

Simulationsgestützte Testumgebungen

Prof. Dr.-Ing. Bernd Noche

Gerhard-Mercator-Universität Duisburg

Bei der Softwareentwicklung in der Logistik dominieren Individuallösungen auf der Ebene der Steuerung von Fördertechniksystemen und der Lagerverwaltung. Trotz methodisch abgesicherter Vorgehensmodelle ergeben sich in der Inbetriebnahmephase immer wieder Verzögerungen, die für Lieferanten und Kunden mit hohen Kosten verbunden sind. Die Simulationstechnik kann hier eine wertvolle Unterstützung sein, da sie eine Vorgehensweise anbietet, die Fehler frühzeitig erkennen lässt und die auch eine Unterstützung bei der Fehlersuche und Fehlerbehebung enthält.

Dazu müssen allerdings folgende Module verfügbar sein:

- Daten- und Szenariengenerator*
- Simulationsmodell passend zur zu testenden Software*
- Kennzahlensystem und Softwaremodule zur Dokumentation der Testläufe*

Basis für die Beurteilung der Korrektheit einer Software ist das Pflichtenheft, das in der Regel auch gleichzeitig als Vertrags- und Abnahmegrundlage dient.

Häufig wird allerdings auf diese Methode verzichtet, weil der Projektfortschritt für einen Kunden frühzeitig sichtbar wird und sich Lieferanten Freiheitsgrade erhalten wollen, die in knapp kalkulierten Projekten bei engen Personalressourcen scheinbar notwendig sind. Allerdings hat die Erfahrung in mehreren Projekten gezeigt, dass genau das Gegenteil eintritt: Durch simulationsgestützte Testumgebungen kann teures Expertenwissen besonders effizient genutzt werden, die Softwareentstehung wird verkürzt durch die parallele Nutzung eines spezialisierten Testteams und die Inbetriebnahme kann verkürzt werden bei gleichzeitiger Verringerung des Risikos einer Zeitüberschreitung.

Für den Kunden einer Systemlösung ergeben sich ebenfalls Vorteile, da durch die dokumentierte Softwarequalität das Risiko, das sich durch die zu frühe Abnahme einer Systemlösung ergeben kann, reduzieren lässt.

Der folgende Beitrag befasst sich mit der Beschreibung der Komponenten einer simulationsgestützten Testumgebung und liefert Anregungen für die Nutzung des Instrumentariums.

Einleitung

Die Optimierung des Anlaufprozesses von Anlagen und Fabriken rückt mehr und mehr in den Blickpunkt von Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Dies liegt daran, dass oft erhebliche Kosten durch verzögerte Inbetriebnahmen entstehen. Des Weiteren zeigt sich, dass kaum noch neue Produktionsstätten entstehen, sondern dass vielmehr Umbauten und Weiterentwicklungen bestehender Systeme vorgenommen werden. Dabei soll eine laufende Produktion möglichst wenig belastet werden – die entsprechenden Umbaumaßnahmen erfolgen dann an Wochenenden, in freien Schichten oder in den Werksferien. Dies hat erhebliche Konsequenzen für die Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Softwaresysteme bis hin zu hohen Pönalen für die Lieferanten im Fall von Produktions- oder Lieferausfällen. Mit Hilfe von Simulationsmodellen können entsprechende Tests vorab durchgeführt werden. Damit verringert sich das Inbetriebnahmerisiko für Betreiber und Lieferanten gleichermaßen.

Stand der Technik

Die Nutzung der Simulationstechnik zum Aufbau von Testumgebungen schreitet nur langsam voran. So berichtet Heidenblut ^{/1/} über Anwendungen des Softwareproduktes E-Control zum Test von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS).

