

Simulieren geht über Probieren – aber nicht ohne studieren!

Erschienen: Betriebswissenschaft und Innovation, BWI ETH Zürich,
v/d/f Management Verlag

Verfasser: Veronika Hrdliczka und Peter P. Acél, Dr. sc. techn. ETH

1. Wozu Simulation?

Simulation ist seit langer Zeit ein Thema, dem immer wieder der grosse Durchbruch vorausgesagt wurde. Es gab anerkannte Studien, die für die Mitte der 90er-Jahre kaum einen Bereich unseres wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens ohne Simulationsaktivitäten gesehen haben. Für die Simulation von chemischen Prozessen, von Störungsfällen in einem Kraftwerk, für die Wettervorhersage, die Ausbildung von Piloten – um nur einige Simulationsanwendungen aufzuzählen – trifft das auch zu. Prof. Dr. R. Hütter, em. Vizepräsident Forschung der ETH Zürich, weist der Computersimulation eine zentrale und integrierende Schlüsselfunktion für Forschung und Entwicklung zu (HÜTTER 1994).

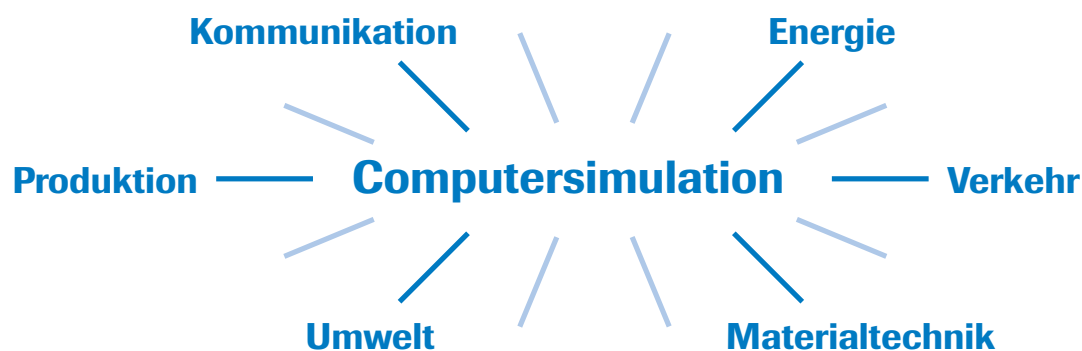


Bild 1 Integrierende Schlüsselfunktion der Computersimulation (HÜTTER 1994)

Doch auf dem Gebiet Produktion und Logistik übt die Industrie – vor allem in der Schweiz – immer noch eine gewisse Zurückhaltung bei der Durchführung von Projekten mit Anwendung von Simulation.

In Deutschland betrug der Marktzuwachs seit 1991 pro Jahr durchschnittlich bis zu 20% – 1991 lag das Marktvolumen bei 100 Mio. DM, 1996 könnte nach P. Gangl (VDI 1996) die 200-Mio.-DM-Grenze überschritten worden sein. In ganz andern Grössenordnungen sieht Prof. Dr. Axel Kuhn, Leiter des Fraunhofer-Institutes für Materialfluss und Logistik in Dortmund, das erreichbare Geschäftsvolumen. Er sieht in Deutschland ein Marktvolumen von 3 Mrd. DM für die Simulation (VDI 1996). Denn die geforderte Flexibilität der Unternehmen für die in immer kürzeren Zyklen notwendige Neugestaltung oder Anpassung von Produktionsstrukturen kann nur mit Hilfe von Simulation am Bildschirm kostengünstig geprobt werden. Die Strukturen werden immer komplexer, die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Faktoren erzeugt oft eine Dynamik, die der Mensch ohne instrumentale Unterstützung nicht mehr beherrschen kann. Die Simulation hilft dynamische und komplexe Prozesse zu verstehen und zu bewältigen. Am Bildschirm können z.B. Rationalisierungspotenziale sowie Fehl-investitionen erkannt werden, und natürlich auch Störungsfälle – möglichst vor dem Schadensfall – simuliert und Reaktionen darauf studiert werden. Der Einsatz der Simulation in der Produktion für Planung, Steuerung und Bewertung von Alternativen bringt eindeutig Vorteile, aber nur dann, wenn er richtig und effizient durchgeführt wird.

2. Diskrete, ereignisorientierte Simulation in der Ausbildung

Woher rührt die Diskrepanz in der Meinung der Experten zu der Realität in der Industrie? Warum hat sich die Simulation im Umfeld von Produktion und Logistik, speziell in der Materialflussplanung, der Betriebsorganisation, dem Informationsfluss etc., noch nicht durchgesetzt?

Der Einsatz der Simulation auf diesem Gebiet krankt vor allem am Wissen um die Abgrenzung des Einsatzgebietes, des Einsatzzeitpunktes im Projektablauf und um die Art des Einsatzes. Alles Dinge, die seit Jahren bekannt sind und über die laufend berichtet wird. Aber das Interesse und die Ausbildung der Anwender hinken hinterher. Die oft enthusiastisch begonnenen Projekte mit Simulation leiden häufig an Informations- bzw. Verständigungsschwierigkeiten zwischen Auftraggeber und Simulationsexperten. Daraus resultiert eine Nichteinhaltung der Projekttermine – der Zeitaufwand zum Bereinigen der Missverständnisse wurde unterschätzt – und der Simulationseinsatz endet dadurch zum Schaden aller Beteiligten – und der Simulation – oftmals unbefriedigend.

Weitere Gründe für die schlechte Akzeptanz der Simulation in der Industrie sind der oft unnötige Einsatz der Simulation – eine einfachere und billigere Methode hätte auch das gewünschte Ergebnis geliefert – oder der Einsatz eines ungeeigneten Systems für das spezifische Problem. Eine gute Ausbildung kann diesen Problemen entgegenwirken.

1993 wurde daher eine Vorlesung »Simulation in Produktion und Logistik« an der Abteilung für Betriebs- und Produktionswissenschaften der ETH Zürich etabliert, die nach einem erfolgreichen Start jedes Jahr eine wachsende Zuhörerschaft anzieht.

