

Ein KI-basierter Ansatz zur automatisierten Prüfung von Fahrdienstleiteranzeigen

Übereinstimmungsprüfungen von Fahrdienstleiteranzeigen mit der geplanten Projektierung werden bislang vollständig manuell durchgeführt. Weite Teile der Prüfung können jedoch automatisiert durchgeführt werden. Es werden ein entsprechender konzeptioneller Aufbau beschrieben und eine KI-basierte prototypische Umsetzung vorgestellt. Eine Weiterentwicklung scheint angesichts der hohen Bilderkennungsrate und des Einsatzpotentials vielversprechend.



1. Motivation

In vielen Bereichen des Bahnbetriebs, wie etwa bei der Fahrdienstleiteranzeige im elektronischen Stellwerk (ESTW), der Disponentenanzeige oder dem Triebfahrzeugführer-Display des europäischen Zugbeeinflussungssystem ETCS, erhalten Mitarbeiter ihre Informationen über standardisierte grafische Darstellungen. Im Falle von Fahrdienstleitern erfolgt die Bedienung des ESTW und die Überwachung des Bahnbetriebs unter Nutzung der Anzeigen. Bevor ein neues oder umgebautes ESTW in Betrieb geht, ist eine Genehmigung [1] durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) erforderlich. Hierzu ist unter anderem eine Übereinstimmungsprüfung von Fahrdienstleiteranzeigen (FLA) mit den ESTW-Projektierungsunterlagen durch einen EBA-anerkannten Prüfer [2] im Rahmen der Abnahmeprüfung vorgesehen. Einen definierten Prüfkatalog hierfür gibt es nicht, sodass die Prüfung je nach Prüfer leicht unterschiedlich ausfallen kann; zudem sind herstellereigene Unterschiede zu beachten. Die Prüfungen werden bislang manuell durchgeführt, stellen über weite Strecken eine monotone Tätigkeit dar und können in Abhängigkeit von der Größe des zu prüfenden Stellwerks wenige Tage bis mehrere Wochen dauern. Durch den Einsatz von modernen Technologien zur Bilderkennung kann eine Übereinstimmungsprüfung zu großen Teilen automatisiert werden.

Automatisierung der Übereinstimmungsprüfung

Auf bestimmte Bedienhandlungen hin ist ein bestimmtes Verhalten der FLA zu erwarten, d.h. eine entsprechende Darstellung der Fahrwegelemente (Gleisabschnitte, Weichen, Signale, etc.) und der Bezeichner. Einige Prüfungen können sehr komplex und kontextspezifisch sein und bestimmtes Domänenwissen erfordern. Ebenso sind Sonderfälle und Ausnahmen denkbar, bei denen die Erfahrung des Prüfers gefragt ist. Ein wesentlicher Teil der Prüfung einer FLA besteht allerdings aus weniger komplizierten Prüfungen, darunter Prüfungen von Grundfunktionen (z.B. Signal in Haltstellung sperren) und Standardprüfungen (z.B. Einstellen von Fahrstraßen). Solche Prüfungen sind dadurch gekennzeichnet, dass durch die Vielzahl der gleichartigen Elemente auch eine Vielzahl von wiederholten, d.h. immer gleichen, Prüfschritten durchzuführen ist. Die jeweilige Auswertung ist trivial, da das erwartete Verhalten eindeutig festgelegt ist. Grundsätzlich kommen für eine Automatisierung alle Prüfungen infrage, bei denen ein eindeutiges zu erwartendes Verhalten definiert werden kann.

