

# Funktionale Tests von EULYNX Komponenten im RailSiTe®-Labor

Standardisierung und Harmonisierung spielen insbesondere im sicherheitskritischen Bahnsektor eine wesentliche Rolle. Im akkreditierten Testlabor RailSiTe® des DLR werden seit 2012 Tests für ETCS-Komponenten durchgeführt. Im Zuge der Entwicklung der EULYNX Spezifikationen wird das Testlabor um neue Schnittstellen erweitert, um zukünftig auch Eisenbahninfrastruktur unabhängig prüfen zu können.



## 1. Einleitung

EULYNX (European Initiative Linking Interlocking Subsystems) ist eine im Jahr 2014 gegründete europäische Initiative zur Harmonisierung und Standardisierung von Schnittstellen in der Eisenbahninfrastruktur. Erste Mitglieder der Initiative waren die Bahnbetreiber DB Netz (Deutschland), Prorail (Niederlande), Infrabel (Belgien), SNCF (Frankreich), CFL (Luxemburg) und Network Rail (Großbritannien). Bis 2020 sind Betreiber aus weiteren Ländern hinzugekommen, so dass die Initiative derzeit 14 Länder umfasst.

Ausgehend von der Herausforderung, dass die Wartung und Weiterentwicklung bestehender Feldkomponenten durch die verschiedenen Schnittstellen und Hersteller sowohl kosten- als auch zeitintensiv sind, lag der Fokus auf der Entwicklung einheitlicher Industriestandards für die modulare Stellwerkstechnik. Zu diesem Zweck wurden standardisierte Architekturen und Schnittstellen entwickelt, zum Beispiel für die Kommunikation (SCI, Standard Communication Interface), für die Wartung (SMI, Standard Maintenance Interface), für die Diagnose (SDI, Standard Diagnostics Interface) und für die Übertragung sicherheitskritischer Informationen (SSI, Standard Security Interface). Die IP-basierte Kommunikation zwischen den Systemkomponenten nutzt das RaSTA-Protokoll (Rail Safe Transport Application), das speziell auf die Anforderungen der Eisenbahnsignaltechnik zugeschnitten ist [1].

Aus technischer Sicht stützt sich EULYNX auf formale Beschreibungssprachen

wie SysML und RailTopoModel zur Modellierung von Streckentopologien. Innerhalb der standardisierten EULYNX-Referenzarchitektur werden Entwicklungsmeilensteine in so genannten Baselines verfolgt, in denen Funktionen und Komponenten des Systems beschrieben werden. Die neueste, veröffentlichte Version ist Baseline 3 [2], die in Deutschland in mehreren Projekten von Pintsch, Hitachi, Alstom und Thales eingesetzt wird. Der früheste Start des Betriebs der digitalen Stellwerkstechnik mit Baseline 3 wird im September 2023 im bayerischen Zwiesel sein.

Insbesondere in sicherheitskritischen Umgebungen wie dem Eisenbahnsektor ist das Testen der verwendeten Komponenten und ihrer Kommunikation obligatorisch. Daher beschreibt dieser Beitrag die Integration der EULYNX-Spezifikationen in eine bestehende Testumgebung für Bahnwendungen. Zunächst werden die allgemeine Motivation für Labortests und die zusätzlichen Anforderungen für das Testen gegen die EULYNX-Spezifikation vorgestellt. Danach folgt der Hauptteil, in dem die Integration in das Testlabor RailSiTe® (Railway Simulation and Testing) hinsichtlich des Gesamtkonzepts und der Software- sowie Hardwarekomponenten erläutert wird. Abschließend werden aktuelle Testmöglichkeiten für Hersteller vorgestellt und ein Ausblick auf weitere Entwicklungen gegeben.

