

Schutzziele im Eisenbahnverkehr mit innovativer Sicherungstechnik

Die Schutzziele des Eisenbahnbetriebs sind allgemein bekannt, ergeben sich aus den Systemeigenschaften Spurführung und lange Bremswege und gelten unabhängig von der eingesetzten Sicherungstechnik. Um die Komplexität und den Umfang aktueller Regelwerke zu reduzieren, werden in diesem Artikel zwei Ansätze präsentiert, die die Schutzziele als Ausgangspunkt für die Entwicklung einer neuen Sicherungstechnik und entsprechender Regelwerke verwenden. Das Ziel – geringere Regelkomplexität, höhere Praktikabilität und klare Nachvollziehbarkeit.

1. Schutzziele im Eisenbahnverkehr

Die Schutzziele im Eisenbahnbetrieb leiten sich unmittelbar aus den Systemeigenschaften der Eisenbahn ab. Besonders relevant sind die Spurführung und die langen Bremswege aufgrund der geringen Haftreibung zwischen Stahlrad und Stahlschiene. Diese physikalischen Rahmenbedingungen führen zur Notwendigkeit spezifischer Schutzfunktionen, welche die Sicherung des Eisenbahnverkehrs gewährleisten. [1] Unabhängig von technischen Realisierungen gelten diese Schutzziele bzw. Schutzfunktionen systemübergreifend und bilden die Grundlage für die Entwicklung neuer Sicherungstechnologien.

Die Strukturierung dieser Schutzziele ist jedoch nicht statisch, sondern kann je nach Anwendungsfall, Betrachtungsebene oder spezifischem Kontext unterschiedlich gefasst, gruppiert und dargestellt werden. Dies führt dazu, dass in der Fachliteratur und den Regelwerken verschiedene Ansätze zur Kategorisierung und Hierarchisierung von Schutzz Zielen existieren. [2, 3] Eine umfassende und gut strukturierte Übersicht bietet beispielsweise die Abbildung 1 von M. Cichos in seinem Beitrag „Schutzziele für den Eisenbahnbetrieb“ [4].

Für den aktuellen Stand der Technik, z.B. Elektronische Stellwerke (ESTW) mit ETCS-Infrastruktur existieren umfangreiche betriebliche und technische Regelwerke, deren Komplexität kaum noch zu bewältigen ist und deren Handhabbarkeit infrage

gestellt werden muss, da die Anzahl und Interdependenz der Regeln die Praktikabilität schlachtweg übersteigen [04]. Seit 2017 werden Bemühungen unternommen, ein ETCS-Stellwerk zu entwickeln, was zur Entstehung der Initiative Reference CCS Architecture (RCA) führte. Eines der Ziele der RCA ist es, eine Stellwerksarchitektur zu spezifizieren, welche auf die Fähigkeiten von ETCS Level 2/3 und EULYNX zugeschnitten ist. Innerhalb dieser Initiative entstand ebenfalls die Idee des Advanced Protection System (APS). [5]

Trotz der Tatsache, dass sich das APS noch in der Konzeptphase befindet, umfasst die RCA-Dokumentation bereits mehrere hundert Seiten und ist zum aktuellen Zeitpunkt weiterhin unvollständig. Die hohe Komplexität des ETCS, insbesondere in Verbindung mit traditioneller Sicherungstechnik, stellt eine der größten Herausforderungen beim ETCS-Rollout dar und ist ein wesentlicher Grund für die zeitlichen Verzögerungen der Projekte.

Vor diesem Hintergrund zielt der vorliegende Beitrag darauf ab, die zentralen Schutzziele erneut in den Fokus zu rücken und als Ausgangspunkt für eine zukunftsorientierte und nachvollziehbare Entwicklung des Advanced Protection System (APS) zu nutzen. Durch eine strukturierte Ableitung der sicherheitsrelevanten Funktionen und deren konsequenter Formalisierung soll die Nachvollziehbarkeit der ermittelten Annahmen, Anforderungen und Funktionen verbessert und Lösungsansätze



Dipl.-Ing. Richard Kretzschmar
Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter
TU Dresden und Deutsches Zentrum für Schienenverkehrs-
forschung (DZSF), Dresden
KretzschmarR@dzsf.bund.de

