

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit der Entwicklung eines Simulators für dezentral gesteuerte schienengebundene Transportsysteme. In diesem Kapitel werden zunächst die Ergebnisse der einzelnen Entwicklungsphasen zusammengefasst, anschließend wird ein Ausblick auf mögliche Erweiterungen des Simulators gegeben.

Nach einer Einführung in die Terminologie wurde auf Grundlage der Anforderungsbeschreibung eine Architektur herausgearbeitet, die eine Trennung zwischen der Benutzungsoberfläche, dem Kern und den Steuerungsobjekten vorsieht. Die Architektur unterstützt die Aufteilung zwischen der Simulation des Transportsystems und der Steuerung. So kann der Einfluss unterschiedlicher Steuerungsprogramme auf eine gegebene Anlagenkonfiguration simuliert werden. Die Steuerungsprogramme werden durch Java-Objekte simuliert, die z. B. in FUJABA generiert werden können. In dieser Arbeit ist vorwiegend auf die Entwicklung des Simulatorekerns eingegangen worden, der eine Nachbildung der realen Systemkomponenten und der dynamischen Prozesse erlaubt.

In der Analyse des Transportsystems wurden die Komponenten und die dynamischen Abläufe realer schienengebundener Transportsysteme eingehend betrachtet. Ziel war es, Modellelemente der Systemkomponenten, wie Shuttles, Streckenmodule und Sensoren, zu identifizieren. Damit der Simulatorekern flexibel und leicht erweiterbar eingesetzt werden kann, sind die Streckenmodule in Teilabschnitte segmentiert worden. An den Teilabschnitten können Sensoren und Aktoren beliebig positioniert werden. Des Weiteren wurden dynamische Prozesse aufgezeigt, die im Simulatorekern nachgebildet werden.

Zur Nachbildung der Prozesse erzeugt der Simulatorekern eine chronologisch geordnete Abfolge von Ereignissen. Die Art des Voranschaltens der Simulationszeit und der Zustandsübergänge wird als Simulationsmethode bezeichnet. Der entwickelte Simulator beruht auf einer prozessorientierten Methode, die dem modularen Charakter des zu simulierenden Systems entspricht. Einzelne Systemkomponenten werden als Prozesse aufgefasst, die unter Kontrolle einer übergeordneten Instanz das Systemverhalten nachbilden. Um die Elemente im Simulationsmodell erweitern zu können, werden Schnittstellenklassen spezifiziert. Neue Modellelemente, welche die entsprechenden Operationen implementieren, können auf diese Weise leicht in den Simulatorekern integriert werden. Die Erweiterbarkeit und Wartbarkeit wird zusätzlich durch den Einsatz eines Befehlsmusters erhöht. Dieses erlaubt, Reaktionen auf Ereignisse in einem Objekt zu kapseln. Durch die Definition der Schnittstellen zu den beiden anderen Architekturebenen ist eine flexible Integration des Kerns in unterschiedliche Projekte möglich.

Der Einsatz eines objektorientierten Designs wird durch eine Implementierung in der objektorientierten Programmiersprache Java fortgeführt. Zur Validierung des

erstellten Modells und zur Analyse des Laufzeitverhaltens des Kerns sind abschließend Simulationsläufe durchgeführt worden.

Aus der Untersuchung des Laufzeitverhaltens geht hervor, dass die Berechnungen im Simulatorkern für Materialflussanlagen mit 50-60 Shuttles hinreichend effizient vorgenommen werden, um die Zustandsänderungen in Echtzeit zu ermitteln. Zu beachten ist jedoch, dass bei den Tests keine Visualisierung gleichzeitig mit der Berechnung eingesetzt wurde. Zur Animation des simulierten Transportsystems kann eine Ausgabedatei erzeugt werden, in die der Simulatorkern die Zustandsveränderungen ausgibt. Diese Datei ist Grundlage der grafischen Darstellung, die somit getrennt vom Simulatorkern erfolgt. Die bisherigen Ansätze der Visualisierung zeigen, dass der Ressourcenverbrauch so hoch sein wird, dass eine Animation in Verbindung mit einer gleichzeitigen Berechnung der Ereignisse für große Systeme (20-60 Shuttles) in Frage gestellt werden muss. Weitere Entwicklungen des Simulators sollten daher die grafische Darstellung und die Berechnung der Simulation auf getrennten Rechnern vorsehen, um beide Aktivitäten parallel ausführen zu können. Diese Parallelität ist Grundlage einer interaktiven Simulation, die dem Benutzer den Eingriff zur Laufzeit ermöglichen soll.

In engem Zusammenhang mit der interaktiven Simulation steht die Berücksichtigung von Beschleunigungs- und Bremsvorgängen. In der aktuellen Version des Kerns sind bereits Ansätze zur Abbildung dieser kontinuierlichen Zustandsveränderungen vorgesehen. Während zur Kontrolle der Steuerungsvorgänge die Geschwindigkeit eines Shuttles auf zwei diskrete Zuständen abstrahiert worden ist, ist zu untersuchen, ob diese Ergebnissenauigkeit hinreichend ist, um statistische Aussagen über die Auslastung des Systems treffen zu können.

Die Anzahl der in einer Zeiteinheit vom Transportsystem beförderten Produkte wird neben der Geschwindigkeit der Shuttles von Fehlerfällen beeinflusst. Eine Fehlerquelle ist die Initialisierungsphase des Systems. Wird die Steuerungssoftware initialisiert, ist die Position der Shuttles zunächst unbekannt. Derartige Probleme können bereits durch ein entsprechendes Positionieren der Shuttles im Simulationsmodell nachgestellt werden. Sollen Aussagen über die Fehlertoleranz der Steuerung in Bezug auf von außen auf das Transportsystem einwirkende Störungen getroffen werden, sind Anpassungen vorzunehmen: Zum einen sind die Modellelemente um Störfaktoren, wie z. B. Gegenstände auf der Fahrstrecke, zu erweitern, zum anderen ist eine Simulation der Kommunikation der Steuerungsknoten über das Verbindungsnetzwerk erforderlich. Letztere ermöglicht es, die Reaktion der Steuerung auf fehlerhaft bzw. nicht übertragene Daten zu prüfen. Ferner können unterschiedliche Übertragungsprotokolle in Bezug auf ihre Verwendung in einem dezentral gesteuerten System bewertet werden.