## 2. Motivation für Tests im Labor

Das Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrum für Luft- und Raum-



**Miriam Grünhäuser, Dipl. Wirtschaftsingenieurin (FH)**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin beim DLR in Braunschweig  
Miriam.Gruenhaeuser@dlr.de



**Igor Bier, B. Eng.**

Technischer Mitarbeiter beim DLR in Braunschweig  
Igor.Bier@dlr.de



**Katharina Hartmann, B.Sc.**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin beim DLR in Braunschweig  
Katharina.Hartmann@dlr.de



**Lennart Asbach, Dipl.-Ing.**

Abteilungsleiter Verifikation und Validierung beim DLR, Laborleiter des RailSiTe® und Ansprechpartner für das Testfeld Niedersachsen  
Lennart.Asbach@dlr.de

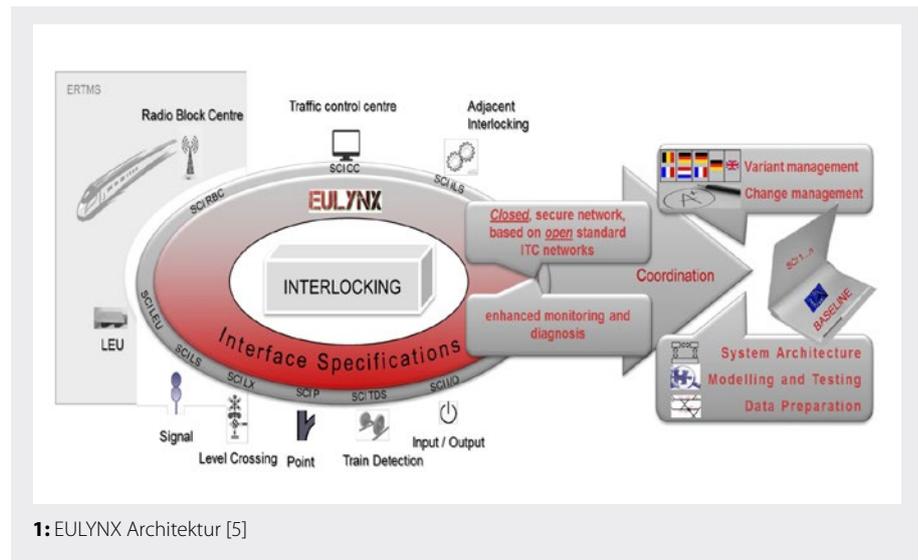
fahrt in Braunschweig forscht seit seiner Gründung im Jahr 2001 an Testmethoden und -konzepten für die Eisenbahnleit- und Sicherungstechnik. Das eigens entwickelte Testlabor RailSiTe® ist seit 2012 für die Tests von ETCS-Komponenten nach DIN EN ISO / IEC 17025 akkreditiert [3]. In 2023 wird die Akkreditierung auf die Tests von Infrastrukturkomponenten nach EULYNX-Spezifikationen erweitert. Ziel ist es, die zunehmende Anzahl von notwendigen Tests aus dem Feld in eine kontrollierte Laborumgebung zu verlagern. Simulationsumgebungen wie das RailSiTe® bieten den Vorteil, dass sie zum einen kostengünstigere und schnellere Tests ermöglichen und zum anderen die Testbedingungen exakt reproduzierbar sind. Hinzu kommt, dass die Erprobung insbesondere neu entwickelter Komponenten im Feld sehr viel aufwendiger ist und nicht alle zu testenden Szenarien (wie z. B. Ausfälle oder Defekte), die für die Zulassung notwendig sind, abdecken kann. Die automatisierte und damit schnellere und effizientere Testdurchführung in Testlaboren ist nur durch den hohen Formalisierungsgrad der Testfälle möglich. Um Kompatibilität und Konformität zu erreichen, wird vor jedes Infrastrukturelement ein Objekt-Controller (ein Steuergerät) geschaltet, deren Schnittstellen standardisiert sind.

Im RailSiTe®-Labor können diese Komponenten auf Konformität zur EULYNX-Spezifikation und auf Kompatibilität untereinander getestet werden. Diese Tests werden unabhängig von Herstellern oder Betreibern und effizient durchgeführt.

