

# **Integration von Echtzeit-/Online-Informationen in verteilte Simulationen auf Basis der High Level Architecture**

Ulrich Klein, Silvio Lange, Steffen Straßburger, Klaus-Christoph Ritter, Roland Jesse  
Institut für Simulation und Graphik, Fakultät für Informatik  
Thomas Schulze  
Institut für Technische Informationssysteme, Fakultät für Informatik  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Email:{ uklein@isg, silange@mail, strassbu@isg, jesse@mail, tom@isg}.cs.uni-magdeburg.de

## **1 Einleitung**

Die Verarbeitung aktueller Meßwerte ist Grundlage für eine Vielzahl von Anwendungen, die von Leitständen, Umweltinformationssystemen, Flottenmanagement bis hin zu human-in-the-loop-Trainingssimulatoren reichen. Dabei werden sehr unterschiedliche Anforderungen an die Aktualität der Online-Daten gelegt, die von harten Echtzeitbedingungen im Millisekundenbereich bis hin zum Minutenbereich reichen können.

Verteilte heterogene Systeme mit Simulationsfähigkeiten, wie sie seit längerem auf der Basis der High Level Architecture for Modeling and Simulation (HLA) untersucht werden, können ebenfalls von der Einbeziehung von Echtzeit-/Online-Informationen profitieren und eine größere Anwendungsflexibilität erzielen.

Der Beitrag beschreibt zunächst die konzeptionelle Integration von Echtzeit-/Online-Informationen in die HLA in Form einer Online-Komponente sowie deren prototypische Umsetzung. In einem weiteren Abschnitt werden die daraus resultierenden Anwendungsmöglichkeiten diskutiert.

## **2 Motivation**

Die Animation simulierter Prozesse ist heute ein unverzichtbarer Bestandteil von Simulationsprojekten. Die Verbindung der Animation mit dem Simulationsmodell reicht von monolithischen Simulations- und Animationssystemen bis hin zu losen Kopplungen bei einer post-run Animation. Verwendete Daten, teilweise bereits aus realen Prozessen stammend, werden in Form von Offline-Daten integriert. Beispiele hierfür sind Geometrie- und Topologiedaten aus Layouts, Bewegungs- und Prozeßkenndaten. Wird das Anwendungsgebiet jedoch um interaktive Komponenten erweitert, wie sie z.B. in der Trainingssimulation Verwendung finden, so sind Daten der realen Prozesse online bereitzustellen und zu verarbeiten.

Ein neuer Ansatz ist die Bildung von Komponenten und die Integration von Echtzeit-/Online-Komponenten in die als Interoperabilitätsplattform genutzte High Level Architecture (HLA). Die im folgenden beschriebenen Komponenten lassen sich in Simulations-, Animations- und Online-Komponenten differenzieren. Auch die Verwendung von Offline-Datenkomponenten (also solchen, die keine direkte Verbindung zu einem externen datengenerierenden Prozeß besitzen) wie z.B. Datenbanken sind mit diesem Konzept möglich. Dieser Ansatz knüpft damit an frühere Arbeiten an, in denen die Anwendbarkeit der High Level Architecture im zivilen Anwendungsbereich belegt wurde [1,2,5,6,7,8,9,10,13,14,15,16], in dem der Einsatz von kommerziellen Softwarewerkzeugen für Simulation und Animation dominiert.

Zur Integration von verfügbaren Simulations- und Animationstools in die HLA wird der „Tool Enhancing Approach“ empfohlen. Die Grundidee dieses Ansatzes beruht auf unterschiedlichen Erweiterungs- und Anpassungsmöglichkeiten für existierende Simulations- und Animationstools. Die Universität Magdeburg ist in Arbeiten zu HLA-Anbindungen für die Simulationstools SLX [18] und Simplex III [20] und das Animationstool Skopeo [11] integriert. In diesem Zusammenhang steht auch die Erweiterung von Animationskomponenten um interaktive Elemente [13]. Der Aspekt der Wiederverwendbarkeit von zivilen Legacy-Modellen auf der Basis von HLA konnte an einer verteilten Fahrsimulation nachgewiesen werden [5].

### 3 Integration von Echtzeit-/Online-Komponenten in die High Level Architecture

#### 3.1 Rahmenbedingungen der High Level Architecture

Die High Level Architecture for Modeling and Simulation (HLA) ist eine aus dem militärischen Anwendungsbereich stammende Architektur für verteilte Simulationen (*Federations*), welche aus interoperablen und wiederverwendbaren Komponenten (*Federates*) bestehen [3], und befindet sich derzeit im IEEE-Standardisierungsverfahren. HLA-konforme Komponenten müssen

1. sich nach den HLA-Regeln verhalten (*HLA Rules*),
2. ihr Objektmodell, welches die modellierten und benötigten Objekte beschreibt, in einer bestimmten Weise dokumentieren (*HLA Object Model Template*), und
3. über eine definierte Schnittstelle (*HLA Interface Specification*) mit einer *Runtime Infrastructure* (RTI) kommunizieren. Die RTI übernimmt dabei die benötigten Basisdienste für Kommunikation und Koordination.

Dadurch wird eine Interoperabilität und Plattformunabhängigkeit über Hardware-, Betriebssystem-, Programmiersprachen- u.a. Grenzen hinweg gewährleistet, die lediglich durch die Verfügbarkeit der RTI-Software beschränkt ist. Ein weiterer Schritt in diese Richtung ist die zukünftige Integration von HLA als Facility for Distributed Simulation Systems in die Common Object Request Broker Architecture (CORBA) [12].

