

Foto: Simplan „Quelle und Möglichkeit zum Testen der Simulation <http://www.runthamodel.com/models/880/>“

Helmut Niessner, Peter Rachinger

## Unterschiedliche Simulationstechniken im Praxis-Einsatz

In vielen Branchen gehören Computer-Simulationen bereits zum Standard-Repertoire der Planung und Optimierung von Produktionsanlagen, Geschäftsprozessen und der Logistik. Moderne Software-Lösungen und die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse erlauben jedoch einen weit darüber hinaus gehenden Einsatz von Simulationen zur Verbesserung verschiedenster Abläufe.

Doch für verschiedene Anforderungen ist es notwendig, unterschiedliche Simulationsmethoden und -werkzeuge zu verwenden, um ein möglichst realistisches Abbild zu modellieren und den jeweils gewünschten Output zu generieren. Im Folgenden soll daher ein kurzer Überblick über die bereits in der Praxis verwendeten Simulationstechniken und deren Anwendungsgebiete gegeben werden.

### Ereignisorientierte Simulation (Discrete Event Simulation)

Die Technik der Discrete Event Simulation (DES) zählt mittlerweile als Standard-Technologie für Produktions-, Prozess- und Logistiksimulationen. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass der Status des Systems nur an bestimmten Zeitpunkten (discrete events) und nicht ständig mit der Zeit geändert bzw. neu berechnet wird [1]. Derartige Zeitpunkte sind bspw. die Ankunft eines Kunden, der Abschluss eines Produktionsschrittes oder die Verbringung eines Pakets an eine andere Position.

Grundelemente jeder ereignisorientierten Simulation sind die sogenannten Entities, die sich als Akteure durch

den vorgegebenen Prozess bewegen. Entities können dabei – je nach Simulationsanforderung – Produkte, Fahrzeuge, aber auch Menschen sein. Die DES ermöglicht, jedes Element einer Population (Entity) mit beliebig vielen Variablen darzustellen und so eine enorme Zahl an möglichen Verbindungen und Effekten nicht nur für die einzelnen Individuen, sondern auch für die Gesamtpopulation zu simulieren. Die simulierten Entscheidungen der einzelnen Entities können dabei entweder durch die Charakteristik der Elemente und Ressourcen, vorangegangene Bewegungen durch das Modell oder die Entscheidungen anderer Entities beeinflusst werden, oder aber sie werden – in einem stochastischen

System – durch Sampling bestimmter Wahrscheinlichkeitsverteilungen bestimmt. Durch die Simulation von Individuen sind DES daher verständlicher, stellen die Wirklichkeit besser als andere Techniken (bspw. Monte Carlo Simulationen) dar und eignen sich besonders für die Modellierung kleinerer Populationen. Darüber hinaus können enorm genaue und aussagekräftige Daten in Form verschiedenster Statistiken gewonnen werden [2].

Die Netzwerk-basierte Modellierung in der Discrete Event Simulation, die in vielen realitätsnahen Praxisanwendungen verwendet wird, ermöglicht die Bindung der Prozesse an eine bestimmte physikalische Umgebung (bspw. eine

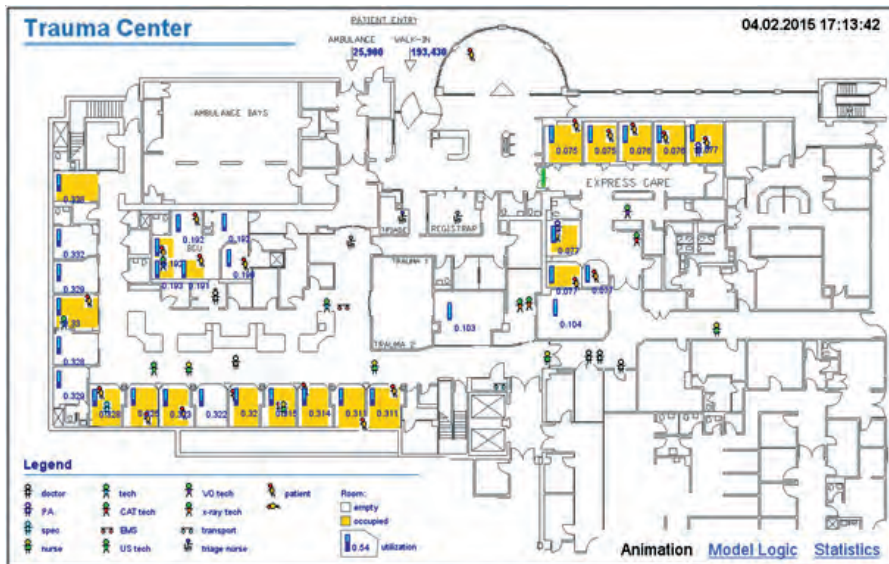


ABBILDUNG 1: SIMULATION EINER KRANKENHAUS-NOTAUFNAHME<sup>1</sup>

Produktionshalle) inklusive der Bewegung der Entities und Ressourcen. Dadurch werden nicht nur Weglängen- oder Raumnutzungs-Berechnungen, sondern auch gleichzeitig eine ansprechende und User-freundliche Animation ermöglicht (siehe Abbildung 1).