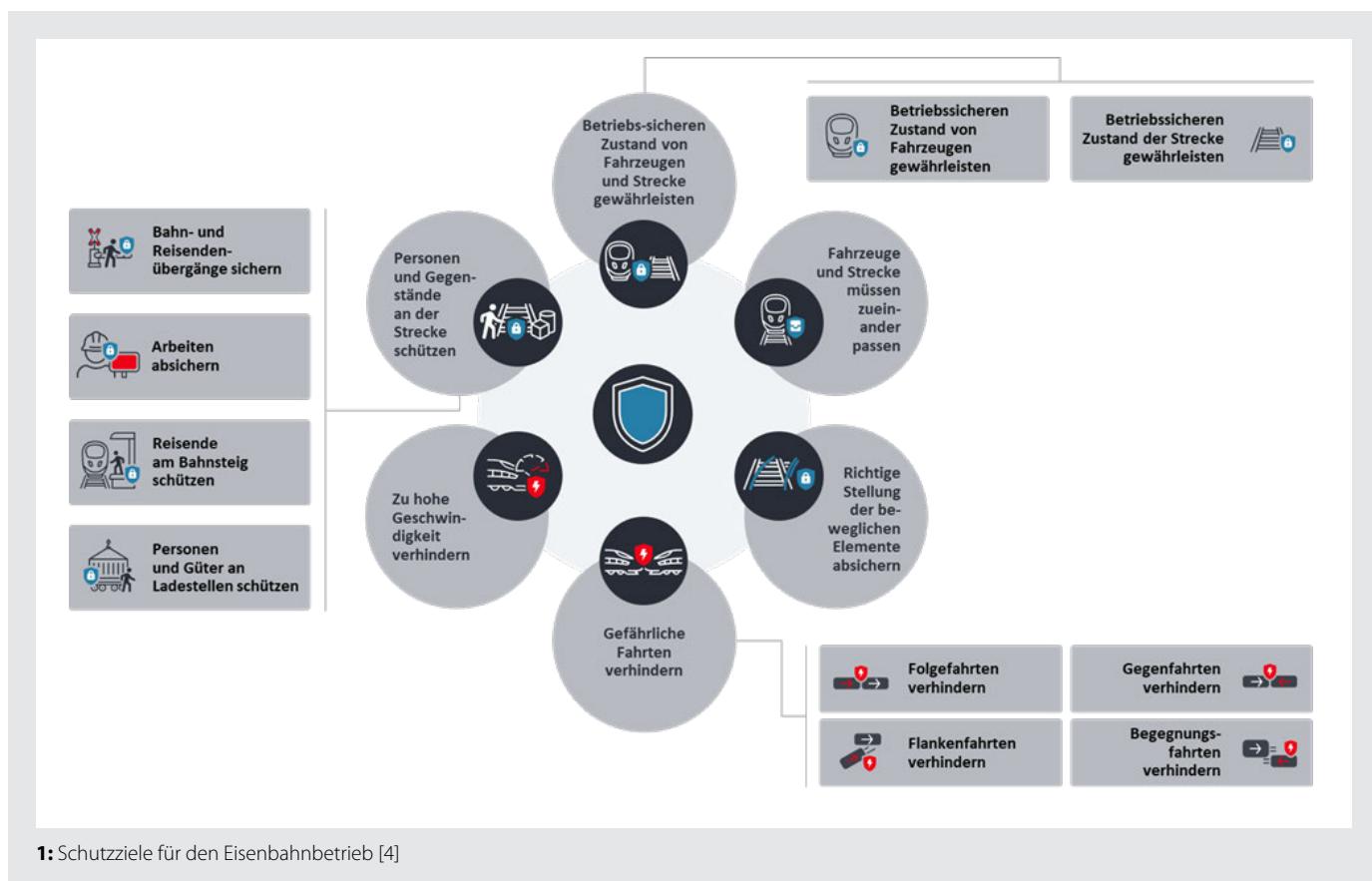


Dipl.-Ing. Frederic Reiter
Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrs-
forschung (DZSF), Dresden
ReiterF@dzsf.bund.de

ze jenseits existierender Regelwerke offen diskutiert werden. Mit einer Analyse der wesentlichen Schutzziele bzw. relevanten Gefährdungspotenziale für das Zielsystem APS soll eine zielgerichtete Weiterentwicklung des Systems ermöglicht werden.

2. Zielbild: Advanced Protection System (APS)

Das APS ist eine geometrische Sicherungstechnik, die speziell für den Einsatz mit ETCS Level 2 und dem Train Integrity Monitoring System (TIMS) konzipiert ist. Ziel des APS ist es, die Funktionen des Stellwerks mit denen des Radio Block Centre (RBC) in einer zentralen Komponente zu vereinen und alle im Zuständigkeitsbereich stattfindenden ETCS-Fahrzeugbewegungen zu



autorisieren und zu überwachen. [6] Das Zusammenspiel von APS und ETCS Level 2 mit TIMS ist in Abbildung 2 dargestellt.