Die Idee besteht darin, dass über eine Automatisierung mindestens weite Teile der Übereinstimmungsprüfung durchgeführt werden können. Im Anschluss kann ein menschlicher Prüfer unter Einbeziehung des individuellen Kontexts des vorliegenden Stellwerks die kompakt dargestellten



Dr. Denny Kopp

Analyst am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik; Lehrbeauftragter an der FernUniversität in Hagen
Denny.Kopp@dlr.de



Dr. Daniel Schwencke

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik; Forschung zu Verifikations- und Validierungsmethoden für Leit- und Sicherungstechnik
Daniel.Schwencke@dlr.de



Fin Malte Heuer

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik
Fin.Heuer@dlr.de



Martin Busse

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik; Durchführung von Konformitätsbewertungen für Leit- und Sicherungstechnik sowie Weiterentwicklung des ETCS-Testlabors im DLR
Martin.Busse@dlr.de

Ergebnisse der automatisierten Prüfung analysieren. Eine solche automatisierte Prüfung kann zu einer erheblichen Reduktion des Zeit- und des Arbeitsaufwandes führen.

Artikelüberblick

Nach einer Beschreibung des konzeptionellen Aufbaus zur automatisierten Prüfung von FLA in Abschnitt 2 wird im dritten Abschnitt eine Künstliche Intelligenz (KI)-basierte prototypische Umsetzung vorgestellt und in Abschnitt 4 deren Weiterentwicklungspotential eingeordnet.

2. Konzeptioneller Aufbau einer automatisierten Übereinstimmungsprüfung

Um eine Automatisierung zur Übereinstimmungsprüfung von FLA zu entwickeln, ist zunächst der konzeptionelle Aufbau der Automatisierung erforderlich. D. h., welche sonst manuellen Aufgaben können in welcher Weise übernommen werden und was ist für die Umsetzung einerseits technisch und andererseits unter praktischen Gesichtspunkten zu berücksichtigen.

Prüfinhalt und Prüfumfang

In Ermangelung von definierten Vorgaben sind Umfang und Inhalt einer Übereinstimmungsprüfung nicht nur von der konkreten Stellwerksprojektierung und vom Stellwerkstyp/-hersteller, sondern auch vom Prüfer abhängig. Ein erster Schritt zur Automatisierung besteht also in der Definition von Prüfungen, die üblicherweise vorgenommen werden und für eine automatisierte Durchführung formalisierbar sind. Die Zahl der möglichen Bedienhandlungen und die Zahl der Kombinationsmöglichkeiten eines ESTW sind sehr groß. Daraus ist eine Menge an Bedienabläufen zu wählen, anhand derer sich möglichst auf eine korrekte und vollständige Projektierung schließen lässt. Da eine Projektierung viele gleichartige Elemente (Zugfahrstraßen, Signale, etc.) enthält, lassen sich Typen von Prüfungen definieren, die dann üblicherweise auf alle projektierten Elemente einer Art anzuwenden sind. Der Prüfumfang ist damit stark von der Anzahl projektierte Elemente abhängig. Das bei einer Prüfung auf der FLA auftretende Ist-Verhalten wird mit dem Soll-Verhalten verglichen, das sich aus den Projektierungsunterlagen (z. B. Fahrstraßen- und Signaltabellen aus den Planteil-1-Unterlagen) zusam-

men mit der standardisierten FLA-Darstellung (z. B. die Farbe des Gleises bei eingestellten Rangierstraßen) ergibt.

Eine Prüfung (z. B. das Einstellen einer konkreten Fahrstraße) kann grundsätzlich in die vier Phasen

- (1) Eingabe der Bedienkommandos,
- (2) Erkennung der angezeigten Fahrwegelemente,
- (3) Vergleich mit dem erwarteten Verhalten und
- (4) Dokumentation der Prüfergebnisse

dekomponiert werden.

Eingabe der Bedienkommandos

Für die Ausführung der durchzuführenden Prüfschritte ist der jeweilige betriebliche Kontext der Anzeige zu simulieren und der Anzeige die benötigten Informationen zuzuführen, indem die jeweiligen Bedienkommandos über eine Automatisierung eingegeben werden. Sämtliche Bediendhandlungen eines Prüfers können über eine Mausemulation bzw. per simulierter Tastatureingabe erfolgen. Über die Tastatureingabe können unter Einhaltung der Syntax und Nutzung der eindeutigen Elementbezeichner die korrekten Bedienkommandos übermittelt werden.