In einem CAD-System werden die fördertechnischen Elemente in einer Planungsphase zur Umsetzung einer Materialflusslösung angeordnet. Über eine CAD-Schnittstelle werden die Daten anschließend an das Softwareprodukt E-Control übergeben und um steuerungsrelevante Informationen ergänzt. Dazu gehören Daten wie: Positionen von Aktoren und Sensoren (z. B. für Lichtschranken), Bezeichnerlisten und technische Parameter (z. B. Geschwindigkeiten).

Der wichtigste Nutzen bei der Anwendung des Systems ergibt sich bei der Inbetriebnahme, gerade, wenn große Entfernungen zwischen Einsatz- und Entwicklungsort zu überbrücken sind. Durch die Testsoftware erfolgt die Inbetriebnahme in kürzeren Zeitabschnitten, da ein Qualitätscheck der Software schon im Entwicklungsprozess unterstützt wird.

Von einer vergleichbaren Softwarelösung berichtet Gert de Groot ^{/2/} auf der Basis des Simulationswerkzeugs CASTOMAT. Es wird auf eine Reihe von Anwendungen hingewiesen, wobei durch die Nutzung der Simulation zum Test der SPS bei der Installation einer Fördertechnikanlage in einer Phosphatlagerstätte Zeiteinsparungen von 50 % bei der Inbetriebsetzung erreicht worden sind.

In einem weiteren Anwendungsfall berichtet Lindemann /3/ über das Simulationssystem HESIM. Dieses spezielle Softwaresystem dient zum Test von Anlagensoftware im Bereich der Förder- und Lagertechnik. Auch in diesem Beitrag wird der wirtschaftliche Nutzen der Vorgehensweise unterstrichen. Die Simulation verbessert die Qualität des Gesamtsystems, intensiviert die Vorbereitungszeit und verkürzt den späteren Aufbau der Schnittstellen. Auch Weiterentwicklungen des bestehenden Systems sind „parallel zum Anwenderbetrieb“ realisierbar, so dass die Produktion und Distribution nicht unterbrochen werden muss.

Lösungsansatz

Für den Test von Steuerungs- und Lagerverwaltungssoftware werden Simulationsmodelle benötigt, die im Prinzip große Ähnlichkeiten mit Simulationsmodellen der Planung aufweisen. So werden beispielsweise

- Bausteine benötigt, die die üblichen Materialflusskomponenten darstellen
- Auftragsdaten benötigt, die Aktionen im Logistiksystem auslösen
- Statistiken generiert, die Leistungen des Logistiksystems charakterisieren
- Anfangsbelegung von Lager- und Produktionssystemen vorgegeben
- Steuerungsregeln implementiert, die den Produkt- und Auftragsdurchlauf beschreiben

Die entscheidenden Unterschiede liegen in einer strikten Trennung von Materialflussebene und Lagerverwaltung (bzw. Produktionsplanung), um die Verwaltungsebene testen zu können, in der Komplexität der zu realisierenden Informationsflüsse durch die Implementation von Telegrammen sowie in einer Verlagerung der Abbildungsgenauigkeit im Hinblick auf die zu testende Software, beispielsweise auch für Ausnahmesituationen. Einen besonders interessanten Aspekt betrifft die Entscheidung, ob die zu testende Software Fehler enthält oder nicht.

Neben offensichtlichen Kriterien wie Systemabsturz müssen eine Fülle von Vergleichsoperationen durchgeführt werden, wie z. B. Abgleich des Lagerpiegels zwischen Simulation und realer, zu testender Software, zwischen zu erwartenden und tatsächlich angekommenen Telegrammen und Informationen. Des weiteren wird von den Softwareentwicklern erwartet, dass durch Testumgebungen die eigentlichen Fehlerquellen möglichst präzise eingegrenzt werden.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes /4/ wurden, neben den speziellen Materialflussbausteinen (die in ihrer prinzipiellen Struktur durchaus den Bausteinen in der Planungsphase gleichen), Testumgebungen geschaffen, die es gestatten, Testszenarien

festzulegen sowie spezielle Protokolle und Auswertungen zu erstellen, die durch Vergleiche zum Aufspüren von Fehlern führen. Anhand eines Projektes wird die Wirkungsweise eines Prototyps und die technische Realisierung verdeutlicht.