Das APS verwaltet die gesamte Gleisanlage im Verantwortungsbereich, welche hauptsächlich aus den Fahrwegelementen besteht. Nachdem die beweglichen Fahrwegelemente (z.B. Weichen) in die korrekte Endlage umgestellt und in dieser verschlossen wurden, kann das APS den gesicherten Fahrweg, die sogenannte Movement Permission Area (MPA), erzeugen. Die MPA ist ein dynamischer Bewegungsbereich, welcher theoretisch an jedem beliebigen Streckenpunkt enden kann. Im vorgesehenen Regelbetrieb in der ETCS-Betriebsart Full Supervision (FS) bildet die erstellte MPA die Grundlage für die Movement Authority (MA), die als Funknachricht (Radio Message) über das Funknetzwerk an das ETCS-Fahrzeug übermittelt wird.

Im Zielbild von APS sind alle Fahrzeuge mit ETCS und einem TIMS ausgestattet, um die eigene Zugintegrität überwachen zu können. Somit ist es möglich, auf konventionelle Gleisfreimeldetechnik zu verzichten, was zu einer Reduktion der Systemkomplexität führt. Zur Ermittlung der Fahrzeugposition werden unter ETCS Eurobalisen genutzt. Die Eurobalisen sind statische

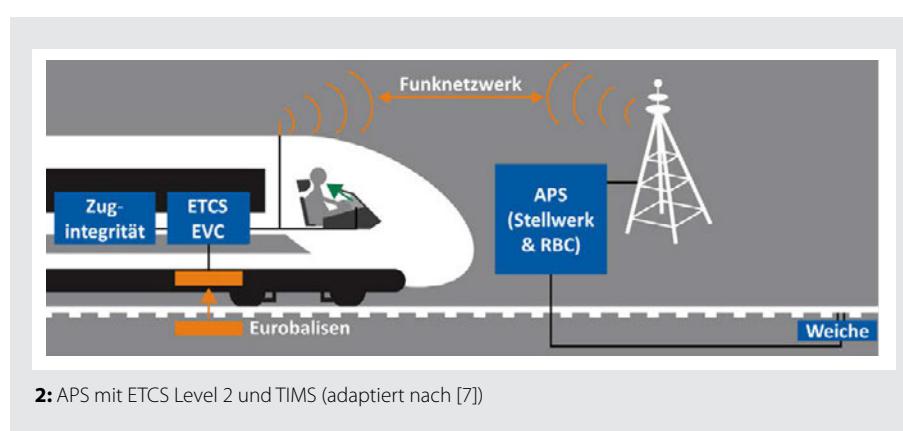
Referenzpunkte im Gleis mit einer eindeutigen ID. Wenn ein ETCS-Fahrzeug sie überfährt, liest es die Daten der Eurobalise aus. Die ETCS-Fahrzeuge übermitteln dem APS zyklisch Informationen über die zuletzt überfahrene Eurobalise, die durch die Odometrieeinheit gemessene Entfernung zur letzten Eurobalise und die Integrität des Zuges als Positionsmeldung. Dadurch kann das APS die Fahrzeuge im Streckenatlas lokalisieren und die genehmigten Fahrzeugbewegungen aktualisieren.

Das APS stellt die kontinuierliche Funkverbindung zu den ETCS-Fahrzeugen sicher, um einen ständigen Datenaustausch

und die Überwachung zu gewährleisten. Alle eingehenden Funknachrichten werden vom European Vital Computer (EVC) des Fahrzeugs verarbeitet. Für die Durchführung der Fahrzeugbewegung im ETCS Level 2 relevante Daten werden dem Triebfahrzeugführer im Führerstandsdisplay angezeigt, sodass infrastrukturseitig auf den Einsatz von ortsfesten Lichtsignalen verzichtet werden kann.

3. Methodische Ansätze

Im Folgenden werden zwei unterschiedliche Ansätze vorgestellt, mit denen eine





möglichst kleine und nachvollziehbare Menge an Regeln definiert werden kann, die den sicheren Eisenbahnbetrieb mit dem APS ermöglichen. Die gemeinsame Grundlage beider Ansätze ist eine qualitative Fehlerbaumanalyse, die auf Basis der eingangs eingeführten Schutzziele durchgeführt wird. In Anlehnung an Borály et al. [8] wird dieses Verfahren genutzt, um Ursachen von potenziellen Gefährdungen in der Sicherungslogik zu identifizieren, die eine Verletzung der Schutzziele zur Folge haben können. Diese werden in beiden Ansätzen als 'Top-Gefährdungen' verstanden, deren Eintreten durch geeignete Funktionen der Sicherungstechnik ausgeschlossen werden muss. Die für den Eisenbahnverkehr relevanten Top-Gefährdungen im Kontext von APS mit ETCS L2 TIMS werden im Rahmen des MBSE-Ansatzes strukturiert und in Abbildung 3 dargestellt.