Aufgrund der generischen Prüfungstypen bietet es sich an, Testfalltemplates zu implementieren, sodass für eine Anwendung einer Automatisierung lediglich digitale Informationen über den Inhalt (z. B. digitalisierte Fahrstraßentabelle) und den Umfang (z. B. Auswahl der zu prüfenden Fahrstraßen) der Prüfungen bereitzustellen sind. Zudem ist eine Implementierung eines Testtreibers notwendig, der die konkreten Bedienkommandos ermittelt und an das zu testende System (SUT) sendet.

Erkennung der angezeigten Fahrwegelemente

Das Herzstück einer automatisierten Übereinstimmungsprüfung von FLA liegt in der Erkennung und Zuordnung der angezeigten Fahrwegelemente und Bezeichner.

In Hinblick auf die Erkennung der Fahrwegelemente können mehrere Kategorien unterschieden werden, durch die verschiedene Anforderungen an ein Verfahren zur Bild- oder Texterkennung gestellt werden.

- Signale und weitere Symbole

Die Menge der verschiedenen Signaldarstellungen ergibt sich grundsätzlich aus

der Kombination von dem Signaltyp (z. B. Hauptsignal, Vorsignal oder Lichtsperrsignal), dem Signalbegriff (z. B. Hp0, Ks1 oder Zs1) und der Orientierung (Richtung). Überdies können Symbole (z. B. Schlüsselsperren) neben unterschiedlicher Farbe blinkend angezeigt werden. [3]

- Gleise, Weichen, Verschlussmelder u. ä.

Bei den Gleisabschnitten ist die Farbgebung, bei Weichen zudem die Weichenlage zu berücksichtigen. Neben der unterschiedlichen Länge von Gleisabschnitten kann auch eine Doppellinie angezeigt sein (Befahrbarkeitssperre). Details wie Verschlussmelder, Zielfestlegemelder oder Festlegeüberwachungsmelder sind zu berücksichtigen. Außerdem ist die Form des Streckenblocks, z. B. Zentralblock oder Relaisblock, zu beachten, da andere Elemente an den Gleisen vorliegen. [3]

- Bezeichner

Bei den alphanumerischen Bezeichnungen von Signalen, Gleisabschnitten, Weichen usw. ist sowohl die Schriftfarbe als auch die Farbe des Bezeichnungsfeldes (Hintergrund) zu unterscheiden. [3]

Vergleich mit dem erwarteten Verhalten

Über die Prüfung der standardisierten Darstellungen hinaus sind für die Überprüfung des SUT-Verhaltens in der Regel Projektierungsunterlagen heranzuziehen, die das Soll-Verhalten definieren (z. B. die für eine Fahrstraße erforderlichen Weichenlagen). Hierzu zählen z. B.:

- die Zugfahrstraßentabelle (Bild 3),
- die Signaltabelle 2 und
- die Flankenschutztablette.

Für eine automatisierte Prüfung ist zum einen erforderlich, dass die jeweiligen Daten digital vorliegen; zum anderen ist die jeweilige Prüflogik zu implementieren.

Dokumentation der Prüfergebnisse

Die Ergebnisse aller Abgleiche von Soll- und Ist-Verhalten sind in übersichtlicher Form inklusive der für den Abgleich verwendeten Daten zu dokumentieren. Eine solche Auswertung erlaubt es einem menschlichen Prüfer, sich auf die Analyse der identifizierten Abweichungen zu konzentrieren, im Zweifelsfall aber auch den kompletten Prüfverlauf nachzuvollziehen.



