

GERDA – die ETCS-Versuchsanlage für Forschung und Lehre an der TU Dresden

Ein Forschungsprojekt zur Erarbeitung eines Konzeptes für eine generische Versuchsanlage für Zugbeeinflussungssysteme

RICHARD KAHL

Simulationsanlagen sind schon seit längerem fester Bestandteil in der modernen Aus- und Weiterbildung sowie in der Entwicklung und Validierung. Speziell für komplexe Systeme, wie man sie in modernen Anlagen der Eisenbahnsicherungstechnik findet, stellen sie einen hohen Mehrwert dar. Um die Anlagen optimal und möglichst langfristig einsetzen zu können, was den hohen Entwicklungsaufwand rechtfertigt, sind Modularität, Erweiterbarkeit sowie die Verwendung von standardisierten Schnittstellen und Prozeduren unerlässlich – so auch für eine anschauliche Nachbildung verschiedener Zugbeeinflussungssysteme.

Die Technische Universität (TU) Dresden qualifiziert seit vielen Jahren erfolgreich Studenten und berufsbegleitend auch Techniker, Ingenieure und Informatiker für ihre Tätigkeit im Eisenbahnsektor. Dabei stand speziell im Bereich der Leit- und Sicherungstechnik (LST) immer eine praxisorientierte, anschauliche Ausbildung im Fokus. Ebenso wurde stetig an der Weiterentwicklung der LST mitgewirkt, und es wurden dafür neue Methoden, Techniken und Verfahren entwickelt. Um dies zu gewährleisten, sind moderne Labore mit originalen Bauteilen der LST und deren Weiterentwicklung unverzichtbar.

Historie

Bereits zu Beginn der Einführung des European Train Control Systems (ETCS) in Deutschland wurde an der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden der Bedarf diskutiert, eine Versuchsanlage zur Demonstration des europäischen Zugbeeinflussungssystems zu errichten. Hierbei stand vorerst die Nutzung in der studentischen Lehre und die Unterstützung bei der Einführung auf dem mit ETCS ausgerüsteten Teilstück der VDE 8 im Vordergrund. Durch weiteren vertiefenden fachlichen Austausch und die Bearbeitung von mehreren Forschungsprojekten (u. a. Erstellung von ETCS Testfällen [1, 2]) reifte gemeinsam mit den Fachkollegen des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) die Idee, ein vollständiges ETCS-Labor zu entwickeln. Die Nutzung sollte dabei um Möglichkeiten für die Zulassung von Komponenten und/oder der Vorbereitung von zukünftigen

Abnahmen erweitert werden. Ebenso stand die Aus- und Weiterbildung im Fokus.

Anschließend wurde die Entwicklung durch Erstellung einzelner Teilfunktionen, teils mit Unterstützung studentischer Abschlussarbeiten, vorangetrieben, was für ein komplexes und umfangreiches Softwareprojekt nicht optimal geeignet ist. Hierdurch, und aufgrund des veränderten Bedarfes an weiteren Zugbeeinflussungssystemen (z. B. ETCS L1 Full Supervision (FS), Communication-Based Train Control (CBTC)) sowie der Entwicklung von neuen Sicherheitskonzepten (z. B. Forschungsprojekt Neue Sekundärbahn (NSB)), entstand die dringende Forderung nach einem umfänglichen Konzept für eine vollständige, vielseitig nutzbare Versuchsanlage. Übergeordnete Ziele sind hierbei

- ein generischer Aufbau zur Nachbildung verschiedener Zugbeeinflussungssysteme,
- die Nutzung für die Neu- und Weiterentwicklung von Systemen und Anlagen der LST,
- die Möglichkeit der Einbindung von originalen Bauteilen für eine Erprobung im erweiterten Laborumfeld sowie
- die Vernetzung und Kooperation mit anderen Laboren.

Bereits seit 2015 ist die Professur für Verkehrssicherungstechnik mit der Entwicklung eines

ETCS-Versuchsstandes befasst und bildet erfolgreich ETCS-Funktionen nach. In einem internen Forschungsprojekt wurde durch Mitarbeiter der Professur das erforderliche Konzept zur Weiterentwicklung erstellt, in einem zweiten Projektschritt erfolgt ab 2022 die Realisierung.

