



## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

18. Mai 2017

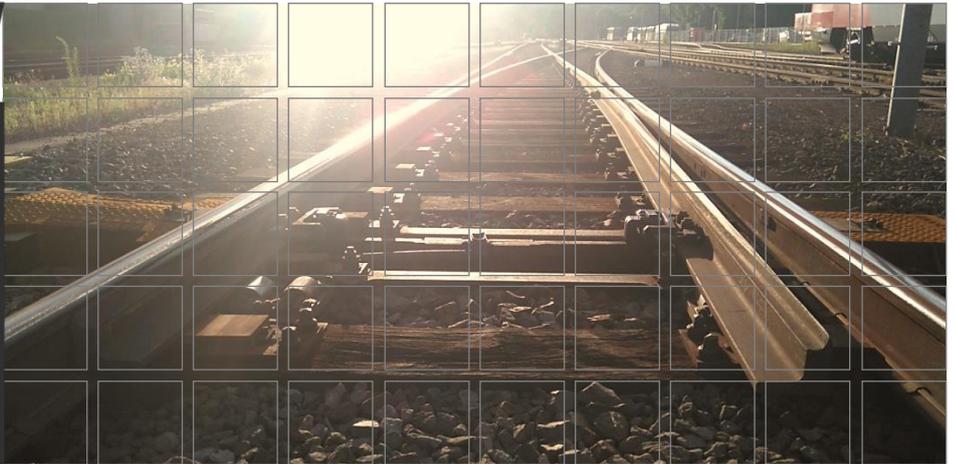
Datum



Handwritten signature in blue ink, appearing to read "Peter Winkler".

Unterschrift

EBW



W

B

W

## Der Weg zur Smarten Weiche

Masterarbeit

Abgabedatum: 18. Mai 2017

Petra Antonia Wilfling  
BSc  
1030732  
[p.wilfling@student.tugraz.at](mailto:p.wilfling@student.tugraz.at)

Betreuer:  
Stefan Marschnig  
Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.  
[stefan.marschnig@tugraz.at](mailto:stefan.marschnig@tugraz.at)



## Kurzfassung

Innerhalb des Lebenszyklus einer Weiche finden eine Vielzahl an Inspektionen statt, welche für die Zustandserhebung der einzelnen Weichenbauteile notwendig sind. Der dabei festgestellte Istzustand entscheidet über die weitere Vorgehensweise bezüglich der Einleitung erforderlicher Instandsetzungsmaßnahmen bis hin zu einer möglichen Sperre des Gleisabschnittes. Durch diese Maßnahmen soll die Funktion der Weiche überwacht und somit eine sichere Überfahrt der Schienenfahrzeuge gewährleistet werden. Die momentane Zustandserhebung erfolgt durch das Inspektionspersonal. Dieses befindet sich stets im Gefahrenraum und betrachtet die Weiche visuell bzw. führt kleinere Kontrollen manuell mit Hilfsmaterial aus.

Im Rahmen dieser Arbeit gilt es eine alternative Lösung für die manuelle Inspektion zu finden bzw. den Weg zu einer intelligenten Infrastruktur, wie beispielsweise der *Smarten Weiche*, zu ebnen.

Durch den Vergleich der in den Regelwerken/Richtlinien definierten Inspektionstätigkeiten der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) sowie der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB-Infrastruktur AG) konnte ein Unterschied hinsichtlich deren Umfang, der Anzahl an vorgeschriebenen Inspektionsarbeiten sowie bezüglich der Inspektionsdurchführung aufgezeigt werden. Dabei sieht die ÖBB-Infrastruktur AG eine Sperre des Gleisabschnittes für die gesamte Inspektionsdauer vor, während bei der SBB nur jene Strecken gesperrt werden, in welchen keine Selbstsicherung des Inspektionspersonals möglich ist. Andernfalls wird die Inspektion stets während des laufenden Betriebes, innerhalb von Zugpausen, durchgeführt. Hinsichtlich der Periodizität der Weicheninspektionen kann festgehalten werden, dass sämtliche Regelwerke/Richtlinien der SBB unterschiedliche Inspektionsintervalle für unterschiedliche Randbedingungen vorsehen. Diese sind je nach Weichenbauart, nach der Geschwindigkeit im Stammgleis sowie nach dem Weichenstellsystem und der Gesamtbelastung pro Tag untergliedert.

Die Analyse der jeweiligen Messtechnologien der acht betrachteten Unternehmen zeigte ein Potential zur automatisierten Inspektionsdurchführung. Dabei ist ersichtlich, dass jedes eigenständige Messsystem einen gewissen Anteil der in den Regelwerken/Richtlinien enthaltenen Inspektionstätigkeiten automatisiert durchführen kann. Der mögliche Automatisierungsgrad ist je nach System unterschiedlich und reicht von knapp 50% bis nahezu 70%. Eine Erhöhung des Automatisierungsgrades ist durch Kombination der betrachteten Systeme mit den ortsfesten Anlagen der VAE möglich. Im besten Fall können dadurch 96% der vorgeschriebenen Inspektionstätigkeiten für Weichen maschinengestützt durchgeführt werden.

## Abstract

Within the life cycle of a turnout, a multiplicity of inspections takes place, which are necessary to collect information about the condition of the individual turnout components. The current state of the turnout determined in this case decides on the further procedure with regard to the introduction of necessary maintenance tasks. The aim of these inspections is to monitor the function of the turnout constantly to guarantee a safe crossing of the rail vehicles. Currently, the inspection staff carries out the identification of the actual condition. Therefore, this persons are always in the danger area and look at the turnout visually or perform smaller tasks manually with auxiliary material.

The aim of this work is to find an alternative solution for the manual inspection and to pave the way to an intelligent infrastructure like the "smart turnout".

By comparing the individual inspection operations of SBB and ÖBB, it was possible to show the different scope and number of these activities. Furthermore it turned out, that the realization of these operations is different between the Swiss and the Austrian Federal Railways. During the inspection of turnouts the ÖBB blocks the track section so that no rail vehicle could endanger the inspection staff. The SBB inspections are always carried out during the operation within train breaks. Only in the sections in which no self-assurance is possible, the railway section will be blocked. With regard to the periodicity of the inspection, it can be stated that the regulations provide different inspection intervals for different boundary conditions. These intervals vary depending on the type of the turnout, the possible speed and the total load per day.

Within the analysis of the measuring systems and fix-installed sensors the potential of an automatic inspection could be shown. Each independent measuring system can carry out automatically a part of the considered inspection tasks. Therefore nearly 50% up to approximately 70% could be done by one individual system. It has to be noticed, that it is possible to increase this percentage by the combination of these systems with the fix-installed sensors of VAE. The best combination allows a machine-based implementation of the inspection tasks from 96%.

## Danksagung

Im Rahmen meiner Masterarbeit möchte ich mich bei all jenen Personen bedanken, welche mich während der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt und motiviert haben.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Marschnig für die Betreuung und Begutachtung meiner Masterarbeit sowie für die unzähligen Ratschläge, welche meine Arbeit geprägt haben. Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Veit für den fachlichen Rat sowie für das in mich gesetzte Vertrauen innerhalb der Bearbeitung dieser Masterarbeit bedanken.

Ebenfalls möchte ich Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Jochen Holzfeind meinen Dank aussprechen. Erst durch seine Inputs wurde die Umsetzung dieser Masterarbeit ermöglicht. Des Weiteren möchte ich mich für die ausgezeichnete Organisation sowie Kommunikation bedanken, welche für das Projekt *Smarte Weiche* sowie die Erstellung dieser Arbeit erforderlich war.

Weiters möchte ich mich bei all meinen Kollegen am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft für die fachlichen Diskussionen sowie die Aufmunterungen und für die motivierenden Gespräche bedanken. Im Speziellen gilt mein Dank Herrn Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. BSc Johannes Neuhold und Herrn Dipl.-Ing. BSc Ing. Michael Fellingner sowie Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Enzi.

Ein weiterer Dank gilt den innerhalb der Arbeit angeführten Unternehmen. Ohne die freundliche und hilfreiche Kommunikation sowie die Übermittlung der Daten wäre eine Erstellung der Analyse einer maschinellen Inspektionsumsetzung nicht möglich gewesen.

Einen ebenso großen Dank möchte ich allen Mitarbeitern der Schweizerischen Bundesbahnen sowie der PJ Messtechnik GmbH aussprechen, welche es mir ermöglicht haben, beim Sensoreinbau zur *Smarten Weiche* am Züricher Hauptbahnhof anwesend zu sein und aktiv daran mitarbeiten zu können.

Zum Abschluss möchte ich noch meiner Familie, meinen Freunden sowie all jenen, die mich während meines Studiums begleitet haben, für die Ausdauer und das in mich gesetzte Vertrauen danken.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	7
2	Von der Infrastruktur zur Smarten Weiche.....	9
3	Allgemeines zur Weiche.....	11
3.2	Weichenarten .....	12
3.3	Bestandteile einer Weiche .....	16
3.4	Grundmaße einer Weiche .....	31
4	Allgemeines zur Inspektion .....	32
4.1	Wartung .....	32
4.2	Inspektion.....	32
4.3	Instandsetzung .....	33
4.4	Verbesserung .....	33
5	Inspektion einer Weiche .....	34
5.1	Inspektionen im Netz der SBB .....	34
5.3	Eingriffsschwellen für die Inspektionswerte .....	38
5.4	Vergleich zum Gleis.....	39
5.5	Inspektion im Netz der ÖBB .....	39
6	Periodizität der Inspektion/Kontrolle/Begehung .....	40
6.1	Oberbautechnische Kontrolle von Weichen .....	40
6.2	Sicherungstechnische Kontrolle von Weichen .....	41
6.3	Ultraschallprüfung von Weichen .....	42
6.4	Gleismesswagenfahrt.....	43
6.5	Streckeninspektion einschließlich Weichen.....	44
7	Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG .....	45
7.1	Zungenvorrichtung.....	45
7.2	Herzstück.....	47
7.3	Geometrie.....	48
7.4	Schienen.....	49
7.5	Radlenker .....	51
7.6	Schienenstöße .....	51
7.7	Weichenverschlüsse .....	52
7.8	Signaltechnische Einrichtungen.....	52
7.9	Sicherungstechnische Einrichtungen .....	53
7.10	Weichenheizung.....	54
7.11	Befestigungsmittel .....	54
7.12	Schwellen .....	56
7.13	Ultraschall.....	56
7.14	Schotterbett / Feste Fahrbahn .....	57
7.15	Isolierteile.....	58
7.16	Erweiterter Fahrweg .....	58
7.17	Entwässerung .....	60

## Inhaltsverzeichnis

7.18	Sonstiges.....	60
7.19	Zusammenfassung des Inspektionsvergleichs .....	61
8	Messsysteme zur automatisierten Weicheninspektion .....	62
8.1	Messsysteme – Fa. EURAILSCOUT Inspection & Analysis B.V. ....	62
8.2	Messsysteme – Fa. terra vermessungen ag .....	64
8.4	Messsysteme – Fa. DMA Srl.....	67
8.5	Messsysteme – Fa. Fugro RailData .....	67
8.6	Messsysteme – Fa. MER MEC S.p.A. ....	68
8.7	Messsysteme – Fa. VAE GmbH / voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH.....	71
8.8	Messsysteme – Fa. Plasser & Theurer - Export von Bahnbaumaschinen GmbH. ....	73
8.9	Weitere Systeme.....	76
9	Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion .....	77
9.1	Methodik der Analyse und verwendete Symbolik .....	77
9.2	Auswertung der Inspektionen - Zungenvorrichtung .....	79
9.3	Auswertung der Inspektionen - Herzstück .....	81
9.4	Auswertung der Inspektionen - Radlenker .....	84
9.5	Auswertung der Inspektionen - Geometrie .....	85
9.6	Auswertung der Inspektionen - Schienen .....	86
9.7	Auswertung der Inspektionen - Schienenstöße.....	88
9.8	Auswertung der Inspektionen - Signaltechnische Einrichtungen .....	90
9.9	Auswertung der Inspektionen - Sicherungstechnische Einrichtungen.....	92
9.10	Auswertung der Inspektionen - Weichenverschlüsse .....	94
9.11	Auswertung der Inspektionen - Weichenheizung .....	96
9.12	Auswertung der Inspektionen - Befestigungsmittel .....	96
9.13	Auswertung der Inspektionen - Schwellen .....	99
9.14	Auswertung der Inspektionen - Schotterbett / Feste Fahrbahn .....	101
9.15	Auswertung der Inspektionen - Ultraschall .....	102
10	Ergebnisse der Inspektionsauswertungen .....	103
11	Smarte Weiche ZMUS7.....	111
11.1	Geplante Positionierung der Sensoren.....	113
11.2	Trockeneinbau bzw. Versuchseinbau.....	114
11.3	Sensoreinbau .....	115
11.4	Zielsetzung der smarten Weiche .....	118
12	Resümee / Schlussbemerkungen / Ausblick .....	119

## 1 Einleitung

Weichen sind die Grundvoraussetzung für ein funktionierendes Eisenbahnnetz [1]. Erst durch den Einbau von Weichen ist es schienengebundenen Fahrzeugen möglich, einen Übergang von einem Gleis zum anderen, ohne Unterbrechung der Fahrt, vorzunehmen [2].

Die Anzahl der im Schienennetz befindlichen Weichen beeinflusst sowohl die Leistungsfähigkeit eines Eisenbahnnetzes als auch die im Netz fahrbare Zuggeschwindigkeit. Dabei spielt die Anordnung der Weichen bzw. deren Lage eine wesentliche und entscheidende Rolle [1]. Der Einbau von Weichen findet vorwiegend in Bahnhofsnähe statt, da diese für die Zugbildung bzw. für deren Auflösung benötigt werden. Weiters ermöglichen Weichen ein Einfahren der Schienenfahrzeuge zu den ihnen zugewiesenen Bahnsteigen. Das Kreuzen sowie das Überholen von Zügen sind weitere Funktionen einer Weiche innerhalb des Bahnhofs. Zusätzlich können Weichen als Überleitstellen eingesetzt werden [2].

Ein weiteres Einsatzgebiet von Weichen ergibt sich innerhalb des freien Streckengleises. Auf diesem werden Weichen für das Bedienen von Anschlussbahnen und Abzweig- sowie Anschlussstellen, ebenso wie für das Überholen unterschiedlicher Schienenfahrzeuggattungen, benötigt [2].

Aufgrund der Tatsache, dass Weichen eine sicherheitsrelevante Betriebseinrichtung darstellen, unterliegen sie stets gleistechnischen und wirtschaftlichen Anforderungen. Um den gleistechnischen Eigenschaften gerecht zu werden, müssen die Weichenbauteile fahrtechnischen, konstruktiven und geometrischen Bedingungen entsprechen [14].

Innerhalb der Lebensdauer einer Weiche gilt es stets die genannten Anforderungen durch diverse Instandhaltungsmaßnahmen zu erfüllen, um so eine fahrdynamisch günstige Linieneinführung erreichen zu können und eine Störung des Fahrzeuglaufes einschließlich hoher dynamischer Kräfte zu vermeiden. Durch diese Tätigkeiten soll der Verschleiß von Bauteilen frühzeitig erkannt und somit ausreichend Sicherheit gegen eine Entgleisung gewährleistet werden [1].

Die Inspektion, welche zur Analyse des aktuellen Zustandes einer Weiche herangezogen wird und eventuelle Instandsetzungsmaßnahmen einleitet, spielt eine entscheidende Rolle für den Lebenszyklus einer Weiche [36]. Im Allgemeinen wird die Inspektion nach der Weichenbauart und der Gesamtbelastung sowie nach der befahrbaren Geschwindigkeit in unterschiedlich fixierten Zeitintervallen mit Hilfe des Inspektionspersonals im Gleis durchgeführt [39][40].

---

## Einleitung

In den letzten Jahren verzeichneten die Verkehrsbelastung sowie die Verkehrsdichte eine Steigerung [22]. Dies würde eine Verkürzung der Inspektionsintervalle erfordern, um eine frühzeitige Erkennung der Verschlechterung einer Weiche gewährleisten zu können. Aufgrund der Tatsache, dass die momentane Erhebung des Istzustandes einer Weiche manuell durch Personen im Gleis ausgeführt wird, würde dies ein kürzeres Intervall mit sich bringen, in welchem sich das Inspektionspersonal in den Gefahrenraum begeben muss. Betrachtet man dies anhand der Vorgehensweise der ÖBB-Infrastruktur AG, würde die Intervallverkürzung zusätzliche Gleissperren erfordern, da hier die Inspektion nur innerhalb einer Sperrpause (keine Fahrten) [103] durchgeführt werden darf. In weiterer Folge würde dies zu einer Verringerung der Verfügbarkeit des Gleisabschnittes führen. Bei der Vorgehensweise der SBB wird die Inspektion einer Weiche nicht innerhalb einer Sperrpause, sondern innerhalb des Zeitraums zwischen zwei Zugfahrten (Zugpause), durchgeführt [40]. Dies würde jedoch gleichermaßen eine höhere Anzahl der im Gleis befindlichen Personen bedeuten.

Diese zusätzlichen Inspektionen könnten bei beiden Bahnen eine Erhöhung der Personalkosten bzw. im Falle der Österreichischen Bundesbahnen auch zu betrieblichen Folgekosten, durch die Verringerung der Streckenverfügbarkeit, mit sich bringen.

Auch die steigende fahrbare Geschwindigkeit der Gleistrassen spielt eine entscheidende Rolle in Bezug auf die Inspektion, da ab einer Betriebsgeschwindigkeit von über 160 km/h ein Begehen des Abschnittes während eines aufrechten Betriebes (Beispiel anhand der SBB [44]) nicht erlaubt ist.

Diese Faktoren sowie die Gewährleistung der Sicherheit des Inspektionspersonals sollten zu einem Umdenken, weg von der manuellen, intervallgetriebenen Inspektionstätigkeit von Weichen führen. Genau an diesem Punkt sieht sich die *Smarte Weiche* als eine mögliche Lösung. Dabei ist das Ziel dieser intelligenten Infrastruktur die manuelle, intervallabhängige Inspektion durch verschiedene messtechnische bzw. optische Systeme sowie ortsfeste Anlagen zu ersetzen und einen Schritt in Richtung einer permanenten Selbstkontrolle der Weiche zu gehen.

## 2 Von der Infrastruktur zur Smarten Weiche

Mit der Einführung des Internets in der Mitte der 1990er Jahre wurde eine weltweite Kommunikation der Menschheit ermöglicht, welche die Entwicklung von leistungsstarken Computern hervorrief und somit zu einer schnelleren Möglichkeit der Kommunikation beigetragen hat [72].

Die Kommunikationsmöglichkeiten durch das Internet veranlassen die Entstehung der intelligenten Infrastruktur, welche zum momentanen Zeitpunkt in aller Munde ist [72].

Diese intelligente Infrastruktur ermöglicht eine Verknüpfung unterschiedlicher Infrastrukturnetze mit den jeweiligen Betreibern bis hin zu den Nutzern. Eine Erhöhung der Sicherheit sowie eine Verbesserung der Auslastung des Infrastrukturnetzes bis hin zu einer Effizienzsteigerung stellen unter anderem die Vorteile einer intelligenten bzw. smarten Infrastruktur dar [70].

Um diese Vorteile umsetzen zu können, ist es jedoch von Nöten, dass eine schnelle und stetige Kommunikation zwischen der Infrastruktur, dem Nutzer sowie dem Betreiber gegeben ist, welche durch eine Digitalisierung des Infrastrukturnetzes erreicht werden muss [70].

Die Intelligenz der Infrastruktur ist durch die Implementierung unterschiedlicher Systeme realisierbar, welche eine Kombination verschiedenster ortsfester Anlagen (integrierte Sensoren) sowie verschiedenster Messsysteme und Kameras darstellen kann. Durch die Kommunikation der genannten Systeme ist eine Echtzeiterfassung des Zustandes sowie eine permanente Kontrolle der Anlage möglich [71].

Diese Technologien gewährleisten eine Interaktion der bestehenden Infrastruktur mit dem Betreiber und ermöglichen eine Analyse und Interpretation der übermittelten Informationen in Echtzeit und können als Entscheidungshilfe über erforderliche Instandhaltungskonzepte und Planungen dienen [74].

Die *Smarte Weiche*, welche Thema dieser Arbeit ist, kann als Teil der intelligenten Infrastruktur betrachtet werden und verfolgt unter anderem das Ziel, die zeitbasierte Inspektion von Weichen in eine permanente Kontrolle bzw. Zustandsüberwachung zu lenken.

Der aktuelle Stand der Technik sieht die intervallabhängige Inspektion von Weichen durch in der Gleisanlage befindliche Personen vor. Dies verursacht einerseits hohe Personalkosten sowie andererseits eine Gefährdung des Inspektionspersonals.

Die *Smarte Weiche* versucht dies zu ändern. Dabei gilt es herauszufinden, ob die erforderlichen Inspektionstätigkeiten einer Weiche, welche durch das Personal ausgeführt werden, durch eine permanente Überwachung von Weichen mittels einer Kombination verschiedener ortsfester Anlagen sowie On-Board-Monitoring-Systeme (Mess- sowie Inspektionssysteme), welche am Schienenfahrzeug befestigt werden, gewährleistet werden kann.

Ob und wie weit die Inspektionspunkte einer Weiche durch die genannten Systeme übernommen bzw. ersetzt werden könnten, soll innerhalb dieser Arbeit abgeklärt werden.

### 3 Allgemeines zur Weiche

Eine Weiche wird hinsichtlich deren Geometrie in ein Stamm- und Zweiggteis unterteilt. Dabei ist das Stammgleis jener Gleisstrang, welcher bei einer einfachen bzw. doppelten Weiche gerade verläuft. Innerhalb einer Bogenweiche ist das Stammgleis jener Gleisstrang, welcher in ursprünglicher Weichenform gerade verlief bzw. nach Biegung der Weiche und Inbetriebnahme die höhere Belastung aufweist [2].

Der abzweigende Gleisstrang wird als Zweiggteis bezeichnet und verändert durch den Zweiggteibogen mit einem bestimmten Radius seine Richtung. Der Berührungspunkt dieses Gleisbogens mit der Tangente des Stammgleises ist der Beginn des Zweiggteibogens und zugleich der Weichenanfang. Das Weichenende ist als jener Punkt definiert, an welchem die Entfernung beider Schienenstränge vom Herzstück groß genug für eine Schweißverbindung bzw. Verlaschung ist. Die Weichenneigung entspricht dem Tangens des Weichenwinkels und wird durch den Berührungspunkt der Tangente des Bogenendes des Zweiggteises und des Stammgleises definiert [5].

#### 3.1 Weichenbezeichnung

Die Bezeichnung einer Weiche wird durch deren konstruktive und geometrische Merkmale definiert und bezeichnet somit die verschiedenen Weichentypen.

Folgende Merkmale fließen in die Bezeichnung der Weiche bzw. des Weichentyps ein:

- I Geometrische Merkmale:
  - Weichen [42]
    - EW einfache Weiche
    - DW Doppelweiche
    - SW symmetrische Weiche
    - FSW Flankenschutzweiche [43]
  - Kreuzungsweichen [42]
    - EKW einfache Kreuzungsweiche
    - DKW doppelte Kreuzungsweiche
  - Gleisdurchschneidung [42] (Kreuzung)
    - GD Gleisdurchschneidung
  - Weichenradius [42]
    - Grundradius angegeben in Meter
  - Neigung der Weiche bzw. der Kreuzung [42]
    - 1: n

## Allgemeines zur Weiche

## I Konstruktive Merkmale

- Schienenprofil [38]
  - SBB I (Schienenprofil 46E1 der Güte R260)
  - SBB IV (Schienenprofil 54E2 der Güte R60 bzw. R350HT)
  - SBB VI (Schienenprofil 60E1/E2 der Güte R260 bzw. R350 HT)
- Schwellenart [43][39]
  - Be Beton
  - FF Feste Fahrbahn
  - Holz
  - Stahl
- Art des Herzstückes [43]
  - Starr starres Herzstück
  - HB bewegliches Herzstück
  - HBS Herzstück mit beweglicher Spitze

## 3.2 Weichenarten

Im Netz der Schweizerischen Bundesbahnen finden sich u.a. die in Abbildung 1 dargestellten Weichenarten:

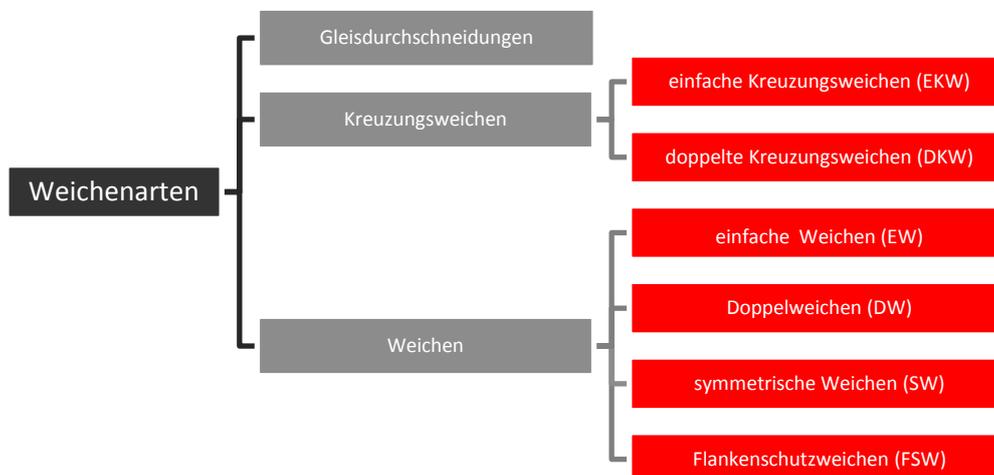


Abbildung 1 Übersicht der Weichenarten

## 3.2.1 Einfache Weiche (EW)

Diese Weiche verfügt jeweils über ein Stammgleis sowie ein abzweigendes Gleis (Abbildung 2). Je nach Richtung des abzweigenden Gleisstranges, vom Weichenanfang in Richtung Weichenende gesehen, wird diese als Rechts- bzw. Linksweiche bezeichnet. Zudem kann diese als gerade Weiche oder als Bogenweiche ausgeführt sein. Ist eine einfa-

## Allgemeines zur Weiche

che Weiche als gerade Weiche ausgeführt, verläuft ihr Stammgleis gerade, während das Stammgleis einer Bogenweiche einen stetigen Bogenverlauf aufweist [1].



Abbildung 2 Einfache Weiche

Weiters gibt es eine Unterscheidung hinsichtlich des Zweiggleisbogens. Dieser kann bis zum Weichenende geführt werden oder bereits vor dem Herzstück der Weiche enden. Im letzteren Fall sind demnach beide Gleisstränge am Weichenende bereits gerade. Die einfache Weiche besitzt aufgrund der Abzweigrichtung des Zweiggleises beim Durchschneidungspunkt der beiden inneren Schienenstränge ein einfaches Herzstück [14].

### 3.2.2 Doppelweiche (DW)

Eine Doppelweiche (doppelte Weiche) ist ähnlich einer einfachen Weiche aufgebaut. Der Unterschied liegt in der Anzahl der abzweigenden Gleisstränge. Im Gegensatz zu einfachen Weichen verfügt eine doppelte Weiche über zwei Zweiggleise (Abbildung 3) [1]. Die Richtung der einzelnen Zweiggleise ist für die weitere Detailbezeichnung relevant. Führen beide abzweigenden Gleisstränge in dieselbe Richtung, wird sie als einseitige Doppelweiche bezeichnet. Verlaufen die Zweiggleise in unterschiedlicher Richtung, bezeichnet man diese Bauart als eine zweiseitige Doppelweiche [14].



Abbildung 3 Doppelweiche [56]

### 3.2.3 Symmetrische Weichen (SW)

Symmetrische Weichen können sowohl als einfache (Abbildung 4) wie auch als doppelte Weichen ausgeführt sein. Dabei verfügen diese über eine spezielle Geometrie hinsichtlich ihrer Schienenstränge. Ist eine einfache Weiche symmetrisch angeordnet, verlaufen das Stammgleis und der abzweigende Gleisstrang, bezogen auf die Mitte, mit demselben Radius in die entgegengesetzte Richtung. Ist eine Doppelweiche symmetrisch ausgeführt, verlaufen beide abzweigenden Gleisstränge mit demselben Abzweigungsradius vom Stammgleis weg [61].



Abbildung 4 Symmetrische Einzelweiche [61]

### 3.2.4 Flankenschutzweiche (FSW)

Diese Weichenbezeichnung wird für Weichen verwendet, welche speziell zum betrieblichen Schutz eingebaut werden (Abbildung 5). Der abzweigende Gleisstrang endet dabei meist unmittelbar am Weichenende und verursacht eine gewollte Entgleisung des Zuges. Dabei wird das im Fahrweg befindliche Schienenfahrzeug vor einem Zusammenstoß mit dem sich im einmündenden Gleisstrang befindlichen Fahrzeug geschützt und verhindert somit eine Flankenfahrt [5].



Abbildung 5 Flankenschutzweiche [82]

### 3.2.5 Gleisdurchschneidung (GD)

Gleisdurchschneidungen (Kreuzungen - Abbildung 6) finden sich beim Durchschneiden zweier niveaugleicher Gleisstränge [1]. Diese spezielle Weichenart ermöglicht jedoch nur eine reine Überfahrt des Schienenfahrzeuges ohne den Übergang von einem Gleis auf das andere Gleis zu erlauben. Aus diesem Grund besitzen Gleisdurchschneidungen keine Zungenvorrichtungen bzw. ab einer Neigung über 1:4,95 auch keine Radlenker [8].



Abbildung 6 Gerade Kreuzung [70]

### 3.2.6 Kreuzungsweichen (EKW/DKW)

Kreuzungsweichen (Abbildung 7) erlauben innerhalb einer Gleisdurchschneidung, durch den Einbau eines gekrümmten Verbindungsbogens mit gebogenen Zungen, einen Übergang zwischen zwei Gleisen. Ist ein Übergang innerhalb der sich schneidenden, niveaugleichen und geradlinigen Gleisstränge möglich, wird diese Bauart als einfache Kreuzungsweiche (EKW) bezeichnet [1].

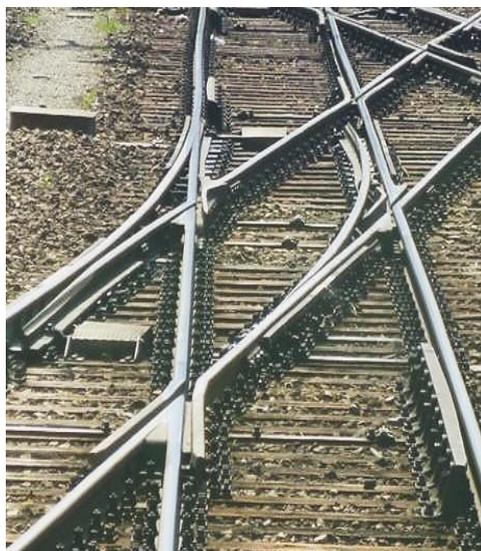


Abbildung 7 Einfache Kreuzungsweiche [62]

## Allgemeines zur Weiche

Befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite ebenfalls ein Verbindungsbogen, ist der Übergang eines Schienenfahrzeuges von beiden Seiten möglich und man spricht von einer doppelten Kreuzungsweiche (DKW - Abbildung 8) [1].



Abbildung 8 Doppelte Kreuzungsweiche

### 3.3 Bestandteile einer Weiche

Eine Weiche kann prinzipiell in drei Hauptbereiche gegliedert werden. Diese sind ausgehend vom Weichenanfang in Richtung Weichenende der Zungenbereich (Zungenvorrichtung), der Zwischenschienenbereich und der Herzstückbereich.

#### 3.3.1 Zungenvorrichtung

Jede Weiche verfügt über zwei halbe Zungenvorrichtungen inklusive der zugehörigen Schwellen, der Unterlagsplatten sowie den Befestigungsmitteln und den Umstellhilfen. Die halbe Zungenvorrichtung besteht dabei jeweils aus einer Weichenzunge und einer Stockschiene (Backenschiene), welche schleiftechnisch aufeinander abgestimmt sind und somit stets gemeinsam gewechselt werden müssen (Abbildung 9) [1].

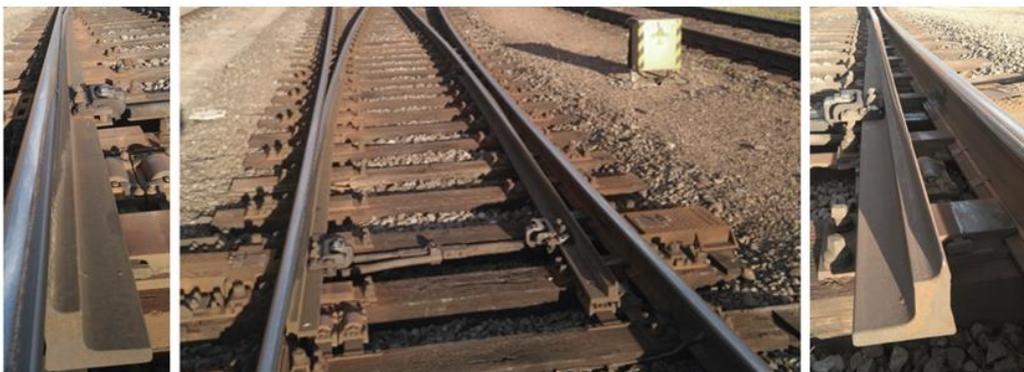


Abbildung 9 An- und abliegende Zunge

## Allgemeines zur Weiche

Um ein ordnungsgemäßes Anliegen der Zunge an die Stockschiene gewährleisten zu können, werden diese von ihrem Anfang (Zungenspitze) aus in Richtung Ende (Zungenwurzel) schleiftechnisch angepasst (Abbildung 10). Dabei wird der Zungenanfang spitz ausgeführt, da dieser für die Richtung der Weiterfahrt des schienengebundenen Fahrzeuges ausschlaggebend ist. Je nach gewünschter Fahrtrichtung bzw. Stellung der Weiche liegt entweder die linke bzw. rechte Zunge, betrachtet vom Weichenanfang aus in Richtung Weichenende, an der jeweilig zugehörigen Stockschiene an [6].



Abbildung 10 Geschliffene Zungenprofile

Aufgrund der schleiftechnischen Anpassung (Abbildung 11) der Zunge ist diese jedoch am Beginn hinsichtlich ihres Profils geschwächt und kann die gesamte Radlast des Schienenfahrzeuges nicht aufnehmen. Aus diesem Grund ist die Zungenspitze in Bezug auf die Schienenoberkante der Stockschiene um 14 mm abgesenkt. Dies gewährleistet die Ablenkung des Schienenfahrzeuges durch die Zunge, während die Stockschiene in diesem geschwächten Profilbereich für die Lastaufnahme zuständig ist [6].