1: Bedienplatz eines Fahrdienstleiters

3. Prototypische Umsetzung der automatisierten Übereinstimmungsprüfung

Bevor eine Automatisierungssoftware mit vollem Funktionsumfang entwickelt wird, ist zunächst ein Eindruck über die grundsätzliche Umsetzbarkeit erforderlich und die Verlässlichkeit der Erkennung der angezeigten Elemente zu testen. Zu diesem Zweck wurde im RailSET®-Labor [5] des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) ein Prototyp erstellt, mit dem exemplarisch ausgewählte Prüfungen durchgeführt werden können. Alle dargestellten Anzeigen in diesem Artikel beziehen sich auf unseren Versuchsaufbau für das ESTW Dresden-Klotzsche/Radeberg/Arnsdorf/Bischofswerda mit der Betriebs- und Stellwerkssimulation BEST [4]. Bild 1 zeigt den Bedienplatz mit acht Monitoren. Unten rechts wird die Kommunikationsanzeige dargestellt, in der u. a. die Stellbefehle dokumentiert werden. Auf den beiden linken Monitoren der oberen Reihe befinden sich Bereichsübersichten. Die übrigen Displays zeigen detailliertere Ansichten auf Ausschnitte des Stellwerksbereichs (Lupen).

Nachfolgend werden Funktionsumfang und Funktionsweise des Prototyps beschrieben. Außerdem werden exemplarisch durchgeführte Prüfschritte und -ergebnisse dargestellt.

Die Qualität der Auswertung der durchgeführten Prüfschritte hängt maßgeblich von der Zuverlässigkeit der Erkennung der Symbole ab. Für die Bilderkennung wurde ein KI-basierter Ansatz verwendet, d. h. konkret ein neuronales Netz trainiert.

Vorbereitung der Bilderkennung

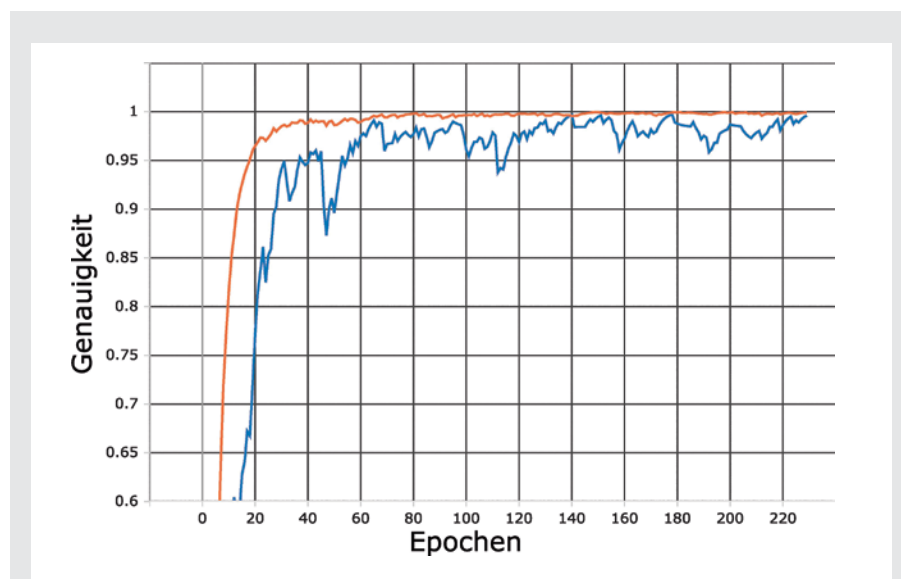
Im ersten Schritt wurden die verschiedenen Signalsymbole in all ihren Varianten (vgl. Abschnitt 2) definiert. Zweitens wurden alle Symbole als Rohbilder abgelegt und daraus Trainingsdaten erstellt. Dazu wurde ein Datensatz aus Bildern mit dem jeweiligen Symbol und z. B. mit unterschiedlichem Hintergrund erzeugt. Zur Steigerung der Robustheit wurden die Symbole und die Gesamtbilder (mit Hintergrund) durch verschiedene Transformationen (z. B. Rotation oder Rauschen) manipuliert. Zusätzlich wurden zufällige Bildelemente

aus einer Liste von irrelevanten Objekten dem jeweiligen Gesamtbild hinzugefügt. Hierdurch soll vermieden werden, dass unbekannte Bildinhalte die Detektion der eigentlichen Symbole verhindern. Für die prototypische Implementierung wurde ein Bilddatensatz mit 1000 verschiedenen Bildern generiert. Der Bilddatensatz wurde in Trainings- und Testdaten in einem Verhältnis von 90:10 unterteilt. Für die Implementierung wurde die Programmiersprache Python und zur Bearbeitung der Bilder OpenCV [6] verwendet.