Ein Federate ist gegenüber der Federation lediglich durch das Objektmodell beschrieben. Durch den dadurch erzielten Black-Box-Charakter der Federates ist es möglich, dasselbe Objektmodell von Komponenten unterschiedlicher Natur ausfüllen zu lassen. Beispielsweise läßt sich ein Objektmodell zur Fertigungssteuerung durch Federates ausfüllen, die eine Verbindung zu einem realen Fertigungssteuerungssystem herstellen oder die durch ein entsprechendes Simulationsmodell repräsentiert werden.

Ferner erlaubt HLA den dynamischen Beitritt und Austritt zur Laufzeit sowie den Eigentumstransfer von Objekten zwischen Federates; im genannten Beispiel erlaubt dies den Austausch von Real-Federates (realen Systemen mit HLA-Anbindung) und Simulationsfederates zur Laufzeit. Diese Flexibilität wird im vorliegenden Ansatz genutzt und in Abschnitt 3.4 näher beschrieben.

#### 3.2 Funktionaler Aufbau einer Online-Komponente

Eine Online-Komponente hat die Aufgabe, die Online-Daten in geeigneter Form der Federation zur Verfügung zu stellen. Je nach Datenbeschaffenheit der in Echtzeit bereitzustellenden Daten bietet sich dabei entweder eine Modellierung als Objekte oder als Wechselwirkungen (*Interactions*) an. Das erforderliche Objektmodell läßt sich hieraus und unter Berücksichtigung von Modellierungsalternativen und sonstiger Randbedingungen der Federation ableiten.

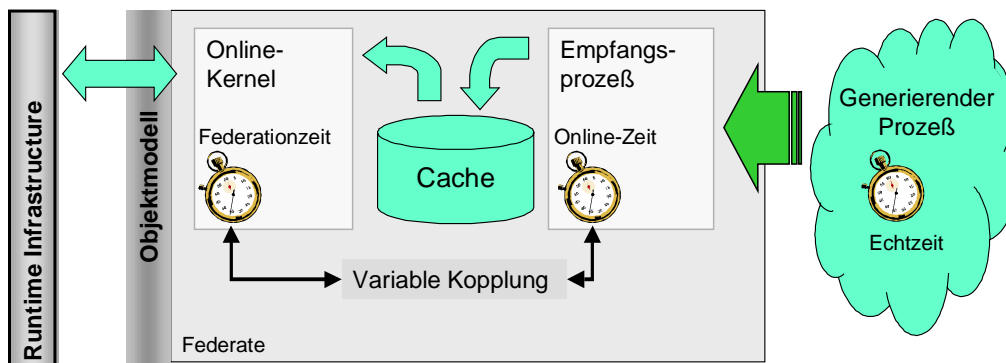


Abbildung 1: Funktionale Übersicht über eine Online-Komponente

Um der Natur der empfangenden Komponenten sowie deren Zeitfortschrittsmechanismen so weit wie möglich gerecht werden zu können, ist ein flexibler Aufbau notwendig, welcher die zeitliche Entkopplung der empfangenen Echtzeitdaten (Empfangsprozess) und dem federationinternen

Zeitfortschritt erlaubt [6]. Je nach einzunehmender Rolle der Echtzeitkomponente ist diese flexibel konfigurierbar. Abb. 1 zeigt eine funktionale Übersicht über eine Online-Komponente.

Die Konfigurierbarkeit wird im wesentlichen durch die Art der Kopplung zwischen der Online- und Federationzeit sowie der Konfiguration des Zeitmanagements unter HLA bewirkt [3] (siehe Abb. 2):

- Die variable Kopplung der Online-Zeit (die Zeitstempel der eintreffenden Online-Informationen einschließlich zu berücksichtigender Abweichungen und Übertragungslatenzen) mit der Federationzeit (die Zeit, welche die Federation aus der Sicht des Federates innehat) reicht von starren bis hin zu losen Kopplungen. Die starre Kopplung charakterisiert einen Zustand, bei dem die eingehenden Online-Informationen direkt an die Federation weitergereicht werden. In diesem Fall ist die Online-Zeit mit der Federationzeit in Übereinstimmung. Eine lose Kopplung liegt vor, wenn die eingehenden Online-Daten gespeichert oder manipuliert werden müssen. Beispiele hierfür sind der Ausgleich bei unregelmäßigem Zeitfortschritt in der Federation, latenzausgleichende Zeitstempelkorrekturen, Verzögerungen oder Werteinterpolationen.
- Das Zeitmanagement unter HLA fordert für jedes Federate die Beantwortung zweier Grundfragen, die die RTI zur Koordinierung des Zeitfortschritts und des Datenaustauschs benötigt:
  - Die erste Frage nach der zeitlichen Autonomie richtet sich auf die Abhängigkeit des Zeitfortschritts von anderen Federates. Diese Eigenschaft wird mit *time\_constrained* bezeichnet. Militärische Simulationen nach dem DIS-Standard sind typischerweise nicht *time\_constrained*, während konservativ synchronisierte Federates zur Kausalitätserhaltung die Eigenschaft *time\_constrained* besitzen.
  - Die zweite Frage zielt auf die zeitregulierende Wirkung des Federates. Diese Eigenschaft wird mit *time\_regulating* bezeichnet. Die Antwort auf diese Frage gibt der RTI Auskunft darüber, ob die lokale Zeit bei der Bestimmung des Zeitfortschritts anderer Federates, welche die Eigenschaft *time\_constrained* besitzen, berücksichtigt werden muß.

