erläutert. Anschließend wird detailliert darauf eingegangen, was in der Praxis bei der Beauftragung und Betreuung von Simulationsstudien zu beachten ist sowie welche typischen Fehler vermieden werden sollten.

### 4.1 Prinzipieller Ablauf von Simulationsstudien

Die Durchführung von Simulationsstudien bedeutet im Wesentlichen:

- Definition der Ziele
- Beschaffung der erforderlichen Daten
- Erstellen eines Simulationsmodells
- Experimentieren mit dem Modell
- Schlüsse aus den Ergebnissen ziehen
- Erkenntnisse in die Realität umsetzen



**Abb. 4.1:** Der Ablauf von Simulationsstudien gliedert sich in die Bereiche Vorbereiten, Modellieren, Experimentieren und Realisieren

Hierzu ist eine Anzahl von Phasen erforderlich (Abb. 4.1), die zum Teil mehrfach (iterativ) abgearbeitet werden müssen. Diese zur Durchführung einer Simulationsstudie erforderlichen Schritte werden in der Literatur zum Teil unterschiedlich strukturiert, detailliert und zugeordnet.

Für die im weiteren folgende Beschreibung von Simulationsexperimenten wird das Vorgehen in zehn Schritte eingeteilt.

Diese einzelnen Phasen einer Simulationsstudie sind eng miteinander verknüpft und nicht immer klar voneinander zu trennen. Ein Teil der Phasen wird iterativ mehrfach durchlaufen, bevor mit der jeweils nächsten Phase fortgesetzt werden kann.

An der Durchführung einer Simulationsstudie sind immer mehrere Parteien beteiligt.

- Planer<sup>1</sup>, die das zu simulierende System planen bzw. betreiben
- Simulationsdienstleister<sup>2</sup>, die das Know-how bezüglich Systemanalyse, Modellierung und Simulation in das Projekt einbringen.

Im Weiteren werden vereinfachend generell die Begriffe Planer oder Anwender und Simulationsdienstleister verwendet. Die einzelnen Phasen von Simulationsstudien sowie deren spezifische Probleme werden im Folgenden kurz beschrieben.

#### 4.1.1 Systemdefinition, Zielfestlegung und Lastenheft

Zu Beginn jeder Simulationsstudie steht die Formulierung der Zielsetzung. Die zu erreichenden Ziele einer Simulationsstudie müssen in der ersten Phase möglichst klar formuliert werden. Unklare, globale Fragestellungen sind weder für den Planer noch für die Simulationsdienstleister hilfreich.

Bei der Festlegung der Ziele ist der Aufwand zur Zielerreichung bezüglich Datenbeschaffung, Modellierung und Simulation gegenüber dem Nutzen sorgfältig abzuwägen. Dabei ist grundsätzlich zu klären, ob es sinnvoll ist, die Fragestellung zu simulieren und ob zu erwarten ist, dass die Fragestellung mit Hilfe der Simulation hinreichend beantwortet werden kann.

Die Zielsetzung beeinflusst den Umfang und die Detailtiefe von Datenbeschaffung und Modellierung, die Anzahl der entsprechend erforderlichen Experimente und den Aufwand für Ergebnisinterpretation und -darstellung. Das Ziel einer Simulation soll in enger Zusammenarbeit zwischen Planer und Simulationsdienstleister festgelegt werden.