### 3. EULYNX Test-Spezifikationen

Angetrieben von der Notwendigkeit, Schnittstellen zu standardisieren, erstellt die EULYNX-Arbeitsgruppe Spezifikationen für Konformitätstests. Diese Spezifikationen bilden die Grundlage für die Anforderungen an die Tests aller Infrastrukturelemente wie bspw. Signale, Bahnübergänge und Weichen. Das Ziel der EULYNX-Organisation ist es, dass alle Spezifikationen vollständig, korrekt, freigegeben und kostenlos verfügbar sind. Nach der Erstellung aller Anforderungen ist geplant, EULYNX in ein Normungsgremium umzuwandeln, um einen europäischen Standard zu schaffen, der die Behandlung von Fehlerkorrekturen und die Unterstützung nationaler Implementierungen beinhaltet.

Auf der Grundlage der Spezifikation stellt die EULYNX-Arbeitsgruppe forma-



1: EULYNX Architektur [5]

lisierte Testfälle zur Verfügung, die aus mehreren Testschritten zur Prüfung der Konformität bestehen und sich auf eine oder mehrere Anforderungen beziehen. Formalisierte Testfälle haben vor allem den Vorteil, dass sie eindeutig sind und somit automatisiert ausgeführt werden können. Eine weitere Vereinfachung für Labortests ist der standardisierte Anforderungskatalog für Labore. Die Auswertung der durchgeführten Testfälle kann somit in Echtzeit erfolgen. [4].

Bild 1 gibt einen Überblick über die in EULYNX verwendete Architektur. Sie zeigt, welche standardisierten Schnittstellen für die einzelnen Infrastrukturelemente im Eisenbahnsektor festgelegt sind, um miteinander zu kommunizieren und Daten auszutauschen.

Die Architektur enthält 10 verschiedene Schnittstellenspezifikationen, die verschiedene Gruppen von Infrastrukturelementen zusammenfassen. Die Akronyme folgen der Regel: zuerst SCI für „Standard Communication Interface“, gefolgt von der Abkürzung für das jeweilige Infrastrukturelement wie LS (Lichtsignale), LX (Bahnübergänge), P (Weichen), TDS (Zugortungsanlage), I/O (Eingabe- / Ausgabegerät) und TSS (streckenseitiges Sicherungssystem). Zusätzlich zu diesen Gruppen gibt es gemeinsam definierte Schnittstellen für das Radio Block Center (SCI RBC), das Verkehrsmanagementsystem (SCI CC), das benachbarte Stellwerk (SCI ILS) und die streckenseitige elektronische Einheit (SCI LEU) [10]. Im nächsten Teil werden die derzeit im RailSiTe®-Labor implementierten Schnittstellen beschrieben.

## 4. EULYNX Einführung

Das RailSiTe®-Labor des Instituts für Verkehrssystemtechnik ist in der Lage, Eisenbahninfrastrukturelemente auf Konformität mit den EULYNX-Spezifikationen zu testen. Dazu stellt es eine Software zur Anbindung der standardisierten Schnittstelle (SCI) an die Laborumgebung zur Verfügung, in der alle anderen Komponenten simuliert werden können. Das Verhalten der Schnittstelle des DUT (Device under test; der Objekt-Controller des jeweiligen Infrastrukturelements) wird in einzelnen Testschritten mit den Anforderungen der EULYNX-Spezifikationen verglichen. Das Ergebnis dieser Prüfung ist ein Bericht mit der Bewertung „Spezifikation erfüllt“ (bestanden) oder „Spezifikation nicht erfüllt“ (nicht bestanden) für jeden einzelnen Testschritt. Dieser Testbericht wird dem Kunden für die Zulassung vorgelegt.

### 4.1. Testkonzept

Das Labor bietet Konformitäts- und Interoperabilitätstests einzelner Infrastrukturelemente. Jedem Prüfling ist ein Objekt-Controller vorgeschaltet, der über die entsprechende Schnittstelle mit den simulierten Elementen in der Testsoftware RailSiTe® kommuniziert. Die zugehörigen Objekt-Controller sind über LAN mit der Laborsoftware verbunden und in die Simulationsumgebung integriert. Softwareseitig wird dazu ein eigens implementiertes Testprogramm verwendet. Der Objekt-Controller tauscht - entweder mit dem Stellwerk oder mit anderen Infrastrukturelementen



2: Das mobile EULYNX Testlabor

Quelle: DLR

- formalisierte Nachrichten aus (z.B. eine Verbindungsanfrage in RaSTA oder ein SCI-Befehl bzw. eine Nachricht). Anschließend wird geprüft, ob der Objekt-Controller entsprechend dem Testfall reagiert. Das Ergebnis wird als Soll-Ist-Vergleich in Form eines Testberichts ausgegeben.

