

VirtualPort – Simulation von logistischen Prozessen in Containerterminals

Jürgen Sauer, Axel Hahn

Universität Oldenburg
Fakultät II, Department für Informatik
Business Engineering
Uhlhornsweg 84
26129 Oldenburg
juergen.sauer@uni-oldenburg.de

Abstract: Verknüpfte logistische Prozesse, wie sie unter anderem in maritimen Supply Chains vorkommen, sind im Allgemeinen in ihrer Gesamtkomplexität schwer zu erfassen. Insbesondere sind die Auswirkungen von frühen Entwurfs- oder Planungsentscheidungen schwer zu erkennen. Aus diesem Grund wird ein Simulationssystem entwickelt, das es erlaubt, Planungsentscheidungen bei der Planung und dem Betrieb eines Containerterminals simulieren und die Auswirkungen direkt in einer 3D-Animation verfolgen zu können. Ziel ist es Softwarelösungen bereits im Planungsstadium zu testen und Eigenschaften des Gesamtsystems zu erkennen und zu optimieren.

1 Einleitung

Logistische Fragestellungen in Verbindung mit maritimen Aktivitäten gewinnen immer mehr an Bedeutung nicht nur für die Länder mit großen Küstenbereichen. Zum einen wird die See als große Güterverkehrsstraße genutzt, zum anderen sind die küstennahen Bereiche vor allem für die Suche nach und die Gewinnung neuer Energiequellen (z.B. Suche nach Öl mit Bohrplattformen oder Offshore-Windparks) von großer Bedeutung. Alle diese Aktivitäten sind entweder Teile einer Supply Chain, wie z.B. beim Containertransport per Schiff oder sie implizieren eine eigene Supply Chain, wie z.B. bei der Wartung von Offshore-Windparks. Daher ist es wichtig, diese Supply Chains "optimal" auszulegen und zu betreiben, was entsprechende Anforderungen an die Planung stellt. Die Planungsaktivitäten sind somit ein wichtiger Teil des Managements der Supply Chains, u.a. mit Planung, Errichtung und Betrieb eines Windparks oder Planung und Betrieb eines Containerterminals, um Schiffe möglichst schnell beladen und entladen zu können und die Waren dann auch effizient weiter zu transportieren.

Viele der beteiligten logistischen Prozesse in der Supply Chain sind für sich genommen schon sehr komplex, durch die Verknüpfung der Prozesse wird die Komplexität meist deutlich erhöht. Um die Zusammenhänge zu verstehen und untersuchen zu können ist es daher wichtig, nicht nur die einzelnen Problemstellungen wie z.B. die Optimierung eines Vorganges und die dazu nutzbaren Techniken und Verfahren zu betrachten, sondern auch die Effekte der Wechselwirkungen zwischen den Teilsystemen. So kann die Funktionalität und Leistungsfähigkeit von Softwaresystemen für die Terminalsteuerung schon im Vorfeld ihres Einsatzes bewertet und optimiert werden. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Ausbildung z.B. im universitären Umfeld, da es wichtig für das Gesamtverständnis ist, u.a. auch die Auswirkungen von frühen Planungsentscheidungen, z.B. im Layout von Terminals, nachvollziehen zu können.

Dies ist der Ansatzpunkt des Projektes VirtualPort. Hier wird ein Planungs- und Simulationssystem entwickelt, das eine realistische Simulation von Prozessen in maritimen Supply Chains erlaubt. Ausgangspunkt ist dabei der Betrieb eines Containerterminals, an dem sich viele Problemstellungen sehr plastisch zeigen lassen. Mit dem System soll es dann möglich sein

- die Prozesse und ihre Umgebung nachzuvollziehen. Durch eine möglichst vollständige Modellierung der Terminalumgebung können alle Prozesse realistisch nachgebildet werden und durch die Verknüpfung mit der 3D-Darstellung auch visuell erfasst werden.
- unterschiedliche Planungssysteme anbinden oder simulieren zu können. Es existieren unterschiedliche Planungsverfahren für die Planungsprobleme im Hafen (siehe auch Abschnitt 2). Diese sollten in einer möglichst realistischen Umgebung im Einsatz vorgeführt bzw. getestet werden können.
- die Transportsysteme und deren Möglichkeiten zu evaluieren. Die unterschiedlichen am Terminal eingesetzten Fahrzeuge sollen dargestellt und dann auch z.B. alternativ eingesetzt werden.
- die Effekte von Layoutentscheidungen zu untersuchen. Gerade für die Planung des Layouts eines Terminals kann eine Simulation der Auswirkungen von Platzierungsentscheidungen sehr hilfreich sein. Auch die Effekte z.B. auf die Effektivität können evaluiert werden.
- die Effekte von Planungen durchspielen zu können. Werden unterschiedliche Planungsverfahren evaluiert, so können deren Ergebnisse visuell dargestellt werden.
- die Abläufe in einer 3D-Darstellung zu animieren. Die dreidimensionale Darstellung der Abläufe trägt viel zu einem tieferen Verständnis der Abläufe bei.