Drittens wurde mit den Trainingsdaten ein Xception [7] Netzwerk trainiert. Für das Training und die Inferenz wurde Tensorflow [8] in der Version 1.15 genutzt. In Bild 2 ist die Genauigkeit (Anzahl der korrekt klassifizierten Bilder in Relation zu allen Bildern) in Abhängigkeit der trainierten Epoche dargestellt. Im Rahmen einer stichprobenartigen Validierung (100 Bilder) wurden alle Bilder korrekt klassifiziert.

Ausführung und Auswertung

Die prototypische Software zur automatisierten Prüfung von FLA überprüft Signale nach dem Einstellen von Fahrstraßen. Die durchgeführten Aufgaben des Prototyps werden in vier Phasen (vgl. Abschnitt 2) untergliedert. Zur Ausführung der Software sind neben dem Videosignal der FLA weitere Eingangsdaten erforderlich. Dazu zählt u. a. die Zugfahrstraßentabelle, siehe Bild 3.



2: Genauigkeit im Trainingsdatensatz (orange) und Validierungsdatensatz (blau) in Abhängigkeit der trainierten Epoche

(1) Eingabe der Bedienkommandos

Zugfahrstraßentabellen sind die Grundlage für die automatisierte und schrittweise Abarbeitung der hier durchzuführenden Prüfschritte. Dabei werden sequenziell Fahrstraßen entsprechend der Start- und Zielsignale (Spalte Start/Ziel) eingestellt. Nach Erkennung der zu prüfenden Signalsymbole (s. u.) wird die Fahrstraße automatisiert wieder in die Grundstellung gebracht, indem sie wieder (hilfsweise) aufgelöst wird. Danach wird die nächste Fahrstraße laut Tabelle eingestellt usw. Die Bedienschritte erfolgen über Mausemulation oder per Tastatureingabe.

(2) Erkennung der angezeigten Fahrwegelemente

Eine wesentliche Komponente des Prototyps stellt das neuronale Netz zur Bilderkennung dar. Für alle zu prüfenden Signale sind sogenannte Areas erstellt, die den entsprechenden Bildausschnitt der FLA darstellen. Diese Areas führen die Bezeichnungen der jeweiligen Signale. Zur Prüfung eines Signals wird dessen Area auf das Vorhandensein eines der definierten Symbole geprüft. Die Anwendung des neuronalen Netzes liefert Wahrscheinlichkeiten für das Vorliegen eines Symbols. Bei Überschreiten eines festgelegten Schwellenwertes gilt das Symbol als erkannt.

(3) Vergleich mit dem erwarteten Verhalten

Die Signaltabelle 2 stellt eine weitere Grundlage der Prüfung dar. Auf Basis dieser Tabelle erfolgt der Soll-Ist-Vergleich, wobei das zu erwartende Verhalten (Signalbegriff) dieser Tabelle zu entnehmen ist und die Bilderkennung das tatsächliche Verhalten liefert.

(4) Dokumentation der Prüfergebnisse

Während der Ausführung der Software werden fortlaufend die Ergebnisse der Soll-Ist-Vergleiche dokumentiert. Hierbei werden das durch die Bilderkennung zugeordnete Symbol (Bild 4, Spalte „Detection“) sowie das tatsächliche angezeigte Symbol (Spalte „Image“) ausgegeben. Des Weiteren wird in der Spalte „Status“ das Ergebnis festgehalten, z. B. „PASSED“, sowie Ist- und Soll-Verhalten genannt.