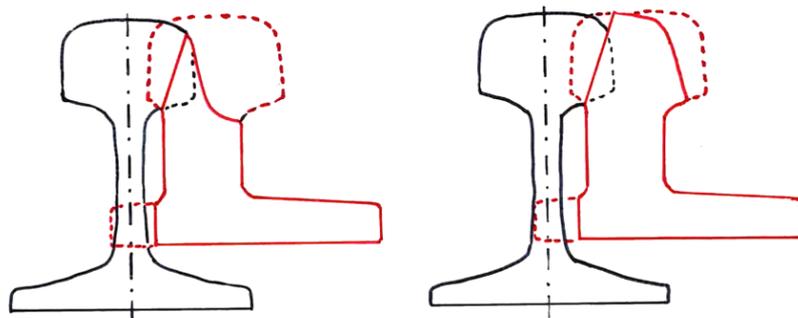


Abbildung 11 Profilanpassung - Zunge und Stockschiene (Backenschiene) [5]

Das ordnungsgemäße Anliegen der Zunge an der Stockschiene sowie der Verschleißzustand der Zungenvorrichtung tragen entscheidend zur Sicherheit einer Weichenüberfahrt bei. Hier ist vor allem die Gewährleistung der korrekten Zungenabsenkung sowie eines geringen Klaffmaßes (Raum zwischen anliegender Zunge und Stockschiene) entscheidend, da sich andernfalls ein kritischer Berührungspunkt des Rades und der Schiene ergibt, welcher ein Aufsteigen des Rades verursacht und somit zur Erhöhung des Entgleisungsrisikos beitragen kann [12].

Aus diesem Grund ist bei der Inspektion einer Weiche auf eine innerhalb der Toleranz liegende Verschleißerscheinung der Zungenspitze sowie der Stockschiene (Backenschiene) besonderes Augenmerk zu richten sowie eine Kontrolle des aktuellen Klaffmaßes durchzuführen.

### 3.3.2 Zwischenschiene

Die Zwischenschienen einer Weiche sind jene Schienen, welche den Zungenbereich mit dem Herzbereich verbinden. Im Falle einer einfachen Weiche verläuft die Zwischenschiene des Stammgleises gerade, während die Zwischenschiene des abzweigenden Gleisstranges an die entsprechende Biegung des Zweiggleises angepasst ist. Der Bereich der Zwischenschiene wird ebenfalls für Isolierstöße innerhalb einer Weiche verwendet, sofern diese erforderlich sind [5].

### 3.3.3 Herzstück

Im Schnittpunkt der Durchschneidung beider in der Mitte befindlichen Schienen einer Weiche ist das Herzstück situiert. Die schienenfahrtechnische Aufgabe dieser Weichenkomponente liegt in der Gewährleistung des ungehinderten Radüberlaufes an den sich schneidenden Gleissträngen [6].

Weiters entscheidet die Unterbrechungsart der Fahrkante über die Art des Herzstückes. Dabei kann zwischen einfachen, doppelten oder mehrfachen Herzstücken unterschieden werden.

Im Schnittpunkt des Stamm- und Zweiggleises innerhalb einer einfachen Weiche ist das sogenannte einfache Herzstück situiert. Zur Gewährleistung der Durchfahrt des Spurkranzes wird eine Unterbrechung der Fahrkante vorgesehen, welche als Herzstücklücke bezeichnet wird [1].

Innerhalb einer Gleisdurchschneidung (auch Kreuzung genannt) entstehen aufgrund zusätzlicher Durchschneidungspunkte zu den zwei bereits vorhandenen einfachen Herzstücken zusätzliche zwei weitere Doppelherzstücke (Abbildung 12).

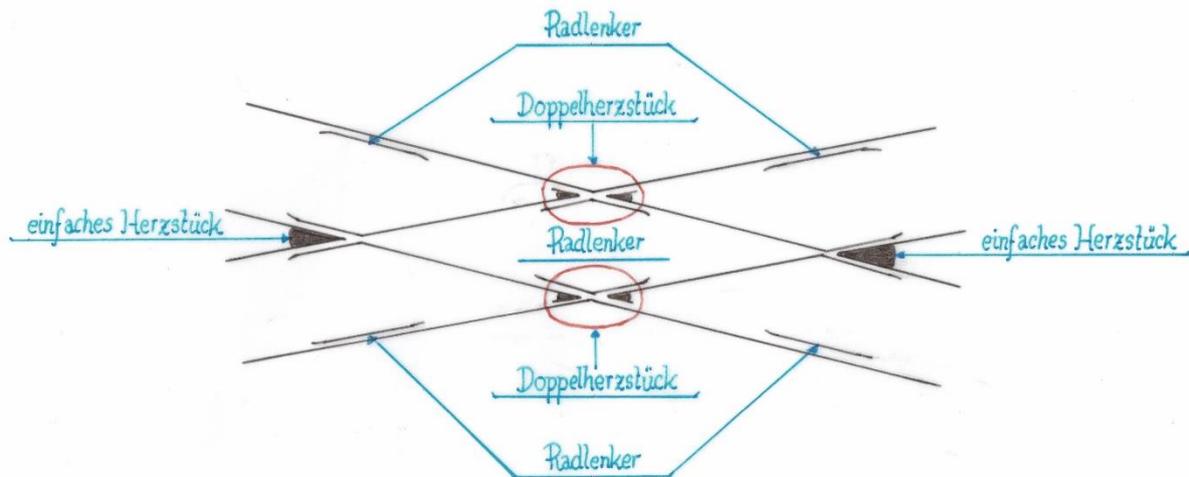


Abbildung 12 Kreuzung - Doppelherzstücke [14]

Erhöhen sich die Durchschneidungspunkte der in einer Weiche befindlichen Gleisstränge, steigt die Anzahl der Herzstücke. Dabei entstehen zum Beispiel bei einer doppelten Gleisdurchschneidung mit einer Zungenanordnung außerhalb des Durchschneidungsvierecks bereits zwei Doppel- sowie zwei Mehrfachherzstücke (in diesem Fall Dreifachherzstücke).

Weiters können Herzstücke hinsichtlich deren Beweglichkeit unterschieden werden. Die sogenannten starren Herzstücke (Abbildung 13), welche die am häufigsten verwendete Bauart darstellt, benötigen im Bereich der Herzstücklücke auf den Außenschienen der Weiche einen Radlenker. Dieser hat die Aufgabe ein Anfahren des Spurkranzes an der Herzstückspitze zu vermeiden [48].

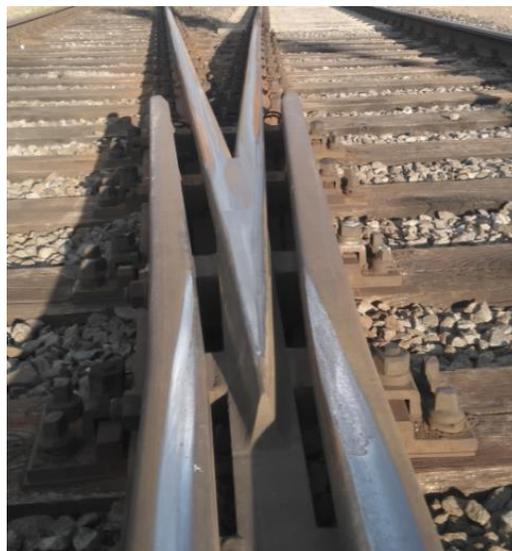


Abbildung 13 starres Herzstück

## Allgemeines zur Weiche

Bewegliche Herzstücke (Abbildung 14) besitzen im Vergleich zu starren Herzstücken keine zusätzlichen Radlenker. Dies ermöglicht die starre Anordnung der Flügelschienen. Durch das Anliegen des beweglichen Herzstückes an der Flügelschiene entsteht ein lückenloses Gleis, welches zu einem verbesserten Fahrkomfort und einer geringeren Lärmemission führt. Bewegliche Herzstücke werden aufgrund dieser Vorteile auf Gleistrassen mit einer hohen Trassierungsgeschwindigkeit ( $\sim 200$  km/h) eingesetzt. [48].



Abbildung 14 Bewegliches Herzstück [59]

## 3.3.4 Flügelschiene

Der Schienenbereich, welcher unmittelbar vor der Herzstückspitze beginnt und bis zum Ende des Herzstücks reicht, wird als Flügelschiene bezeichnet und zählt zum Herzstückbereich. Die Flügelschienen sind für die Übernahme der beim Überlauf eines Schienenfahrzeuges entstehenden vertikalen Kräfte des Radsatzes verantwortlich. Dadurch werden gleichzeitig eine Entlastung der Herzstückspitze sowie die Führung des Spurkranzes gewährleistet. Um ein Anfahren der Herzstückspitze zu vermeiden und eine Übernahme der Vertikalkräfte durch die Flügelschiene zu garantieren, wird die Spitze des Herzstückes in diesem Bereich abgesenkt [7].

Flügelschienen sind mit dem Herzstück einer Weiche verbunden. Dies ist jedoch zwischen der Oberkante der Flügelschienen und Herzstückspitze nicht der Fall. Hier ergibt sich durch die Herzstücklücke, welche für das Durchlaufen des Spurkranzes bei der Überfahrt eines Schienenfahrzeuges erforderlich ist, eine örtliche Trennung der beiden Weichenkomponenten, welche durch die sogenannte Rillenweite garantiert wird [7].

Bei beweglichen Herzstücken ist solch eine Herzstücklücke nicht vorhanden. Hier ist ein Anliegen der Herzstückspitze an die Flügelschienen, ähnlich der Zunge bei der Stockschiene, für die sichere Überfahrt des Schienenfahrzeuges von entscheidender Bedeutung [48].

### 3.3.5 Radlenker

Der Einbau von Radlenkern ist auf der gegenüberliegenden Seite von starren Herzstücken aus sicherheitstechnischen Gründen erforderlich. Dabei werden diese Weichenkomponenten mittels sogenannten Radlenkerabstützungen (Radlenkerstühlen) in ihrer Position fixiert. Durch die Führung des gegenüberliegenden Rades am Radrücken über dem führungslosen Bereich der Herzstücklücke wird ein ordnungsgemäßes Einlaufen des Spurkanzes in den korrekten Spurkanal und somit die richtige Abzweigrichtung gewährleistet [5].

Der Radlenker selbst ist je nach Position innerhalb der Weiche unterschiedlich geformt und passt sich der Schienenform des jeweiligen Gleisstranges an. Gerade Radlenker (Abbildung 15) befinden sich somit im Stammgleis von geraden Weichen sowie in der Abzweigung gerader Herzstücke, während gebogene Radlenker im Zweiggleis situiert sind. Weiters verfügt der Radlenker selbst über einen geraden sowie einen gebogenen Teilbereich. Letzterer ist im Einlauf- bzw. Auslaufbereich des Radlenkers angeordnet. Der gerade Bereich ist jener Teil des Radlenkers, welcher die Herzstücklücke überspannt. Durch die Einhaltung der Rillenweite (Abstand zwischen der Schiene und dem Radlenker) wird ein Anfahren der Herzstücklücke vermieden [49].



Abbildung 15 Gerader Radlenker (rechts, Blickrichtung WA-WE)

Zur Gewährleistung der spurführungstechnischen Eigenschaft des Radlenkers wird dieser mit einer Überhöhung, in Bezug auf die Schiene, ausgeführt. Die Länge des Radlenkers ist dabei durch die Länge der Herzstücklücke sowie dem Erstreckungsbereich der geschwindigkeitsabhängigen Einlaufneigung vorgegeben [49].

### 3.3.6 Schienenbefestigung

Zu den wesentlichen Aufgaben der Schienenbefestigung zählt die Kraftübertragung der entstehenden Horizontal- und Vertikalkräfte auf die Schwellen sowie die Gewährleistung des erforderlichen Durchschub- und Verdrehwiderstandes. Die Sicherung der Spurweite ist eine weitere Funktion der Schienenbefestigung, da andernfalls eine Verdrückung des Gleises auftreten kann. Um diese Funktionen erfüllen zu können, ist ein dauerhafter Kraftschluss unter der Bedingung eines elastischen Niederhalts der Schiene und Schwelle erforderlich. Die Elastizität wird durch sogenannte Zwischenlagen ermöglicht, welche so- gleich einen Schutz der Befestigung vor den einwirkenden Kräften darstellen [1].

Hinsichtlich der Befestigungsarten werden diese in unmittelbare oder mittelbare Schienenbefestigung unterschieden. Eine unmittelbare (direkte) Befestigung liegt vor, wenn die Schiene direkt mit der Schwelle über eine gemeinsame Schienenbefestigung verbunden wird.

Ist die Schiene mit einer Unterlagsplatte verbunden, welche eigens mit der Schwelle befestigt wird, bezeichnet man diese Art als mittelbare (indirekte) Befestigung. Weiters kann die Befestigung in starrer oder elastischer Form ausgeführt werden. Da bei der starren Befestigungsvariante bereits geringe Verschleißerscheinungen zu einer Lockerung der Befestigung führen und somit die kraftschlüssige Verspannung nicht mehr gewährleistet werden kann, werden vorwiegend elastische Befestigungen verwendet [15].

Die K-Befestigung (Abbildung 16) sichert die Schiene gegen ein Verschieben in Schienenlängsrichtung. Dabei wird die Schiene mittels einer Klemmplatte und einer Hakenschraube auf der Unterlagsplatte (Rippenplatte) befestigt. Die Befestigung der Rippenplatte auf den Schwellen, mit eingelegter Zwischenlage, erfolgt über sogenannte Schwellenschrauben bzw. bei Betonschwellen über Kunststoffdübel. Bei Stahlschwellen werden zuvor die erforderlichen Rippenplatten mit der Schwelle verschweißt [15].



Abbildung 16 K-Befestigung

Eine Weiterentwicklung der K-Befestigung stellt die KS-Befestigung (Abbildung 17) bzw. die Skl-Befestigung dar. Bei dieser Befestigungsart ist der Aufbau ähnlich der

Allgemeines zur Weiche

K-Befestigung, jedoch wird anstatt der Klemmplatte mit dazugehörigem Federring, eine Spannklemme (Skl) verwendet [62].



Abbildung 17 KS-Befestigung mit Spannklemme [62]

Erfolgt die Befestigung der Schiene auf den Schwellen ohne Rippenplatte, jedoch mit Einlage einer Kunststoffzwischenlage, mittels einer Spannklemme und Schwellenschraube pro Befestigungsseite, bezeichnet man diese Bauweise als W-Befestigung (Abbildung 18). Dabei werden sogenannte Winkelführungsplatten zur Stabilisierung der Schienenlage verwendet. Dieser Aufbau wird vorwiegend auf Betonschwellen, welche eigens für die Winkelführungsplatten Aussparungen in ihrer Formgebung aufweisen, eingesetzt [15].



Abbildung 18 W-Befestigung [62]

Eine weitere Befestigungsform ist die Pandrolbefestigung (Abbildung 19). Diese Befestigungsart benötigt für die Herstellung des Kraftschlusses zwischen Schiene und Schwelle im Gegensatz zu den anderen Befestigungsarten keine Schrauben [15].



Abbildung 19 Pandrolbefestigung [59]

Die Pandrolbefestigung besteht aus einem Mittelteil, in welchen der Federclip eingeführt wird und den Kraftschluss herstellt, sowie einen isolierenden Teil zwischen Federclip und Schienenfuß. Zwischen den Schwellen und den Schienen wird jedoch ebenfalls eine Zwischenlage eingebaut. Diese Befestigungsform zählt weltweit zu den am häufigsten eingesetzten Systemen und findet ihre Anwendung vorrangig bei Betonschwellen [65].

### 3.3.7 Unterlagsplatten

Zu diesen Gleiskomponenten gehören Rippenplatten, Rippenunterlagsplatten, Gleitplatten sowie Gleitstuhlplatten bzw. Gleitsättel. Die Rippenplatten finden im gesamten Gleisnetz Verwendung, während die zuletzt genannten Ausführungen in Zungenvorrichtungen bei Weichen eingesetzt werden. Dabei werden sämtliche Unterlagsplatten zwischen der Schiene und der Schwelle eingelegt, weshalb diese meist zu den Schienenbefestigungen gezählt werden. Bei der Verwendung von Unterlagsplatten auf Betonschwellen ist es vorgesehen eine zusätzliche Einlage aus Kunststoff einzulegen um den Schutz der beiden Bauteile zu gewährleisten [49].

Unterlagsplatten mit aufgeschweißter Stahlplatte dienen als Gleitfläche und als Auflager von Zungen in Weichen (Abbildung 20) und werden als Gleitstuhlplatten bzw. Gleitsättel bezeichnet. Damit sich die Stockschiene (Backenschiene) in ihrer Lage nicht verändert bzw. zu neigen beginnt, wird diese auf der innenliegenden Seite am Schienenfuß mittels einer sogenannten Stockschienenfußverspannung gesichert. Auf der Außenseite der Stockschiene (Backenschiene) erfolgt zusätzlich eine Sicherung mittels Rippe und Hakenschraube sowie Spannklemmen. Werden in Weichen Umstellhilfen (Rollenvorrichtungen) verwendet, erfolgt im Regelfall keine Schmierung dieser Platten. Im Falle kleiner Umstellbewegungen von Weichenzungen, kann eine eigene Stahllegierung der aufgeschweißten Stahlplatte eingesetzt werden, um die Gleitfähigkeit zu erhöhen [49].



Abbildung 20 abliegende Zunge auf Gleitsattel

### 3.3.8 Zwischenlagen

Durch den Rad-Schiene-Kontakt bei der Überfahrt eines Schienenfahrzeuges entstehen dynamische Kräfte, welche von der Schiene auf die Schwellen übertragen werden müssen. Dies geschieht durch die Auflage des Schienenfußes auf der Schwellenoberfläche. Zur Minimierung der Einwirkung der dynamischen Kraft auf die Oberfläche der Schwelle werden unter dem Schienenfuß Zwischenlagen (Abbildung 21) eingebaut. Diese bewirken durch ihre Elastizität eine Entkoppelung der entstandenen Vibrationen bzw. eine Dämpfung des Krafteinflusses auf die Schwellen. Weiters tragen Zwischenlagen zur Erhöhung des Widerstandes hinsichtlich des Durchschubes zwischen Schiene und Schwelle bei und ermöglichen durch das Einsenken der Schienen eine bessere Lastverteilung auf mehreren Schwellen [49].

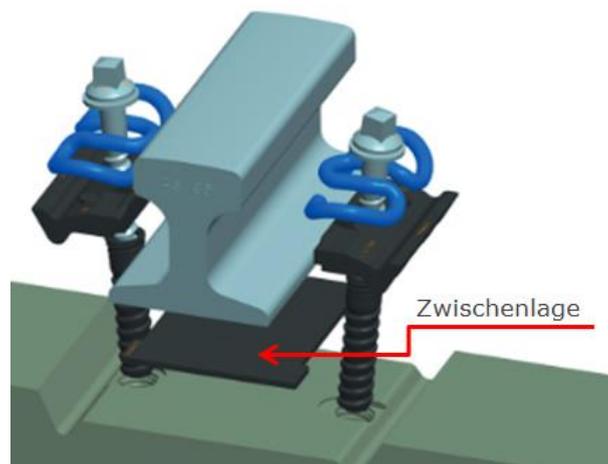


Abbildung 21 Schematische Darstellung Zwischenlage [63]

Der Einbau der Zwischenlagen in Weichen erfolgt im fest eingespannten Bereich der Zungenvorrichtung und im Herzstückbereich. Je nach Schwellenart und statischer sowie dynamischer Steifigkeit ist eine unterschiedliche Stärke bzw. ein unterschiedliches Material der Zwischenlagen erforderlich. Im Falle von Betonschwellen sind diese weicher auszuführen, da eine höhere Steifigkeit als bei Holzschwellen vorliegt. Um Änderungen der Schienenneigung und Erweiterungen der Spurmaße zu vermeiden, ist eine Inspektion der Zwischenlagen hinsichtlich deren Verschleiß erforderlich [49].

### 3.3.9 Schwellen

Eine Hauptfunktion der Schwellen ist die Lastaufnahme sowie die Übertragung der bei der Überfahrt des Schienenfahrzeuges resultierenden Kräfte an den Gleisschotter bzw. an die Feste Fahrbahn. Dabei werden vertikale Kräfte über die Auflagefläche der Schwellen und Horizontalkräfte durch die Formgebung der Schwelle auf die Gleisbettung übertragen [8].

## Allgemeines zur Weiche

Schwellen von Weichen können eine unterschiedliche Ausführung hinsichtlich ihres Werkstoffes aufweisen. Dabei können diese aus Stahl, Holz und Beton bzw. Beton inklusive Besohlung ausgeführt sein. Je nach Art des Werkstoffes sind für die Befestigung des Radlenkers unterschiedliche Verbindungen erforderlich [49].

Die Anordnung der Schwellen innerhalb einer Weiche ist in einem Regelabstand von 60 cm definiert. Dabei weisen die von Weichenanfang beginnenden Schwellen eine Länge von 2,60 Metern auf und nehmen in Richtung Weichenende stetig um 10 cm (7 cm bei Betonschwellen) zu. Nach dem Weichenende erfolgt die Unterschwellung im Stamm- und Zweiggleis getrennt durch Kurzschwellen (2,20 - 2,50 m) [7]. Die Anordnung der Schwellen innerhalb einer Weiche ist unterschiedlich. Im Bereich der Zungenvorrichtung sind die Schwellen, bezogen auf die Stammgleisachse, rechtwinkelig und nahezu symmetrisch angeordnet. Im weiteren Verlauf fächern sich die Schwellen schlussendlich bis zum Weichenende auf. Dabei liegt die Unterschwellung mit ihren Schwellenköpfen innerhalb des Stammgleises beinahe in einer Fluchtrichtung [49].

### 3.3.10 Bettung

Die durch die Schwellen aufgenommenen Kräfte werden mit Hilfe der Bettung an den Untergrund abgeleitet. Zudem ist die Bettung für die Lagesicherung der Schwellen verantwortlich [7].

Die am häufigsten verwendete Bettungsart bei Weichen ist das Schotterbett. Dabei sind die Breite sowie die Stärke des Schotterbettes von der Beschaffenheit der Schwellen sowie von dem Streckenrang, in welcher sich die Weiche befindet, abhängig [50]. Für jede Bettungsart ist eine ordnungsgemäße Luft- und Wasserdurchlässigkeit zu gewährleisten. Dabei soll das durch den Niederschlag eingedrungene Oberflächenwasser auf schnellstem Wege abfließen können um keinerlei Beschädigungen durch stehende Wassermassen hervorzurufen [7].

Weiters kann die Bettung von Weichen auf einer Festen Fahrbahn, welche aus einer Tragplatte mit dem Werkstoff Beton bzw. Asphalt ausgeführt wird, erfolgen. Die Lagerung dieser Fahrbahn kann kontinuierlich oder über eine Stützpunktlagerung erfolgen. Bei einer kontinuierlichen Bauweise wird die Schiene in die Fahrbahn auf die Tragplatte geklemmt oder direkt in die Platte eingegossen [55]. Bei einer Konstruktion mittels Stützpunktlagerung kann diese wiederum mit oder ohne Schwellen ausgeführt werden. Dabei wird bei der Bauart mit Schwellen ein elastischer Verbund zwischen Schiene und Schwellen ausgeführt um ein Versagen der Komponenten durch die hohe Steifigkeit des Untergrundes zu vermeiden [49].

## Allgemeines zur Weiche

Die Steigerung der Geschwindigkeiten bis zu 320 km/h verursacht eine hohe dynamische Belastung des Schienenoberbaus. Diese Dynamik kann bei einem Schotteraufbau vertikale sowie horizontale Lagefehler der Schiene verursachen und in weiterer Folge eine Erhöhung der erforderlichen, kostenintensiven Instandsetzungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit des Oberbaus mit sich ziehen. Um dieses Instandsetzungsmaß zu reduzieren, wurde die Feste Fahrbahn (Abbildung 22) als Alternative zum konventionellen Schotteroberbau entwickelt. Aufgrund der für diese Konstruktionsart notwendigen Steifigkeit des Untergrundes, welche vorwiegend bei Brücken bzw. innerhalb von Tunneln vorherrscht, findet diese Ausführung vor allem in diesen Bereichen Verwendung [16]. Zudem besitzt diese Konstruktionsart im Vergleich zum Schotterbett einige Vorteile. Dies sind unter anderem ein sehr günstiges Langzeitverhalten, die mögliche Verringerung der Tunnelbauhöhe sowie eine Langzeitverhinderung von Verkrautung der Bettung [8].



Abbildung 22 Feste Fahrbahn [62]

### 3.3.11 Umstellvorrichtungen

Die Möglichkeit der Änderung der Fahrtrichtung bzw. der Wechsel von einem in das andere Gleis wird durch die Zunge gewährleistet. Diese wird durch eine Schieberstange in die gewünschte Position gebracht und liegt dabei auf den Gleitflächen der Gleitsättel auf. Um eine ordnungsgemäße Umstellung der Zunge gewährleisten zu können, ist es erforderlich, dass diese Gleitflächen geschmiert werden [49].

Mit den sogenannten Umstellhilfen (Rollenvorrichtungen innerhalb der Weichen) ist eine Umstellung der Zunge ohne Schmierung möglich. Dies minimiert einerseits die Abnutzung der Gleitfläche und verhindert eine zusätzliche Verschmutzung der Bettung durch das Schmierfett. Zu diesen Umstellhilfen zählen unter anderem die Rollensysteme Austroroll (Caro/Mauerrollen), Saferoll II (bzw. I), Piroll sowie Systeme von Schwihag als Nachrüstvariante und die Rollenvorrichtung der Bauart VC [49].

### 3.3.12 Weichenverschlüsse

Nach der Umstellung einer Weiche ist es erforderlich, die korrekte Endlage der Zunge sicherzustellen. Dies ist Hauptaufgabe des Weichenverschlusses. Dabei wird die anliegende Zunge nach ihrer Umstellung mit der Stockschiene (Backenschiene) in ihrer Lage verriegelt und somit eine sichere Überfahrt des Schienenfahrzeuges gewährleistet [10]. Solch ein Verschluss ist bei der Zungenvorrichtung aller Weichen vorhanden. Dabei kann wiederum zwischen außen- bzw. innenliegenden Verschlusskonstruktionen unterschieden werden [5].

Eine mögliche Konstruktion des Außenverschlusses ist der Klammerverschluss (Abbildung 23). Diese Verschlussart, bezeichnet als Spitzenverschluss, befindet sich bei Zungenvorrichtungen am Zungenanfang (Zungenspitze) und bildet mit dem Weichenantrieb und der Schieberstange eine Einheit. Dabei wird die für eine Umstellung der Zunge erforderliche Stellkraft des Antriebes mit Hilfe der Schieberstange auf die Weichenzungen aufgebracht und anschließend die korrekte Endlage der anliegenden Zunge fixiert. Die korrekte Zungenstellung ist durch die Position der Verschlussklammer zwischen Verschlussleiste und Verschlussstück der anliegenden Zunge erkennbar [11].

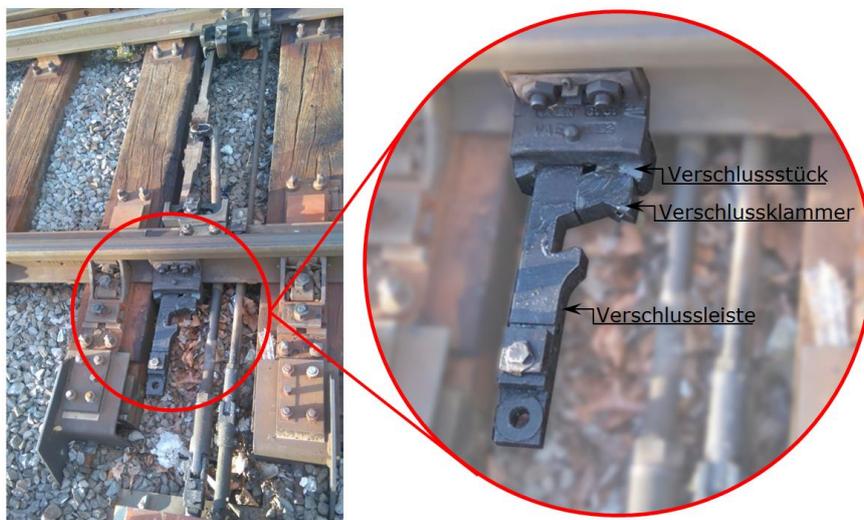


Abbildung 23 Klammerverschluss

Eine mögliche Art des Innenverschlusses stellt der Spherolock NG dar. Bei dieser Variante befindet sich das gesamte Bauteil im Schwellenbereich der Zungenvorrichtung am Zungenanfang. Nach Umstellung der Weichenzunge durch die im Bauteil befindlichen Verriegelungsstangen wird die Endlage der Zunge durch den jeweiligen Druckkopfaufnehmer erkannt und gewährleistet somit eine sichere Überfahrt des Schienenfahrzeuges [23].

Aufgrund verschiedener Weichenarten ist die Ausprägung der Zungenlängen ebenfalls unterschiedlich. Große Radien des abzweigenden Stranges erfordern eine längere Zun-

genkonstruktion als Weichen mit kleinem Radius. Je größer die Länge einer Zunge, desto mehr Verschlüsse werden auf der gesamten Länge benötigt. Diese Verschlüsse werden als Mittelverschlüsse bezeichnet und verhindern durch das Festhalten ein Bewegen der Zunge im Mittelbereich [11].

### 3.3.13 Weichenheizung

Um eine einwandfreie Funktion der Weiche während der Wintermonate garantieren zu können, werden auf hochrangigen Gleisen die Weichen mit Heizungsanlagen versehen. Weichenheizungen werden im Bereich der beweglichen Bauteile innerhalb der Zungenvorrichtungen sowie bei beweglichen Herzstücken und innerhalb von Weichenverschlüssen vorgesehen, um die Umstellung der Weichenzunge bzw. des Weichherzstückes sowie den erforderlichen Verschluss von Schnee und Eis freizuhalten [1].

### 3.3.14 Weichenantrieb

Um die Funktion der Weiche, das Überleiten eines Schienenfahrzeuges von einem Gleis auf das andere, ermöglichen zu können, ist es erforderlich, die Lage der Zunge zu ändern. Je nach Anliegen der Zunge an die rechte oder linke Stockschiene (vom Weichenanfang in Richtung Weichenende aus gesehen) erfolgt die Weiterfahrt des Schienenfahrzeuges am Stammgleis bzw. am abzweigenden Gleis [2]. Für diese Lageveränderung der Zunge wird der Weichenantrieb benötigt. Hier erfolgt eine Unterteilung der Weichenantriebe bezüglich des Aufbringens der zur Zungenlageänderung erforderlichen Stellkraft. Dies kann direkt vor Ort (Ortsantrieb) bzw. von einem Stellwerk aus (Fernbetrieb - Abbildung 24) erfolgen [7].

Der mechanisch bediente Weichenantrieb (auch als Handweiche bezeichnet) fällt in die Kategorie Ortsantrieb. Dabei wird durch die händische Umstellung des Stellgewichtes, welches sich an der Seite der Weiche befindet, die erforderliche Stellkraft für die Umstellung der Zunge erwirkt. Diese Weichenantriebsart ist meist nur mehr in Rangieranlagen anzutreffen [11].

Fernbediente Weichenantriebe sind elektrisch ausgeführt und zählen zu den am häufigsten verwendeten Bauarten. Hier wird die Stellkraft für die Zungenumstellung entweder mechanisch über die Schieberstange oder hydraulisch durch Hydraulikzylinder aufgebracht [11].

Allgemeines zur Weiche



Abbildung 24 Weichenantrieb – mechanisch ferngestellt

### 3.4 Grundmaße einer Weiche

Unabhängig von der Bauart verfügt eine Weiche über klar definierte Spurführungsmaße. Die Einhaltung des Toleranzbereiches dieser Spurmaße ist für einen sicheren Überlauf der schienengebundenen Fahrzeuge innerhalb der Weiche sowie für einen sicheren und fahrdynamisch optimalen Führungslauf der Radkränze innerhalb des führungslosen Bereiches der Weiche verantwortlich [69].

Dabei werden folgende Spurführungsmaße einer Weiche vermessen:

┆ Spurweite [69]

Kleinster Abstand zwischen zwei, sich gegenüberliegenden Schienensträngen, bezogen auf deren Schienenkopffinnenseite, wobei die Messung 14 mm unterhalb der Schienenoberkante erfolgt.

┆ Rillenweite [69]

Abstand zwischen der Schiene und dem Radlenker sowie zwischen der Flügelschiene und dem Herzstück.

┆ Leitweite [69]

Abstand der Innenseite, also der Fahrkante, des Radlenkers zur Herzstückspitze.

┆ Durchgangsweite [48]

Kleinste Maß zwischen Zunge und Stockschiene (Backenschiene) nach Umstellung einer Weiche, wobei die Messung 14 mm unterhalb der Schienenoberkante erfolgt.

Auf die Einhaltung der Toleranz und Wichtigkeit dieser einzelnen Grundmaße einer Weiche wird speziell in Kapitel 5.2.2 eingegangen.

## 4 Allgemeines zur Inspektion

Die Inspektion ist eine Untertätigkeit der Instandhaltung. Die Instandhaltung selbst beinhaltet dabei sämtliche Maßnahmen (Abbildung 25), welche innerhalb des Lebenszyklus getätigt werden müssen, um die Funktionstüchtigkeit einer Anlage zu erhalten bzw. wiederherzustellen [35].



Abbildung 25 Gliederung der Instandhaltung

### 4.1 Wartung

Entscheidend für die Gebrauchstauglichkeit einer Anlage ist die regelmäßige Durchführung der Wartung. Diese dient zur Kompensation etwaiger Verschleißerscheinungen aller Komponenten sowie der Anlage selbst. [58]. Weiters sind Wartungsarbeiten für die korrekte Einhaltung der Instandsetzungszyklen erforderlich und werden in den meisten Fällen im Zuge der Inspektion getätigt [54].

### 4.2 Inspektion

Die Inspektion stellt die zur Feststellung und Beurteilung des derzeitigen Istzustandes einer Betrachtungseinheit erforderlichen Maßnahmen dar [57]. Dabei gilt es unterschiedliche Schäden und deren Ursachen mittels Begutachtung der einzelnen Komponenten einer Anlage frühzeitig zu erkennen um potentielle sicherheitsrelevante Störung der Anlage zu vermeiden bzw. diesen entgegenzuwirken [36].

### 4.3 Instandsetzung

Instandsetzungsmaßnahmen sind jene Maßnahmen, welche zur Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit getätigt werden. Die Einleitung dieser Maßnahmen erfolgt meist im Zuge der Inspektion oder Wartung einer Anlage. Während der Instandsetzung erfolgt jedoch nur eine Eliminierung von Schäden bzw. eine Behebung der Störungen einer Anlage, welche für die Einschränkung des ordnungsgemäßen Betriebes der Anlage verantwortlich sind. Es wird keine Verbesserung des Zustandes der Anlage, welche den Qualitätszustand über den ursprünglichen Sollzustand heben würde, durchgeführt [58].

### 4.4 Verbesserung

Ein höheres Qualitätsniveau der Anlage als jenes im Sollzustand ist das Ergebnis einer Verbesserung. Dies wird durch die Behebung der Schäden innerhalb der Anlage bzw. deren Komponenten erzielt. Eine Verbesserung bewirkt jedoch keine Änderung der Funktionalität der Anlage [9].

