

Autopilot für Stellwerke – Zug- gegen Infrastruktureigenschaften prüfen und Fahrplanänderungen automatisiert in die Steuertechnik übertragen

Wühr, Moritz; Schön, Sebastian; Cassens, Arne; Denißen, Jonas; Feldner, Andreas; Hedayati, Ramin; Kluttig, Lars; Scheller, Marc; Schniedertöns, Jan; Weng, Frederik

DB InfraGO AG – Digitale Schiene Deutschland

1 Einleitung

Die Kommunikation zwischen Fahrdienstleiter (Fdl) und Disponent des Eisenbahninfrastrukturunternehmens ist gegenwärtig durch einen hohen manuellen Anteil und viele Medienbrüche geprägt (siehe Abbildung 1). Insbesondere die Übernahme von Daten aus Fahrplänen in die Daten für die automatische Steuerung durch die Zuglenkung erfolgt manuell durch den Fahrdienstleiter, was bei Störungen oder kurzfristigen Änderungen zu erhöhter Arbeitsbelastung, Ressourcenengpässen und Verzögerungen im Betriebsablauf führt. Gleichzeitig entwickelt die DB InfraGO AG mit dem Capacity & Traffic Management System (CTMS) ein optimierendes Fahrplanerstellungs- und Dispositionssystem, das künftig in kurzen Zeitintervallen Dispositionsentscheidungen errechnet, die es umzusetzen gilt (vgl. Sturm et al. 2024). Für Digitale Stellwerke (DSTW) und Elektronische Stellwerke (ESTW) besteht Stand heute keine Systemschnittstelle zwischen Dispositionssystem und Stellwerk, welche die automatisierte Umsetzung der von CTMS errechneten Dispositionsentscheidungen ermöglichen würde. Um dies zu erreichen, muss die derzeit händische Stellwerksbedienung von einem System abgelöst werden, das die jeweils gültigen, ggf. dispositiv geänderten Fahrpläne in den Stellwerken umsetzen kann. Dabei soll das CTMS keine sicherheitsrelevanten Aufgaben übernehmen, womit unter anderem die Validierung von Eigenschaften des Zuges gegen die Eigenschaften der Infrastruktur („zu breit, zu hoch, zu schwer?“) bisher von keinem System der Digitalen Leit- und Sicherungstechnik übernommen wird.

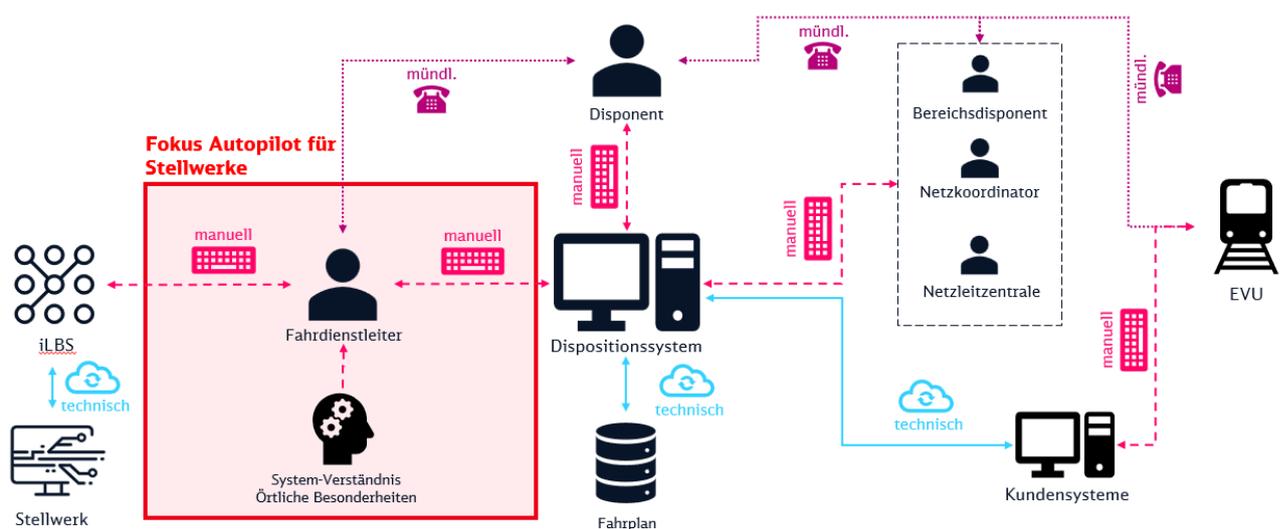


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Datenflüsse (Eigene Darstellung)

