



## SIMULATION IN DER LOGISTIK - NEUE ANWENDUNGSFELDER

Karl-Heinz Dullinger

LSCC, Hallerndorf, Deutschland

**ZUSAMMENFASSUNG.** Die Logistik spielt eine wichtige Rolle in allen Industrie-Bereichen und ist oft der Schlüssel zum Erfolg. Individuelle auf jeden einzelnen Kunden zugeschnittene Dienstleistungen erzielen Wettbewerbsvorteile. Bestandsarme Just in time-Konzepte sind ohne eine effiziente Logistik nicht darstellbar. Vor dem Hintergrund fortschreitender Globalisierung und der Entwicklung umfassender Supply Chains nimmt die Komplexität permanent zu. Um diese Komplexität zu beherrschen benötigen Planer, Systemdesigner und Anwender effiziente Tools. Die Simulation ist ein ideales Tool, das allen Projektbeteiligten hilft die Prozesse transparent darzustellen und deren Zusammenwirken besser zu verstehen. In diesem Beitrag werden neue Anwendungsfelder der Simulation vorgestellt. Da permanent neue Anwendungsfelder hinzukommen, erhöht sich der Nutzen der Simulation. Der Beitrag soll verdeutlichen, dass die Simulation ein unentbehrliches Tool für die Realisierung von Logistik-Projekten geworden ist und in Zukunft noch an Bedeutung gewinnt.

**Codewörter:** Simulation, Planungstool, Komplexität, Animation, Prozess-Steuerung, Software-Test.

## LOGISTIK IM WANDEL

Die Logistik ist heute für viele Branchen der Schlüssel zum Erfolg. Individuelle auf jeden einzelnen Kunden zugeschnittene Dienstleistungen erzielen Wettbewerbsvorteile. Bestandsarme Just in time-Konzepte sind ohne eine effiziente Logistik nicht darstellbar.

Vor dem Hintergrund fortschreitender Globalisierung und der Entwicklung umfassender Supply Chains bewegt die Logistik unaufhörlich wachsende Mengenströme, die es auf operativer Ebene effizient zu steuern gilt.

Gerade in einer Phase wie jetzt, mitten in einer Wirtschaftskrise bzw. Systemkrise ist die logistische Kompetenz gefragt. Die Logistik ist aber einem permanenten Wandel unterworfen und das Bild 1 dokumentiert dies deutlich. Die im Bild 1 dargestellten Anforderungen führen zu einer höheren Komplexität bei gleichzeitig höheren Anforderungen bezüglich Flexibilität. Da die Reduzierung der Bestände weiter voranschreitet bei immer höheren Qualitätsansprüchen und einer größeren Verkettung der Prozesse müssen die Systeme immer robuster werden.

Die derzeitige Wirtschaftskrise zeigt wie wichtig eine flexible Logistik ist, die eine schnelle Ausrichtung an geänderte Rahmenparameter ermöglicht. Ganz neue Aspekte, wie die Nachhaltigkeit, kommen zudem in den Fokus und müssen integriert werden.

Die Globalisierung ist einer der Gründe für die wachsende Bedeutung der Logistik. Globalisierung und Logistik bedingen einander und sind zwei Seiten der Medaille. Eine der Konsequenzen der Globalisierung ist die stark gestiegene Anzahl der Schnittstellen in der gesamten Prozesskette.

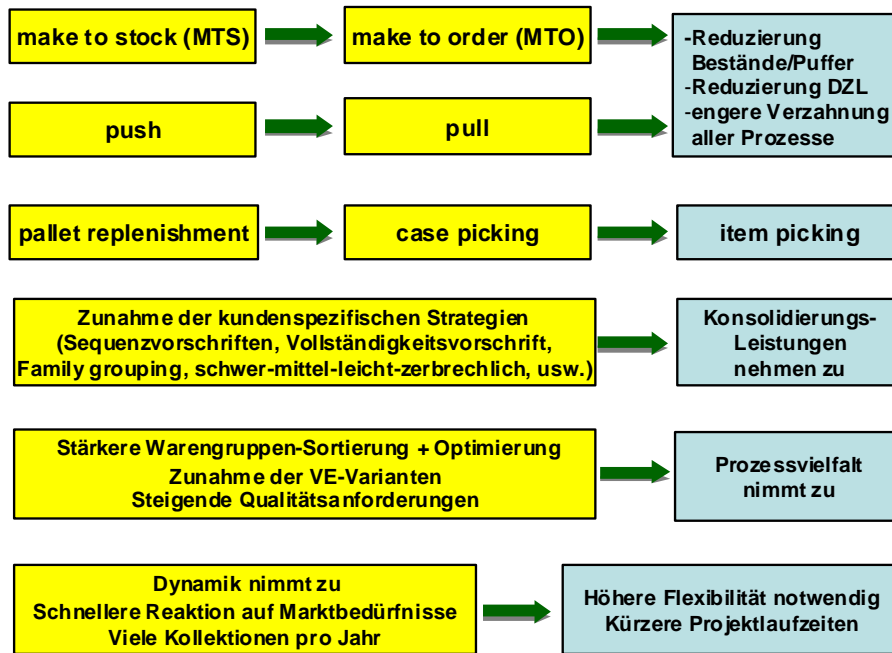


Bild 1. Neue Anforderungen an die Logistik-Systeme  
 Rys. 1. Nowe wymagania stawiane systemom logistycznym

Für den Planer, den Projekt-Realisierer und den Betreiber von Logistik-Systemen bedeuten diese neuen Anforderungen zusätzliche Risiken. Diese Risiken müssen durch Tools wie z.B. die Simulation beherrschbar gemacht werden.