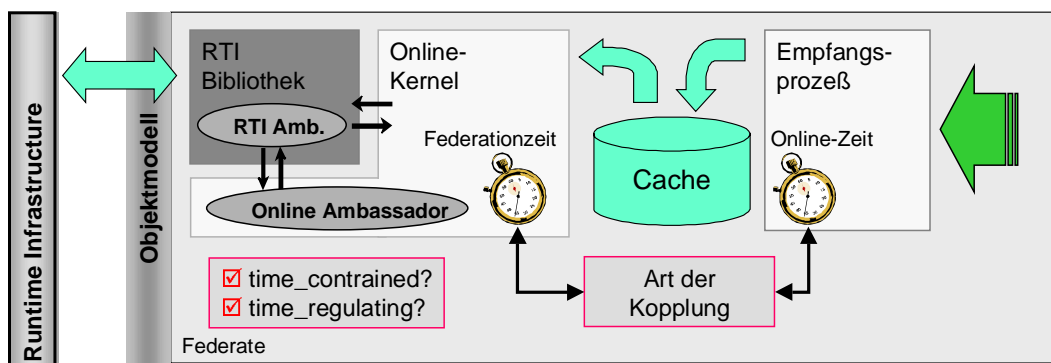


Abbildung 2: Detailsicht auf die Hauptkonfiguration der Online-Komponente

Aus der Kombination der Eigenschaften *time\_constrained* und *time\_regulating* ergeben sich unterschiedliche Behandlungen seitens der RTI und damit unterschiedliche Anwendungsfälle für eine Online-Komponente. Eine unabhängige Echtzeit-Online-Komponente trägt die Charakteristik *<not time\_constrained, not time\_regulating>*; eine Unterordnung unter den Federationzeitfortschritt (bei loser zeitlicher Kopplung der Online-Daten) wird durch *<time\_constrained, not time\_regulating>* erreicht. Für eine Taktgeberfunktion ist *<not time\_constrained, time\_regulating>* verwendbar, und zur Abbildung komplexerer zeitlicher Abhängigkeiten innerhalb einer Federation läßt sich *<time\_constrained, time\_regulating>* verwenden.

### 3.3 Objektmodellgleiche Komponenten

Die Informationsquelle für die implementierte Online-Komponente in Abschnitt 3.6 ist der reale Prozeß. Durch Einsatz objektmodellgleicher Komponenten ist es möglich, die betreffenden Informationen aus anderen Quellen bereitzustellen und sie entsprechend des Objektmodells der Federation zur Verfügung zu stellen, wobei insbesondere archivierte oder konstruierte Informationen von Interesse sind.

Die in Abb. 2 dargestellte Architektur erlaubt es, die im internen Cache archivierten Informationen auch ohne direkte Online-Verbindung der Federation zur Verfügung zu stellen. In diesem Fall, der in Abb. 3 dargestellt ist, sprechen wir von einer Online-Komponente im Offline-Modus (aufgrund des Black-Box-Prinzips ist das gegenüber der Federation gezeigte Verhalten und die Charakteristik der gelieferten Daten unverändert). Dieser Fall findet z.B. bei Trainingsszenarien Anwendung, wenn die Teilnehmer mit vorgegebenen (archivierten) Online-Daten operieren müssen.

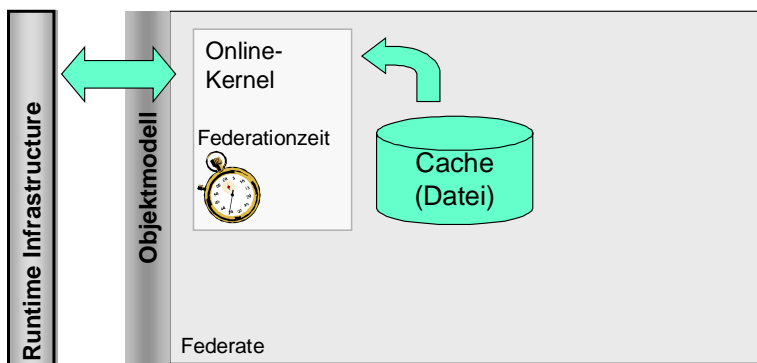


Abbildung 3: Einsatz der Online-Komponente im Offline-Modus

Ebenso bietet sich die Verwendung eines Simulationsmodells als Quelle der im Objektmodell beschriebenen Online-Daten an. Abb. 4 zeigt die mögliche Struktur für diese Form der Online-Komponente.

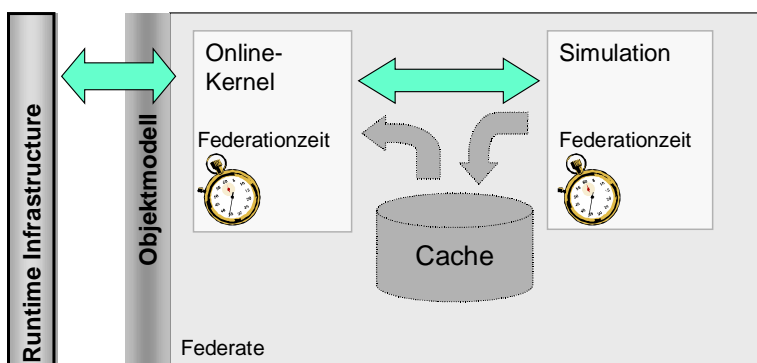


Abbildung 4: Einsatz der Online-Komponente im Simulationsmodus

### 3.4 Einsatzszenarien

Die Dynamik von HLA-Federations erlaubt es, zur Laufzeit Federates auszutauschen, indem das neu beigetretene Federate die Objekte des vorhandenen Federate übernimmt und dieses, nachdem es alle Aktivitäten innerhalb der Federation abgegeben hat, austritt.

Eine Anwendung bietet sich in Form des Austauschs eines Real- gegen ein Simulationsfederate an; durch diesen Wechsel kann aus dem Realbetrieb in einen Trainingsbetrieb gewechselt werden. Besteht ein System aus einer Vielzahl von Komponenten, so ist auf diese Weise auch ein gradueller Trainingsbetrieb möglich. Bleiben mehrere objektmodellgleiche Komponenten im System aktiv, so sind Betriebsarten möglich, die innerhalb eines Mehrbenutzersystems einen Trainingsbetrieb für einzelne Bediener erlauben oder fiktive (Trainings-)Ereignisse in den Echtbetrieb einspielen können.