## 5 Inspektion einer Weiche

Die Durchführung der Inspektion einer Weiche kann auf unterschiedlichste Art und Weise erfolgen. Die notwendigen Tätigkeiten können dabei während des laufenden Betriebes in Zugpausen oder innerhalb einer Sperre des zu inspizierenden Gleisabschnittes erfolgen. Weiters können Inspektionstätigkeiten hinsichtlich der zeitlichen Abfolge unterschieden werden, einerseits in eine intervallabhängige und andererseits in eine kontinuierliche Inspektion. Bei der erstgenannten Art wird die Inspektion einzelner Bauteile innerhalb von normativ festgelegten Intervallen ausgeführt, während bei der kontinuierlichen Inspektion gewisse Werte ständig beobachtet bzw. gemessen werden. [3]

Als Beispiel für eine kontinuierliche Inspektion kann die ständige Beobachtung des erforderlichen Stellstroms während eines Umstellvorgangs genannt werden, welcher Aufschluss über den Zustand einzelner Weichenbauteile gibt.

Eine dritte Unterscheidung der Inspektionstätigkeiten kann anhand der Durchführungsart erfolgen, wobei zwischen einer instrumentellen und einer visuellen differenziert wird. [3]

### 5.1 Inspektionen im Netz der SBB

Die Art und Weise der Inspektionstätigkeiten im Schienennetz der SBB wird in zwei Kategorien untergliedert.

Die erste mögliche Inspektionsart ist die periodische Begehung der Anlagen (Weichen sowie Gleise), in welcher eine visuelle Begutachtung des Zustandes erfolgt. Die Begehung findet dabei innerhalb gesicherter Bereiche, außerhalb des Gefahrenraums bzw. der Gefahrenzone, statt. Das bedeutet, dass die Person, welche die Begehung der Anlage vornimmt, weder durch Zugfahrten noch durch den elektrischen Strom gefährdet wird. Ein Betreten des Gefahrenbereiches innerhalb einer Anlagenbegehung ist nur für das kurzfristige Überqueren der Gleise erlaubt. Während der Durchführung einer Begehung gilt das Prinzip des Selbstschutzes. In diesem Fall muss die betreffende Person über die Ausbildung und Legitimation des „Selbstschutzes Begehung“ verfügen und darf die Begehung somit allein ausführen [40].

Die periodische Kontrolle ist die zweite Variante der Inspektion einer Anlage. Dies betrifft bei Weichen sowohl die oberbautechnische als auch die sicherungstechnische Kontrolle sowie die Überprüfung der Spurweiten innerhalb einer Weiche bezüglich deren Toleranzen. Die oberbautechnische Kontrolle beinhaltet dabei zum Beispiel die Erhebung der Geometrieparameter der Weichenzunge und des Herzstückes. Das ordnungsgemäße Funkti-

onieren von Weichenverschlüssen bzw. der Umstellhilfen wird unter anderem innerhalb der sicherungstechnischen Kontrolle erhoben. Ultraschallprüfungen der Weichenkomponenten gehören ebenfalls der periodischen Kontrolle an. Hierbei werden die einzelnen Bauteile der Weiche auf nicht mit freiem Auge erkennbare Fehler untersucht [108].

Die periodischen Kontrollen bzw. die Inspektionen der Weichen und Gleise fallen hinsichtlich ihrer Schutzmaßnahmen sowie Ausbildung in die Kategorie „Selbstschutz Arbeit“ und werden innerhalb des Gefahrenraumes durchgeführt. Bei der Umsetzung dieser Tätigkeiten ist eine Alleinarbeit nur zulässig, falls eine permanente Beobachtung des Fahrwegs gegeben ist. Da dies für Einzelpersonen bei Kontrollen bzw. Inspektionen schwierig umzusetzen ist, finden diese Kontrolltätigkeiten in den meisten Fällen zu zweit statt [40].

Innerhalb der periodischen Kontrollen kann wiederum eine Unterscheidung bezüglich der Vorgehensweise stattfinden. Einerseits können beide im Gefahrenraum befindlichen Personen die erforderlichen Tätigkeiten der Kontrolle bzw. der Inspektion ausüben. In diesem Fall ist jede einzelne Person einer bestimmten Seite des Gleises zugeordnet. Durch die Beobachtung des Fahrweges in geregelten, kurzen Abständen gewährleistet jede Person die Sicherheit der ihm/ihr zugewiesenen Gleisseite. Bei Annäherung etwaiger Züge erfolgt eine gegenseitige Warnung [40].

Die zweite Variante beschreibt die Aufteilung der Arbeitsdurchführung und Sicherung. In diesem Fall befindet sich die Person, welche für die Durchführung dieser Tätigkeiten zuständig ist, innerhalb des Gefahrenraums. Die zweite Person ist für die permanente Überwachung des Fahrweges sowie für Warnungen zuständig und befindet sich dabei meist außerhalb des Gefahrenraums [40].

Ist die Erkennung einer Annäherung des Schienenfahrzeuges aufgrund der Topographie bzw. der zu verwendenden Arbeitsmittel nicht gewährleistet, muss ein Sicherungswärter (SiWä) beigezogen werden. Dieser hat die Aufgabe, bei Annäherung eines Schienenfahrzeuges ein entsprechendes Warnsignal abzugeben um die im Gefahrenraum befindlichen Personen zu warnen. Weiters ist der Sicherungswärter für eine vollständige Räumung der arbeitenden Personen sowie der Arbeitsgeräte aus dem Gefahrenraum vor der Durchfahrt des Schienenfahrzeugs verantwortlich [40].

Die intervallabhängige Begehung sowie die Kontrolle/Inspektion der Weiche werden innerhalb des Schienennetzes der SBB ohne Sperre durchgeführt. Eine Sperre erfolgt lediglich falls der zu betrachtende Abschnitt eine Selbstsicherung der im Gleis befindlichen Personen nicht zulässt. Dies ist zum Beispiel auf Schnellfahrstrecken mit einer Geschwindigkeit > 160 km/h bzw. bei Reparaturen oder bei Unterhaltstätigkeiten einer Weiche der Fall [40].

## Inspektion einer Weiche

Weiters werden auf Schnellfahrstrecken Inspektionsfahrten mit dem Diagnosefahrzeug sowie Kontrollfahrten mit der Lok durchgeführt. Zusätzlich erfolgt die Begehung der Strecke einmal im Jahr [45].

## 5.2 Inspektionsbereiche einer Weiche

Bei der Inspektion bzw. Kontrolle der Weiche werden sämtliche Bauteile auf deren Abnutzungen sowie die Grundmaße einer Weiche auf Überschreitung der Toleranz geprüft bzw. inspiziert. Dies ist für eine rechtzeitige Instandsetzung der Bauteile erforderlich und verhindert somit eine sicherheitskritische Befahrung der Anlage, welche in weiterer Folge zu einer Entgleisung und somit zu längerfristigen betrieblichen Ausfällen führen könnte [4].

### 5.2.1 Kontrolle der Weichenbauteile

Die Durchführung der periodischen Kontrolle erfolgt manuell mittels Tiefen-, Führer- und Kontrolllehren. Letztere finden für die Beurteilung des Istzustandes von Weichenzungen und Herzstücken Verwendung. Durch die unterschiedliche Formgebung der Kontrolllehren kann die Weichenzunge und die anliegende Stockschiene auf eine ordnungsgerechte Position und Geometrie kontrolliert sowie Materialausbrüche und Schäden auf deren Größe hin untersucht und eine Beurteilung der Entgleisungssicherheit abgegeben werden [41].

Für Herzstückspitzen werden ebenfalls verschiedene Lehren verwendet, welche sich allerdings von den Zungenprüflehren unterscheiden. Mittels der sogenannten Tiefen- und Führerlehre wird die Position der Spitze und Höhe der Spitzenabsenkung vermessen und mit den Toleranzen verglichen [41].

Um weitere Beschädigungen von Weichenbauteilen festzustellen, wird in der gesamten Weichenanlage eine visuelle Inspektion durchgeführt. Dabei wird von den vor Ort im Gleis befindlichen Personen die Weiche augenscheinlich kontrolliert und auf unterschiedliche Abnormalitäten untersucht. Durch diese visuelle Inspektion werden zusätzlich zur Weichenzunge und zum Herzstück auch sämtliche Befestigungsmittel inkl. deren Zwischenlagen, das Schotterbett und die Schwellen sowie die gleisnahe Umgebung inspiziert und bewertet [45].

Die Verwendung von mobilen Schienenprüfgeräten ermöglicht mittels Ultraschall eine Untersuchung der in Weichen befindlichen Schienenstränge sowie der Bauteile auf innenliegende Risse, Schäden und Brüche, welche bei der zuvor erwähnten Inspektionstätigkeit nicht möglich sind [46].

### 5.2.2 Kontrolle der Grundmaße einer Weiche

Die Ermittlung der aktuellen sicherheitsrelevanten Spurweiten der Weiche ist ein wichtiger Teil der durchzuführenden periodischen Kontrolle. Dabei werden an verschiedenen Positionen (Abbildung 24) die Spurweiten mit Hilfe von Messlatten erhoben und mit dem Sollwert sowie der in den Regelwerken/Richtlinien ausgewiesenen Toleranz (Eingriffsschwellen) verglichen [38].

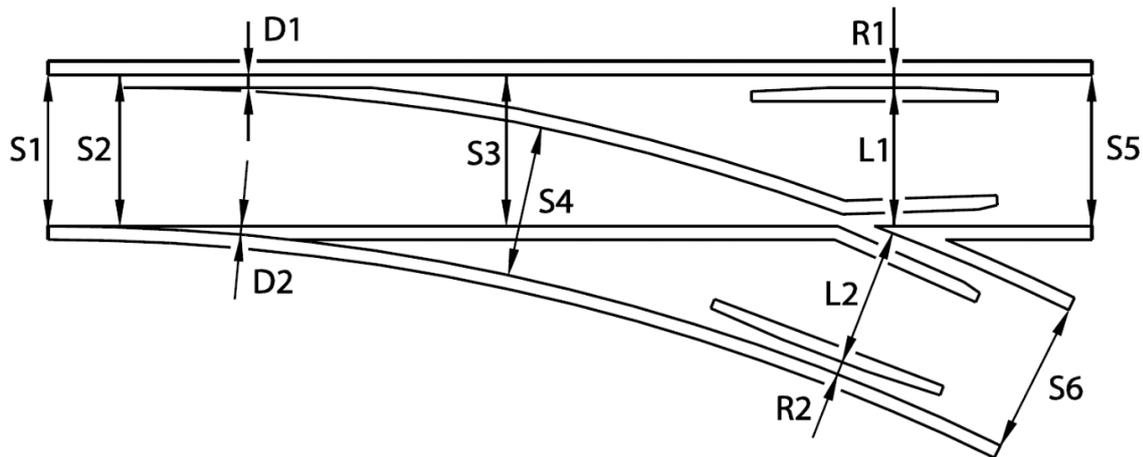


Abbildung 26 Messposition der Spurführungsmaße in einer einfachen Weiche [38]

Vom Weichenanfang (WA) in Richtung Weichenende (WE) – hier von links nach rechts – wird an sechs verschiedenen Positionen die Spurweite vermessen. Dieses Spurführungsmaß wird als kleinster Abstand zwischen zwei, sich gegenüberliegenden Schienensträngen, 14 Millimeter unterhalb der Schienenoberkante, definiert [69].

Zu Beginn der Weiche wird die Spurweite an der Weichenspitze (Weichenanfang) mit der Bezeichnung S1 gemessen. Die Messung der Spurweite S2 erfolgt direkt vor Beginn der Zungenspitzen. Weiter Richtung Weichenende werden die Spurweiten S3 und S4 mittels Vermessung erhoben. Diese befinden sich in der Mitte der beiden Zwischenschienen. An den jeweiligen Enden der Weichengleise erfolgt die messtechnische Aufnahme der Spurweiten des Stammgleises S5 und des ablenkenden Gleisstranges S6 [38].

Ein weiteres sicherheitsrelevantes Spurmaß ist die Durchgangsweite (auch als engster Durchgang bezeichnet). Dieses Maß wird ebenfalls 14 Millimeter unterhalb der Schienenoberkante gemessen und definiert den minimalen Abstand zwischen der Stockschiene und der abliegenden Zunge einer halben Zungenvorrichtung [34]. Aufgrund des Umstandes, dass innerhalb einer Weiche zwei halbe Zungenvorrichtungen vorhanden sind, wird hier eine Unterscheidung der Durchgangsweite in D1 und D2 vorgenommen und getrennt vermessen [38].

Zusätzlich zu den Spur- und Durchgangsweiten einer Weiche werden vier weitere Maße im Bereich des Herzstückes vermessen.

Als Rillenweite wird jener Abstand bezeichnet, welcher sich zwischen der Fahrkante der Radlenkerschiene (Radlenker) und der Fahrschiene befindet [69]. Die Messung dieses Spurmaßes erfolgt ca. 300 mm nach der Herzstückspitze und wird als R1 für die im Stammgleis befindliche Rillenweite und R2 für die im abzweigenden Gleisstrang befindliche Rillenweite bezeichnet [38].

Die beiden Leitweiten einer Weiche sind die letzten zu messenden Spurführungsmaße. Diese Spurmaße sind durch den Abstand der Fahrkante des Radlenkers und der Herzstückspitze definiert. Dabei wird ebenfalls, wie bei einem Großteil der erwähnten Messwerte, 14 Millimeter unterhalb der Schienenoberkante gemessen [1]. Die Messung beider Leitweiten wird ca. 300 mm hinter der Herzstückspitze durchgeführt und als L1 im Stamm- bzw. L2 im Abzweiggleis bezeichnet [38].

### 5.3 Eingriffsschwellen für die Inspektionswerte

Die geometrischen Merkmale einer Weichen unterteilen diese in verschiedene Weichentypen. Dabei wird für jeden Weichentyp ein spezieller Toleranzbereich für die Spurweiten definiert. Dieser Bereich wird durch einen Minimalwert sowie Maximalwert festgelegt.

Weiters werden für sämtliche Spurweiten sogenannte Eingriffsschwellen definiert. Hierbei wird zwischen einer Eingriffsschwelle (ES) und einer Soforteingriffsschwelle (SES) unterschieden.

Zeigt der durch die Kontrolllehre bzw. Führerlehre oder Spurmesslatten erhobene Messwert eine Überschreitung der Soforteingriffsschwelle, ist die sofortige Einleitung einer Maßnahme zu treffen. Diese Maßnahme kann sowohl eine Geschwindigkeitsreduktion als auch eine sofortige Schadensbehebung oder Sperre der betroffenen Weiche bedeuten [39].

Werden bei der Inspektion Messwerte über den in den Regelwerken/Richtlinien vermerkten Toleranzwerten der Eingriffsschwelle festgestellt, sind innerhalb von 30 Tagen Maßnahmen zur Eliminierung dieser Überschreitungen zu veranlassen [38], wodurch das Erreichen der Soforteingriffsschwelle bis zur nächsten durchzuführenden Inspektion verhindert wird [39].

## 5.4 Vergleich zum Gleis

Die Weichenkontrolle ist wie die periodische Kontrolle des Gleises personal- sowie kostenintensiv. Wie in Kapitel 5.1 ersichtlich, wird die periodische Kontrolle von Weichen derzeit hauptsächlich manuell von Personen im Gleis durchgeführt. Im Vergleich dazu, erfolgt die Kontrolle des Gleises größtenteils mit sogenannten Diagnosefahrzeugen, welche das zu untersuchende Gleis während der Befahrung kontrollieren bzw. vermessen [44]. Die Ultraschallprüfung kann dabei ebenfalls mittels Messzügen durchgeführt werden [46].

## 5.5 Inspektion im Netz der ÖBB

Die relevanten Unterschiede bei der Inspektion zwischen der SBB und der ÖBB ergeben sich hinsichtlich der Sicherung während der Inspektionsdurchführung.

Bei der ÖBB-Infrastruktur AG wird der für die Weiche relevante Gleisabschnitt für die Inspektionsdauer vom Fahrdienstleiter gesperrt (keine Fahrten) und somit vom Fahrbetrieb ausgenommen. Dies ermöglicht dem Inspektionspersonal und dazugehörigem Sicherungsposten (SiPo), welcher stets mit dem Fahrdienstleiter in Verbindung steht, die Begehung der Weiche und dient ebenfalls zu deren Sicherheit [37][103]. Falls die Weiche trotz laufender Inspektion in diesem Zeitraum für eine Zugfahrt benötigt wird, erfolgt eine Vorausmeldung des Fahrdienstleiters an den Sicherungsposten. Erst nach Bestätigung der Räumung des Gefahrenraumes durch den SiPo an den Fahrdienstleiter wird eine Aufhebung des Inspektionsfensters durchgeführt und somit der Gleisabschnitt zwischenzeitlich freigegeben [37].

## 6 Periodizität der Inspektion/Kontrolle/Begehung

Die nachfolgenden Tabellen stellen die erforderlichen Inspektionsintervalle der im schweizerischen Gleisnetz befindlichen Weichen dar.

### 6.1 Oberbautechnische Kontrolle von Weichen

Die Periodizität der oberbautechnischen Kontrolle (Tabelle 1) für Weichen wird hinsichtlich der Weichenart Standardweichen (StaW) und Schnellfahrweichen (SFW) bzw. Flankenschutzweichen (FSW) unterschieden. Bei Standardweichen (StaW) ohne Hydrostar-Stellsystem wird die Periodizität in Geschwindigkeitsbereiche sowie nach ihrer Belastung eingeteilt.

StaW ohne Hydrostar V <sub>Stammgleis</sub> <160 km/h V <sub>Abzweiggleis</sub> <140 km/h	VR <sub>Stammgleis</sub> ≤ 120				120 < VR <sub>Stammgleis</sub> ≤ 160			
	≤ 15.000 GBRT/Tag	15.000 < GBRT/Tag ≤ 65.000	> 65.000 GBRT/Tag	Nebengleise	≤ 15.000 GBRT/Tag	15.000 < GBRT/Tag ≤ 65.000	> 65.000 GBRT/Tag	Nebengleise
	<b>36 Mo</b>	<b>24 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>48 Mo</b>	<b>36 Mo</b>	<b>24 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>(x)</b>
<b>StaW MIT Hydrostar</b> V <sub>Stammgleis</sub> <160 km/h V <sub>Abzweiggleis</sub> <140 km/h	<b>6 Mo</b>							
<b>SFW ohne Hydrostar</b> V <sub>Stammgleis</sub> >160 km/h V <sub>Abzweiggleis</sub> >140 km/h	<b>2 Mo</b>							
<b>SFW MIT Hydrostar</b> V <sub>Stammgleis</sub> >160 km/h V <sub>Abzweiggleis</sub> >140 km/h	<b>3 Mo</b>							
<b>Flankenschutzweiche MIT Hydrostar</b>	<b>12 Mo</b>							
<a href="#">R RTE 22066 - Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Weichen - Normalspur S. 21+22</a> <a href="#">R I-22067 - Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Schnellfahrweichen S. 10+12</a> <a href="#">R I-50194 - Einbau und Instandhaltungskonzept Hydrostarweichen S. 17</a>								

Tabelle 1 Periodizität oberbautechnische Kontrolle

Bereits bei der oberbautechnischen Kontrolle ist eine unterschiedliche Periodizität bezüglich der Weichenarten zu erkennen. Schnellfahrweichen ohne Hydrostar-Stellsystem sind alle zwei Monate zu kontrollieren. Standardweichen ohne Hydrostar mit einer Belastung von unter 15.000 Gesamtbruttotonnen pro Tag sowie Geschwindigkeiten von über 120 km/h verfügen über das längste Inspektionsintervall.

Periodizität der Inspektion/Kontrolle/Begehung

## 6.2 Sicherungstechnische Kontrolle von Weichen

Eine ähnliche Unterteilung der Inspektionsintervalle wie bei der oberbautechnischen Kontrolle findet man innerhalb der sicherungstechnischen Kontrolle (Tabelle 2). Dabei ist ersichtlich, dass hier bei Standardweichen die Belastungsgruppe über 15.000 Gesamtbruttotonnen pro Tag eine einheitliche Gruppe darstellt und nicht nochmals unterteilt wird.

StaW ohne Hydrostar $V_{\text{Stammgleis}} < 160 \text{ km/h}$ $V_{\text{Abzweiggleis}} < 140 \text{ km/h}$	$VR_{\text{Stammgleis}} \leq 120$			$120 < VR_{\text{Stammgleis}} \leq 160$		
	$\leq 15.000$ GBRT/Tag	$> 15.000$ GBRT/Tag	Handweichen in Anschluss- Depotgleisen	$\leq 15.000$ GBRT/Tag	$> 15.000$ GBRT/Tag	Handweichen in Anschluss- Depotgleisen
	<b>24 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>48 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>(x)</b>
<b>StaW MIT Hydrostar</b> $V_{\text{Stammgleis}} < 160 \text{ km/h}$ $V_{\text{Abzweiggleis}} < 140 \text{ km/h}$	<b>6 Mo</b>					
<b>SFW ohne Hydrostar</b> $V_{\text{Stammgleis}} > 160 \text{ km/h}$ $V_{\text{Abzweiggleis}} > 140 \text{ km/h}$	<b>2 Mo</b>					
<b>SFW MIT Hydrostar</b> $V_{\text{Stammgleis}} > 160 \text{ km/h}$ $V_{\text{Abzweiggleis}} > 140 \text{ km/h}$	<b>6 Mo</b>					
<b>Flankenschutzweiche MIT Hydrostar</b>	<b>6 Mo</b>					
<a href="#">R RTE 22066 - Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Weichen - Normalspur S. 21+22</a> <a href="#">R I-22067 - Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Schnellfahrweichen S. 10+12</a> <a href="#">R I-50194 - Einbau und Instandhaltungskonzept Hydrostarweichen S. 17</a>						

Tabelle 2 Periodizität sicherungstechnische Kontrolle

Hierbei ist das Intervall für Schnellfahrweichen ohne Hydrostar-Stellsystem auf zwei Monate gesetzt. Handweichen besitzen den größten zeitlichen Abstand zwischen zwei Kontrolltätigkeiten. Somit sind diese am wenigsten oft einer sicherungstechnischen Kontrolle zu unterziehen. Gleich danach folgen Standardweichen ohne Hydrostar mit einem Intervall von 24 Monaten bei einer Belastung von unter 15.000 Gesamtbruttotonnen/Tag.

Periodizität der Inspektion/Kontrolle/Begehung

### 6.3 Ultraschallprüfung von Weichen

Bezüglich der Periodizität einer Ultraschallprüfung (Tabelle 3) für Standardweichen erfolgen ebenfalls die Unterteilungen im Geschwindigkeits- sowie im Belastungsbereich. Hierbei werden Standardweichen mit Hydrostar-Stellsystemen gleichermaßen unterteilt wie jene ohne Hydrostar.

<b>Staw ohne Hydrostar</b> $V_{\text{Stammgleis}} < 160 \text{ km/h}$ $V_{\text{Abzweiggleis}} < 140 \text{ km/h}$	$VR_{\text{Stammgleis}} \leq 120^*$					$120 < VR_{\text{Stammgleis}} \leq 160^*$				
	$\leq 15.000$ GBRT/Tag	$15.000 <$ GBRT/Tag $\leq 25.000$	$25.000 <$ GBRT/Tag $\leq 65.000$	$> 65.000$ GBRT/Tag	VN › VR (Neigezüge)	$\leq 15.000$ GBRT/Tag	$15.000 <$ GBRT/Tag $\leq 25.000$	$25.000 <$ GBRT/Tag $\leq 65.000$	$> 65.000$ GBRT/Tag	VN › VR (Neigezüge)
	<b>36 Mo</b>	<b>24 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>6 Mo</b>	<b>6 Mo</b>	<b>24 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>6 Mo</b>	<b>6 Mo</b>
<b>Staw MIT Hydrostar</b> $V_{\text{Stammgleis}} < 160 \text{ km/h}$ $V_{\text{Abzweiggleis}} < 140 \text{ km/h}$	$VR_{\text{Stammgleis}} \leq 120^{**}$					$120 < VR_{\text{Stammgleis}} \leq 160^{**}$				
	<b>36 Mo</b>	<b>24 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>6 Mo</b>	<b>6 Mo</b>	<b>24 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>12 Mo</b>	<b>6 Mo</b>	<b>6 Mo</b>
<b>SFW ohne Hydrostar</b> $V_{\text{Stammgleis}} > 160 \text{ km/h}$ $V_{\text{Abzweiggleis}} > 140 \text{ km/h}$	halbe Zungenvorrichtungen und Herzstücke *** <b>6 Mo</b>									
<b>SFW MIT Hydrostar</b> $V_{\text{Stammgleis}} > 160 \text{ km/h}$ $V_{\text{Abzweiggleis}} > 140 \text{ km/h}$	halbe Zungenvorrichtungen und Herzstücke *** <b>6 Mo</b>									
<b>Flankenschutzweiche MIT Hydrostar</b>	<b>(x)</b>									
R I-22220 - Ultraschallprüfungen von Schienen und Weichenbauteilen S. 7 R I-22067 - Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Schnellfahrweichen S. 10+12 R I-50194 - Einbau und Instandhaltungskonzept Hydrostarweichen S. 17 R RTE 22066 - Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Weichen - Normalspur S. 21+22										

Tabelle 3 Periodizität Ultraschallprüfung

Bezüglich der Ultraschallüberprüfung von Weichenbauteilen ist zu erkennen, dass sich für Schnellfahrweichen sowie für Standardweichen, abhängig von der täglichen Belastung, Kontrollintervalle zwischen sechs und 36 Monaten ergeben. Weiters ist zu erwähnen, dass die Intervalle bezüglich der Ultraschallprüfungen in verschiedenen Regelwerken erwähnt sind. Dabei gilt die R I-22220 als übergeordnetes Regelwerk. Das Regelwerk R RTE 22066 verfügt über dieselben Ultraschallinspektionsintervalle (gekennzeichnet mit \*) für Standardweichen ohne Hydrostar. Bei Standardweichen mit Hydrostar werden zu diesen zwei Regelwerken die Ultraschallprüfungen zusätzlich im Regelwerk R I-50194 definiert (mit \*\* gekennzeichnet). Dabei beinhalten alle drei Regelwerke dieselben Intervalle. Unterschiede sind jedoch hinsichtlich Schnellfahrweichen zu erkennen. Bezüglich der Intervalle für Ultraschallprüfungen wird im Regelwerk für Hydrostarweichen (R I-50194) auf das eigens für Schnellfahrweichen gültige Regelwerk (R I-22067) verwiesen. Genau hier befindet sich ein Unterschied hinsichtlich des Prüfumfanges innerhalb des

## Periodizität der Inspektion/Kontrolle/Begehung

übergeordneten Regelwerks für Ultraschallprüfungen (R I-22220) und dem für Schnellfahrweichen gültigen Regelwerk R I-22067. Während das Regelwerk R I-22220 lediglich ein Intervall von sechs Monaten definiert, wird im Regelwerk R I-22067 auf dieselben Inspektionsintervalle, jedoch nur für halbe Zungenvorrichtungen und für die Herzstücke, verwiesen (gekennzeichnet durch \*\*\*).

#### 6.4 Gleismesswagenfahrt

Gleismesswagenfahrten beginnen vorwiegend im Stammgleis einer Weiche. Nach der Retourfahrt des Messwagens zum Weichenanfang und Umstellung der Weiche erfolgt die Messfahrt im Zweiggleis. Diese Gleismesswagenfahrten (Tabelle 4) sind nach einer anderen Logik als die oben genannten Inspektionstätigkeiten gegliedert. Hierbei erfolgt lediglich eine Unterteilung nach den Weichentypen.

<b>StaW ohne Hydrostar</b> V <sub>Stammgleis</sub> <160 km/h V <sub>Abzweiggleis</sub> <140 km/h	HG1-HG3 <b>6 Mo</b>
<b>StaW MIT Hydrostar</b> V <sub>Stammgleis</sub> <160 km/h V <sub>Abzweiggleis</sub> <140 km/h	HG1-HG3 <b>6 Mo</b>
<b>SFW ohne Hydrostar</b> V <sub>Stammgleis</sub> >160 km/h V <sub>Abzweiggleis</sub> >140 km/h	<b>3 Mo</b>
<b>SFW MIT Hydrostar</b> V <sub>Stammgleis</sub> >160 km/h V <sub>Abzweiggleis</sub> >140 km/h	<b>3 Mo</b>
<b>Flankenschutzweiche MIT Hydrostar</b>	<b>(x)</b>
<a href="#">R I-50194 - Einbau und Instandhaltungskonzept Hydrostarweichen S. 17</a> <a href="#">R RTE 22066 - Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Weichen - Normalspur S. 21+22</a> <a href="#">R I-22067 - Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Schnellfahrweichen S. 10+12</a>	

Tabelle 4 Periodizität Gleismesswagenfahrt

Bezüglich der Messwagenfahrten ist anzumerken, dass das Regelwerk für Hydrostarweichen bezüglich der Intervalle auf die eigens gültigen Regelwerke für Standardweichen (R I-22066) sowie Schnellfahrweichen (R I-22067) verweist. Dabei ist eine Gleismesswagenfahrt bei Schnellfahrweichen alle drei Monate und bei Standardweichen alle sechs Monate durchzuführen.

## 6.5 Streckeninspektion einschließlich Weichen

Auf die Streckenbegehung, welche mit der Regelinspektion gleichzusetzen ist [108], wird innerhalb von zwei verschiedenen Regelwerken eingegangen. Im Regelwerk R I-50149 (Streckeninspektion) erfolgt keine Unterteilung anhand der Weichenarten, da sich dieses Regelwerk auf das Beobachten fester Anlagen bezieht und nicht speziell für Weichen ausgegeben wurde, diese jedoch sinngemäß integriert sind. Die Intervalle der Regelinspektion (Tabelle 5) sind in diesem Fall nach der Gleiskategorie unterteilt.

				VR ≤ 160 km/h	160 < VR ≤ 200 km/h
<b>Regelinspektion Streckenbegehung</b> <i>(wie Inspektion) (Vr im Stamm)</i>	<b>HG1</b>	durchgehende Gleise mit > 30.000 GBRT/Tag oder ≥ 140 km/h	<b>14 Tage</b>	<b>14 Tage***</b>	<b>(X)</b>
	<b>HG2</b>	durchgehende Gleise mit 15.000 - 30.000 GBRT/Tag	<b>14 Tage</b>		
	<b>HG3</b>	durchgehende Gleise mit < 15.000 GBRT/Tag	<b>1 Mo</b>		
	<b>HG4</b>	Stationsgleise mit V ≥ 60 km/h oder > 30.000 GBRT/Tag (vormals NG1)	<b>1 Mo</b>		
	<b>HG5</b>	Stationsgleise mit V < 60 km/h (vormals NG2)	<b>3 Mo</b>		
	<b>NG</b>	Stationsgleise ohne Nutzung als Zufahrstra- ßen (vormals NG3)	<b>6 Mo</b>		
Inspektion durch DFZ	<b>HG1</b>	Schnellfahrstrecken > 160 km/h		<b>(x)</b>	<b>4 Wo</b>
Kontrollfahrt mit der Lok				<b>2x/Jahr*</b>	<b>2x/Jahr**</b>
jährliche Begehung	<b>HG1</b>	Schnellfahrstrecken > 160 km/h		<b>(x)</b>	<b>1x/Jahr</b>
R RTE 22066 - Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Weichen - Normalspur S. 21+22 R I-50149 - Streckeninspektion S. 3+4+11+14					

Tabelle 5 Periodizität Streckeninspektion

Es ist anzumerken, dass der zeitliche Abstand zwischen zwei im Regelwerk R I-50149 angeführten Regelinspektionen bei guten Verhältnissen auf die doppelte Dauer gestreckt werden kann. Weiters werden für Schnellfahrstrecken Intervalle bezüglich der Inspektion durch das Diagnosefahrzeug und für die jährliche Begehung definiert. Die Kontrollfahrt wird ebenfalls in diesem Regelwerk behandelt. Hier ist besonders anzumerken, dass die Kontrollfahrt im Geschwindigkeitsbereich über 160 km/h nicht die Regelinspektion zu Fuß (durch \*\* gekennzeichnet) ersetzt, während unter 160 km/h dies möglich ist (durch \* gekennzeichnet).

Weiters besteht ein Unterschied zwischen der im Regelwerk R I-50149 angeführten Regelinspektion und der im Regelwerk R RTE 22066 erwähnten Streckenbegehung. Letztere erfolgt alle 14 Tage bei einer Geschwindigkeit unter 160 km/h (durch \*\*\* gekennzeichnet). Dieses Regelwerk befindet sich gerade in Überarbeitung [99].

## 7 Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den in den Regelwerken/Richtlinien festgelegten Inspektionen für Weichen inkl. dem erweiterten Gleisumfeld und veranschaulicht die übereinstimmenden sowie unterschiedlichen Inspektionenpunkte der SBB und der ÖBB-Infrastruktur AG, gegliedert nach den Weichenbauteilen. Weiters wird die Durchführungsart (nachfolgend kurz Art) der in den Vorschriften angeführten Inspektionstätigkeiten der Weichenbauteile zu den Inspektionenpunkten angeführt. Dies soll eine schnelle Übersicht der in den Regelwerken/Richtlinien erwähnten Tätigkeitsvarianten bzw. der verwendeten Gerätschaften darstellen. Dabei ist anzumerken, dass diese Aufzählung allgemein für die jeweilige Inspektionstätigkeit gültig ist und nicht einem Regelwerk bzw. eine Richtlinie zugeordnet wurde.

Die eigens für Weichen im Tunnelbauwerke angeführten Inspektionstätigkeiten in den jeweiligen Regelwerken/Richtlinien, wurden für die weitere Auswertung nicht genauer betrachtet.