2 Lösungsraum

Zur Schließung der Lücke zwischen Fahrplan und den dafür auszuführenden Stellanstößen im Stellwerk sollen im Projekt „Autopilot für Stellwerke“ die erforderlichen Funktionen entwickelt und pilotiert werden. Der

Lösungsraum ergibt sich dabei aus der bestehenden Systemlandschaft der DB InfraGO AG. Auf der einen Seite steht als lieferndes System das Dispositionssystem LeiDis-D (später CTMS), welches 72 Stunden vor der Zugfahrt das erste Mal Dispositionsfahrpläne sendet. Auf der anderen Seite steht als abnehmendes System das integrierte Leit- und Bediensystem (iLBS).

Das iLBS ist ein herstellerneutrales und systemunabhängiges Leit- und Bediensystem für Digitale und Elektronische Stellwerke und nutzt eine standardisierte Schnittstelle zwischen Stellwerk, ETCS-Zentrale, weiteren Systemen der Leit- und Sicherungstechnik und dem Bediensystem. Das iLBS beseitigt unter anderem die zwischen den Stellwerksprodukten unterschiedlicher Hersteller vorhandenen Differenzen in der Bedienung und ermöglicht über die Nutzung der standardisierten Kommunikationsschnittstelle die Einbindung und Informationsversorgung weiterer Systeme des Bahnbetriebs. Überdies verlegt iLBS die derzeit dezentralen Systeme zum Management und zur Diagnose in eine herstellerunabhängige zentrale Einrichtung – das LST-Managementcenter LMC.

Am automatisierten Empfang, der Verarbeitung und Weiterleitung von Dispositionsentscheidungen in Form von neuen Lenkplänen sind weitere Teilsysteme des iLBS beteiligt. Die zentrale Lenkplanverwaltung ermöglicht heute bereits die Eingabe und anschließende Verteilung von Lenkplänen an mehrere, lokale Zuglenkungen. Auf Grundlage der in den Lenkplänen festgehaltenen Daten wie Abfahrtszeit und Laufweg sowie abhängig von der Prüfung verschiedener Vorbedingungen gibt die Zuglenkung automatisiert die Stellanstöße an das Stellwerk.

Eine Prämisse bei der Entwicklung im Projekt „Autopilot für Stellwerke“ ist, die bestehenden Systeme der Zuglenkung zu nutzen, um auch den Einsatz bei hochgerüsteten bestehenden elektronischen Stellwerken zu ermöglichen.

3 Lösung

Die bestehende manuelle Schnittstelle soll mithilfe des Projekts „Autopilot für Stellwerke“ automatisiert werden (siehe Abbildung 2). Kernstück der Lösungsskizze ist die Schaffung von zwei neuen Systemen „Lenkplangenerator“ und „Lenkplanvalidierer“. Während der Lenkplangenerator die Fahrplaninformationen aus den Dispositionssystemen in das Lenkplanformat transformiert, überprüft der Lenkplanvalidierer die erzeugten Lenkpläne auf Umsetzbarkeit und übergibt sie der Steuertechnik, bestehend aus iLBS (mit Bediensystem, Lenkplanverwaltung und iLBS-Zentraleinheit mit Schnittstelle zur Zuglenkung) sowie dem Stellwerk.