Stehen geeignete, teilweise objektmodellgleiche Komponenten zur Verfügung, so können durch geeignete Zusammensetzung Werkzeuge geschaffen werden, die eine phasenübergreifende Anwendbarkeit von der Planung, Entwicklung, Steuerung und Training ermöglichen (Werkzeugkomposition) [7]. Auch im Bereich des Emergency Managements gehört eine Online-Komponente

neben Komponenten für Simulation, Animation und geographischer Informationsverarbeitung zu den wesentlichen Grundfunktionalitäten von verteilten simulationsorientierten Systemen, die die Flexibilität von HLA ausnutzen [6].

#### 4 Der ÖPNV-Prototyp

Der vorgestellte Prototyp bildet den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) auf der Basis des Straßenbahnverkehrs in der Landeshauptstadt Magdeburg ab. In Zusammenarbeit mit der Magdeburger Verkehrsbetriebe AG (MVB) stehen die Fahrplandaten sowie ein Onlinezugang zum Echtzeit-Fahrzeugortungssystem der MVB zur Verfügung.

##### 4.1 Die ÖPNV-Federation

Der Prototyp besteht aus den Funktionen Simulation, Animation und Visualisierung sowie Online-Daten und ist in seiner Struktur in Abb. 5 dargestellt (weitere, zukünftig geplante Komponenten sind in grau hinterlegt). Die Kopplung der Komponenten erfolgt auf der Basis der High Level Architecture (HLA). Die aktive oder passive Rolle einer Komponente kann man an der Richtung der Pfeile von bzw. zur Infrastruktur, welche die Richtung des Datenflusses angeben, erkennen.

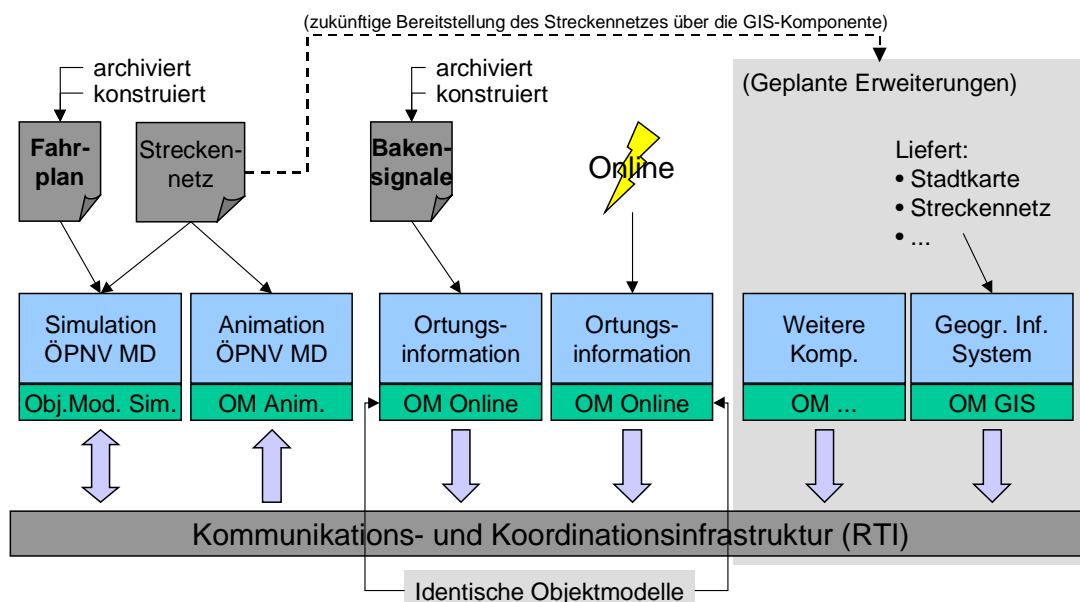


Abbildung 5: Struktur und Komponenten des ÖPNV-Prototypen

Das Simulationsmodell operiert auf der Basis des Soll-Fahrplans (als Offline-Datenquelle) und kommuniziert mit der Online-Komponente, die wahlweise mit dem Echtzeit-Standortsystem der MVB verbunden ist, über welches das Simulationsmodell permanent mit der erfaßten aktuellen Situation abgeglichen werden kann, oder im Offline-Modus unter Verwendung archivierter Daten betrieben wird.

Die beteiligten Federates verfügen in der hier beschriebenen Federationzusammensetzung über unterschiedliche Zeitmanagementmerkmale. Das Animationsfederate richtet sich als passive Komponente nach dem Zeitfortschritt anderer Federates und besitzt daher die Zeitmanagementcharakteristik *<time\_constrained, not time\_regulating>*. Das Simulationsfederate als aktive Komponente reguliert den Zeitfortschritt z.B. des Animationsfederates und ist daher *time\_regulating*; da das Simulationsfederate auch auf externe kausalgeordnete Ereignisse, wie sie z.B. aktuelle Standortmeldungen darstellen, reagiert, ist es außerdem *time\_constrained*, also ebenfalls von anderen zeitregulierenden Federates abhängig. Das Online-Datenfederate ist eine aktive, von anderen Komponenten zeitlich unabhängige Komponente, weshalb sie die Merkmale *<time\_regulating, not time\_constrained>* besitzt. Einen Überblick zum Zeitmanagement der Federates gibt Abb. 6.

