

# DIE RECHNERGESTÜTZTE SIMULATION DES BETRIEBS IN WERKBahn – BASF LUDWIGSHAFEN

Michael Edinger<sup>1</sup>, Rainer König<sup>2</sup>, Peter Márton<sup>3</sup>, Miloš Zát'ko<sup>4</sup>

**Zhrnutie:** Článok informuje o spolupráci firmy BASF AG, TU Dresden, firmy SIMCON s.r.o. a ŽU Žilina na oblasti počítačovej simulácie prevádzky železničných uzlov.

## 1. Einleitung

Das Simulationsmodell des Betriebs in Werkbahn - BASF Ludwigshafen entstand im Rahmen der Zusammenarbeit der Firmen BASF AG Ludwigshafen (D) und SIMCON s.r.o. (SK) und der Universitäten TU Dresden (D) und Universität Žilina (SK).

Das Ziel dieser Zusammenarbeit, die in Januar 2003 gestartet ist, ist die geplante Änderungen der Bahnbetriebsabläufe in Werkgelände von BASF Ludwigshafen zu überprüfen, die durch den Umbau und der Erweiterung des Containerterminals KTL - Ludwigshafen und durch die Betriebsrationalisierung im Werkbahn in Frage kommen.

## 2. Bahnbetrieb im Werkgelände - BASF Ludwigshafen

Die BASF AG gehört zu den weltweit führenden Unternehmen der chemischen Industrie und betreibt Produktionsstätten in 39 Ländern. Der Schwerpunkt des Geschäftes liegt im Heimatmarkt Europa, die Produktpalette reicht von Erdgas, Öl und Petrochemikalien bis zu hochveredelten Chemikalien, Farben, Kunststoffen und Pflanzenschutzmitteln. Produktion, Forschung und Logistik arbeiten vernetzt in einem Verbund.

In Ludwigshafen am Rhein betreibt die BASF einen der weltweit größten Chemiekomplexe. Er ist das Stammwerk der BASF-Gruppe und erstreckt sich über ca. 6 km in der Länge und bis zu 3 km in der Breite.

Innerhalb des Werkgeländes verfügt die BASF über Gleisanlagen mit einer Gesamtlänge von 217 km, einschließlich 855 Weicheneinheiten. Die produzierenden Betriebe sind in 40 so genannten Werkstraßen angesiedelt, zu deren Bedienung auf dem Schienenwege 460 Ladestellen an 250 Anschlüssen existieren.

Für Rangier- und Zustellaufgaben sind 20 Diesellokomotiven unterschiedlicher Leistungsklassen, sowie acht Zweiwege-Unimog vorhanden, wobei für den regulären Einsatzplan etwa zwölf Loks und drei Unimogs benötigt werden [2].

---

<sup>1</sup>BASF AG, GLL/RI-B818, D-67056 Ludwigshafen, tel: +49 621 60 22107, email: Michael.Edinger@basf-ag.de

<sup>2</sup>Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, Fakultät Verkehrswissenschaften "Friedrich List", Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden, tel.: +49 351 463 3 6535, fax: +49 351 463 3 6529, email: Rainer.Koenig@mailbox.tu-dresden.de

<sup>3</sup>Lehrstuhl Verkehrsnetze, Fakultät Management und Informatik, Universität Žilina, Moyzesova 20, SK-01026 Žilina, Slowakei, tel: +421 41 513 4229, fax: +421 41 565 1015, email: Peter.Marton@fri.utc.sk

<sup>4</sup>SIMCON s.r.o., Nám L. Fullu 15/105, SK-01008 Žilina, Slowakei, tel/fax: +421 41 565 5379, email: Milos.Zatko@simcon.sk

Die Güterwagen werden über einen Ablaufberg nach Werkstraßen sortiert und ggf. verwogen, wobei im Regelfall zwei Abläufe aufgrund der begrenzten Anzahl an Richtungsgleisen erforderlich sind. In 24 Stunden hat der Ablaufberg einen Durchsatz von etwa 1200 Abläufen zu verzeichnen.