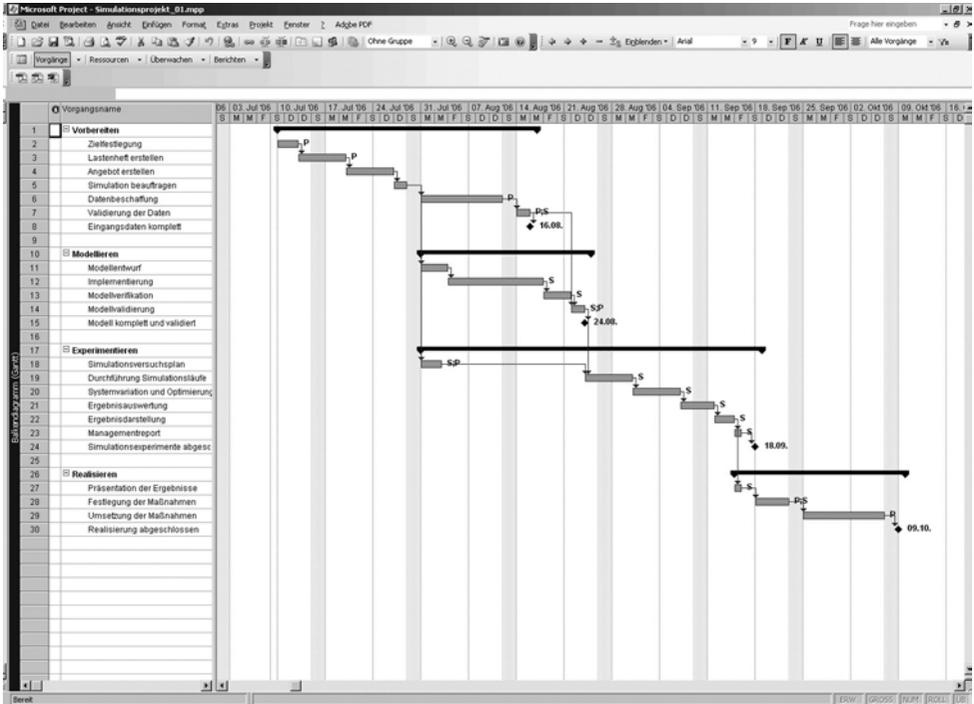
In dieser ersten Phase einer Simulationsstudie muss das zu untersuchende System klar gegenüber der Umwelt eingegrenzt werden. Es ist zu definieren, was simuliert werden soll, was innerhalb und was außerhalb der Simulation liegt, welche Daten als Eingangsvoraussetzung zur Verfügung stehen müssen und welche Daten als Ergebnisdaten erwartet werden (s. Kapitel 6 „Datenmanagement“).

Die Planung einer Simulationsstudie sollte einen Projektplan enthalten (Abb. 4.2), in dem die einzelnen Aktivitäten definiert und zeitlich sowie personell zugeordnet werden. Die Detaillierung des Projektplanes hängt ganz erheblich von der Größe und den Randbedingungen des Simulationsprojekts ab.

---

<sup>1</sup> auch: Kunden, Anwender oder Entscheider

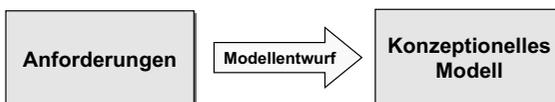
<sup>2</sup> synonym: Simulationsexperte, Simulationsconsultant, Simulationsanalyst



**Abb. 4.2:** Der Projektplan legt die einzelnen Schritte, deren logische und zeitliche Abhängigkeiten sowie die Ressourcenplanung fest.

### 4.1.2 Modellentwurf

Für die Konzeptionierung eines Modells ist eine klare Zielsetzung Voraussetzung, damit definiert ist, welcher Umfang abzubilden ist sowie welcher Detaillierungsgrad gewählt werden soll, um detaillierte Ergebnisse bei akzeptablen Rechenzeiten generieren zu können. Basierend auf den Anforderungen wird ein konzeptionelles Modell entworfen (Abb. 4.3). Für den Modellentwurf ist es entscheidend, welche Eingangsdaten zur Verfügung stehen sowie welche Szenarien und Randgrößen berücksichtigt werden müssen.



**Abb. 4.3:** Ziel des Modellentwurfs ist das konzeptionelle Modell

Die Konzeptionierung eines Modells erfordert:

- gute Systemkenntnisse des zu modellierenden Systems
- analytisches, ingenieurmäßiges Urteilsvermögen
- Kenntnisse des Modellierungs-Tools

Mit dem Modell sind die relevanten Systemzusammenhänge abzubilden. Dabei ist es weder erstrebenswert noch möglich, das zu untersuchende System mit seiner vollen Komplexität beliebig genau in einem Modell abzubilden. Der Aufwand der Modellbildung wird durch die Komplexität des abzubildenden Systems sowie den erforderlichen Detaillierungsgrad bestimmt. Ein wesentlicher Schritt des Modellentwurfs ist es, einen sinnvollen Abstraktionsgrad zu wählen.