Abbildung 1 gibt zunächst einen Überblick über die logische Konfiguration des Systems. Getestet wurde in diesem Beispiel ein umfangreiches Lagerverwaltungssystem. Die Testumgebung enthält die Materialflussebene des realen Lagers und eine (Teil-)Abbildung des Warenwirtschaftssystems.

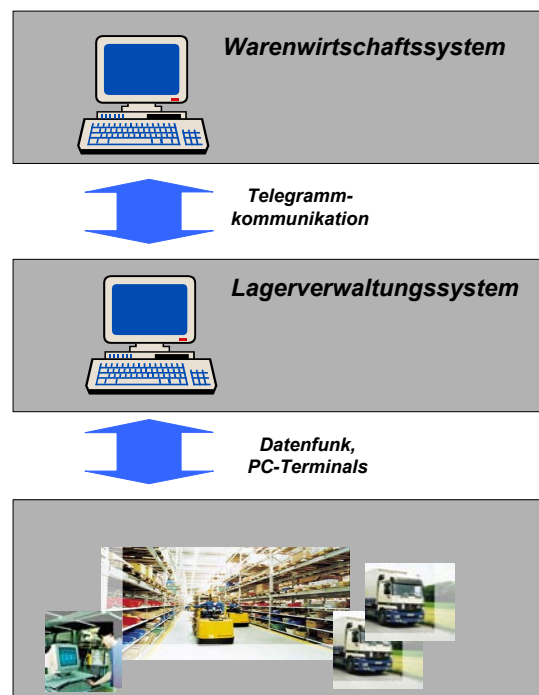


Abbildung 1: Zusammenspiel von Testumgebungen und zu testender Software

Der Aufbau von Testszenarien

Um die Lagerverwaltungssoftware effizient testen zu können, müssen zunächst typische Geschäftsabläufe festgelegt werden. Die Testumgebung enthält somit nicht nur einen Simulator zum Generieren von Ereignissen und Absetzen von Telegrammen, sondern auch einen Datengenerator, der Testdaten erzeugt, die den zu erwartenden Realdaten entsprechen.

In den folgenden Abbildungen werden beispielhaft einzelne Grunddaten erläutert. In Abbildung 2 sind Kundendaten zusammengestellt. Im vorliegenden Fall werden Kunden

nach Einzelhandel (EH) und Großhandel (GH) klassifiziert und einzelnen Routen zugewiesen. Dadurch wird es möglich, unterschiedlichste Auftragsstrukturen zu generieren.

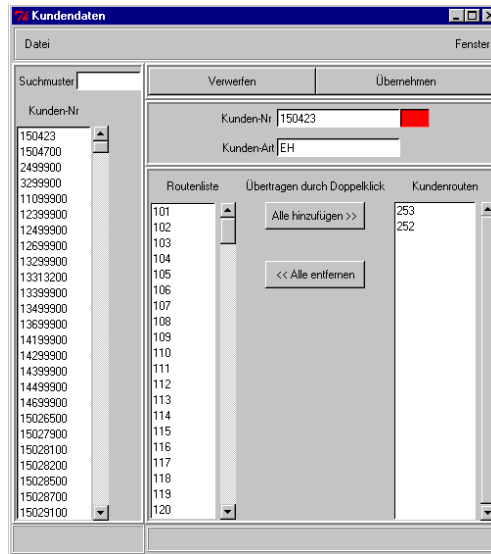


Abbildung 2: Kundendaten und Routenzuordnung

Abbildung 3 stellt weitere Informationen zu den Routen dar. Vorgegeben werden Zeiten wie z. B. Bestellende (Einlastungszeit der Aufträge) und Bereitstellende (Start des LKW), Auftragsart (Eil- oder Normalauftrag), die Versandart (LKW, Luftfracht, Bahn), die aktiven Zeitscheiben und die entsprechenden Aktivierungen der Route an einzelnen Tagen.