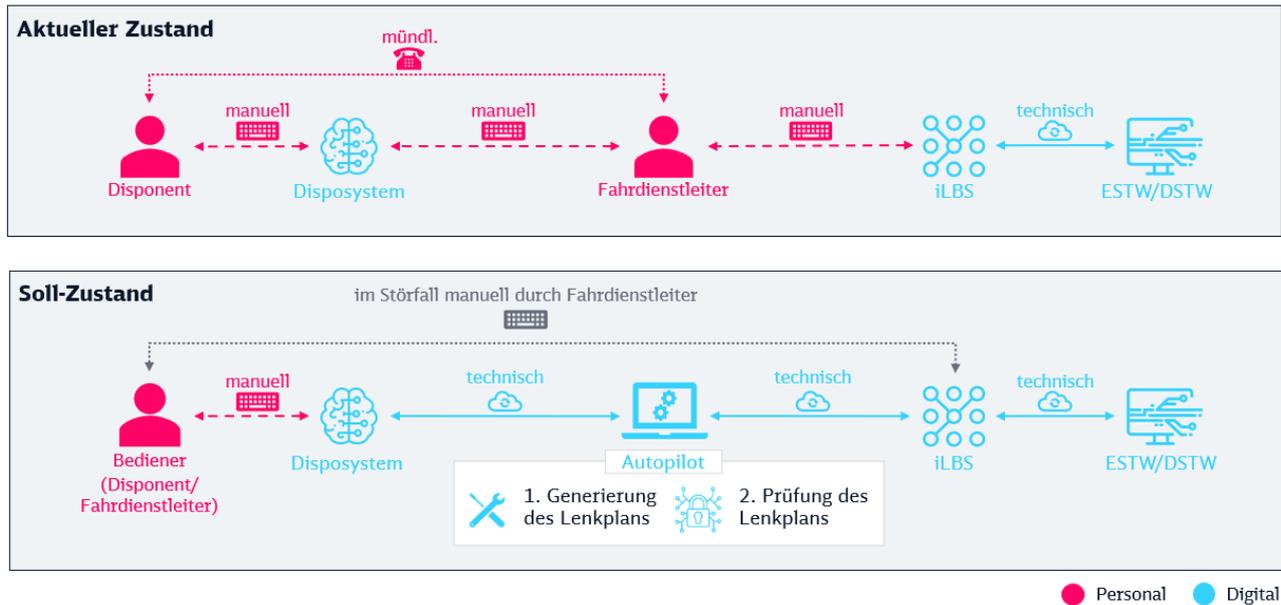


Abbildung 2: Gegenüberstellung des aktuellen und Zielzustands (Eigene Darstellung)

Die beiden zu entwickelnden Systeme beziehen Fahrplandaten aus dem Dispositionssystem LeiDis-D oder später aus dem CTMS. Infrastruktur- und Stammdaten werden aus dem Digital Register (DR), welches sich ebenfalls bei der Digitalen Schiene Deutschland in Entwicklung befindet, bezogen. Darüber hinaus können Bedienerkonfigurationen die Lenkplaninhalte dort beeinflussen, wo Freiheitsgrade bestehen. Siehe dazu auch Abbildung 3.

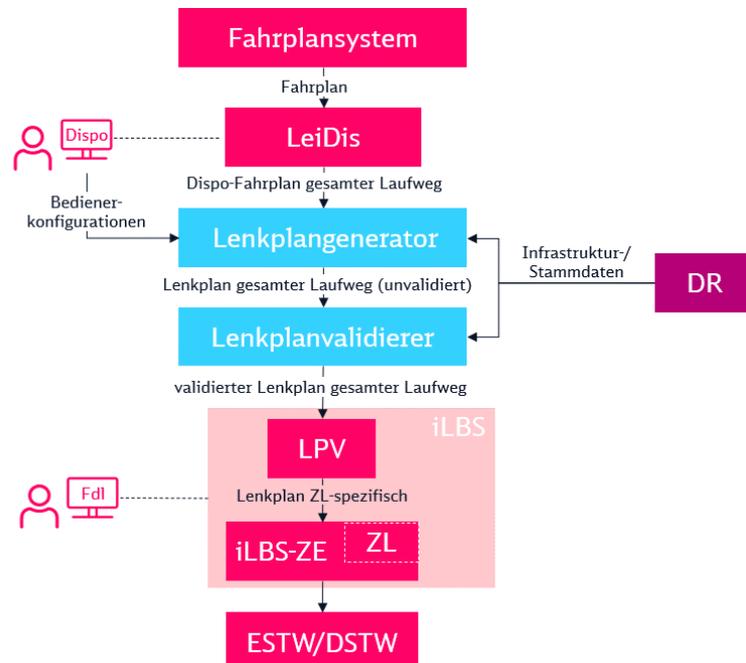


Abbildung 3: Vereinfachte Systemarchitektur (Eigene Darstellung)