### 7.1 Zungenvorrichtung

Tabelle 6 zeigt eine Übersicht der Inspektionstätigkeiten bei Zungenvorrichtungen.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	visuell, DFZ	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50149/ R I-50194	23/ 11/ 4,12/ 19,20	visuell	ZOV 44	4
Ausbrüche	Lehre B	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50194	13,23/ 11/ 20	k.A.	ZOV 44	5
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	k.A.	R I-22067	11	k.A.	ZOV 44/ RW 06.01.01	5/ 22
Überwalzung	visuell, DFZ	R I-50149	4,12	k.A.	ZOV 44/ RW 06.01.01	5/ 22
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	k.A.	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50194	23/ 11/ 19,21	visuell	TA-FWT 01.2015/ ZOV 44	8/ 5
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagsstollen - Sicherstellung Parallelität	k.A.	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50194	23/ 11/ 19	visuell	TA-FWT 01.2015/ ZOV 44	8/ 5
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	k.A.	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50194	13,23/ 11/ 19	Klinkprobe, visuell	TA-FWT 01.2015/ ZOV 44	8/ 5
Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	visuell	R I-22067	13	visuell	ZOV 44	5
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfen)	k. A.	R RTE 22066/ R I-50194	24/ 21	visuell	TA-FWT 01.2015 / ZOV 44	9/ 5

DFZ - Diagnosefahrzeug; k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien

Tabelle 6 Übereinstimmende Inspektionenpunkte - Zungenvorrichtung

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

Tabelle 7 listet nachfolgend alle in den Vorschriften enthaltenen Inspektionspunkte auf, welche entweder nur innerhalb der SBB oder nur innerhalb der ÖBB-Infrastruktur AG Beachtung finden.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	k.A.	R I-22067	11			
Flankenneigung der Zunge	Lehre C	R RTE 22066/ R I-50194	13,23/ 20			
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	visuell	R I-22067/ R RTE 22066/ R I-50194	11/ 23/ 21			
Position und Höhe Zungenspitze	Lehre A, Abstandtaster	R RTE 22066/ R I-50194	13,23/ 20			
Verschleißreserve Stockschiene	Lehre A, Abstandtaster	R RTE 22066/ R I-50194	23/ 20			
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	k.A.	R RTE 22066/ R I-22067	24/ 13			
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	k.A.	R I-22067	11			
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	k. A.	R RTE 22066/ R I-22067	23/ 11			
Abnutzung des Ecogliss (Gleitplattensystem)	visuell, DFZ	R I-50149	5,12			
Dellenbildung im Bereich der Ausballung				k.A.	ZOV 44	5
Anrisse im Übergangsbereich Zungen zum Schienenprofil				k.A.	ZOV 44	5
Knicke				k.A.	ZOV 44	5
Verbiegung				k.A.	ZOV 44	5
unzulässiges Spiel der Gelenke bei Gelenkzungen				k.A.	ZOV 44	5
Kontrolle Blue-Cover auf Leichtigkeit				k.A.	TA-FWT 01.2015	9
Zustand des Verschleißbleches (Rückfallweichen mit Rollenvorrichtungen)				k.A.	ZOV 44	5

DFZ - Diagnosefahrzeug; k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien

Tabelle 7 Unterschiedliche Inspektionspunkte – Zungenvorrichtung

Im direkten Vergleich der Tabelle 6 und Tabelle 7 ist ersichtlich, dass die unterschiedlichen Inspektionstätigkeiten der Zungenvorrichtung umfangreicher sind als jene Tätigkeiten, welche sowohl von den SBB als auch von der ÖBB-Infrastruktur AG regelmäßig ausgeführt werden. Die Regelwerke der SBB führen dabei detailliert die Inspektion hinsichtlich der Geometrie der Weichenzunge bzw. der Stockschiene (Backenschiene) sowie des Verschleißzustand der Gleitplattensysteme an. Die ÖBB-Infrastruktur AG beschreibt speziell Kontrollen auf Anrisse im Übergangsbereich vom Zungen- zum Schienenprofil bzw. die Inspektion hinsichtlich einer Dellenbildung sowie auf generelle Knicke und Verbiegungen der Zungenvorrichtung.

Die Inspektion bezüglich des korrekten Anliegens der Zunge an die Stockschiene (Backenschiene) sowie an den Anschlagstollen (Stützen) wird in den Vorschriften beider Bahnen behandelt. Weiters ist ein Verweis bezüglich des Aufliegens auf Gleitplatten bei

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

den SBB sowie bei der ÖBB-Infrastruktur AG enthalten. Dabei wird jedoch innerhalb der Regelwerke der SBB zusätzlich auch auf das Aufliegen auf Trockenlaufgleitplatten verwiesen. Ebenfalls ist die Erhebung des Istzustandes bezüglich der Funktion der in der Zungenvorrichtung vorhandenen Umstellhilfen (Rollenvorrichtungen) bei beiden Bahnen vermerkt. Dies betrifft ebenfalls die Kontrolle der Weichengleitsättel bzw. der Gleitstühle. Zusätzlich ist eine Inspektion der Zungenvorrichtung auf eine Gratbildung und Überwälzung sowie auf Ausbrüche der Zunge in den Regelwerken/Richtlinien beider Bahnen vorgesehen. Die letzte übereinstimmende Inspektionstätigkeit stellt die Erhebung von etwaigen Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten der Zungenvorrichtungen dar. Dieser Inspektionsspunkt ist bei der ÖBB-Infrastruktur AG als Abnutzung der Weichenteile gekennzeichnet und wurde sinngemäß als Verschleiß bzw. Abnormalität einer Zungenvorrichtung entnommen.

## 7.2 Herzstück

Inspektionstätigkeiten des Herzstückes, auf welche in den Regelwerken/Richtlinien der SBB und der ÖBB-Infrastruktur AG verwiesen wird, sind in Tabelle 8 angeführt. Die Unterschiede zwischen den beiden Bahnen werden nachfolgend in der Tabelle 9 aufgelistet.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	visuell, DFZ	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50149/ R I-50194	23/ 11/ 4,12/ 19,20	visuell	ZOV 44	4
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	k.A.	R I-22067	11	k.A.	ZOV 44/ RW 06.01.01	5/ 22
Überwälzung	visuell, DFZ	R I-50149	4,12	k.A.	ZOV 44/ RW 06.01.01	5/ 22
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	k.A.	R I-22067/ R I-50194	11/ 19	Klinkprobe	TA-FWT 01.2015	10
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an Flügelschiene	k.A.	R I-22067/ R I-50194	11/ 19	k.A.	TA-FWT 01.2015	9
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	k.A.	R I-22067/ R I-50194	11/ 19,21	k.A.	TA-FWT 01.2015	10
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfen)	k.A.	R I-50194	21	k.A.	TA-FWT 01.2015/ ZOV 44	9/ 5

DFZ - Diagnosefahrzeug; k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien

Tabelle 8 Übereinstimmende Inspektionsspunkte - Herzstück

Wie bereits auf den ersten Blick erkenntlich, werden größtenteils einheitliche Inspektionstätigkeiten innerhalb der Regelwerke/Richtlinien beider Bahnen vermerkt. Der Umfang der einheitlichen Inspektionstätigkeiten ist dabei ähnlich jener bei den Zungenvorrichtungen. Innerhalb der Regelwerke/Richtlinien beider Bahnen wird auf die Überprüfung des korrekten Anliegens des beweglichen Herzstückes an den Flügelschienen bzw. an den

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

Anschlagstollen (Stützen) verwiesen. Zudem wird ebenfalls die Inspektion hinsichtlich des Aufliegens auf den Gleitplatten, Funktion der Umstellhilfen sowie Gratbildung bzw. Überwälzung festgelegt. Die Zustandserhebung hinsichtlich Abnützungen von Weichenbauteilen wurde wieder sinngemäß auch auf das Herzstück bezogen und den Abnormalitäten beigefügt. Die Inspektion hinsichtlich Abnormalitäten bzw. Anfahrspuren des Herzstückes ist ebenfalls in den Regelwerken/Richtlinien der SBB vermerkt.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	Tiefenlehre, Lineal	R I-50194	20			
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	k.A.	R I-22067	11			
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	k.A.	R I-22067/ R I-50194	11/ 21			
k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien						

Tabelle 9 Unterschiedliche Inspektionenpunkte - Herzstück

Betrachtet man die Tabelle 9 mit den unterschiedlichen Inspektionstätigkeiten beider Bahnen, ist ersichtlich, dass diese eine geringe Anzahl aufweisen und zusätzlich nur in den Vorschriften der SBB notiert wurden. Diese Inspektionstätigkeiten betreffen die Erhebung der Herzstückspitzenposition sowie die Höhe der Spitzenabsenkung und etwaigen Ausbrüchen. Weiters wird auf eine Kontrolle hinsichtlich des Wanderns der Herzstückspitze in den Regelwerken/Richtlinien der SBB eingegangen. Diese Inspektionstätigkeiten wurden nicht in den betrachteten Vorschriften der ÖBB-Infrastruktur AG vermerkt.

### 7.3 Geometrie

Die nachfolgende Tabelle 10 beinhaltet alle für die Weiche relevanten Geometrieparameter. Da einige dieser Parameter auch vom Gleis auf die Weiche übertragbar sind, wurde die Gesamtheit der Inspektionstätigkeiten bezüglich der Geometrie aufgenommen.

Sämtliche Inspektionstätigkeiten hinsichtlich der Geometrie der Weiche bzw. auch des Gleises werden in den Regelwerken/Richtlinien der SBB und der ÖBB-Infrastruktur AG vermerkt. Dabei ist zu erwähnen, dass bei den SBB explizit auf eine Gleiseinsenkung verwiesen wird, während bei der ÖBB-Infrastruktur AG ein Vermerk bezüglich einer gegenseitigen Höhenlage der Schienen sowie der Lage einzelner Weichenbauteile zueinander und ein Verlauf der Fahrkanten und der Fahrflächen getätigt wurde. Diese Inspektionenpunkte wurden der Tätigkeit „Lagefehler“ zugewiesen. Die Kontrolle der allgemeinen geometrischen Lage einer Weiche anhand der Weichenversicherung bzw. Gleisversicherung, welche innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB als Inspektionenpunkt vermerkt wurde, ist der allgemeinen Geometrie zugeordnet worden. Eine weitere Besonder-

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

heit zeigt sich bezüglich der Kontrolle der Durchgangswerte (des engsten Durchgangs). Hier wurde innerhalb der Vorschriften der ÖBB-Infrastruktur AG hinsichtlich Weichen mit und ohne Rollenvorrichtung unterschieden.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
allg. Geometrie	Einsenkungsmesswagen, visuell, DFZ, Theodolit	R I-50149/ R I-22070/ R RTE 22066/ R I-22067	4,12/ 7/ 23/ 11	Backen- bzw. Zungenprüflehre	ZOV 44	5
Lagefehler	visuell, DFZ, Einsenkungsmesswagen	R I-50149 (R I-22070)	4,12 (7)	visuell, DFZ, Draisine, Lehren, elektr. Handmesswagen	ZOV 44/ RW 06.01.01	4,5/ 22 (10)
Überhöhung (Querhöhe)	k.A.	R I-22070/ R RTE 22066/ R I-22067	10,12/ 23/ 11	Draisine, Messlehren, elektr. Handmessung, elektr. Prüflehre, DFZ	TA-FWT 01.2015/ RW 06.01.01/ ZOV 44	7/ 10,22/ 3
Richtung (Pfeilhöhe)	k.A.	R I-22070	10,12	visuell, DFZ, Draisine, elektr. Messlehre und Handmessung	TA-FWT 01.2015/ ZOV 44/ RW 06.01.01	7/ 3,4/ 10, 22
Längshöhe	k.A.	R I-22070	10,12	visuell, DFZ, Draisine, elektr. Messlehre und Handmessung	RW 06.01.01/ ZOV 44	10,22/ 4
Verwindung	manuell	R I-22070/ R RTE22066/ R I-50149/ R I-22067	10,12/ 23/ 4/ 11	visuell, DFZ, Draisine, elektr. Messlehre und Handmessung	RW 06.01.01	10,14
Spurweite	k.A.	R RTE 22066/ R I-22067	23/ 11	visuell, DFZ, Draisine, elektr. Messlehre und Handmessung	RW 06.01.01	10,23
Durchgangswerte bzw. engster Durchgang	k.A.	R RTE 22066	23	k.A.	RW 06.01.01	23
Rilllenweite	k.A.	R RTE 22066/ R I-22067	23/ 11	k.A.	ZOV 44	5
Leitweite	k.A.	R RTE 22066	23	k.A.	RW 06.01.01	23

DFZ - Diagnosefahrzeug; k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien

Tabelle 10 Übereinstimmende Inspektionpunkte - Geometrie

## 7.4 Schienen

Weichen verfügen ebenfalls über Regelschienen. Aus diesem Grund wurden sämtliche Inspektionstätigkeiten für Schienen den Regelwerken/Richtlinien entnommen und verglichen. Die nachfolgende Tabelle 11 beinhaltet jene Inspektionstätigkeiten, welche bei beiden Bahnen innerhalb deren Regelwerken/Richtlinien erwähnt sind. Tabelle 12 stellt wiederum sämtliche Tätigkeiten dar, welche entweder innerhalb der SBB oder innerhalb der ÖBB-Infrastruktur AG aufscheinen.

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

Die SBB sowie die ÖBB-Infrastruktur AG vermerken in ihren Vorschriften eine Inspektion der Schiene hinsichtlich eines seitlichen bzw. vertikalen Verschleißes. Weiters wird auf die Erhebung etwaiger Schienenbrüche sowie auf Oberflächenfehler der Schiene eingegangen. Innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB wurden bezüglich Oberflächenfehlern explizit auf Riffel, Schleuderstellen, Risse und Head Checks verwiesen. Ein Hinweis auf Schlupfwellen ist bei der ÖBB-Infrastruktur AG hinterlegt.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Abnutzung seitlich	visuell, DFZ	R I-50149	4,12	visuell, manuell, Messwagen	RW 06.01.01/ ZOV 44	19/ 5
Abnutzung vertikal	k.A.	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-22070/ R I-50194	23/ 11/ 11/ 20	visuell, manuell, Messwagen	RW 06.01.01/ ZOV 44	19/ 5
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	visuell, DFZ, Wirbelstrom	R I-50149/ R I-22070/ R I-50194	4,12/ 7/ 20	visuell, Messwagen	RW 06.01.01	9 (18)
Schienenbrüche	visuell, DFZ	R I-50149	4,12	visuell	RW 06.01.01	9

DFZ - Diagnosefahrzeug; k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien

Tabelle 11 Übereinstimmende Inspektionpunkte - Schiene

Betrachtet man die unterschiedlichen Inspektionstätigkeiten für Schienen, ist ersichtlich, dass eine Vielzahl weiterer Kontrollen innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB vermerkt wurden. Dabei wird speziell auf die Geometrie des Schienenkopfes eingegangen und auf seine Erhebung hinsichtlich Fahrkantendelle, Resthöhe sowie Winkel verwiesen. Die Inspektion der Schiene bezüglich der Feststellung der maximalen Schienenkopfbreite ist nur in den Regelwerken/Richtlinien der ÖBB-Infrastruktur AG vermerkt.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Überwälzung	visuell, DFZ	R I-50149	4,12			
Fahrkantendelle	k.A.	R I-22070	11			
Fahrkantenresthöhe	k.A.	R I-22070	11			
Fahrkantenwinkel	k.A.	R I-22070	11			
Flächenverschleiß	k.A.	R I-22070	11			
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	DFZ	R I-22070	7			
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	visuell, DFZ	R I-50149	4,12			
max. Schienenkopfbreite				k.A.	RW 06.01.01	20

DFZ - Diagnosefahrzeug; k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien

Tabelle 12 Unterschiedliche Inspektionpunkte - Schiene

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

## 7.5 Radlenker

Auf die Inspektion der Radlenker (Tabelle 13) wurde in den Regelwerken/Richtlinien der SBB und der ÖBB-Infrastruktur AG jeweils nur einmal eingegangen.

Während die SBB eine Inspektion der Radlenker hinsichtlich Anfahrsuren und Abnormalitäten verweist, wird bei der ÖBB-Infrastruktur AG eine Inspektion bezüglich einer Rissbildung bzw. Verbiegungen des Radlenkers erwähnt.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Anfahrsuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	visuell, DFZ	R RTE 22066/ R I-50149/ R I-22067/ R I-50194	23/ 4,12/ 11/ 20			
Risse bzw. Verbiegungen Radlenkerstühle				manuell, visuell	ZOV 44	5
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 13 Unterschiedliche Inspektionpunkte - Radlenker

## 7.6 Schienenstöße

Die Inspektionstätigkeiten hinsichtlich Schienenstöße werden in Tabelle 14 und Tabelle 15 behandelt. Die Überprüfung der Stoßlücke innerhalb einer Inspektion ist als einzige Tätigkeit in den Regelwerken/Richtlinien beider Bahnen vermerkt und bildet somit die einzige übereinstimmende Inspektionstätigkeit.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Stoßlücken	visuell	R I-50149	4	k.A.	RW 06.01.01	20
k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien						

Tabelle 14 Übereinstimmende Inspektionpunkte - Schienenstöße

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	visuell	R I-50149	4			
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	visuell, DFZ	R I-50149/ R I-50194	4,12/ 21			
Überwalzungen	visuell	R I-50149	4			
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 15 Unterschiedliche Inspektionpunkte - Schienenstöße

Die unterschiedlichen Inspektionstätigkeiten werden in der obigen Tabelle 15 aufgelistet. Hierbei ist auf den ersten Blick zu erkennen, dass innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB deutlich mehr Inspektionstätigkeiten für die Schienenstöße enthalten sind.

## 7.7 Weichenverschlüsse

Die nachfolgenden Tabellen listen die Inspektionstätigkeiten der Weichenverschlüsse auf. Tabelle 16 beinhaltet dabei die Klinkprobe beim Zungenschluss, welche sowohl in den Regelwerken/Richtlinien der SBB als auch der ÖBB-Infrastruktur AG angeführt wird. Tabelle 17 gibt eine Übersicht der Inspektionpunkte, welche entweder in den Vorschriften der SBB oder der ÖBB-Infrastruktur AG vermerkt wurden.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	4mm Probe	R I-22067/ R RTE 22066	13/ 24	visuell, Klinkprobe	ZOV 44/ TA-FWT 01.2015	4/ 8

Tabelle 16 Übereinstimmende Inspektionpunkte - Weichenverschlüsse

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	k.A.	R I-22067	13			
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	10 mm Probe	R I-22067	13			
Fremdkörpererkennung bei Zunge	10 mm Probe	R I-22067	13			
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	3mm Probe	R I-22067	13			
Klaffen der Zungenspitze	4 mm Probe	R I-22067	13			
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	k.A.	R I-22067	13			
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	5 mm Führerleh- re	R RTE 22066	24			
k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien						

Tabelle 17 Unterschiedliche Inspektionpunkte - Weichenverschlüsse

Eine Vielzahl der Inspektionstätigkeiten bzw. Kontrollen bei Weichenverschlüssen werden nur in den Regelwerken/Richtlinien der SBB vermerkt. Dabei wird zum Beispiel auf eine Fremdkörpererkennung sowie auf ein Klaffen der beweglichen Bauteile eingegangen.

## 7.8 Signaltechnische Einrichtungen

Signaltechnische Einrichtungen werden ebenfalls im Zuge der Inspektion kontrolliert bzw. überprüft und sind nachfolgend in Tabelle 18 und Tabelle 19 aufgelistet.

Bezüglich der Inspektion signaltechnischer Einrichtungen bei Weichen zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Schienenstößen. Hier wurde ebenfalls nur eine Inspektionstätigkeit in den Regelwerken/Richtlinien beider Bahnen vermerkt. Dies ist die Kontrolle der Weichensignale bzw. der Sicherheitszeichen. Weitere Inspektionstätigkeiten für diese Einrichtungen wurden lediglich in den Regelwerken/Richtlinien der SBB vermerkt.

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

Die Kontrolle bezüglich der Funktionstüchtigkeit über eine Gleisbelegung bzw. Freimeldung ist ein Beispiel für eine dieser zusätzlichen Inspektionstätigkeiten der SBB.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	visuell, DFZ	R I-50149	6,14	visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	22/ 4
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 18 Übereinstimmende Inspektionpunkte - signaltechn. Einrichtungen

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	k.A.	R I-22067	13			
Anzeige Weichensignal	k.A.	R I-22067	13			
elektronische Anschlüsse	visuell	R RTE 22066/ R I-22067	24/ 13			
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	k.A.	R I-22067	13			
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	k.A.	R I-22067	13			
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	k.A.	R I-22067	13			
k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien						

Tabelle 19 Unterschiedliche Inspektionpunkte - signaltechn. Einrichtungen

## 7.9 Sicherungstechnische Einrichtungen

Die Inspektionstätigkeiten des Weichenantriebes und der sicherungstechnischen Einrichtungen sind in der Tabelle 20 aufgelistet.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	k.A.	R I-22067	13			
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	k.A.	R I-22067	13			
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	k.A.	R I-22067	13			
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	Handkurbel	R I-22067	13			
Weichenantrieb hins. Zustandskontrolle	k.A.	R RTE 22066	24			
allgemein alle sicherungstechnischen Einrichtungen				k.A.	TA-FWT 01.2015	7
Bedienbarkeit der Weichen und sicherungstechnischen Einrichtungen				visuell	ZOV 44	4
Wirkungsweise der sicherungstechnischen Einrichtungen				visuell	ZOV 44	4
k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien						

Tabelle 20 Unterschiedliche Inspektionpunkte - Weichenantrieb

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

Hier ist zu erwähnen, dass innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB und der ÖBB-Infrastruktur AG keine übereinstimmenden Inspektionstätigkeiten gefunden werden konnten. Die ÖBB-Infrastruktur AG verweist in ihren Regelwerken/Richtlinien beispielsweise auf eine allgemeine Kontrolle bzw. auf die Wirkungsweise sicherungstechnischer Einrichtungen. Die SBB vermerken eine Kontrolle der Umstellwiderstände und Rutschkräfte beweglicher Herzen bzw. Zungenvorrichtungen sowie die Zustandskontrolle des Weichenantriebes.

### 7.10 Weichenheizung

Die Kontrolle bzw. Inspektion der Weichenheizung (Tabelle 21) wird nur innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB erwähnt. Die Funktionstauglichkeit ist Fokus beider Inspektionenpunkte und wurde eigens für die Zungenvorrichtungen und das bewegliche Herzstück vermerkt.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	k.A.	R I-22067	13			
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	k.A.	R I-22067	13			
k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien						

Tabelle 21 Unterschiedliche Inspektionenpunkte - Weichenheizung

### 7.11 Befestigungsmittel

Die Inspektion der Befestigungsmittel innerhalb von Weichen wird in den nächsten zwei Tabellen behandelt. Tabelle 22 umfasst alle übereinstimmenden Inspektionstätigkeiten beider Bahnen, auf welche in deren Regelwerken/Richtlinien verwiesen wurde. Tabelle 23 listet die Unterschiede hinsichtlich der Kontrolle/Inspektion von Befestigungsmitteln auf.

Die Inspektion der Befestigungsmittel bzw. des Kleinmaterials in Weichen wird sowohl in den Regelwerken/Richtlinien der SBB als auch der ÖBB-Infrastruktur AG vermerkt. Dieser allgemeine Inspektionenpunkt beinhaltet jedoch einige speziell erwähnte Bauteile beider Bahnen. Die SBB verweist speziell auf die Inspektion der Schienenklemmen und auf Winkelführungsplatten bzw. deren Rippenabnutzung. In den Regelwerken/Richtlinien der ÖBB-Infrastruktur AG wurde hingegen auf Keilklemmplatten, Federringe und Spankeile verwiesen. Um eine Vielzahl unterschiedlicher Inspektionenpunkte anhand eigens aufgelisteter Bauteile zu vermeiden, wurden diese sinngemäß der allgemeinen Inspektion von

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

Befestigungsmittel bzw. Kleinmaterial zugewiesen. Der Kraftschluss zwischen Schiene und Schwelle ist ein übereinstimmender Inspektionspunkt beider Bahnen.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	visuell, DFZ	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-22070/ R I-50194/ R I-50149	23,24/ 11,13/ 7/ 20/ 5,12	visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	9,22,24/ 4,5
Kraftschluss Schiene und Schwelle	DFZ	R I-22070	7	visuell, Drehmoment- schlüssel	RW 06.01.01	24
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 22 Übereinstimmende Inspektionpunkte - Befestigungsmittel

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
bei Stößen	visuell	R I-50149	4			
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	k.A.	R RTE 22066/ R I-50194	23/ 21			
Schwellenkappen	visuell	R I-50149	5			
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	visuell	R I-50149	4,5,12			
Kontrolle der Befestigungsverbindungen zwischen Verschlussplatte und beweglicher Herzstückspitze				k.A.	TA-FWT 01.2015	10
Verschraubung bei Weichenherzstücken				Drehmoment- schlüssel	TA-FWT 01.2015/ ZOV 44	7,10/ 5
k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien						

Tabelle 23 Unterschiedliche Inspektionpunkte - Befestigungsmittel

Hinsichtlich der unterschiedlichen Inspektionpunkte beider Bahnen ist auffällig, dass die SBB in ihren Regelwerken/Richtlinien auf die Befestigung bei Schienenstößen und bei Radlenkern eingeht. Weiters wurde ein Vermerk für die Kontrolle von Zwischenlagen und Schwellenkappen (auch Sicherungskappen bezeichnet) getätigt. Diese Inspektionen wurden in den Regelwerken/Richtlinien der ÖBB-Infrastruktur AG nicht vermerkt, jedoch wurden andere Weichenbauteile erwähnt, auf welche die SBB nicht näher eingeht. Die Kontrolle der Befestigungsverbindungen zwischen der Verschlussplatte und der beweglichen Herzstückspitze sowie eine Inspektion der Verschraubung von Profilblock- und Schienenherzen, in der Tabelle 23 gemeinsam als Weichenherzen bezeichnet, wurden von der ÖBB-Infrastruktur AG erwähnt.

## 7.12 Schwellen

Die nachfolgenden Tabellen beinhalten die in den Regelwerken/Richtlinien notierten Inspektionen für Schwellen. Die übereinstimmenden Inspektionen der SBB und der ÖBB-Infrastruktur AG sind in der Tabelle 24 angeführt, während Tabelle 25 die unterschiedlichen Inspektionsschwerpunkte darstellt.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
feste u. richtige Lage	visuell, DFZ	R I-50149/ R I-22070	5,12/ 7	visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	22/ 4
Zustand (Risse und Brüche etc.)	visuell, DFZ	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50194/ R I-50149/ R I-22070	23/ 11/ 20/ 5,12/ 7	visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	22,24/ 4
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 24 Übereinstimmende Inspektionenpunkte - Schwellen

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	visuell	R I-50149	5			
Füllschwellen	visuell	R I-50149	5			

Tabelle 25 Unterschiedliche Inspektionenpunkte - Schwellen

Eine der übereinstimmenden Inspektionstätigkeiten beider Bahnen umfasst die Kontrolle des Zustandes der Schwellen sowie die feste bzw. richtige Lage. Die SBB führen dabei explizit eine Kontrolle loser Schwellen an, welche in Tabelle 24 zum übereinstimmenden Inspektionenpunkt bezüglich Lage zugeordnet wurden. Eine weitere gemeinsame Inspektionstätigkeit umfasst die Überprüfung des allgemeinen Zustandes der Schwellen. Diese Kontrolle beinhaltet zum Beispiel die Erhebung von Rissen und Brüchen bei Betonschwellen. Weitere Inspektionenpunkte für Schwellen wurden nur in den Regelwerken/Richtlinien der SBB vermerkt. Hier wird auf ein Einarbeiten der Platten in die Schwellen sowie auf eine Kontrolle von Füllschwellen verwiesen.

## 7.13 Ultraschall

Die Kontrolle auf nicht mit dem freien Auge erkennbare Schäden wird mittel Ultraschallprüfung durchgeführt. Diese Inspektionen werden in den Tabelle 26 sowie Tabelle 27 angeführt.

In den Regelwerken/Richtlinien der beiden Bahnen wird speziell auf eine Ultraschallprüfung der Weichenbauteile verwiesen. Eine Ultraschallprüfung von Schweißungen wird als Inspektionstätigkeit nur innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB angeführt.

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Ultraschallprüfung Weiche	Messzug, Handprüfgerät, mobiles Schienenprüfgerät, Handprüfköpfe, Ultraschall-Handgerät	R I-22220/ R I-22070/ R I-22067/ RI-50194	4,7/ 7/ 12/ 21	Messzug, manuell	RW 06.01.01	18

Tabelle 26 Übereinstimmende Inspektionpunkte – Ultraschallprüfung

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Ultraschallprüfung Schweißungen	mobiles Schienenprüfgerät, Messzug, Tandem-Prüfgerät	R I-22220	4,7			

Tabelle 27 Unterschiedliche Inspektionpunkte - Ultraschallprüfung

## 7.14 Schotterbett / Feste Fahrbahn

Die Bettung von Schwellen wird ebenfalls innerhalb einer Inspektion auf ihren Zustand hin kontrolliert. Inspektionpunkte, welche beide Bahnen innerhalb der Regelwerke/Richtlinien anführen, sind in der nachfolgenden Tabelle 28 aufgelistet. Die Tabelle 29 führt wiederum jene Tätigkeiten an, welche entweder innerhalb der SBB oder innerhalb der ÖBB-Infrastruktur AG betrachtet werden.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
allgemein	visuell, DFZ	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50194/ R I-50149/ R I-22070	23/ 11/ 20/ 5,12/ 7	visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	22/ 4
Spritzstöße	visuell, DFZ	R I-50149	5,12	visuell	RW 06.01.01	9
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 28 Übereinstimmende Inspektionpunkte - Schotterbett / Feste Fahrbahn

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Schäden bei der Festen Fahrbahn	visuell, DFZ	R I-50149	5,12			
fehlender Schotter				visuell	RW 06.01.01	9
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 29 Unterschiedliche Inspektionpunkte - Schotterbett / Feste Fahrbahn

Beide Bundesbahnen verweisen innerhalb ihrer Regelwerke/Richtlinien auf eine allgemeine Inspektion des Schotterbettes sowie auf eine Kontrolle bzw. Erhebung entstandener Spritzstöße. Auf fehlenden Schotter wird zusätzlich innerhalb der Vorschriften der ÖBB-Infrastruktur AG verwiesen, während eine Inspektion etwaiger Schadensbildungen der festen Fahrbahnplatte bei der SBB angeführt wird.

## 7.15 Isolierteile

Die nachfolgende Tabelle 30 und Tabelle 31 beziehen sich auf eine Inspektion der Isolierteile. Innerhalb der durchzuführenden Inspektionen wird von beiden Bahnen eine Kontrolle der allgemeinen Isolierteile angeführt. Die SBB verweisen zusätzlich auf eine Kontrolle der Erdung bzw. der Isolatoren von Fahrmasten und der stromführenden Fahrleitung.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
allgemein Isolierung bzw. Isolationen	visuell	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50149	24/ 13/ 6	visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	22/ 4

Tabelle 30 Übereinstimmende Inspektionspunkte - Isolierteile

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Erdung	visuell, DFZ	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50149/ R I-50194	24/ 13/ 6,12,13/ 21			
Isolatoren (Fahrleitung/Masten)	DFZ	R I-50149	12			
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 31 Unterschiedliche Inspektionspunkte - Isolierteile

## 7.16 Erweiterter Fahrweg

Der erweiterte Fahrweg wird der Vollständigkeit halber in den folgenden Tabellen behandelt. Hierbei ist zu erwähnen, dass sich nicht alle dieser Inspektionspunkte speziell auf Weichen beziehen, jedoch zum allgemeinen Richtlinienvergleich zugehörig sind. Dabei sind die übereinstimmenden Inspektionspunkte in Tabelle 32 angeführt. Unterschiede hinsichtlich der zu inspizierenden Komponenten werden in Tabelle 33 dargestellt.

Bezüglich der zu inspizierenden Komponenten in naher Weichen- bzw. Gleisumgebung ist erkennbar, dass sehr viele Inspektionspunkte innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB sowie der ÖBB-Infrastruktur AG beinhaltet sind. Eine wichtige Komponente, welche die Lage der Weiche beeinflussen könnte, ist in diesem Fall der Zustand des Bankettes. Diese Komponente wird hinsichtlich Senkungen bzw. Ausschwemmungen inspiziert.

Weitere übereinstimmende Inspektionspunkte betreffen die allgemeine Umgebung sowie den Zustand der in der Nähe einer Weiche bzw. eines Gleises befindlichen Tafeln und allgemeine Beschriftungen von Anschlüssen und Gleiskomponenten.

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

Weiters ist eine Inspektion bezüglich der Anlagen vorzunehmen und auf eine Gefährdung des Bahnbetriebes durch Aktivitäten Dritter zu achten. Zudem verweisen sowohl die SBB als auch die ÖBB-Infrastruktur AG auf eine Inspektion der Sichträume und eine Freihaltung der Spurrillen bei Eisenbahnkreuzungen und Bahnübergängen.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Umgebung allgemein	visuell, DFZ	R I-50149/ R I-22070	5,13/ 7	visuell	RW 06.01.01	9
Sichträume (Eisenbahnkreuzungen bzw. Bahnübergänge)	visuell	R I-50149	5	visuell	RW 06.01.01	9
Freihaltung Spurrillen ( Eisenbahnkreuzungen bzw. Bahnübergänge)	visuell	R I-50149	5	visuell	RW 06.01.01	9
Beschriftung	visuell	R RTE 22066	24	visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	22/ 4
Zustand Hektometertafel bzw. Merk- und Zusatztafeln	visuell, DFZ	R I-50149	6,14	visuell	RW 06.01.01	9
Zustand Bankett (Senkung bzw. Ausschwemmungen)	visuell, DFZ	R I-50149	5,13	visuell	RW 06.01.01	9
Anlagen und Aktivitäten 3. auf Gefährdung des Bahnbetriebes	visuell, DFZ	R I-50149	6,14	visuell	RW 06.01.01	9
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 32 Übereinstimmende Inspektionpunkte - erweiterter Fahrweg

Zudem werden weitere Inspektionpunkte in den Regelwerken/Richtlinien der Bahnen vermerkt, auf welche allerdings nicht von beiden Bahnen gleichermaßen verwiesen wird.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Bahnübergänge (Belag, Platten, Verschmutzung etc.)	visuell	R I-50149	5			
Abdeckungen	k.A.	R RTE 22066/ R I-22067	24/ 13			
Kabel bzw. Kabelkanäle	visuell, DFZ	R RTE 22066/ R I-22067/ R I-50149	24/ 13/ 6,13			
Fahrleitung, Masten	visuell, DFZ	R I-50149	6,12f			
Geländer, Zäune und Absturzsicherungen	visuell, DFZ	R I-50149	5,13			
Gleisabschlüsse	visuell	R I-50149	5			
Freihaltung Lichtraum				visuell	RW 06.01.01	9
Freihaltung Sichtraum auf Signale				visuell	RW 06.01.01	9
Anstrich am Stellgewicht				visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	22/ 4
Grenzmarken Lage, Anstich und Zustand				visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	22/ 4
DFZ - Diagnosefahrzeug; k.A. - keine Angabe bzgl. Durchführungsart innerhalb der Regelwerke/Richtlinien						

Tabelle 33 Unterschiedliche Inspektionpunkte - erweiterter Fahrweg

In den Regelwerken/Richtlinien der SBB sind hier beispielsweise die Inspektion der Fahrleitung, der Masten sowie Kabelkanäle und Gleisabschlüsse angeführt. Die ÖBB-Infrastruktur AG hingegen verweist auf eine Kontrolle bezüglich der Freihaltung des Lichtraumes bzw. Sichtraumes auf Signalanlagen sowie auf eine Inspektion der Grenz-

## Inspektionsvergleich SBB – ÖBB-Infrastruktur AG

marken hinsichtlich deren Lage, Anstrich und Zustand als auch auf den Anstrich des Stellgewichtes. Diese Inspektionspunkte werden in den Regelwerken/Richtlinien der SBB nicht angeführt.

