

## **Modellierung und Simulation komplexer Systeme: Hilfsmittel zur Klärung vernetzter Fragestellungen**

G. Schweizer<sup>1</sup>

Modelle als Abbilder vorliegender und als Vorbilder von zukünftig zu gestaltenden Sachverhalten stellen anerkanntermaßen unverzichtbare Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung und zum Handeln bei komplexen Fragestellungen dar. Dies gilt insbesondere bei der Klärung von Problemen im Umwelt- und Wirtschaftsbereich. Aus den komplexen Fragestellungen folgen entsprechend komplexe Modelle der Sachverhalte, die als Hilfsmittel zur Klärung der Probleme benötigt werden. Solche Modelle sind in der Praxis nur dann hilfreich, wenn aus ihnen der modellierte Sachverhalt in generell akzeptierter Weise interpretierbar ist und wenn sie durch Rechner als Simulation nicht nur ausführbar sind, sondern wenn die Modellnotation darüber hinaus es auch erlaubt, rechnergestützt Schlußfolgerungen zu ziehen. Ohne eine praktikable Modellierungstechnik und eine sachgerechte interpretierbare Darstellungstechnik (Notierung), die zu vollständigen formalen Modellen führt sowie einer werkzeuggestützten Implementierung der gebildeten Modelle auf Rechnern zur Simulation und logischen Schlußfolgerung führt eine Modellierung von komplexen Sachverhalten nur zu begrenztem praktischen Nutzwert.

Im praktischen Alltag herrscht eine akzeptierte Auffassung darüber, daß im Bereich der Modellierung komplexer Sachverhalte und der Abbildung solcher Modelle auf Rechnern noch beträchtliche Defizite bestehen. Aus dieser Erkenntnis folgen eine kaum übersehbare Menge von nationalen, europäischen und darüber hinausgehenden internationalen Forschungsprogrammen in den Bereichen Modellierung komplexer Systeme, Wissensakquisition, Wissensrepräsentation und viele andere. Ein Blick auf die Literatur zeigt, daß man von allgemein akzeptierten Lösungen noch um einiges entfernt ist. Beim genaueren Blick stellt sich die Situation etwas differenzierter dar. Sachverhalte, die sich systemtheoretisch durch Differentialgleichungssysteme unter Einschluß von partiellen Differentialgleichungen, z.B. im Fall von Klimamodellen auffassen lassen, können nach allgemein akzeptierten Modellierungs- und Darstellungstechniken (u.a. Finite Elementmethoden) notiert und interpretiert

---

<sup>1</sup> Universität Karlsruhe, Institut für Prozeßrechenstechnik, Automation und Robotik, Technologiefabrik, Haid- und Neu-Str. 7, 76131 Karlsruhe, Tel.: 0721 608-3898, Fax: 0721 9663756  
gschweiz@ira.uka.de, <http://www-ima.ira.uka.de/mitarbeiter/schweizer>

werden. Das Problem der Überprüfung der Vollständigkeit der Modellvorstellung gegenüber dem zu betrachtenden modellierten Sachverhalt besteht naturgemäß auch hier. Dagegen kann die Modellierung von komplexen Sachverhalten, in denen zeitlich nicht voraussagbare Ereignisse und daraus folgende an Bedingungen geknüpfte Aktionen, die eine entscheidende Rolle bei der Bildung von Vorstellungen spielen, bislang nicht als zufriedenstellend gelöst angesehen werden. Modelle als Vorstellungen von solchen Sachverhalten sind in der Regel nur heuristisch notiert und in sehr verschiedener Weise auf Rechnern implementiert. Die Modellinterpretation durch nicht unmittelbare Beteiligte, Modellerweiterungen und Modelländerungen sind meist nur durch aufwendige Arbeiten möglich. Allgemeingültige Aussagen für Probleme vom gleichen Typ lassen sich in der Regel nicht machen. Viele Modelle über volkswirtschaftliche Vorgänge oder komplexe Systeme, die u.a. den Umweltbereich stark tangieren, z.B. Verkehrssysteme, sind von dieser Art.