4. Weiterentwicklungspotential

In diesem Abschnitt wird zum einen eingeordnet, welche Reichweite der Automatisierungssoftware mit welchem zusätzlichen Aufwand erzielt werden kann. Zum anderen werden Aspekte für einen Einsatz

1	2	3	4	5	6	7	8
Zugstraße							
Start / Ziel	Art	Durchrutschweg	Entscheidungsweichen im befahrenen Teil	Selbststellbetrieb Zuglenkung	Zugschlussmeldung	Signalhaltalkriterium	Besonderheiten
1 48903.48A	R			*2)	ESTW-Zentralblock	48B903	
2 48A.48N42	R	D1		ZI	ESTW-Zentralblock 48B903	48W02	
3 48A.48N43	R	D1		ZI	ESTW-Zentralblock 48B903	48W02	
4 48A.48ZT24	R	D1		ZI	ESTW-Zentralblock 48B903	48W02	*1)
5 48A.48ZT25	R	D1		ZI	ESTW-Zentralblock 48B903	48W02	*1)

3: Auszug der Zugfahrstraßentabelle

Step	Signal	Detection	Status	Image
1_after	3_VWa	KSVS_KS2_L	(SIG CELL: U1, RES CELL: V8, SIGNAL: 48VWa) AUTO PASSED: signal is KSVS_KS2_L and should be KS2	
1_after	3_Va	KSVS_KS2_L	(SIG CELL: O1, RES CELL: P8, SIGNAL: 48Va) AUTO PASSED: signal is KSVS_KS2_L and should be KS2	
1_after	4_903	KSMS_KS1_L	(SIG CELL: I1, RES CELL: J8, SIGNAL: 48903) AUTO PASSED: signal is KSMS_KS1_L and should be KS1	
1_after	4_V903	KSVS_KS1_L	(SIG CELL: C1, RES CELL: D8, SIGNAL: 48V903) AUTO PASSED: signal is KSVS_KS1_L and should be KS1	
1_after	3_A	KSMS_HP0_L	(SIG CELL: AA1, RES CELL: AB8, SIGNAL: 48A) AUTO PASSED: signal is KSMS_HP0_L and should be HP0	
2_after	3_VWa	KSVS_KS1_L	(SIG CELL: U1, RES CELL: V12, SIGNAL: 48VWa) AUTO PASSED: signal is KSVS_KS1_L and should be KS1	
2_after	3_L214X	LS_RA12_L	(SIG CELL: AG2, RES CELL: AH12, SIGNAL: 48L214X) AUTO PASSED: signal is LS_RA12_L and should be RA12	

4: Auszug der Testauswertung

in der Praxis und Potentiale für die Nutzung in automatisierten Übereinstimmungsprüfungen beleuchtet.

Reichweite des Prototyps

Im aktuellen Prototypen sind die Bediendungen des Einstellens und Auflöses von Fahrstraßen implementiert. Die Bilderkennungs-KI ist für die Erkennung der benötigten Signalsymbole trainiert und liefert hierbei eine hohe Verlässlichkeit.

In diesem Rahmen können der Umfang der Prüfung ohne nennenswerten Aufwand angepasst werden und z. B. alle Arten und möglichen Kombinationen von Fahrstraßen geprüft werden. Lediglich die Bereitstellung weiterer Eingangsdaten und die Ergänzung der Software um entsprechende Bediendungen und Überprüfungslogiken ist notwendig. In Bezug auf das Einstellen von Fahrstraßen sind z. B.

Start- und Zielsignal anzugeben. Solche Erweiterungen können vergleichsweise zügig realisiert werden, da insbesondere die bereits vorhandenen Strukturen genutzt werden können.