Die zugehörigen Ereignisketten werden in Form von Baumstrukturen dargestellt, in denen die identifizierte Gefährdung jeweils den Ausgangspunkt an der Wurzel des Baums bildet. Darunter folgen, in kausal logisch geordneter Reihenfolge, sämtliche Einzelereignisse, die zum Eintritt der Gefährdung führen können. Am Ende jedes Verzweigungsstrangs steht eine abgeleitete sicherheitsrelevante Maßnahme, mit der die jeweilige Gefährdung vermieden werden soll.

den oder beherrscht werden soll. Auf dieser Basis erfolgt die Ableitung konkreter Anforderungen (Requirements – R) an das APS oder die Definition notwendiger Annahmen (Assumptions – A) z.B. an andere Teil- oder Umsysteme. Auf diese Weise lässt sich jede Regel bis zu ihrem Ursprung zurückverfolgen, was die Weiterentwicklung des Regelwerks vereinfacht.

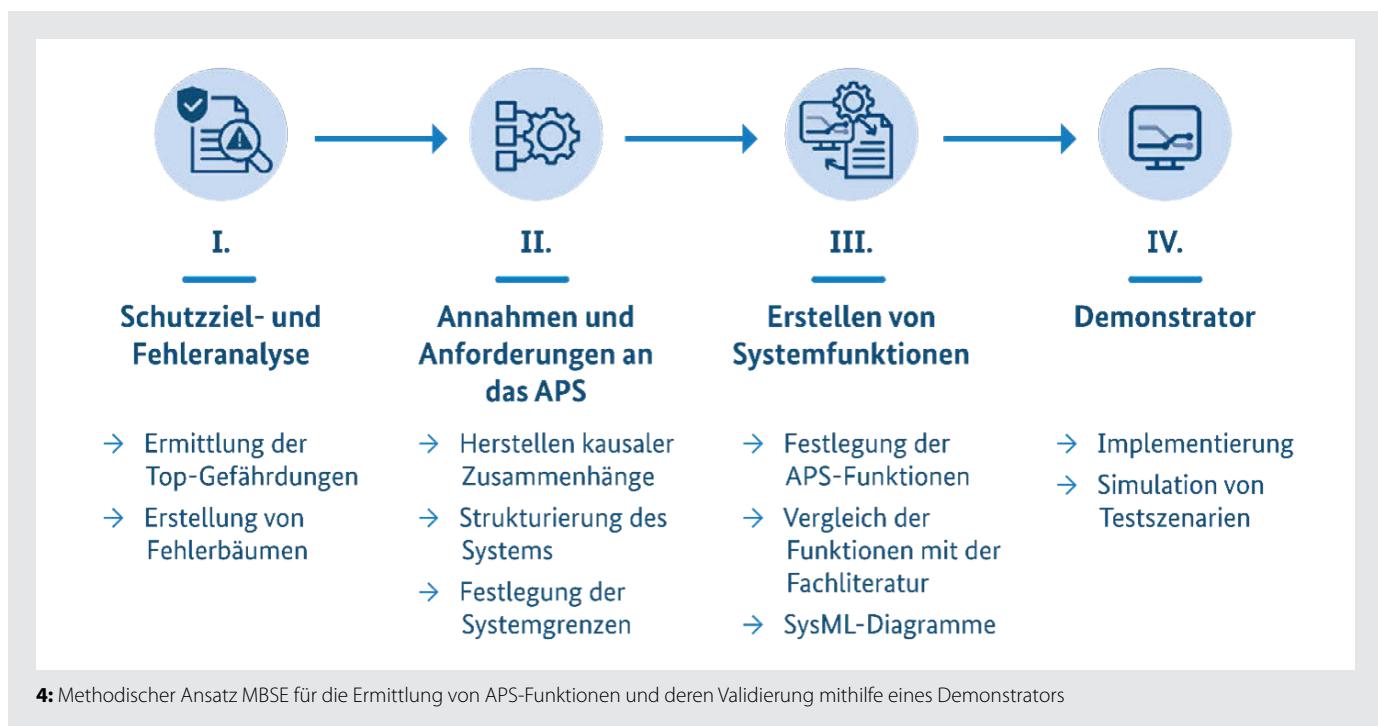
Sowohl bei der Auflistung und Abgrenzung der Schutzziele als auch bei der Erstellung der Fehlerbaumstrukturen ergeben sich unterschiedliche Strukturen und Betrachtungsebenen, die im Folgenden einzeln vorgestellt werden.