Die Vorlesung befasst sich mit der diskreten, ereignisorientierten Simulation. Das bedeutet, der Ablauf der Simulation wird durch das Eintreten eines Ereignisses, z.B. Beginn bzw. Ende einer Bearbeitung, gesteuert. Im Unterschied dazu ändert sich bei der kontinuierlichen (stetigen) Simulation bei stetigem Zeitverlauf auch der Zustand der betrachteten Objekte stetig. Dies hilft z.B. chemische Prozesse zu simulieren. [Bild 2]

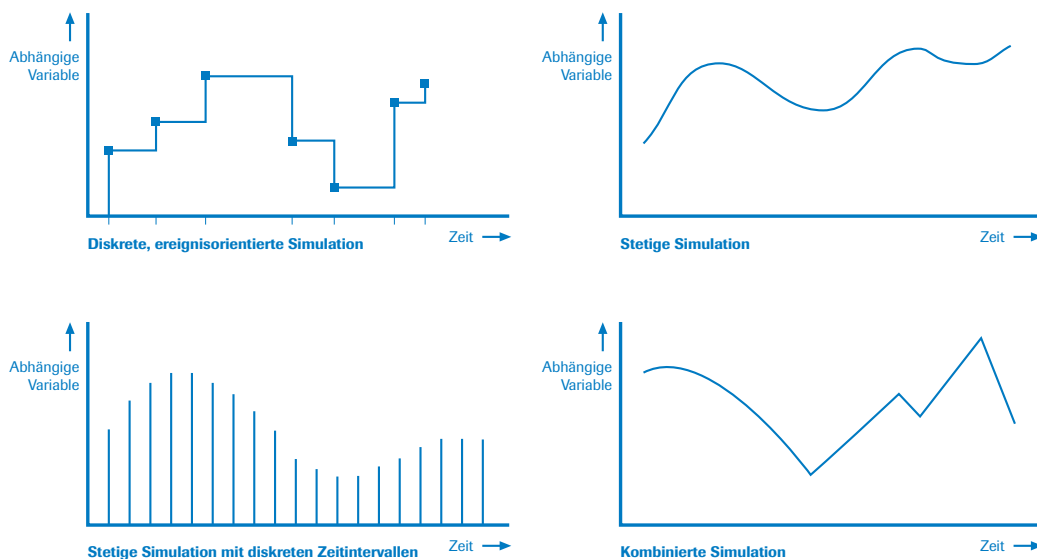


Bild 2 Verschiedene Simulationstypen

Die Vorlesung »Simulation in Produktion und Logistik« vermittelt den Studenten grundlegendes theoretisches und praktisches Wissen für die Durchführung von Simulationsstudien in der Produktion. Selbstverständlich steht diese Vorlesung allen Studierenden der ETH, wie auch Fachhörern aus der Industrie, offen.

Als Übungsaufgabe wurde ein reales Projekt gewählt, dessen Funktion 1986 auch mittels Simulation verbessert wurde. Ein vorgefertigtes Modell erlaubt es den Studenten, sich nicht mit den Tücken des Simulationssystems zu plagen, sondern ihre Aufmerksamkeit der Lösung der Aufgabe punkto verbesserter Durchlaufzeit und höheren Produktausstosses zu widmen. Die Bewertung der Übung erfolgt auf Grund der folgenden Merkmale:

- Vorgehensmethode,
- Versuchsplanung,
- Versuchsdurchführung,
- Interpretation der Ergebnisse,
- Dokumentation,
- Qualitätssicherung,
- Alternativen zur Simulation.

3. Die wichtigsten Definitionen

In der VDI-Richtlinie 3633 wird Simulation folgendermassen definiert:

Simulation ist die Nachbildung eines dynamischen Prozesses in einem System mit einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind (VDI 1993).

Nach DIN 19226 ist ein System eine abgegrenzte Anordnung von aufeinander einwirkenden Komponenten. Es ist gekennzeichnet durch Systemgrenze gegenüber seiner Umwelt, Systemein- und -ausgangsgrössen, Komponenten (Subsysteme), Elementen, Ablaufstruktur in den Komponenten, Aufbaustruktur als Verbindung der Komponenten, Zustände der Komponenten durch Attribute beschrieben (Zustandsgrössen) und den diskreten oder kontinuierlichen Zustandsübergängen der Komponenten auf Grund des im System ablaufenden Prozesses.

Ein Prozess ist die Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System.

Ein Modell ist die Nachbildung, die Abstraktion eines Systems.

Für eine Simulation mit Hilfe des Computers wird ein System in einem Modell nachgebildet, das Modell auf dem Rechner implementiert und durch Variation von beschreibenden Parametern werden Experimente durchgeführt und anschliessend die Ergebnisse beurteilt.

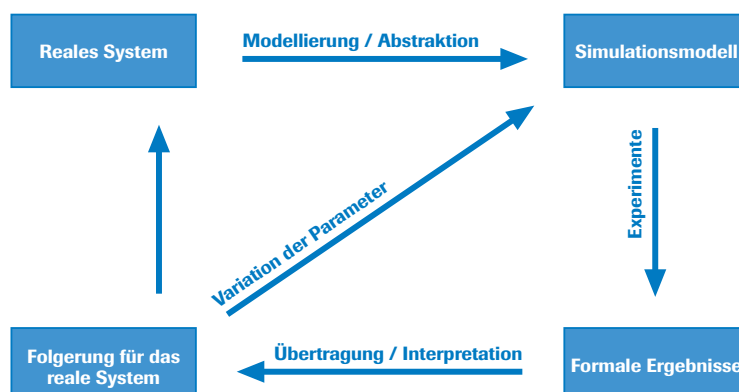


Bild 3 Simulationstechnik (ASIM 1996, S. 2)

4. Wo soll Simulation eingesetzt werden ?

Nach ASIM (Arbeitsgemeinschaft Simulation in der Gesellschaft für Informatik) ist eine Nachbildung der Wirklichkeit von besonderem Interesse, wenn

- auf einem Fachgebiet Neuland beschritten wird,
- die Grenzen analytischer Methoden erreicht sind,
- komplexe Wirkungszusammenhänge die menschliche Vorstellungskraft überfordern,
- das Experimentieren am realen Modell nicht möglich, bzw. zu kostenintensiv oder auch zu gefährlich ist (ASIM 1996).

