

# ProRail und Industriepartner bauen den ersten EULYNX-Demonstrator

ProRail and its industrial partners have built the first EULYNX demonstrator

Monique Voorderhake | Frits Makkinga | Maarten van der Werff

Um die zunehmende Systemvielfalt und die steigenden Kosten für den Zugsicherungsbetrieb in den Griff zu bekommen, haben die europäischen Infrastrukturmanager die standardisierte Spezifikation EULYNX für die neue modulare Stellwerkstechnik entwickelt. Dieser Beitrag beschreibt die Entwicklung des EULYNX Test- und Probeaufbaus, im folgenden Prüfstand genannt, wie er auf der Innotrans 2018 in Berlin (D) vorgestellt wurde.

## 1 Einführung

Sowohl die Bahn als auch die Sicherheitstechnik entwickeln sich ständig weiter. Die heutigen Systeme sind das Ergebnis von über einem Jahrhundert Erfahrung und Entwicklung. Diese Systeme haben sich als sehr zuverlässig erwiesen. Die traditionell vielfach textbasierten Dokumente für Entwicklung, Design und Wartung stellen eine Herausforderung dar, da sie in Verbindung mit der neuen zeitgemäßen digitalen Technologie verstanden und mit ihr zusammengebracht werden müssen. Die Anzahl der Systeme nimmt nur noch zu. Darüber hinaus werden die Sicherheitssysteme aufgrund nationaler und internationaler Vorschriften immer komplexer, um den immer strengeren Anforderungen an Sicherheit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit und Nachhaltigkeit gerecht zu werden.

Infrastrukturmanager für Zugsicherungssysteme haben dies erkannt und beschlossen, dass die EULYNX-Initiative dieses Dilemma lösen soll und dass eine deutliche Verbesserung der Standardisierung erreicht werden soll. Dadurch würde sich vor allem die Austauschbarkeit der Teilsysteme erhöhen und vereinfachen. In einer Referenzarchitektur wurde festgelegt, welche Subsysteme unterschieden und welche Informationen zwischen den Funktionen ausgetauscht werden. In Realisierungsprojekten können verschiedene Gerätegenerationen und -marken nebeneinander funktionieren. Dies erleichtert die Demonstration des sicheren Betriebs jeder neuen Systemkombination.

Der Prüfstand nach der neuesten Baseline entstand in Zusammenarbeit mit einer Vielzahl von beteiligten Infrastrukturbetreibern und Marktteilnehmern. Dadurch reduzieren sich sowohl die Markteinführungszeit als auch die Kosten. Dank EULYNX wird die Eisenbahninfrastruktur in der Lage sein, sich weiterhin auf europäischer Ebene neben anderen Verkehrsträgern zu etablieren.

## 2 Standardisierung von Stellwerkssystemen und Kostensenkung

Die in EULYNX gewählte Standardisierung ist das Ergebnis einer Reihe von europäischen Standardisierungsprojekten aus den vergangenen 25 Jahren. In diesem Zeitraum wurden Erkenntnisse

European infrastructure managers have developed the EULYNX standard interface specification for interlockings to address increasing system diversity and the rising costs of signalling. This article describes the development of the EULYNX demonstrator for the Innotrans 2018 Trade Fair in Berlin (G).

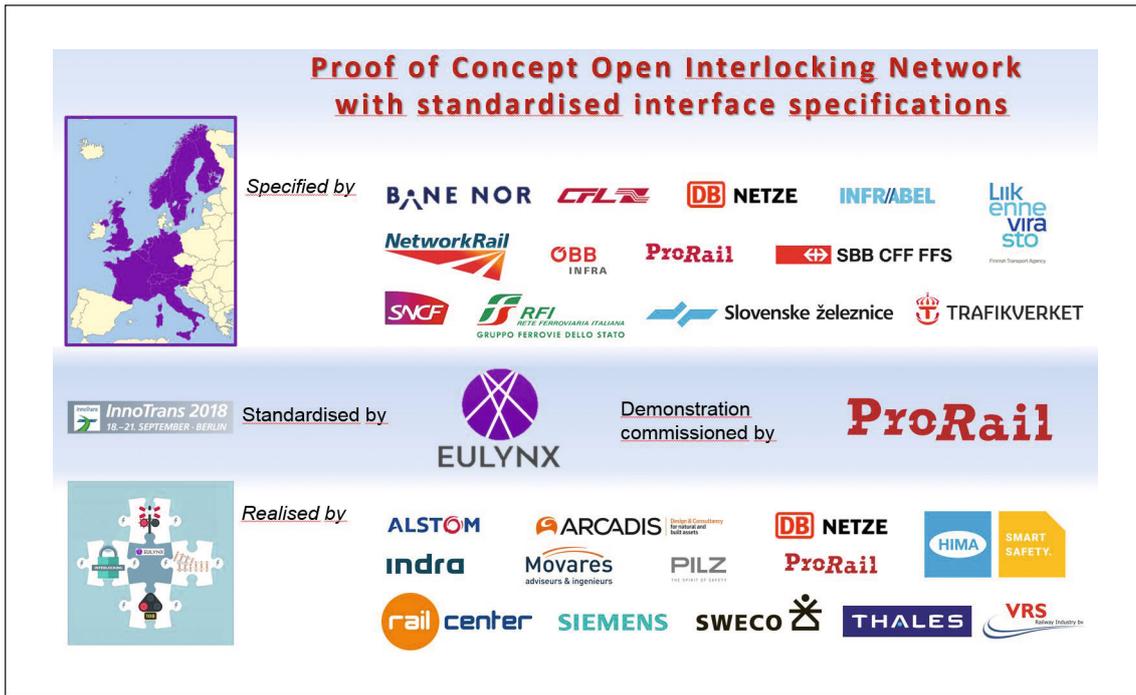
## 1 Introduction

Railways and signalling technology keep on developing. The current systems are the result of more than a century of experience and development and have been proven to work very reliably. The traditional multitude of text-based documents for development, design and maintenance present a challenge, as they have to be understood in connection with the latest digital technology and then combined with it. The number of systems continues to increase. Signalling is also becoming increasingly complex because of national and international rules pertaining to safety, availability, maintainability and sustainability.

Infrastructure managers involved in signalling have realised this and have decided that the EULYNX initiative must resolve this dilemma and that significant improvements in standardisation are possible. Above all, this will increase and simplify the interchangeability of the sub-systems. A reference architecture is used to define which sub-systems can be distinguished and what information is exchanged between the functions. Different generations and equipment brands can then work next to each other in the implemented projects. This facilitates the demonstration of the safe operations of each new combination of systems. The demonstrator based on the most recent baseline has been created in a partnership between a large number of parties consisting of infrastructure managers and market participants. This has reduced the rollout time and the costs. EULYNX has enabled the railway infrastructure sector to establish itself alongside other forms of transport at a European level.