Dieses Projekt wird in diesem Papier skizziert. Dabei werden die grundlegenden Bausteine, die behandelten Problemstellungen und die Anwendungsmöglichkeiten kurz vorgestellt.

2 Simulationsumgebungen für Softwaresysteme

Aktuelle Planungs- und Simulationsansätze dienen insbesondere der optimalen Auslegung und Leistungsbewertung von Layouts und der Auswahl von Planungs- und Steuerungsstrategien. Die meisten Werkzeuge wie auch Plant Manager (www.emplant.de) erlauben eine ereignisgesteuerte Simulation von Abläufen in Logistik- und Produktionssystemen zur Bewertung der Leistungsfähigkeit (z.B. Kapazität [LS07]) des Layouts. Die Optimierung und Auswahl von Planungs- und Steuerungsverfahren ist nur in Ansätzen vorhaben.

Um nach VDI 3633 eine Simulation als Verfahren zur Nachbildung des vollständigen Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell zu erreichen, ist das verwendete Softwaresystem als wichtige Systemkomponente mit zu betrachten. Das erlaubt eine Bewertung und Optimierung des Gesamtsystems und Validierung der Funktionalität und Leistungsfähigkeit der Planungs- und Steuerungssoftware vor ihrem Einsatz. Desweiteren kann die Bedienung des Systems geschult und trainiert werden.

In der Regelungs- und Automatisierungstechnik haben sich schon länger Verfahren für die rechnerbasierte Simulation des Gesamtsystems etabliert. Per Rechner wird das Verhalten des zu regelnden Systems nachgebildet um Regelungstechnik vor ihrem Einsatz zu testen (Hardware in the Loop [Tös04]).

Mit Virtual Port wird dieser Ansatz auf die Logistiksysteme übertragen. Durch die Kopplung der Softwaresysteme mit einer Simulation der physikalischen Welt wird eine realitätsnahe Evaluierungsumgebung geschaffen. Eine Evaluierung des Ansatzes erfolgt am Beispiel von Containerterminals mit ihren komplexen Planungsanforderungen.

3 Planungsprobleme in Containerterminals

Containerterminals sind einer der wichtigsten Komponenten in maritimen Logistikketten, da hier ein möglichst schneller Umschlag der Waren zwischen unterschiedlichen Transportmitteln (Bahn, Lkw, Schiff) oder aber eine Lagerung oder Weiterverarbeitung gewährleistet werden müssen. Wichtige Schritte in einem solchen Logistikprozess sind dabei [JK03]

1. Schiffe kommen zum Containerterminal
damit sind folgende Fragestellungen verbunden:
 - a. Von wann bis wann soll ein Schiff am Terminal liegen?
 - b. Welchen Liegeplatz soll es dann belegen?
2. Kräne müssen am Schiff platziert werden
Fragestellungen sind hier:
 - a. Wie viele Kräne sind nötig?

- b. Welche Kräne sollen an welche Position gebracht werden, um den Ladeprozess so effizient wie möglich durchführen zu können?
- 3. Schiffe müssen Be- und Entladen werden
 - a. In welcher Reihenfolge wird Be- bzw. Entladen?
 - b. Sind Zwischenoperationen (z.B. Freiräumen von Containern) nötig?
- 4. Container müssen vom Schiff (Kran) zu bestimmten Lagerplätzen transportiert werden
 - a. Welches ist der „richtige“ Lagerplatz? Container haben unterschiedliche Anforderungen, z.B. Stromanschluss, Gefahrgut, direkter Weitertransport, bestimmter Spediteur etc., die dabei berücksichtigt werden müssen.
 - b. Welches Transportmittel wird verwendet?
 - c. Welche Strecke fährt das Transportmittel?
- 5. Container werden per Bahn oder Lkw an- oder abtransportiert
 - a. Muss zwischengelagert werden und wenn ja, wo?
 - b. Ist Transportkapazität verfügbar?
 - c. Sind Container angeliefert bzw. wann werden sie bereitgestellt?
 - d. In welcher Reihenfolge wird Be- bzw. Entladen?

