

Zugleitsystem für Regionalstrecken

Burkhard Stadlmann

Fachhochschule Wels
Roseggerstr. 12
A – 4600 Wels
b.stadlmann@fh-wels.at

Abstract: Es wird ein an der FH-Wels entwickeltes Zugleitsystem für Regionalstrecken vorgestellt. Ziel des Systems war es, eine kostengünstige Unterstützung für den bisherigen Zugleitbetrieb mittels Sprechfunk zu realisieren. Die Ortung der Züge erfolgt durch GPS und mittels Radsensoren. Die Verwendung von Ada erleichterte eine sichere und wartungsfreundliche programmtechnische Realisierung. Das System verzichtet auf hardwaremäßige Redundanz, hat aber zahlreiche redundante Mechanismen in der Software.

1 Motivation

Im Bereich der Zugleittechnik und Zugsicherungstechnik gibt es in Europa zahlreiche alte und neue²⁴ Systeme für Hauptstrecken. Der Investitionsaufwand für all diese Systeme ist erheblich und kann von kleinen Regionalstrecken oft nicht getragen werden. Viele Regionalstrecken fahren daher mit einem sogenannten Zugleitbetrieb, bei dem der Fahrdienstleiter per Sprechfunk dem jeweiligen Zug die Erlaubnis erteilt, bis zu einem bestimmten Bahnhof zu fahren. Der Fehler einer der beteiligten Personen kann dabei unfallverursachend sein. Mehrere Vorfälle mit tragischen Personen- und hohen Sachschäden beweisen die Problematik deutlich²⁵.

Ziel des vom Land Oberösterreich geförderten Projektes war es daher, ein einfaches System zu entwickeln, das unter Berücksichtigung der wirtschaftlich vertretbaren Investitionskosten die Sicherheit auf Regionalstrecken mit einfachen Betriebsverhältnissen erhöht und die Betriebsabwicklung erleichtert. Ein vergleichbares System gibt es bis dato nicht. Der für die Deutsche Bahn entwickelte Funkfahrbetrieb ist insofern nicht vergleichbar, da er einen wesentlich höheren Automatisierungsgrad zum Ziel hatte [Schäfer00] [Arms00].

2 Systemansatz

Zur Lösung wurden folgende technische und betriebliche Ansätze entwickelt:

- ♦ Abbildung der derzeitigen Betriebsweise (Zugleitbetrieb mittels Sprechfunk) auf ein System mit Computerunterstützung. Die Sicherheitsverantwortung ruht auf

²⁴ ERTMS / ETCS: European Rail Traffic Management System / European Train Control System; siehe dazu u.a. [Pachl00] [Gedda00] [Feldt01]

²⁵ Allein im Jahr 2002 gab es schwere Unfälle in Österreich auf der Donauuferbahn (Fehler des Fahrdienstleiters, der die Zielpositionen auf der Strecke verwechselte) und der Murtalbahn (Fehler des Triebfahrzeugführers, der eine angeordnete Kreuzung nicht abwartete) [EÖ02].

einer Kombination aus Computerunterstützung und Kontrolle durch die Bediener.

- ♦ Ausrüstung der Fahrzeuge mit Bordrechner und Datenfunk zum Zentralrechner.
- ♦ Verzicht auf hardwaremäßige Redundanz aus Kostengründen.

Wie kann mit diesen Ansätzen das Ziel „einfaches, sicheres und kostengünstiges System“ erreicht werden?

Die meisten Sicherungssysteme im Bahnbereich werden entsprechend der Software-Sicherheitsanforderungsstufe 4 (SSAS 4) der europäischen Bahnnormen [EN50128] entwickelt. Bei dem Projekt Zugsicherungssystem sollte kein klassisches Zugsicherungssystem mit SSAS 4 entwickelt werden, sondern es sollte die derzeit unbefriedigende Situation, dass der Fehler eines einzelnen Bedieneten einen Unfall verursachen kann, verbessert werden. Zur Erreichung dieses Ziels wurden folgende Maßnahmen realisiert:

- ♦ Alle sicherheitsrelevanten Schritte des Systems beruhen auf unmittelbaren Bedienereingaben bzw. müssen von diesen explizit bestätigt werden.
- ♦ Softwaremäßige Redundanz in mehreren sicherheitskritischen Teilbereichen.
- ♦ Kompensation der unsicheren Funkübertragung durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen verbunden mit Quittierungs- und Kontrolltelegrammen.
- ♦ Das System wird einer langfristigen Praxiserprobung mit anschließender Validierung unterzogen.

Da mit Ada eine bewährte Technologie für sicherheitskritische Systeme zur Verfügung steht, wurde Ada für den größten Teil des Systems verwendet.

3 Realisierung

Die softwaretechnische Realisierung wurde in Form von drei großen Modulen durchgeführt. Das Design aller Module erfolgte auf Basis der UML. Es wurden dabei Use-Case-, Zustands-, Aktivitäts- und Klassendiagramme verwendet.