Die ganze Gleisanlage wird nach Verkehrsfunktion in zwei Hauptteile geteilt:

- Bahnhof, d.h. die Hauptinfrastruktur und
- Werkteil, d.h. die Verbindungsgleise und die Ladegleise für die Be- und Entladung von Güterwagen.

Der Untersuchungsbereich in dieser Simulationsstudie bezieht sich rein auf den Bahnhof. Der Bahnhof ist mit einer spezifische Gleisanordnung charakteristisch, die dem Verwendungszweck angepaßt ist (Bild 1). Die einzelnen Gleisgruppen haben folgende Aufgaben (Tabelle 1).

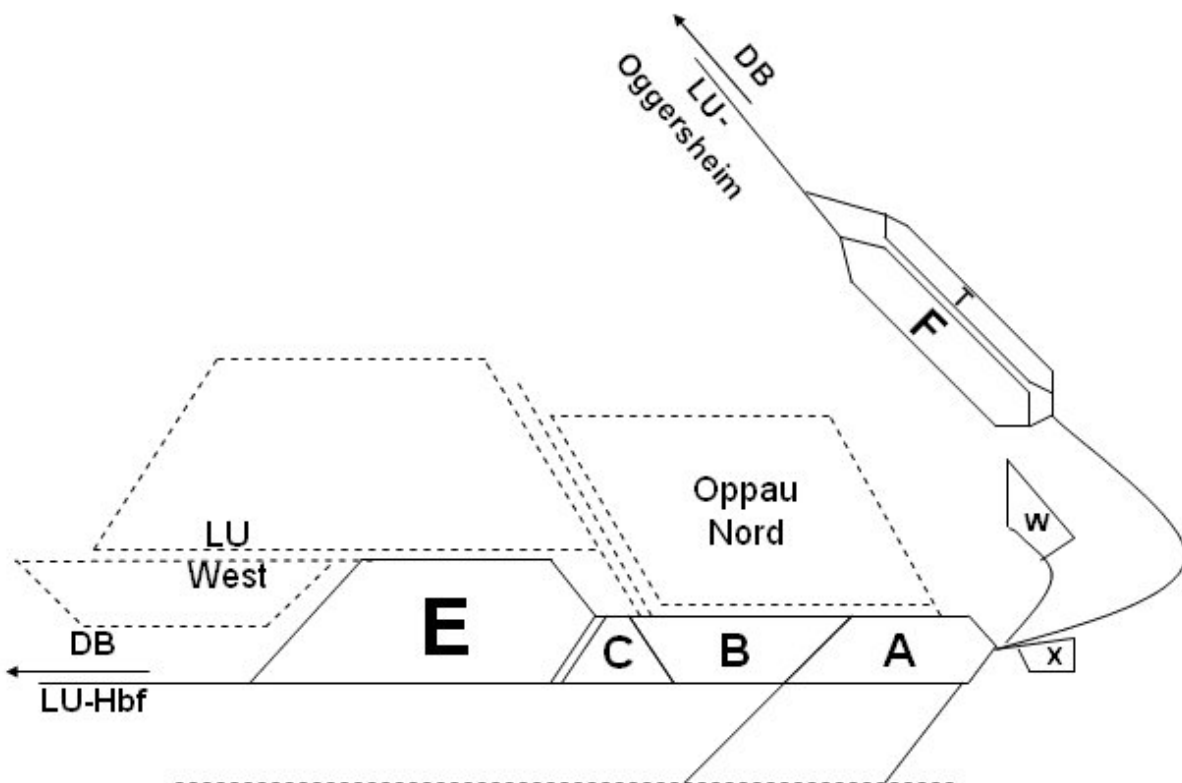


Bild 1: Systemskizze des Bahnhofs

Gleisgruppen	Aufgabe
F	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufnehmen zulaufender Züge von DB-Netz</li> <li>▪ Behandlung der zulaufenden Züge</li> <li>▪ Wartezone der Eingangszüge bis Umstellen in der B-Gruppe</li> <li>▪ Behandlung der Ausgangszüge</li> <li>▪ Wartezone der Ausgangszüge bis Abfahrt auf DB-Netz</li> </ul>
T	Anlage des Containerterminals – organisatorisch unabhängig von BASF
A, C, W, X	Hinterstellung der leeren Wagen und temporäres Abstellen der beladenen Wagen