Betrachtet man die verschiedenen Planungs- und Entscheidungsebenen [Bild 4] der Unternehmen, so kann die Simulation auf allen Stufen wertvolle Hilfeleistung erbringen. Folgende Szenarien sind denkbar:

- auf Unternehmens- und Fabrikebene ein Simulationseinsatz bezüglich Strategie und Finanzentwicklung,
- auf Werkstattebene einen Übergang von einer funktionsorientierten in eine prozessorientierte Organisation,
- auf Zellebene Personaleinsatz oder Reihenfolgeplanung,
- auf Maschinenebene z.B. Steuerungsoptimierung.

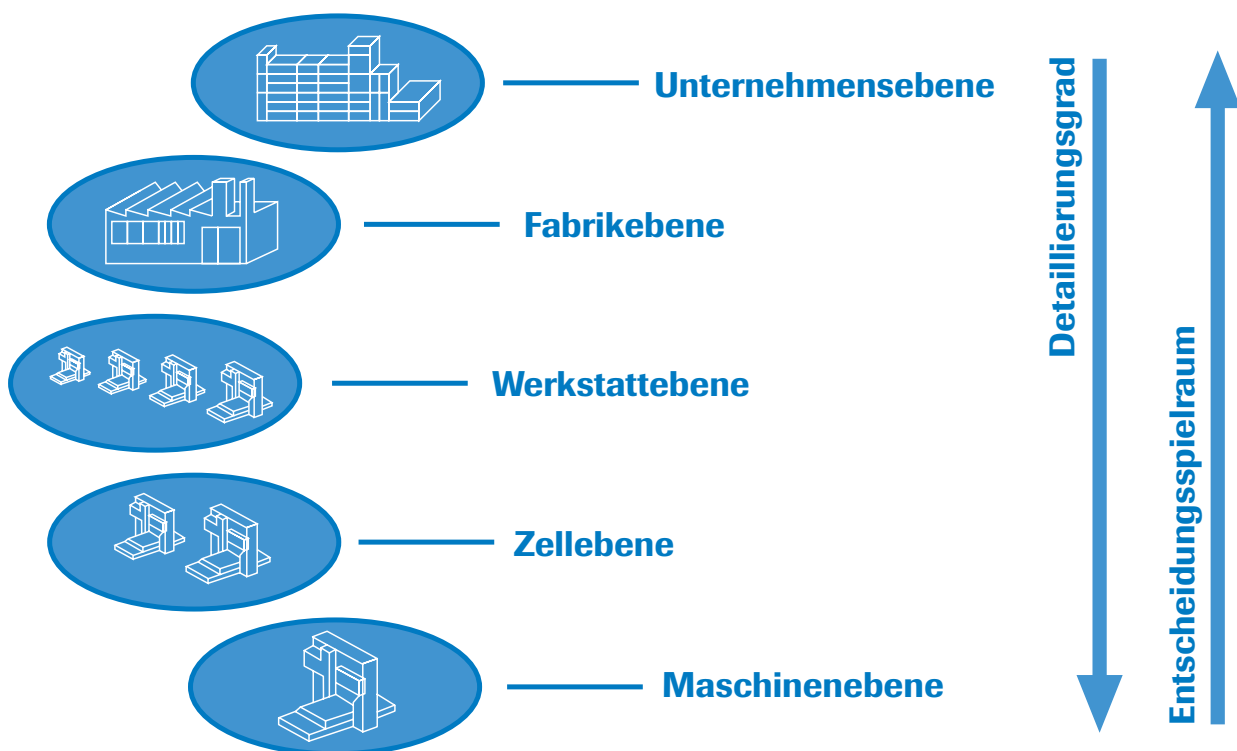


Bild 4 Planungs- und Entscheidungsebenen (nach Esprit)

Einige Beispiele aus der Praxis sollen diese Zuordnungen veranschaulichen:

Komplexe Wirkungszusammenhänge, die die menschliche Vorstellungskraft überfordern, waren ausschlaggebend für den Einsatz der Simulation bei der Planung des Güterverkehrs der SBB. Auf einem grösstenteils über 100 Jahre alten Schienennetz wickelt die SBB den Personen- und Güterverkehr ab. Über 600 Bahnhöfe und

Stationen werden von der SBB bedient. Eine erhöhte Verkehrsproduktivität in den letzten Jahren zwang die SBB, Rationalisierungsmassnahmen beim Güterverkehr vorzunehmen. Das Einsparungspotenzial lag bei den im Güterverkehr zu unterscheidenden Einzelwagenladungen. Die einzelnen Wagen werden auf Stationen beladen, mit Nahgüterzügen eingesammelt, in Rangierbahnhöfen zu Ferngüterzügen umsortiert und so, meistens über mehrere Etappen, zu den Bestimmungsorten geführt. 15 Rangierzentren und mehrere Rangierunterzentren sorgen mit Stationspersonal, Fahrplanbüros und der Zugüberwachung dafür, dass jährlich über 50 Mio. Tonnen Bahngüter pünktlich ankommen. 90% der Sendungen werden im »Nachtsprung« innerhalb von 24 Stunden von der Ladestelle zur Entladestelle befördert. Produktivitätssteigerung und Kostensenkung waren das Ziel des Projektes. Mit einer neuen Netzstruktur auf bestehendem Netz – Aufhebung einiger Rangierbahnhöfe – und neuen Fahrplänen konnte die durchschnittliche gesamtschweizerische Beförderungsfrist gesenkt werden. Durch Einführung dieser Massnahmen wurden sofort Einsparungen von jährlich rund 3 Mio. Sfr. realisiert (ZURMÜHLE 1992).