4. Ansatz 1: Model-Based Systems Engineering (MBSE)

Im ersten Ansatz kommt die Methode des Model-Based Systems Engineering (MBSE) zum Einsatz. Dabei handelt es sich um einen strukturierten und formalisierten Entwicklungsansatz für komplexe Systeme, der Anforderungen, Funktionen, Architektur und Systemverhalten integriert, um eine konsistente und ausgewogene Systemlösung zu ermöglichen. Die Anwendung von MBSE beginnt typischerweise in der frühen Konzeptionsphase und kann über alle weiteren Entwicklungs- und Lebenszyklusphasen hinweg fortgeführt werden. [9] Im

Rahmen der Untersuchung beschränkt sich die Anwendung der MBSE-Methodik auf die Analyse der Systemanforderungen, die Konzeptionierung der Systemfunktionen und Darstellung des Architekturentwurfs. Die Wahl von MBSE basiert auf dessen Etablierung und dem bewährten Einsatz in der Systementwicklung im Eisenbahnbereich. Die Methode wird beispielsweise bei der Digitalen Schiene Deutschland bei der Entwicklung von Digitalen Stellwerken [10] sowie in der Reference CCS Architecture (RCA) bei der Spezifikation von EULYNX und Moving Block [11] angewendet. MBSE ist weiterhin ein zentraler methodischer Baustein im System Pillar von Europe's Rail Joint Undertaking [12], welcher sich auf die Integration und Harmonisierung von Systemen innerhalb des europäischen Bahnsystems konzentriert. Die Gesamtmethodik hinter dem MBSE-Ansatz ist in Abbildung 4 dargestellt.

Der Schritt (I) wurde bereits im Absatz „Methodische Ansätze“ vorgestellt. Die Top-Gefährdungen bilden die Grundlage für die Erstellung einer qualitativen Fehleranalyse, deren Ziel es ist, die wesentlichen Fehlerursachen und Risiken im Zielbild APS mit ETCS L2 TIMS zu identifizieren und in einer Fehlerbaumstruktur darzustellen. Diese Analyse folgt einem Top-Down-Ansatz. Die wesentlichen kausalen Zusammenhänge,



4: Methodischer Ansatz MBSE für die Ermittlung von APS-Funktionen und deren Validierung mithilfe eines Demonstrators

die zu diesem gefährlichen Ereignis führen, können anhand von Baumstrukturen nachvollzogen werden [08].

Basierend auf der Fehleranalyse erfolgt eine qualitative Anforderungsanalyse, welche die sicherheitskritischen Anforderungen an das APS und die notwendigen Annahmen (z.B. an die Umgebungssysteme) erfasst. Die Anforderungen (Requirements – R) und Annahmen (Assumptions – A) können ebenfalls unmittelbar aus den erstellten Baumstrukturen abgeleitet werden (II).

Im nächsten Schritt werden die sicherheitskritischen Anforderungen in APS-Funktionen überführt und die Systemarchitektur entsprechend strukturiert. Die erstellten Funktionen können im Sinne der Modularität in weitere Subfunktionen unterteilt werden. Zur formalisierten Abbildung des APS dient ein Systemmodell, das mithilfe der Systems Modeling Language (SysML) erstellt wurde. Das Modell bildet die Grundlage für eine konsistente und strukturierte Darstellung des Zielsystems. Es umfasst sowohl die Systemstruktur als auch das funktionale Verhalten und die zugrunde liegenden Anforderungen. Die in SysML angelegten Diagramme ermöglichen es, sicherheitskritische Anforderungen in konkrete Systemfunktionen zu überführen, stellen die Zusammenhänge zwischen den einzelnen APS-Komponenten übersichtlich dar und bilden so die Grundlage für die Analyse, Verifikation und Weiterentwicklung des APS (III).

Die strukturierte Modellierung dient als Basis für die Umsetzung des APS in einem Demonstrator innerhalb der ETCS-Simulationsumgebung des DZSF. Diese bietet eine vollständige Testumgebung für ETCS, in der Gleisanlagen mit ETCS-Ausrüstung konfiguriert, Betriebsszenarien simuliert und anschließend ausgewertet werden können. Ziel ist es, die Funktionalität und Praktikabilität des APS-Konzepts in dieser ETCS-Simulationsumgebung zu verifizieren und durch Testszenarien zu belegen (IV).