## SIMULATION IN DER LOGISTIK

Bevor auf die Aufgaben der Simulation in der Logistik eingegangen wird, sollen an dieser Stelle noch ein paar grundsätzliche und wesentliche Dinge zur Simulation gesagt werden, die zum besseren Verständnis der nachfolgenden Beispiele beitragen. Das Bild 2 zeigt den Kreislauf, der bei jeder klassischen Simulation in der Planungsphase mehrmals durchlaufen werden muss.

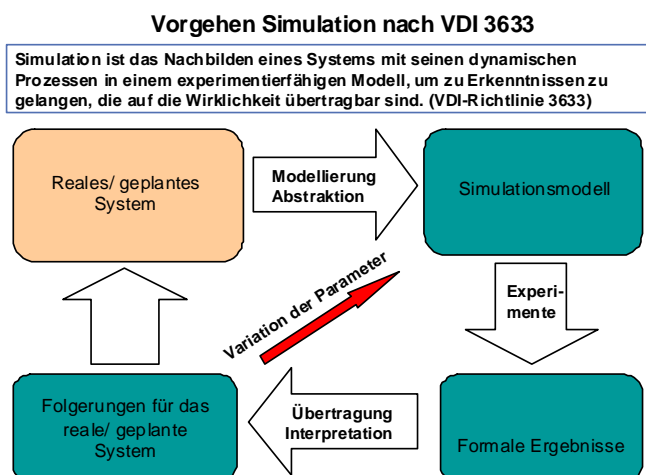


Bild 2. Ablauf einer Simulation  
 Rys. 2. Przebieg symulacji

Für jede Simulation gelten einige Grundregeln:

- Regel 1: Je komplexer die Aufgabenstellung, umso wichtiger ist das Planungs-Tool Simulation, und umso exakter muss die Modellierung des Modells, die Ermittlung der Eingangsdaten und die Definition der Strategien sein. Komplexität kann in der Logistik definiert werden als Zusammenwirken von vernetzten Teilelementen mit unterschiedlichsten Regelalgorithmen bzw. mathematisch nicht darstellbaren Abhängigkeiten. Problematisch dabei ist, dass einzelne Strategien, Anforderungen und Funktionalitäten zum Teil gegensätzlich wirken.
- Regel 2: Je flexibler das spätere System sein soll, umso öfter müssen Parameter in einer großen Bandbreite verändert werden und die Simulation öfter durchlaufen werden.
- Regel 3: Mittelwerte führen immer zu fehlerhaften Interpretationen.
- Regel 4: Eine Simulation muss zur richtigen Zeit durchgeführt werden, um den größten Nutzen zu erzielen.

Das Bild 3 zeigt dies ganz deutlich. In einer reinen Vorstudie, also in einer Phase, wo noch keine detaillierten Strategien definiert sind, sondern nur eine Projektidee verfeinert wird, ist der Nutzen sehr gering. Das Bild zeigt aber auch wie die Änderungskosten zunehmen, wenn die Simulation in einem Projekt zu spät durchgeführt wird. (Dekadenregel).