### 7.17 Entwässerung

Die Entwässerung ist für das ordentliche Funktionieren des Schotterbettes von großer Bedeutung. Aufgrund der Wichtigkeit einer schnellen Wasserableitung, wird diese Funktion innerhalb der Inspektion bei beiden Bahnen (Tabelle 34) geprüft. Weiters werden die Kontrollen der zur Ableitung anfallender Wassermengen verwendeten Rohrdurchlässe bzw. Grabenschalen von beiden Bahnen in den Regelwerken/Richtlinien als eigener Inspektionspunkt angeführt. Auf eine Kontrolle hinsichtlich des Zustandes etwaiger Schachtdeckel wird nur in den Vorschriften der SBB verwiesen (Tabelle 35).

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
allgemein (Wasserabfluss)	visuell	R I-50149	5	visuell	RW 06.01.01/ ZOV 44	22/ 4
Rohrdurchlässe/Grabenschalen	visuell, DFZ	R I-50149	5,13	visuell	RW 06.01.01	9
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 34 Übereinstimmende Inspektionspunkte - Entwässerung

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Zustand Schachtdeckel	visuell, DFZ	R I-50149	5,13			
DFZ - Diagnosefahrzeug						

Tabelle 35 Unterschiedliche Inspektionspunkte - Entwässerung

### 7.18 Sonstiges

Tabelle 36 beinhaltet zusätzliche Inspektionspunkte, welche speziell für Weichen erforderlich sind. Die unten angeführte Reinigung der Weichenfahrbahn bzw. Schmierung der Gleitplatten ist allerdings nur in den Regelwerken/Richtlinien der ÖBB-Infrastruktur AG angeführt.

Inspektionstätigkeit	SBB			ÖBB		
	Art	Regelwerk	S.	Art	Regelwerk	S.
Reinigung				visuell	ZOV 44	5
Schmierung				visuell	ZOV 44	5

Tabelle 36 Sonstige Inspektionspunkte

## 7.19 Zusammenfassung des Inspektionsvergleichs

Bei Betrachtung aller in den Regelwerken/Richtlinien angeführten Inspektionspunkte bei der Bundesbahnen fällt auf, dass die Übereinstimmung der Inspektionspunkte nur hinsichtlich der Geometrie gegeben ist. Alle anderen Inspektionstätigkeiten der Weichenkomponenten weisen größtenteils einen unterschiedlichen Umfang sowie eine unterschiedliche Anzahl auf.

Aus diesem Grund werden für die nachfolgenden Analysen der Messsysteme zur automatisierten Weicheninspektion nur die Inspektionstätigkeiten der SBB herangezogen, um eine einheitliche Ausgangsbasis für die nachfolgend angeführte Auswertung zu gewährleisten.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass es nicht nachzuvollziehen ist, warum ein- und derselbe Bauteil innerhalb der beiden betrachteten Bundesbahnen unterschiedlich inspiziert werden sollte. Aufgrund der Tatsache, dass die Begründung dieser unterschiedlichen Inspektionstätigkeiten nicht Teil dieser Arbeit ist, wurde von einer weiteren Betrachtung dieser Tätigkeiten abgesehen.

## 8 Messsysteme zur automatisierten Weicheninspektion

In den vorangegangenen Kapiteln wurden einerseits der Aufbau sowie die Bestandteile einer Weiche erläutert und in weiterer Folge die Inspektionstätigkeiten betrachtet, welche notwendig sind, um die Funktionsfähigkeit von Weichen sicherstellen zu können. Ebenfalls wurde auf den Umstand verwiesen, dass sich bei einer Inspektion immer Personen im Gefahrenraum des Gleises befinden. Im gegenständlichen Kapitel sollen aus diesem Grund Messsysteme aufgezeigt und erläutert werden, welche in der Lage sind, einzelne der angeführten Inspektions- bzw. Kontrollpunkte automatisiert, also ohne eine Person im Gleis, aufnehmen zu können. Dazu werden verschiedenste Messwerte benötigt, welche ebenfalls nachstehend genauer beschrieben sowie definiert sind. Zu Beginn werden die einzelnen Unternehmen sowie deren unterschiedliche Messsysteme dargestellt und technisch beschrieben.

### 8.1 Messsysteme – Fa. EURAILSCOUT Inspection & Analysis B.V.

Das nachfolgende automatische Weicheninspektions- und Messsystem SIM – switch inspection and measurement system – vom niederländischen Unternehmen EURAILSCOUT wurde für die Auswertung der Inspektion (Kapitel 9) herangezogen.

Die Konstruktion des Wagenkastens dieses Inspektions- und Messsystems (Abbildung 27) ermöglicht eine Koppelung an ein Schienenfahrzeug. Weiters kann es durch diese Verbindung einerseits gezogen bzw. andererseits geschoben werden. Dabei sind Geschwindigkeiten von bis zu 100 km/h (gezogen) bzw. 80 km/h (geschoben) möglich [26].



Abbildung 27 Switch inspection and measurement system [77]

Dieses System verfügt über zehn Kameras, welche zur Videoinspektion der Weiche herangezogen werden und eine Auswertung etwaiger Fehlerbildungen aus unterschiedlichen Perspektiven ermöglichen. Die an der Vorder- und Rückseite angebrachten Panoramakameras, welche sich in einer Höhe von 1,7 Meter befinden, ermöglichen eine visuelle Inspektion der Weichenanlage ohne ein Betreten der Gleisanlage. Vier weitere Zeilenkameras sorgen für eine Bildaufnahme der Schieneninnen- sowie Schienenaußenseiten. Gleichzeitig wird die Schienenoberfläche durch zwei Farb-Zeilenkameras inspiziert bzw. aufgenommen. Zusätzlich befinden sich auf diesem Inspektions- und Messsystem zwei Schwarz-Weiß-Zeilenkameras. Diese sind für die detaillierte Inspektion des Schienenkopfes erforderlich und untersuchen diesen Bereich auf etwaige Anomalien bzw. Rissbildungen [26].

Mit Hilfe der zum Inspektionssystem zugehörigen Software können die Bild- bzw. Videoaufnahmen sowie die Profilmessungen nachfolgend analysiert werden. Durch die Kombination des Videosystems mit einem laserbasierten Weichenmesssystem, welches einen Schienenscan alle 20 Millimeter bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h ermöglicht, können ein Gesamtprofil der Weichenkomponenten bzw. Schienen erstellt und im Weiteren die sicherheitsrelevanten Spurweiten errechnet werden [26].

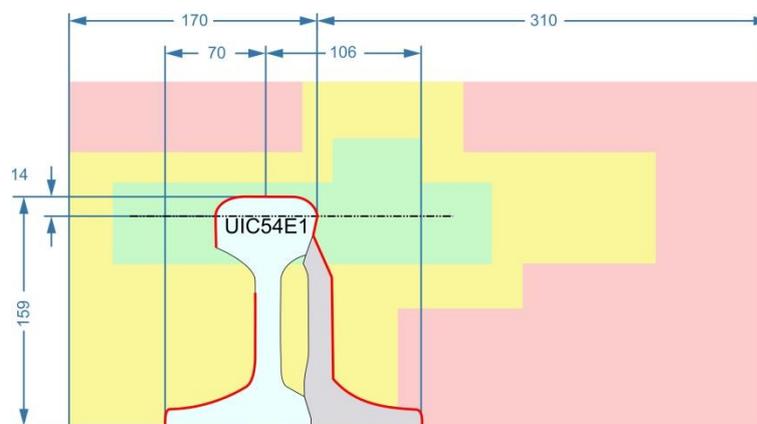


Abbildung 28 Profilmessung einer Weichenzunge [87]

Abbildung 28 stellt ein Schema der Profilmessung einer Weichenzunge dar. Dabei ist die in Rot dargestellte Linie die vom Weicheninspektions- und Messsystem erfasste Fläche der Stockschiene (Backenschiene) und der Weichenzunge. Die umliegenden farblich kodierten Flächen stellen die Punktdichte (Erfassungspräzision) der Messung dar [87].

## 8.2 Messsysteme – Fa. terra vermessungen ag

Vom schweizerischen Unternehmen terra vermessungen wurde das Schienenmessfahrzeug SwissTrolley II (Abbildung 29) für die Auswertung herangezogen.

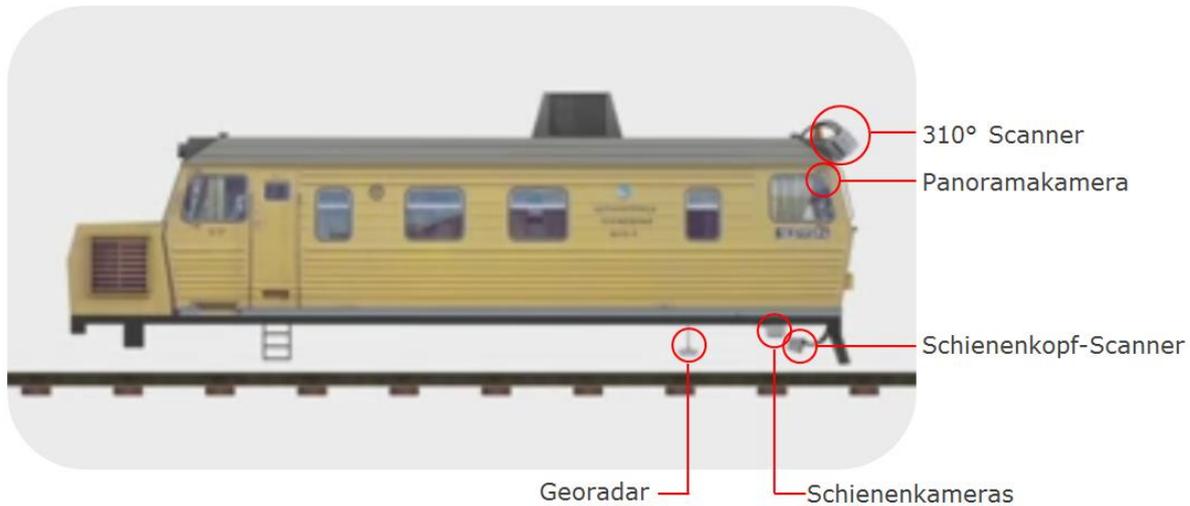


Abbildung 29 SwissTrolley II [80]

Bei diesem Messfahrzeug handelt es sich um eine Kombination mehrerer am Fahrzeug befestigter Einzelsystemen. Der SwissTrolley II verfügt über zwei Laserscanner (Abbildung 30), die durch einen Umgebungsscan mit jeweils 310°, für eine dreidimensionale Erfassung der Objekte sorgen. Diese Scanner liefern eine Aufnahme der jeweiligen Objekte anhand von Punktwolken, welche eine Genauigkeit  $< 1$  cm bei einer Maximalgeschwindigkeit bis zu 80 km/h aufweisen. Weiters verfügt der SwissTrolley II über zwei Schienenkopf-Scanner (Abbildung 31), welche eine geometrische Erkennung des Schienenkopfs und der Fahrkante ermöglichen [80].

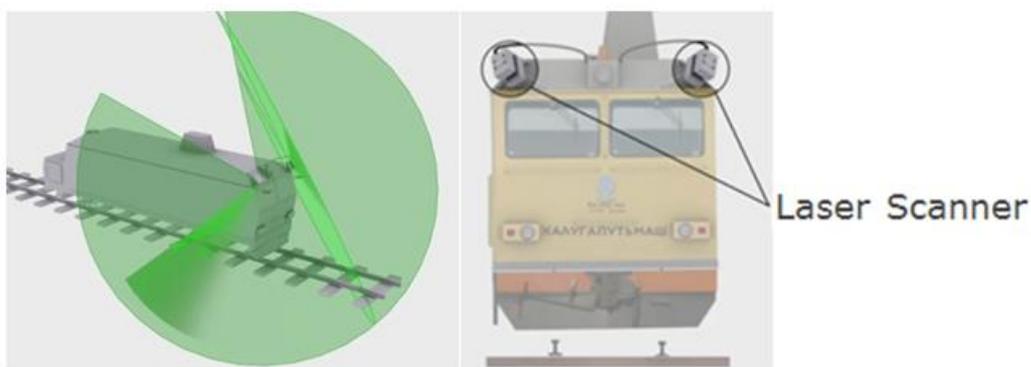


Abbildung 30 Laser Scanner SwissTrolley II [80]

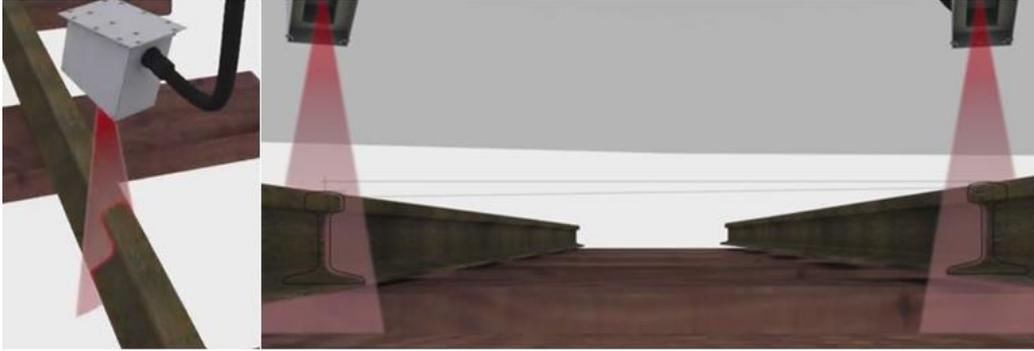


Abbildung 31 Schienenkopf Scanner SwissTrolley II [80]

Ein weiteres Untersystem dieses Fahrzeuges bilden die zwei hochauflösenden Schienenkameras (Abbildung 32), welche als Zeilenkameras ausgeführt sind und eine endlose Aufnahme des Oberbaus ermöglichen. Zusätzlich kann die Gleisanlage mittels Panoramakamera aufgenommen werden, welche eine Dokumentation der gesamten Anlage ermöglicht. Die Untersuchung des Untergrundes ist ebenfalls durch ein weiteres Einzelsystem des SwissTrolleys möglich. Mit Hilfe der drei Georadare (Abbildung 33) kann der Zustand des Untergrundes bis zu einer Tiefe von drei Metern untersucht werden. Zusätzlich werden sämtliche erfassten Daten durch eine zugehörige Positionierungseinheit georeferenziert [80].

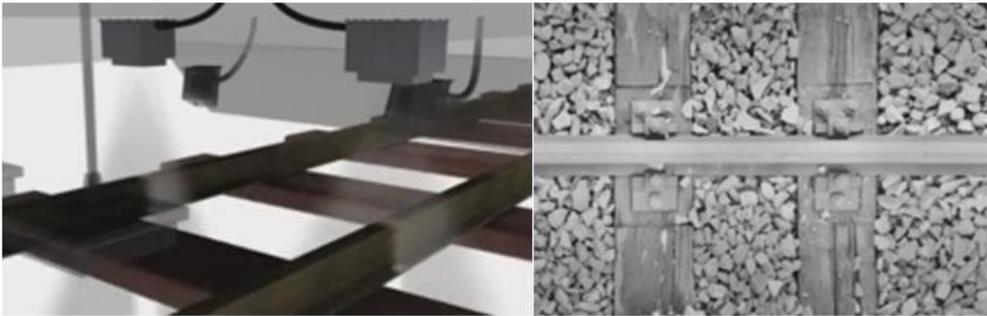


Abbildung 32 Schienenkameras SwissTrolley II [80]

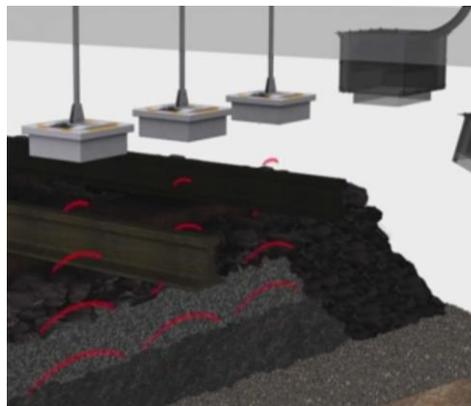


Abbildung 33 Georadar SwissTrolley II [80]

### 8.3 Messsysteme – Fa. PROTRAN TECHNOLOGY

Das speziell für Weichen entwickelte Inspektionssystem – Automated Switch Inspection Vehicle (ASIV) – des amerikanischen Unternehmens PROTRAN, kann für die durch Messdaten unterstützte Inspektion von Weichen eingesetzt werden.

Die Basis dieses Messsystems stellt ein auf Schienen fahrfähiger Kleinlastkraftwagen dar, welcher mit einem hochauflösenden Lasermesssystem und einer neuen Generation von Analysesoftware ausgestattet ist (Abbildung 34). Dieses Erfassungssystem erlaubt eine Profilaufnahme mit einem Intervall von 25 mm Abstand bei einer Geschwindigkeit von bis zu 13 km/h [13].



Abbildung 34 Automated Switch Inspection Vehicle [13]

Die mittels ASIV aufgenommenen Schienenprofile werden nachfolgend mit Hilfe der Analysesoftware „SwitchWear“ in dreidimensionale Profile (Abbildung 35) umgewandelt und ermöglichen eine Beurteilung der Weichenkomponenten auf deren Zustand und sicherheitsrelevanten Parameter [13].

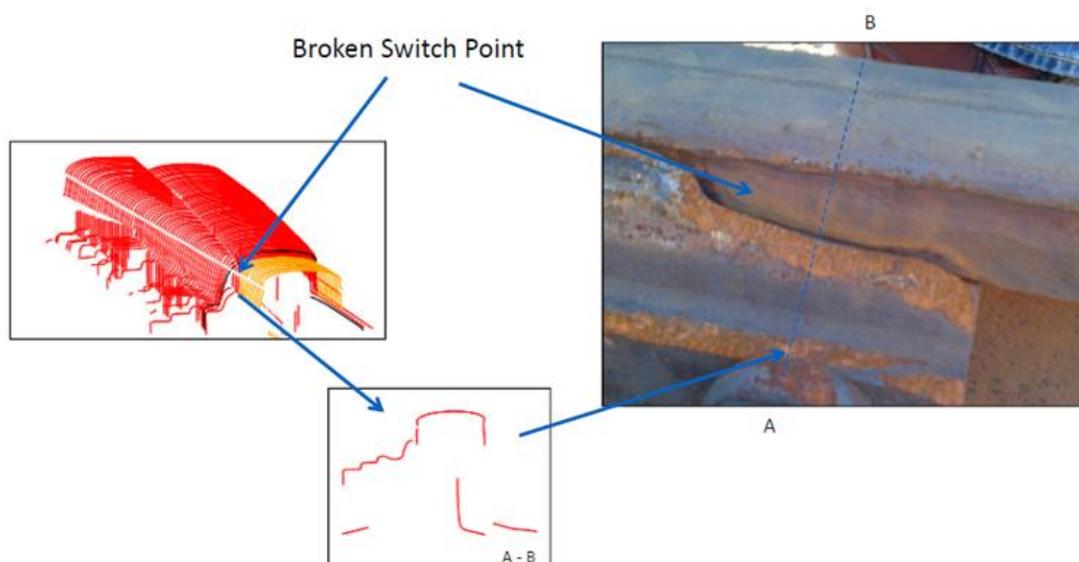


Abbildung 35 Profilausgabe einer gebrochenen Weichenzungenspitze [19]

#### 8.4 Messsysteme – Fa. DMA Srl

Das betrachtete System dieses italienischen Unternehmens ist das Turnout & Crossing Measurement System – kurz TCMS (Abbildung 36).

Dieses kontaktlose, optische Messsystem besteht aus drei Lasereinheiten sowie fünf Kameras pro Schiene und kann nahezu auf jedes Fahrgestell eines Schienenfahrzeuges montiert werden [29]. Dabei wird die Weiche bzw. Kreuzung ohne im Gleisabschnitt befindliches Personal unter der Belastung des Schienenfahrzeuges in Echtzeit vermessen bzw. betrachtet [76].

Die Abtastrate dieses Systems kann dabei individuell durch den Benutzer auf bis zu 600 Hz eingestellt werden und ermöglicht somit einen minimalen Abstand der Profilaufnahmen von einem Zentimeter [29].

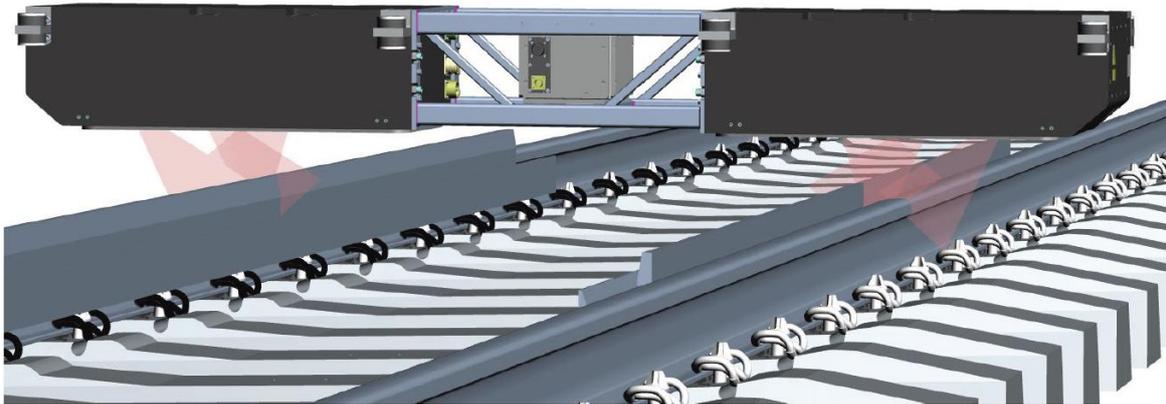


Abbildung 36 TCMS - Turnout & Crossing Measurement System [29]

#### 8.5 Messsysteme – Fa. Fugro RailData

Bei dem gegenständlich betrachteten System des niederländischen Unternehmens FUGRO handelt es sich um das transportierbare Messgerät RILA Track (Rail Infrastructure Alignment Acquisition System).

RILA (Abbildung 37) verfügt über ein GPS-Messsystem mit integriertem Inertialmesssystem, kombiniert mit einer Laserscan-Technologie und hochauflösenden Kameras. Diese Kombination ermöglicht eine Erfassung des Schienenprofils und verschiedener Gleisparameter sowie eine fortlaufende georeferenzierte Bildaufnahme des Gleiskörpers [28].



Abbildung 37 RILA Track [91]

RILA Track scannt mit einer Abtastrate von 500 Hz das Gleis und modelliert somit eine von der Geschwindigkeit abhängige Anzahl an Profilen. Dabei können sämtliche im Gleis befindlichen Objekte, welche nicht verdeckt sind, innerhalb der 50 cm breiten Sichtweite pro Schienen (Abbildung 38) gescannt bzw. mittels Kamera aufgenommen werden [91].



Abbildung 38 Sichtbreite RILA [91]

## 8.6 Messsysteme – Fa. MER MEC S.p.A.

Das für die Auswertung der Inspektion (Kapitel 9) betrachtete System vom italienischen Unternehmen MER MEC stellt im Gegensatz zu den anderen Systemen eine Besonderheit dar. Dabei wurde innerhalb der Auswertung nicht ein spezielles, eigständiges System, sondern das im Schienennetz der Schweizerischen Bundesbahnen verwendete Gesamtsystem von MER MEC betrachtet.

Dieses Gesamtsystem besteht aus dem selbstfahrenden Diagnosefahrzeug „Roger 1000“ und dem Inspektionssystem V-CUBE sowie einer Erweiterung des Schienengeometrie-Messsystems (SMS – Switch Measuring System) [99].

An dieser Stelle ist noch anzumerken, dass sich dieses Gesamtsystem bis Ende 2017 in einer Pilotphase befindet [102].

### 8.6.1 Roger 1000

Das selbstfahrende Diagnosefahrzeug (Abbildung 39) der Schweizerischen Bundesbahnen kann mit einer Messgeschwindigkeit von bis zu 120 km/h betrieben werden und verfügt über zwei Arten von Systemen, einem Messsystem sowie einem Inspektionssystem [20].



Abbildung 39 Roger 1000 der SBB [77]

Die am Roger 1000 befestigten Laser erfassen die Referenzpunkte der Schienen und erlauben eine Messung verschiedener Parameter der Gleisgeometrie sowie eine Detektion von Weichen. Zusätzliche Laser sowie Kameras am Roger 1000 ermöglichen eine während der Überfahrt getätigte Profilerfassung, welche nachfolgend zum Beispiel für die Erfassung der Schienenneigung bzw. des Fahrkantenradius von Nöten ist. Durch eine zusätzliche Pfeilhöhenmessung mittels weiterer Laser und Kameras ist die Ermittlung einer Riffelbildung der Schienenoberfläche in drei Wellenlängenbereichen möglich. Weiters verfügt dieses Diagnosesystem über drei Kameras, welche alle sieben Millimeter ein Querprofil des Gleises aufnehmen und auf den Zustand der Schienenbefestigungen bzw. der Schwellen und des Schotterbettes rückschließen lassen. Dieses System wird durch weitere Zeilenkameras, die ein schwarz-weiß Bild im Intervall von einem Millimeter aufnehmen, unterstützt. Der Roger 1000 verfügt weiters über ein Videosystem, welches aus Sicht des Lokführers die Gleisanlage während der Messung aufnimmt, sowie weitere Diagnosesysteme für die Inspektion der Fahrleitung und Tunnels sowie für eine Messung des Lichtraumprofils und des Schotterprofils [20].

### 8.6.2 V-CUBE

Das am Roger 1000 integrierte Bildverarbeitungssystem V-CUBE wurde für die automatische Analyse, Inspektion und Messung der Gleis- und Weichenkomponenten entwickelt. Dabei besteht dieses System aus weiteren drei Subsystemen, welche diesem System seinen Namen verleihen (Vision<sup>3</sup>) [27] und auf die nachfolgend kurz eingegangen wird.

Eines der Untersysteme des V-CUBEs ist das Inspektionssystem TIS (Track Inspection System). Dieses System besteht aus einer Zeilenkamera (Abbildung 40), welche die Schiene und deren Umgebung aufzeichnet bzw. inspiziert und für eine gleichmäßige Ausleuchtung der für die Kamera erforderlichen Umgebung sorgt [27].

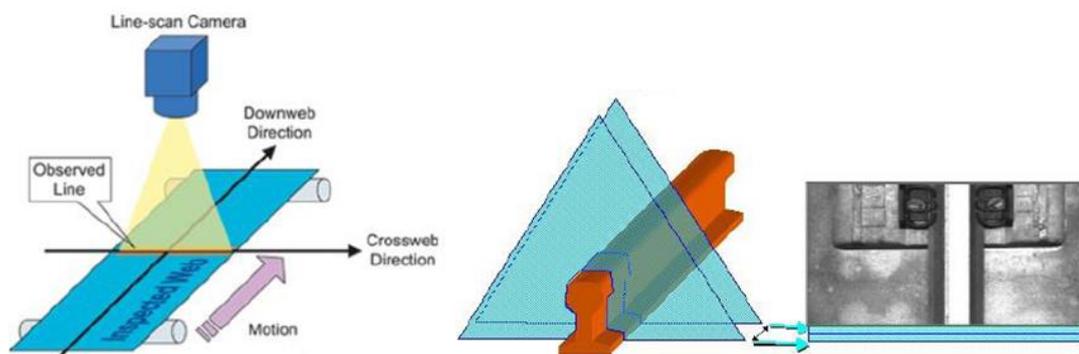


Abbildung 40 Funktionsschema TIS [27]

Das zweite der drei Subsysteme von V-CUBE stellt das Inspektionssystem für die Schienenoberfläche (RHIS – Rail Head Inspection System) dar. Dieses System arbeitet analog zum oben erwähnten Gleis-Inspektionssystem TIS mit einem kleinen Unterschied. Das TIS-System inspiziert die gesamte Schiene einschließlich der näheren Umgebung, während sich die Kamera dieses Systems (RHIS) speziell auf die Schienenoberfläche fokussiert und somit eine hohe Auflösung der Oberfläche garantiert (Abbildung 41) [27].

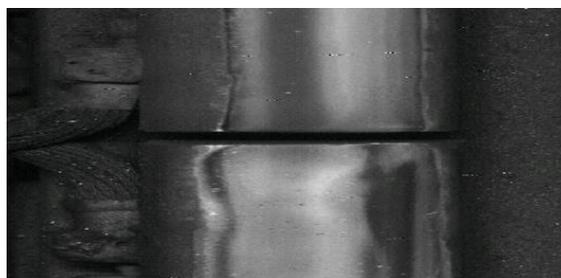


Abbildung 41 Aufnahme Stoßlücke durch RHIS [27]

Das dritte im V-CUBE integrierte System ist das laserunterstützte Gleismesssystem TMS (Track Measurement System). Bei diesem System wird das durch den Laser und die Kamera projizierte Profil des Objektes erfasst und ermöglicht dadurch die Ermittlung der Objekthöhe. Weiters ist mit Hilfe des Zusammensetzens mehrere Profile eine Rekonstruktion des Gegenstandes möglich. Die fertige Objektdarstellung erfolgt mittels Farbkodie-

rung. Hier werden die am Aufnahmesystem näherliegenden Bildpunkte heller dargestellt als jene, welche weiter entfernt sind (Abbildung 42) [27].

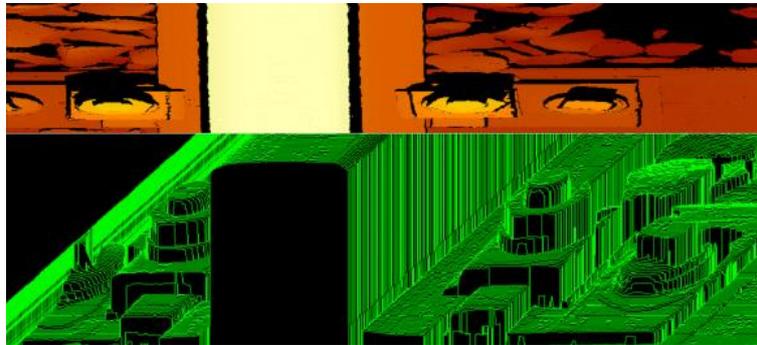


Abbildung 42 Darstellung einer Schienenbefestigung mit TMS [27]

### 8.6.3 Weichenmesssystem SMS

Das Weichenmesssystem SMS (Switch Measurement System) ist das für die Messung der Weichenparameter weiterentwickelte Schienenprofilmesssystem RPMS (Rail Profile Measurement System) [99]. Dieses kontaktlos und optisch funktionierende Schienenprofilmesssystem beinhaltet Beschleunigungssensoren sowie eine Inertial-Messeinheit, welche eine Vermessung der Schienengeometrie ermöglichen [83] und somit das Basissystem des SMS darstellen. Die mittels SMS getätigte Messung der Parameter der Weichengeometrie erfolgt unter Belastung des Schienenfahrzeuges bzw. Messfahrzeuges [99][101].

## 8.7 Messsysteme – Fa. VAE GmbH / voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH

Die VAE GmbH bzw. voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH, nachfolgend kurz als VAE bezeichnet, bietet eine Vielzahl an Sensorsystemen zur Weichenüberwachung. Hier ist vor allem das Diagnosesystem ROADMASTER zu nennen, auf das nachfolgend näher eingegangen wird.

Der ROADMASTER 2000 wird in drei Hauptgruppen, den ROADMASTER 2000 light, den ROADMASTER 2000 Advanced und den ROADMASTER 2000 Pro unterteilt. Letzteres Diagnosesystem dient unter anderem zur Überwachung der Gleisfreimeldeeinrichtungen [73]. Dieses System wird in der nachfolgenden Auswertung nicht betrachtet.

Der ROADMASTER 2000 Light stellt die Basisvariante dieses Diagnosesystems dar [71] und dient zur Überwachung des Weichenantriebes. Mit diesem System erfolgt durch eine einphasige Wirkungsleistungsmessung mit Hilfe eines Stromwandlers eine Überprüfung

des zur Umstellung der Zungen benötigten Stroms des Weichenantriebes [24]. Durch die visuelle Darstellung der Leistungskurve kann mit Hilfe der ROADMASTER Software ein Vergleich mit der Referenzkurve innerhalb der definierten Umlaufphasen – Entriegelungsphase, Umstellungsphase und Verriegelungsphase – getätigt und im Weiteren auf eine Schwergängigkeit der Weichenumstellung rückgeschlossen werden [24][108].

Der ROADMASTER 2000 Advanced ist ein weiteres Weichendiagnosesystem, welches eine Vielzahl unterschiedlicher Sensoren umfassen kann. Dieses System ermöglicht durch die von der Erfassungselektronik übermittelten Daten eine Überwachung unterschiedlicher kritischer Parameter einer Weiche. Der ROADMASTER 2000 Advanced kann dabei unter anderem folgende Sensoren beinhalten [25]:

**I** Zungensensoren (Abbildung 43):

Diese Sensoren werden in beide Stockschiene (Backenschiene) einer Weiche integriert und gewährleisten dadurch eine Überwachung der Zungenanlage am Zungenanfang sowie am Zungenende [25].



Abbildung 43 Zungensensor: Außenansicht (li) und Innenansicht (re) [17]

**I** IS 2000 (Abbildung 44):

Der IS 2000 ist ein induktives Sicherungssystem, welches am Ende der Verhoblung einer Weichenzunge auf der Rippenplatte befestigt wird. Dieses System wird unter anderem für die Kontrolle der Durchgangsweite (des engsten Durchgangs) herangezogen [74].



Abbildung 44 IS 2000 [74]

### I Herzspitzensensor (Abbildung 45):

Dieser Sensor stellt eine Erweiterungsmöglichkeit dar. Der Einbau des Herzspitzensensors erfolgt im Bereich der theoretischen Herzspitze und ermöglicht durch die Zählung der Anschläge des Spurkranzes einen Rückschluss auf den Zustand der Radlenker [25].

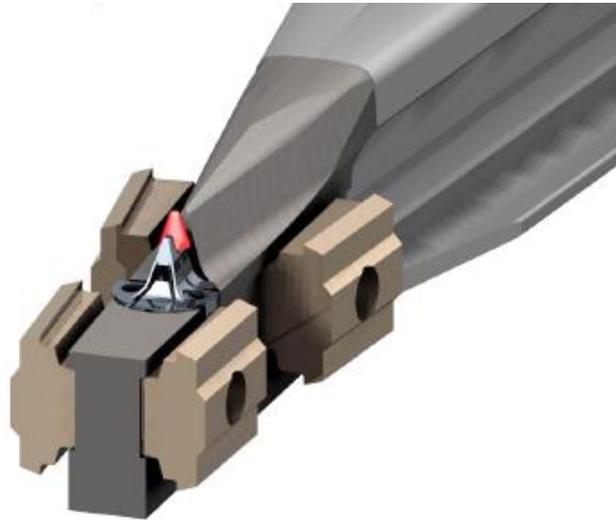


Abbildung 45 Herzspitzensensor [25]

## 8.8 Messsysteme – Fa. Plasser & Theurer - Export von Bahnbaumaschinen Gesellschaft m.b.H.

Das in Österreich angesiedelte Unternehmen Plasser & Theurer bietet eine Vielzahl an Messsystemen für Gleise an.