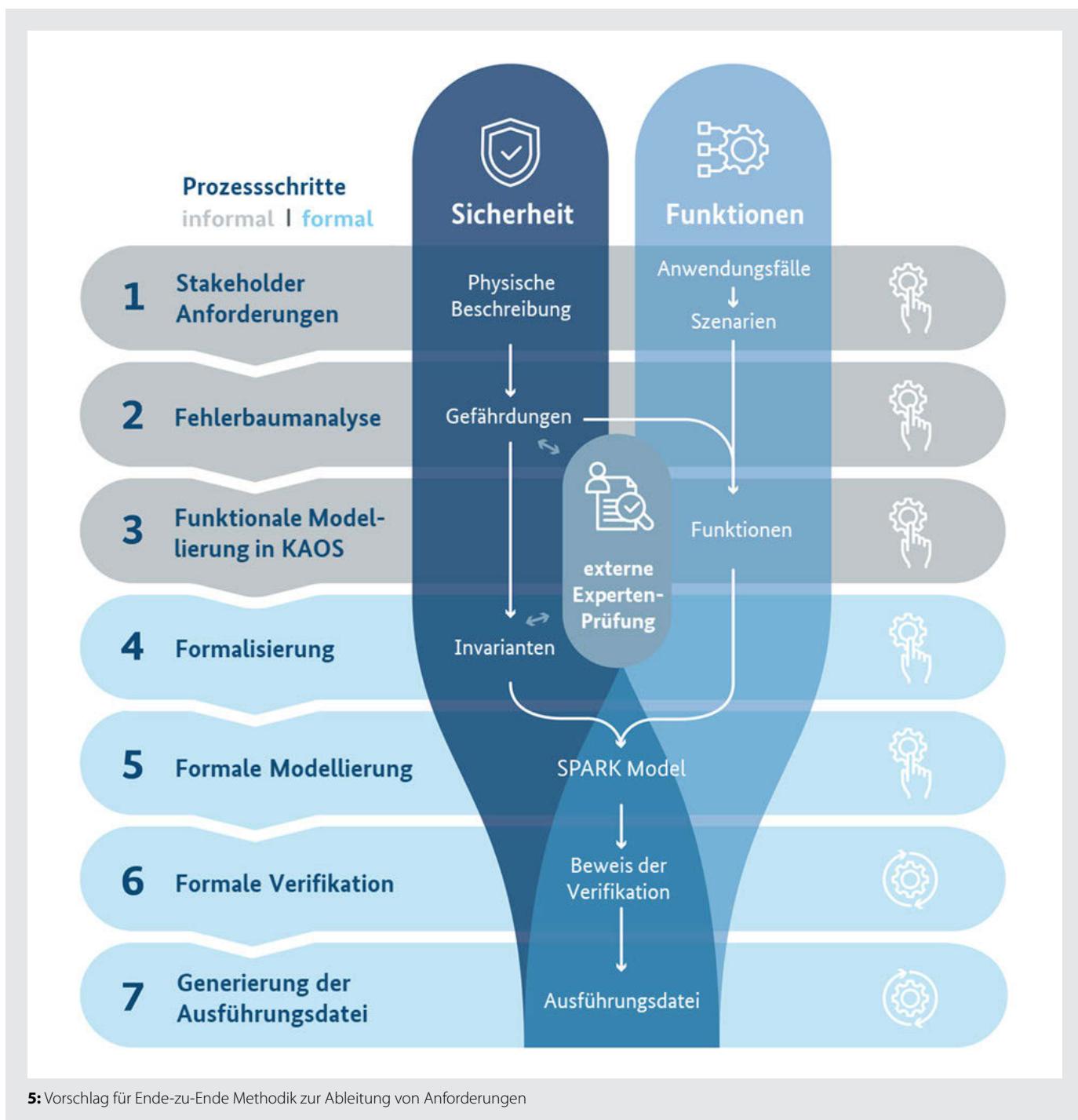
5. Ansatz 2: Formal-rigorose Methodik

Die Motivation für diesen Ansatz ergibt sich aus den Problemen, welche konventionelle Spezifikationen basierend auf natürlicher Sprache mit sich bringen – denn diese enthalten unvermeidliche Interpretationsspielräume. Es ergibt sich die Möglichkeit der Implementierung von Systemen, die der Spezifikation vollenfänglich entsprechen, aber miteinander inkompakibel sind oder das eigentliche Ziel einer Regel fehlinterpretieren. Um Sicherheit und Interoperabilität garantieren zu können, entsteht ein erheblicher manueller Aufwand für Validierungs- und Verifikationsprozesse, da Details der Implementierung und der ursprünglichen Spezifikation nur mit Hilfe menschlicher Erfahrung verglichen werden können. Weiterhin existieren für Ausdrücke in natürlicher Sprache keine Mechanismen, welche die Erstellung von widersprüchli-

chen oder inkompakiblen Regeln ausschließen, redundant gewordene Regeln automatisiert identifizieren können oder die Herleitung für eine Regel leicht ersichtlich machen.

Während die Herleitung der Regeln durch eine direkte Verknüpfung mit den dazugehörigen Schutzzieilen bewerkstelligt werden kann, sind die übrigen Probleme inhärente Limitierungen von Ausdrücken in natürlicher Sprache. Die Folge sind kontinuierlich wachsende Regelwerke mit Regeln, deren Rechtfertigung und Wechselwirkungen untereinander mitunter ohne ein Gespräch mit den Autoren schwer nachvollzogen werden kann. Die Aktualisierung dieser Dokumente wird noch dadurch erschwert, dass sich die in der deutschen LST übliche Beurteilung von Risikoakzeptanzkriterien auf den Vergleich mit einem vorhandenen System stützt.