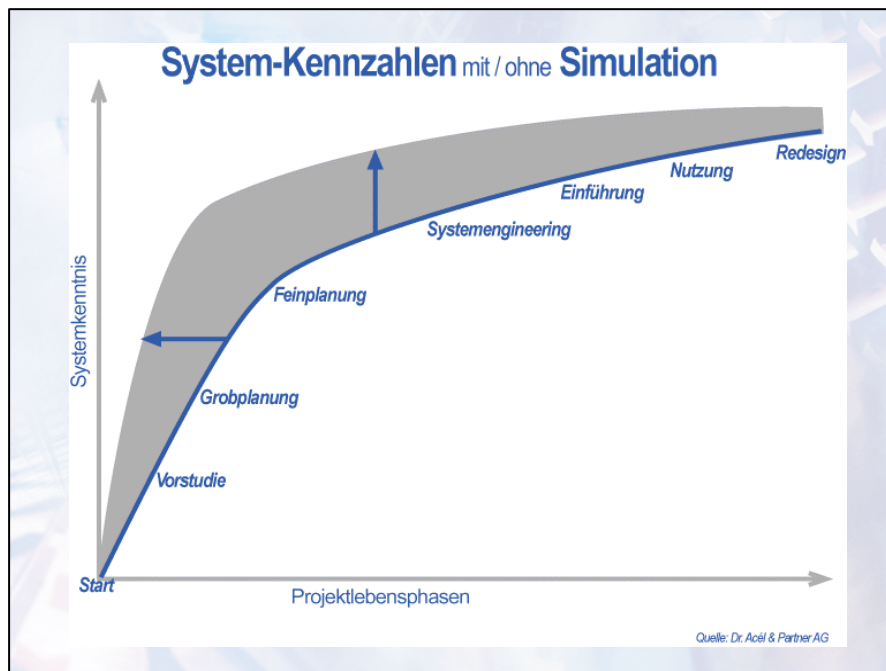


Bild 3. Wissensgewinn durch eine Simulation  
Rys. 3. Identyfikacja współczynników przy pomocy symulacji

Neben den technologischen und systemtechnischen Aspekten ist in der letzten Zeit ein Aspekt in den Vordergrund gerückt, der heute fast alles beherrscht. Es sind die Kosten. Die Simulation kann hier helfen, die Logistikkosten zu minimieren. Bild 4 zeigt einige Ansätze.



Bild 4. Ansätze zur Kostenoptimierung  
Rys. 4. Efekty symulacji w zakresie optymalizacji kosztów

## NEUE AUFGABENSTELLUNGEN ERFORDERN NEUE SIMULATIONS-LÖSUNGEN

In den letzten Jahren hat sich die Simulation von einem teuren Werkzeug, das in besonderen Ausnahmefällen eingesetzt wurde, zu einem fast alltäglich benutzten Tool entwickelt. Die Simulation ist ein nicht mehr wegzudenkendes Planungs-, Analyse- und Steuerungs-Tool geworden.

Dieses Tool hilft allen Prozessbeteiligten die richtigen Entscheidungen zu einem sehr frühen Zeitpunkt zu treffen.

Bis vor kurzem wurde die Simulation fast ausschließlich als Planungstool eingesetzt. Die wesentlichen Vorteile der Simulation in diesem Bereich waren:

- Sicherheit darüber, dass ein entworfenes System tatsächlich so funktioniert, wie es erwartet wird und rechtzeitiges Erkennen möglicher Fehler,
- Optimierung des Durchsatzes bezüglich der Dauersystemleistung,
- Festlegen von Strategien, Taktzeiten, Geschwindigkeiten usw.,
- Optimierung des Durchsatzes bezüglich des dynamischen Verhaltens im Peak-Bereich.
- Beurteilung von Einzelkomponenten und deren Auswirkung bei Ausfall. Die Redundanzanalyse gibt Aufschluss darüber, wo noch redundante Strecken oder Geräte zu integrieren sind.

## NEUE ANFORDERUNGEN

Die im Bild 1 dargestellten neuen Anforderungen sind nur mit Unterstützung der Simulation zu bewältigen. Diese neuen Anforderungen erweitern einerseits das Aufgabenfeld der Simulation und andererseits muss das Tool "Simulation" an die neuen Aufgabenstellungen angepasst werden. Einige der neuen Anforderungen sind:

- Simulation als Tool im Distributionsleitstand,

- Simulation als Tool zum Testen der Prozess-Software,
- Simulation als Steuerungstool an Flughäfen ( Steuerung Vorfeld und Rollwege, Optimierung der Robotergetriebenen Containerbeladung mit Fluggepäck),
- Simulation zum Testen der Abhängigkeiten in einer kompletten Supply Chain,
- Detailgetreue 3D-Animation, um die Prozessabläufe und das Zusammenspiel der Komponenten in einer Phase zu überprüfen, in der das System noch nicht physisch aufgebaut ist.

Neben diesen "neuen Funktionalitäten" muss die Simulation auch strukturell weiterentwickelt werden. Die Hauptziele sind dabei eine größere Bedienerfreundlichkeit, eine größere Mächtigkeit um komplexe Aufgabenstellungen bearbeiten zu können und, last but not least kürzere Simulationsdurchlaufzeiten, damit die zu prüfenden Prozesse nicht durch Zeiteffekte negativ beeinflusst werden.

## **SIMULATIONSBEISPIELE**

Im Folgenden werden drei Simulationsbeispiele gezeigt, das erste Beispiel ist eine klassische Simulation in der Planungsphase und bei den anderen Projektbeispielen handelt es sich um "neue Anwendungsbereiche" für die Simulation.

### **SIMULATION ALS PLANUNGSTOOL AM BEISPIEL EINES PRODUKTIONS-PUFFERS**

Die Firma Continental in Aachen installierte einen Produktionspuffer um die Reifenfertigung von der abschließenden Reifen-Qualitätskontrolle und dem Versand zu entkoppeln. Der Produktionspuffer musste eine Kapazität von 5.600 Reifen haben und den 11 Endkontroll-Plätzen (Tier Uniforming) mussten pro Tag 33.600 Reifen zugeführt werden. Bei der Konzeptfindung für die Auslegung des Puffers und der Materialflusstechnik ging Continental neue Wege. Als preiswerteste, kompakteste und flexibelste Lösung hat sich ein Stapellager erwiesen, das von mehreren großen Flächenportalen bedient wird. Die Bilder 5 und 6 zeigen das Konzept und den Puffer in Realität.