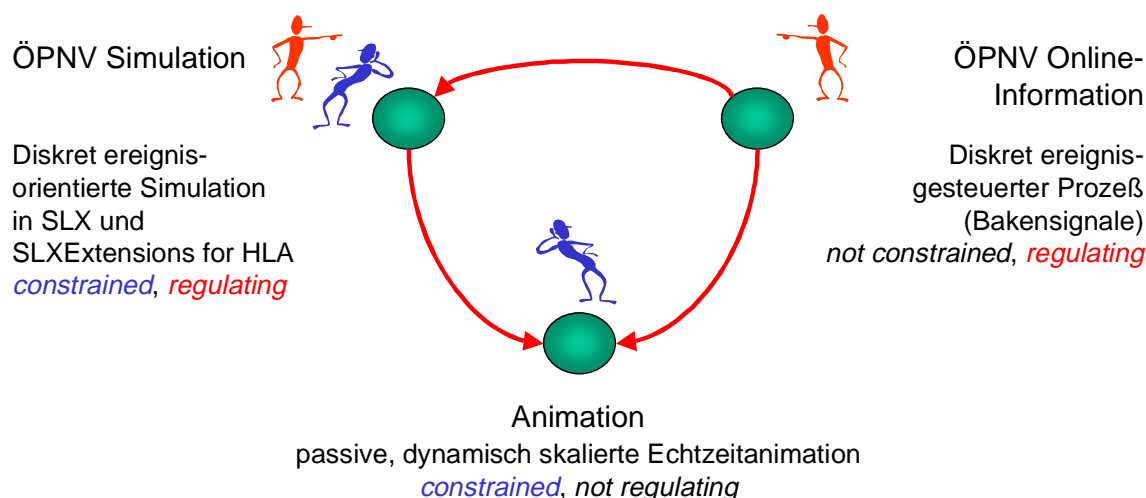


Abbildung 6: Zeitmanagement der beteiligten Federates

#### 4.2 Das ÖPNV-Simulationsfederate

Das Simulationsfederate wurde mit dem Simulationssystem SLX [4] unter Verwendung der *SLX Extensions for HLA* [18,19] entwickelt.

Das Objektmodell des Simulationsfederates umfaßt das Streckennetz einschließlich aller Haltestellen, des Fahrplans, der Positionen der Baken zur Erfassung der aktuellen Standorte, der Depots und der Bahnen selbst. Die Straßenbahnen sind als aktive Objekte modelliert und bewegen sich auf dem Streckennetz entsprechend ihres Fahrplanes, wobei ein 24-stündiger Bahnbetrieb simuliert wird.

In der derzeitigen Implementierung wird nach Betritt des Online-Datenfederate zur Federation bei jeder empfangenen Standortinformation der Zustand des Simulationsmodells dem realen Zustand angepaßt, d.h. die Straßenbahnen werden, unabhängig von dem bisherigen simulierten Zustand, an die aktuelle Bakenposition gesetzt. Der Zustand im Simulationsmodell wird somit von Simulationsmodell selbst als auch von den externen Online-Daten verändert. Aus diesem Umstand ergeben sich Forderungen an die interne zeitliche Steuerung des Simulators, welcher über spezielle Rescheduling-Fähigkeiten verfügen muß, um geplante Ereignisse zum Zeitpunkt  $t$  aus der Liste der geplanten Ereignisse zu entfernen und sie zum Zeitpunkt  $t$  in die Liste der aktuellen Ereignisse einzuordnen. Andere Vorgehensweisen des Abgleichs zwischen simulierten und gemeldeten Standorten sind, abhängig von der jeweiligen Anwendung, vorgesehen.

#### 4.3 Das ÖPNV-Visualisierungsfederate

Das Visualisierungsfederate wurde mit dem java-basierten plattformunabhängigen Visualisierungstool Skopeo realisiert, welches in einer früheren Arbeit um eine HLA-Anbindung erweitert wurde [11,13]. Skopeo verfügt über eine 2D-Animation auf Basis der Java-Vektorgraphik und kann bei Vorhandensein eines VRML2.0-Browser-Plugins 3D-VRML2.0-Animationen erzeugen.

Im Rahmen der ÖPNV-Federation wurde für Skopeo mithilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) eine Vektorkarte der Stadt Magdeburg auf Basis des aktuellen Datenbestandes des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) erzeugt, welche für die Bewegungspfadgenerierung und Visualisierung genutzt wurde.