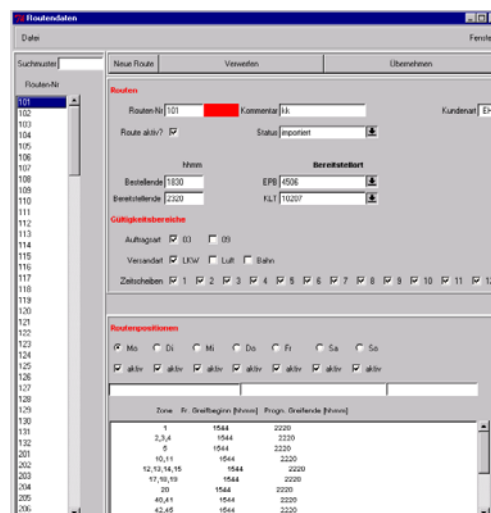


Abbildung 3: Routendaten für die Kundenauftragsgenerierung

In Abbildung 4 wird die Bereitstellung von Artikeln im Gantt-Diagramm für einen Kunden als Ergebnis eines simulierten Testlaufs dargestellt. Das Diagramm weist aus, dass der

entsprechende Artikel (Position) am Montag um 11.00 Uhr (bei Artikel 20 und 60 auch später) zur Kommissionierung freigegeben wurde und bis zur Abfahrt des LKWs bereitsteht (Bestellende 16.30 Uhr, Abfahrzeit: 18.45 Uhr).

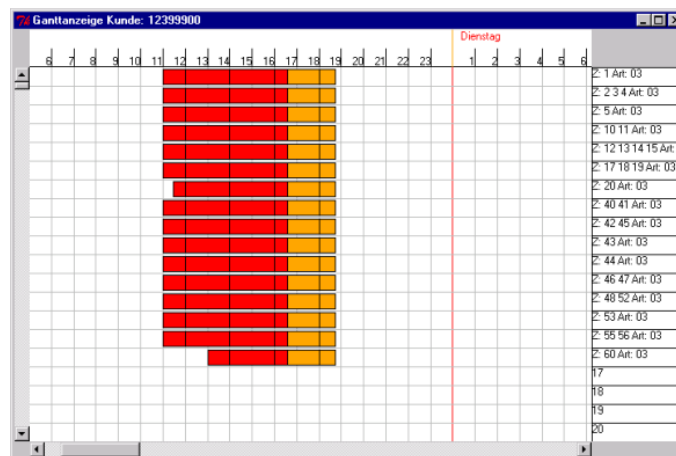


Abbildung 4: Gantt-Diagramm der Auftragsbereitstellung

Im Datengenerator sind eine Reihe von weiteren Informationen enthalten – teilweise auch Steuerinformationen zur Durchführung der operativen Abläufe. Dieser Sachverhalt wird anhand von Abbildung 5 erläutert.

Strategie bei zwei Greiflokationen

Welche Aufträge laufen über schnelle Greiflokation?

Einzelhandel Großhandel mit Bedingung:

Großhandel Schnell

Bestellungen, die Prozent der Vollmenge des langsamen Behältertyps überschreiten

Übertragen

Abbildung 5: Strategie bei zwei Greiflokationen

Im vorliegenden Fall werden Artikel in zwei Lagerbereichen gelagert. Dabei soll entschieden werden, unter welchen speziellen Bedingungen die schnelle Greiferzone angesprochen werden soll. Dies hat insbesondere Auswirkungen auf die Auslastung der Kommissionierbereiche.

Umfang des Simulationsmodells

Der Aufbau des Simulationsmodells weicht erheblich von der Struktur der Simulationsmodelle für die Planung ab. Die Testumgebung hat lediglich die Aufgabe, Ereignisse und Telegramme zu erzeugen und eine entstehende Steuerungs- und Verwaltungssoftware zu testen.