Für eine Erweiterung der Prüfmöglichkeiten auf weitere Fahrwegelemente der Anzeige ist mit einem wesentlich größeren Aufwand zu rechnen. Allerdings könnte hierdurch eine vollständige Erfassung der möglichen FLA-Symbole erreicht werden. Z. B. könnten beim Einstellen von Fahrstraßen über die Signalsymbole hinaus die weiteren Elemente der Fahrstraße geprüft werden, etwa der Fahrmelder des Startsignals, die Weichen und Kreuzungen im Fahrweg sowie der Festlegeüberwachungs-, der Zielfestlege- oder der Verschlussmelder [3]. Dazu ist es erforderlich, die Bilderkennung für die zusätzlichen Fahrwegelemente vorzubereiten und geeignete Trainingsdaten zu erstellen. Dieser Prozess ist aufwändig und erfordert

eine Reihe von Erprobungen zur Validierung der Zuverlässigkeit der Erkennung.

In Anbetracht der zuverlässigen Erkennung der Signalsymbole ist zu erwarten, dass eine Ausweitung um zusätzliche Symbole unkritisch ist. Zudem ist erwartbar, dass die Erkennungsrate der Bezeichner in Bezug auf Schriftfarbe und Hintergrund mindestens ähnlich ausfällt. Die Unterscheidung von bestimmten Gleiselementen, wie z. B. Verschlussmelder, könnte sich dagegen schwieriger gestalten. Außerdem ist zu untersuchen, wie zuverlässig blinkende Elemente erkannt werden können.

Praktische Aspekte für den Einsatz in automatisierten Übereinstimmungsprüfungen

Die Sinnhaftigkeit und die Notwendigkeit von Prüfungen könnte vom menschlichen Prüfer nach einer ersten Sichtung der Projektierungsunterlagen bewertet werden. Denn in einem ESTW sind zum einen nicht notwendigerweise sämtliche Fahrweegelemente, etwa Bahnübergänge, vorhanden. Zum anderen ist bei einer Teilprüfung nach Umbau eines ESTW nur eine entsprechende Auswahl an Prüfungen erforderlich. Der Prüfer könnte dann eine geeignete Auswahl von Prüfthemen oder -typen treffen, die durch die Automatisierung geprüft werden sollen.

Über die Automatisierungssoftware könnten weite Teile der Übereinstimmungsprüfung durchgeführt werden. Im Anschluss an die automatisierte Ausführung kann der Prüfer die Ergebnisse analysieren. Der Prüfer muss dann die Ergebnisse entsprechend des vorliegenden Stellwerks und des Kontextes interpretieren und geeignete Empfehlungen und Anmerkungen ableiten und formulieren. D. h., es ist zu erwarten, dass weiterhin aufgrund der Komplexität vieler qualitativer Aspekte der Einsatz eines menschlichen Prüfers für die Zulassung vonnöten ist. Dies gilt auch für komplizierte Prüfungen oder Sonderfälle, bei denen bestimmtes Domänenwissen und die Erfahrungen des Prüfers erforderlich sind. Zudem bleiben qualitative Beurteilungen, wie etwa beim Vergleich der Anordnung der Gleise auf dem Display mit der tatsächlichen Gleisstopografie im Feld, einem menschlichen Prüfer vorbehalten.

Einsatzpotentiale

Bei lang andauernden monotonen Tätigkeiten besteht die Möglichkeit, dass die Konzentration des menschlichen Prüfers abnimmt und dadurch Fehler entstehen,

wenn etwa Elemente vergessen werden und nicht geprüft werden, oder wenn Fehler übersehen werden.

Eine automatisierte Prüfung von FLA, mindestens bezüglich wesentlicher Teile der Gesamtprüfung, kann zu einer erheblichen Reduktion des Arbeitsaufwandes führen, u. a. durch eine automatisierte Auswertung von Prüfunterlagen. Außerdem kann der Prüfumfang auf ein Maximum angehoben werden, indem z. B. bezüglich des Einstellens und des Auflörens von Fahrstraßen sämtliche Kombinationen von Start- und Zielsignalen getestet werden.