Die nachfolgenden Systeme von diesem Unternehmen finden sowohl für Gleise als auch innerhalb von Weichen Verwendung [96] und werden unter anderem für die Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion herangezogen.

### 8.8.1 Berührloses Schienenprofil-Messsystem

Dieses Messsystem verfügt über zwei Lasereinheiten, welche vor sowie in der Mitte des Drehgestells angebracht werden können (Abbildung 46). Durch die Kombination mit einer Videokamera ist eine Feststellung des Zustandes der Schienen hinsichtlich deren Profil und Verschleiß möglich. Diese Messung bzw. Inspektion der Schiene erfolgt dabei unter dynamischer Belastung des Schienenfahrzeuges [30].

## Messsysteme zur automatisierten Weicheninspektion

Die Positionierung der Lasereinheiten ist je nach erforderlicher Messung unterschiedlich. Im Falle einer Schienenprofilmessung wird dieses Messsystem direkt über der Fahrschiene positioniert. Mit Hilfe der Videokameras, welche den Schienenquerschnitt gänzlich erfassen, kann eine Vermessung der Schienen erfolgen. Weiters ist mit diesem Schienenprofil-Messsystem eine Abstandsmessung zwischen Stockschiene (Backenschiene) und Zungenschienen möglich (Abbildung 47). Für diese Vermessung erfolgt eine Positionierung des Systems in der Mitte zwischen Fahrschiene und Zungenschiene [30].



Abbildung 46 Schienenprofil-Messsystem [30]

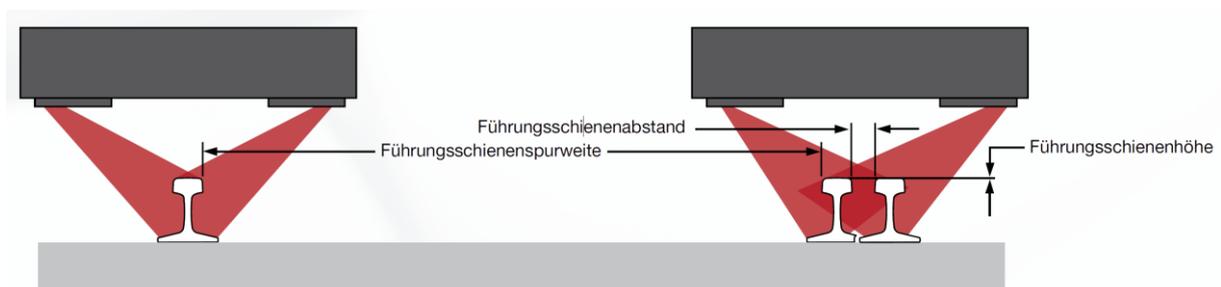


Abbildung 47 Messschema des Schienenprofil-Messsystems [30]

## 8.8.2 Gleiskomponenten-Videoüberwachungssystem

Das Gleiskomponenten-Videoüberwachungssystem ist eine Kombination aus zwei Zeilenkameras und einer aus Flutlichtern bestehenden Beleuchtungseinheit (Abbildung 48), welche am Fahrzeugrahmen des Schienenfahrzeuges montiert wird. Die Positionierung der Kameraeinheit erfolgt mittig über den Schienen und erfasst die Schiene sowie das Umfeld mit einer Sichtbreite von 50 cm. Eine Erweiterung dieses Sichtfeldes auf 75 cm pro Kameraeinheit ist auf Kundenwunsch möglich, wird jedoch nicht als Standardvariante

Messsysteme zur automatisierten Weicheninspektion

ausgeführt. Diese Erweiterung gewährleistet eine Aufzeichnung des Schienenumfeldes einschließlich der Schwellenenden [31].

Die Ausleuchtung des Sichtfeldes jeder Kamera durch die Beleuchtungseinheit ermöglicht eine hochauflösende Aufnahme der Gleisobjekte. Durch die im System enthaltene Software ist eine automatische Erkennung von Anomalien im Gleis bzw. der Schienenoberfläche realisierbar (Abbildung 49) [31].

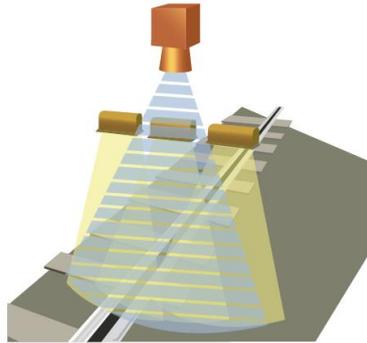


Abbildung 48 Darstellung des Messprinzips des Videoüberwachungssystems [31]

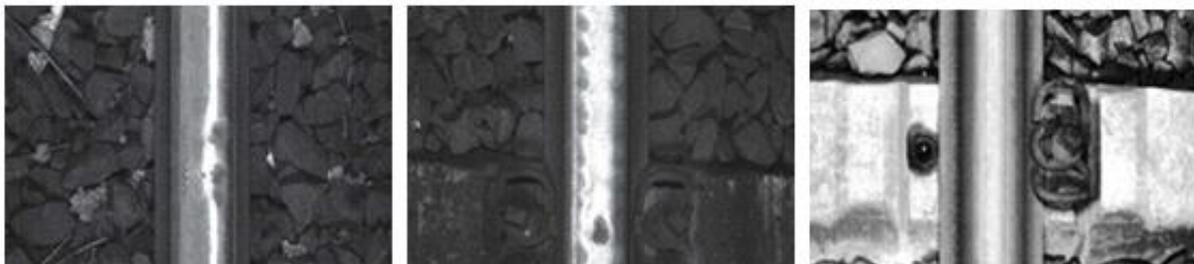


Abbildung 49 Fehlererkennung durch das Videoüberwachungssystem [31]

### 8.8.3 Berührloses Gleisgeometrie-Messsystem

Die Inertialmesseinheit in Kombination mit vier Sensoreinheiten, welche zur optischen Spurweiten-Messung (OGMS) erforderlich sind, sowie einem Navigationscomputer mit GPS-Empfänger, GPS-Antenne und weiterem OGMS-Computer bilden die Gesamteinheit des berührlosen Gleisgeometrie-Messsystems [32].

Dieses System misst die Gleisparameter während der Überfahrt unter Realbelastung und kann bis zu einer Messgeschwindigkeit von 300 km/h geführt werden. Dabei erfolgt innerhalb einer Sekunde eine 1500-fache Vermessung der Spurweite durch das OGMS-Lasersystem (Abbildung 50), welches mithilfe von Zeilenkameras zur Ortung der Laserpunkte unterstützt wird [32].

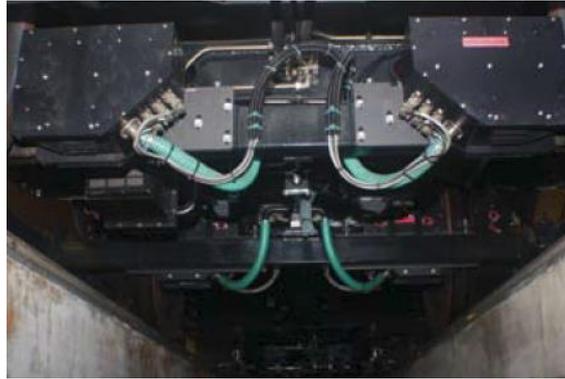


Abbildung 50 Doppelttes OGMS-System auf Messrahmen [32]

## 8.9 Weitere Systeme

Vom schweizerischen Unternehmen MATISA Matériel Industriel S.A. wurden weitere Messfahrzeuge betrachtet. Dabei handelt es sich um die Baureihe M10 mit einer Messgeschwindigkeit bis zu 80 km/h, M 100 mit bis zu 120 km/h und der Baureihe M 1000 mit einer Messgeschwindigkeit über 120 km/h. Eine Möglichkeit der Messung in Weichen ist durch diese drei Fahrzeuge nicht gegeben, da die Messfahrzeuge auf eine Parametererhebung des freien Gleises ausgerichtet sind [97]. Aus diesem Grund wurden die drei Baureihen nicht weiter für die Auswertung (Kapitel 9) betrachtet.

Für die Auswertung der Inspektionen wurden ebenfalls Systeme des in Russland angesiedelten Unternehmens INFOTRANS (Research-and-production center of information and transport systems) untersucht. Hierbei wurde einerseits das kontaktlose Messsystem MIBIS (Multifunctional inertial contactless measuring system) sowie andererseits weitere Diagnosesysteme betrachtet. Sämtliche Systeme sind zum Zeitpunkt der Auswertung lediglich für die Vermessung des Schienenprofils vorgesehen [98]. Aus diesem Grund wurden die Systeme von INFOTRANS nicht weiter in die Auswertung mitaufgenommen.

Ein weiteres Unternehmen, welches für die Auswertung der Inspektionen herangezogen wurde, ist das amerikanische Unternehmen ENSCO Rail, Inc. Dieses Unternehmen führt auf der Homepage (<http://ensco.com/rail>) einige mögliche Systeme für die Vermessung bzw. Inspektion von Gleisanlagen an. Sämtliche auf dieser Homepage befindlichen Systeme wurden eingängig betrachtet, jedoch wurde kein Verweis für eine Möglichkeit einer Vermessung bzw. Inspektion von Weichen getätigt. Aufgrund dieser Datenlage konnten die Systeme von ENSCO für die weitere Bewertung und Möglichkeit der Übernahme von Inspektionspunkte nicht mitbetrachtet werden.

## 9 Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

Innerhalb dieses Kapitels soll die Möglichkeit einer Erhebung der in den Regelwerken/Richtlinien der SBB angeführten Inspektionspunkte durch die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Messsysteme näher betrachtet werden. Hierbei ist anfänglich zu erwähnen, dass die Inspektionen der Schweizerischen Bundesbahnen nicht gänzlich übernommen wurden, da einige Inspektionspunkte nicht nur die Weichen betreffen bzw. teilweise auf die Umgebung von Weichen abzielen.

Weiters ist an dieser Stelle noch eine Anmerkung bezüglich der Systeme von MER MEC sowie jener von VAE und Plasser & Theurer erforderlich:

Das in der nachfolgenden Auswertung angeführte System von MER MEC wurde als einheitliches System betrachtet, obwohl sich dieses Messsystem aus 3 Teilsystemen (Diagnosefahrzeug, V-Cube & SMS) zusammensetzt. Die Möglichkeit der Durchführung der angeführten Inspektionspunkte wurde somit auf die gesamte Messeinheit von MER MEC bezogen und nicht speziell auf die einzelnen Teilsysteme heruntergebrochen.

Eine ähnliche Vorgehensweise wurde auch bei den ortsfesten Anlagen der VAE angewandt. Aufgrund der enormen Anzahl an unterschiedlichen Ausprägungen wurden die jeweiligen Inspektionspunkte gesamtheitlich symbolisch notiert, obwohl die einzelnen Inspektionstätigkeiten jedoch von unterschiedlichen ortsfesten Anlagen übernommen werden können. Dies bedeutet, dass im Falle einer möglichen Übernahme einzelner Inspektionspunkte nicht immer eine spezielle ortsfeste Anlage diese Möglichkeit besitzt, sondern innerhalb der Weichenbereiche mehrere Sensoren bzw. ortsfeste Anlagen eine Alternative zu der manuellen Inspektionstätigkeit darstellen können.

Für die Auswertung der Möglichkeit einer Übernahme der Inspektionspunkte wurde ebenfalls beim Unternehmen Plasser & Theurer die Gesamtheit der Systeme und nicht ein einzelnes System betrachtet, da diese Systeme sowohl im Gleis als auch in Weichen Verwendung finden.

### 9.1 Methodik der Analyse und verwendete Symbolik

Die nachfolgenden Unterkapitel enthalten einen Vergleich der Inspektionspunkte, welche in den Regelwerken/Richtlinien der SBB angeführt sind, mit den am Markt befindlichen Systemen, auf welche Bereits im Kapitel 8 eingegangen worden ist. Ziel ist somit die Frage zu beantworten, ob es Messsysteme am Markt gibt, welche sämtliche Inspektionstätigkeiten abdecken.

tigkeiten automatisiert übernehmen können, ohne dass sich zusätzlich Personen innerhalb des Gefahrenraums aufhalten müssen.

Dieser Vergleich wird für die einzelnen Weichenbereiche bzw. die jeweiligen Komponenten durchgeführt. Die folgende Symbolik wurde dabei für alle Bereiche angewendet:

- I Besteht die Möglichkeit der Erhebung eines im Regelwerk/Richtlinie verwiesenen Inspektionpunktes durch das jeweilig betrachtete System des Unternehmens, wird dieser Inspektionpunkt mit einem ✓ symbolisch gekennzeichnet.
- I Stellt das betrachtete System ausdrücklich keine Alternative für die Durchführung einer Inspektionstätigkeit dar, erfolgt die Kennzeichnung dieser Tätigkeit mit dem Symbol ✘.
- I Die Kennzeichnung einer Inspektion auf welche nicht expliziert verwiesen worden ist, jedoch innerhalb der Gesamtbetrachtung des Systems eine Möglichkeit der Übernahme der Inspektionstätigkeit bestehen müsste, erfolgt durch das Symbol ~.
- I Inspektionstätigkeiten welche mit ≈ gekennzeichnet sind, bieten nach einer Gesamtbetrachtung des Systems sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur automatisierten Durchführung.
- I Erfolgt die Kennzeichnung einzelner Tätigkeiten durch • deutet dies auf Inspektionen hin, welche nur unter bestimmten Voraussetzungen durch die verschiedenen Messsysteme übernommen werden können. Weiters erfolgt diese Kennzeichnung, wenn eine Inspektionstätigkeit durch das betrachtete System nur indirekt erhoben werden kann.

Die in nachfolgendem Kapitel angeführten Illustrationen über den prozentualen Anteil an Inspektionstätigkeiten, welche durch das jeweilige System übernommen werden können, sollen nur zum Zwecke der besseren Ergebnisinterpretation herangezogen werden und sind im Weiteren nicht als Bewertung der Systeme bzw. der betrachteten Unternehmen zu verstehen.

## 9.2 Auswertung der Inspektionen - Zungenvorrichtung

Bei Betrachtung der nachfolgend dargestellten Unternehmen (Abbildung 51) hinsichtlich einer Durchführung der Inspektionen durch die unterschiedlichen Messsysteme ist ersichtlich, dass jedes Unternehmen über ein System verfügt, welches eine Alternative zur manuellen Inspektion innerhalb der Zungenvorrichtungen darstellen könnte.

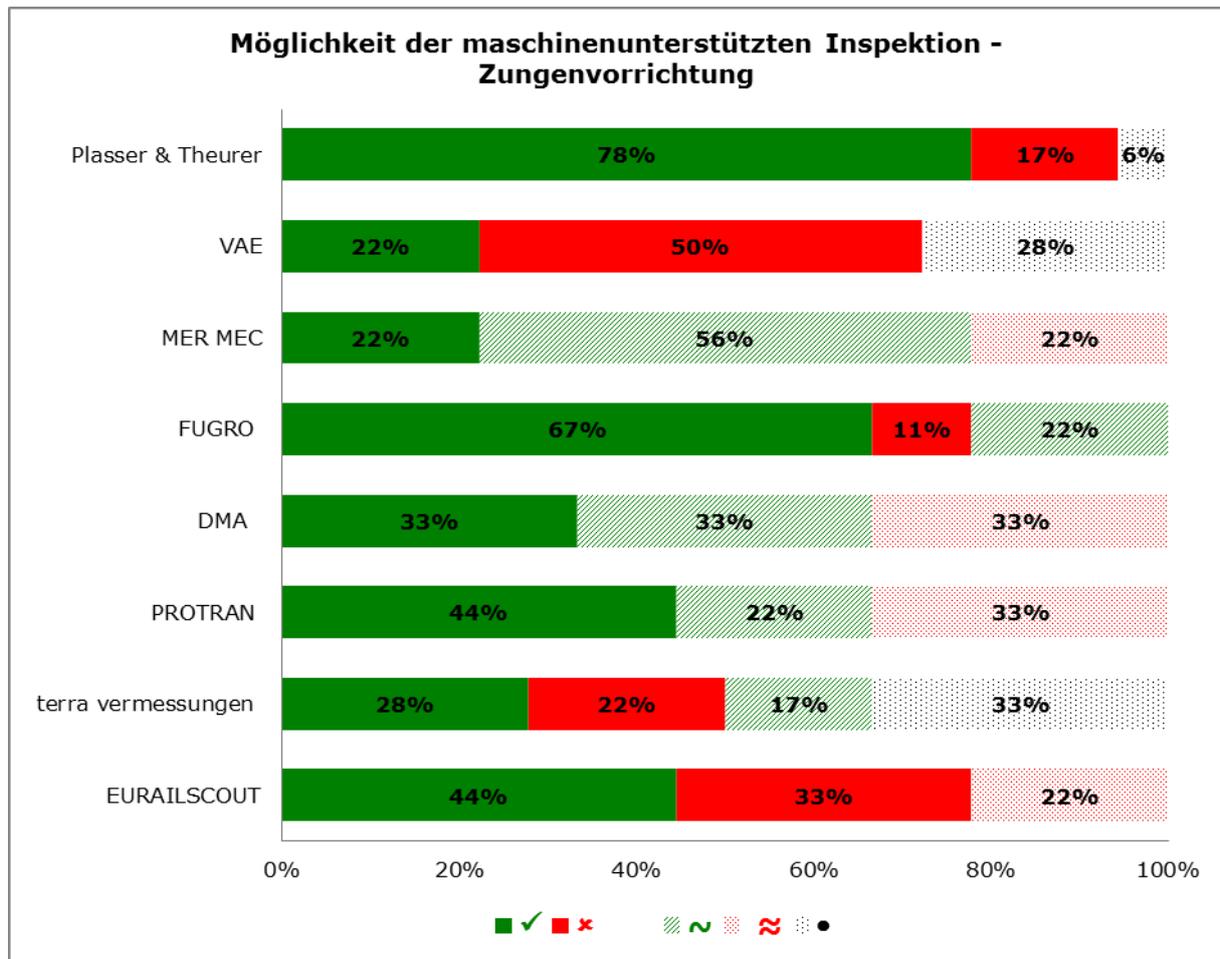


Abbildung 51 Möglichkeit der Maschineninspektion - Zungenvorrichtung

Bezüglich des Ausmaßes der in der Zungenvorrichtung getätigten Inspektionen könnte das Unternehmen Plasser & Theurer mit ihren Technologien 78% dieser Tätigkeiten abdecken. Das System RILA Track der Firma FUGRO könnte eine Alternative für 67% der Inspektionen bereitstellen. Mit dem Weicheninspektions- und Messsystem SIM von EURAILSCOUT sowie mit dem Inspektionssystem ASIV von PROTRAN wären 44% aller Inspektionen maschinell zu bewerkstelligen.

Weiters ist ersichtlich, dass die Sensortechnologie des Unternehmens VAE 50% der Inspektionen in Zungenvorrichtungen nicht übernehmen könnte. Dies liegt in der Auslegung der Sensoren begründet, da diese Tätigkeiten zumeist Inspektionen hinsichtlich der Geometrie darstellen. Zudem ist ersichtlich, dass im Bereich der Zungenvorrichtung

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

gen für einige Inspektionenpunkte bei zwei Unternehmen (VAE mit 28% und terra vermessungen mit 33%) keine Aussage bezüglich einer automatisierten Inspektion getätigt werden konnte.

Die einzelnen in den Regelwerken/Richtlinien angeführten Inspektionstätigkeiten innerhalb der Zungenvorrichtung sind nochmals zusammenfassend in Tabelle 37 dargestellt. Zusätzlich sind die technisch möglichen Inspektionenpunkte der einzelnen Unternehmen übersichtlich zusammengefasst.

Inspektionstätigkeiten – Zungenvorrichtung	EURAIL- SCOUT	terra vermes- sungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
	SIM [26][87] [88]	Swiss Trolley [90]	ASIV [13][19]	TCMS [18]	RILA Track [28][92]	gesamt [21][27]	gesamt [17] [109]	gesamt [93][95]
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	•	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	✓	≈	≈	≈	≈	≈	✗	✓
Ausbrüche	✓	✓	✓	✓	✓	≈	✗	✓
Flankenneigung der Zunge	✓	•	≈	✓	✓	≈	✗	✓
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	•	✓	≈	✓	✓	•	✓
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	≈	•	≈	≈	✗	≈	✓	✗
Position und Höhe Zungenspitze	✓	✓	✓	✓	✓	≈	✗	✓
Überwalzung	✓	•	✓	≈	✓	✓	•	✓
Verschleißreserve Stockschiene	✗	✓	✓	≈	✓	≈	✗	•
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	✗	≈	≈	≈	≈	≈	✓	✓
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	✓	≈	✓	✓	≈	≈	✗	✓
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	✗	•	≈	≈	✓	≈	•	✓
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagstollen - Sicherstellung Parallelität	✗	✓	≈	≈	✓	≈	•	✗
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	✗	✓	✓	✓	✓	≈	✓	✗
Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	≈	✗	≈	≈	✓	≈	•	✓
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	≈	✗	≈	≈	✓	≈	✗	✓
Abnutzung des Ecogloss (Gleitplattensystem)	≈	✗	≈	≈	≈	✓	✗	✓
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfen)	✗	✗	≈	≈	✗	≈	✓	✓

Tabelle 37 Maschineninspektion im Detail - Zungenvorrichtung

Ausbrüche der Zunge, die Position und Höhe der Zungenspitze sowie die Ermittlung von Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten sind jene Inspektionenpunkte, welche durch eine Vielzahl der betrachteten Systeme ermittelt bzw. übernommen werden könnten. In diesem Bereich stellen die dargestellten bzw. erwähnten Systeme eine gute Alternative zur manuellen Inspektion dar.

Fünf Systeme wären demnach in der Lage, die manuelle Inspektion zur Ermittlung eines Grates bzw. von Überwalzungen innerhalb der Zungenvorrichtung zu übernehmen. Weiters könnte durch diese Systeme auch das kraftlose Anliegen der Zunge an der Stockschiene (Backenschiene) geprüft werden.

Die Kontrolle der Zunge hinsichtlich eines Wanderns stellt jene Inspektionstätigkeit dar, welcher von den wenigsten betrachteten Messsystemen automatisiert erfasst werden kann. Weiters ist auffällig, dass vor allem für die Inspektion der Gleitplattensysteme, für den Gleitsattel sowie für die Rollenvorrichtungen häufig keine Alternative zur manuellen Inspektion vorhanden ist.

Bezüglich einiger Inspektionpunkte konnte, wie bereits eingangs erwähnt, keine Aussage über die Möglichkeit der maschinellen Inspektion getroffen werden. Diese Inspektionpunkte betreffen die Erkennung von Anfahrsuren bzw. Abnormalitäten der Zungenvorrichtung sowie die Entstehung eines Grates bzw. einer Überwalzung und der Flankenneigung der Zunge durch das System SwissTrolley II. Dies ist ebenfalls bezüglich des korrekten Aufliegens der Zunge auf den Gleitplatten sowie bei der Kontrolle auf ein Wandern der Zunge der Fall. Für diese Inspektionstätigkeiten besteht nur eine theoretische Möglichkeit zur maschinenunterstützten Inspektion. Im Falle des Unternehmens VAE wurden die Erkennung eines Grates bzw. einer Überwalzung sowie das Aufliegen der Zunge auf dem Gleitplattensystem bzw. das Anliegen der Zunge an die Anschlagstollen und die Zustandskontrolle des Gleitsattels aufgrund der indirekt möglichen Erkennung durch das System ROADMASTER der dargestellten Kategorie zugewiesen.

Bei einer gesamtheitlichen Betrachtung aller Inspektionpunkte wäre theoretisch gesehen eine maschinelle Durchführung sämtlicher Inspektionpunkte für die Zungenvorrichtung möglich. Dies würde jedoch eine Kombination aller betrachteten Systeme erfordern, da eine gesamtheitliche Übernahme der Inspektionpunkte für Zungenvorrichtungen nicht durch ein einzelnes Messsystem möglich ist. Da, wie gezeigt werden konnte, die technologischen Voraussetzungen zur maschinellen Inspektion der Zungenvorrichtung gegeben sind, sollte die Entwicklung eines Inspektionssystems, welches sinngemäß eine Kombination der bereits am Markt erhältlichen Technologien darstellt, forciert werden.

### 9.3 Auswertung der Inspektionen - Herzstück

Eine gute Alternative für die manuelle Durchführung der Inspektionpunkte im Herzstückbereich (Abbildung 52) würden die Messtechnologien von Plasser & Theurer mit 70% oder das System RILA Track des Unternehmens FUGRO darstellen. Mit letzterem System könnten 60% der in den Regelwerken/Richtlinien angeführten Inspektionpunkte

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

übernommen werden. Der schienenfahrtaugliche Kleinlastkraftwagen (ASIV), welcher das betrachtete System des Unternehmens PROTRAN darstellt, könnte die Hälfte der Inspektionstätigkeiten maschinell ausführen.

Weiters ist ersichtlich, dass das Unternehmen DMA über eine Vielzahl möglicher Inspektionen, welche mittels ihres Systems erhoben werden könnten, verfügt. Dies betrifft einen prozentualen Anteil aller Inspektion im Herzbereich von 70%. Hier ist zu erwähnen, dass dieses Ausmaß der Inspektionsausführung nicht ausdrücklich bestätigt wurde, eine Möglichkeit jedoch aufgrund der systemtechnischen Ausstattung theoretisch gegeben sein müsste.

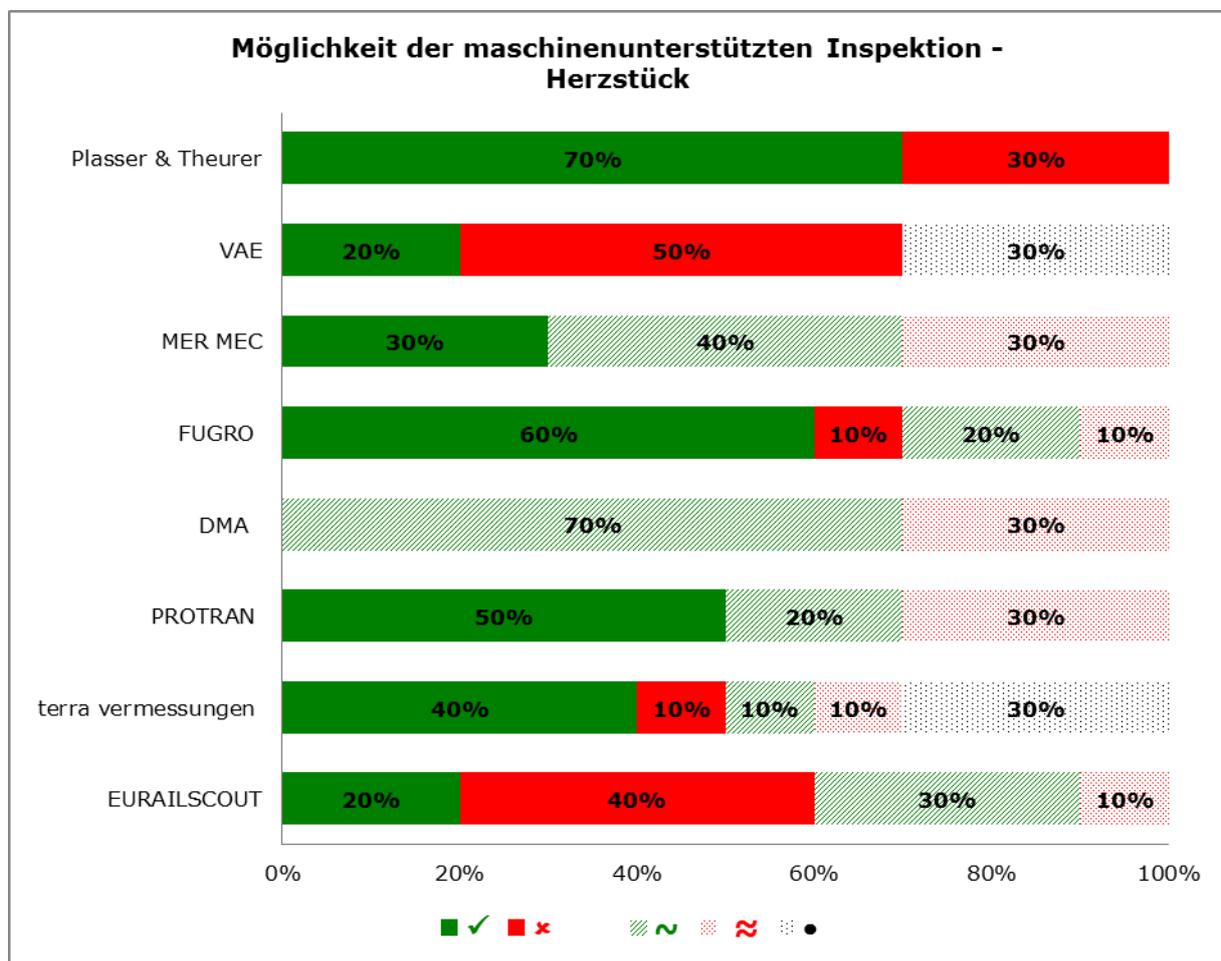


Abbildung 52 Möglichkeit der Maschineninspektion - Herzstück

Betrachtet man den Prozentsatz der durch die Systeme der VAE nicht ausführbaren Inspektionen, ist ersichtlich, dass dieser bei 50% liegt. Dies ist in diesem Falle nicht als Abwertung der Sensortechnik zu verstehen, sondern ist durch die Besonderheit dieser Inspektionen begründet, welche sich auf die Geometrie des Herzstückes und deren Lage sowie auf die beweglichen Rolleneinrichtungen beziehen.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

Im Falle des Unternehmens terra vermessungen und des dabei betrachteten SwissTrolleys kann für 30% der Inspektionen keine Aussage hinsichtlich der Möglichkeit einer maschinellen Durchführung getroffen werden.

Einen gleich hohen Prozentsatz der nicht aussagekräftigen Inspektionstätigkeiten erreicht das Unternehmen VAE. Bezüglich dieser Messtechnologien ist jedoch zu erwähnen, dass die zur Durchführung der Inspektionen notwendigen Daten nur indirekt erhoben werden, diese Daten jedoch einen Rückschluss auf die zu inspizierenden Komponenten erlauben.

Betrachtet man die zehn in den Regelwerken/Richtlinien aufgelisteten Inspektionenpunkte der SBB einzeln in Verbindung mit den jeweiligen betrachteten Messsystemen (Tabelle 38), ist ersichtlich, dass die Position der Herzstückspitze sowie die Höhe der Spitzenabsenkung von fünf der betrachteten acht Unternehmen bzw. Systeme maschinell oder mittels Sensortechnik erhoben werden könnte. Diese fünf Systeme bieten ebenso die Möglichkeit Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten im Herzstückbereich automatisiert zu erkennen. Die Erkennung von Ausbrüchen sowie die Bildung eines Grates bzw. einer Überwalzung könnten von insgesamt vier der Technologien bewerkstelligt werden.

Inspektionstätigkeiten – Herzstück	EURAIL- SCOUT	terra vermes- sungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
	SIM	Swiss Trolley	ASIV	TCMS	RILA Track	gesamt	gesamt	gesamt
	[26][88]	[90]	[13][19]	-	[28][92]	[21][27]	[17] [109]	[95]
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	✓	✓	✓	⌘	⌘	⌘	✓	✓
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	•	✓	⌘	✓	✓	✗	✓
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	⌘	✓	✓	⌘	✓	⌘	✗	✓
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	⌘	•	✓	⌘	✓	✓	•	✓
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	✓	✗
Überwalzung	⌘	•	✓	⌘	✓	✓	•	✓
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	✗	✓	⌘	⌘	✓	⌘	✗	✓
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an Flügelschiene	✗	✓	⌘	⌘	✓	⌘	✗	✗
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	✗	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	•	✗
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	✗	✗	⌘	⌘	✗	⌘	✗	✓

Tabelle 38 Maschineninspektion im Detail - Herzstück

Eine Kontrolle bezüglich des Wanderns der Herzstückspitze könnte nur durch die Ausstattung mittels Sensor gewährleistet werden. Diese Inspektionstätigkeit kann von den anderen Technologien der restlichen Unternehmen nach Durchsicht der Messprinzipien nicht

erhoben werden bzw. ist durch das Messsystem eines Unternehmens ausdrücklich nicht umsetzbar.

Da vom Turnout & Crossing Measurement System (Unternehmen DMA) lediglich Unterlagen über das grundsätzliche Messprinzip sowie über die Ausstattung zur Verfügung gestellt wurden, konnte hinsichtlich der Inspektionstätigkeiten keine eindeutige Aussage getroffen werden. Aus diesem Grund wurde die Möglichkeit einer Durchführung der Inspektionen mittels dieses Systems lediglich auf die Technologie gestützt und sinn gemäß ergänzt.

Bei gesamtheitlicher Betrachtung aller Inspektionen mit den Messprinzipien der acht Unternehmen ist ersichtlich, dass eine gänzliche Übernahme durch ein System nicht möglich ist. Auch eine Kombination aller betrachteten Systemtechnologien könnte die Inspektion der beweglichen Herzstückspitze hinsichtlich des Aufliegens auf dem Gleitplattensystem nicht bestätigt durchführen. Jedoch verfügen die Systeme SwissTrolley II (terra vermessen) und RILA Track (FUGRO) über eine Möglichkeit zur Automatisierung dieses Inspektionenpunktes. Weiters kann das Aufliegen der beweglichen Herzstückspitze auf dem Gleitplattensystem nicht direkt durch die ortsfesten Anlagen der VAE ermittelt werden. Durch die ermittelte Schwergängigkeit, welche durch eine Stellstrommessung während der Umstellung der Herzstückspitze detektiert werden kann, ist jedoch eine indirekte Automatisierung dieser Inspektionstätigkeit möglich.

#### 9.4 Auswertung der Inspektionen - Radlenker

An dieser Stelle wird auf eine prozentuale Darstellung verzichtet, da innerhalb der Vorschriften nur eine Inspektionstätigkeit für den Radlenker angeführt wurde (Tabelle 39).

Innerhalb dieser Auflistung ist ersichtlich, dass die Mehrheit der betrachteten Messsysteme eine Alternative zur manuellen Inspektion darstellen könnte. An dieser Stelle ist jedoch anzumerken, dass die Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker mittels des am Herzstück angebrachten Herzspitzensensors (VAE) erkannt werden können.

	EURAIL-SCOUT	terra vermessen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
<b>Inspektionstätigkeiten – Radlenker</b>	SIM [88]	Swiss Trolley [90]	ASIV [13]	TCMS -	RILA Track [92]	gesamt [21]	gesamt [25]	gesamt [95]
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	✓	•	✓	~	✓	✓	✓	✓

Tabelle 39 Maschineninspektion im Detail - Radlenker

## 9.5 Auswertung der Inspektionen - Geometrie

Abbildung 53 stellt eine Übersicht bezüglich der Möglichkeit einer maschinellen Durchführung der Inspektionen hinsichtlich der zu messenden Geometrieparameter dar.