## 2 The standardisation of the interlocking systems and cost reductions

The standardisation chosen in EULYNX is the result of a range of European standardisation projects which have taken place over the last 25 years. Important lessons have been learned during this period. The initial assumption was that the standardisation of the common interlocking core would yield advantages (UIC ERRI A201, 1993 – 1997). This idea was supported by the fact that certain interlocking functions are of vital importance



**Bild 1: EULYNX-Interessengruppen**  
 Fig. 1: Parties involved in EULYNX

gewonnen. Ursprünglich (UIC ERRI A201, 1993–1997) ging man von der Annahme aus, dass die Standardisierung des gemeinsamen Kerns von Stellwerken Vorteile bringen würde. Diese Annahme wurde dadurch begünstigt, dass bestimmte ineinandergreifende Funktionen lebenswichtig sind und es auch bleiben, unabhängig von technologischen Entwicklungen. Bereits damals erkannte man, dass die Privatisierung der Eisenbahnen und die Marktöffnung zu öffentlich verfügbaren standardisierten Spezifikationen nutzbringend sein würden. Dies bestätigte sich auch im Hinblick auf die Kombination von Systemen verschiedener Anbieter bei der Anwendung von ETCS.

Obwohl das Projekt Euro Interlocking (UIC-Projekt von 1999–2008) mit der Definition eines gemeinsamen Stellwerkskerns begann, kam man bei der Standardisierung nicht zu einem befriedigenden Ergebnis. Es wurde dann auch festgestellt, dass die Vielfalt im Bereich der Schnittstellen enorm ist, sodass für eine Standardisierung in diesem Bereich kein sinnvoller Ansatz greifbar ist.

Nach Euro Interlocking wurde eine neue Initiative gestartet, für die innerhalb des 7. Rahmenpakets auch ein europäischer Zuschuss beantragt wurde. Ein Vorschlag für eine Machbarkeitsstudie über europäische Schnittstellenspezifikationen wurde von den Lieferanten zunächst nicht unterstützt.

Daraus entstand das Projekt INESS 2008–2011, ein Konsortium aus Infrastrukturbetreibern, Industrie, Universitäten und dem Eisenbahnverband UIC. Es wurde ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm aufgesetzt, in dem auch das Thema „Lieferung von ERTMS-konformen Stellwerken“ berücksichtigt werden sollte.

Nach INESS wurde ein neuer Vorschlag durchgeführt. Ziel war es, auf der Grundlage einer vereinbarten Architektur eine europaweit anerkannte Norm für Stellwerke auszuarbeiten, die auch die Kommunikation mit externen Elementen, Testmethoden und Schnittstellen umfasst. Am 1. Oktober 2013 teilte die EU mit, dass der Vorschlag die Mindestanforderungen erfüllte. Leider konnte der Vorschlag jedoch aufgrund unzureichender Haushaltsmittel nicht angenommen werden.

Unter anderem auf Basis der Zwischenergebnisse des INESS-Projektes beschlossen die europäischen Infrastrukturbetreiber, in ei-

and will remain so until the end of time, regardless of any technological developments. Back then, people had already realised that the privatisation of the railways and the expansion of the market would benefit from standardised and freely available default specifications. This was confirmed in relation to the combinations of systems from different suppliers when using ETCS. Even though the Euro interlocking project (a UIC project dating from 1999–2008) introduced the definition of a common core, its results were insufficient in terms of standardisation. This led to the realisation that there was a huge amount of diversity in the field of interfaces and there was no available way of standardising this.

After Euro Interlocking, a new initiative was set up and a European grant was applied for under the 7<sup>th</sup> Framework Package. The proposed feasibility study into a European interface specification was initially not supported by the suppliers.

This resulted in the INESS 2008–2011 project, a consortium consisting of infrastructure managers, the industry, universities and the UIC. A research and development program was established to consider the topic of “delivering ERTMS-compliant interlockings”.

After INESS, a new proposal was implemented. The purpose of this was to draw up a European-acknowledged standard for interlockings, including communication with external elements, a test method and interfaces based on the agreed architecture. The EC announced on 1<sup>st</sup> October 2013 that the proposal had met its minimum requirements, but it was not accepted due to an insufficient budget.

Partly due to the results of INESS, the European infrastructure managers working on signalling then decided to set up a project based on an unsubsidised partnership in order to create the following standards: the reference architecture, data preparation, the specifications for the interfaces with the external elements and the surrounding systems, safety and security. The infrastructure managers concluded that a different approach was needed which focussed on reducing the life cycle costs due to the interchangeability of components (opening the market).

Homepage publication approved for Movares for an unlimited period of time / Rights for individual downloads and printouts for visitors of the pages approved by DVV Media Group, 2019

ner nicht europäisch oder anderweitig subventionierten Zusammenarbeit ein Projekt im Bereich der Zugsicherheit zu starten, bei dem folgende Standards realisiert werden sollten: Referenzarchitektur, Datenaufbereitung, Spezifikationen der Schnittstellen zu externen Elementen und Umgebungssystemen, Sicherheit und Sicherung. Die Infrastrukturbetreiber kamen zu dem Schluss, dass ein anderer Ansatz gebraucht wird, bei dem die Senkung der Lebenszykluskosten aufgrund der Austauschbarkeit von Komponenten (Marktöffnung) im Mittelpunkt steht.

Dies hat nun zu einer Reihe von EULYNX-Schnittstellenspezifikationen für den streckenseitigen Teil der Leit- und Sicherungstechnik (LST) geführt, für die Baseline 3 im November 2018 freigegeben wurde.

Die europäischen Infrastrukturbetreiber sind jetzt davon überzeugt, dass die „Investment Ausgaben (CAPEX)“ mit EULYNX besser „unter Kontrolle“ sind, auch wenn aktuelle und zukünftige digitale CCS-Subsystemelemente voraussichtlich eine deutlich kürzere Lebensdauer haben werden als die älteren mechanischen und elektromechanischen Systeme. Durch Standardisierung der Schnittstellen und den Einsatz wettbewerbsfähiger Commercial-Off-The-Shelf (COTS)-Komponenten lässt sich eine deutliche Senkung der Lebenszykluskosten erreichen.

Die Betriebskosten (OPEX) bestehen aus den jährlichen Betriebskosten (current OPEX). Aufgrund der getroffenen Investitionsentscheidungen lassen sich diese Kosten, auch infolge von EULYNX, besser steuern, und das Lieferantenbindungsrisiko verringert sich.

### 3 EULYNX Proof of Concept

Im Jahr 2014 startete ProRail ein damals als „Proof-of-Principle“ bezeichnetes Projekt, um die Austauschbarkeit von Komponenten zu untersuchen. Schnell wurde klar, dass die Austauschbarkeit von Komponenten verschiedener Lieferanten viele Probleme mit sich bringt. Jeder Lieferant verwendet sein eigenes Protokoll: Diese waren einfach (noch) nicht „offen“.

Deshalb lancierte ProRail etwas später im Jahr 2016 ein sogenanntes „Proof-of-Concept (POC)“, mit dem gleichen Ziel wie 2014, jedoch dieses Mal auf Grundlage des EULYNX-Schnittstellenstandards.

In diesem POC wurde eine ausgewogene Darstellung der in EULYNX unterschiedenen Subsysteme gewählt. Dieser POC beschränkte sich auf die folgenden vier Schnittstellenspezifikationen: „Weiche“, „Bahnübergang“, „Signal“ und „Zugerkennungssystem“.