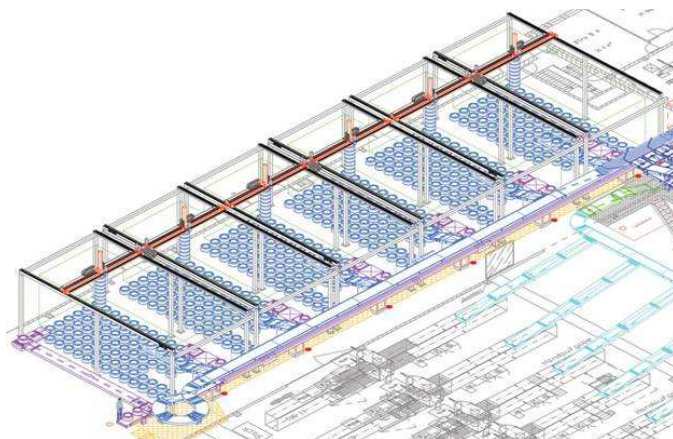


Bild 5. Lösungskonzept  
Rys. 5. Projekt koncepcji bufora



Quelle: Vanderlande

Bild 6. Puffer in Realität  
 Rys. 6. Bufor w rzeczywistości

Die Dimensionierung der 6 Portalroboter, der Stapelgeräte, die Staubahnlänge vor den TU-Maschinen war eine ideale Aufgabe für eine Simulation. Das Bild 7 zeigt eine der vielen Simulationsergebnisse.

Die 11 TU-Maschinen werden permanent mit Reifen versorgt und es kommt zu keinem Abriss. Auf Grund der Simulationsergebnisse konnten die Staubahnen vor den TU-Maschinen deutlich verkürzt werden. Aus der Simulation ging hervor, dass die vertraglich vorgegebene Systemleistung von 1.113 Reifen pro Stunde mit 6 Portalrobotern erzielt werden kann.

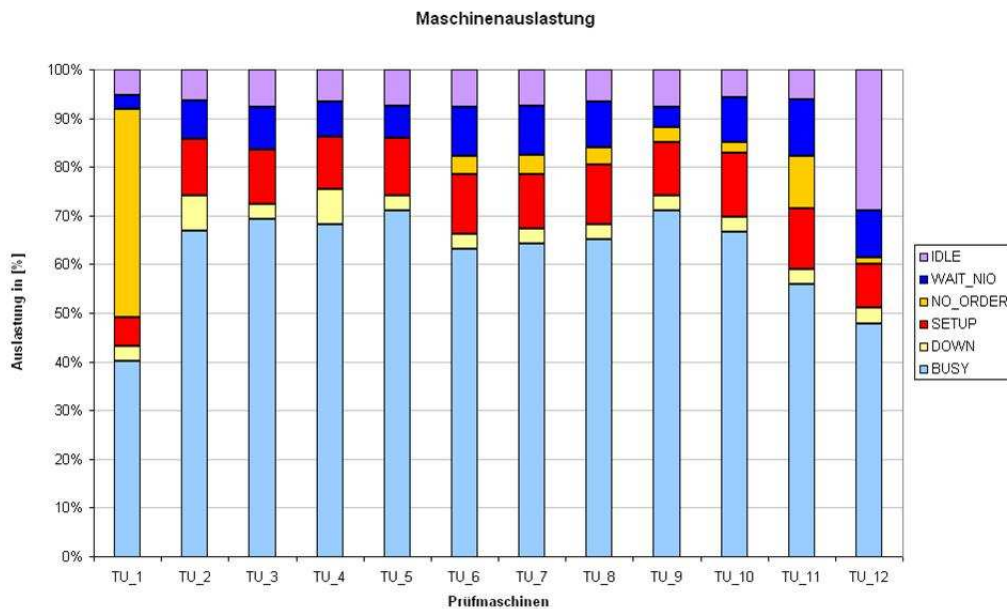


Bild 7. Auslastungs-Übersicht der TU-Maschinen  
 Rys. 7. Schemat obłożenia stanowisk kontroli jakości TU

## SIMULATION ALS TOOL FÜR DIE AUFTRAGSEINLASTUNG IM LEITSTAND

Eine neue Anforderung ist das Einstellen der richtigen Prozessparameter um mit einem Logistiksystem permanent die maximale Leistung zu erzielen. Mit den bisherigen Planungssystemen, die im Produktions-Leitstand zur Verfügung standen, war diese Prozess-Optimierung nicht möglich. Erschwerend für das Leitstandspersonal kommen noch folgende Faktoren hinzu:

- Zur Kostenoptimierung werden die Systeme bestandsarm und mit geringen Pufferkapazitäten in den Transportstrecken ausgelegt.
- Die Flexibilitätsanforderungen erfordern ein permanentes Nachjustieren im System, um immer am optimalen Betriebspunkt fahren zu können.