### Agentenbasierte Simulation (Agent Based Simulation)

Agent Based Simulations (ABS) werden in einer wachsenden Zahl von Anwendungsgebieten benutzt. Dies sind teilweise Gebiete, in denen zuvor Simulationen nicht oder nur marginal angewendet wurden, aber auch Domänen, in denen sich bereits andere Simulationsparadigmen etabliert haben [3].

Ein Agent kann als eine Einheit (Computerprogramm, Roboter, aber auch ein Mensch) verstanden werden,

die sich in einer Umwelt befindet und in der Lage ist, in dieser autonome Ak-

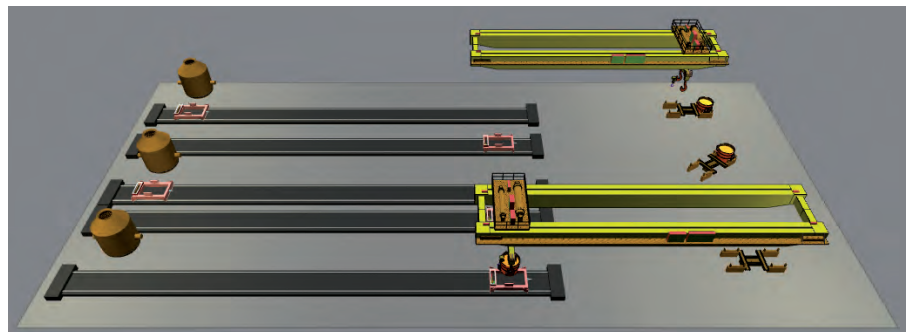


ABBILDUNG 2: AGENTENBASIERTE KRANSTEUERUNGSSIMULATION<sup>2</sup>

tionen durchzuführen. Eine derartige Simulationseinheit ist also ein aktiver Bestandteil eines Modells [3]. Ein simulierter Agent zeichnet sich durch folgende Merkmale aus [4]:

- Er verändert sich nicht nur selbst,

- Er bezieht Informationen aus seiner Umwelt und agiert in Relation zu ihr.
- Er besitzt einen beschränkten Wahrnehmungs- und Aktionsradius (Lokalität).
- Er verfügt über ein nicht-triviales Verhaltensrepertoire.

Prinzipiell werden mit Hilfe der agentenbasierten Simulation zwei unterschiedliche Simulationsansätze bedient. Einerseits kann der Fokus auf einem einzelnen Agenten und dessen Verhalten bzw. Steuerung liegen, bspw. für selbständig fahrende Transporteinheiten (Autonomous Transport Vehicles) oder rein computergesteuerte Kräne (siehe Abbildung 2).

Andererseits werden agentenbasierte Simulationen meistens eingesetzt, um vom Verhalten des einzelnen Indi-

viduums auf das Verhalten einer Masse an Individuen schließen zu können. Dies betrifft natürlich insbesondere sozialwissenschaftliche Fragestellungen [5], wird allerdings auch gerne im Business-Bereich, insbesondere zur Untersuchung der Ausbreitung von neuen Technologien bzw. Produkten im Markt, eingesetzt. Darüber hinaus können ebenso komplexe Supply Chains mit unzähligen individuell agierenden Teilnehmern simuliert und so wertvolle Daten gewonnen werden (siehe Abbildung 3 als Beispiel einer hypothetischen Öl-Supply-Chain).

### System Dynamics

Hierbei handelt es sich um eine Methodik zur ganzheitlichen Analyse und Si-



ABBILDUNG 3: AGENTBASIERTE SUPPLY CHAIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Quelle und Möglichkeit zum Testen der Simulation: <http://www.runthetamodel.com/models/run.php?id=196>

sondern wirkt auf seine Umwelt und bleibt in dieser persistent.