Für viele dieser Fragestellungen existieren eigene Planungsansätze, die zum Teil optimale Lösungen für die Teilprobleme präsentieren, so u.a. für Liegeplatzplanung (berth allocation), Planung der Kräne (crane scheduling), Lagerplatzplanung (storage location) und Transportplanung vom Schiff zum Lagerplatz [Hen06, SV08]. Es gibt auch erste Überlegungen zur Betrachtung der Koordinationsproblematik bei diesen interdependenten Planungsproblemen [MF06, MS07]. Ebenfalls gibt es einige kommerzielle Terminal Simulationssysteme (z.B. SCUSY von www.isl.org) oder Forschungsansätze auf Basis von Multi-Agentensystemen zur Simulation von Abläufen im Terminal [Hen06]. Die Gesamtheit der Fragestellungen wird dabei in der Regel nicht abgedeckt oder es fehlt an einer angemessenen Visualisierung. Auch Auswirkungen früher Planungsentscheidungen sind i.a. nicht darstellbar. Virtual Port soll einige dieser Möglichkeiten enthalten.

4 VirtualPort

Im Projekt Virtual Port werden einige der Ergebnisse der bisherigen Ansätze kombiniert, um vor allem eine realitätsnahe Ausbildung zu unterstützen. Virtual Port ermöglicht die:

- Kombination von Planung, Simulation und Visualisierung und damit plastische Darstellung der Ergebnisse von Planungsverfahren. Durch die Simulation und anschließende Visualisierung der ermittelten Pläne wird eine anschauliche Evaluation der Planung erreicht.
- Evaluation unterschiedlicher Planungsverfahren. In der Planungskomponente können unterschiedliche Verfahren zum Einsatz kommen, u.a. auch real eingesetzte.
- Simulation unterschiedlicher Transportmittel. In der Simulation können unterschiedliche Transportmittel zum Einsatz kommen, sodass hier der damit erzielbare Nutzen untersucht werden kann.
- Darstellung der Auswirkungen früher Planungsentscheidungen. Durch Modifikation des Modells können andere Terminallayouts modelliert werden und dadurch erzielte Effekte anschaulich präsentiert werden.
- Anschauliche Darstellung der Planungsumgebung und der ablaufenden Prozesse durch 3D-Visualisierung.

Um dies zu erreichen ist das VirtualPort System aus drei Hauptkomponenten aufgebaut, die jeweils auch real existierende Komponenten repräsentieren sollen. Abbildung 1 zeigt einen Überblick über die Architektur des Systems.

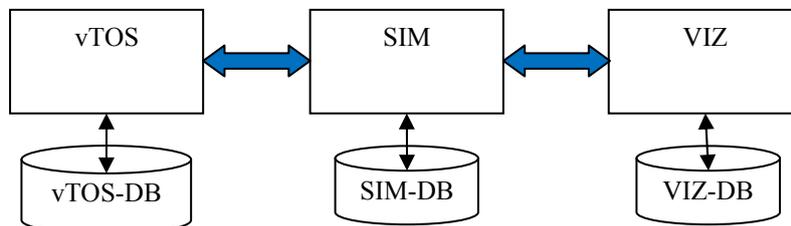


Abb. 1: Architektur des VirtualPort Systems

Die Hauptkomponenten sind dabei ein virtuelles Terminal Operation System (vTOS), ein 2D-Simulationssystem (SIM) und eine 3D-Visualisierungskomponente (VIZ). Diese werden im Folgenden kurz skizziert.

- **vTOS: virtual terminal operation system**

Die vTOS Komponente bietet alle Funktionen zur Steuerung des Gesamtsystems. Dazu gehört zum einen die Erzeugung der Simulationsobjekte in der Terminalumgebung. Es können vor allem Schiffe, Container und Aufträge erzeugt werden. Auch unterschiedliche Terminals sind denkbar. Zum anderen sind hier alle Planungsaktivitäten kontrollierbar. Diese reichen von manuellen Tätigkeiten wie die Vorgabe neuer Aufträge bis hin zur Nutzung von Planungsverfahren für die unterschiedlichen Planungsproblemstellungen im Ablauf der Terminalnutzung. So können z.B.

Verfahren zur Liegeplatzplanung und zur Kranplanung gewählt werden, deren Ergebnisse dann in die Simulation einfließen. Auch die Parameter der anderen Komponenten, wie z.B. zur Visualisierung, sind hier einstellbar.

Eine Idee zur Weiterentwicklung ist, hier auch ein reales Terminal Operations System einsetzen zu können um dessen Planungsergebnisse zu visualisieren. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt aus der Benutzungsoberfläche.