**4.2. Testdurchführung**

Im ersten Schritt wird die Kundenhardware (Objekt-Controller) über Ethernet mit dem Labor verbunden. Anschließend werden die individuellen kundenspezifischen Parameter in der Konfigurationsdatei eingestellt. Nach erfolgreicher Integration werden die Testsequenzen (mehrere Testfälle, die nacheinander ausgeführt werden) gestartet und laufen vollständig automatisiert ab. Werden Abweichungen zwischen den erwarteten und den empfangenen Nachrichten festgestellt, werden die Testschritte als fehlgeschlagen markiert und die Sequenz kann je nach Einstellung fortgesetzt oder gestoppt werden. Alle formalisierten Schritte werden automatisiert ausgewertet und im Testbericht als bestanden oder nicht bestanden markiert.

**4.3. Auswertung der Testergebnisse**

Der automatisierte Abgleich und die Auswertung der Anforderungen aus den EULYNX-Spezifikationen (in den formalisierten Testfällen) und dem Ist-Zustand des Prüflings finden bereits während des Testlaufs statt. Die Auswertung wird in einem Report ausgegeben, wobei die Testergebnisse eindeutig (bestanden/nicht bestanden) und aufgrund der Formalisierung der Testfälle

vollständig nachvollziehbar sind. Der Testbericht wird automatisiert generiert und dient dem Hersteller als Nachweis für die Konformität seiner Komponente.

**4.4. RailSiTe® - Laborimplementierung**

**4.4.1. Hardware**

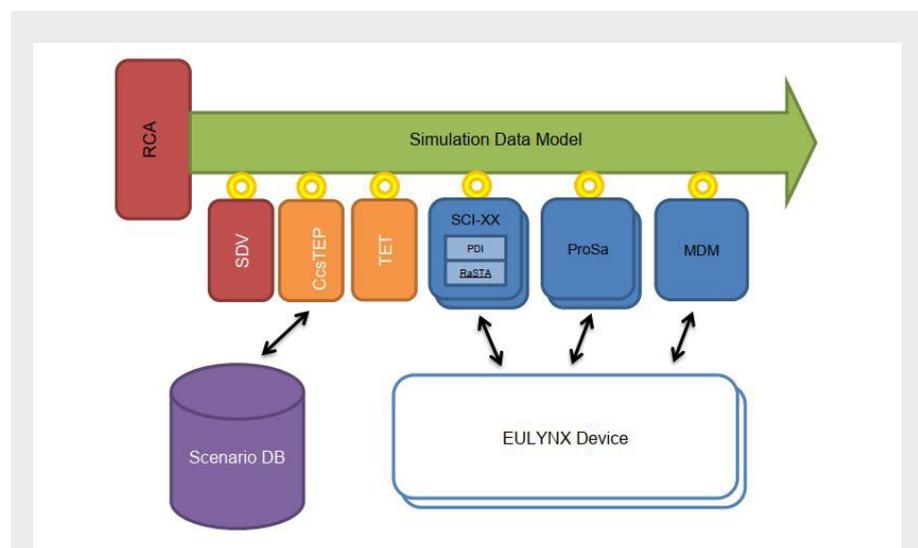
Das mobile EULYNX-Labor (Bild 2) ist ein tragbares und kompaktes „Testlabor auf Rädern“, das bei Herstellern aufgestellt und bei Bedarf auch ferngesteuert werden kann.

**KVM-Switch:** Der Arbeitsplatz ist mit einem Full-HD-Display und einer Tastatur mit Touchpad ausgestattet. Es ist möglich, 7 Videoeingänge anzuschließen und zwischen ihnen umzuschalten.