Der Input kommt vom Datengenerator, mit dessen Hilfe Testszenarien erzeugt werden, die repetitiv ablaufen.

Das Simulationsmodell selbst enthält beispielsweise nur folgende Elemente:

- **Mitarbeiter**
Personen im Warenein- und Warenausgang sowie Kommissionierer.
Über die Mitarbeiteranzahl wird beispielsweise die Frequenz der Telegramme beeinflusst und über die Aktivierung der Einsatzbereiche wird die Intensität des Zusammenspiels und der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Abläufen getestet.
- **Stapler**
Mit der Abbildung des Staplers werden verschiedene Transportabläufe überprüft, wie z. B. Einlagerungen, Nachschub, Auslagerung von Ganzpaletten usw.
- **Lager**
Das Lager enthält verschiedene Lagerbereiche für unterschiedliche Kommissionierarten sowie Zonen für die Nachschuborganisation. Die Modellierung des Lagers umfasst auch die Abbildung des Wareneingangs (Tore) und Warenausgangs einschließlich der Bereitstellungsflächen.
- **Warenwirtschaftssystem**
Das Warenwirtschaftssystem wird lediglich als Schnittstelle abgebildet und gibt die Systemlast vor, die im Daten- und Szenariengenerator beschrieben wird. Allerdings kann das Warenwirtschaftssystem beispielsweise durch die Vergabe von festen Einlastungszeitpunkten zu Spitzenlasten für die unterlagerten Systeme führen.
- **Lagerverwaltung**
Das Simulationsmodell enthält eine einfache parallele Lagerverwaltung. Sie dient in erster Linie zu Vergleichszwecken, um zu überprüfen, ob die zu testende Lagerverwaltungssoftware die Datenbankoperationen korrekt ausführt oder nicht. Aus der Abweichung der Datenbestände wird auf die Korrektheit der Steuerungen

geschlossen. Die Lagerverwaltung ist nicht unbedingt notwendig, um das Simulationsmodell korrekt ablaufen zu lassen.

- Störungen

Häufige Fehlerquellen ergeben sich durch das unglückliche Zusammentreffen von Störungen, wie z. B. Ausfall einer Betriebsdatenerfassungseinheit oder der Verlust eines Telegramms. Deshalb werden im Modell gezielt Störungen eingebracht, die möglichst vielfältige auch überlappende Störsituationen erzeugen.

- Fehler

Über Zufallsgeneratoren werden fehlerhafte Telegramme oder falsche Meldungen erzeugt. Dabei wird insbesondere die Robustheit des Lagerverwaltungssystems überprüft. Durch die Verwendung von Zufallsgeneratoren werden auch „undenkbare“ Fehlersituationen generiert, die in der Praxis oft zu einem erheblichen Suchaufwand bei der Lokalisation von Softwarefehlern führen.

Das Simulationsmodell kann auf verschiedene Art und Weise betrieben werden. Zu Beginn der Testphasen empfiehlt es sich, Einzeltests durchzuführen, die lediglich die korrekte Funktionsweise eines Geschäftsablaufes enthalten. In späteren Testphasen werden zusammenliegende Funktionsbereiche getestet bis hin zu einer längeren Testphase, in der das Lagersystem wie im Echtzeitbetrieb mit all seinen Unwägbarkeiten betrieben wird.