3.1 Lenkpläne generieren: Das System Lenkplangenerator

Bisher werden Lenkpläne manuell von den Fahrdienstleitern am Bediensystem eingegeben. Der Lenkplangenerator wird Lenkpläne automatisch aus Fahrplandaten generieren und an das Bediensystem übermitteln. Bei durch Dispositionsentscheidungen ausgelösten kurzfristigen Änderungen im Fahrplan eines

Zuges wird vom Lenkplangenerator ein neuer Lenkplan erzeugt, sobald ein neuer Dispositionsfahrplan empfangen wurde.

3.1.1 Exkurs: Aufbau und Inhalte eines Lenkplans

Der Lenkplan ist die planerische Vorgabe für die automatische Lenkung eines Zuges. Der Gesamtlenkplan besteht aus mehreren iUZ-Lenkplänen, die jeweils die für eine integrierte Unterzentrale (iUZ) aufeinanderfolgenden Fahrstraßen beinhalten. Überdies enthalten die iUZ-Lenkpläne weitere Angaben wie beispielsweise zu Wartezeitregelungen am Zuglenkung-Signal oder zur geschwindigkeitsabhängigen Berechnung von Stellanstoßzeitpunkten für bewegliche Infrastrukturelemente. Für den Lenkplan bestehen Formatvorgaben in Form einer XML-Struktur, welche von der zentralen Lenkplanverwaltung verarbeitet werden kann. Die zentrale Lenkplanverwaltung verwaltet alle Lenkpläne für mit iLBS ausgestattete integrierten Unterzentralen. Sie stellt darüber hinaus die Kommunikation mit der jeweiligen Zuglenkung einer iUZ und weiteren iLBS-Komponenten sicher. Unterschieden wird zwischen langfristigen und tagesaktuellen Lenkplänen. Langfristige Lenkpläne werden in der Regel für eine Fahrplanperiode eingegeben und können für eine Zugnummer an unterschiedlichen Gültigkeitstagen Unterschiede aufweisen. Unter tagesaktuellen Lenkplänen sind Lenkpläne zu verstehen, die für eine Zugnummer für diesen Betriebstag in der jeweiligen Zuglenkung abgearbeitet werden sollen.

3.1.2 Systemfunktionen

Im Folgenden werden ausgewählte Systemfunktionen zur Generierung von Lenkplänen im Detail beschrieben.

Fahrstraßen zu Betriebsstellenfahrwegen ermitteln

Zur Generierung eines Lenkplans sind zunächst dessen Lenkabschnitte zu ermitteln, welche im Lenkplan als Liste von Lenkabschnitten geführt werden. Ein Lenkabschnitt entspricht einem steuerbaren Streckensegment, also einer Fahrstraße. Welche Fahrstraßen mit Zuglenkung auszustatten sind ist Teil der LST-Planung. Derzeit sind beispielsweise Fahrstraßen in Abstellanlagen nur in Sonderfällen mit der Zuglenkung automatisiert anzustoßen und nicht im Regelfall.

Der Dispositionsfahrplan aus dem Dispositionssystem LeiDis-D arbeitet im Gegensatz dazu in Betriebsstellenfahrwegen. Betriebsstellenfahrwege erstrecken sich von Betriebsstellengrenze zu Betriebsstellengrenze und sind damit nicht deckungsgleich mit den von Signal zu Signal arbeitenden Fahrstraßen, wie Abbildung 4 zeigt.