Auf der Fabrikebene ist als Beispiel die Planung eines technisch anspruchsvollen Verpackungsbetriebes anzusiedeln. Ohne grosse Lager mit fertig verpackter Ware muss ein optimaler Kundenservice sichergestellt werden, eine Optimierung der Produktion mit minimalen Zwischenlagerbeständen muss realisiert werden und die Versorgung der Verpackungslinien mit Verpackungsmaterial »just-in-time« ist ebenfalls vorgesehen. Angesichts des hohen Risikos einer Fehlplanung, es ging um Investitionskosten von 200 Mio. Sfr., zog die Logistikabteilung Simulationsexperten bei. Als Entscheidungshilfen für die Planung der Verpackungsanlage stellte die Simulation unter anderem Materialflussmatrizen in Zeitintervallen zur Verfügung, daraus abgeleitet Belastungsprofile der einzelnen Anlagenteile und ein Stärken-/ Schwächenprofil der Anlage punkto Verhalten bei unvorhergesehenen Betriebszuständen. (WYLER 1992).

In der Realisierungsphase des ESPRIT-Projektes CIMOSA1 wurde für den Bereich Fertigung einer Fabrik eine herkömmliche, funktionale Organisation einer prozessorientierten Profit-Center-Organisation gegenübergestellt. Die neue Organisationsstruktur sollte den modernen Ansprüchen im Umfeld von neuen Technologien gerecht werden. Basierend auf der gleichen Auftragslast konnten mit der Profit-Center-Organisation kürzere Durchlaufzeiten bei weniger Abteilungen und weniger Stellen erzielt werden. Es konnte durch die Simulation auch gezeigt werden, welche abteilungsübergreifende Informations- und Materialflüsse wirklich notwendig sind (ZIMMERMANN ET AL. 1993).

Es gibt verschiedene Methoden, die das Überprüfen der produktionslogistischen Veränderungen anhand bekannter Grundgesetze erlauben. Mit Hilfe von Betriebskennlinien lässt sich z. B. der Zusammenhang zwischen Bestand, Durchlaufzeit und Auslastung darstellen. Es können aber Veränderungen, z.B. ungeplante Ablaufstörungen auftreten, deren Auswirkungen oft mit keiner analytischen Methode bestimmt werden können. In diesem Fall kann wieder die Simulation helfen.

Eine weitere Aufzählung von Beispielen des Simulationseinsatzes ist im »Handbuch Simulationsanwendungen in Produktion und Logistik« (KUHN, REINHARDT & WIENDAHL 1993) zu finden.

5. WANN und WIE Simulation einsetzen?

Um die Frage nach dem WANN des Simulationseinsatzes zu beantworten, muss das Vorgehen bei einer Problemlösung betrachtet werden. Generell gilt für den Zeitpunkt im Projektablauf: »So früh als möglich!«

Als Vorgehensmethode wird auch bei Simulationsprojekten die BWI-Problemlösungsmethodik Systems Engineering (SE) eingesetzt (DAENZER & HUBER 1992).

Durch den Ansatz »Denken in Varianten« ist die SE-Methodik einerseits prädestiniert für den Einsatz von Simulation in der Lösungssuche. Andererseits ist der Simulationseinsatz in allen Projektlebensphasen [Bild 5] zweckmässig:

- In der Vorstudie zur dynamischen Verifikation der IST-Analyse.
- In der Hauptstudie, im Bereich der Systemgestaltung und der Variantenbildung.
- Bei den Detailstudien, z.B. bei der Materialflussplanung.
- Bei der Systemrealisierung und -nutzung zur Mitarbeiterschulung und zur Einlastungsplanung.

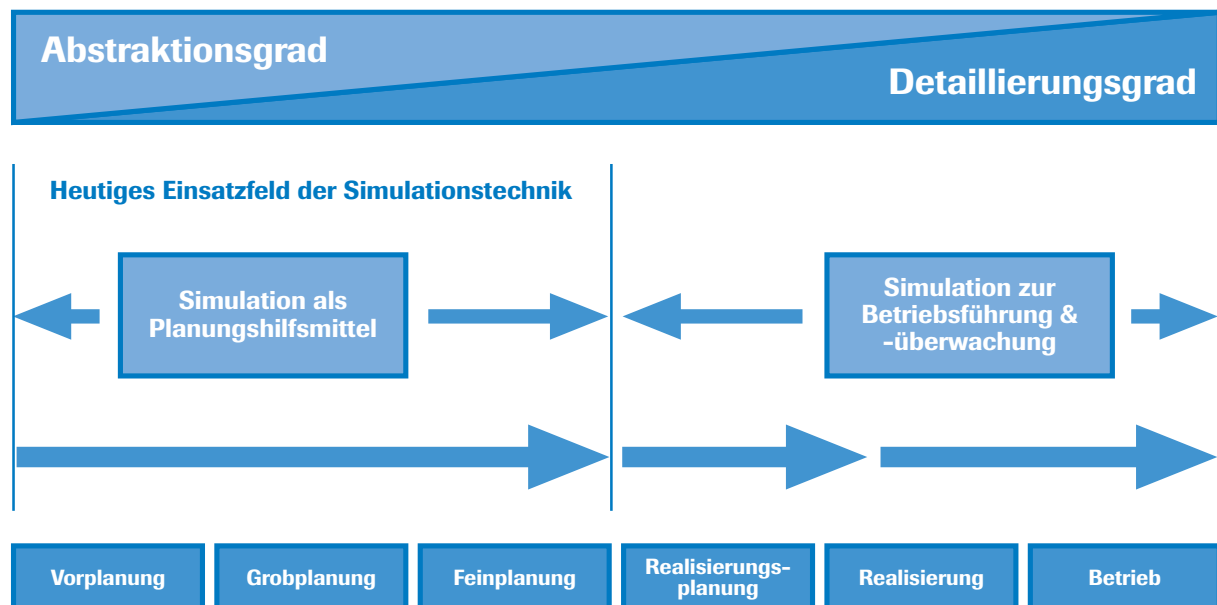


Bild 5 Simulationseinsatz in den verschiedenen Projektlebensphasen

Der Problemlösungszyklus [Bild 6] kann innerhalb der einzelnen Lebensphasen mehrfach hintereinander oder nebeneinander vorkommen. Die rechte Bildseite beschreibt das WIE der Simulationsanwendung:

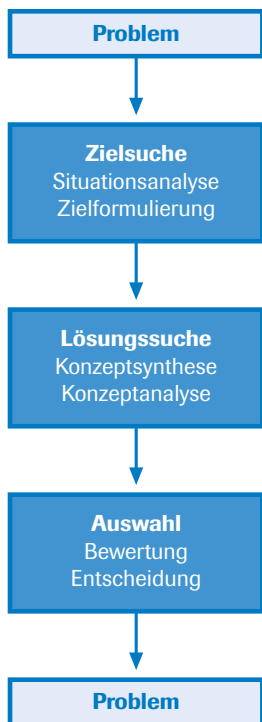
Einsatzdefinition

Der Simulationseinsatz muss vorerst ohne Anwendung einer Simulationssoftware geplant werden. Aus der Situationsanalyse wird das Ziel des Projektes formuliert und anhand dessen die Simulationswürdigkeit des Problem es überprüft. Oft bringt eine einfachere und kostengünstigere Alternative zur Simulation, z.B. eine Tabellenkalkulation, bereits eine Lösung. Die Notwendigkeit einer Simulation wird bestimmt durch den Vernetzungsgrad von Ursachen und Wirkungen, deren Mehrstufigkeit, sowie vorhandene Rückkopplungen. Die anschließende Problemabgrenzung bildet die Grundlage für die Versuchsplanung [Bild 7]. Der Versuchsplan hilft, das experimentelle Vorgehen im Voraus explizit festzulegen. Gleichzeitig werden die später benötigten

Daten festgelegt. Die Anzahl der Experimente wird festgelegt durch die zu variierenden Parameter und den von ihnen anzunehmenden Werten. Bei »n« Parametern mit »m« Werten erhält man m^n verschiedene Kombinationen. Für jede Kombination müsste man einen Versuch durchführen.

Zur Verringerung der Anzahl der Experimente wird oft der 2^n - Versuchsplan, eine klassische Methode aus der statistischen Versuchsführung, die auf R.A. Fisher zurückgeht, angewendet.

Problemlösungszyklus nach Systems Engineering



Simulationsanwendung

Einsatzdefinition

Situationsanalyse
Zielformulierung

Problemabgrenzung
Versuchsplanung

Modellbau

Modellkonzeption
Datenerhebung

Modellerstellung
Verifizierung
Validierung

Simulationsläufe

Variation
Optimierung
Interpretation

Lösungsempfehlung

Dokumentation
Umsetzung

Bild 6 Simulationsanwendung im Rahmen des Problemlösungszyklus von Systems Engineering (vgl. DAENZER & HUBER 1992; ACÉL 1996).

Input		Output	Variante I						Variante II					
			3.000 Stk		4.000 Stk		2.000 Stk		3.000 Stk		4.000 Stk		2.000 Stk	
			DLZ	WiA	DLZ	WiA	DLZ	WiA	DLZ	WiA	DLZ	WiA	DLZ	WiA
Losgrößenbegrenzung	nach Stückzahl,	1.000 Stk	■	■										
	Losgrösse max.	500 Stk			■	■	■	■			■	■	■	■
		250 Stk			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Losgrößenbegrenzung	nach Arbeitsstunden	≤ 500 h			■	■	■	■			■	■	■	■
Programmfertigung	Fertigungsrythmus	2 Wochen			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ Basis ■ zu untersuchen ■ entfällt DLZ / Durchlaufzeit WiA / Waren in Arbeit

Bild 7 Beispiel für einen Versuchsplan (ACÉL 1996)

Der 2^n -Versuch ist eine effiziente Methode, um Parameter nach ihrem Einfluss zu selektieren und Wechselwirkungen aufzuzeigen (ACÉL 1996). Durch die Reduktion der Anzahl der Werte von m auf 2, nämlich Minimum und Maximum, wird die Anzahl Versuche auf 2^n verringert. Wenn diese Werte symmetrisch um einen »Nullpunkt« liegen, so kann mit wenig Aufwand der sogenannte »Null«-Versuch – Bestimmung der Parameterwerte am Nullpunkt – dazugenommen werden. Man erhält dadurch einen zusätzlichen Punkt zur Beschreibung des Versuchsfeldes, welcher zu dessen besserer Abgrenzung herangezogen werden kann [Bild 8].

Die Reduktion der Anzahl der Versuche bewirkt eine erhebliche Steigerung der Effizienz der Simulationsanwendung und eine Eingrenzung des Suchbereiches. Trotz der damit verbundenen Genauigkeitsverluste gelangt man zu zufriedenstellenden Ergebnissen.

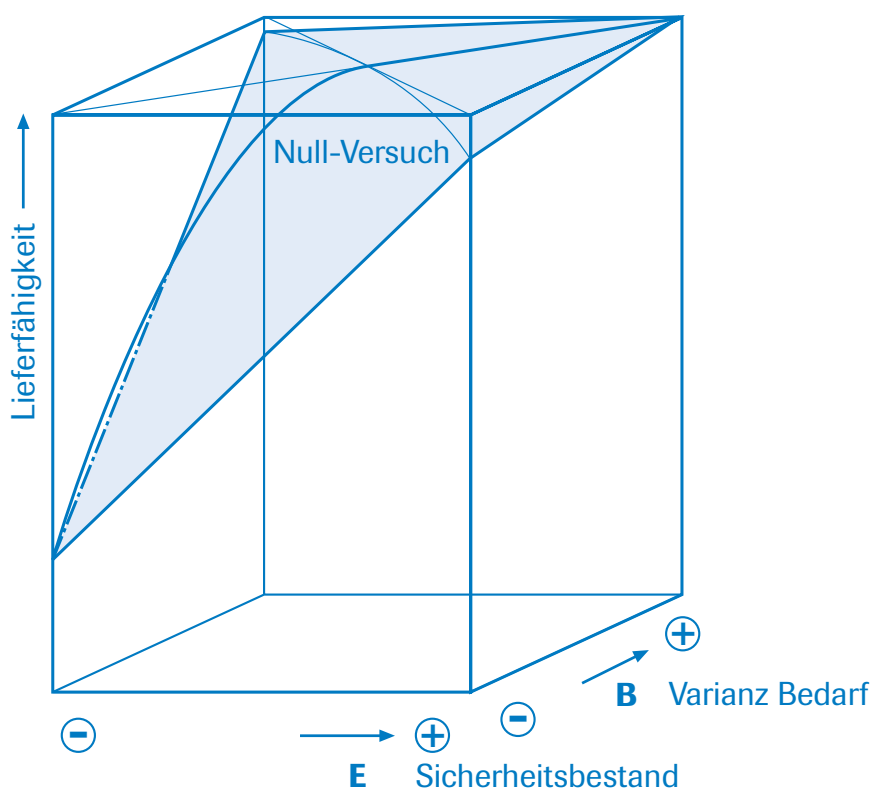


Bild 8 3D-Darstellung des Versuchsfeldes (ACÉL 1996)