Gleisgruppen	Aufgabe
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sammeln der Wagen von Werkteilen und F-Gruppe</li> <li>▪ Vorbereitung der abgestellten Wagengruppen für Zerlegung</li> <li>▪ Warten der Wagen bis zur Zerlegung</li> </ul>
Ablaufanlage	Zerlegen der Wagen – befindet sich zwischen B- und E-Gruppe
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sammeln der zerlegten Wagen nach Bestimmung</li> <li>▪ Zugbildung der Ausgangzüge</li> <li>▪ Zugbildung für die Werkteilen</li> </ul>

Tabelle 1: Funktion der Gleisgruppen im Bahnhof

### 3. Die Erstellung des Simulationsmodells

Das Simulationsmodell des Betriebs in Werkbahn - BASF Ludwigshafen wurde mittels Simulationswerkzeug Villon erstellt. Dieses Werkzeug ist schon aus früheren Symposien bekannt. Die Eigenschaften des Simulationswerkzeuges wurden schon in mehreren Fachartikeln publiziert [1], [3], [4], [5], [6], [7].

Die während der Simulationsmodellerstellung verwendeten Unterlagen wurden zum großen Teil von Firma BASF geliefert. Ein Teil der Unterlagen wurde während der Datenaufnahme vor Ort Stelle erfaßt. Auf dieser Datenerfassung nahmen die Mitarbeitern alle beteiligten Partnern teil.

Bei der Erstellung des Simulationsmodells wurden folgende Unterlagen notwendig:

- a) Lageplan der Werkbahn – im Maßstab 1:1000,
- b) Beschreibung der Zugbehandlung, Funktionen beteiligten Personals
- c) Liste der Rangier-Tfz mit technischen Angaben und geplante Einsatz der Rangier-Tfz
- d) Liste der Eingangs- und Ausgangszüge mit Fahrplan, Reihenfolge und Bestimmungsorte der Wagen
- e) Eingang der Wagen aus der Werkteilen in die B-Gruppe,
- f) Gleislage der Wagen bei Simulationsbeginn,
- g) Liste der in der E-Gruppe gebildeten Relationen,
- h) Rangierzetteln der zerlegten Wagengruppen,
- i) Komplette Liste der Be- und Entladestellen, die als die Bestimmungsorte definieren wurden,
- j) Liste der Rangierbewegungen im KTL-Bereich (T-Gruppe),
- k) Angaben über allen mittels ESTW eingestellten Fahrstraßen mit der Erläuterung.

Die Unterlagen a), b), c), d), e), g), i) und j) wurden in der elektronischen Form vorbereitet. Die Unterlagen f), h) und k) wurden nur in Papierform geliefert.

Aufgrund der Unterlagen wurde erst das *Ist-Modell* erstellt. Das Ist-Modell wurde später in der Experimentierungsphase für weitere abgeleitete Modelle verwendet.