Konzept GERDA

Zur Entwicklung einer Generischen Erprobungs- und Demonstrationsanlage (GERDA) wurde im ersten Schritt analysiert, ob sich Zugbeeinflussungssysteme unabhängig vom restlichen Bahnsystem nachbilden lassen. Dies ist zwar grundsätzlich möglich, allerdings aufgrund der komplexen und vielfältigen Einflussfaktoren auf das Zugbeeinflussungssystem nicht vorteilhaft. Eine weitestgehend vollständige Nachbildung aller beteiligter Komponenten wird daher empfohlen.

Ressourcen

Um den Kontext der Zugbeeinflussungssysteme anschaulich abbilden zu können, sind diese entweder durch eine Simulation oder durch einfache Modelle zu integrieren. Hierfür bestand der Wunsch, handelsübliche Komponenten zu verwenden, um den Entwicklungsaufwand für die nicht zum Zugbe-

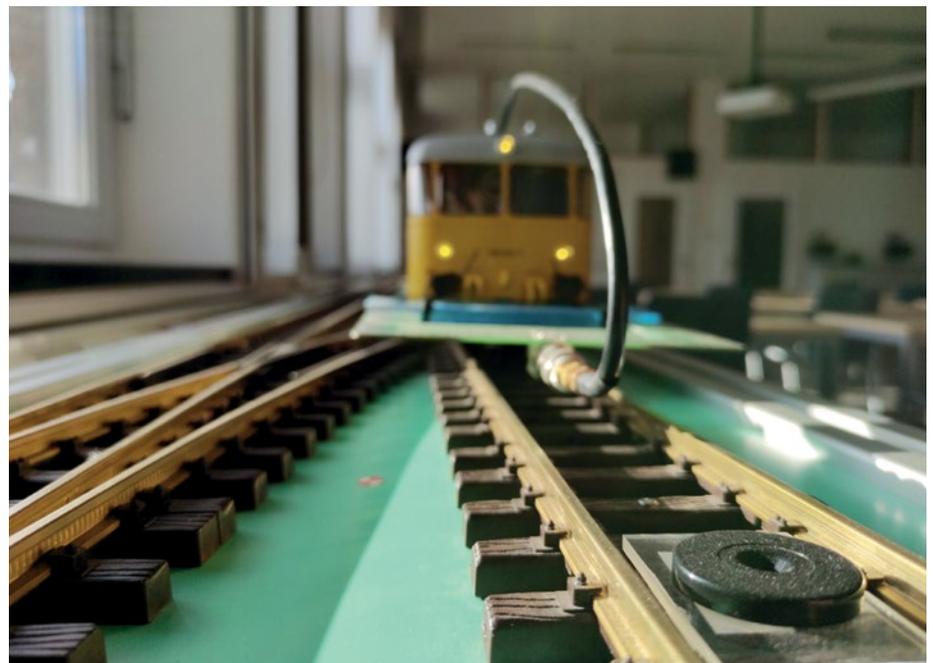


Abb. 1: RFID-Transponder im Gleis zur Nachbildung einer Balise