Der Ablauf, der mit Hilfe der Testumgebung überprüft wird und der zum Austausch von Telegrammen führt, wird am Beispiel eines Einlagerungsvorganges im Wareneingang (Abbildung 6) erläutert. Dabei werden folgende Informationen behandelt:

1. Meldung, dass Ladeeinheiten (die vom LKW abgeladen wurden und geprüft worden sind) zur Einlagerung bereitstehen
2. Aufbereitung interner Simulationsdaten wie z. B. Zustandsänderungen
3. Konkrete Auswahl einer Palette (von mehreren), die sich im Wareneingangsbereich befindet
4. Anstoß eines Dialogs (z. B. auf einem Terminal) zur Auswahl einer Ladeeinheit
5. Festlegung eines Lagerbereiches für die Einlagerung (LVS)
6. Festlegung eines Platzes nach der Fahrt zum Einlagerbereich (LVS)

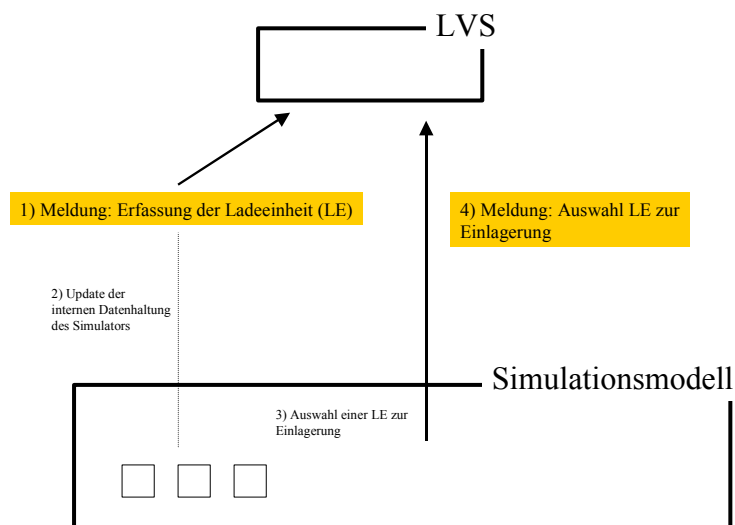


Abbildung 6: Beispiel für Kommunikation zwischen Lagerverwaltungssystemen (LVS) und simuliertem Lager

Der typische Aufbau der Telegramme wird in Abbildung 7 verdeutlicht.

Befehle des LVS			Quittierung der Lagerkomponenten	
Ort	Vorgang	Telegramm	Telegramm	Beschreibung
WE	Einlagerungsnr zuweisen	WAxxxxxxxxxx	EPxxxxxxxxxx	Objekt einlagerbereit
EP	Einlagern in Fach	Dggssxxxxy	Dggssxxxxy	Objekt eingelagert
Lager	Auslagern aus Fach	Pggssxxxxy	Pggssxxxxy	Objekt ausgelagert
AP	Auslagernr zuweisen	APxxxxxxxxxx	APxxxxxxxxxx	Objekt steht zum Abtransport
WE	Abtransport	XX		

Abbildung 7: TCP/IP-Telegramm-Kommunikation

Im folgenden sind einige Beispiele zusammengestellt, die mit Hilfe der Simulation geklärt werden können:

- Fragestellungen zur Überprüfung der korrekten Funktionsweise der Software:
 - Werden die Artikel als eingelagert gemeldet, die am Wareneingang übernommen wurden?
 - Werden Artikel am richtigen Lagerort gepickt?
 - Wird nur die disponible Menge gepickt?

- Werden alle vom WWS freigegebenen Aufträge verplant?
- Werden die Aufträge jeweils vollständig verplant (d. h., alle erfüllbaren Positionen)?
- Ist die Volumenberechnung (Ladehilfsmittel) korrekt?
- Ist die zeitliche richtige Abfolge der Auftragsabwicklung korrekt?
- Werden Ressourcen mehrfach verplant?
- Sonderfälle:
 - Keine Ware am Pickplatz vorhanden
 - Fehlbuchung durch Kommissionierer
- Fragen zur Leistungsfähigkeit der Softwaresystemlösung (Lasttests):
 - Anzahl der gleichzeitigen Anforderungen an das LVS, etwa durch Kommissionierer oder Gabelstapler
 - Erhöhung der Ressourcen (Mitarbeiter, Technik) auch auf unrealistisch hohe Werte, um Grenzfälle zu untersuchen, die ansonsten nur selten auftreten würden
 - Zielsetzung hierbei:
 - Untersuchung des Antwortzeitverhaltens
 - Aufdecken von „seltenen Konstellationen“

Mit Hilfe der Testumgebungen können auch Lasttests simuliert werden, um das zeitliche Antwortverhalten der zu testenden Software zu überprüfen. Dabei werden weniger Fehler gesucht als vielmehr ineffiziente Programmierungen sowie Leistungskennzahlen, die u. U. abnahmerelevant sind.