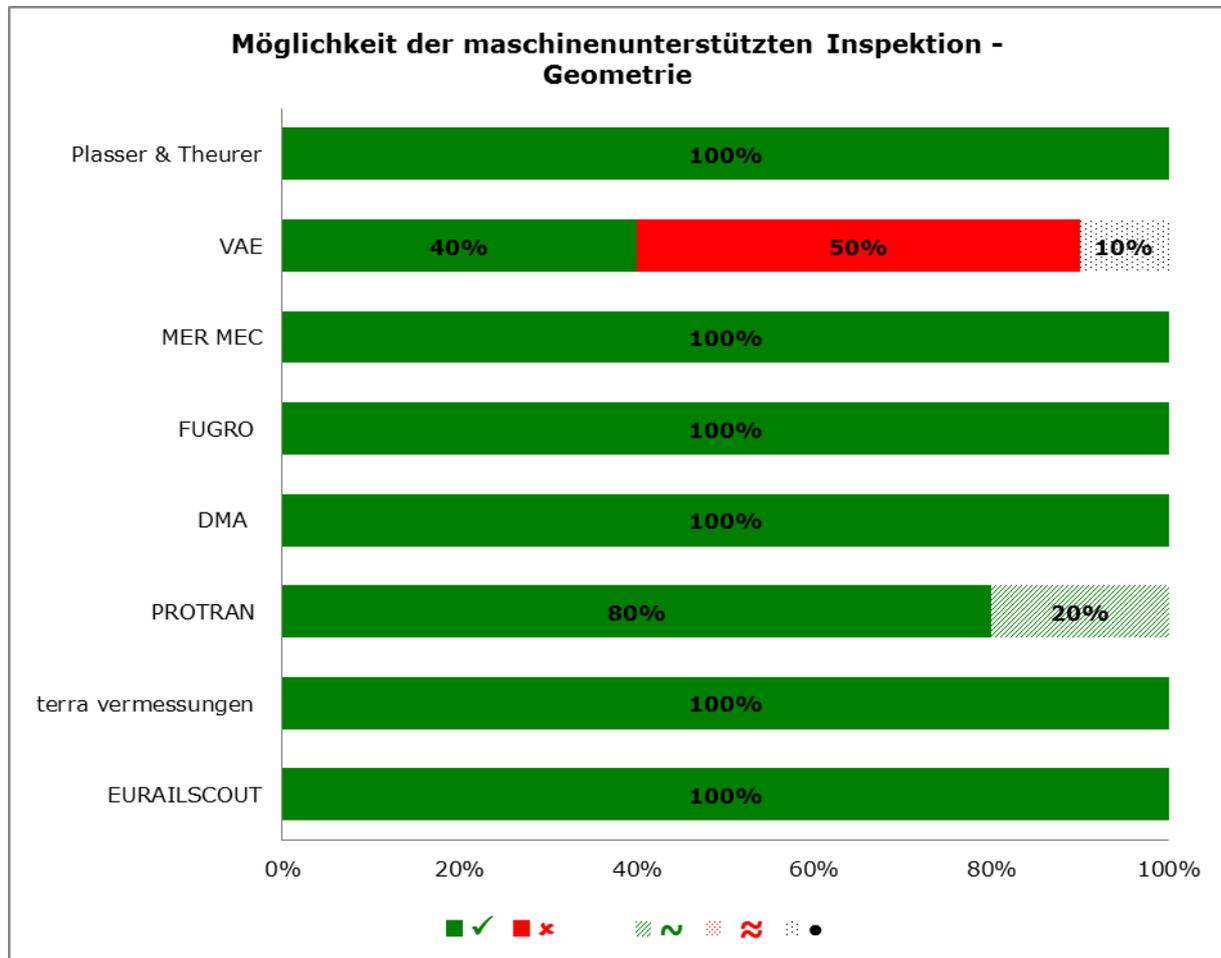


Abbildung 53 Möglichkeit der Maschineninspektion - Geometrie

Hier ist auf den ersten Blick zu sehen, dass die Mehrheit der betrachteten Systeme der acht Unternehmen eine 100-prozentige Alternative zur momentanen manuellen Erhebung der Geometrieparameter darstellen könnte.

Betrachtet man die Inspektionenpunkte einzeln (Tabelle 40) ist ersichtlich, dass beim Unternehmen PROTRAN lediglich für die Ermittlung der Durchgangswerte sowie der Leitweite keine gesicherte Aussage getroffen werden konnte. Aufgrund der Vielzahl möglicher Geometrieparameter, welche durch dieses System gemessen werden können, sollten diese beiden Parameter theoretisch auch messtechnisch erfassbar sein.

Da die Systeme von VAE eine Kombination vieler ortsfester Sensoranlagen darstellen und somit punktuelle Messungen vornehmen, ist eine Überprüfung einiger Geometrieparameter nicht möglich. Eine Ermittlung der Spurweite könnte theoretisch über Längenmess-

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

stäbe vorgenommen werden. Aufgrund der unsicheren Messdurchführung konnte bezüglich dieses Inspektionpunktes jedoch keine eindeutige Aussage getroffen werden.

Inspektionstätigkeiten – Geometrie	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
	SIM [26][88]	Swiss Trolley [89][90]	ASIV [13][19]	TCMS [18][29]	RILA Track [28][91][92]	gesamt [20][77]	gesamt [17][25][109]	gesamt [93][94]
allg. Geometrie	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Lagefehler	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Überhöhung (Querhöhe)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Richtung (Pfeilhöhe)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Längshöhe	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Verwindung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Spurweite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	•	✓
Durchgangsweite bzw. engster Durchgang	✓	✓	~	✓	✓	✓	✓	✓
Rilllenweite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Leitweite	✓	✓	~	✓	✓	✓	✓	✓

Tabelle 40 Maschineninspektion im Detail - Geometrie

## 9.6 Auswertung der Inspektionen - Schienen

Die nachfolgende Übersicht (Abbildung 55) behandelt die Inspektionpunkte, welche für Schienen innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB vorgesehen sind.

Das Weicheninspektions- und Messsystem SIM von EURAILSCOUT könnte eine 100-prozentige maschinelle Inspektion durchführung ermöglichen. Weiters können ebenfalls alle Inspektionpunkte für Schienen durch das Unternehmen Plasser & Theurer maschinell erhoben werden.

Eine weitere Alternative zur visuellen/manuellen Inspektion von Schienen würde das System von terra vermessungen (SwissTrolley II) und FUGRO (RILA Track) darstellen. Diese beiden Systeme könnten jeweils 82% der Inspektionpunkte abdecken. Ein ähnlich hoher Prozentsatz (73%) könnte mittels des im Schweizerischen Schienennetz verwendeten Messfahrzeugs von MER MEC sowie mittels dem Messsystem ASIV, des amerikanischen Herstellers PROTRAN, erreicht werden.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

Lediglich einer Messtechnologie ist es nicht möglich, die Inspektionpunkte für Schienen zu erheben. Dies ist auf die ortsfesten Anlagen der VAE rückzuführen, welche eine Erkennung etwaiger Oberbaufehler nicht gewährleisten kann.

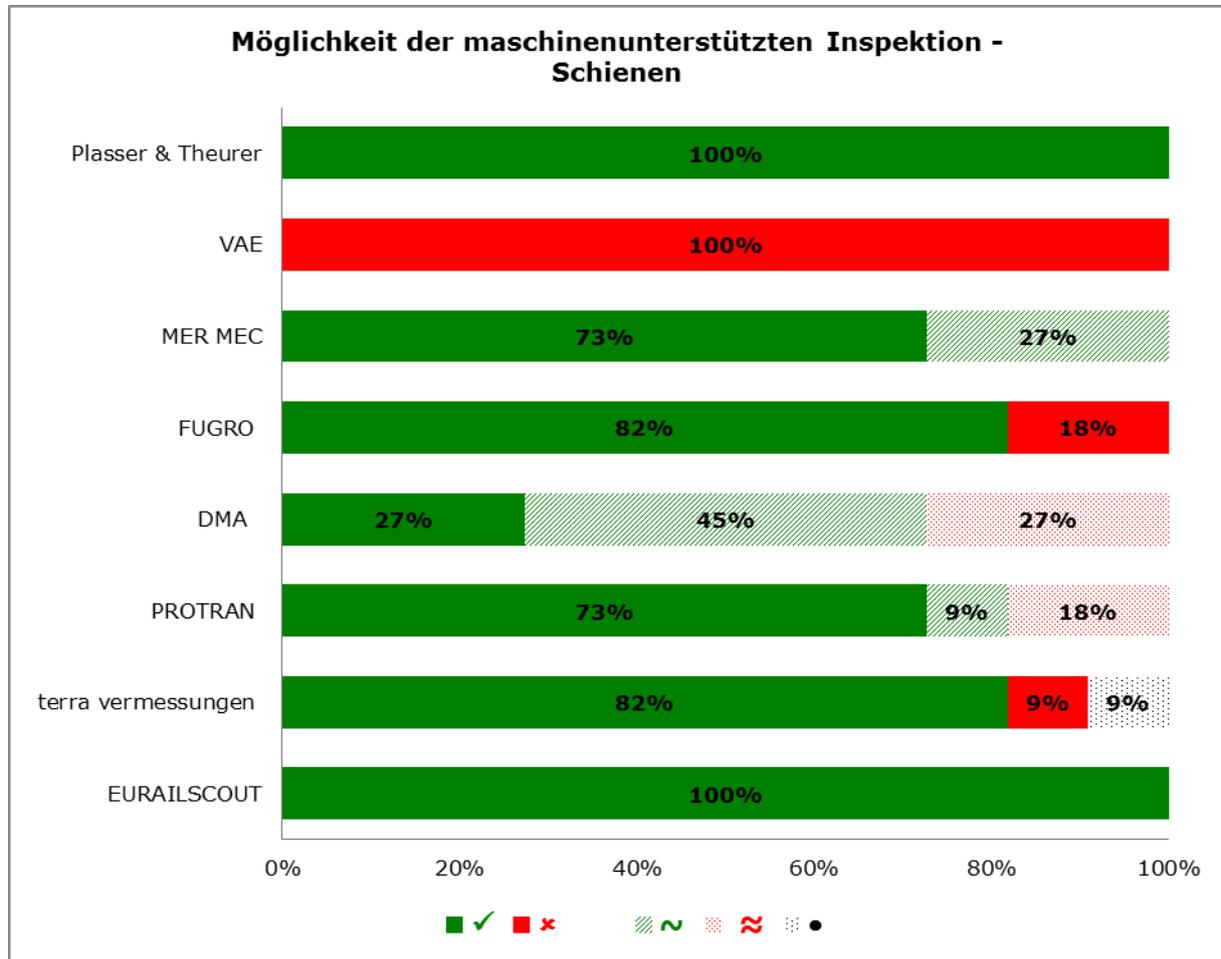


Abbildung 54 Möglichkeit der Maschineninspektion - Schienen

Die Inspektionpunkte werden nachfolgend einzeln mit den jeweiligen Technologien der Unternehmen illustriert (Tabelle 41).

Die Ermittlung des seitlichen und vertikalen Verschleißes sowie des Flächenverschleißes ist durch die Technologien von sieben der acht betrachteten Unternehmen eindeutig möglich. Weiters könnten fünf Technologien eine Alternative für die Ermittlung des Verschleißes der Fahrkante sowie zur maschinellen Erkennung von Oberflächenfehlern darstellen. Ebenfalls wäre die Erkennung einer bestehenden Überwälzung der Schiene durch fünf Messsysteme möglich. Die Erhebung von Schienenlängs- sowie Querprofilen und der Fahrfläche könnte ebenfalls von fünf Technologien bewerkstelligt werden.

Die Möglichkeit der Erkennung von Schienenbrüchen sowie die Ermittlung einer Verschmutzung der Lauffläche können nur von vier Unternehmen durch ihre Technologien gewährleistet werden.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

Inspektionstätigkeiten – Schienen	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
	SIM [26][87] [88]	Swiss Trolley [84][89] [90]	ASIV [13][19]	TCMS [18]	RILA Track [28][91] [92]	gesamt [20][21] [27]	gesamt [17]	gesamt [93][94]
Überwalzung	✓	•	✓	≈	✓	✓	✗	✓
Abnutzung seitlich	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Abnutzung vertikal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Fahrkantendelle	✓	✓	✓	≈	✓	≈	✗	✓
Fahrkantenresthöhe	✓	✓	✓	≈	✓	≈	✗	✓
Fahrkantenwinkel	✓	✓	✓	≈	✓	≈	✗	✓
Flächenverschleiß	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	✓	✓	✓	≈	✗	✓	✗	✓
Schienenbrüche	✓	✓	≈	≈	✗	✓	✗	✓
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	✓	✓	≈	≈	✓	✓	✗	✓
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	✓	✗	≈	≈	✓	✓	✗	✓

Tabelle 41 Maschineninspektion im Detail - Schienen

Gesamtheitlich betrachtet, stellen die analysierten Systeme bzw. Technologien eine gute Alternative zur Durchführung der Inspektionen für Schienen dar. Dabei ist ersichtlich, dass alle Inspektionstätigkeiten durch zwei Systeme übernommen werden könnten. Auch bei Betrachtung der einzelnen Tätigkeiten fällt auf, dass eine Durchführung jedes einzelnen Inspektionspunktes von mindestens vier Technologien eindeutig möglich wäre.

### 9.7 Auswertung der Inspektionen - Schienenstöße

Eine maschinelle Ausführung der Inspektionstätigkeiten bei Schienenstößen (Abbildung 55) wäre mittels der Technologien von Plasser & Theurer zu 100% möglich. Mit der Erweiterung des Messfahrzeuges von MER MEC, welches bereits im Gleisnetz der SBB Anwendung findet, sowie mittels dem Weicheninspektions- und Messsystem SIM von EURAILSCOUT bestünde die Möglichkeit einer maschinellen Inspektionsübernahme von jeweils 75%.

Bei weiterer Betrachtung der Abbildung 55 ist auf ersten Blick ersichtlich, dass das System RILA Track (Unternehmen FUGRO) 75% der Inspektionen bei Schienenstößen eindeutig nicht ausführen kann. Durch die punktuelle Messung ortsfester Anlagen, können lediglich 25% der Inspektionstätigkeiten durch das System der VAE sensorgestützt ermittelt werden, 50% jedoch definitiv nicht.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

Weiters ist zu erwähnen, dass für 75% der Inspektionenpunkte keine Aussage bezüglich einer Durchführung mittels SwissTrolley II getätigt werden konnte. Zudem ist ersichtlich, dass die Messsysteme der Unternehmen PROTRAN und DMA keine Alternative zur manuellen Durchführung aufgrund deren Messprinzipien darstellen.

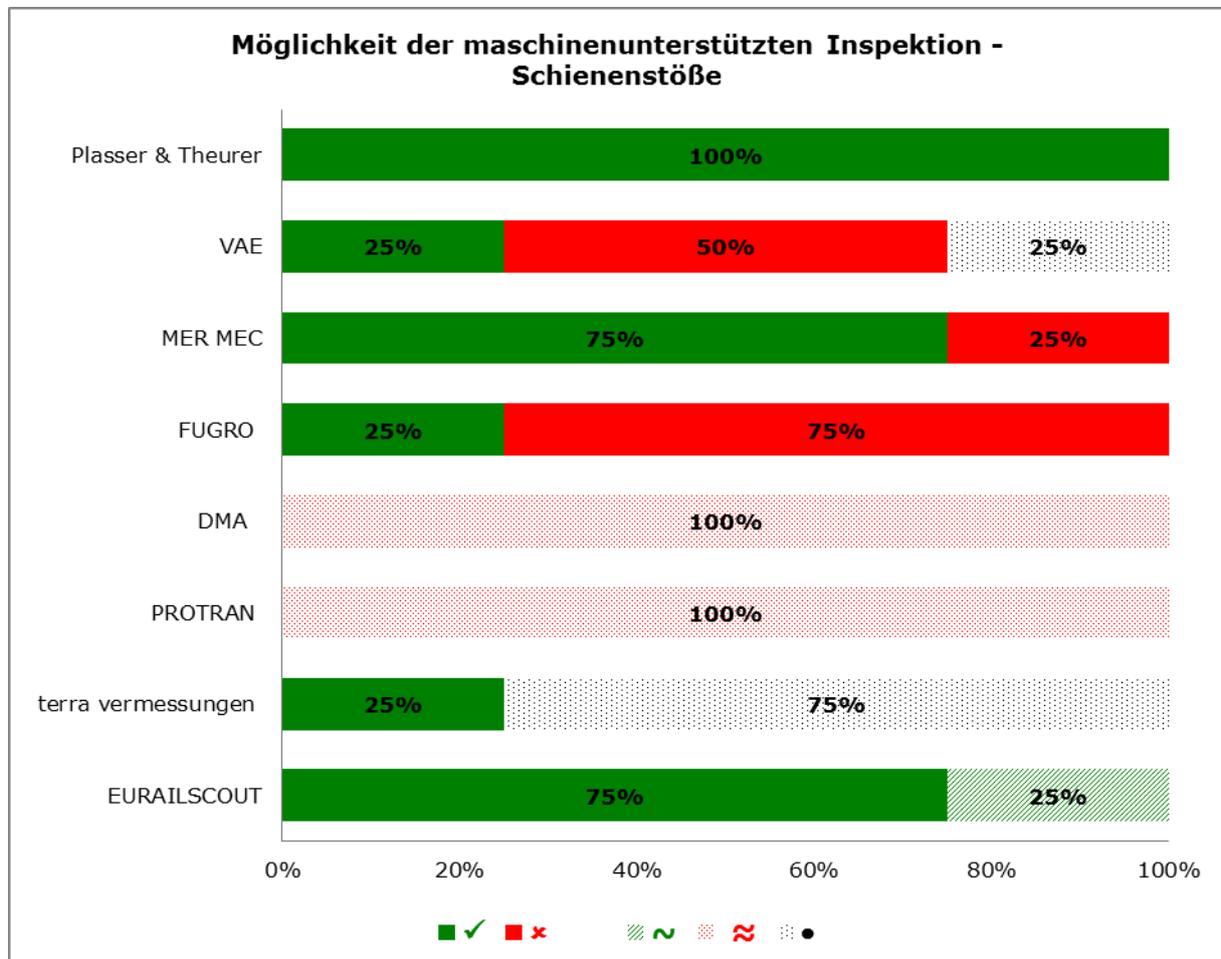


Abbildung 55 Möglichkeit der Maschineninspektion - Schienenstöße

Bei einzelner Betrachtung der Inspektionenpunkte und Gegenüberstellung mit den betrachteten Technologien (Tabelle 42) ist ersichtlich, dass eine Ermittlung bzw. Vermessung der Stoßlücke sowie die Erhebung einer Überwälzung im Bereich des Schienenstoßes von vier Technologien ausgeführt werden können und somit gute Alternativen zur manuellen Inspektion darstellen würden.

Die Ermittlung des Zustandes der Laschen stellt jene Inspektionstätigkeit dar, welche nur von den wenigsten Technologien automatisiert durchgeführt werden könnte. In diesem Fall wäre es nur für zwei Systeme möglich, diesen Inspektionenpunkt maschinell zu erheben.

Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
<b>Inspektionstätigkeiten – Schienenstöße</b>	SIM [88]	Swiss Trolley [90]	ASIV -	TCMS -	RILA Track [92]	gesamt [21][27]	gesamt [17] [109]	gesamt [94]
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	✓	•	≈	≈	✗	✗	✗	✓
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	≈	•	≈	≈	✗	✓	✓	✓
Stoßlücken	✓	✓	≈	≈	✗	✓	•	✓
Überwalzungen	✓	•	≈	≈	✓	✓	✗	✓

Tabelle 42 Maschineninspektion im Detail - Schienenstöße

9.8 Auswertung der Inspektionen - Signaltechnische Einrichtungen

Die Möglichkeit einer maschinengestützten Durchführung der Inspektion, welche für signaltechnische Anlagen in den Regelwerken/Richtlinien der SBB vermerkt sind, könnte mit Hilfe ortsfester Anlagen der VAE zu 57% umgesetzt werden (Abbildung 56).

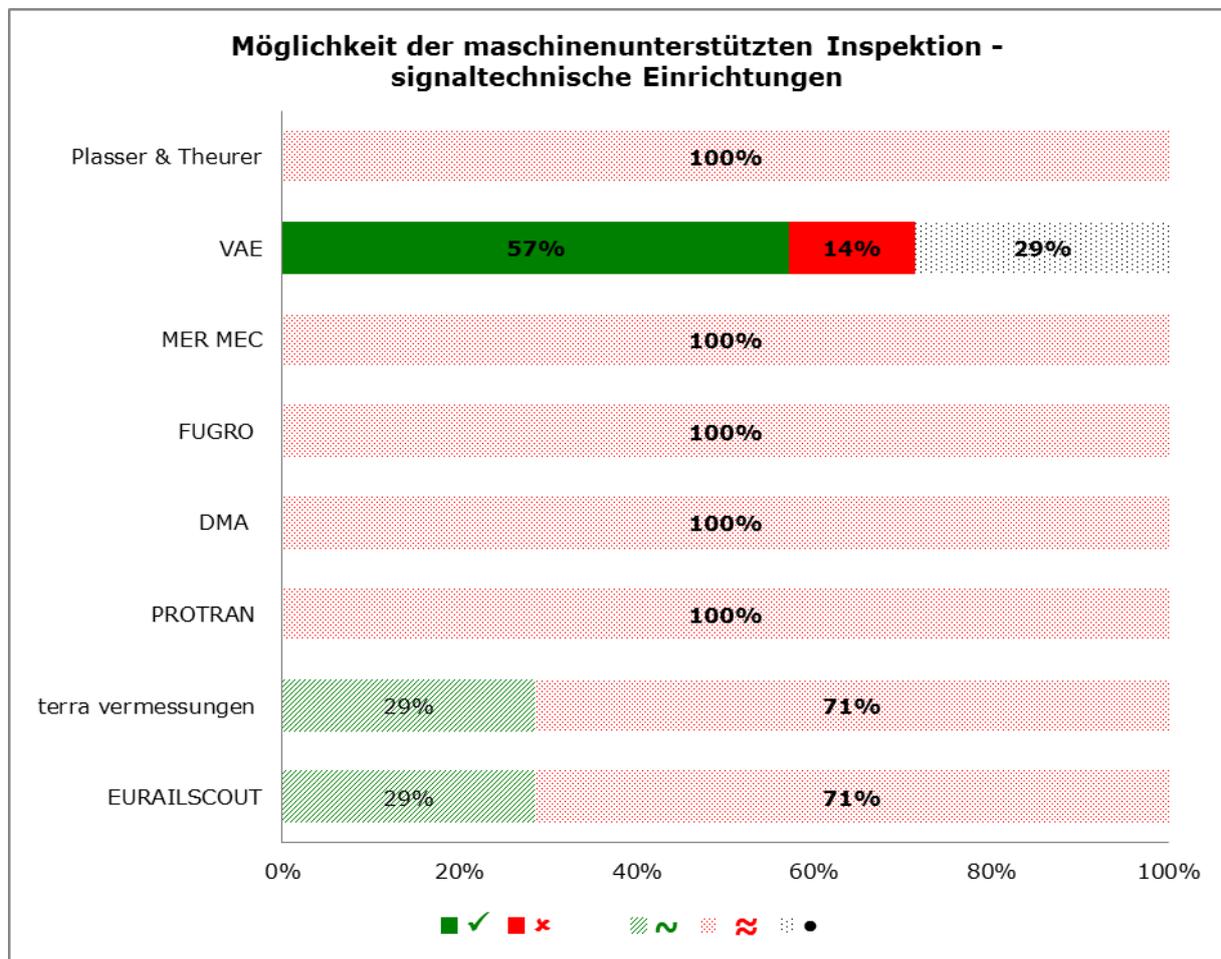


Abbildung 56 Möglichkeit der Maschineninspektion – signaltechn. Einrichtungen

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

Bei 29% der gesamten Inspektionenpunkte kann keine Durchführung der Inspektionsübernahme durch die Messtechnologie der VAE bestätigt werden. Dabei besteht jedoch für diese Inspektionstätigkeiten die bedingte Möglichkeit einer Übernahme. 14% der Inspektionenpunkte können durch eine Verwendung von ortsfesten Anlagen nicht erhoben werden.

Im Falle der Unternehmen terra vermessungen und EURAILSCOUT besteht eine theoretische Möglichkeit hinsichtlich einer maschinellen Durchführung von jeweils 29% der Inspektionstätigkeiten. Hierbei ist zu erwähnen, dass eine Ausübung dieser Inspektionen nicht vollständig bestätigt werden kann, jedoch aufgrund der Messprinzipien dieser Technologien möglich erscheint.

Bezüglich aller weiteren Technologien der verbleibenden fünf Unternehmen ist eine Automatisierung der Inspektionstätigkeiten für signaltechnische Einrichtungen nicht ausdrücklich ausgeschlossen, jedoch aufgrund der Messprinzipien dieser Technologien eher unwahrscheinlich.

Bei Betrachtung der einzelnen Inspektionstätigkeiten (Tabelle 43) fällt auf, dass die ortsfesten Anlagen der VAE für eine Inspektion der signaltechnischen Einrichtungen Vorteile gegenüber den restlichen betrachteten Systemen aufweisen. Die Kontrolle der Schienenkontakte, welche für die Aufschneidemeldung der Weiche erforderlich sind, sowie die Funktionstüchtigkeit der Gleisbelegung und Freimeldung kann durch diese Technologie gewährleistet werden. Zusätzlich ist es möglich, die Anzeige auf dem Stellpult bzw. Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle automatisiert zu inspizieren. Eine Rückmeldung bezüglich der Übereinstimmung hinsichtlich der Zungen- und der Herzstückspitzenlage ist ebenfalls möglich. Eine Durchführung der Inspektion hinsichtlich der Anzeige der Weichensignale sowie der Kontrolle der elektronischen Anschlüsse wäre über eine Messung des Stromsignals bedingt möglich. Lediglich die Inspektion der Weichensignale und der Sicherungszeichen auf etwaige Beschädigung und Verschmutzung ist durch diese Sensortechnologie nicht möglich.

Eine Inspektion bezüglich einer möglichen Beschädigung / Verschmutzung der Sicherungszeichen, der Weichensignale sowie deren Anzeige erscheint aufgrund der Systemausstattung weiterer zwei Technologien möglich. Diese Systeme sind einerseits das Weicheninspektions- und Messsystem (SIM) von EURAILSCOUT und andererseits der SwissTrolley II des Unternehmens terra vermessungen.

Bei weiterer Betrachtung der signaltechnischen Einrichtungen ist ebenfalls ersichtlich, dass bei den restlichen fünf betrachteten Technologien eine Durchführung dieser Inspektionstätigkeiten aufgrund deren Messtechnologien nicht möglich erscheint.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
Inspektionstätigkeiten – signaltechnische Einrichtungen	SIM	Swiss Trolley	ASIV	TCMS	RILA Track	gesamt	gesamt [17][25] [109]	gesamt
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	✓	⌘
Anzeige Weichensignal	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	•	⌘
elektronische Anschlüsse	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	•	⌘
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	✓	⌘
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	✓	⌘
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	✓	⌘
Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	✗	⌘

Tabelle 43 Maschineninspektion im Detail – signaltechn. Einrichtungen

Gesamtheitlich betrachtet ist eine maschinengestützte Inspektion durch die Anbringung ortsfester Anlagen innerhalb der Weiche größtenteils möglich, jedoch kann keine ganzheitliche Inspektionsdurchführung gewährleistet werden. Zusätzlich ist ersichtlich, dass eine Kombination dieser Sensortechnologie mit dem System von EURAILSCOUT oder terra vermessungen eine theoretische Möglichkeit einer Durchführung aller Inspektionstätigkeiten mit sich bringt.

## 9.9 Auswertung der Inspektionen - Sicherungstechnische Einrichtungen

Das Potential von ortsfesten Anlagen, welche innerhalb von Weichen Verwendung finden, zeigt sich bei der Betrachtung der Inspektionstätigkeiten für sicherungstechnische Einrichtungen (Abbildung 57). Aufgrund des speziell auf diesen Bereich ausgelegten Sensorprinzips kann eine Übernahme der Inspektionstätigkeiten zu 100% erzielt werden.

Eine Automatisierung von 20% der Inspektionsmöglichkeiten ist durch das System RILA Track sowie durch das System SwissTrolley II definitiv nicht möglich. Bezüglich der restlichen 80% der Inspektionstätigkeiten besteht hinsichtlich des Messprinzips dieser Systeme theoretisch keine Möglichkeit einer Umsetzung. Dieser Umstand trifft auch auf die weiteren Systeme der betrachteten Unternehmen zu.

Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

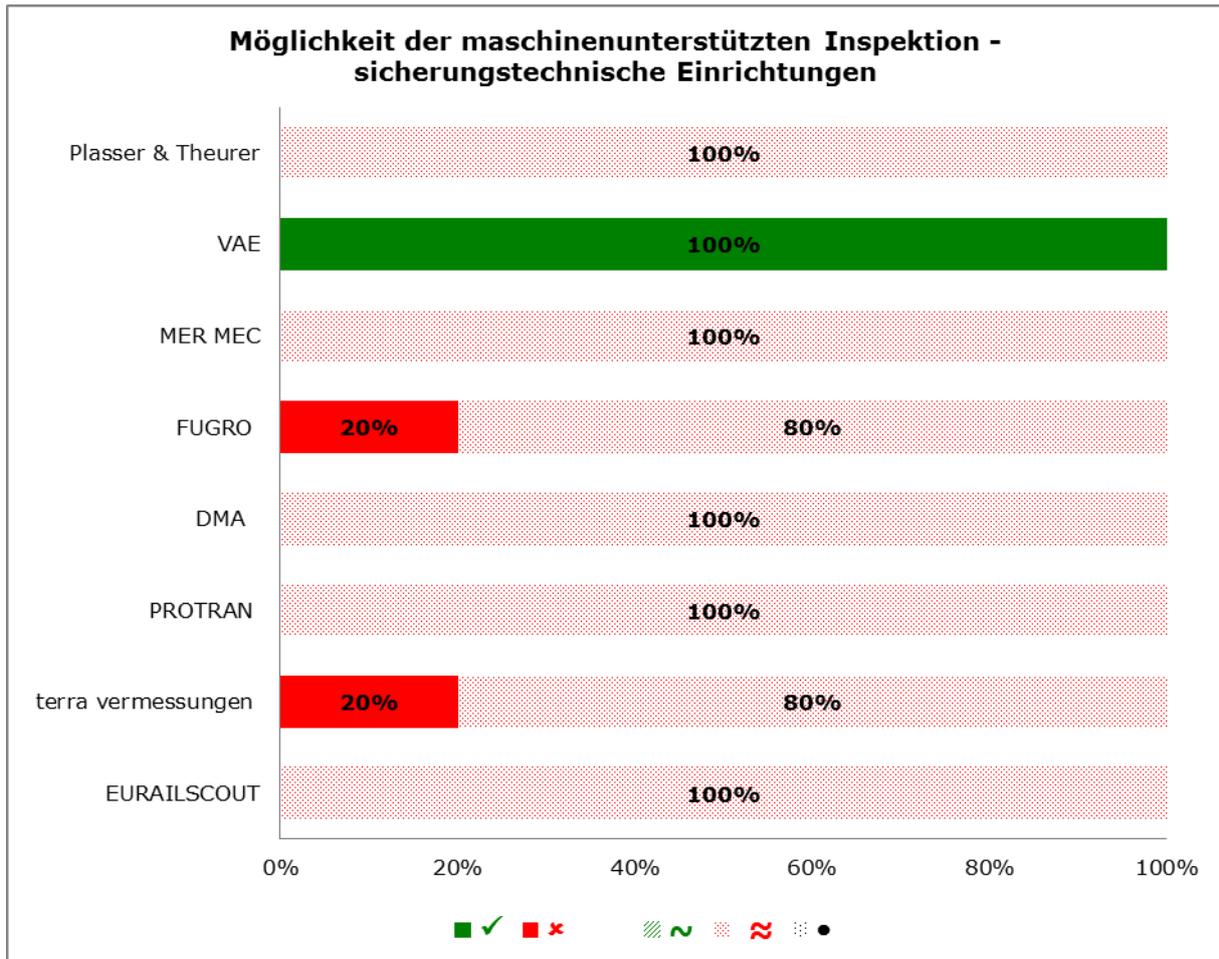


Abbildung 57 Möglichkeit der Maschineninspektion – sicherungstechn. Einrichtungen

Bei Gegenüberstellung der einzelnen Inspektionstätigkeiten für sicherungstechnische Einrichtungen, mit den jeweiligen Technologien der Unternehmen zeigen sich die eindeutigen Vorteile ortsfester Anlagen (Tabelle 44).

Inspektionstätigkeiten – sicherungstechnische Einrichtungen	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
	SIM	Swiss Trolley [90]	ASIV	TCMS	RILA Track [92]	gesamt	gesamt [24][25][109]	gesamt
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	≈	≈	≈	≈	≈	≈	✓	≈
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	≈	≈	≈	≈	≈	≈	✓	≈
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	≈	≈	≈	≈	≈	≈	✓	≈
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	≈	≈	≈	≈	≈	≈	✓	≈
Weichenantrieb hins. Zustandskontrolle	≈	✗	≈	≈	✗	≈	✓	≈

Tabelle 44 Maschineninspektion im Detail – sicherungstechn. Einrichtungen

Die Zustandskontrolle des Weichenantriebes kann von zwei betrachteten Systemen nicht übernommen werden. Eine Übernahme der restlichen Inspektionstätigkeiten, wie Bei-

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

spielsweise eine Messung der Umstellwiderstände und der Rutschkräfte, kann ebenfalls durch die restlichen Messsysteme theoretisch nicht ausgeführt werden.

### 9.10 Auswertung der Inspektionen - Weichenverschlüsse

Die Vorzüge des Messprinzips der ortsfesten Anlagen spiegeln sich auch hinsichtlich der Inspektionstätigkeiten im Weichenverschlussbereich (Abbildung 58) wieder.