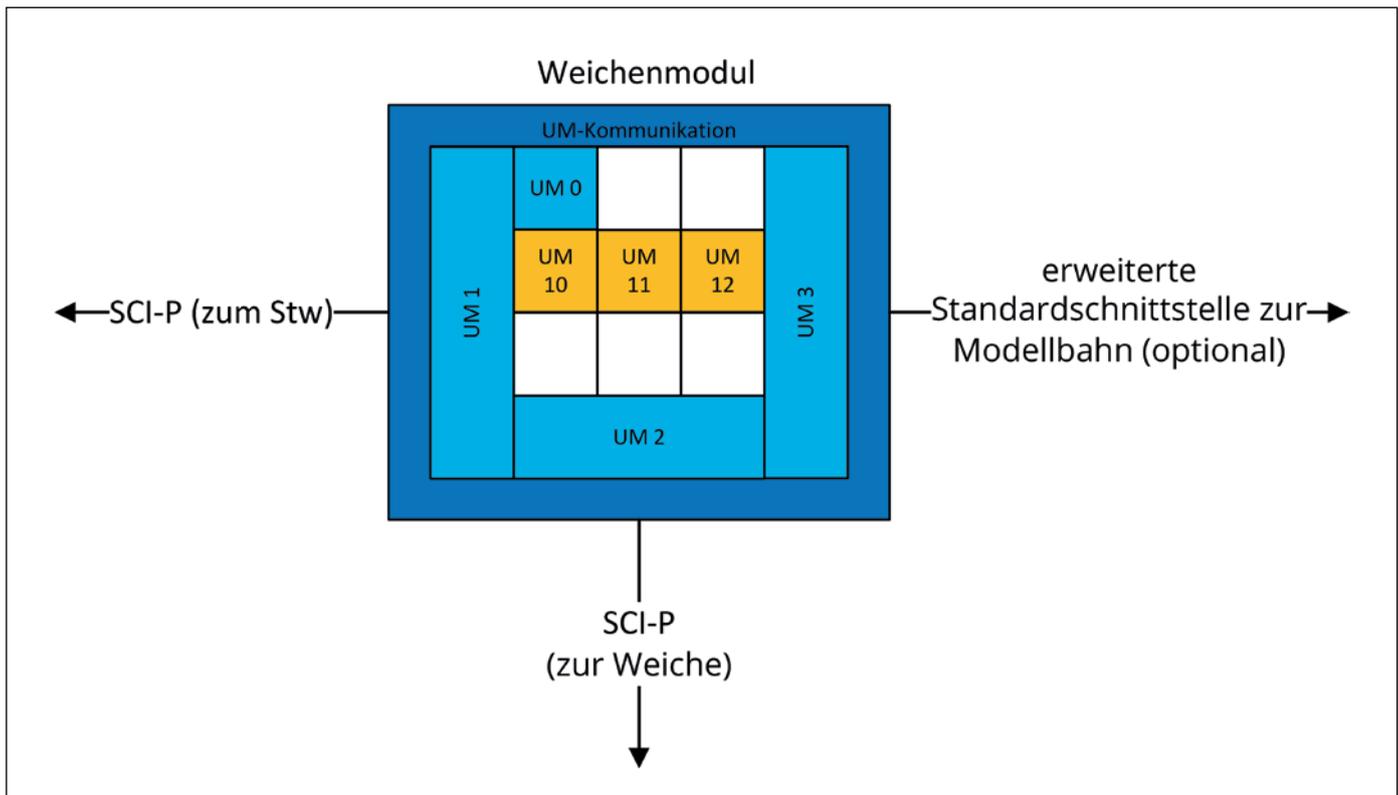


Abb. 2: Aufbau eines Funktionsmoduls am Beispiel des Weichenmoduls

einflussungssystem gehörenden Umsysteme gering zu halten.

Dazu steht eine Modellbahnanlage in Nenngröße Hm mit mehreren Gleisverbindungen und mittlerweile drei Triebfahrzeugen zur Verfügung. Sie sind zusätzlich mit einer RFID-Antenne (Radio-Frequency Identification) sowie mit einer Funkschnittstelle ausgestattet und ermöglichen so das Auslesen von im Gleis positionierten Transpondern (Abb. 1). Diese können eine punktförmige Datenübertragung nachbilden, ohne dabei auf die physikalischen Übertragungseigenschaften, bspw. einer Balise, verzichten zu müssen. Über die Funkverbindung werden die ausgelesenen Daten an die Laborrechner übertragen, wo die Auswertung und Weiterverarbeitung stattfindet.