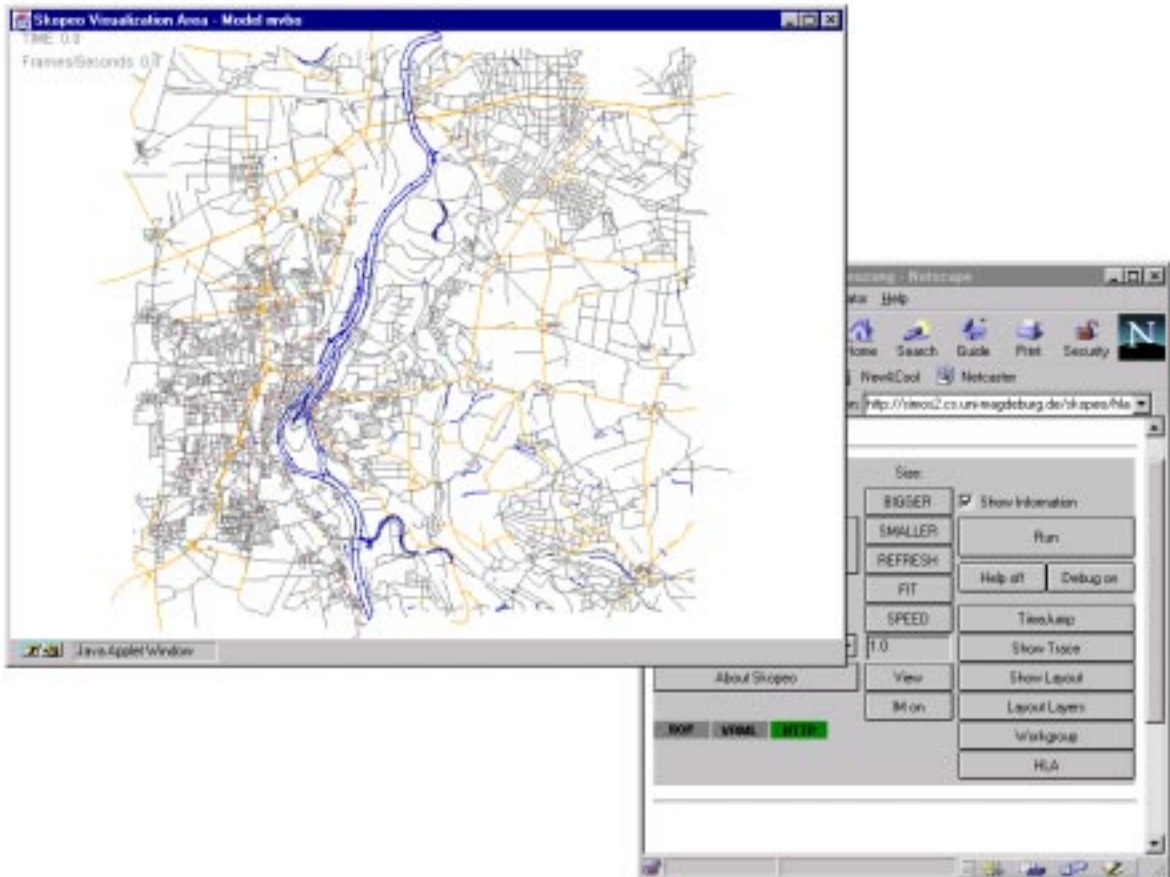


Abbildung 7: Animationsausgabe von Skopeo in der Rolle des ÖPNV-Visualisierungsfederates

Abb. 7 zeigt eine Momentaufnahme der Animation; angezeigt wird die Gesamtansicht, auf der die animierten Straßenbahnen als rote Punkte animiert werden.

#### 4.4 Das ÖPNV-Online-Federate für Fahrzeugortungsdaten

Das Onlinefederate liest über dessen Empfangsprozess die Online-Daten und stellt sie der Federation analog dem Aufbau in Abb. 1 zur Verfügung. Die gemessenen Ortungsinformationen nehmen dabei den in Abb. 8 beschriebenen Verlauf:

- (1) Die Straßenbahnen "identifizieren" sich bei den Baken und diese senden über ein internes Netz ein Informationstelegramm an den Standortinformationsrechner der MVB. Das Telegramm enthält Informationen über Zeitpunkt, Bakenummer und Straßenbahnidentifikation.
- (2) Der Standortinformationsrechner sendet über ein Modem diese Informationen zu einem Rechner an der Universität Magdeburg.
- (3) Um Standort- und Plattformunabhängigkeit zu erlangen, wurde für den weiteren Kommunikationsweg ein TCP/IP-Port als Kommunikationsmedium gewählt, der von dem Empfangsprozess des Online-Federate abgefragt wird. Das Online-Federate stellt dann die empfangenen Daten der Federation zur Verfügung.

Das Federate wurde ebenfalls mit dem Simulationssystem SLX und den *SLX Extensions for HLA* entwickelt.

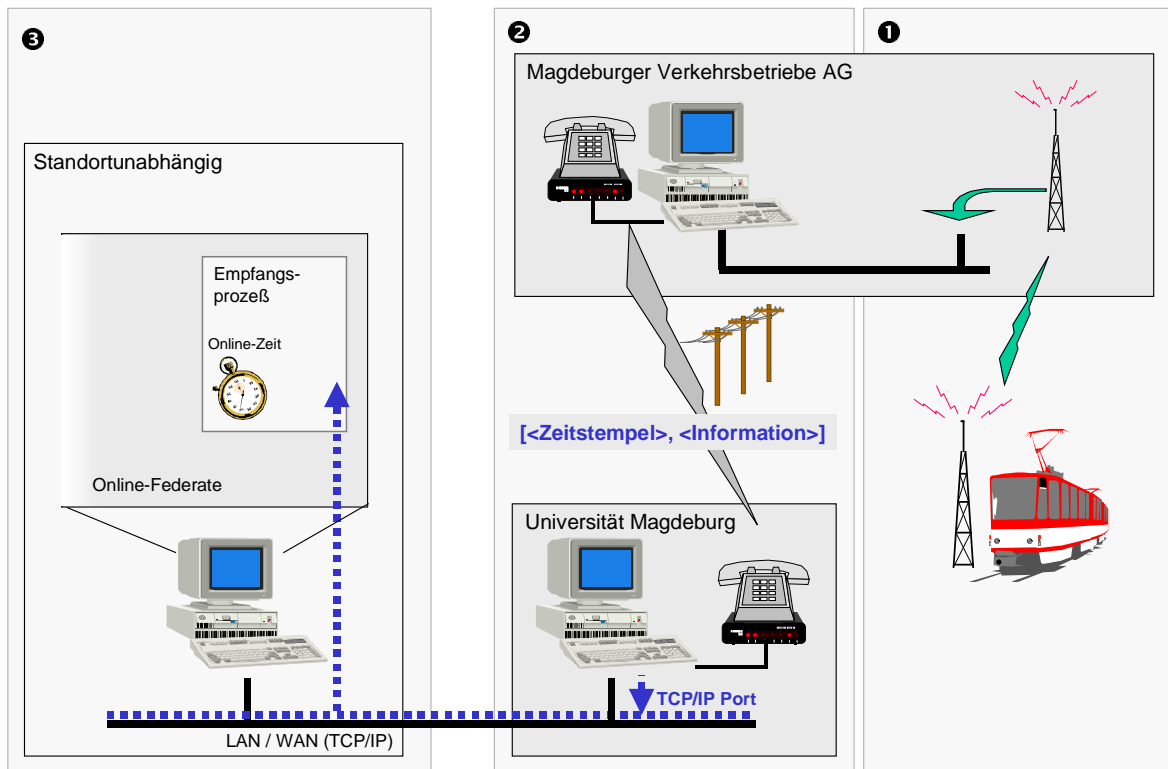


Abbildung 8: Kommunikationsweg für die Onlineinformationen

#### 4.5 Das ÖPNV-Offline-Federate für Fahrzeugortungsdaten

Wie in Abschnitt 3.3 beschrieben, kann als Informationsquelle für die aktuellen Bahnstandorte in dem Online-Federate auch eine Datei verwendet werden. In dieser Betriebsart (Offline-Modus) arbeitet die Online-Komponente als „Offline-Federate“ und die Fahrzeugstandortinformationen werden aus einem Archiv in Dateiform bezogen.