<sup>2</sup> Quelle und Möglichkeit zum Testen der Simulation: <http://www.runthetamodel.com/models/run.php?id=257>

<sup>3</sup> Quelle und Möglichkeit zum Testen der Simulation: <http://www.runthetamodel.com/models/run.php?id=808>

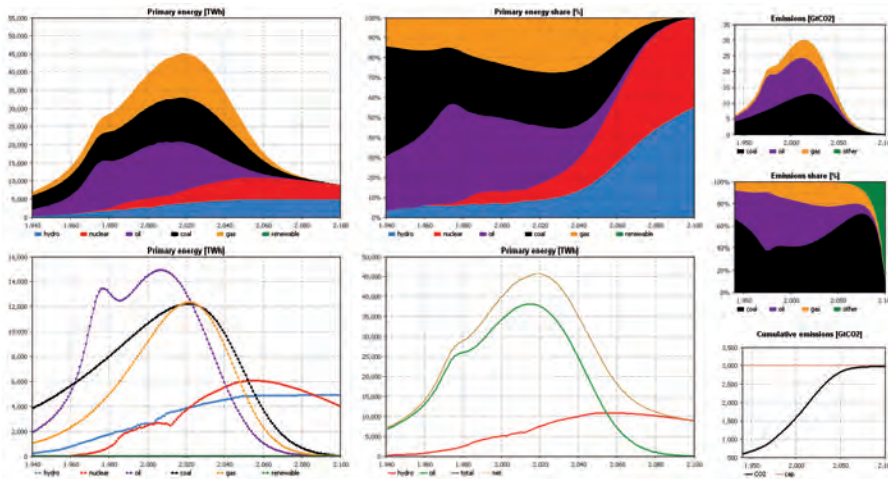


ABBILDUNG 4: SYSTEM DYNAMICS SIMULATION ZUR ENERGIEFRAGE<sup>4</sup>

mulation komplexer und dynamischer Systeme. Dabei werden die Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Faktoren und Größen in ihrer zeitlichen Konsequenz untersucht, die schließlich bspw. den Erfolg einer Unternehmung ergeben können. Anstatt die Größen für den gesamten Vorhersagezeitraum vorzugeben, wird für alle Größen lediglich ein Startwert festgesetzt, der den Anfangszustand des Systems definiert [6].

Zentrales Konstrukt sind dabei geschlossene Regelkreise (feedback loops). Ein solcher Regelkreis bzw. ein System von geschlossenen Regelkreisen tritt auf, wenn eine Entscheidung, die unter Einfluss der Informationen eines gegebenen Systemzustandes getroffen wird, eine Aktion auslöst, welche wiederum den Systemzustand verändert. Der Entscheidungsbegriff ist dabei sehr allgemein gefasst und beinhaltet sowohl bewusste, unbewusste und automatisierte Entscheidungen als auch z.B. biologische Prozesse [7].

Der System Dynamics Ansatz ermöglicht insbesondere, nur schwer quantifizierbare Wirkungsbeziehungen sowie komplexe und nicht-lineare Abhängigkeiten zu berücksichtigen. Ursprünglich aus dem formal betriebswirtschaftlichen Umfeld kommend, wird System Dynamics inzwischen zur Analyse von sozialen (bspw. Stadtentwicklungen), ökonomischen, biologischen (bspw. Ausbreitung von ansteckenden Krankheiten) und auch ökologischen Systemen eingesetzt.

Betriebswirtschaftliche System Dynamics Modelle werden im Rahmen der strategischen Planung zur Meinungsbildung, Annahmenanalyse und

Deduktion von Konsequenzen unternehmerischer Entscheidungen instrumentalisiert. Dazu gehören bspw. Wachstumsstrategien junger Unternehmen, der Einfluss von technologischen Innovationen, bestimmte Marktentwicklungen oder die Auswirkungen verschiedener Unternehmenspolitiken [7].

#### Verkehrssimulationen

Passanten- (Pedestrian Simulations) bzw. Verkehrssimulationen sind eigentlich eine Unterart der agentenbasierten Simulation, werden aber oftmals als eigene Simulationstechnik tituliert. Dabei werden Fußgänger bzw. andere



ABBILDUNG 5: FUSSGÄNGERSIMULATION EINES U-BAHN-EINGANGS<sup>5</sup>

Verkehrsteilnehmer (Autos, LKW, etc.) als interagierende Agenten mit komplexen, individuellen Verhaltensweisen

in realen Umgebungen dargestellt und somit insbesondere die Gestaltung und Verbesserung von Gebäudemodellen inklusive Verarbeitungsprozesse mit intensivem Passantenverkehr (wie U-Bahnhöfe, Sicherheitskontrollstellen, etc. – siehe Abbildung 5) oder Straßenmodellen (große Anzahl von Verkehrsteilnehmern) ermöglicht. Darüber hinaus können auch Menschenströme bei Großveranstaltungen oder außergewöhnliche Situationen wie Evakuierungen modelliert und Fluchtwege bzw. mögliche Engstellen und Stauunkte analysiert werden.