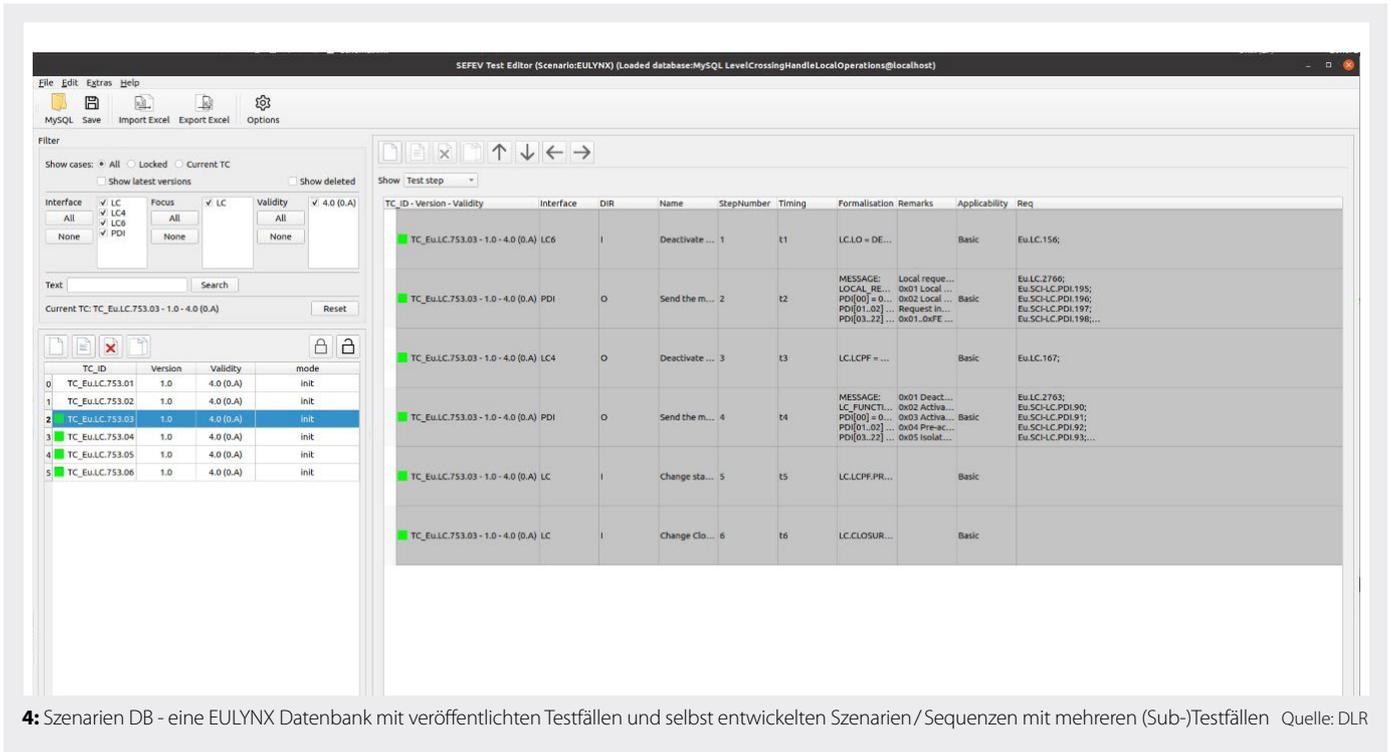
**Ethernet-Switch:** Der Ethernet-Hub kann verwendet werden, um mehrere Geräte gleichzeitig zu testen und bietet die Möglichkeit, in einem virtuellen privaten Netzwerk (VPN) zu arbeiten. Er ermöglicht einen Remote-Zugriff und eine bessere Unterstützung durch das DLR im Falle von Problemen.

**Raspberry Pi:** Der Raspberry Pi agiert als Simulator für einen Objekt-Controller (in diesem Fall ein Lichtsignal). Zu Test- und Implementierungszwecken können mehrere LEDs über die WAGO-Box gesteuert werden.