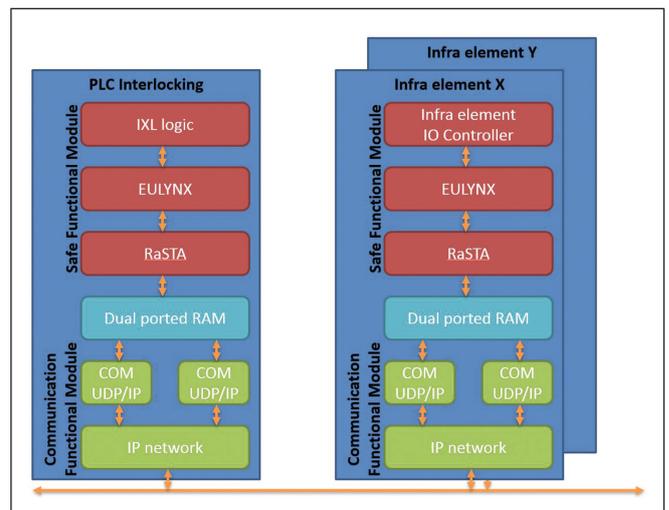
Im Gegensatz zum vorherigen Anlauf sollte jetzt bewusst der niederländische Eisenbahnmarkt einbezogen werden: Damit wollten wir sicherstellen, dass die EULYNX-Spezifikationen sich auf dem niederländischen Eisenbahnmarkt bewähren und Unterstützung finden. Außerdem haben wir uns entschlossen, dieses gemeinsam mit dem Markt zu tun, weil uns klar war, dass das für den Erfolg dieser Innovation von Wichtigkeit ist.

In einem offenen Dialog mit den niederländischen Zugsicherheitsingenieurbüros begannen wir mit der Analyse „Was kommt auf ProRail zu, wenn wir diese EULYNX-Spezifikationen in zukünftigen Ausschreibungen verwenden?“

Gemeinsam haben wir diese Spezifikationen für die typisch niederländischen Gegebenheiten verschärft.

Die Schlussfolgerungen und Erfahrungen wurden in das europäische Programm zurückgeführt und in die EULYNX Baseline 2 integriert.

Im nächsten Schritt gaben wir durch eine Ausschreibung unsere Absicht bekannt, in unserem Railcenter in Amersfoort (NL) mithilfe des SPS IXL und der vier oben genannten Spezifikationen die



**Bild 2: Funktionale Prozessarchitektur**

Fig. 2: Functional process architecture

This has now resulted in a set of EULYNX interface specifications for the trackside part of the Control, Command and Signalling systems (CCS) of which Baseline 3 was released in November 2018.

The European infrastructure managers now believe that the investment expenses (CAPEX) are under better control thanks to EULYNX, despite the fact that the present and future digital CCS subsystem elements are expected to have a significantly shorter service life than the older mechanical and electro-mechanical systems. A significant reduction of life cycle costs can be achieved by interface standardisation and the use of competitive commercial off-the-shelf (COTS) components.

The operating costs (OPEX) consist of the annual operating costs (current OPEX). The choices made during the investment decision mean that these costs are under better control and the risk of vendor lock-in has been reduced, partly also thanks to EULYNX.

### 3 EULYNX Proof of Concept

ProRail started studying the interchangeability of components with a proof-of-principle in 2014. It quickly became clear that the mutual interchangeability of components supplied by different suppliers causes a lot of problems. Each supplier uses its own protocol; they were not (yet) „open“.

As a result, ProRail started its proof-of-concept (POC) somewhat later in 2016 with the same objective as in 2014, but now based on the EULYNX interface standard.

This POC uses a balanced representation of the sub-systems discerned by EULYNX and it has restricted itself to the following four interface specifications: „points“, „level crossings“, „light signals“ and „the train detection system“.

Unlike the previous test, it now deliberately involved the Dutch railway market. In doing so, we wanted to identify and support the EULYNX specifications in the Dutch railway market. Moreover, we had decided to do this in concert with the market, because it was clear to us that this was important for the success of this innovation.

We worked with Dutch signalling engineering firms based on an open dialogue in order to analyse the following question: „What will ProRail encounter, if we use these EULYNX specifications in future tenders?“ We have now adapted these specifications to the typical Dutch environment.

modulare EULYNX-Systemarchitektur beispielhaft aufzubauen. Wer Interesse hatte und einen Beitrag dazu leisten wollte, konnte sich anmelden.

Die Bedeutung, die ProRail und der Markt dieser Innovation beizumessen, wurde an der Reaktion von 13 Parteien deutlich!

Als Interlocking (Stellwerk) wurde das SPS IXL ausgewählt, weil ProRail die geistigen Eigentumsrechte an dem gesamten System besitzt [1]. Und mit diesem IXL konnten wir ebenfalls Aufschluss darüber erhalten, wie auch „proprietäre“ Systeme mit der Umgebung zusammenarbeiten könnten.

In Zusammenarbeit mit dem Beratungs- und Ingenieurbüro Movares erhielt SPS IXL einmalig RaSTA- [3] und EULYNX-Schnittstellen.

Wir haben die anderen Parteien aufgefordert, einen Object Controller für die Steuerung eines Gleiselements zu entwickeln. Dabei war das Motto „Sehen = Glauben“, also ein Living Lab, bei dem ein funktionierender Prüfstand das Hauptziel war. Validierung und Dokumentation standen dabei außer Betracht.

Mit Blick auf die Innotrans stand der rechtzeitige Erfolg des Prüfstandes im Mittelpunkt des Interesses aller Beteiligten.

Schließlich ist es uns dank DB Netze, Movares, Thales, VRS Rail, Pilz, Sweco, Hima und dem Railcenter gelungen, auf der Innotrans 2018 in Berlin gemeinsam die modulare Systemarchitektur auf Basis von EULYNX zu demonstrieren. Bild 1 zeigt die an EULYNX beteiligten Parteien. Während der Messe gab es Interesse aus aller Welt seitens anderer Infrastrukturmanager, Ministerien und Lieferanten.

#### 4 Entwicklung des Proof of Concept

Im folgenden Kapitel wird die Geschichte der Normung europäischer Zugsicherungssysteme und ihrer Schnittstellen beschrieben. Die EULYNX-Initiative geht jedoch einen konkreten Schritt weiter als frühere Initiativen zur europäischen Normung. Erstmals enthält eine europäische Zugsicherheitspezifikation eine detaillierte und technische Ebene für den Austausch von Nachrichten zwischen den Zugsicherungssystemen. Die EULYNX-Spezifikation ist nach den bekannten Prinzipien der Systemtechnik gemäß der

The conclusions and experiences have been shared with the European program and have been incorporated into the EULYNX Baseline 2.

We then announced our intention to set up a sample configuration at our Railcenter in Amersfoort, the Netherlands, using the PLC IXL and the four specifications listed above via a tender. Anyone who was interested and had something to contribute could register.

The value which both ProRail and the market have attributed to this innovation became clear from the fact that 13 parties responded.