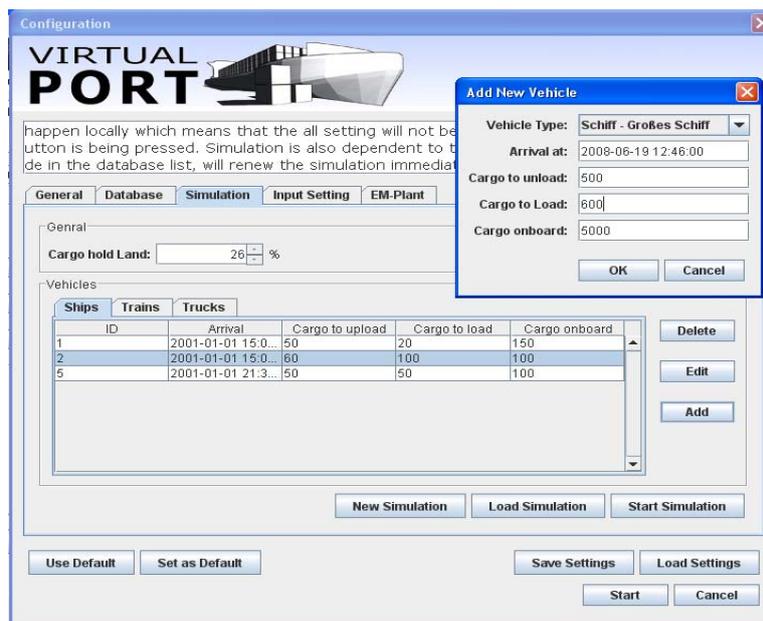


Abbildung 2: vTOS-Benutzungsoberfläche

- **SIM:** die Simulationskomponente
 die Simulationskomponente wird verwendet, um die realen Vorgänge und damit auch die real verwendeten Fahrzeuge auf dem Containerterminal zu simulieren. Damit können dann die Effekte von Planungsvorgaben simuliert und dadurch dann auch evaluiert werden. Somit könnte in diese Stelle auch ein operatives System oder ein reales Fahrzeug treten, das dann die entsprechende Planung umsetzen muss. Ebenso können hier unterschiedliche Strategien des Transports (z.B. mit oder ohne Vorgabe einer Route) und der Wegfindung (z.B. Vorberechnung aller Wege oder ad hoc Suche) untersucht werden. Aktuell ist die SIM-Komponente mit dem Tecnomatix em-Plant Tool realisiert, Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt des Modells mit den Liegeplätzen (links), den Containerstellplätzen und den Fahrwegen dazwischen. Über das Werkzeug können nun alle für ein Fahrzeug relevanten Parameter wie z.B. Fahrgeschwindigkeit eingestellt werden und dann zur Simulation genutzt werden.

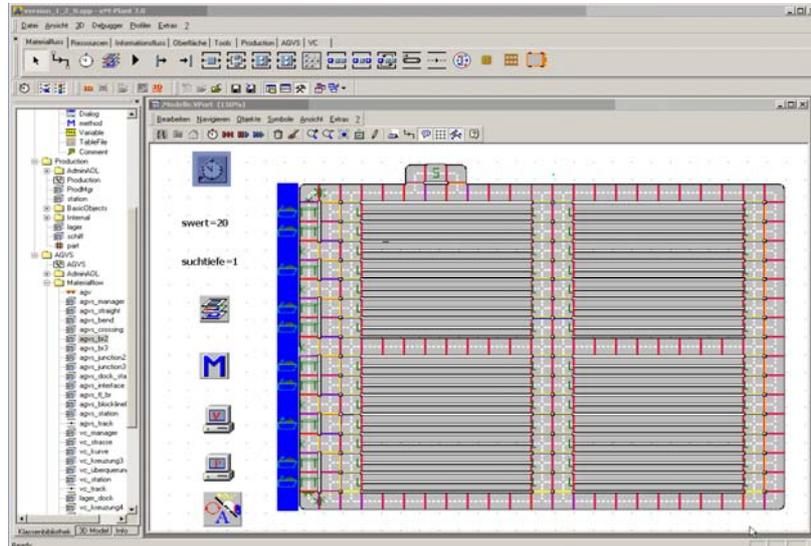


Abbildung 3: SIM – die Simulationskomponente

- VIZ: die Visualisierungskomponente
 die Visualisierungskomponente präsentiert die Simulation in einem dreidimensionalen Format, um so eine anschauliche und schnell erfassbare Darstellung der Planungs- und Simulationsergebnisse zu erhalten. Fehler und Effekte können schnell erkannt und untersucht werden. Die Visualisierungskomponente nutzt die vom Simulationssystem gefüllte Datenbank und stellt die Änderungen dann dreidimensional dar. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus der zugehörigen 3D-Umgebung.