### 4. Simulationsexperimente

Die Experimentierungsphase wurde ebenfalls mit Simulationswerkzeuge Villon durchgeführt. Die Hauptaufgabe der Simulationsexperimente wurde, die Maßnahmen für Gewährleistung des störungsfreien Bahnbetriebs nach Infrastrukturänderungen und der Betriebsrationalisierung in BASF zu verifizieren. Bis Ende April ausgebaute Modelle kann man in drei Experimentpakete aufteilen:

1. Ist-Modell
2. Baustelle
3. Modell 2005

#### **4.1 Ist-Modell**

Wie schon oben erwähnt wurde, am Anfang der Simulationsstudie wurde das Ist-Modell erstellt. Dieses Modell darstellt den realen Betrieb von den 9. April 2003 5:30 bis 10. April 2003 5:30, d.h. eine Tag- und eine Nachtschicht. Dieses Modell dient als ein Referenzmodell bei der Auswertung der Maßnahmenauswirkung in einzelnen Simulationsexperimenten. Gleichzeitig wurde auch die Abbildung der Bahnprozesse im Simulationswerkzeug Villon verifiziert.

#### **4.2 Baustelle**

Die Simulationsexperimente im Paket Baustelle darstellen verschiedene Varianten des Bahnbetriebs in Werkgelände BASF, der vom KTL Umbau und Erweiterung beeinflusst wird.

Durch den Umbau hat die Anzahl der verfügbaren Gleise in der F-Gruppe gesunken. So standen in den Simulationsexperimenten dieses Paketes, gegenüber den 9 Gleisen im Ist-Modell, in der F-Gruppe nur 6 Gleise zur Verfügung. Diese Infrastrukturmaßnahme hat zu den Änderungen in der Zugbehandlung geführt, die mittels Simulation zu überprüfen wurden. Dabei kamen verschiedene Änderungen in Frage, wie z.B.:

- ein Teil der Ausgangszugbehandlung in der E-Gruppe zu durchführen – z.B. die Bremsprobe,
- ein Teil der Ausgangszugbehandlung in der A-Gruppe zu durchführen – z.B. die wagentechnische Überprüfung und Wagendatenkontrolle.

Um einige Vorschläge zu realisieren, war erforderlich auch mit Infrastrukturänderungen in der A-Gruppe zu rechnen.

#### **4.3 Modell 2005**

Die BASF AG plant in nächstem Jahr, das Wagenmanagement deutlich zu verbessern. Das Ziel ist die Beschleunigung des Wagenumlaufs. Damit soll auch die Verminderung des Wagenparks und der erforderlichen Infrastruktur für die Wagenabstellung erzielt werden. Letztendlich führt diese Maßnahmen zur erheblichen Kostensenkung.

Bis Ende April 2004 wurden 2 Simulationsexperimenten vorbereitet, bei deren die Beschleunigung des Ausrangierens der abgestellten Kesselwagen in A- und W-Gruppe überprüft wurde.

### **5 Ergebnisse der Simulationsexperimente**

Da der Verlauf eines Simulationslaufes komplett gespeichert ist, ermöglicht das Simulationswerkzeug Villon eine detaillierte Auswertung der Simulationsexperimente. Neben der Auswertung, die nach Experimentierung zur Verfügung steht, konnte man wichtige Kenntnisse über den Betrieb mittels Animation der Bahnprozesse in Villon gewinnen.

Die Ergebnisse jedes Simulationslaufes wurden während gemeinsamen Treffen allen Projektbeteiligten analysiert und diskutiert. Dadurch wurden die Vorteile und Nachteile einzelner Vorschläge sofort zugeordnet. Die Ergebnisse des Experimentspakets Baustelle wurden schon im realen Betrieb integriert.

### **6 Neue Anforderungen an die Simulation**

Das Simulationswerkzeug Villon war bisher meistens bei den Projekten verwendet, die sich mit Betrieb auf den Bahnhöfen einer Eisenbahngesellschaft beschäftigt haben. Die Mehrheit der Prozesse, die in diesen Bahnhöfen ablaufen, sind mit der Eingangs- und Ausgangsbehandlung der Züge verbunden und ablaufen auf der ganzen Zuggarnituren. Die Zugbehandlung in solchen

Simulationsmodell läuft nach vordefiniertem Schema. Dieses Schema wird dann einer Mehrheit der Züge zugeteilt, die nach selben Verfahren behandelt werden. (unter dem Begriff „Schema“ soll man sich eine Abfolge einzelnen Behandlungstätigkeiten vorstellen, wobei auch Parallelität der Tätigkeiten möglich ist). Im Simulationsmodell dieser Art wird die Bedienung der Be- und Entladegleise selten dargestellt.