The PLC interlocking system (PLC IXL) was chosen for the interlocking, as ProRail possesses the intellectual property rights to this entire system [1]. This IXL could also give us insight into how proprietary systems would work with this environment.

The PLC IXL was fitted with the RaSTA Safety Protocol [3] and EULYNX interfaces for this occasion in collaboration with the Movares consulting and engineering firm.

We challenged the other parties to provide an object controller to control the track elements. This was all based on the motto of seeing is believing. In other words, a demonstrator which aimed to achieve a working test configuration. Validation and documentation were not considered.

Everyone was focussed on the timely successful result of the test configuration with Innotrans in mind.

Ultimately, we managed to demonstrate the modular system architecture based on EULYNX at Innotrans 2018 in Berlin, thanks to DB Netze, Movares, Thales, VRS Rail, Pilz, Sweco, Hima and the Railcenter. Fig. 1 provides an overview of the parties involved in EULYNX. The test configuration at the trade fair attracted attention from fellow infrastructure managers, ministries and suppliers from all over the world.

#### 4 The development of the Proof of Concept

The following chapter describes, amongst other things, the history of the standardisation of European signalling systems and the associated interfaces. However, the EULYNX initiative has

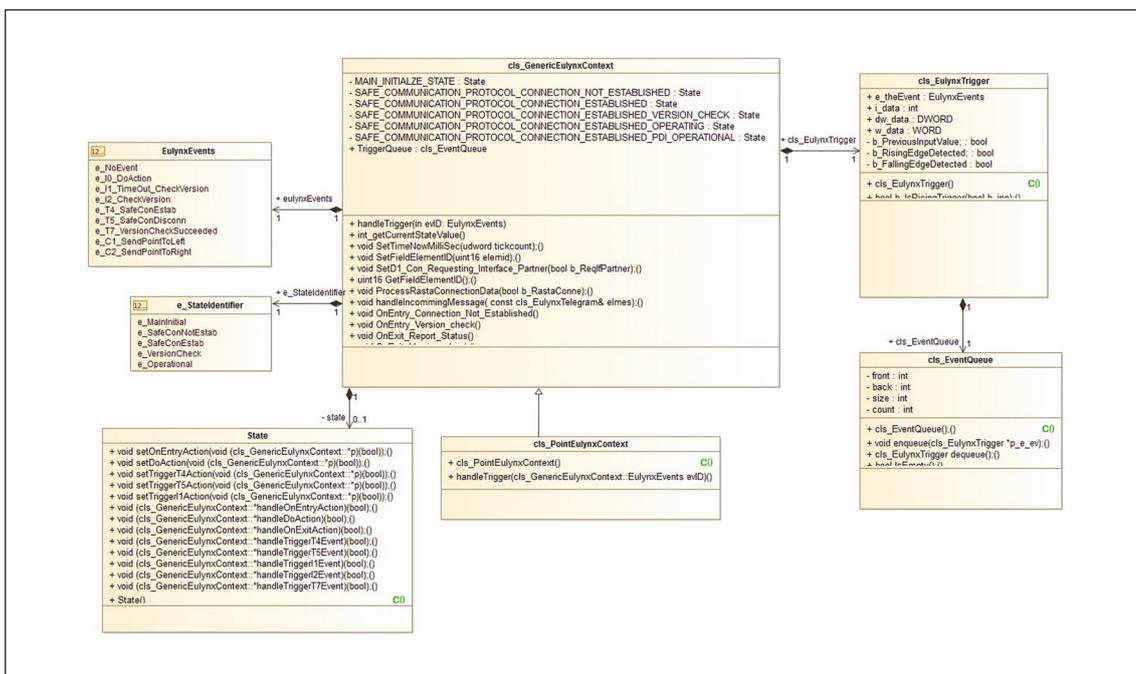


Bild 3: EULYNX-Klassendiagramm  
Fig. 3: EULYNX class diagram

**Bild 4: RastaSpy Nachrichten**  
Fig. 4: RastaSpy messages

Spied@	Number	Header	MesLen	MesName	RecID	SeqID	SeqNum	AckSeqNum	TimeStamp	AckTimeStamp	Data&CRC
2	2019-02-28T18:45:58:441 dT(55 ms)	140 2C 00 00 00 49 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	30 01 00 00 00 00 00 00 72 63 4C 00 C3 DE 7E BD	0F CB 4D 00	B9 45 80 BD	AB F7 B1 AD 59 3F FE CB				
3	2019-02-28T18:45:58:386 dT(10 ms)	139 2C 00 00 00 AE 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 88 0B 00 00 E9 54 7E BD 9C D9 4B 00	45 46 80 BD	AD CA 4D 00	00 EF 5A 01 1E 93 30 FC				
4	2019-02-28T18:45:58:386 dT(72 ms)	138 2C 00 00 00 02 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 88 0B 00 00 D7 2D 7E BD F2 B1 4B 00	CA 45 80 BD	2F CA 4D 00	8C AA 11 EC EA 3F 03 87				
5	2019-02-28T18:45:58:314 dT(61 ms)	137 2C 00 00 00 CE 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	30 00 00 00 00 00 00 00 9C D9 4B 00 E8 54 7E BD	AD CA 4D 00	19 45 80 BD	39 1F F4 BC CA 56 77 60				
6	2019-02-28T18:45:58:253 dT(10 ms)	136 2C 00 00 00 E0 00 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 8A 0B 00 00 D6 43 7F BD 79 C8 4C 00	C8 45 80 BD	2F CA 4D 00	56 72 64 7C D7 5A FC 00				
7	2019-02-28T18:45:58:253 dT(58 ms)	135 2C 00 00 00 37 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 89 0B 00 00 C3 DE 7E BD 71 63 4C 00	B9 45 80 BD	BF C9 4D 00	AF 88 53 90 0A 47 7C E3				
8	2019-02-28T18:45:58:195 dT(2 ms)	134 2C 00 00 00 EB 00 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	30 02 00 00 00 00 00 00 79 C8 4C 00 D5 43 7F BD	2F CA 4D 00	98 44 80 BD	3D 09 C2 70 CB 07 5C 6B				
9	2019-02-28T18:45:58:193 dT(0 ms)	133 2C 00 00 00 F2 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	0C 00 00 00 00 00 00 F2 B1 4B 00 D5 2D 7E BD	2F CA 4D 00	23 44 80 BD	FC A2 00 8B 4B 52 C7 A9				
10	2019-02-28T18:45:58:193 dT(71 ms)	132 2C 00 00 00 0C 02 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 88 0B 00 00 D6 2D 7E BD F1 B1 4B 00	F6 44 80 BD	E9 C8 4D 00	AF 0A E4 89 33 47 8D 7F				
11	2019-02-28T18:45:58:122 dT(1 ms)	131 2C 00 00 00 48 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 01 00 00 00 00 00 00 71 63 4C 00 C2 DE 7E BD	BF C9 4D 00	8F 44 80 BD	8B 46 08 F7 46 DD C4 6F				
12	2019-02-28T18:45:58:121 dT(60 ms)	130 2C 00 00 00 CD 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	30 00 00 00 00 00 00 00 9B D9 4B 00 E7 54 7E BD	BF C9 4D 00	F0 43 80 BD	8D 5D 01 D8 65 1C 13 BF				
13	2019-02-28T18:45:58:61 dT(108 ms)	129 2C 00 00 00 AD 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 88 0B 00 00 E8 54 7E BD 9A D9 4B 00	19 45 80 BD	7A C8 4D 00	68 89 7B 63 29 9E 11 DC				
14	2019-02-28T18:45:57:953 dT(0 ms)	128 2C 00 00 00 DF 00 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 8A 0B 00 00 D5 43 7F BD 78 C8 4C 00	98 44 80 BD	E9 C8 4D 00	70 8B 3A 86 44 84 FD 7E				
15	2019-02-28T18:45:57:953 dT(0 ms)	127 2C 00 00 00 36 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 89 0B 00 00 C2 DE 7E BD 70 63 4C 00	8F 44 80 BD	E9 C8 4D 00	02 59 E6 7C C0 15 9A 2B				
16	2019-02-28T18:45:57:953 dT(68 ms)	126 8C 00 00 00 0B 02 00 00 8C 00 (140 bytes)	Data	00 00 00 00 88 0B 00 00 D5 2D 7E BD F0 B1 4B 00	23 44 80 BD	9C C7 4D 00	5E 00 90 03 00 53 50 54 AE 24 43 43 30 32 5F 5F 5F 5F				