Die erforderliche Entscheidungslogik vieler Prüfungen (z. B. Standardprüfungen) ist aufgrund der Eindeutigkeit des zu erwartenden Verhaltens nicht kompliziert. Deshalb sind derartige Prüfschritte für eine Automatisierung geeignet. Durch den Einsatz einer zuverlässigen Bilderkennung kann ein menschlicher Prüfer für diese Aufgaben in Bezug auf die sonst anfallende Arbeitszeit einerseits und hinsichtlich der Arbeitsqualität andererseits ersetzt werden. Zudem besteht eine größtmögliche Flexibilität bei der Ausführung, da die automatisierte Prüfung sowohl orts- als auch zeitunabhängig erfolgen kann.

5. Fazit

Die Übereinstimmungsprüfung von FLA findet bisher manuell statt und kann je nach Größe des zu prüfenden Stellwerks wenige Tage bis mehrere Wochen umfassen. Wesentliche Teile der Übereinstimmungsprüfung können jedoch automatisiert durchgeführt werden, da ein wesentlicher Teil aus wenig komplexen und leicht formalisierbaren Prüfungen besteht. Die Ergebnisse der automatisierten Prüfungen können anschließend von einem Prüfer analysiert werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein konzeptioneller Aufbau einer automatisierten Übereinstimmungsprüfung beschrieben. Durch diese sollen die Eingabe der erforderlichen Bedienhandlungen hinsichtlich vorher vereinbarter Prüfinhalte, das Erkennen der Ausprägung der betreffenden Fahrweegelemente durch ein Verfahren zur Bilderkennung und die Prüfung auf das zu erwartende Verhalten übernommen sowie die Ergebnisse dokumentiert werden.

Eine prototypische Realisierung und Validierung erfolgte anhand der Streckenprojektierung für Dresden-Klotzsche/Radeberg/Arnsdorf/Bischofswerda. Automatisiert konnten Fahrstraßen eingestellt, aufgelöst und zuverlässig Symbole erkannt

werden. Die hohe Qualität bei der Symbolerkennung per KI erlaubte einen zuverlässigen Soll-Ist-Vergleich. Weiterführende Arbeiten im Sinne eines Ausbaus des Funktionsumfangs sind vielversprechend, da erhebliches Potential, insbesondere bezüglich der Zeitersparnis bei den Prüfungen, ausgeschöpft werden kann. •

Literatur

- [1] Eisenbahn-Bundesamt (2020). Verwaltungsvorschrift zur Anwendung der Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem (Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung – EIGV) in Bezug auf die Teilsysteme Infrastruktur, Energie, streckenseitige Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung sowie für die übrige Eisenbahninfrastruktur (VV IBG Infrastruktur). Ausgabe 1.1
- [2] Eisenbahn-Bundesamt (2022). Übersicht der aktiven Prüfsachverständigen (PSV) im Fachbereich STE 2022. Letzte Änderung 02.05.2022
- [3] Jonas, W. (2014). Elektronische Stellwerke bedienen. Der Regelbetrieb. Berlin: Bahn-Fachverlag.
- [4] Simulationssysteme - BEST Practice in Ausbildung und Planung. Unterseite des Web-Auftritts der Scheidt&Bachmann GmbH, <https://www.scheidt-bachmann.de/de/systeme-fuer-signaltechnik/produkte-loesungen/simulationssysteme/>, abgerufen am 11.05.2022
- [5] RailSET®: Railway Simulation Environment for Train drivers and operators. Unterseite des Web-Auftritts des DLR e.V., https://www.dlr.de/ts/desktopdefault.aspx/tabid-11368/19984_read-29436/, abgerufen am 11.05.2022.
- [6] Bradski, G. (2000). The OpenCV Library. Dr. Dobb's Journal of Software Tools.
- [7] Chollet, François. „Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions.“ Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017.
- [8] Abadi, Martin et al., 2016. Tensorflow: A system for large-scale machine learning. In 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 16). pp. 265–283.

Summary

AI-based approach for automated testing of train dispatcher displays

Compliance tests of train dispatcher displays with the planned projects engineering have so far been made completely manually. However, large parts of the testing can be automated. A corresponding conceptual construction is described and an AI-based prototypical implementation is presented. Further development seems to be promising according to the high image recognition rate and the potential for use.