Ein Grund, der für den Einsatz von natürlicher Sprache und die Eröffnung von Interpretationsspielräumen spricht, ist der einfacheren Umgang mit Bestandsinfrastruktur und Grenzfällen. In der Literatur wird außerdem der Umstand genannt, dass Hersteller durch zu strikte Vorgaben unnötigerweise in der Produktgestaltung und damit im Abrufen möglicher Optimierungspotenziale gehindert werden könnten [13]. Der wesentliche Anlass für die Gründung von Initiativen wie ERTMS und EULYNX war jedoch die Interoperabilität. Mit Blick auf den enormen Aufwand, der



für V&V-Prozesse aufgrund dieser Spielräume zur Sicherung der Interoperabilität getrieben werden muss, stellt sich die Frage, wie groß diese herstellerseitigen Optimierungen sein müssten, um die Nachteile aufzuwiegen. Vielmehr scheint es so, als wäre die Interoperabilität durch die Nutzung natürlicher Sprache in technischen Spezifikationen von Anfang an kompromittiert oder zumindest eingeschränkt.

Eine mögliche Lösung stellt die Nutzung von formal rigorosen Methoden dar. So haben verwandte Arbeiten in der Literatur

gezeigt, dass sich Sicherheitseigenschaften von LST-Systemen mathematisch ausdrücken und beweisen lassen [14, 15]. Diese mathematischen Sicherheitseigenschaften nehmen die Form von Invarianten an, d.h. Zuständen, die das System nie annehmen darf. Beispielsweise ließe sich folgender Satz in natürlicher Sprache auch mit Hilfe der Mengenlehre ausdrücken: „Die Movement Permission Area (MPA) zweier beliebiger Züge darf sich nie überschneiden.“

$$\forall zug_A, zug_B \in \text{Züge}: zug_A \neq zug_B \Rightarrow MPA(zug_A) \cap MPA(zug_B) = \emptyset$$

Mittels mathematischer Verfahren lässt sich nun beweisen, dass diese Ausdrücke durch keine möglichen Zustandsänderungen des Systems je verletzt werden. Unter der Voraussetzung, dass dem APS eine vollständige Menge an Sicherheitseigenschaften zugrunde liegt, sorgt dieser mathematische Sicherheitsbeweis für ein höheres Vertrauen, als es mit konventionellem Testen erreichbar wäre. In vielen Fällen liefern Studien nach der Transformation

eines natürlich-sprachigen Regelwerks in ein formales Modell Fehlermeldungen und Verbesserungsvorschläge an die Autoren zurück [16]. Für unser Ziel, die kleinstmögliche Anzahl an Regeln für sicheren Bahnbetrieb zu entwickeln, scheint sich dieser Ansatz gut zu eignen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methodik der Spezifizierung entwickelt, die speziell auf formale Sicherheitseigenschaften ausgerichtet ist (siehe Abbildung 5) [17]. Dazu wurde die oben beschriebene Fehlerbaumanalyse mit einem Ansatz des zielorientierten Anforderungsmanagements (KAOS) kombiniert. Dabei steht die Nachverfolgbarkeit aller Regeln von den Anforderungen der Stakeholder bis zum Quellcode im Vordergrund. Mittels der Fehlerbaumanalyse wird ersichtlich, welche Situationen durch welche Anforderungen verhindert werden müssen. Mithilfe der KAOS-Methode lässt sich nachvollziehen, welche Situationen durch welche Funktionen ermöglicht werden sollen.

Die aus der Fehlerbaumanalyse abgeleiteten Anforderungen werden in der Programmiersprache AdaCore SPARK als Invarianten formalisiert. Da SPARK über einen nach EN 50716 zertifizierten Compiler verfügt, kann nach abgeschlossenem Beweis der Sicherheitseigenschaften durch den automatisierten „Prover“ sofort eine ausführbare Datei erstellt werden, die in einem entsprechenden Echtzeitbetriebssystem allen definierten Anforderungen genügt.