17	2019-02-28T18:45:57:885 dT(10 ms)	125 2C 00 00 00 EA 00 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	30 02 00 00 00 00 00 00 78 C8 4C 00 D4 43 7F BD	E9 C8 4D 00	70 43 80 BD	DC F8 BF 31 61 F0 B4 E9				
18	2019-02-28T18:45:57:885 dT(1 ms)	124 2C 00 00 00 F1 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	0C 00 00 00 00 00 00 F1 B1 4B 00 D4 2D 7E BD	E9 C8 4D 00	F3 43 80 BD	80 CA 49 BE 69 9B F0 C8				
19	2019-02-28T18:45:57:884 dT(75 ms)	123 2C 00 00 00 47 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	30 01 00 00 00 00 00 00 70 63 4C 00 C1 DE 7E BD	E9 C8 4D 00	60 43 80 BD	9D 44 40 4E 38 A1 30 26				
20	2019-02-28T18:45:57:809 dT(60 ms)	122 2C 00 00 00 AC 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 88 0B 00 00 E7 54 7E BD 9A D9 4B 00	F0 43 80 BD	7A C8 4D 00	48 7E 8C 21 03 0C 2A D5				
21	2019-02-28T18:45:57:749 dT(65 ms)	121 2C 00 00 00 CC 01 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	30 00 00 00 00 00 00 00 9A D9 4B 00 E6 54 7E BD	7A C8 4D 00	C2 42 80 BD	60 33 37 BA 14 FF C8 DF				
22	2019-02-28T18:45:57:684 dT(1 ms)	120 2C 00 00 00 DE 00 00 00 2C 00 (44 bytes)	HB	00 00 00 00 8A 0B 00 00 D4 43 7F BD 76 C8 4C 00	70 43 80 BD	C7 C6 4D 00	1A 40 55 9E 4E 03 D0 69				

CENELEC-Norm aufgebaut. Die von EULYNX freigegebenen Dokumente werden in einer sogenannten Baseline auf der Website von EULYNX ([www.eulynx.eu](http://www.eulynx.eu)) veröffentlicht. Für den entwickelten POC wurde Baseline 2 verwendet.

#### 4.1 Modellierung

Die EULYNX-Spezifikationen wurden in einem Modell entsprechend dem Model-Based System Engineering Standard (MBSE) für die Erfassung von Informationen entwickelt. Für die eindeutige Definition von Struktur und Funktionalität in dieser Spezifikation und zur Einhaltung der oben genannten CENELEC EN-Normen wurde die standardisierte System Modeling Language (SysML) gewählt [2]. Die EULYNX-Spezifikation ist CELENEC-konform in fünf Phasen aufgebaut. Es wurden insgesamt elf sogenannte Standard Communication Interfaces (SCI) spezifiziert, z.B. Lichtsignal (SCI-LS), Weiche (SCI-P), Bahnübergang (SCI-LX), Zugererkennung (SCI-TDS). Über ein SCI werden Befehle an das Infrastrukturelement gesendet bzw. der Status eines Infrastrukturelements an das Zugsicherungssystem übertragen. In Tab. 1 wird die generische Struktur von EULYNX-Nachrichten dargestellt.

In der letzten Phase wurden generische Schnittstellenspezifikationen definiert und die Schnittstellenspezifikationen für jede einzelne Schnittstelle festgelegt.

Die EULYNX-Spezifikation spezifiziert zusätzlich zum SCI zwei weitere Schnittstellen, nämlich: das Standardised Maintenance Interface (SMI) und das Standardised Diagnostics Interface (SDI). Im POC wird nur die SCI-Schnittstelle berücksichtigt, die beiden anderen Schnittstellen bleiben außer Betracht.

#### 4.2 Hardware-Implementierung

Beim Austausch von Nachrichten zwischen dem Zugsicherungssystem und dem Infrastrukturelement geht es um den Austausch von sicherheitsrelevanten Daten. In der EULYNX-Spezifikation ist das RaSTA-Protokoll [3] für das Senden von EULYNX-Nachrichten vorgeschrieben. Das RaSTA-Protokoll ist ein Industriestandard für die sichere Kommunikation und entspricht der Norm DIN EN 50159. Das auf UDP / IP basierende Protokoll unterstützt auch eine redundante Verbindung über zwei physikalische Netzwerkverbindungen, um die Verfügbarkeit des Kommunikationsnetzes zu erhöhen. Die oben beschriebene EULYNX-Nachricht wird beim Sen-

Byte-Nr.	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
00	Spezifischer Protokolltyp (1 Byte binär)							
01..02	Message-Typ (2 Bytes binär)							
03..22	Sender Identifier (20 Bytes ISO IEC 8859-1:1998)							
23..42	Empfänger Identifier (20 Bytes ISO IEC 8859-1:1998)							
43..127	Inhalt (max. 85 Bytes)							

Tab. 1: Generische Struktur von EULYNX-Nachrichten

gone one specific step beyond the previous initiatives for European standardisation. This is the first time that a European signalling specification contains a detailed and technical level for the exchange of messages between the signalling systems. The EULYNX specification has been created on the basis of well-known system engineering principles in accordance with the CENELEC standard. The documents released by EULYNX are published in a so-called baseline on the EULYNX website ([www.eulynx.eu](http://www.eulynx.eu)). Baseline 2 has been used for the developed POC.

#### 4.1 Modelling

The EULYNX specifications have been developed using model-based system engineering (MBSE) for the inclusion of information in the model. The standardised System Modelling Language (SysML) was selected to unambiguously define the structure and functionality in the specification and in order to comply with the aforementioned CENELEC EN standards [2]. The EULYNX specification consists of five phases in accordance with CENELEC.