Kostenoptimierte Logistiksysteme sind wie Konfiguration A des Bildes 8 aufgebaut, d.h. die Intelligenz des Systems ersetzt die normalerweise notwendigen Pufferzonen und Förderstrukturen, wie sie in Konfiguration B und C gezeigt sind.

In dem Projekt WMF Geislingen ist die Aufgabenstellung noch komplexer, da mehrere Lager, mehrere Konsolidierungsspeicher und mehrere Packzonen zu integrieren waren. Die Firma WMF stellt Kochgeräte, Bestecke und Kaffeesysteme her und vertreibt auch Zubehörteile für Gastronomie und Haushalt. Entsprechend heterogen war das Produktspektrum. Bild 9 zeigt den Materialfluss.

Das System ist so komplex, dass die Einlastung jedes einzelnen Auftragsbehälters auf seine Auswirkung in dem gesamten Prozessablauf analysiert werden muss. Nur, wenn "passende" Aufträge zu keiner Überlastung an irgendeiner Stelle zu irgendeiner Zeit führen, wird die maximale Systemleistung erreicht.

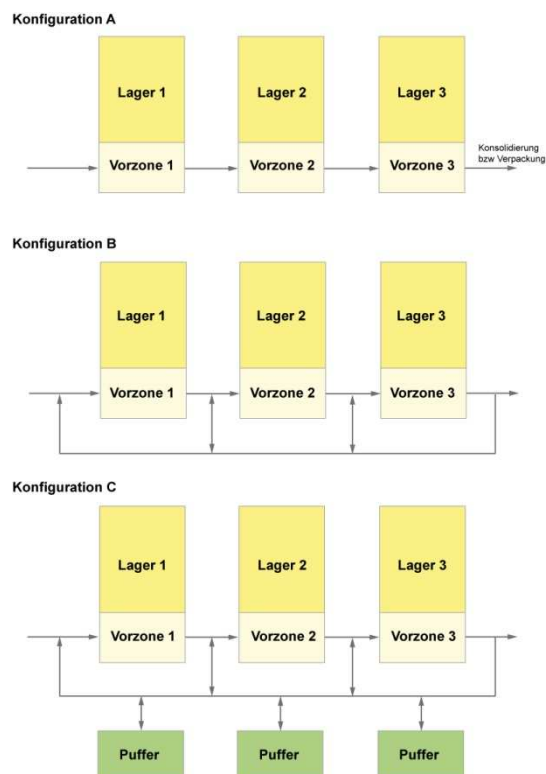


Bild 8. Materialfluss-Strukturen  
Rys. 8. Struktury przepływu materiałów

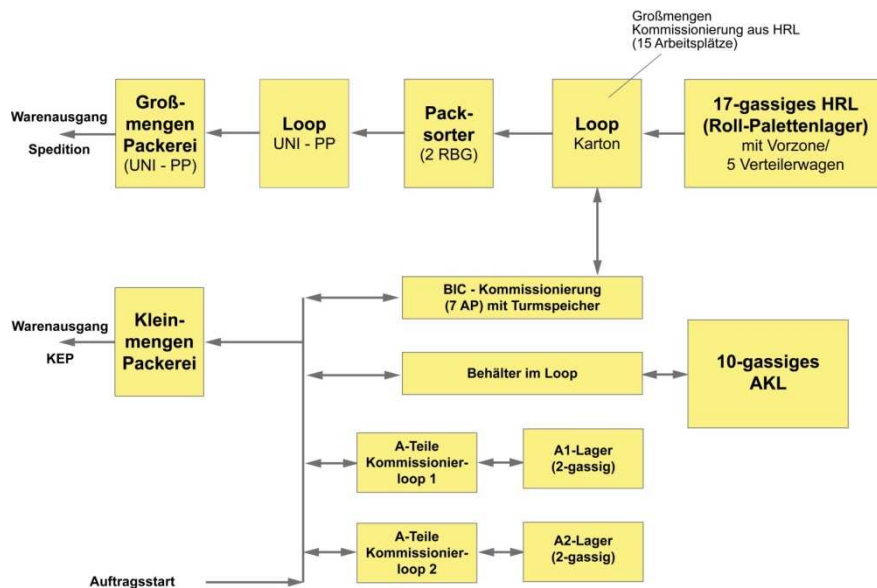


Bild 9. Materialfluss im Projekt WMF, Geislingen  
Rys. 9. Przepływ materiałów w ramach projektu WFM

Diese Aufgabenstellung ist ideal für eine Simulation, jedoch muss die Simulation alle Prozess-Strategien beinhalten und sehr schnell ablaufen. Denn die Simulation muss mit verschiedenen Parametern mehrmals durchlaufen werden und die Simulationsläufe dürfen den Einplanungsprozess von neuen Aufträgen nicht behindern.