Zur Nachbildung moderner Verfahren zur Fahrzeugortung wurde eine Ultra-Wide-Band (UWB)- Ortungsanlage installiert, die in den Jahren 2017 bis 2019 erfolgreich im Forschungsprojekt der Neuen Sekundärbahn verwendet wurde. UWB eignet sich dabei gut, um satellitengestützte Ortungsverfahren nachzubilden, deren Tauglichkeit im Eisenbahnsektor zu verifizieren und anschließend innovative Anwendungen zu entwickeln. Ebenso konnten durch Projektpartner Algorithmen zur Auswertung der Ortungsrohdaten erprobt werden.

Um eine nachhaltige und langfristige Nutzung der Anlage zu gewährleisten, wurde auf bereits standardisierte und weitestgehend frei zugängliche Entwicklungen zurückgegriffen. Hierbei stellen beispielsweise die durch die European Union Agency for Railways (ERA)

veröffentlichten Subsets für ETCS [3] oder die durch die Arbeitsgruppe NeuPro entwickelten Schnittstellendefinitionen (Standard Communication Interface, SCI) die Grundlage dafür. Für die vollständige Realisierung sind weitere Komponenten und selbstentwickelte Softwarebausteine erforderlich, die hier allerdings nicht vollständig beschrieben werden sollen.

Aufbau

Um die erforderlichen Funktionen, die mit den eingesetzten Ressourcen nachgebildet werden, möglichst realitätsnah darzustellen, wurden Funktionsmodule (FM) gebildet. Diese verfügen über einheitliche Eigenschaften und einen festen Aufbau. Beispielsweise ist jedes FM erweiterbar und in sich geschlossen und erscheint somit gegenüber anderen benachbarten Modulen immer gleich. Dies bewirkt, dass FM zeitlich und räumlich unabhängig von ihrer Nutzung (weiter-)entwickelt werden können. Anschließend erfolgt lediglich ein Austausch, ohne die umliegenden FM anpassen zu müssen. Weiterhin sind FM auch intern modular aufgebaut, wobei die enthaltenen Untermodule (UM) je für eine zu realisierende Funktion entwickelt werden. Dies bewirkt, dass der Funktionsumfang durch Hinzufügen neuer UM erweitert und an das nachzubildende System und somit an den Anwendungsbedarf angepasst werden kann. Abb. 2 zeigt am Beispiel eines Weichenmoduls den Modulaufbau.

Die Kommunikation zwischen den FM erfolgt, sofern die Schnittstellendefinition dies zulässt,

nach den Vorgaben der Standardschnittstellen (SCI) nach EULYNX Baseline 3 [4]. Dies bietet den Vorteil, dass die Einbindung originaler Bauteile der LST vereinfacht wird, insofern die Komponenten über die entsprechende SCI verfügen. Kommt keine originale Komponente zum Einsatz, kann die interne Kommunikation ebenfalls nach den EULYNX-Spezifikationen erfolgen, eine zusätzliche Entwicklung von Übertragungsrichtlinien ist nicht erforderlich. Allerdings wurden im Konzept für GERDA mehr Kommunikationspfade definiert, als dies in der EULYNX-Spezifikation der Fall ist. Somit musste die durch EULYNX realisierte Strategie auf weitere Schnittstellen übertragen und deren Funktion nachgewiesen werden. Im durchgeführten Forschungsprojekt entstanden dabei mehr als zehn erweiterte Standardschnittstellen, die sich im logischen Aufbau an die Vorgaben der EULYNX-Spezifikation halten. Dies ermöglicht eine weitestgehend einheitliche Verwendung des UM zur Kommunikation zwischen den einzelnen FM. Lediglich kleine Anpassungen, zumeist inhaltliche wie beispielsweise Start- und Zieladresse, müssen vorgenommen werden.

Durch die konsequente Modularisierung und die Verwendung von Standardschnittstellen sowie deren erweiterten Formen lässt sich die Realisierung von GERDA systematisch umsetzen und ermöglicht zudem eine einfache Erweiterung von Funktionen, Komponenten oder ganzen Systemen. Es entsteht so eine generische Plattform für die Nachbildung von modernen Zugbeeinflussungssystemen.