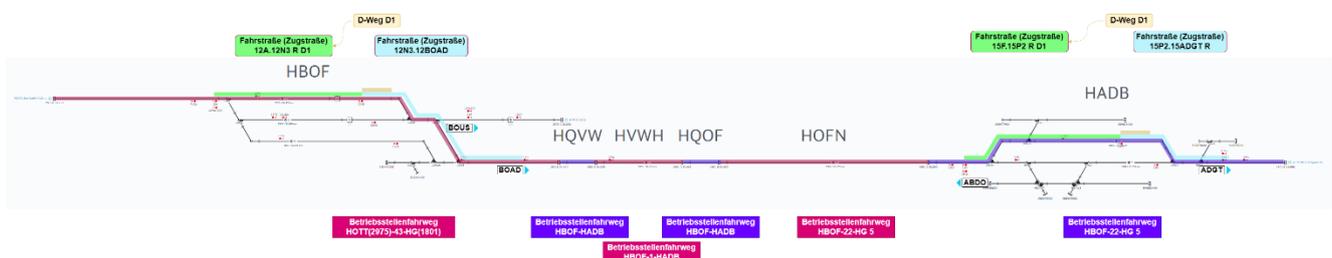


Abbildung 4: Ermittlung von Fahrstraßen aus Betriebsstellenfahrwegen (Eigene Darstellung)

Somit muss der Lenkplangenerator aus den Betriebsstellenfahrwegen Fahrstraßen ermitteln und diese als Lenkplanabschnitte setzen.

Fahrstraßen auf Befahrbarkeit prüfen

Nur betrieblich zulässige Lenkpläne sollen die Lenkplanverwaltung versorgen. Damit ausschließlich solche Lenkpläne generiert werden, die tatsächlich vom Zug fahrbar sind, werden die einzelnen Lenkplanabschnitte geprüft (siehe hierzu Kapitel 3.3 Kriterienkatalog – Prüfung von Zug gegen Infrastruktur). Wenn ein Lenkplanabschnitt als nicht befahrbar identifiziert wurde, also der Zug nicht auf diese Infrastruktur passt, wird der entsprechende Abschnitt mit der Lenkkennung „darf nicht gelenkt werden“ gesetzt.

Lenkpläne anreichern

Zum Schluss der funktionalen Kette muss der Lenkplan mit Informationen, welche die Lenkplanverwaltung für die Verteilung an die einzelnen Zuglenkungen und die Zuglenkung insbesondere für die Berechnung des Stellanstoßzeitpunkts benötigt, angereichert werden. Die benötigten Werte können zumeist aus dem Dispositionsfahrplan oder den Infrastrukturdaten übernommen werden können. Dies sind Informationen, die entweder gesamthaft für den Lenkplan (z. B. Gültigkeitstag), iUZ-weise (z. B. Einbruchszeit in die iUZ) oder lenkplanabschnittsweise (z. B. Geschwindigkeit des Zuges) gelten, wie Tabelle 1 zeigt.

Tabelle 1: Aufbau und Inhalte eines Lenkplans

Lenkplan
ID
Zugnummer
Gültigkeitstag
Liste von iUZ-Bezeichnern 0... *
LPV-Index (falls iUZ mehrfach durchfahren wird)
iUZ Bezeichner
Projektionsversion
Einbruchszeit
Einbruchszeit (Wiedereinbruch)
Wandelzugnummer
Liste von Lenkabschnitten 0... *
Fahrstraßenbezeichner
Abfahrtszeit (inklusive Stundenkennung)
Wartezeit Minuten
Wartezeit Sekunden
Vorrangzug 1
Vorrangzug 2
Geschwindigkeit
Lenkkennung

3.2 Lenkpläne validieren: Das System Lenkplanvalidierer

Durch die Fahrplanerstellung wird der Laufweg des Zuges festgelegt. Dabei wird auch geprüft, ob der Zug aufgrund seiner Eigenschaften die Infrastruktur vollumfänglich nutzen kann. Die Prüfung bezieht sich dabei hauptsächlich auf die Verfügbarkeit der Infrastruktur, berücksichtigt jedoch keine sicherheitskritische Prüfung der Kompatibilität von Infrastruktur und Zug. Aufgrund der zeitlichen Abfolge der Angebotsabgabe und der Annahme durch das Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) wird erst zu einem späteren Zeitpunkt eine gleisgenaue Planung der Zugfahrt durchgeführt. Demnach müssen die Durchführungsbedingungen vor der Zugfahrt durch die Fahrdienstleiter überprüft werden. Dieser Validierungsprozess, der derzeit vom Bediener bei der manuellen Eingabe von Lenkplänen übernommen wird, muss ebenfalls für den auf dem Fahrplan basierenden Lenkplan durchgeführt werden. Im zukünftigen Validierungsprozess werden die Zugeigenschaften

mit den Infrastruktureigenschaften (z. B. Bahnsteiglänge, Lichtraumprofil, Elektrifizierung) automatisiert durch das System abgeglichen.