#### Kombination verschiedener Simulationstechniken

Durch die Verbindung von unterschiedlichen Techniken in einem einzigen Simulationsmodell lassen sich heutzutage auch enorm komplexe Anwendungen realisieren. Eine der beliebtesten Kombinationen ist bspw. eine Discrete Event Simulation zur Analyse einer teilautomatisierten Produktionsanlage mit agentenbasierten Komponenten, welche autonom agierende Kräne oder Transporteinheiten darstellen. Somit lassen sich mit Hilfe eines einzigen Modells sowohl die Algorithmen zur Steuerung der autonomen Elemente überprüfen und optimieren als auch die Auswirkungen dieser auf

<sup>4</sup> Quelle und Möglichkeit zum Testen der Simulation: <http://www.runthemo-del.com/models/run.php?id=I4I6>

<sup>5</sup> Quelle und Möglichkeit zum Testen der Simulation: <http://www.runthemo-del.com/models/run.php?id=I6I1>

**Fazit**

Die moderne Simulationstechnologie bietet eine große Anzahl an unterschiedlichen Techniken. Jede einzelne davon besitzt verschiedene Vor- und Nachteile und ideale Einsatzbereiche. Die Auswahl der passenden Technik erfolgt auf Basis der Anforderungen an das Simulationsmodell bzw. auf der Art des zu simulierenden Systems.

Durch eine Kombination verschiedener Techniken in einer Simulation lassen sich die Vorteile der verwendeten Arten kumulieren und schlussendlich ein genaueres Abbild der Realität erschaffen, was wiederum zu exakteren Daten und neuen Erkenntnissen führt.



**Dipl.-Ing.  
Peter Rachinger**  
Simplan Österreich

**Referenzen**

[1] G. S. Fishman, Discrete-event simulation: modeling, programming, and analysis, New York: Springer-Verlag, 2001.

[2] D. Fone, S. Hollinghurst, M. Temple, A. Round, N. Lester, A. Weightman, K. Roberts, E. Coyle, G. Bevan und S.

Palmer, „Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery,“ Journal of Public Health Medicine, Bd. 25, Nr. 4, pp. 325 - 335, 2003.

[3] F. Klügl, „Multiagentensimulation,“ Informatik-Spektrum, Bd. 29, Nr. 6, pp. 412-415, 2006.

[4] F. Klügl, Multiagentensimulation – Konzepte, Anwendungen, Tools, Addison Wesley, 2001.



**Mag.  
Helmut Niessner**  
Simulations Niessner  
e.U.

[5] N. Gilbert und K. Troitzsch, Simulation for the social scientist, McGraw-Hill International, 2005.

[6] F. Schöneborn, Strategisches Controlling mit System Dynamics: mit... 5 Tabellen, Springer DE, 2003.

[7] J. Sandrock, System Dynamics in der strategischen

Planung, Springer, 2006.

*Autoren:***Mag. Helmut Niessner**

Erstellt Simulationen für verschiedene Anwendungsgebiete, vorwiegend im Bereich Gesundheitswesen und Sicherheit. Darüber hinaus ist er an der Uni-

versität Wien im Forschungsbereich „Simulationen im Gesundheitswesen“ tätig.

Simulations Niessner e.U.

Greinergasse 22-24/2/5

1190 Wien

Tel.: +43-664-2045202

eMail: office@simulations.at

Web: <http://simulations.at>

**Dipl.-Ing. Peter Rachinger**

Geschäftsführer von Simplan Österreich. Seit mehr als 20 Jahren in den Bereichen der Produktions-, Transport- und Lagerlogistik, hauptsächlich für die Automobilbranche sowie deren Zulieferbetriebe. Er unterrichtet an der HTL Neufelden Maschinenbau und Informatik für Produktion und Logistik, sowie an der FH Wels im Bereich Simulation.

Simplan Österreich,

Veldner Str. 54,

4120 Neufelden

Tel.: +43-664-2108597

eMail: peter.rachinger@simplan.at

[www.simplan.at](http://www.simplan.at)

[www.simplan.de](http://www.simplan.de)

[www.krankenhaussimulation.de](http://www.krankenhaussimulation.de)

[www.simchain.net](http://www.simchain.net)