Modellbau

Als zweiter Schritt wird der Modellbau durchgeführt. Man beginnt mit einem Modellkonzept. Es ist dies die anspruchsvollste Aufgabe eines Simulationsprojektes. Das Modell ist das Abbild des zu untersuchenden Systems und legt die Aussagekraft der Simulationsläufe fest. Die Abstraktionsfähigkeit und die Planungserfahrung des Anwenders sowie seine Kenntnisse der einzusetzenden Simulationssoftware bestimmen die Güte des Modells, und damit der Simulation. Das Modell muss so einfach als möglich sein (Transparenz) aber andererseits alle für die Untersuchung wesentlichen Eigenschaften erfassen (Genauigkeit). Das Abwägen zwischen hoher Realitätstreue und schnellem Lösungsweg erfordert grosses Können. Nach der Erstellung des formalen, abstrakten Modells werden sämtliche relevanten Daten für die im Versuchsplan vorgesehenen Experimente erfasst. Der Aufwand der Datenerhebung wird oft unterschätzt.

Erst jetzt beginnt die Umsetzung des Modells mit Hilfe einer Simulationssoftware; versehen mit den erfassten Daten erhält man nun ein Simulationsmodell »am Computer«.

Um die interne Logik des Modells zu überprüfen, wird eine Verifizierung durchgeführt. Die Ausführbarkeit, das Erreichen des beabsichtigten Verhaltens wird untersucht. Nach der Verifizierung liegt ein semantisch und syntaktisch fehlerfreies, ausführbares Rechnermodell vor.

Die Übereinstimmung der Modellaussagen mit dem realen System wird durch die Validierung des Modells überprüft. Beim Modell eines bereits bestehenden Systems ist dies durch einen Vergleich mit Ist-Werten relativ leicht durchzuführen. Bei der Validierung neu zu entwickelnder Systeme muss besonderer Wert auf die Verifizierung gelegt werden und zur Validierung die Erfahrung aller Beteiligten zu Hilfe genommen werden. Nach diesen Arbeitsschritten steht ein Basismodell für die Simulationsläufe zur Verfügung.

Simulationsläufe

Die im Versuchsplan vorgesehenen Experimente werden nun an Hand des Basismodells getestet. Durch Variation, Optimierung und Interpretation entsteht ein interaktives Vorgehen zur Bestimmung der »optimalen« Lösungsvariante. Wobei »Optimum« hier nicht im mathematischen Sinn gebraucht wird, sondern es wird eine »gute« Lösung, die mit vertretbarem Aufwand gefunden werden kann und die Randbedingungen erfüllt, als »optimal« angesehen.

Der Simulationslauf wird so oft wiederholt, bis der Versuchsplan abgearbeitet ist. Als Ergebnis liegen meist mehrere »gute« Lösungen vor, die die Anforderungen erfüllen und umsetzbar sind.

Lösungsempfehlung

Mit der Auswahl der besten Lösung aus den erhaltenen Lösungen und der Lösungsempfehlung ist die eigentliche Simulationsstudie abgeschlossen. Die Dokumentation wird als Entscheidungsgrundlage verwendet und muss so aufgesetzt und aufbereitet sein, dass die empfohlene Lösung eindeutig in das untersuchte System implementiert werden kann.

Bei der Inbetriebnahme des untersuchten und korrigierten Systems kann die Simulation zur Schulung der Mitarbeiter eingesetzt werden.

Qualitätsmerkmale

Im Rahmen des beschriebenen Vorgehens gilt es, besonders die folgenden Qualitätsmerkmale einer Simulationsstudie zu beachten:

- Vorgehensmethodik,
- Verifizierung,
- Validierung,
- Reproduzierbarkeit,
- Sensitivitätsanalyse,
- Dokumentation.

6. Aufwandsverteilung

Bei Einsatz des Hilfsmittels »Simulation« sollte man das Nutzen/Aufwand-Verhältnis vorgängig abschätzen können. Doch die Kenntnisse darüber sind besonders auf Auftraggeberseite oft unzureichend und führen zu übersteigerten Erwartungen, denn die Simulation liefert nicht nur Ergebnisse (Nutzen), sondern verursacht auch Aufwand.

Abhängig von der Fragestellung und der gewünschten, bzw. notwendigen Detaillierung beträgt selbst bei kleineren Simulationsprojekten der Mindestaufwand gemäss Erfahrung 15–20 Arbeitstage – im Widerspruch zu sonst publizierten Werten.

Für Simulationsprojekte ergibt sich eine Aufwandsverteilung entsprechend [Bild 9] (ACÉL 1996).