Diese Informationen werden für as-fast-as-possible konfigurierte Federationen so schnell ausgelesen, wie es der Zeitfortschritt in der Federation erlaubt (daher hat das „Offline-Federate“ die Zeitmanagementmerkmale *<time\_constrained, time\_regulating>*).

Für einen echtzeitskalierten Zeitfortschritt, wie es Anwendungen zur Visualisierung oder zum Training erfordern, wird eine den Zeitstempeln der Standortnachrichten entsprechende zeitliche Verzögerung berücksichtigt. Im letzteren Fall kann das „Offline-Federate“ zur Herstellung einer Echtzeitproportionalität eine Taktfunktion übernehmen, falls dies nicht bereits anderweitig innerhalb der Federation gewährleistet wird.

Ebenso wie die Online-Variante wurde dieses Federate mit dem Simulationssystem SLX und den *SLX Extensions for HLA* entwickelt.

#### 4.6 Einsatzvarianten

Durch eine unterschiedliche Zusammensetzung der Komponenten kann der Prototyp zu unterschiedlichen Aufgaben eingesetzt werden (Kompositionsprinzip). Für klassische Planungszwecke werden z.B. die Komponenten Simulation mit Offline-Daten und Animation verbunden. Eine Online-Visualisierung des aktuellen Zustandes unter Echtzeitbedingungen, als Basis für innovative Fahrgastinformationssysteme, benötigt die Komponenten Animation und Online-Daten. Die Anwendung für Steuerungszwecke und zur operativen Auswertung von Handlungsalternativen bedingt die Komponenten Simulation mit Offline-Daten, Online-Daten und Animation. Zum Dispatchertraining empfiehlt sich die Kombination der Komponenten Simulation mit Offline-Daten und interaktiver Animation (Tab. 1).



Simulation	Animation	Online	Anwendungsbeispiele
x	x		Klassisches Planungstool
	x	x	Online-Visualisierung, z.B. in einem Fahrgastinformationssystem
x		x	Experimente unter Verwendung des aktuellen Systemzustandes
x	x	x	Dispatchertraining

Tabelle 1: Einsatzvarianten für die Komposition der ÖPNV-Federation

## 5 Ausblick

Die Anwendung des Kompositionsprinzips, d.h. der Zusammenbau aus bestehenden, z.T. heterogenen Komponenten, ermöglicht eine flexible Gestaltung von Tools zur Modellierung und Simulation, zum Training und zum Management von geplanten oder real existierenden Prozessen. Mit der HLA ist eine Integrationsplattform verfügbar, die es ermöglicht, diese Komponenten flexibel, den gestellten Anforderungen entsprechend, zu verbinden. Die Integration von Echtzeit-/Online-Daten realer Prozesse für den Bereich des ÖPNV wurden in einem Prototyp aufgezeigt.

Diese Vorgehensweise ist auch auf anderen Applikationsgebiete übertragbar. Hierzu zählen u.a. das Flottenmanagement für Logistikanbieter, die Fertigungsteuerung in produzierenden Unternehmen und Trainingssimulatoren. Voraussetzung ist die Verfügbarkeit von HLA-fähigen Komponenten, deren Zahl stetig wächst.

## 6 Danksagung

Die Arbeit wird von der Magdeburger Verkehrsbetriebe AG (MVB) unterstützt, welche die Fahrplandaten sowie den Onlinezugang zum Standortinformationssystem zur Verfügung stellen.

Die Nutzung des ATKIS-Datenbestandes findet mit freundlicher Genehmigung des Landesamtes für Datenverarbeitung und Vermessung des Landes Sachsen-Anhalts statt.

## 7 Referenzen

- [1] BLÜMEL, Eberhard; SCHUMANN, Marco; SCHULZE, Thomas: Using HLA and SLX for logistical Simulation. Proceedings of the International Workshop on Modelling and Simulation within a Maritime Environment, Riga, Latvia, 6.-8. September 1998. S. 76-85.
- [2] BOUGUEZOULI, Ahcene; STRAßBURGER, Steffen: Anwendung von HLA-basierten Lösungen bei der Modellierung und Steuerung chemischer Anlagen. In: Engeli, Max; Hrdliczka, Veronika (Hrsg.): *Tagungsband 12. Symposium Simulationstechnik in Zürich*, September 1998. Zürich: vdf Hochschulverlag, 1998. S. 487-493.
- [3] DEFENSE MODELING AND SIMULATION OFFICE (DMSO). *The High Level Architecture Homepage*. Online verfügbar unter <http://hla.dmsomil>. 1998.
- [4] HENRIKSEN, J.O. An Introduction to SLX™. In: Andradottir, K.; Healy, J.; Withers, D. H.; Nelson, B. L. (Hrsg.): *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, Atlanta. San Diego: Society for Computer Simulation, 1997, S. 559-566.
- [5] KLEIN, Ulrich; SCHULZE, Thomas; STRAßBURGER, STEFFEN; MENZLER, Hans-Peter: Traffic Simulation Based on the High Level Architecture. In: Medeiros, D. J.; Watson, E. (Hrsg.): *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*. Washington, D.C. 13.-16. Dezember 1998. Washington: Society for Computer Simulation, 1998.
- [6] KLEIN, Ulrich: Distributed Simulation for Emergency Management based on the High Level Architecture. In: Harrald, John R.; Shaw, Gregory L. (Hrsg.): *Proceedings of The International Emergency Management Conference 1998 (TIEMS98)*, 19.-22. Mai 1998, Washington, D.C. George Washington University Conference Management Services, S. 543-552.
- [7] KLEIN, Ulrich: *Bildbasierte Simulation im ausnahmetoleranten städtischen Verkehrsmanagement*. Dissertation (Entwurf), Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 1998.