Unabhängige Teilmodelle sind übersichtlich und einfach zu validieren, bieten eine relativ einfache Möglichkeiten zur Modelländerung und ermöglichen kurze Simulationszeiten. Es ist allerdings darauf zu achten, dass durch eventuell fehlende Wechselbeziehungen oder unvollständige Abbildung von globalen Steuerungen die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das Gesamtsystem eingeschränkt sein kann.

Ein geschlossenes Gesamtmodell hingegen bietet eine bessere Abbildungstreue der realen Wechselwirkungen sowie eine realitätsnahe Abbildungen der Systemsteuerung. Nachteilig bei solchen Gesamtmodellen sind die große Komplexität sowie die damit verbundene sehr schwierige Fehlersuche und die langen Rechenzeiten.

Ein häufig gemachter Fehler ist, ohne ein klares konzeptionelles Modell gleich mit der Implementierung zu beginnen. Dies kann schnell zu schlecht strukturierten Modellen führen, die im weiteren Verlauf erhebliche Probleme bereiten können.

### 4.1.3 Implementierung des Modells

Das konzeptionelle Modell muss in der eingesetzten Simulationssoftware implementiert werden (Abb. 4.4). Voraussetzung für die Implementierung ist, dass der Modellierer das abzubildende System vollständig verstanden hat und in der Lage ist, gut zu strukturieren. Die Art der Implementierung erfolgt je nach Simulator über die Parametrisierung von Bausteinen, über die Eingabe von Netzwerken oder über die Programmierung mit einer Simulationssprache. Mit den heutigen Software-Tools wird die Modellerstellung mit zunehmend geringerem Zeitaufwand möglich. Der Aufwand für die Implementierung kann, abhängig vom Modellkonzept sowie von der Art und Benutzerfreundlichkeit des verwendeten Simulationswerkzeuges, stark variieren. Die Spanne reicht vom einfachen



**Abb. 4.4:** In der Implementierungsphase wird das konzeptionelle Modell in ein Softwaremodell umgesetzt

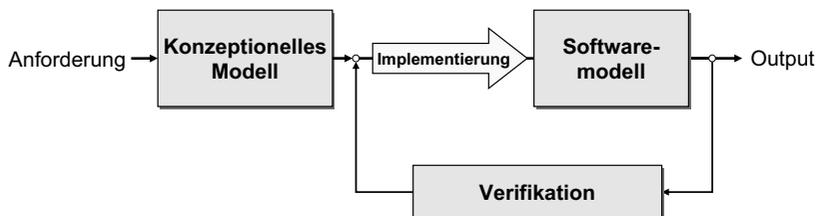
Zusammensetzen und Parametrisieren vorhandener Bausteine bis hin zur aufwändigen Programmierung. Strategien und spezifische Steuerungsregeln müssen in den meisten Fällen neu erstellt (meist programmiert) werden. Zur Implementierung sollte selbstverständlich auch die Dokumentation des Modells im Quelltext gehören.

An die Implementierung schließt sich die Kontrolle des erstellten Softwaremodells an. Die syntaktische Überprüfung des Programms erfolgt in der Regel durch das Modellierungssystem selbst. Die logische Überprüfung zur Sicherstellung, dass das erstellte Simulationsmodell ein hinreichend genaues Abbild des Originalsystems ist, erfolgt mit den Schritten der Verifikation und Validierung.

#### 4.1.4 Modellverifikation

In der Phase der Verifikation wird sichergestellt, dass das Simulationsprogramm nicht nur syntaktisch in Ordnung ist, sondern dass auch die logische Funktionalität korrekt implementiert ist und dem zugrunde liegenden konzeptionellen Modell entspricht (Abb. 4.5.) Die konsequente Nutzung strukturierter Programmierung kann erheblich helfen, Logikfehler zu vermeiden. Der Schritt der Verifikation ist nicht simulationsspezifisch, sondern bei jeder Softwareerstellung erforderlich.

Mit Hilfe folgender Konzepte und Techniken lässt sich die Verifikation systematisieren und effizient durchführen:



**Abb. 4.5:** Die Modellverifikation überprüft, ob das Verhalten des Softwaremodells dem des konzeptionellen Modells entspricht.