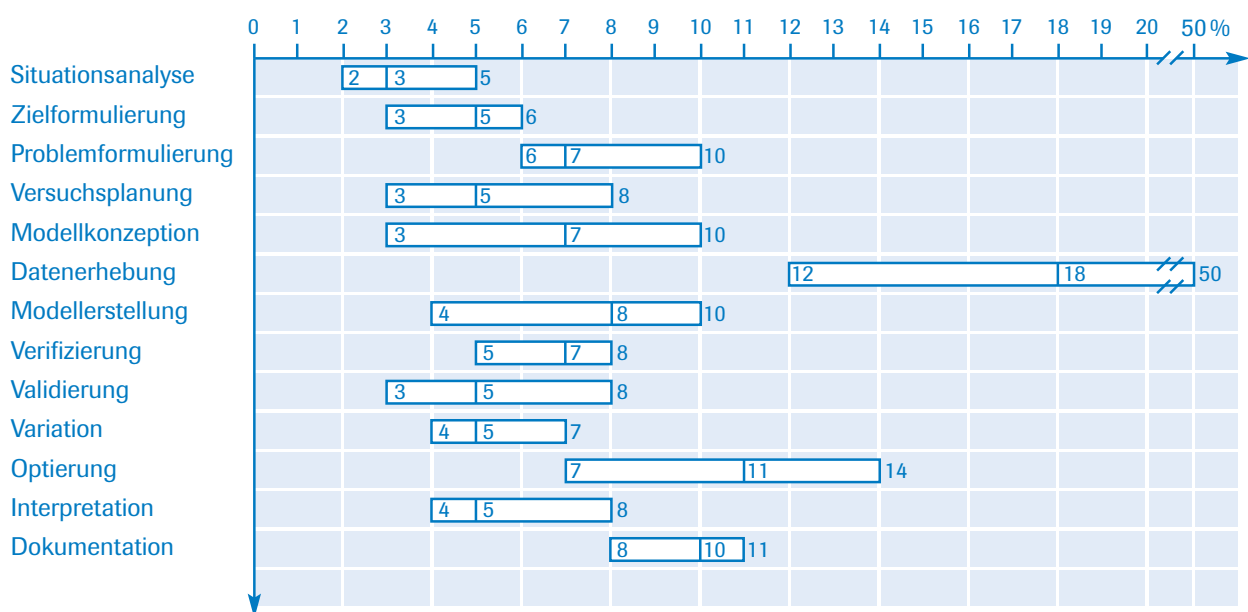


Bild 9 Zeitliche Aufwandsverteilung beim Simulationseinsatz in Prozent

Der Nutzen des Simulationseinsatzes hängt – wie schon mehrmals bemerkt – von der »Simulationswürdigkeit« der Fragestellung ab, sowie vom Zeitpunkt des Einsatzes.

Liegt kein dynamisches System vor oder ist z.B. der Vernetzungsgrad der Elemente überschaubar, so verursacht eine der gängigen Alternativen zur Simulation weniger Aufwand. Tabellenkalkulation, Warteschlangenrechnung etc. liefern das bessere Kosten/Nutzen-Verhältnis, wenn nicht als schwer bewertbare Nebeneffekte Marketing oder Projektmanagement z. B. einen Einsatz der Simulation wieder rechtfertigen. Bei einem dynamischen oder stark vernetzten System können meistens die durch Simulation erworbenen Kenntnisse und die Einsparungen bei der Realisierung den Einsatz der Simulation als kosteneffizient beweisen.

7. Simulationssoftware

Es gibt heute sehr unterschiedlich aufgebaute Simulationssoftware, die immer benutzerfreundlicher und spezifischer in der Anwendung werden. Ein kurzer geschichtlicher Überblick ist vor allem zur Evaluation von Software hilfreich.

Mitte der 50er-Jahre begann man stochastisches Verhalten mittels Programmierung zu untersuchen. Bei IBM entstand 1961 unter Geoffrey Gordon GPSS (General Purpose Simulation System). IBM stoppte die Entwicklung 1972 mit GPSS V. Heute noch im Einsatz sind GPSS-PC und GPSS-H, die von anderen Anbietern weiter entwickelt wurden.

Basierend auf GPSS V entstand der Simulationsteil von AUTOMOD. Neben Window-Technik, Dialogfenstern – die auch andere Systeme anbieten – arbeitet es wie ein CAD-System mit 3-D realitätsnaher Grafik, Distanzen etc.

Gleichzeitig mit Gordon startete A.A.B. Pritsker an der Purdue-University mit der Entwicklung von Slam, das auch heute noch am Markt ist. Mit dem Animator TESS versehen wird es als Slam-System vertrieben.

Im Anschluss an GPSS und Slam entstand SIMAN, das mit aufgesetztem Animator CINEMA vertrieben wird. Mit integrierter Animation wird SIMAN seit einigen Jahren unter dem Namen ARENA angeboten.

Bei Rand-Corporation wurde Anfang der 60er-Jahre die Simulationssprache Simscript entwickelt. Die Systeme Simfactory/Simprocess verwendet im Hintergrund auch Simscript. Simprocess ist die Nach-Version von Simfactory und entstand im Anschluss an ein mit Simfactory am BWI durchgeführtes Projekt. Simfactory wurde dabei als Simulationssoftware zur Optimierung der weltweiten Vertriebsstrecke eines Produktes eingesetzt.

In Europa war England und später auch Deutschland vor allem an den Universitäten mit der Entwicklung von Simulationssoftware befasst.

In England entstand u.a. das heute noch weltweit eingesetzte System WITNESS. Aus Deutschland stammende Systeme sind z.B.

Dosimis, Perfect! (Prof. Kuhn, Dortmund)

Mosys, SIMPRO (Prof. Spur, Berlin)

Persimo (Prof. Bulliger, Stuttgart)

Simflex (Prof. Reinhardt, Kassel)

Simplex (Prof. Schmidt, Passau)

Simple, Simple++ (Prof. Warnecke, Dr. Becker, AESOP, Stuttgart)

An der ETH Zürich entstand 1986 PACE, das auf Petrinetzen basiert. Im Anschluss an die Simulation kann ein Code erzeugt werden, der direkt als Steuerungssoftware eingesetzt werden kann.

Diese Aufzählung ist selbstverständlich nicht vollständig. Eine gute und strukturierte Übersicht befindet sich im »Marktspiegel« (NOCHE & WENZEL 1991). Aktuell gibt die SCS (Society for Computer Simulation) jährlich eine Zusammenstellung heraus.

Die Güte eines Simulationssystems wird häufig am Modellierungsaufwand bewertet. [Bild 10] zeigt die Beziehung zwischen Modellierungsaufwand und Mächtigkeit von Simulationssystemen.