3.2.1 Systemfunktionen

Im Folgenden werden besonders relevante Systemfunktionen zur Validierung der Lenkpläne näher beschrieben.

Lenkpläne auf Kompatibilität von Zug zur Infrastruktur prüfen

Der Lenkplanvalidierer stellt die Instanz dar, welche Lenkpläne, die betrieblich nicht zulässig sind – weil ein Zug z. B. zu hoch für die Infrastruktur ist oder für dieses Gleis nicht zugelassen ist, ohne dass der entsprechende Abschnitt als „nicht lenkbar“ markiert ist – abfangen muss. Wenn ein Lenkplanabschnitt als nicht zulässig identifiziert wurde, wird der gesamte Lenkplan abgewiesen und mögliche noch vorhandene Lenkpläne in der LPV werden gelöscht. Bis ein neuer validierter Lenkplan vorliegt bedeutet dies, dass dieser Zug manuell gesteuert werden muss. Da der gesamte Lenkplan gelöscht wird, ist es notwendig, dass bereits der Lenkplangenerator diese Prüfungen mit der gleichen Genauigkeit durchführt und inkompatible Lenkplanabschnitte als „nicht lenkbar“ markiert. „Nicht lenkbare“ Lenkplanabschnitte müssen manuell gesteuert werden, das heißt für diese Abschnitte erfolgt keine Steuerung durch die Zuglenkung. Der Lenkplanvalidierer validiert diese Lenkplanabschnitte positiv, da aufgrund der manuellen Steuerung eine potenzielle Gefährdung durch das System ausgeschlossen werden kann.

Lenkpläne auf Aktualität prüfen

Eine betriebliche Ausnahme kann vorliegen, wenn ein Lenkplan, der bereits an die Zuglenkung übergeben wurde, nicht mehr aktuell ist. So kann beispielsweise die Zugcharakteristik kurzfristig geändert worden sein, worauf der Lenkplangenerator einen neuen Lenkplan erstellen muss. Um zu gewährleisten, dass sich keine veralteten Lenkpläne im System befinden, überprüft der Lenkplanvalidierer kurz vor Beginn einer jeden Zugfahrt, ob für diese ein neuer Dispositionsfahrplan vorliegt, für den eventuell durch eine Fehlfunktion des Lenkplangenerators kein aktualisierter Lenkplan erstellt wurde. Neben den Dispositionsfahrplänen ist auch die Infrastrukturversion, auf deren Basis ein Lenkplan erstellt wurde, auf ihre Aktualität zu prüfen.

Bereits heute existieren risikominimierende Barrieren, wie etwa eine neue Zugnummernvergabe bei Änderung der Verkehrsart. Solche für menschliche Bediener geschaffenen provisorischen Lösungen sollen bewusst nicht in CTMS und dessen Subsystemen weitergeführt werden. Stattdessen setzt die Entwicklung auf eine sichere und nachvollziehbare Historisierung von Änderungen und erzeugt damit jederzeit eindeutige Lenkpläne.

3.3 Kriterienkatalog – Prüfung von Zug gegen Infrastruktur

Die Systemfunktion „Zugmerkmale gegen Infrastruktur prüfen“ findet sich sowohl im System „Lenkplangenerator“ als auch im System „Lenkplanvalidierer“ wieder. Die Trennung in ein „unsicheres“ und ein „sicheres“ System ist der Grund hierfür. Während der Lenkplangenerator dafür verantwortlich ist, durchführbare und betrieblich zulässige Lenkpläne zu generieren, sorgt der Lenkplanvalidierer als Gatekeeper dafür, dass jegliche betrieblich nicht-zulässigen Lenkpläne abgewiesen werden.

Die Prüfkriterien sind für beide Systeme bzw. Systemfunktionen gleich und wurden in einem Kriterienkatalog definiert. Die Prüfung der Kriterien erfolgt dabei nach der Kleene-Logik. Die Kleene-Logik ist eine dreiwertige Logik bei der neben den Wahrheitswerten *wahr* und *falsch* ein dritter Wahrheitswert eingeführt wird: nicht bewiesen, aber auch nicht widerlegt; er bietet somit die Option *möglich* (vgl. Utlog 2024). Wenn also keine Informationen zu einer Abfrage vorhanden sind, wird dies zurückgegeben.