Ein wesentlicher Vorteil des Systems ist die real-time Verbindung der Komponenten, sodass die Resultate der Planung oder Simulation auch direkt als 3D-Animation zu sehen sind, was die Erfassbarkeit und Verständlichkeit deutlich erhöht. Alle Komponenten basieren auf einer eigenen Datenbasis, in der die Fülle der Modelldaten abgelegt werden, womit aber auch die Ersetzbarkeit durch andere (externe) Komponenten gewährleistet bleibt. SIM- und VIZ-Komponente basieren auf dem gleichen Modell, sodass Änderungen am Simulationsmodell automatisch auch im 3D-Modell vorgenommen werden. Die Simulationskomponente ist aktuell mit em-Plant Tool realisiert (jetzt als Tool von Siemens unter dem Namen Tecnomatix 8 zu erhalten: www.plm.automation.siemens.com/de_de/products/tecnomatix/index.shtml). Die Visualisierungskomponente nutzt Open Source Tools. Zur Modellierung wird Blender (www.blender.org) verwendet und die Visualisierung ist mit der in Java geschriebenen "Xith3D"-Engine (<http://www.xith.org>) umgesetzt.



Abbildung 4: VIZ – Darstellung in der Visualisierungskomponente

5 Zusammenfassung und weitere Arbeiten

Mit dem vorgestellten Konzept können wir Eigenschaften des kompletten Umschlagsystems erproben. Durch die Koppelung des Terminal Operating Systems mit einer physikalischen Nachbildung des Terminals kann die Funktionalität und Leistungsfähigkeit der Software getestet werden. Zudem eignet sich das System für die Ausbildung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Ein Gefühl für die Struktur des Terminals und Auswirkungen der Bedienung des TOS vermittelt realitätsnah eine 3D-Visualisierung in Echtzeit.

In der vorliegenden ersten Version ist das Gesamtsystem noch statisch, sodass eine Erweiterung in Richtung Flexibilität nötig ist. Das bedeutet unter anderem:

- Einbindung unterschiedlicher Planungsalgorithmen, um diese miteinander vergleichen zu können. Damit könnten unterschiedliche Ansätze z.B. für die Transportplanung im Hafen evaluiert werden.
- Entwicklung einer Standardschnittstelle für reale Terminal-Operations Software. So wird es möglich bereits im Vorfeld eine Entscheidung für eine Software zu unterstützen, indem die Ergebnisse der Software simuliert werden können.
- Modellierungshilfen oder Einbindung mehrerer Modellvarianten eines Terminals um Layoutentscheidungen untersuchen zu können.

- Unterstützung der Modellierung durch zusätzliche Objekte oder Komponentenbaukästen, die eine schnelle Modellierung “neuer” Umgebungen erlauben.

Literaturverzeichnis

- [Hen06] Henesey, L. E.: *Multi-Agent Systems for Container Terminal Management*, Blekinge Institute of Technology Doctoral Dissertation Series Blekinge, Sweden, 2006.
- [LS07] Lindemann, M; Schmidt, S.: *Simulationwerkzeuge in Produktion und Logistik*, PPS Management 12/2007, GITO Verlag, 2007.
- [MF06] Meier, L. und Fischer, H.: *Koordination integrierter Logistikprozesse im Hafen*, In: V. Nissen und M. Petsch (ed.): *Softwareagenten und Soft Computing im Geschäftsprozessmanagement*, 23-37. TU Ilmenau, 2006.
- [MS07] Meier, L. und Schumann, R.: *Coordination of Interdependent Planning Systems, a Case Study*, In: R. Koschke, O. Herzog, K.-H. Rödiger und M. Ronthaler (ed.): *Informatik 2007 - Informatik trifft Logistik*, 389-396. GI-Edition, Bremen, 2007.
- [JK03] U. Spindel, J. Krasemann: *Softwarearchitektur für einen Containerterminal*. TSystems GEI GmbH, Hamburger Hafen und Lagerhaus AG, Hamburg, 2003.
- [SV08] Stahlbock, R. und Voß, S.: *Operations Research at container terminals: a literature update*. *OR Spectrum*, 2008 (30), 1-52, 2008.
- [Tös04] Töster, F.: *Steuerungs- und Regelungstechnik für Ingenieure*, Oldenbourg Verlag, 2004.

Online-Quellen

- [Blender] www.blender.org
- [emPlant] www.plm.automation.siemens.com/de_de/products/tecnomatix/index.shtml
- [ISL] www.isl.org
- [PlantManager] www.emplant.de
- [Xith3D] www.xith.org