Einordnung unterschiedlicher Simulationssprachen und -konzepte

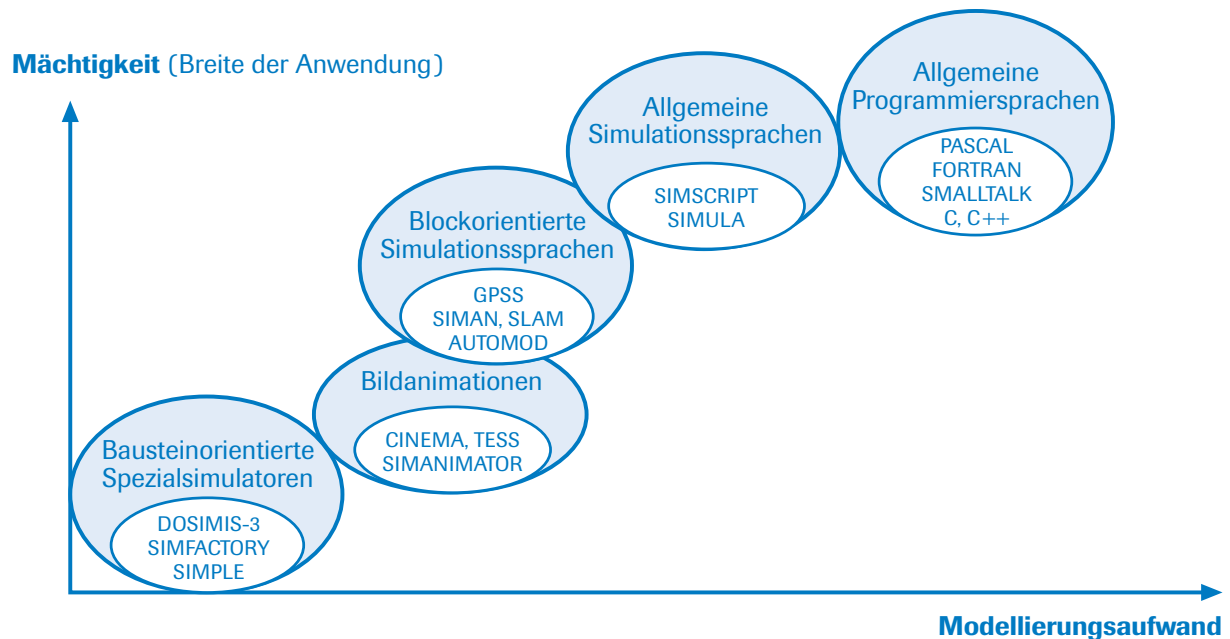


Bild 10 Zusammenhang von Modellierungsaufwand und Mächtigkeit von Simulationssystemen nach ACÉL.

Bausteinorientierte Simulatoren sind »einfach« punkto Modellierungsaufwand, aber meistens an ein bestimmtes Einsatzgebiet gebunden (Fertigung, Montage, Lagerhaltung etc.). Die blockorientierten Simulationssprachen decken bereits ein grösseres Einsatzgebiet ab. Mit allgemeinen Simulationssprachen sowie allgemeinen Programmiersprachen ist der Einsatz universell, jedoch der Modellierungsaufwand sehr hoch.

8. Schlussbemerkungen und Ausblick

Es ist beim Einsatz der Simulation zu bedenken, dass ein komplexer Vorgang durch Einsatz des Computers nicht weniger komplex gemacht werden kann. Die Resultate einer Simulationsstudie hängen von Modell, Daten und Interpretation der Ergebnisse ab, und nicht allein von der eingesetzten Software oder vom Computer. Die Förderung der Ausbildung auf dem Gebiet der Simulation muss in allen Gebieten auf Hochschul- und auf Praxisseite vehement vorangetrieben werden. Denn nur dann, wenn Auftraggeber und das ausführende Projektteam über einen ausbalancierten Wissensstand bezüglich Einsatz und Durchführung von Simulationsprojekten verfügen, ist der Blick in die Zukunft durch die Simulation und für die Simulation garantiert!

Literaturangaben

- Acél, P. (1996) METHODE ZUR DURCHFÜHRUNG BETRIEBLICHER SIMULATIONEN. DISSERTATION, ETH ZÜRICH.
- ASIM (1996) Leitfaden für Simulationsbenutzer in der Produktion und Logistik. In: ASIM - Mitteilungen aus den Arbeitskreisen. Arbeitskreis 4.5.2.3 Simulation in der Produktion und Logistik.
- Daenzer, W.F., Huber, F. (Hrsg.) (1992) SYSTEMS ENGINEERING, METHODIK UND PRAXIS. VERLAG INDUSTRIELLE ORGANISATION ZÜRICH.
- DIN 19226 Teil Regelungs- und Steuerungstechnik; Begriffe, Allgemeine Grundlagen.
- Hütter, R. (1994) COMPUTERSIMULATION IN FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG. BULLETIN DER ETH ZÜRICH, 254, S. 60.
- Kuhn, A., Reinhardt, A., Wiendahl, H.-P. (Hrsg.) (1993) HANDBUCH SIMULATIONSANWENDUNGEN IN PRODUKTION UND LOGISTIK; VIEWEG VERLAG.
- Noche, B, Wenzel, S., (1991) MARKTSPiegel. SIMULATIONSTECHNIK IN PRODUKTION UND LOGISTIK. VERLAG TÜV RHEINLAND, KÖLN.
- VDI (1993) VDI-RICHTLINIE 3633, BLATT 1: SIMULATION VON LOGISTIK-, MATERIAL FLUSS- UND PRODUKTIONSSYSTEMEN. GRUNDLAGEN.
- VDI (1996) SIMULATION STEHT VOR INVESTITION. VDI NACHRICHTEN, 23, S. 21.
- Wyler, A. (1992) SIMULATION IN DER FABRIKPLANUNG. IN: BWI/IFOR (HRSG.): SIMULATION - EIN BLICK IN DIE ZUKUNFT. TAGUNGSBAND, ETH ZÜRICH, S. 87FF.
- Zimmermann, H., Katzy, B., Plötz, A., Tanner H.-R. (1993) INTEGRIERTE UNTERNEHMENSMODELLIERUNG. IO MANAGEMENT ZEITSCHRIFT, 11.
- Zurmühle, C. (1992) SBB-GÜTERVERKEHR SIMULIEREN. IN: BWI/IFOR (HRSG.): SIMULATION - EIN BLICK IN DIE ZUKUNFT. TAGUNGSBAND, ETH ZÜRICH, S. 67FF.