**WAGO Modbus Modul:** Das Modbus-Protokoll ist ein Kommunikationsprotokoll, das auf einer Master/Slave-Architektur basiert. Ziel des Protokolls ist es, eine schnelle



3: Architektur der RailSiTe®-Testsoftware



4: Szenarien DB - eine EULYNX Datenbank mit veröffentlichten Testfällen und selbst entwickelten Szenarien/Sequenzen mit mehreren (Sub-)Testfällen Quelle: DLR

und zuverlässige Kommunikation zwischen dem Automatisierungssystem und den Feldelementen herzustellen. Der WAGO-Modbus stellt digitale I/O's zur Verfügung, die zur Simulation von Fehlersignalen (z. B. fehlerhaftes Lichtsignal) für Objekt-Controller verwendet werden.

**PC:** Das Betriebssystem ist Ubuntu 22.04 LTS. Der PC verfügt über mehrere Ethernet-Ports, einen drahtlosen Netzwerk-Controller, eine 256-GB-SSD-Karte mit dem Betriebssystem und zwei zusätzliche 2-TB-RAID-Festplatten. Somit kann diese redundante Einrichtung einen kontinuierlichen Arbeitsablauf sicherstellen, selbst wenn die SSD oder eine der Festplatten ausfällt.

**Power Supply:** Das Netzteil verfügt über zwei Kanäle (Master/Slave) mit Spannungen von +/- 0-30V (oder +/- 0-60V) und kann einen Strom von 0-10 A erzeugen. Damit wird der Bedarf typischer Bahnanwendungen (48V) abgedeckt und es können verschiedene Zugkomponenten mit Spannung versorgt und somit automatisiert geprüft werden.

4.4.2. Software

Die Architektur der RailSiTe®-Testsoftware ist in Bild 3 dargestellt und die einzelnen Module werden in diesem Kapitel erläutert.

Die EULYNX-Testsequenzen und -fälle werden in der Szenario-Datenbank (DB) ge-

speichert und können einfach in die DB importiert oder aus der DB in ihrem ursprünglichen Excel-Format exportiert werden. Der Test-Editor (STE) verwaltet die Szenario-DB und ermöglicht die Bearbeitung bestehender sowie die Erstellung neuer Testsequenzen (Bild 4).

Die RailSiTe® Control Authority (RCA) startet und konfiguriert jede Komponente und koordiniert den Aufbau des Simulationsdatenmodells, was sie zur zentralen Anwendung für die Durchführung von Tests macht. Alle benötigten Konfigurationsparameter und weitere Einstellungen (z.B. RaSTA, Ports, IPs) werden in einer individuellen Datei gespeichert, die für jeden Testablauf einzigartig ist. Basierend auf der Konfigurationsdatei startet der RCA alle notwendigen Simulationskomponenten und baut eine Netzwerkverbindung zu ihnen auf. Während der Simulation überwacht und steuert der RCA die Komponenten und synchronisiert das verteilte Simulationsdatenmodell.

Der Simulationsdaten-Viewer (SDV) bietet eine Echtzeit-Ansicht des Inhalts des Simulationsdatenmodells.