Ein Beispiel für ein einfaches Kriterium ist folgendes:

Züge, die eine Oberleitung benötigen, dürfen nur auf Strecken mit Oberleitung fahren.

Formal kann dies zum Beispiel wie folgt aufgeschrieben werden:

Traktionsart = "Elektro" \Rightarrow *Streckenstromausruestung* = True

Dies ist zu lesen als „Wenn die Traktionsart des Zuges ‚Elektro‘ ist, muss geprüft werden, ob die Strecke mit einer Oberleitung ausgerüstet ist“.

Etwas aufwändiger zu formulieren ist folgendes Beispiel:

Auf bestimmten Strecken sind nur einige bestimmte Baureihen zugelassen.

Formal kann dies z. B. wie folgt aufgeschrieben werden:

zugelasseneTfzBaureiheNummer != N/A

\Rightarrow *TfzBaureiheNummer* \cap *zugelasseneTfzBaureiheNummern* != {}

Dies ist zu lesen als „Wenn eine Strecke über explizit zugelassene Tfz-Baureihennummern verfügt, muss geprüft werden, ob mindestens eine der Tfz-Baureihennummern des Zuges in der Liste der explizit zugelassenen Tfz-Baureihennummern enthalten ist“.

Besonders aufwändig zu prüfen sind Kriterien, die regelbasierte Ausnahmen von einem generellen Verbot enthalten, oder auf externe Quellen zusätzlicher Kriterien (z. B. Fahrplananordnungen oder Betriebsstellenbücher) verweisen. Folgendes Beispiel soll die Komplexität aufzeigen, ohne hier detailliert erläutert zu werden:

Außergewöhnliche Fahrzeuge dürfen nur mit Beförderungsanordnung bestimmte Strecken befahren.

Formal kann dies zum Beispiel wie folgt aufgeschrieben werden:

aussergewoehnlichesFahrzeug \Rightarrow *hatBefoerderungsanordnung*

wobei *aussergewoehnlichesFahrzeug* wie folgt definiert ist:

(\sim ZuggattungsAbkuerzung = "-A" && *TfzBaureiheNummer* \cap {401, 402, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 116} != {}) || (\sim ZuggattungsAbkuerzung = "-L" && *hatNeigetechnik* = True) || (\sim ZuggattungsAbkuerzung = "-E" && \sim ZuggattungsAbkuerzung = "-D" && *Wagengattung* \cap {"DA", "DAB", "DB"} != {}) || (\sim ZuggattungsAbkuerzung = "-K" && *hatOffenBeladeneAutotransportwagen* = True) || *explizitAussergewoehnlichesFahrzeug* = True

und *hatBefoerderungsanordnung* so definiert ist:

(*aussergewoehnlicheSendung* = True && *Zugnummer* enthält "aS") || *Kupplungen* \subseteq {"UIC 69", "UIC 69e"} && (*ZusatzImFahrplan* enthält „AK-Zug“ || *ZusatzImFahrplan* enthält „AK-Schwerwagenzug“) || (*ZusatzImFahrplan* enthält „KV“ && *Lü-Kennung* = "A") || (*BefoerderungsanordnungFreitext* != " " && *BefoerderungsanordnungBezeichner* != {})

Zu beachten ist hier auch die Schwierigkeit, Freitexte mit verschiedenen Schreibweisen korrekt zu identifizieren und interpretieren.

Wenngleich die Kriterien noch nicht vollständig definiert, keinem Review unterzogen wurden und damit Fehler enthalten können, zeigen sie doch die Komplexität auf, die einige Prüfungen mit sich bringen.

4 Risikoanalyse

Mit dem Autopiloten für Stellwerke werden (Teil)-Aufgaben vom Fahrdienstleiter zu einem technischen System (Lenkplangenerator und -validierer) verschoben. Daher ist eine sicherheitstechnische Neubewertung bzw. Bewertung der im Vergleich zum Bestandssystem vorgenommenen Änderung notwendig.