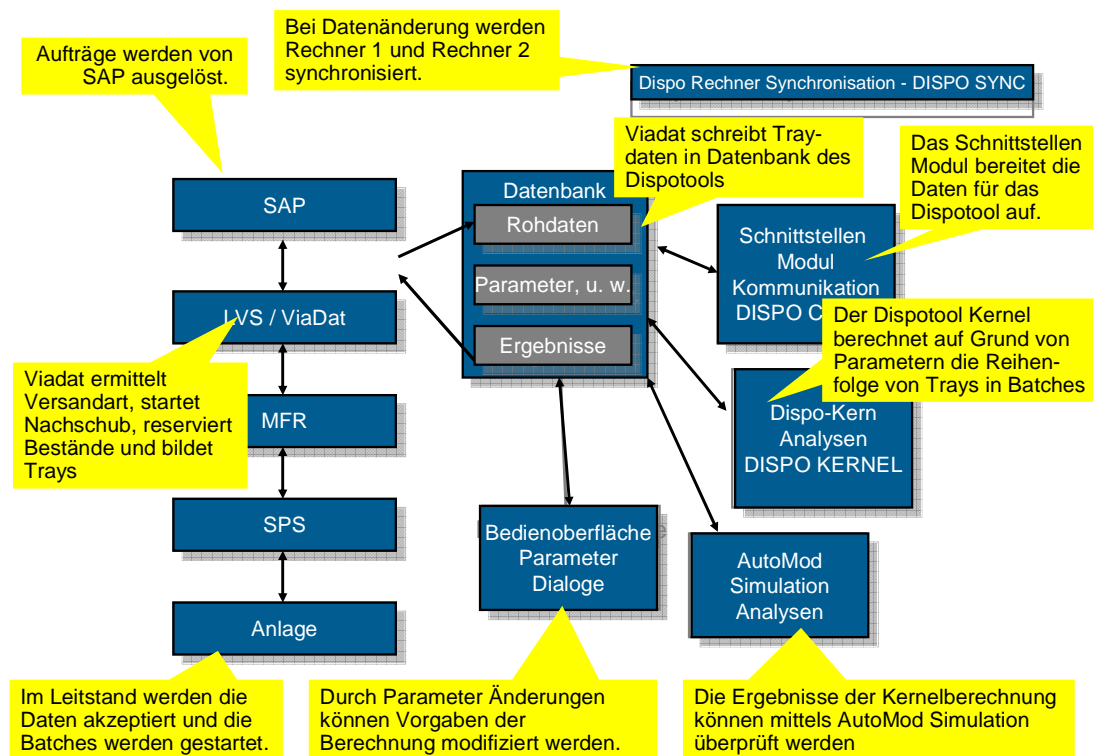
Die Funktionsweise des Dispo-Tools ist wie folgt:

- Die Auftragsbehälter werden auf Zeitscheiben verteilt (Batches),
- Der Arbeitsinhalt jeder "Zeitscheibe" ist ähnlich hinsichtlich:
  - der Pickverteilung in den Pickbereichen,
  - des Verhältnisses Paket- und Speditionspackplätzen,
  - der Anzahl Trays,
- Fertigstellungszeiten werden berücksichtigt,
- Der Zusammenhalt von Versandeinheiten oder Sendungen ist gewährleistet.

Das "Auftragsbehälter-Puzzle" kann nur ein simulationsgestütztes Dispo-Tool lösen. Bild 10 zeigt das Zusammenspiel von SAP-System-Dispo-Tool-LVS.

Dieses Tool wurde nach Abschluss der Inbetriebnahme installiert und hat zu einer Leistungssteigerung um ca. 20% beigetragen.





Quelle: SIMPLAN

Bild 10. Zusammenspiel der IT-Systeme  
 Rys. 10. Współdziałanie systemów IT

## SIMULATION/EMULATION ALS TOOL ZUM TESTEN VON SOFTWARE FÜR AUTOMATISIERUNGSSYSTEME

Eine weitere neue Anforderung sind die immer kürzeren Realisierungszeiten von Projekten. Die Entscheidung für eine Realisierung fällt sehr spät, um das Invest-Risiko zu minimieren. Wenn man aber eine Entscheidung getroffen hat, möchte man einen schnellen "Return on Invest", und die Anlage sollte schon "morgen" 100% Leistung bringen. Jeder weiß, dass keine Software von Anfang an fehlerfrei arbeitet, und erst Recht nicht die komplexen Logistiksysteme von heute.

Diese neue Anforderung führt dazu, dass der Softwaretest unter quasi "Realbedingungen" vorverlegt wird. Das Bild 11 zeigt die heutigen Test-Szenarien bevor die Systeme operativ in Betrieb gehen. Diese Aufgabenstellung ist ebenfalls ideal für eine Simulation, jedoch in abgewandelter Form als Emulation.