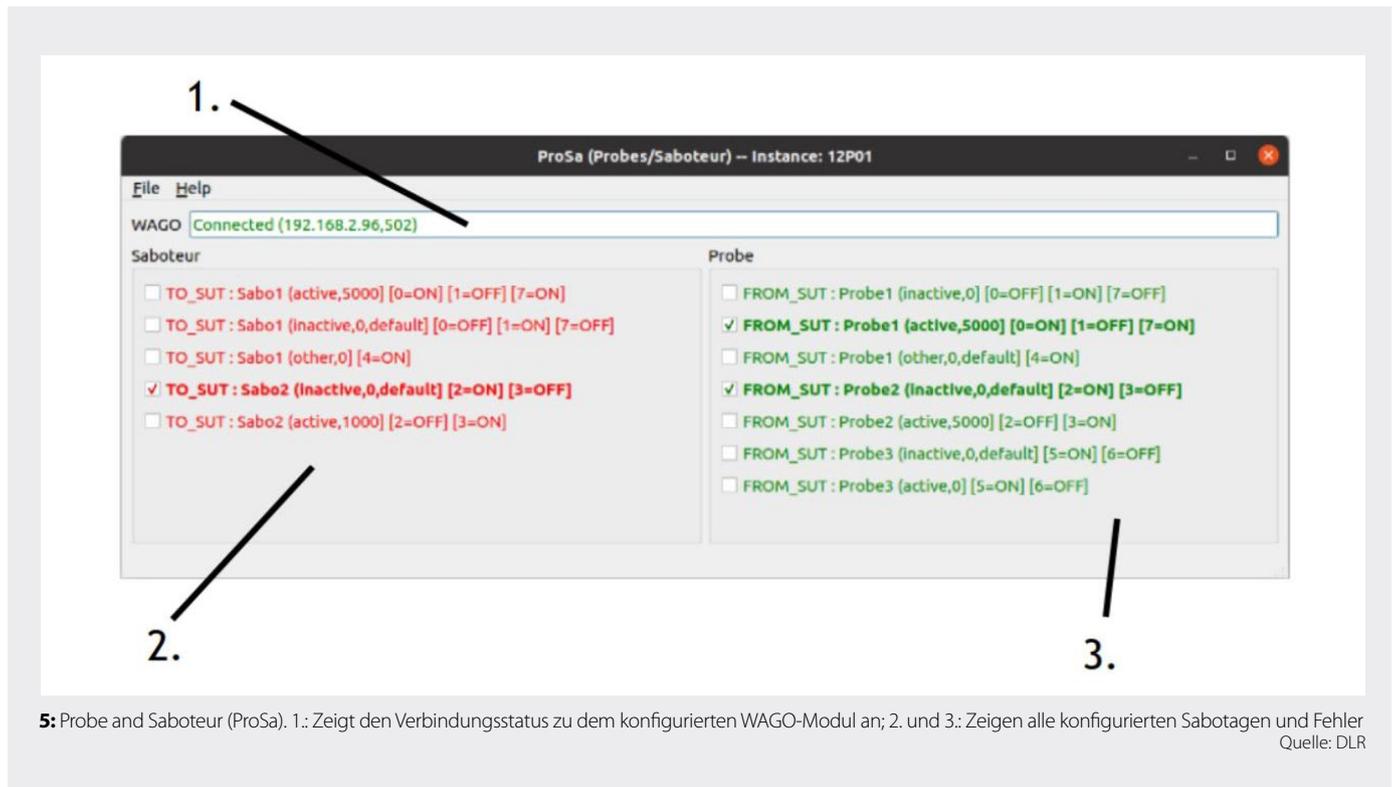
Die Labormodule CCS Test Event Player (CcsTEP) und Test Event Tracker (TET) steuern die Verarbeitung und Protokollierung von Testsequenzen. Der TET protokolliert Szenario-Ereignisse, technische Meldungen und Modellübergänge in einer SQLi-

te- oder MySQL-Datenbank. Der CcsTEP erstellt zunächst eine Ereignisliste, indem er aus der Szenario-Datenbank liest. Während der Simulation werden diese Ereignisse in einer in der Ereignisliste angegebenen Reihenfolge an die angegebenen Schnittstellen gesendet.

Die Labormodule Standard Communication Interface (SCI), Maintenance and Data Management (MDM) und Probe and Saboteur (ProSa) verbinden den Prüfling mit der Laborsoftware.

Das Wartungs- und Diagnosemodul (MDM) ist die Schnittstelle zwischen allen angeschlossenen Testgeräten und der Simulationsumgebung zur Durchführung von Wartungs- und Diagnoseaufgaben. Derzeit ist es auf den Empfang und die Protokollierung von SNMP-Nachrichten (Simple Network Management Protocol) innerhalb des TET beschränkt.

Das Modul Probe and Saboteur (ProSa) verbindet den Prüfling mit der Simulationsumgebung. Mit Hilfe dieses Moduls ist es möglich, Testschritte, die ein Sabotageereignis darstellen, von CcsTEP zu empfangen und an den Prüfling zu senden oder Fehler vom Prüfling zu empfangen (Bild 5). Alternativ können beide Ereignisse auch manuell ausgelöst werden. Die Verbindung zwischen einem Modul in der Simulationsumgebung und dem Prüfling wird durch WAGO-Module realisiert.