Anwendungsbeispiel

Auch wenn die Motivation für den Start des Forschungsprojekts zur Entwicklung von GERDA bereits einige Anwendungsbedarfe beinhaltete, wurde während der Bearbeitung eine möglichst vollständige Analyse des Bedarfs an Versuchsanlagen für Zugbeeinflussungssysteme durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass GERDA nicht das einzige Projekt am Markt ist, dennoch aber eine hohe Nachfrage an der Nutzung von Simulationsanlagen besteht. Speziell an einer Universität ist die Nutzung in der Lehre (Aus- und Weiterbildung) vorgesehen. Dabei sticht besonders die generische Anwendung und damit die Darstellung unterschiedlicher Systeme hervor, was einen breiten Einsatz in mehreren Lehrveranstaltungen ermöglicht. Weiterhin wird durch die Kombination aus Simulation und Modell die Anschaulichkeit für den Lernenden erhöht, ein hoher Lernerfolg ist zu erwarten. Zielgruppe sind hierbei nicht nur die hauseigenen Studenten der Studiengänge Verkehrsingenieurwesen (Diplom) und Bahnsystemingenieurwesen (Master), sondern auch die Teilnehmer von berufsbegleitenden Weiterbildungskursen. Ebenso ist die Durchführung von weiteren Forschungsprojekten sowie die Vernetzung mit anderen Versuchsanlagen ein wichtiger Fokus

für die nächsten Jahre. GERDA stellt mit dem generischen Aufbau eine sehr gute Grundlage dar, um neue Systeme zu entwickeln, zu erproben und für den anschließenden Einsatz vorzubereiten. Die Eignung der Versuchsanlage für derartige Vorhaben wurde bereits im Forschungsprojekt NSB nachgewiesen. In einem nächsten Schritt ist die Vorbereitung der Versuchsanlage für eine abnahmetaugliche Zulassungsprüfung von neu entwickelten Komponenten der LST vorgesehen. Hierfür sind sowohl rechtliche als auch organisatorische Vorgaben in der Architektur zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Im vorgestellten Forschungsprojekt GERDA wurde ein Konzept für einen generischen Versuchsstand für Zugbeeinflussungssysteme entwickelt. Dabei wurde durch den generischen Aufbau eine vielseitige Anwendung in Lehre und Forschung erreicht. Es werden, wenn möglich, handelsübliche Bauteile verwendet, um das Gesamtsystem Eisenbahn nachzubilden. Ein modularisierter Aufbau ermöglicht eine stetige Weiterentwicklung der Anlage, die interne Kommunikation erfolgt auf Basis von standardisierten Schnittstellen. Zudem konnte gezeigt werden, dass das in EULYNX entwickelte Schnittstellenkonzept erweiterbar ist. ■

QUELLEN

- [1] Han, Y.; Kahl, R.: ETCS-Testfälle – Vorbereitungen für die Inbetriebnahme in Deutschland, SIGNAL+DRAHT (112) 05/2020, S. 13–16
 [2] Kahl, R.; Maschek, U.; Han, Y.; Kunze, M.: Entwicklung von Testfällen für ERTMS, EBA-Forschungsbericht, 2019
 [3] Europäische Union: ERA – European Union Agency for Railways, 2021, online verfügbar unter <https://www.era.europa.eu/>, zuletzt aktualisiert am 20.12.2021, zuletzt geprüft am 25.01.2022
 [4] EULYNX Initiative: EULYNX System definition. A1 EULYNX System architecture V1.6 17

**Dipl.-Ing. Richard Kahl**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
 Professur für Verkehrssicherungstechnik
 TU Dresden, Dresden
richard.kahl@tu-dresden.de

iaf 28. Internationale Ausstellung
 Fahrwegtechnik

28. Internationale Ausstellung Fahrwegtechnik (iaf)

31. Mai - 2. Juni 2022 in Münster

- > Weltweit größte Messe auf dem Gebiet der Fahrwegtechnik
- > Über 200 internationale Aussteller
- > 15.000 m² Hallenfläche, 6.000 m² Freigelände und 3 km Gleise
- > Seminare und Workshops im iaf Salon
- > Jobbörse und Karrieretag

Weitere Informationen unter: www.iaf-messe.com