Zur Überwindung der erkannten Defizite wurde in jahrelanger Forschung im Rahmen des deutsch-französischen Instituts IAR eine Systemtheorie für Vorstellungen von Sachverhalten als hierarchische ereignisdiskrete Systeme konzipiert, aus der sich ein praktisch handhabbares Modellierungskonzept und adäquate Darstellungskonzepte mit verschiedenen Notierungsmöglichkeiten ableiten lassen. Das rechnergestützte effiziente Arbeiten mit solchen Modellen setzt skalierbare Plattformen voraus, welche die Bildung von offenen Rechnersystemarchitekturen zur Simulation und logischen Schlußfolgerung erlauben. Das entwickelte systemtheoretisch fundierte Modellierungskonzept beinhaltet Regelwerke, die präzise in allgemeingültiger Weise die Schritte zur Modellierung von Sachverhalten angeben, sofern sie sich zweckmäßig als ereignisdiskrete Systeme auffassen lassen. (Dazu gehören die Mehrzahl aller als Systeme auffaßbaren Sachverhalte). Dabei bleibt die Wahl offen, ob man bei der Modellierung von der Sicht der Dinge als Ganzes ausgeht und schrittweise bis zur Betrachtung von kleinen Details geht oder ob man von beliebigen Teilaspekten ausgeht und schrittweise das Ganze betrachtet. Dies bedeutet, daß solche Modelle „offen“, sind, d.h. ihre Architektur erlaubt es für alle Beteiligten, sie zu interpretieren, zu erweitern, zu ändern u.a. Darüber hinaus erlaubt eine entsprechende Notierung, welche den ereignisorientierten Systemen arteigen ist, die werkzeuggestützte unmittelbare Umsetzung auf Rechnern zur Simulation und logischen Schlußfolgerung in Form von offenen Systemarchitekturen. Dies erfordert die Verfügbarkeit von skalierbaren Systemplattformen zur rechnergestützten Bildung von offenen Systemarchitekturen. Ein Konzept für skalierbare Systemplattformen wurde entwickelt, das mit dem ORB<sup>2</sup> zur Bildung von CORBA<sup>3</sup>, die von der OMG<sup>4</sup> definiert und standardisiert werden, harmonisiert wurde. ORB-Plattformen werden in Kürze für nahezu alle Rechner zur Verfügung stehen. (Industrielle Implementierung-

---

<sup>2</sup> ORB: Object Request Broker

<sup>3</sup> CORBA: Common Object Request Broker Architecture

<sup>4</sup> OMG: Open Management Group

gen gibt es schon heute). Zusätzlich zu den skalierbaren Plattformen wurden „Grunddienste“, implementiert, welche relationale Datenhaltungsdienste und Mensch/Maschine-Dienste zur Verfügung stellen und es erlauben, nach Regeln Informationsbasen aufzubauen und modellierte Sachverhalte in zweckmäßiger Weise zu visualisieren.

In dem Beitrag wird die Modellierungstechnik anhand der Analyse einer Transportkette für Pakete u.dgl. sowie für palettierbare Güter erläutert unter dem Gesichtspunkt der Effizienz, der Kosten und der Umweltverträglichkeit. (Im Hintergrund stehen die Paketverteilzentren der Deutschen Post). Dabei wird gezeigt, daß solche Modelle interpretierbar sein müssen und die technischen Details sowie die betrieblichen Abläufe in den Einzelheiten beinhalten müssen, wenn sie zu verlässlichen, für jeden nachvollziehbaren Entscheidungshilfen herangezogen werden sollen. Es wird auch gezeigt, daß mögliche gute Lösungen ohne sorgfältige vorhergehende Modellierungen gar nicht betrachtet werden.