**5. Fazit und Ausblick**

Die Implementierung von einem initialen Testdurchlauf von EULYNX-Tests in das Labor ist abgeschlossen. Es war möglich, die zu testenden Elemente in die Simulationsumgebung des Labors zu integrieren, so dass die Schnittstellen gemäß den Spezifikationen getestet werden konnten. Gegenwärtig sind noch nicht alle Spezifikationen für die Infrastrukturelemente veröffentlicht. Daher werden in den kommenden Monaten kontinuierlich neue Spezifikationen integriert, damit Hersteller in der Zukunft ihre neu entwickelten Infrastrukturelemente auf Konformität testen lassen können.

Da die Tests im RailSiTe®-Labor laufen, ist der nächste Schritt, das Labor zum Hersteller zu bringen. Bei der Konzeption des EULYNX-Testlabors wurde die Möglichkeit des Transports zum Hersteller bereits berücksichtigt. Das Gehäuse ist mit Rollen ausgestattet und verfügt über Griffe an beiden Seiten, so dass es zum Labor des Herstellers oder an einen beliebigen Ort im Feld gebracht werden kann. Umgebungsbedingungen wie Temperatur und Wetterschutz müssen eingehalten werden. Für die Durchführung dieser Remote-Tests kann das Labor über VPN (Virtual Private Network) von einem Mitarbeiter des DLR in Braunschweig erreicht werden.

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass die EULYNX-Tests ins Labor gebracht und erfolgreich für einige veröffentlichte Spezifikationen umgesetzt wurden. Hersteller können einen Testbericht mit der Aussage erhalten, ob die Schnittstellen sich konform zu den Spezifikationen verhalten.

Als nächster Schritt ist die Integration von Infrastrukturelementen anderer Hersteller geplant. Darüber hinaus soll zukünftig die Durchführung der Tests vor Ort beim Kunden oder im Feld erfolgen.

**6. Zusammenfassung**

Das Testlabor RailSiTe® des DLR ist seit 2012 für den Test von ETCS-Komponenten akkreditiert. Die Spezifikationen der EULYNX Initiative, die sich auf die Harmonisierung von Schnittstellen der Eisenbahninfrastruktur fokussiert, definieren neue Schnittstellen und Konzepte, die im RailSiTe® integriert wurden. Mit der eigens entwickelten Simulationssoftware werden vordefinierte EULYNX Testfälle automatisiert geprüft. Das Labor kann zukünftig sowohl im DLR als auch direkt beim Hersteller eingesetzt werden. ●

**Literatur**

- [1] EULYNX offizielle Homepage, <https://eulynx.eu/>, letzter Zugriff 17.02.2023
- [2] EULYNX Baseline Documents Set 3, <https://eulynx.eu/index.php/documents/documents-overview/baseline-set-3>, letzter Zugriff 17.02.2023
- [3] Asbach, Lennart und Grosse-Holz, Jonas und John, Martin (2013) Automatisierte Konformitätstests für ETCS-Bordrechner. EI - Der Eisenbahningenieur. ISSN 0013-2810.
- [4] EULYNX System Engineering Process, <https://3.basecamp.com/4168621/buckets/10795859/uploads/1706463113>, letzter Zugriff 20.02.2023
- [5] Slovenian Infrastructure Agency, <https://www.eulynx.eu/index.php/documents/presentations-given/77-slovenian-infrastructure-agency/file> (2017), S. 10, letzter Zugriff 20.02.2023.

**Summary**

**Functional tests of EULYNX components in the RailSiTe®-test laboratory**

The RailSiTe®-test laboratory of DLR has been accredited for tests of ETCS components since 2012. The specifications of the EULYNX initiative which focuses on harmonizing the interface of the railway infrastructure, defines new interfaces and concepts being integrated in the RailSiTe®. With the specially developed simulation software, pre-defined EULYNX test cases are checked automatically. In the future, the laboratory can be used both at DLR and directly at the manufacturer.