Der Begriff Emulation lässt sich wie folgt definieren:

- Als Emulation (von lat. aemulari nachahmen) wird in der Computertechnik das funktionelle Nachbilden eines Systems durch ein anderes bezeichnet. Das nachbildende System erhält die gleichen Daten, führt die gleichen Programme aus und erzielt die gleichen Ergebnisse wie das originale System. Ein Emulator ist ein System, das ein anderes nachahmt. Zu unterscheiden sind Hardware- und Software-Emulatoren. (Wikipedia, Stand 20.02.2007),
- Emulation: "Ein Spezialfall der Simulation, bei der das Verhalten einer Maschine durch eine andere Maschine komplett nachgebildet wird." (Prof. Dr. Walther Umstätter, Digitales Handbuch der Bibliothekwissenschaft-Definitionen),

Bei der Klassifizierung von Emulationen orientiert man sich an den Kriterien "Realitätstreue" und "Aufwand". Für die Anwender ist ebenfalls wichtig zu wissen, dass die Emulation nicht alle Test-Szenarien abdeckt. Nicht abgedeckt werden z.B. Netzwerkthematiken, Benutzerverhalten, Spezialfälle, usw. Das Bild 12 gibt eine Übersicht über die Einsatzgebiete.

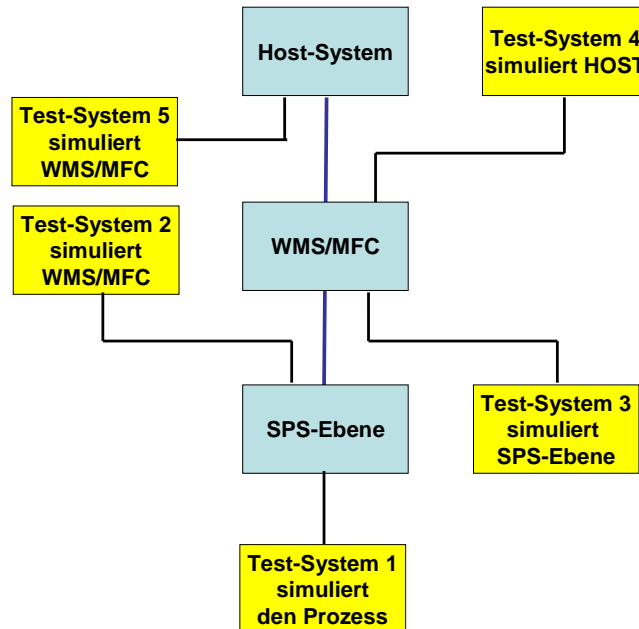


Bild 11. Test-Szenarien für die Software von Automatisierungssystemen  
Rys. 11. Scenariusze testowania oprogramowania systemów automatyzacji

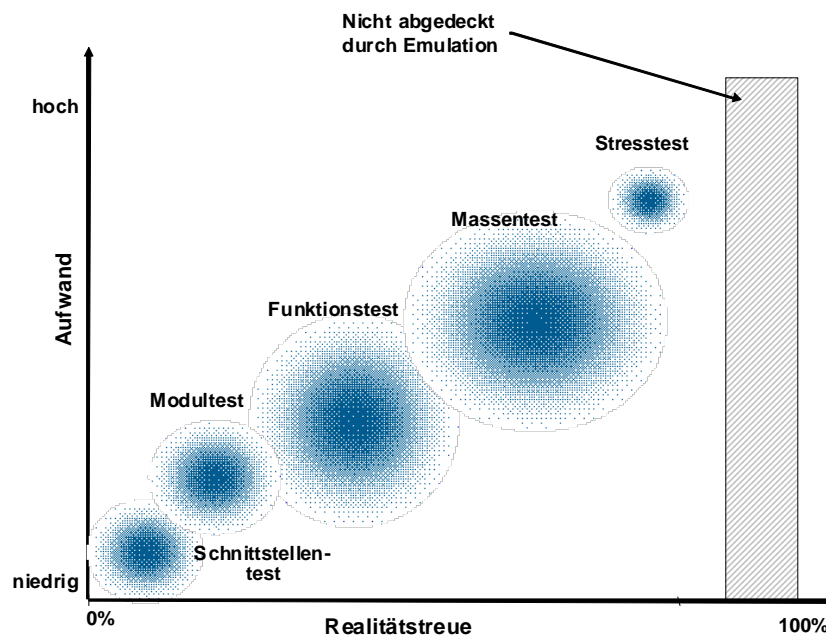
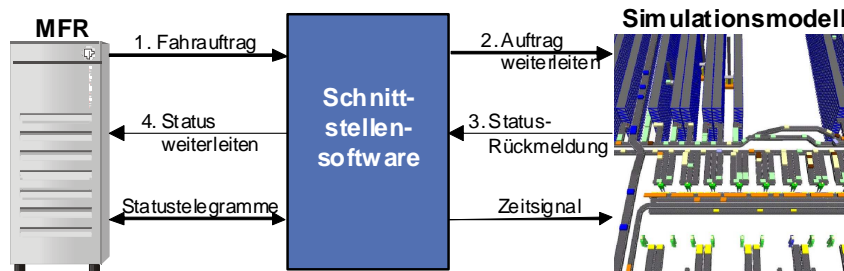


Bild 12. Übersicht über die Einsatzgebiete einer Emulation  
Rys. 12. Obszary zastosowania emulacji

Das Diagramm zeigt sehr deutlich das der Aufwand einer Emulation zunimmt, je genauer der Test der Realität entspricht. Der Nutzen einer Emulation rechtfertigt den Aufwand auf jeden Fall.