A total of eleven so-called Standard Communication Interfaces (SCI) have been specified, such as light signal (SCI-LS), point (SCI-P), level crossing (SCI-LX), and train detection system (SCI-TDS). An SCI is used to transmit orders to the field element or to transmit the status of a field element to the signalling system.

The generic interface specifications and the specifications for each individual interface are captured in the last phase. The generic message structure is shown in tab. 1.

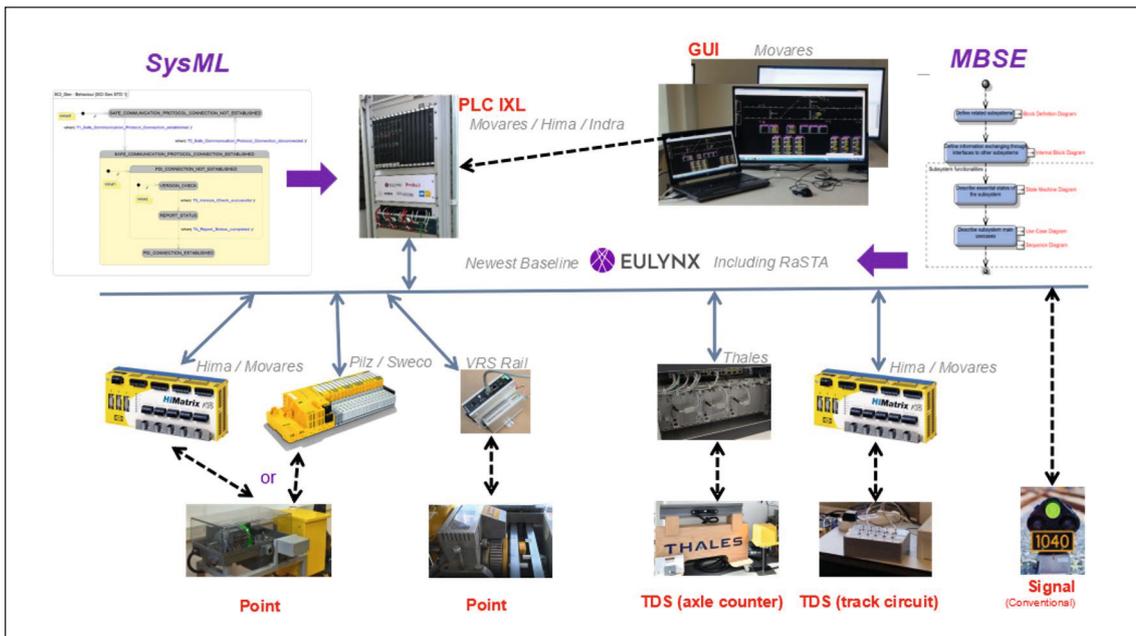
The EULYNX specification defines two further interfaces in addition to the Standard Communication Interface: the Standardised Maintenance Interface (SMI) and the Standardised Diagnostic Interface (SDI). The POC only covered the SCI and the other two interfaces were not included.

#### 4.2 Hardware implementation

The exchange of messages between the signalling system and the field element includes the exchange of safety-related data. The EULYNX specification prescribes the RaSTA protocol [3] for the transmission of EULYNX messages. The RaSTA protocol is an industry standard for safe communication and meets the DIN

Byte No.	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
00	Specific Protocol Type (1 Byte binary)							
01..02	Message Type (2 Bytes binary)							
03..22	Sender Identifier (20 Bytes ISO IEC 8859-1:1998)							
23..42	Receiver Identifier (20 Bytes ISO IEC 8859-1:1998)							
43..127	Payload (max. 85 Bytes)							

Tab. 1: The generic structure of the EULYNX messages



**Bild 5: Technische Architektur POC-System**  
 Fig. 5: Technical architecture of the POC system

den als Inhalt in die RaSTA-Nachricht eingepackt, mit einer sogenannten Prüfsumme versehen und dann über das (redundante) Netzwerk an den Empfänger gesendet. Die Prüfsumme wird beim Empfänger überprüft und die EULYNX-Nachricht wird entpackt und kann weiterverarbeitet werden. Aufgrund der Sicherheitsanforderungen an die Daten werden die Prozesse zum Verpacken, Berechnen der Prüfsumme und Entpacken auf CENELEC SIL4 zertifizierten Hardware-Systemen durchgeführt. Für den Transport der RaSTA-Nachrichten kann jede handelsübliche Hardware für IP-Netze verwendet werden.

In der Systemarchitektur der Implementierung werden zu diesem Zweck zwei Konzepte definiert: das sogenannte Safe Functional Module (SFM) und das Communication Functional Module (CFM). Die sicherheitsrelevanten Prozesse werden auf dem SFM-Teil und die nicht sicherheitsrelevanten Prozesse auf dem CFM-Teil durchgeführt.

Auf der linken Seite von Bild 2 ist die funktionale Prozessarchitektur des Zugsicherungssystems dargestellt, während auf der rechten Seite die Architektur der Steuerung des Infrastrukturelements gezeigt wird. Bei EULYNX verfügt ein Zugsicherungssystem über keinerlei Input- oder Output-Hardware zum Steuern oder Auslesen von Zuständen. Diese Ein- und Ausgänge sind nur in den Betriebssystemen der Infrastrukturelemente vorhanden. Die Verarbeitung von RaSTA- und EULYNX-Nachrichten erfolgt durch den sicheren Teil der Hardware (SFM). Über eine sogenannte Dual Ported RAM-Struktur werden die zu sendenden und zu empfangenden Daten mit dem unsicheren Teil der Hardware (CFM) ausgetauscht. Alle beteiligten EULYNX-Systeme kommunizieren miteinander über ein Ethernet-UDP / IP-Netzwerk.

**4.3 Software-Implementierung für SPS Interlocking**

In der EULYNX-Spezifikation sind die funktionalen Anforderungen in eine generische und eine spezifische Beschreibung unterteilt. Dazu passt einerseits eine Implementierung auf Basis einer objektorientierten Modellierungs- und Programmiersprache und andererseits wird auch die Rückverfolgbarkeit von Anforderungen von der Spezifikation bis zur Implementierung verbessert. Das SPS Interlocking-System unterstützt die Entwicklung neuer Funktionen für das sichere Funktionsmodul, unter anderem mittels der Programmiersprache C++. Nach der Analyse der Spezifi-

EN 50159 standard. The protocol, based on UDP/IP, also supports a redundant connection using two physical network connections to enhance the availability of the communication network. The transmitted EULYNX message is encrypted as a payload in the RaSTA message, provided with a so-called checksum and sent to the recipient using the (redundant) network. The checksum is checked by the recipient and is extracted for further processing. The encryption, checksum calculation and decryption processes are carried out on CENELEC SIL4 certified hardware systems because of the data safety requirements. RaSTA messages can be transmitted using normal, commercially available hardware for IP networks.

The so-called Safe Functional Module (SFM) and Communication Functional Module (CFM) concepts have been defined in the implementation's system architecture for this purpose. The security-related processes are carried out in the SFM section and the non-safety-related processes in the CFM section.