Die Bahnbetriebsimulation in Werkbahn in Ludwigshafen wird unter diesen Aspekt einzigartig. Der Betrieb wird besonders im Zusammenhang mit der Wiederholung der Abholungs- und Zuführungsprozessen an Be- und Entladegleise sehr regellos. Während dieser Prozessen kommt oftmals zum An- und Abkuppeln der Wagen von Rangiereinheiten. In diesem Fall die Definierung eines Schemas für die Verteilung der Wagen auf die Entladegleise ist sehr anspruchsvoll. Das erstellte Schema ist hochwahrscheinlich nicht wieder benutzbar, weil die Zusammensetzung der Rangiereinheit bei ähnlichem Auftrag nur selten dieselbe ist.

## **7 Zusammenfassung**

Die bisherige Zusammenarbeit auf dem Simulationsprojekt betrachtet jeder Projektmitglieder positiv. Die BASF AG hat wertvolle Kenntnisse für die Planung und Umsetzung der Betriebsmaßnahmen gewonnen. Die Firma SIMCON s.r.o. hat den Einsatzgebiet der Simulationswerkzeuges Villon auf die Industrieanlagen erweitert. Die Universitäten TU Dresden und ŽU Žilina dank der Kooperation mit Praxis können erworbene Erkenntnisse den Studenten im Lehrprozess übermitteln.

Die mittels Simulationsexperimenten erworbene Kenntnisse haben die Ersparung des Finanzmittels ermöglichen, die andernfalls zur Sanierung der falschen Entscheidungen nötig wären. Der Vergleich des Ist-Modells mit dem realen Betriebsablauf hat gezeigt, daß die Genauigkeit des Modells in diesem Projekt zwischen 80 und 90 % liegt und daß das Simulationswerkzeug Villon für Modellierung von komplizierten Prozessen einer Werkbahn geeignet ist.

Das Projekt der Betriebssimulation in der Werkbahn BASF Ludwigshafen ist noch nicht beendet. Es wird die Überprüfung der weiteren Rationalisierungsmaßnahmen des künftigen Werkbahnbetriebes fortsetzen.

## **8 Literatur**

1. N. Adamko, M. Zaťko, V. Klima, A. Kavička: „Alternatívne možnosti využitia simulačných modelov železničnej prevádzky“, Proc. Žel 2002, Žilina 2002, 1-154.
2. N. Bienek: „Nutzung der Szenario-Technik für die Untersuchung des Einflusses der Mengeströme auf das Kapazitäts- und Leistungsprofil einer Werkeisenbahn“, Proc. Diplomarbeit, TU Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Institut für Verkehrssystemtechnik, Dresden 2001, 1-2.
3. H. König, L. Skyva: „Rationalisierung der Eisenbahnprozesse mit Hilfe von Simulationssoftware VirtuOS“, Proc. Žel 2000, Žilina 2000, 3-194.
4. P. Márton, M. Žarnay, W. Li: „Development of computer simulation model of Mudanjiang railway junction and its results“, Proc. Žel 2003, Žilina 2003, 2-174.
5. P. Švorc, M. Macho: „Simulačný model prevádzky železničnej vlečky“, Proc. Žel'99, Žilina 1999, 2-201.
6. M. Žarnay, A. Kavička: „Simulation model of passenger railway station operation“, Proc. Žel'99, Žilina 1999, 2-128.
7. M. Žarnay, P. Márton, M. Dupkala: „Vytvorenie a použitie simulačného modelu železničnej stanice Žilina-Teplička“, Proc. Žel 2002, Žilina 2002, 2-113.