Zusammenfassung

Das APS verfolgt einen neuartigen Ansatz in der Sicherungstechnik, der bestehende Regelwerke kritisch hinterfragt und gleichzeitig Optimierungspotenziale für den Bahnbetrieb aufzeigen kann. Um die Richtigkeit und Vollständigkeit der bisherigen Betrachtungen/Analysen sicherzustellen und die Ergebnisse zu verifizieren, verlassen sich beide vorgestellten Ansätze auf eine Prüfung durch Experten. Zu diesem Zweck wurde ein Online-Tool entwickelt, welches Anmerkungen und Änderungen kollaborativ ermöglicht. Die Leserinnen und Leser sind herzlich eingeladen, die Fehlerbäume beider Ansätze unter safetytrace.de/aps einer Kontrolle zu unterziehen und Kritik zu äußern. Eine Veröffentlichung mit einer detaillierten Beschreibung der Methoden ist in Vorbereitung. •

DOI 10.61067/250931

Literatur

- [1] Maschek, Ulrich: Eine generische Sicht auf die Betriebssicherheit im spurgeführten Verkehr. In: EI - Der Eisenbahningenieur (2009), 2, S. 36–40.
- [2] Maschek, Ulrich: Sicherung des Schienenverkehrs: Grundlagen und Planung der Leit- und Sicherungstechnik. 5. Auflage, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022.
- [3] Bundesministerium für Verkehr: Gefährliche Ereignisse im Schienenverkehr. IKEM - Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2010, Online verfügbar unter <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/297543/>, zuletzt aktualisiert am 05.03.2024, zuletzt geprüft am 18.06.2025.
- [4] Cichos, Moritz: Schutzziele für den Eisenbahnbetrieb: Methoden zum Aufstellen von Schutzz Zielen sowie deren Zweck, Definition und Anwendung. In: EI - Der Eisenbahningenieur (2024).
- [5] Skowron, Frank: Next generation CCS: APS – Advanced Protection System for route and train protection (2022).
- [6] Schmidt, Steffen: APS – Advanced Protection System, die günstige Einführung von ETCS Level 2/3. In: SIGNAL+DRAHT (2019), 22-31.
- [7] Kunze, Michael: European Train Control System (ETCS). Vorlesungsskript. TU Dresden, Dresden. Professur für Verkehrssicherungstechnik, 2025.
- [8] Borälv, Arne; Schwencke, Daniel; Mejia, Fernando: X2Rail-5 Deliverable D10.4: Verification Report. In: X2Rail-5 (2023), S. 1–41.
- [9] Hart, Laura (2015): Introduction To Model-Based System Engineering (MBSE) and SysML: Presented at the Delaware Valley INCOSE Chapter Meeting.
- [10] Müller, Ralph: Digitale Stellwerke tragen die Digitalisierung der Bahn. In: Eisenbahn Ingenieur Kompendium (2021), S. 180–201.
- [11] Berglehner, Randolph; Rasheed, Abdul; Auris, Felix; Schwencke, Daniel: X2RS - Deliverable D10.2: Proposed extension of specification approach to meet needs of RCA. In: X2Rail-5 (2023), S. 1–68.
- [12] Ried, Werner: Harmoniously through Europe. In: Deine Bahn (2024).
- [13] Bartholomeus, Maarten; Luttik, Bas; Willemse, Tim: Modelling and Analysing ERTMS Hybrid Level 3 with the mCRL2 Toolset 11119, S. 98–114.
- [14] Borälv, A.: Deliverable D10.9 Formal Methods (FMs) Guidebook. In: Shift2Rail (2023).
- [15] Hansen, Dominik; Leuschel, Michael; Körner, Philipp; Krings, Sebastian; Naulin, Thomas; Nayeri, Nader et al.: Validation and real-life demonstration of ETCS hybrid level 3 principles using a formal B model. In: Int J Softw Tools Technol Transfer 22 (2020), 3, S. 315–332.
- [16] Arcaini, Paolo; Kofroň, Jan; Ježek, Pavel: Validation of the Hybrid ERTMS/ETCS Level 3 using Spin. In: Int J Softw Tools Technol Transfer 22 (2020), Ausgabe 3, S. 265–279.
- [17] Reiter, Frederic; Wetenkamp, Roman; Schmid, Robert; Kretzschmar, Richard; Lukas, Iffländer: Towards an End-to-End Toolchain for Traceable and Verifiable Railway Signalling Specifications. In: ABZ 2025 (2025).

Summary

Protection goals in rail traffic with innovative safety technology

The Advanced Protection System pursues a new approach in safety technology that critically scrutinises existing regulations and at the same time can identify optimisation potential for rail operations. In order to ensure the accuracy and completeness of the previous observations/analyses and to verify the results, both approaches presented rely on a review by experts. For this purpose, an online tool has been developed that enables comments and changes to be made collaboratively. Readers are cordially invited to check the fault trees of both approaches at safetytrace.de/aps and to express criticism.

EN50155-Zertifizierte Bahn Lösungen

MPL-Systeme – gebaut für härteste Bahnbedingungen

Unsere Systeme bestehen jeden Härtetest:

- Spannungsschwankungen – kein Problem
- Stromausfälle – sofort abgesichert
- Stöße & Vibrationen – standhaft & robust
- Extreme Temperaturen – von -40 °C bis +85 °C zuverlässig

Zuverlässige Leistung – jederzeit, überall.



www.mpl.ch



Contact