

## Kurzfassung

Die Regelwerke und Richtlinien der europäischen Eisenbahnen weisen eine große Heterogenität bezüglich der darin enthaltenen Regeln, der verwendeten Begriffe, der inhaltlichen Tiefe und der Struktur auf. Daraus folgt, dass die Prozesse zur Durchführung des Betriebes nicht einheitlich sind, das betriebliche Personal nicht ohne Weiteres im Ausland eingesetzt werden kann und das gegenseitige Verständnis zum Bau und Betrieb nicht durchgängig gegeben ist. Die Europäische Union verfolgt das Ziel, den grenzüberschreitenden Eisenbahnverkehr zu unterstützen und veröffentlicht Richtlinien zur Verbesserung der technischen und betrieblichen Übergangsfähigkeit. Diese Arbeit betrachtet die Eisenbahnsysteme, für die die Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität gelten und bezieht sich hierbei auf das Teilsystem Betrieb.

Das Ziel der Arbeit ist es, Eisenbahnbetriebsprozesse generisch zu beschreiben und grundlegende Regeln, welche universell anwendbar sind, herauszuarbeiten. Auf Grundlage dieses Ansatzes soll es möglich sein, ein harmonisiertes und länderübergreifendes Betriebsverfahren zu entwerfen. Im Weiteren werden Ergebnisse angestrebt, die das gemeinsame Prozessverständnis fördern, Hilfestellung zum Abbau der fachsprachlichen Differenzen anbieten, den Wissensaustausch unterstützen, den internationalen Personaleinsatz ermöglichen sowie die Entwicklung und die Dokumentation der technischen Anlagen vereinfachen, insbesondere in der Leit- und Sicherungstechnik.

Ausgehend vom aktuellen Stand der Forschung werden wissenschaftliche Arbeiten, eisenbahnbetriebliche Veröffentlichungen und bisherige Entwicklungsergebnisse zur betrieblichen Interoperabilität analysiert und auf ihre inhaltliche Fortführung hin überprüft. Es zeigt sich, dass ein Teil der Veröffentlichungen als Grundlage herangezogen werden kann.

Eine besondere Rolle spielt die betriebliche Fachsprache. Die Beschreibung der Betriebsprozesse weist bereits in einer natürlichen Sprache eine so hohe Komplexität auf, dass die gleichzeitige Betrachtung aller Staaten der Europäischen Union ein kaum zu überschauendes Sachgebiet wäre und die Bearbeitung nur über einen langfristigen Bearbeitungszeitraum erfolgen kann. Für die Entwicklung einer Harmonisierungsmethode ist jedoch die Auswahl eines kleinen Untersuchungsraumes mit einer gemeinsamen Sprache ausreichend und die Beherrschung der sprachliche Komplexität kann angemessen veranschaulicht werden. Für die Methodenentwicklung werden die Fahrdienstvorschriften der drei mitteleuropäischen Staaten Deutschland, Österreich und Schweiz sowie die Richtlinien der Europäischen Union berücksichtigt.

Das System Eisenbahn ist ein komplexes Gefüge, für dessen Prozessmodellierung entsprechend geeignete Methoden und Beschreibungsmittel benötigt werden. Dafür bieten sich Verfahren des Systems Engineering an, die auf die Analyse, die Entwicklung, den Test und die Dokumentation integrierter Produkteinheiten und Prozesse in einem Systemkontext spezialisiert sind. In dieser Arbeit werden verschiedene Beschreibungsmittel untersucht und auf ihre Eignung zur Abbildung abstrakter Prozessmodelle überprüft. Im anschließenden Auswahlverfahren zeigt sich, dass für die Modellierung die semiformale Sprache Unified Modeling Language am besten geeignet ist und mit ihr eine generische Beschreibung als handhabbar erscheint.

Für die Herleitung der betrieblichen Grundprozesse, mit denen Zugfahrten durchgeführt werden, werden generische Betriebsmittel abgeleitet und im „Generischen Referenzsystem Eisenbahn“ zusammengefasst, welches auf den Vorüberlegungen von [BOSSE 2010] basiert. Aufbauend auf einem einfachsten, anzunehmenden Eisenbahnnetz werden Fahrzeugbewegungen modelliert und die hierfür notwendigen Aktivitäten in UML-Diagrammen beschrieben. Mit der schrittweisen Erweiterung werden die Diagramme entsprechend umfangreicher, bis ein Zustand erreicht wird, in dem bei zusätzlicher Systemerweiterung keine Änderung der Verfahrensabläufe nötig ist. Ab diesem Punkt ist ein Prozesskern verfügbar, der in jeder anderen betrieblichen Situation identifiziert werden kann.

In einem Eisenbahnnetz werden komplexe Zugfahrten als auch technologisch einfache Bewegungen zur Zugbildung, für Ladeprozesse oder für besondere betriebliche Situationen durchgeführt. Dafür werden die prinzipiellen Abläufe von Zug- und Rangierfahrten in unterschiedlichen Fallbeispielen unter Zuhilfenahme der generischen Diagramme simuliert. Es wird festgestellt, dass die generischen Prozesse für die betrachteten Beispiele verwendet werden können und die unterschiedlichen Bewegungsarten nachvollziehbar sind. Zusätzlich wird die Anwendbarkeit der generischen Diagramme auf nicht konventionelle Bahnsysteme untersucht (z. B. Bergbahnen, Industriebahnen).

Für die Formulierung anwendertauglicher Regeln müssen die Prozessdiagramme in eine natürliche Sprache transferiert werden. Das bestehende Problem eines fehlenden Fachwortschatzes kann nur durch einen beständigen Harmonisierungsprozess erfolgen, der bei erfolgreicher Umsetzung auch den Einbezug weiterer Wissenschaftsbereiche benötigt. Die vielschichtige Komplexität der Fachsprache wird in dieser Arbeit aufgezeigt und eine Methode für die Harmonisierung betrieblicher Regeln vorgeschlagen. Eine vollständige Angleichung der Begriffe und Regeln ist aufwandsbedingt innerhalb dieser Arbeit nicht denkbar und kann folglich auch nicht vollumfänglich gelöst werden.

Es kann abschließend festgestellt werden, dass ausgehend von den fundamentalen Eigenschaften und des Generischen Referenzsystems eine Methode für die allgemeingültige Prozessbeschreibung zur Verfügung steht. Dadurch ist es möglich, unabhängig von technischen Realisierungsformen und einem historisch gewachsenen Prozessverständnis, Regeln zu de-

finieren, mit denen Zugfahrten sicher und zuverlässig durchgeführt werden können. Die Methode ist unabhängig von der Vorherrschaft eines bestimmten Teilnetzes oder eines Systemanbieters und bildet einen unabhängigen Rahmen für die betriebliche Interoperabilität.