Das **Modul Bordrechner** ist eine Ada-Multitasking-Applikation unter dem Echtzeitbetriebssystem ETS von Pharlap. Das Design beruht auf der Verwendung von State-Machines. Die wichtigsten programminternen Statusvariablen des Bordrechners werden durch zusätzliche Prüfsummen (CRC-Algorithmus) gesichert. Viele interne Abläufe beruhen auf zwei oder mehr beteiligten Programmteilen, die nur gemeinsam ein korrektes Ergebnis liefern. Damit wird die fehlende Hardwareredundanz auf Rechner Ebene zumindest teilweise ersetzt. Eine Überwachungstask und der Watchdog haben die Aufgabe, die Systemfunktionalität zu überwachen.

Per Datenfunk kommuniziert der Bordrechner mit der Zentrale. Regelmäßige Statusmeldungen sorgen für eine quasi lückenlose Überwachung der Züge und des Funkkanals. Die Sicherung der Funktelegramme erfolgt durch eine CRC-Prüfsumme und eine überlagerte XOR-Prüfsumme. Weiters werden verlorene und vertauschte Telegramme erkannt. Kann das Funksystem ein Telegramm nicht bis zum Empfänger übertragen, wird dies an den Absender zurückgemeldet, der entsprechende Maßnahmen veranlasst.

Die Zugortung erfolgt redundant durch GPS und Radsensor. Die Redundanz der beiden Messsysteme wird zur gegenseitigen Überwachung und zur Kompensation eines vorübergehenden Ausfalls eines der beiden Systeme verwendet, sodass die Position ausreichend zuverlässig ermittelt werden kann. Die Abbildung auf die Strecke erfolgt

mit Hilfe eines digitalen Streckenatlases, wodurch als Endergebnis der Ortung eine Positionsangabe in streckenspezifischen Koordinaten (bestehend aus Streckennummer und Kilometerangabe) vorliegt. Da das korrekte Funktionieren des Systems einen richtigen Streckenatlas voraussetzt, existieren drei Kopien dieses Atlases im Speicher, die zyklisch miteinander verglichen werden.

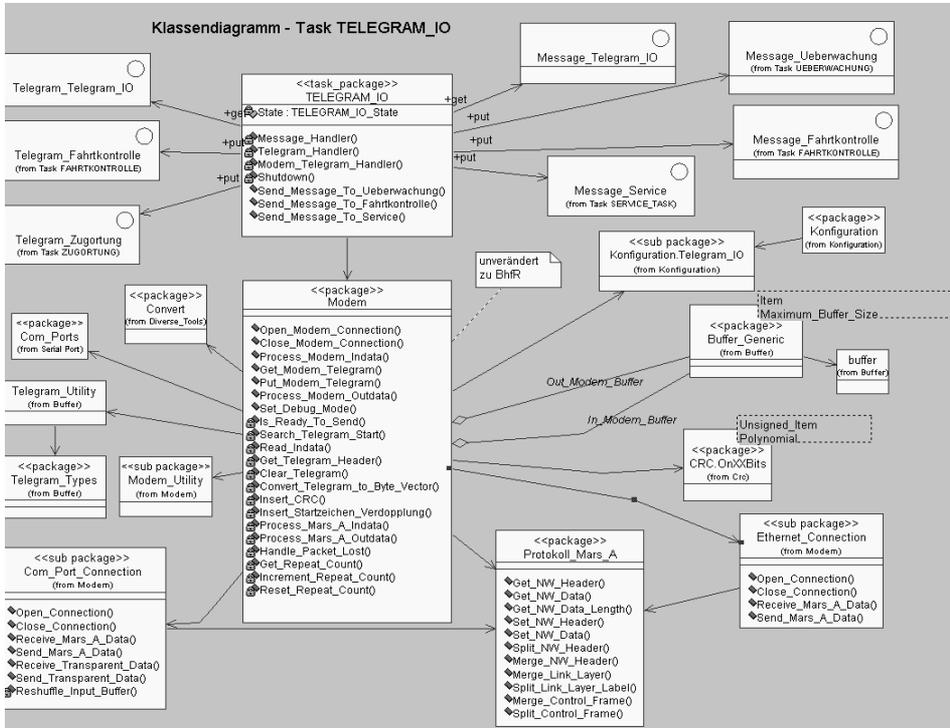


Abbildung 1: Beispiel aus dem UML-Klassen-Design

Das **Modul Zentralrechner - Kernapplikation** ist ebenfalls eine Ada-Multitasking-Applikation unter dem Betriebssystem Windows 2000. Hier werden alle von den Zügen eintreffenden Meldungen auf Plausibilität geprüft. Weiters erfolgt hier die zentrale Verwaltung der Fahrerlaubnisse der Züge und deren Prüfung. In einer eigenen Task ist unabhängig vom übrigen System aus Redundanzgründen eine Kollisionsüberwachung implementiert, die anspricht, wenn sich zwei Züge zu nahe kommen.