- [8] KLEIN, Ulrich; Lange, Silvio; Schulze, Thomas; Straßburger, Steffen; Härtel, Gerhard: Komponentenbasierte Verkehrsmanagementwerkzeuge: Flexibler Einsatz von der Planung bis zur Steuerung. In: Tagungsband 4. Fachtagung Logistikplanung, 19.-20. November 1998, Magdeburg. Magdeburg: Universität Magdeburg, 1998.
- [9] KLEIN, Ulrich; STRAßBURGER, Steffen: Zivile Anwendungspotentiale der High Level Architecture (HLA). In: Bundesakademie für Wehrtechnik und -verwaltung (Hrsg.): *Tagungsband Symposium Neue Technologien in der wehrtechnischen Simulation*, 30.09.-02.10.1997, Mannheim. Mannheim: Bundesakademie für Wehrtechnik und -verwaltung, 1997, S. 9-1-9.9.
- [10] KLEIN, Ulrich; STRAßBURGER, Steffen. Die High Level Architecture: Anforderungen an interoperable und wiederverwendbare Simulationen am Beispiel von Verkehrs- und Infrastruktursimulationen. In: Kuhn, A.; Wentzel, S. (Hrsg.), *Proceedings of the 11th Simulation Symposium ASIM 97*. Nov. 11-14, 1997. Dortmund: Vieweg Verlag, S. 529-534.
- [11] LORENZ, Peter; RITTER, Klaus-Christoph: Skopeo: Platform-Independent System Animation for the W3. In Deussen, O. and P. Lorenz (Ed.), *Proceedings of the Simulation and Animation Conference Magdeburg*, March 6-7, 1997. San Diego: SCS European Publishing House, 1997, S. 12-23.
- [12] OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). *CORBA Facility for Distributed Simulation Systems*. Draft Request for Comments. mfg/98-06-06. Online verfügbar unter <http://www.omg.org>.
- [13] RITTER, Klaus-Christoph; KLEIN, Ulrich; STRAßBURGER, Steffen; DIESSNER, Marco. Web-basierte Animation verteilter Simulationen auf Basis der High Level Architecture (HLA). In: LORENZ, Peter; PREIM, Bernhard (Hrsg.): *Proceedings der Tagung Simulation und Visualisierung*, 5.-6.3.1998, Magdeburg. Delft u.a.: SCS European Publishing House, 1998, S. 41-52.
- [14] SCHULZE, Thomas; LANTZSCH, Gunter; KLEIN, Ulrich; STRAßBURGER, Steffen: Interoperabilität zwischen Simulationsmodellen auf Basis der High Level Architecture. In: Mertins, Kai; Rabe, Markus (Hrsg.): *Erfahrungen aus der Zukunft*, Tagungsband 8. ASIM-Fachtagung "Simulation in Produktion und Logistik". Berlin: IPK Berlin, 1998, S. 369-379.
- [15] SCHULZE, Thomas; KLEIN, Ulrich; STRAßBURGER, Steffen; RITTER, Klaus-Christoph; BLÜMEL, Eberhard; SCHUMANN, Markus: HLA-basierte verteilte Simulationsmodelle für die Fertigung. In: LORENZ, Peter; PREIM, Bernhard (Hrsg.): *Proceedings der Tagung Simulation und Visualisierung*, 5.-6.3.1998, Magdeburg. Delft u.a.: SCS European Publishing House, 1998, S. 19 - 31.
- [16] SCHUMANN, Marco; BLÜMEL, Eberhard; SCHULZE, Thomas; STRAßBURGER, Steffen; RITTER, Klaus-Christoph: Using HLA for Factory Simulation. In: Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) (Hrsg.): *Proceedings of the Simulation Interoperability Workshop Fall 1998*. Orlando: SISO, Paper 98F-SIW-060.
- [17] SELIGER, G.; KRÜTZFELD, D.; LORENZ, Peter; STRAßBURGER, Steffen. On the HLA- and Internet-based Coupling of Commercial Simulation Tools for Production Networks. Beitrag zur 1999 International Conference on Web-based Simulation (in Bearbeitung).
- [18] STRAßBURGER, Steffen; KLEIN, Ulrich: Integration des Simulators SLX in die High Level Architecture. In: LORENZ, Peter; PREIM, Bernhard (Hrsg.): *Tagung Simulation und Visualisierung 1998* Magdeburg. Delft u.a.: SCS European Publishing House, 1998, S. 32 - 40.
- [19] STRAßBURGER, Steffen; SCHULZE, Thomas; KLEIN, Ulrich; HENRIKSEN, James O: Internet-based Simulation using Off-the-Shelf Simulation Tools and HLA In: Medeiros, D. J.; Watson, E. (Hrsg.): *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*. Washington, D.C. 13.-16. Dezember 1998. Washington: SCS, 1998.
- [20] LANTZSCH, Gunter; STRAßBURGER, Steffen; URBAN, Christoph: HLA-basierte Kopplung der Simulatoren Simplex III und SLX. Eingereicht zur Tagung Simulation und Visualisierung, 1999, Magdeburg.