Sicherheitsziele des Bestandsystems können nicht einfach übernommen bzw. vom betrieblichen in das technische transformiert werden, da

- einerseits das Bestandsystem in einer Zeit entwickelt wurde, zu welcher die Risikomanagementverfahren CSM-RA und CENELEC noch nicht existierten und somit keine quantitativen Sicherheitsziele dokumentiert sind,
- zum anderen aus rechtlichen Gründen Sicherheitsziele einer Person und einer Handlung nicht einfach auf ein technisches System übertragen werden können, sondern das technische System neu bewertet werden muss und
- nicht feststellbar ist, welchen Einfluss betriebliche Handlungen, Kompetenzen und Fachkenntnisse (z. B. Ausbildung und Ortskenntnisse des Fahrdienstleiters) eines Aktors im Betrieb auf Sicherheit haben, die durch das technische System ggf. nicht mehr wahrgenommen werden, weil ggf. auch nur eine Teilfunktion in das technische System transformiert wurde.

Entsprechend muss der normale Zyklus der Sicherheitsbewertung und des Risikomanagements durchlaufen werden. Dies beinhaltet die Anwendung der CSM-RA für den Betrieb und das technische System und falls Sicherheitsrelevanz und Signifikanz festgestellt wurde, die Durchführung des Risikomanagementverfahrens CSM-RA. Daraus ergibt sich, ob die Entwicklung des technischen Systems nach den einschlägigen CENELEC-Normen notwendig ist.

5 Ausblick

Die gesamte Entwicklung des Autopiloten für Stellwerke ist in vier Phasen geplant: Konzept, Labor-Prototyp, Feld-Prototyp und Pilot (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Projektphasen bei der Digitalen Schiene Deutschland

Zur Zeit befindet sich das Projekt in der *Konzeptphase*. Hier liegt der Fokus auf der Beschreibung der Systemfunktionen inkl. der Input- und Outputdaten in Form von vorläufigen Systemdefinitionen. Auf dieser Basis soll eine vorläufige Safety-Betrachtung durchgeführt werden. Hier wird eine Vorabschätzung getroffen über die Sicherheitsrelevanz und -signifikanz der Subsystemfunktionen. Abhängig von der Einschätzung können die Systemfunktionen angepasst und auf eine Zielarchitektur gemappt werden.

In der nächsten Phase soll ein Labor-Prototyp entwickelt werden. Dieser dient dazu, die inneren Logiken des Systems zu erproben. In den Projekttypen Konzept und Labor-Prototyp folgt die Entwicklung nicht dem CENELEC-Standard ist aber wenn möglich an diesen angelehnt. Die erarbeiteten Produkte können in den nächsten Phasen nicht für die Systementwicklung wiederverwendet werden. Die gewonnen Erkenntnisse sind jedoch maßgeblich für die dann startende Entwicklung nach CENELEC des Laborprototypen und Piloten.

Zusätzlich existieren weitere Fragestellungen, die mit der Einführung eines solchen neuen Systems einhergehen:

- Beschaffung und Beschreibung von Infrastrukturdaten mit bisher nicht maschinenlesbar erfassten Eigenschaften (z. B. Eignung von Gleisen für Güterzüge);

-
- Safety-Kritikalität der Lenkplanvalidierung als bisher durch den Fahrdienstleiter verantwortete Aufgabe;
 - Fragen der Human Factors (z. B. Bedienmodi, Arbeitsbe- bzw. -entlastung);
 - Aufgabenverschiebung vom Stellwerkssystem weg durch die Prämisse des Dispositionssystems als Single Point of Truth, in dem sämtliche Eingaben vorzunehmen sind.
-

6 Literaturverzeichnis

- [1] Sturm, Irene; Vienken, Gereon; Söhlke, Andreas; Hartleb, Johann; Gorsane, Rihab; Mestiri, Khalil Gorsan; Martinez, Daniel Tapia; Coyette, Vincent; Truong, Minh Tri; Küpper, Michael: Künstliche Intelligenz für das Verkehrsmanagementsystem der Zukunft. In: SIGNAL+DRAHT (2024), 1 + 2, S. 24-31
- [2] Utlog, M.: Analytic Proof Systems for Strong Kleene logic K3. 2024. Online unter www.logic.at/multlog/kleene.pdf. Abgerufen am 11.09.2024.