Fazit

Die Simulationstechnik ist eine universell anwendbare Methode und kann auch im Bereich der Qualitätssteigerung von Softwareprodukten angewendet werden. Die Nutzung der Simulationstechnologie leitet sich aus den schon oft beschriebenen Anwendungen aus der Planung von Logistiksystemen ab. Allerdings müssen auch erhebliche Erweiterungen in einer Simulationsumgebung vorgenommen werden:

- Es muss ein Daten- und Szenariengenerator geschaffen werden, der die verschiedenen Testfälle auf einfache Art und Weise erzeugt

- Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um die Fehlerfälle der zu testenden Software einfach zu erkennen und ursachengerecht zuzuordnen

Die Erfahrungen, die bisher mit den beschriebenen Anwendungsfällen bekannt sind, haben gezeigt, dass die wesentlichen Einsparpotentiale bei einer Verkürzung der Inbetriebnahmezeit liegen und bei einer deutlichen Kostensenkung dieser Projektphase, da auf die Softwareexperten noch bei der unmittelbaren Entwicklung der Software zurückgegriffen werden kann – was bei einer Inbetriebnahme oft nicht mehr gewährleistet werden kann. Die Aufdeckung eines Softwarefehlers durch die vorgestellte Vorgehensweise kostet etwa 300 – 400 Euro. Auf der Baustelle sind häufig mehrere Personen von einem Software- oder Rechnerausfall betroffen.

Wenn Projektverzögerungen noch mit Pönalen belegt sind, wird der Nutzen einer Vorgehensweise mit einer simulationsgestützten Testumgebung noch augenfälliger.

Die Argumentation von Generalunternehmern, dass in ihren Vorgehensmodellen Verzögerungen der Inbetriebnahmen durch andere gleichwertige Qualitätssicherungsmaßnahmen ausgeschlossen sind, lässt sich durch die erlebte Praxis leicht widerlegen. Die Simulationstechnik bietet die einzigartige Chance, die Qualität der Steuerungssoftware durch Testprotokolle zweifelsfrei zu dokumentieren und gehört somit in den Standardablauf von Projektrealisierungen zertifizierter Unternehmen. Deshalb muss die Dokumentation von Testläufen von simulationsgestützten Testumgebungen ein fester Bestandteil einer Systemabnahme sein. Kein Anwender kann sicher sein, dass auch nach der Abnahme gravierende Leistungsdefizite auftreten - insofern übernimmt die Simulation die Rolle einer Sicherungsmaßnahme zur Risikominimierung.

Literatur

/1/ Heidenblut, V.: Qualitätssicherung von Steuerungssoftware durch Simulation und Visualisierung. in: Kuhn, A; Wenzel, S. (Hrsg.): Simulationstechnik, 11. Symposium in Dortmund, vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, 1997

/2/ de Groot, G.: Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch Simulation. . in: Kuhn, A; Wenzel, S. (Hrsg.): Simulationstechnik, 11. Symposium in Dortmund, vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, 1997

/3/ Lindemann, F.: Simulationssoftware HESIM zum Testen von Lagerverwaltungsrechner-Systemen. . in: Kuhn, A; Wenzel, S. (Hrsg.): Simulationstechnik, 11. Symposium in Dortmund, vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, 1997

/4/ Noche, B.: Erzeugung und Test von SPS-Steuerungssoftware auf der Basis von Simulationsmodellen, SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Dortmund, 2002