The left-hand side of fig. 2 shows the signalling system's functional process architecture and the right-hand side displays the field element controls. When using EULYNX, the signalling system does not have any input and output hardware to control or any read conditions. These inputs and outputs are only present on the control systems of the field elements. The processing of RaSTA and EULYNX messages is carried out by the safe section of the hardware (SFM). A so-called dual ported RAM structure is used to exchange the data for transmission and the received data with the non-safe section of the hardware. All involved EULYNX systems communicate with each other using an Ethernet UDP / IP network.

**4.3 Software implementation for the PLC interlocking**

The EULYNX specification has divided the functional requirements into generic and specific descriptions. An implementation based on object-oriented modelling and a programming language is in line with the above and also benefits the traceability of the specification requirements in the implementation. The PLC IXL supports the development of a new functionality for the Safe Functional Module using the C++ programming language, amongst others. UML diagrams have been developed af-

Homepage publication approved for Movares for an unlimited period of time / Rights for individual downloads and printouts for visitors of the pages approved by DVV Media Group, 2019

**Bild 6: EULYNX Systemstand auf der Innotrans 2018**

Fig. 6: Impression of the EULYNX booth at Innotrans 2018



kation wurden UML-Diagramme entwickelt, darunter ein Klassendiagramm und ein Zustandsübergangdiagramm.

In Bild 3 wird ein Teil des EULYNX Klassendiagramms wiedergegeben. Es wurde eine sogenannte Basisklasse der generischen EULYNX-Funktionalität implementiert (in Bild 3 die Klasse `cls_GenericEulynxContext`). Für jedes spezifische Infrastrukturelement ist eine von der Basisklasse abgeleitete Klasse implementiert. In dieser abgeleiteten Klasse sind die spezifischen Befehls- und Statusmeldungen des Infrastrukturelements implementiert (in Bild 3 `cls_PointEulynxContext`). Der Zustand der Schnittstelle ist nach dem sogenannten Zustandsmuster modelliert. Es gibt eine Kontextklasse mit der Ereignisschnittstelle, die von außen kommen kann, und für jeden Interface-Zustand gibt es eine Zustandsklasse. Um das EULYNX-Protokoll bereitzustellen, ist eine Kommunikationsklasse implementiert. Pro Infrastrukturelement gibt es zwei verschiedene Klassen, eine Klasse für das Verhalten des Infrastrukturelements im Zugsicherungssystem und eine Klasse für das Verhalten des Infrastrukturelements in der Steuereinrichtung entlang der Strecke. Mit dem implementierten Satz von C++-Klassen kann eine Konfiguration eines Zugsicherungssystems entworfen werden.

Im POC wurde ein Teil der Santpoort Noord Station für die Steuerung und Signalisierung mit EULYNX-Objekten konfiguriert. Die Konfiguration besteht aus der Steuerung und Signalisierung folgender Infrastrukturelemente: Zehn Abschnitte mit klassischer Zugererkennung, drei Weichen und sechs Abschnitte mit dem Achszählssystem Thales AZLM. Es gab drei Implementierungsvarianten von der Implementierung der Steuerung und Signalisierung der Weichen, nämlich: HIMatrix F30 (Hima), PSS4000 (Pilz) und Moxa.

#### 4.3 RastaSpy

Um überwachen zu können, welche EULYNX- und RaSTA-Nachrichten über das Netzwerk gesendet werden, wurde das Programm RastaSpy entwickelt.

In Bild 4 wird gezeigt, dass jede Nachricht hinsichtlich des Versandzeitpunktes, der Länge der Nachricht, des RaSTA-Nachrichtentyps, der Empfänger- und Absenderkennung, der Auftragsnummern und Zeitstempel sowie der gesendeten EULYNX-Daten zusammen mit des Cyclic Redundancy Checksum (CRC) der RaSTA-Nachricht ausgewertet werden kann.

ter an analysis of the specification, including a class diagram and a state transition diagram.

Fig. 3 shows (part of) the EULYNX class diagram.

A so-called basic class of the generic EULYNX functionality has been implemented (this is the following class in fig. 3: `cls_GenericEulynxContext`). A class has been implemented for each specific infrastructure element which has been derived from the basic class. The order and status messages for each specific infrastructure element have been implemented in this derived class (in fig. 3: `cls_PointEulynxContext`). The condition of the interface has been modelled according to the so-called state pattern. This includes a context class with the event interface from external sources and a state class for each interface condition. A communication class has been implemented in order to implement the EULYNX protocol. There are two different classes for each field element; one class for the behaviour of the field element in the signalling system and one class for the behaviour of the field element in the control equipment along the track. A signalling system configuration can be developed using the implemented collection of C++ classes.

Part of the Dutch Santpoort Noord station was configured for control and signalling using EULYNX objects in the POC. The configuration consists of the controlling and signalling of the following field elements: ten sections using national track circuit train detection, three points and six sections using the AZLM axle-count system supplied by Thales. The following three implementation variants were present for the controlling and signalling of the point machines: HIMatrix F30 (Hima), PSS4000 (Pilz) and Moxa.

#### 4.4 RastaSpy

The RastaSpy program has been developed to monitor which EULYNX and RaSTA messages are transmitted using the network.

The aforementioned oversight enables each message to be analysed in terms of its time of transmission, message length, RaSTA message type, recipient and sender identification, order numbers, time stamps and the transmitted EULYNX data including the RaSTA message's Cyclic Redundancy Checksum (CRC).

**5 Vorstellung des POC auf der Innotrans 2018**

Während der Innotrans 2018 wurde den Messebesuchern das POC-System vorgestellt. Bild 5 zeigt die technische Systemarchitektur.

Bild 6 zeigt den Systemstand während der Innotrans. Im Vordergrund steht ein Gleisabschnitt mit einem Achszählkopf und einem Weichenmotor, der auch von ProRail verwendet wird. Im Hintergrund (rechts) befindet sich das Zugsicherungssystem SPS Interlocking. Darüber hinaus ein Bildschirm für den Betrieb der Infrastruktur von Santpoort Noord. Ganz links befindet sich ein Bildschirm, auf dem die RaSTA- und EULYNX-Nachrichten von RastaSpy angezeigt werden. Unter den Bildschirm befindet sich das AZLM Achszählsystem von Thales. Während der viertägigen Demonstration des POC tauschte das SPS-Stellwerk über fünf Millionen RaSTA / EULYNX-Nachrichten fehlerfrei mit den Object Controllern für die Zugortung und die Weiche aus.

**6 Gewonnene Erkenntnisse und nächste Schritte**

Für ProRail war das nicht nur ein technischer Test, sondern auch ein Schritt in die Richtung der Umsetzung unserer Vision von der Digitalisierung der Zugsicherungssysteme. Wir verwenden Industriestandards anstelle von „bahnspezifischen“ technischen Lösungen, was einer der Gründe dafür ist, dass Teile kompatibel werden. Wir machen die Zugsicherung vom Aufbau her modular, was uns bei Bahnprojekten mehr Flexibilität verleiht. Es hilft uns auch, mit der technischen Entwicklung Schritt zu halten, die wir in der Gesellschaft erleben. Derzeit werden die Ergebnisse aus diesem POC in ProRails Zukunftsplanung einbezogen.