Das Bild 13 zeigt zwei Anwendungen. Bei dem ersten Beispiel handelt es sich um den Test der Software eines Materialflussrechners. Neben dem reinen Schnittstellentest können auch die Softwaremodule für die Ansteuerung der Regalbediengeräte und die Wirksamkeit der Ein- und Auslagerstrategien getestet werden. Bei dem zweiten Beispiel handelt es sich um den Test einer SAP-LES-Software.

### Beispiel 1: Test MFR-Software



### Beispiel 2: Test HOST-Software (SAP-LES)

- Kommunikation per TCP/IP über iDocs
- Aus Sicht des steuernden Systems (LES) verhält sich die emulierte Anlage wie die reale Anlage

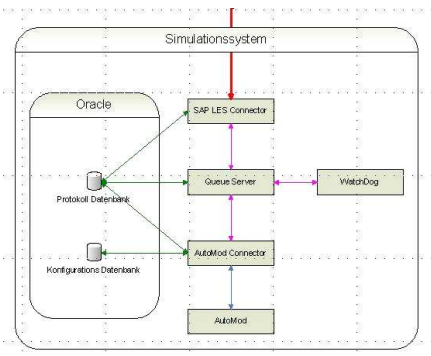


Bild 13. Emulationsbeispiele  
 Rys. 13. Przykłady emulacji

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die Simulation ist ein wesentliches Tool geworden, nicht nur für den Planungsprozess von logistischen Systemen, sondern verstärkt auch für die Optimierung von Produktionsprozessen und logistischen Prozessen. Die Simulation wird ein fester Bestandteil von Leitständen sein und trägt dazu bei, dass die steigende Komplexität in der Logistik beherrschbar wird. Die Simulation als Tool wird immer mächtiger und leistungsfähiger und einfacher zu bedienen und ist damit sehr kostengünstig durchführbar. Dadurch wird die Simulation in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen und weitere neue Anwendungsfelder erschließen, bei denen die Simulationsdauer eine große Rolle spielt.

## SIMULATION IN LOGISTICS BUSINESS - NEW AREAS FOR APPLICATION

**SUMMARY.** Logistics plays an essential role within all segments of industrial business and is the key for success. Logistics services provide a lot of benefits. Permanent reduction on stock, just in time-solutions, short reaction on market needs and value added services are only some of a large scale of aspects. The globalization, the ongoing integration of supply chains and the permanent need for more efficiency forces the logistics business to optimize permanently their processes. To handle

this complexity, consultants, system designers and operators need an efficient tool. Simulation is an ideal tool to support everyone, to design systems, to understand the way of working together.

**Keywords:** simulation, planning tool, complexity, animation, process control, software test.

## SYMULACJA W LOGISTYCE - NOWE OBSZARY ZASTOSOWANIA

**STRESZCZENIE.** Logistyka odgrywa ważną rolę we wszystkich gałęziach przemysłu i w wielu przypadkach jest kluczem do sukcesu przedsiębiorstw. Dzięki indywidualnym rozwiązaniom przedsiębiorstwa uzyskują przewagę konkurencyjną. Dziś trudno dziś sobie wyobrazić funkcjonowanie dostaw w systemie "Just in Time" bez sprawnej logistyki. W kontekście globalizacji i rozwoju łańcuchów dostaw zwiększa się złożoność procesów. Dla osiągnięcia sprawnego zarządzania planiści, projektanci i partnerzy w łańcuchach dostaw muszą dysponować skutecznymi narzędziami. Symulacja jest idealnym narzędziem dla uczestników projektów logistycznych, służącym pełnemu przedstawieniu procesów i lepszemu zrozumieniu ich współdziałania. W artykule zaprezentowano nowe obszary zastosowania symulacji. Jego celem jest przedstawienie symulacji, jako nieodzownego narzędzia służącego do realizacji projektów logistycznych oraz jej rosnącego znaczenia w przyszłości.

**Słowa kluczowe:** symulacja, narzędzie planowania, kompleksowość, animacja, sterowanie procesami, test oprogramowania.

---

Karl-Heinz Dullinger  
LSCC  
Kellerstrasse 1a  
91352 Hallerndorf  
Deutschland  
Tel.: +49 (9545) 5536  
Fax: +49 (9545) 4185  
e-mail: [dullinger@LSCC.de](mailto:dullinger@LSCC.de)  
<http://www.LSCC.de>