Das System ist von der Bedienung und von der Software her so konzipiert, dass bei einem Systemabsturz der Fahrdienstleiter in kürzester Zeit in der Lage ist, das System wieder hochzufahren und gleichzeitig das System in einen überprüften Zustand zu versetzen. Da es sich bei dem Gesamtsystem (Zentralrechner und zahlreiche Bordrechner) um ein verteiltes nur lose gekoppeltes System handelt, musste beim Design der Bedienungsabläufe und der Datenkommunikation besonders beachtet werden, mögliche inkonsistente Systemzustände wieder zu synchronisieren.

Das **Modul Zentralrechner - Bedienungsoberfläche** beinhaltet das GUI auf Basis einer

Windows-Oberfläche. Es ist in Java entwickelt und kommuniziert mit der Kernapplikation via TCP/IP. Die Darstellung am Bildschirm erfolgt in zwei Sichten: Einerseits werden die Zugbewegungen in einer schematischen Streckendarstellung angezeigt, und andererseits wird ein Bildfahrplan (maßstäbliches Zeit-Weg-Diagramm) geführt, in dem die fahrplanmäßigen Soll- und die tatsächlichen Ist-Fahrbewegungen der Züge als Linien übersichtlich dargestellt sind. Die Datenbasis für die Fahrplandaten ist eine relationale Datenbank. Dabei werden die Sollfahrplandaten aus dem Jahresfahrplan im XML-Format aus einem externen Fahrplanbearbeitungsprogramm importiert.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projektes „Zugleitsystem für Regionalstrecken“ wurde ein verkehrstelematisches System entwickelt, das den bisher per Sprechfunk abgewickelten Zugleitbetrieb auf Regionalstrecken mit einfachen Betriebsverhältnissen durch Computerunterstützung sicherer und leichter handhabbar macht. Der größte Teil der Software wurde in Ada geschrieben. Die Ortung der Züge erfolgt durch die kombinierte Auswertung von GPS-Signalen und Radsensoren. Das System verzichtet zwar aus Gründen der Kosten auf unmittelbare Hardware-Redundanz, aber es enthält eine Vielzahl von softwaretechnischen Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit und Fehleroffenbarung.

Das System hat im bisherigen Betriebseinsatz bewiesen, dass es ausreichend sicher ist und die Software zuverlässig in Betrieb ist. Bei den in der Erprobungsphase notwendig gewordenen Anpassungen hat sich die Wartungsfreundlichkeit des Designs und der Programmiersprache Ada bereits bewährt. Eine Anpassung des Systems für den Einsatz auf anderen Strecken mit einem vergleichbaren Zugleitbetrieb ist leicht möglich.

Ein Anschlussprojekt in Richtung Qualitätssicherung, Fahrgastinformation und Anschlusssicherung im Öffentlichen Personennahverkehr im ländlichen Raum wird im Rahmen des Programms „Intelligente Infrastruktur“ des österreichischen Verkehrsministeriums umgesetzt. Weitere Entwicklungsansätze sind die Integration der EGNOS-Daten für die Zugortung und eine teilweise Integration in ETCS-kompatible Komponenten. Letzteres würde einen flexiblen Einsatz von ETCS-ausgerüsteten Fahrzeugen (für Hauptstrecken) auf Regionalstrecken mit einem derartigen Zugleitsystem erleichtern.

Literaturverzeichnis

- [Arms00] Arms, J-C.; Porsig, A.; Menne, D.; FunkFahrBetrieb im Übergang von der Entwicklung zur Pilotrealisierung; Eisenbahntechnische Rundschau Heft Juli/August 2000; Hestra Verlag Darmstadt
- [EN50128] EN 50128; Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Software für Eisenbahnsteuerungs- und Überwachungssysteme; Ausgabe 2001-11
- [EÖ02] Eisenbahn Österreich, Jahrgang 2002; Verlag Minirex Luzern
- [Feldt01] Feldt, H-J.; Schwander M.; FSS-Pilotprojekt der SBB – Erfahrungen aus dem Testbetrieb; Signal+Draht Heft November 2001; Tetzlaff Verlag Hamburg
- [Gedda00] Gedda, B.; ERTMS auf dem Weg; Signal+Draht Heft Mai 2000
- [Pachl00] Pachl, J.; Zugbeeinflussungssysteme europäischer Bahnen; Eisenbahntechnische Rundschau Heft November 2000; Hestra Verlag Darmstadt
- [Schäfer00] Schäfer, M.; Pauli, W.; Funkfahrbetrieb – Erstanwendung für die DB AG im Lautertal; Signal+Draht Heft März 2000