**7 Technische Zusammenfassung und gewonnene Erkenntnisse**

Die EULYNX Baseline 2 Spezifikationen für Weichen und Zugerken- nung haben ein so hohes Maß an Qualität, Klarheit und Vollständig- keit erreicht, dass während der Implementierung keine Fragen oder Diskussionen mehr mit dem EULYNX Spezifikationsteam not- wendig waren. Die Implementierung von Software auf einem Sicher- heitssystem mit C++ hat Einschränkungen. Trotz dieser Ein- schränkungen ist es möglich, EULYNX-Spezifikationen zu imple-

Komponente / Gerät	Realisiert durch
Das Zugsicherungssystem mit der Logik von Santpoort Noord, EULYNX-Funktionen und Schnittstellen	Movares / Intraffic / HIMA (zur Verfügung gestellt auf Basis eines früheren PoC von Movares / Indra)
Die RaSTA Implementation auf oben ge- nanntem System	Indra / Movares / Intraffic (zur Verfügung gestellt auf Basis eines frü- heren PoC von Movares / Indra)
Für die Bedienung und Anzeige des Status wird ein Grafisches User Interface benötigt	Movares (zur Verfügung gestellt auf Basis eines frü- heren PoC von Movares)
RastaSpy (oben beschrieben)	Movares (zur Verfügung gestellt auf Basis eines frü- heren PoC von Movares)
Drei verschiedene Object Controller für die Weiche	Pilz / Sweco / VRS Rail / Movares
Zugerkennung mit einem Object Control- ler für ein Achsenzählwerk	Thales
Zugerkennung mit einem Object Control- ler für ein Gleisrelais	Movares

**Tab. 2: Übersicht über POC-Systemkomponenten und Marktparteien für die Realisierung**

**5 The demonstration of the POC at Innotrans 2018**

The set-up was demonstrated to the trade fair visitors at In- notrans 2018. Fig. 5 shows the technical system architecture.

Fig. 6 shows the demonstration set-up at Innotrans. A piece of track with an axle counter system is shown in the foreground with a point machine, which is also used by ProRail, next to it. The PLC IXL is shown in the background (on the right). There is a screen to control the Santpoort Noord station next to it. The screen, on which the RaSTA and EULYNX messages are dis- played using RastaSpy, is depicted on the far left. The AZLM axle counter system provided by Thales can be seen below the screen. Over five million RaSTA / EULYNX messages were exchanged with the object controllers for the train detection and the point machines without any errors by the PLC interlocking system throughout the four-day demonstration of the POC.

**6 The lessons learned and the next steps**

The demonstrator was not simply a technical test for ProRail, but it is also a step towards the realisation of our vision for the digitisation of signalling. We have applied industry standards rather than “railway-specific” solutions, which has contributed to the compatibility of the components. We have made the sig- nalling modular, which has increased the flexibility of railway projects. It has also helped us to keep up with the technological development which is currently ongoing in society. The results of this POC have currently been incorporated into ProRail’s plans for the future.

**7 The technical summary and the lessons learned**

The EULYNX Baseline 2 specifications for the point and train detection systems are of such a high quality, simplicity and com- pleteness that no questions or discussions were needed with the EULYNX specifications team during the implementation. There are limitations to implementing software in a safety system using C++. Despite these limitations, however, the implementa- tion of EULYNX specifications is still possible. This POC has clearly demonstrated that Model Based System Engineering re- sults in a stable, broadly supported standard when compared

Equipment	Created by
The signalling system using Santpoort Noord logic and EULYNX functions and interfaces	Movares / Intraffic / HIMA (provided from a previous PoC by Movares / Indra)
The RaSTA implementation of the afore- mentioned system	Indra / Movares / Intraffic (provided from a previous PoC by Movares / Indra)
A Graphic User Interface is necessary to control and display the status	Movares (provided from a previous PoC by Movares)
RastaSpy (as described above)	Movares (provided from a previous PoC by Movares)
Three different object controllers for the point machines	Pilz / Sweco / VRS Rail / Movares
Train detection using an object control- ler for an axle counter system	Thales
Train detection using an object control- ler for a track circuit relay	Movares

**Tab. 2: An overview of the POC system set-up and the market participants for the realisation**

Homepage publication approved for Movares for an unlimited period of time / Rights for individual downloads and printouts for visitors of the pages approved by DVV Media Group, 2019

mentieren. In diesem POC wird deutlich gezeigt, dass eine modellbasierte Systemtechnik im Vergleich zu lokalen länderspezifischen Lösungen einen stabilen, breit abgestützten Standard bietet. Mit der Einführung von EULYNX wird der Bahnmarkt auch für Systemanbieter geöffnet, die hauptsächlich mit der Norm IEC 61508 vertraut sind. ■

with country-specific solutions. The introduction of EULYNX has opened up the railway market to system suppliers which are mainly familiar with the IEC 61508 standard. ■

#### LITERATUR | LITERATURE

- [1] Blaauboer, M.; Mennen, W.; van der Werff, M.: Reducing Life Cycle Costs of main line interlockings, SIGNAL+DRAHT 11/2013  
 [2] OMG Systems Modeling Language (OMG SysML TM ), <http://www.omg.org/spec/SysML/1.3/>  
 [3] Elektrische Bahn-Signalanlagen, Teil 200: Sicheres Übertragungsprotokoll RaSTA nach DIN EN50159 (VDE 0831-159)  
 [4] Makkinga, F.; Musters, P.; Bell, T.: New SIL 4 PLC Interlocking reduces life-cycle costs, SIGNAL+DRAHT 7+8/2015  
 [5] Pascual, S.; Makkinga, F.: Operational cost reduction for ERTMS Level 2 by implementing a standardised interlocking interface, SIGNAL+DRAHT 9/2017

#### AUTOREN | AUTHORS

##### Monique Voorderhake-Borst

Projectmanager / Innovator  
 Asset Management – Signalling Department  
 ProRail  
 Anschrift / Address: Postbus 2038, NL-3500 GA Utrecht  
 E-Mail: monique.voorderhake@prorail.nl

##### Dipl.-Ing. Frits Makkinga

Director Innovation & Business Development,  
 Division Rail Movares Nederland BV  
 Anschrift / Address: Daalseplein 100, NL-3511 SX Utrecht  
 E-Mail: frits.makkinga@movares.nl

##### Maarten van der Werff

Manager Expert Group Interlocking  
 Asset Management – Signalling Department  
 ProRail  
 Anschrift / Address: Postbus 2038, NL-3500 GA Utrecht  
 E-Mail: maarten.vanderwerff@prorail.nl

[www.pintsch.net](http://www.pintsch.net)



#### Systemlösungen für die Bahninfrastruktur

- Bahnübergangstechnik
- Bahnsteigtüren
- Lichttechnik
- Sensortechnik und Achszählung
- Stellwerks- und Fördertechnik
- Weichenheizung
- Tunnelsicherheits- und Gleisfeldbeleuchtung
- Digitalisierung und Diagnose



**PINTSCH**  
 Sicherheit für die Bahn