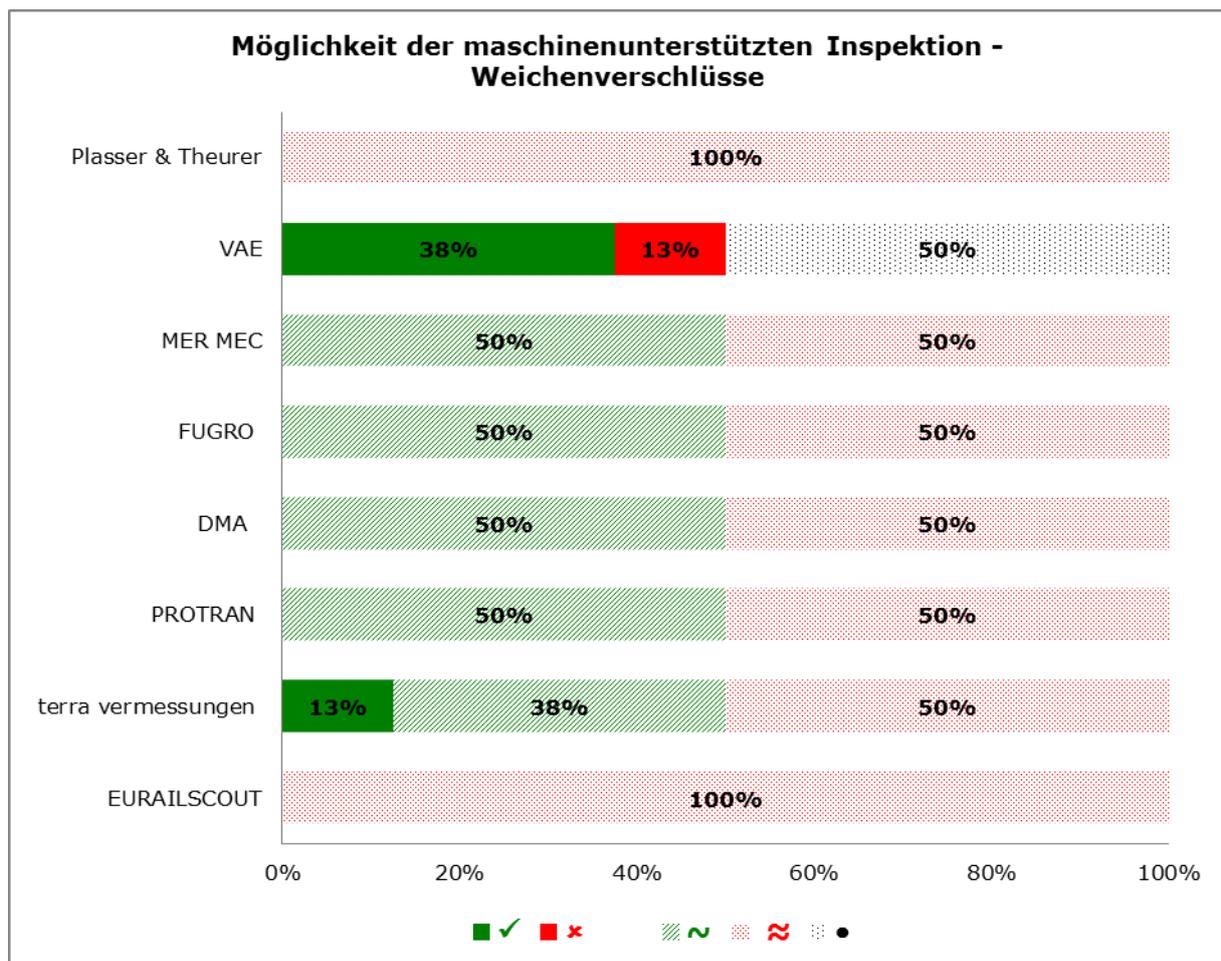


Abbildung 58 Möglichkeit der Maschineninspektion - Weichenverschlüsse

Hier ist eine automatisierte Inspektion durch den Einbau ortsfester Anlagen in einem Umfang von 38% möglich. Die Hälfte dieser im Verschlussbereich zu tätigen Inspektionen können durch diese Technologie indirekt übernommen werden. Lediglich 13% der Inspektionstätigkeiten können durch diese Sensortechnologie nicht abgedeckt werden.

Durch das System des schweizerischen Unternehmens terra vermessungen wäre eine maschinelle Inspektion von 13% garantiert bzw. besteht bei 38% der angeführten Tätigkeiten eine theoretische Möglichkeit aufgrund der Messtechnologie.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

Weiters verfügen die Technologien der restlichen Unternehmen, mit Ausnahme von Plasser & Theurer sowie von EURAILSCOUT, über ein 50-prozentiges Potential einer theoretischen Inspektionsdurchführung mittels Maschinenunterstützung.

Eine Erkennung hinsichtlich des Klaffens der beweglichen Herzstückspitze stellt jenen Inspektionspunkt dar, welcher mit Hilfe von zwei Technologien automatisiert übernommen werden könnte (Tabelle 45). Zudem besteht die Möglichkeit einer automatisierten Inspektionsdurchführung durch weitere vier Systeme aufgrund deren Messprinzipien.

	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
Inspektionstätigkeiten – Weichenverschlüsse	SIM	Swiss Trolley [90]	ASIV	TCMS	RILA Track	gesamt	gesamt [25] [109]	gesamt
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	??	??	??	??	??	??	✘	??
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	??	?	?	?	?	?	•	??
Fremdkörpererkennung bei Zunge	??	?	?	?	?	?	✓	??
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	??	✓	?	?	?	?	✓	??
Klaffen der Zungenspitze	??	?	?	?	?	?	✓	??
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	??	??	??	??	??	??	•	??
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	??	??	??	??	??	??	•	??
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	??	??	??	??	??	??	•	??

Tabelle 45 Maschineninspektion im Detail - Weichenverschlüsse

Die Inspektion hinsichtlich des Klaffens der Zungenspitze kann mittels der ortsfesten Anlagen der VAE automatisiert durchgeführt werden. Weiters besteht die Möglichkeit einer maschinellen Durchführung dieses Inspektionpunktes durch weitere fünf der betrachteten Messtechnologien.

Die ortsfesten Anlagen der VAE ermöglichen zudem die Erkennung eines Fremdkörpers zwischen der Stockschiene und der Zunge. Diese Inspektionstätigkeit ist ebenfalls durch fünf weitere Technologien aufgrund deren Messprinzips theoretisch möglich.

Eine maschinengestützte Inspektionsdurchführung hinsichtlich einer Fremdkörpererkennung bei der beweglichen Herzstückspitze ist bei sechs der betrachteten Systeme theoretisch möglich. Hierbei ist zu erwähnen, dass im Falle der ortsfesten Anlagen die Erkennung indirekt über die nicht erreichte Endlage der Herzstückspitze und einer Messung des Stellstroms detektiert werden kann.

Betrachtet man die einzelnen Inspektionstätigkeiten mit den jeweiligen Technologien der Unternehmen, ist ersichtlich, dass eine bestätigte Übernahme aller Inspektionspunkte

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

nicht möglich ist. Auch eine Kombination aller betrachteten Technologien könnte eine automatisierte Übernahme dieser acht Inspektionenpunkte zum Zeitpunkt der Auswertung nicht garantieren. Weiters erscheint auch eine theoretische Übernahme aufgrund der Funktionsweise dieser Technologien nicht gänzlich umsetzbar.

### 9.11 Auswertung der Inspektionen - Weichenheizung

Aufgrund der geringen Inspektionsanzahl, welche die Funktionsprüfung von Weichenheizungen betreffen, wird auf eine Darstellung der Automatisierungsmöglichkeit in Prozenten der jeweiligen Unternehmen verzichtet und nur auf die Gegenüberstellung der einzelnen Inspektionstätigkeiten mit den betrachteten Technologien der Unternehmen eingegangen (Tabelle 46).

	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
Inspektionstätigkeiten – Weichenheizung	SIM	Swiss Trolley	ASIV	TCMS	RILA Track	gesamt	gesamt [109]	gesamt
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	≈	≈	≈	≈	≈	≈	✓	≈
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	≈	≈	≈	≈	≈	≈	✓	≈

Tabelle 46 Maschineninspektion im Detail - Weichenheizung

Eine Kontrolle hinsichtlich der ordnungsgemäßen Funktion der Weichenheizung im Bereich der Zungenvorrichtung sowie beim beweglichen Herzstück kann mittels ortsfester Anlagen garantiert werden. Diese zwei Bereiche könnten somit alternativ zur momentan visuell durchgeführten Kontrolle auch automatisiert inspiziert werden.

Weiters ist ersichtlich, dass diese beiden Inspektionstätigkeiten nur durch die ortsfesten Anlagen der VAE automatisiert werden können und eine Übernahme durch die anderen Technologien der Unternehmen eher schwierig erscheint, jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann.

### 9.12 Auswertung der Inspektionen - Befestigungsmittel

Die Möglichkeit einer maschinellen bzw. mittels ortsfester Anlagen durchgeführten Inspektion der für die Befestigungsmittel bzw. für das Kleinmaterial erforderlichen Tätigkeiten ist in Abbildung 59 dargestellt.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

50% der in den Regelwerken/Richtlinien angeführten Inspektionstätigkeiten, welche zur Kontrolle des Befestigungsmaterials sowie des Kleinmaterials notwendig sind, könnten mittels RILA Track, dem Weicheninspektions- und Messsystem SIM sowie mit dem Gesamtsystem aus Diagnosefahrzeug und der Erweiterung von MER MEC erhoben werden. Zudem ist ersichtlich, dass bei diesen drei Systemen jeweils keine Übernahme der Inspektionpunkte für 17% der Tätigkeiten möglich ist. Im Falle des Weicheninspektions- und Messsystems SIM von EURAILSCOUT bestünde eine theoretische Möglichkeit einer Ermittlung der restlichen Inspektionen.

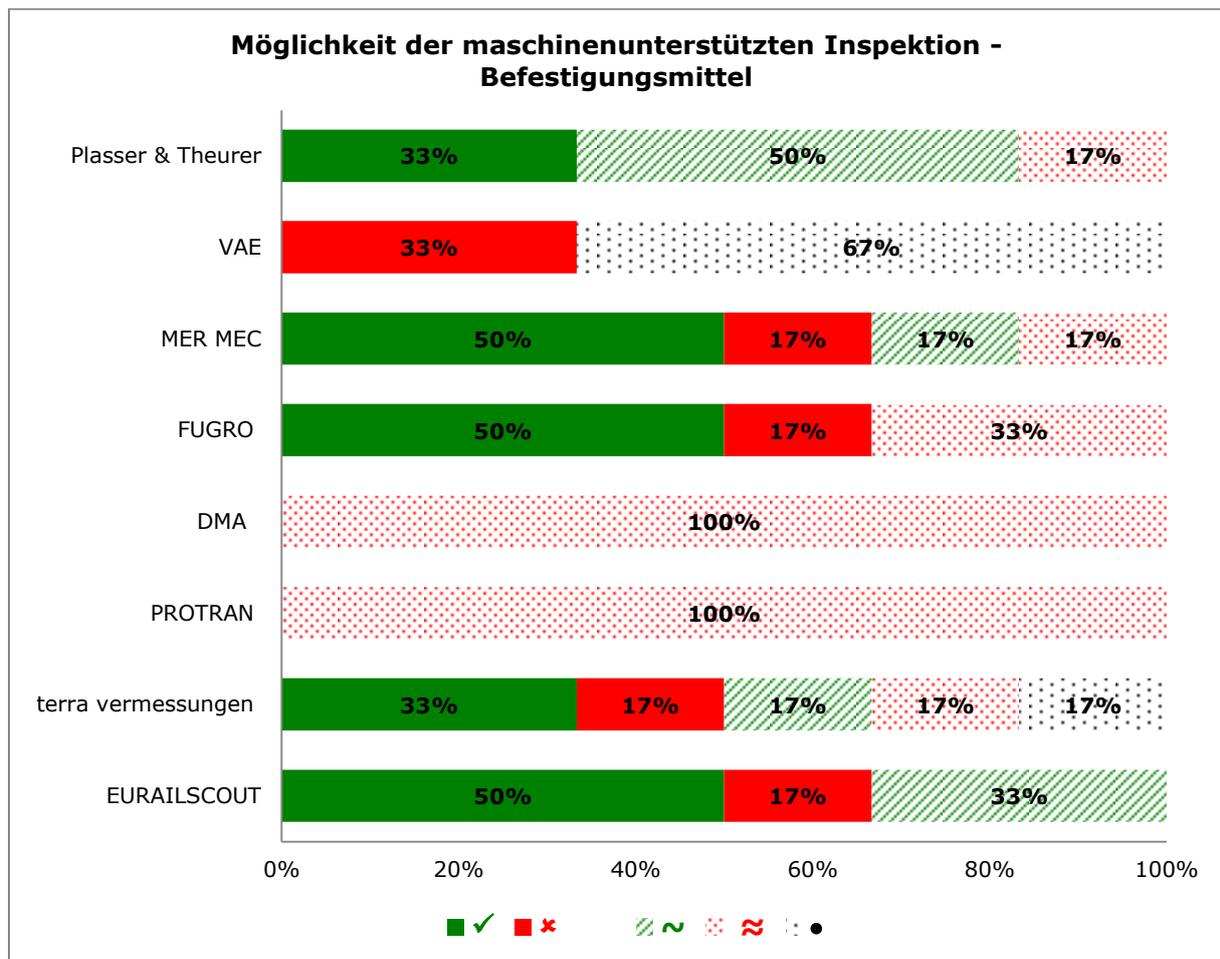


Abbildung 59 Möglichkeit der Maschineninspektion – Befestigungsmittel

Beim erwähnten Diagnosefahrzeug der SBB könnten weitere 17% der Inspektionstätigkeiten theoretisch erhoben werden. Eine automatisierte Inspektion durchführung der restlichen 17% erscheint aufgrund des Messprinzips dieses Gesamtsystems nicht möglich.

Durch die Technologien von Plasser & Theurer sowie durch den SwissTrolley II (terra vermessungen) können 33% der gesamten Inspektionstätigkeiten maschinell erhoben werden.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

An dieser Stelle ist noch anzumerken, dass die Technologie der ortsfesten Anlagen aufgrund der Vielzahl der Befestigungsmittel sowie des Kleinmaterials nicht für eine maschinelle Durchführung dieser Inspektionstätigkeiten ausgelegt ist und somit 33% nicht abgedeckt werden können. Bezüglich der restlichen 67% wurde eine Umsetzung nicht gänzlich ausgeschlossen.

Weiters ist bei dieser prozentualen Darstellung ersichtlich, dass eine maschinelle Durchführung der Inspektionstätigkeiten mittels der Messsysteme von PROTRAN und DMA nicht eindeutig technisch ausgeschlossen wird, jedoch aufgrund der Messtechnologie dieser Systeme die Wahrscheinlichkeit einer positiven Durchführung eher gering erscheint.

Eine Übersicht der einzelnen Inspektionstätigkeiten für die Befestigungsmittel und das Kleinmaterial in Weichen ist in Tabelle 47 dargestellt.

	<b>EURAIL-SCOUT</b>	<b>terra vermessungen</b>	<b>PROTRAN</b>	<b>DMA</b>	<b>FUGRO</b>	<b>MER MEC</b>	<b>VAE</b>	<b>Plasser &amp; Theurer</b>
<b>Inspektionstätigkeiten – Befestigungsmittel</b>	SIM [26][88]	Swiss Trolley [90]	ASIV -	TCMS -	RILA Track [91][92]	gesamt [20][21] [27]	gesamt [109]	gesamt [93][94]
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	✓	✓	⌘	⌘	✓	✓	•	✓
Kraftschluss Schiene und Schwelle	✗	⌘	⌘	⌘	⌘	✓	•	⌘
bei Stößen	✓	⌘	⌘	⌘	⌘	✗	•	✓
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	⌘	✓	⌘	⌘	✓	⌘	•	⌘
Schwellenkappen	⌘	•	⌘	⌘	✗	⌘	✗	⌘
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	✓	✗	⌘	⌘	✓	✓	✗	⌘

Tabelle 47 Maschineninspektion im Detail - Befestigungsmittel

Hier ist zu erkennen, dass die allgemeine Kontrolle der Befestigungsmittel bzw. des Kleinmaterials hinsichtlich fehlender Komponenten bzw. Beschädigungen von der Mehrheit der betrachteten Technologien bewerkstelligt werden kann. Eine Erkennung loser, fehlender oder abgenutzter Zwischenlagen ist durch drei Systeme möglich.

Weiters ist ersichtlich, dass eine eindeutige Möglichkeit zur Kontrolle der Schwellenkappen bei keinem System besteht, es jedoch bei drei Systemen aufgrund der Messtechnologie möglich erscheint.

Durch die Verwendung ortsfester Anlagen bestünde die Möglichkeit, Inspektionstätigkeiten, welche zur Feststellung des Kraftschlusses zwischen Schiene und Schwelle ausgeführt werden müssen, technologiegestützt umzusetzen. Selbiges gilt für die Sicherstellung des ordnungsgemäßen Kraftschlusses bei der Befestigung bei Radlenkern sowie bei Schienenstößen. Diese Möglichkeit wäre jedoch nur mit Hilfe eines Kraftmessringes ge-

geben, welcher an jeder einzelnen Befestigungsschraube montiert werden müsste. Aufgrund dieser Tatsache besteht zwar theoretisch die Möglichkeit der automatisierten Inspektion, praktisch wird sich dies allerdings nur schwer umsetzen lassen, weshalb die oben dargestellte Kategorisierung erfolgte.

Im Falle des Unternehmens MER MEC ist eine automatisierte Erkennung des Kraftschlusses zwischen Schiene und Schwelle möglich. Die Feststellung dieses Kraftschlusses kann beispielweise durch die Ermittlung der Höhendifferenz der Befestigungsschraube bzw. der Spannklemme zur Unterlagsplatte erfolgen.

Eine Ausführung aller für die Befestigungsmittel und für das Kleinmaterial relevanten Inspektionstätigkeiten ist durch ein einziges System definitiv nicht möglich. Bei der Technologie von Plasser & Theurer erscheint aufgrund der verwendeten Messtechnik das höchste Potential zur vollständigen Automatisierung vorzuherrschen.

Erfolgt eine Betrachtung der Inspektionpunkte nur anhand der eindeutig möglichen maschinellen Erhebung, ist eine Übernahme weder durch ein Einzelsystem noch durch eine Kombination aller betrachteten Systeme der acht Unternehmen theoretisch möglich.

### 9.13 Auswertung der Inspektionen - Schwellen

Die Möglichkeit einer maschinellen Umsetzung der Inspektionpunkte durch die betrachteten Technologien der jeweiligen Unternehmen wird in der Abbildung 60 prozentual dargestellt.

Die Mehrheit der Inspektionstätigkeiten kann dabei durch das erweiterte Diagnosefahrzeug von MER MEC sowie durch die Systeme von Plasser & Theurer und dem Weicheninspektions- und Messsystem SIM von EURAILSCOUT maschinell durchgeführt werden. Diese Messtechnologien könnten 75% der Inspektionstätigkeiten für Schwellen abdecken und weisen für die restlichen 25% aufgrund des Messprinzips dieser Systeme ein großes Potential einer ebenfalls möglichen maschinellen Inspektionsdurchführung auf.

RILA Track, welches das betrachtete System des Unternehmens FUGRO darstellt, könnte 50% der erforderlichen Inspektionstätigkeiten eindeutig ausführen. Für die zweite Hälfte bestünde durch die Systemtechnologie ebenfalls eine theoretische Möglichkeit zur maschinellen Durchführung der Inspektionstätigkeiten.

Die Inspektionstätigkeiten für Schwellen können im Falle zweier Unternehmen nicht maschinell bzw. durch den Einbau ortsfester Anlagen innerhalb der Weiche erhoben werden.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

Ein geringes Potential zur automatisierten Inspektionsdurchführung aufgrund der Messtechnologien ist jedenfalls bei zwei Unternehmen (PROTRAN und DMA) ersichtlich.

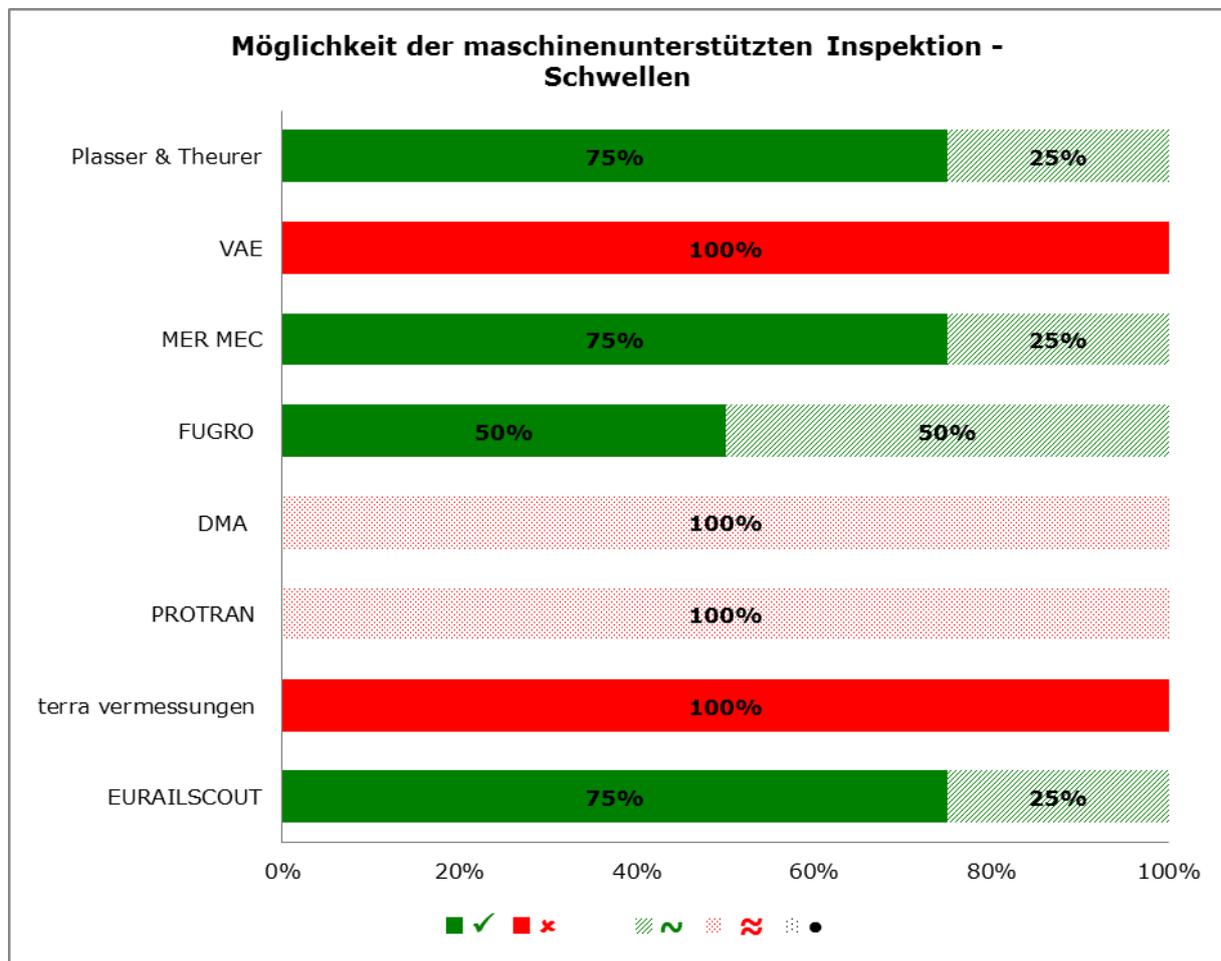


Abbildung 60 Möglichkeit der Maschineninspektion - Schwellen

Bei Betrachtung der einzelnen Inspektionstätigkeiten mit den jeweiligen Systemen (Tabelle 48) ist ersichtlich, dass die Kontrolle hinsichtlich der festen und richtigen Lage sowie des Zustands der Schwellen durch die Technologien von vier der acht betrachteten Unternehmen möglich ist. Das Einarbeiten der Platte in die Schwelle ist durch zwei Systeme ausdrücklich umsetzbar. Die Erkennung von Füllschwellen ist mittels der Technologien von Plasser & Theurer möglich, müsste jedoch aufgrund der eingesetzten Messtechnologien ebenfalls durch drei weitere Systeme realisierbar sein.

Weiters kann festgehalten werden, dass bei einer Kombination aller Systeme eine Übernahme dieser Inspektionstätigkeiten gewährleistet werden könnte. Weiters besteht ein hohes Potential einer gesamtheitlichen maschinellen Ausführung der Inspektionstätigkeiten durch vier Technologien.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
Inspektionstätigkeiten – Schwellen	SIM [26][88]	Swiss Trolley [90]	ASIV -	TCMS -	RILA Track [92]	gesamt [20][21] [27]	gesamt [17] [109]	gesamt [93][94]
festen u. richtige Lage	✓	✗	⌘	⌘	✓	✓	✗	✓
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	✓	✗	⌘	⌘	⌘	✓	✗	⌘
Füllschwellen	⌘	✗	⌘	⌘	⌘	⌘	✗	✓
Zustand (Risse und Brüche etc.)	✓	✗	⌘	⌘	✓	✓	✗	✓

Tabelle 48 Maschineninspektion im Detail - Schwellen

## 9.14 Auswertung der Inspektionen - Schotterbett / Feste Fahrbahn

Auf die Darstellung der prozentualen Durchführungsmöglichkeit der Inspektionen durch die betrachteten Systeme der Unternehmen wird aufgrund der geringen Anzahl von Inspektionstätigkeiten verzichtet. Die einzelnen Tätigkeiten sind in der Tabelle 49 angeführt.

	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
Inspektionstätigkeiten – Schotterbett / Feste Fahrbahn	SIM [26][88]	Swiss Trolley [90]	ASIV -	TCMS -	RILA Track [92]	gesamt [20][21] [27]	gesamt [17][25]	gesamt [94]
allgemein	✓	✗	⌘	⌘	⌘	✓	•	✓
Schäden bei der Festen Fahrbahn	⌘	✗	⌘	⌘	✓	✓	✗	✓
Spritzstöße	✓	✗	⌘	⌘	⌘	✓	✗	✓

Tabelle 49 Maschineninspektion im Detail - Schotterbett / Feste Fahrbahn

Die Inspektionstätigkeiten für das Schotterbett bzw. der Festen Fahrbahn können jeweils von drei Systemen erhoben werden. Dies entspricht einer Inspektion des Schotterbettes hinsichtlich allgemeiner Verschmutzung, einer Erkennung von Schäden der Festen Fahrbahn sowie die Detektion der im Schotterbett entstandener Spritzstöße. Zusätzlich wäre aufgrund der Messtechnologie des Weicheninspektions- und Messsystems SIM die Schadenserkennung bei einer Festen Fahrbahn theoretisch möglich.

Betrachtet man die einzelnen Inspektionstätigkeiten mit den jeweiligen Systemen, ist ersichtlich, dass das im schweizerischen Gleisnetz verwendete erweiterte Diagnosefahrzeug von MER MEC sowie die Technologien von Plasser & Theurer alle drei Tätigkeiten maschinell umsetzen können.

## Analyse der Messsysteme zur automatisierten Inspektion

Lediglich ein System verfügt über kein Potential zur maschinellen Durchführung dieser Inspektionstätigkeiten. Eine maschinelle Erhebung dieser Inspektionpunkte erscheint bei zwei weiteren Systemen aufgrund deren Messprinzips ebenfalls eher unwahrscheinlich.

An dieser Stelle ist jedoch noch anzumerken, dass eine allgemeine Inspektion des Schotterbettes durch die Verwendung ortsfester Anlagen möglich erscheint. In diesem Fall handelt es sich nicht um eine Erkennung der Schotterbettverunreinigung, sondern um eine punktuelle Messung hinsichtlich einer Einsenkung des Schotterbettes.

### 9.15 Auswertung der Inspektionen - Ultraschall

Eine Kontrolle mittels Ultraschall ist innerhalb von Weichen für die Ermittlung von nicht mit freiem Auge erkennbaren Fehlern von Bedeutung [46].

Hinsichtlich dieser Inspektionstätigkeiten wurde in den Vorschriften der SBB speziell auf die Ultraschallprüfung in Weichen sowie von Schweißverbindungen eingegangen.

Bezüglich einer Möglichkeit der maschinellen Durchführung von Ultraschallprüfungen (Tabelle 50) ist ersichtlich, dass innerhalb der Weiche lediglich ein System diese Prüfung ausdrücklich durchführen könnte und eine Ultraschallprüfung der Schweißungen aufgrund der Messtechnologie theoretisch möglich sein müsste.

	EURAIL-SCOUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
<b>Inspektionstätigkeiten – Ultraschallprüfung</b>	SIM [87]	Swiss Trolley -	ASIV -	TCMS -	RILA Track -	gesamt -	gesamt [109]	gesamt [33]
Ultraschallprüfung Weiche	x	≈	≈	≈	≈	≈	x	✓
Ultraschallprüfung Schweißungen	x	≈	≈	≈	≈	≈	x	≈

Tabelle 50 Maschineninspektion im Detail - Ultraschallprüfung

Weiters ist ersichtlich, dass bezüglich der restlichen Systeme aufgrund deren Technologie ein geringes Potential hinsichtlich einer Übernahme dieser beiden Inspektionpunkte vorhanden wäre bzw. zwei der Systeme ausdrücklich eine Ultraschallprüfung nicht durchführen können.

## 10 Ergebnisse der Inspektionsauswertungen

Abbildung 61 soll nochmals eine Zusammenfassung hinsichtlich der betrachteten Unternehmen bzw. deren Messsystemen und der Möglichkeit, die verschiedenen Inspektionspunkte durch Maschinenunterstützung ausführen zu können, darstellen. Diese Abbildung soll allerdings nicht als Beurteilung der Systeme bzw. des Unternehmens verstanden werden, sondern lediglich die prozentuale Möglichkeit einer maschinellen Inspektionsübernahme illustrieren.

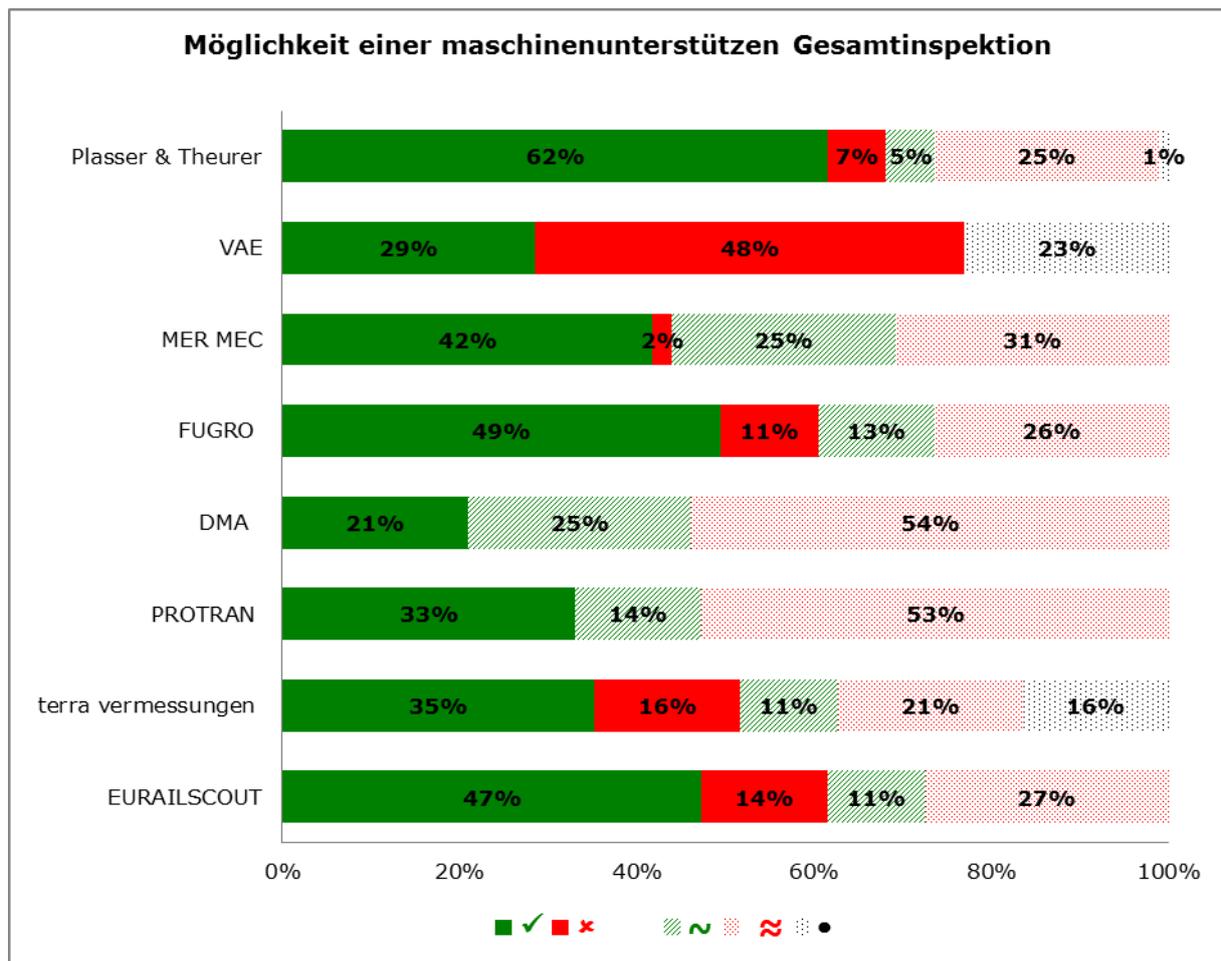


Abbildung 61 Möglichkeit einer maschinenunterstützten Gesamtinspektion

Die Technologie vom Unternehmen Plasser & Theurer wäre in der Lage, 62% der gesamten 91 Inspektionspunkte maschinell zu erfassen. Dies entspricht einer Anzahl von 56 Inspektionstätigkeiten und würde somit für eine alternative Inspektionsdurchführung großes Potential aufweisen.

Eine Übernahme von nahezu 50% sämtlicher betrachteten Inspektionspunkte könnten mit dem System RILA Track des niederländischen Herstellers FUGRO (49 % - 45 Inspek-

tionen) sowie durch das Weicheninspektions- und Messsystem SIM von EURAILSCOUT (47% - 43 Inspektionen) erzielt werden.

Mit insgesamt 21% der gesamten Inspektionstätigkeiten weist das Weichenmesssystem von DMA das geringste Potential zur Inspektionsautomatisierung auf. Bei diesem System sowie beim schienenfahrtauglichen Kleinlastkraftwagen (ASIV) ist jedoch zu erwähnen, dass keine der angeführten Inspektionstätigkeiten ausdrücklich ausgeschlossen worden sind. Mehr als die Hälfte der Inspektionpunkte sind jedoch hinsichtlich der Messtechnologie theoretisch nicht für eine maschinelle Erhebung geeignet.

Betrachtet man die Inspektionpunkte, welche für die alternative Messung nicht geeignet wären, ist ersichtlich, dass nahezu 50% der Inspektionstätigkeiten nicht durch ortsfeste Anlagen der VAE erhoben werden können. Dies ist jedoch aufgrund der punktuellen Messung dieser ortsfesten Anlagen bzw. auf die spezielle Ausrichtung für bestimmte Weichenbereiche rückzuführen. Da sich eine Vielzahl der Inspektionpunkte auf die Ermittlung geometrischer Bedingungen sowie Erhebung des Verschleißes an Weichenbauteile beziehen, erscheint eine Übernahme dieser Inspektionpunkte durch die ortsfesten Anlagen zum größten Teil nicht möglich. Das Potential dieser Anlagen liegt jedoch in der Inspektionsübernahme von signal- und sicherungstechnischen Einrichtungen, des Weichenverschlusses sowie der Weichenheizung.

An dieser Stelle ist hinsichtlich der ortsfesten Anlagen noch eine Besonderheit gegenüber den anderen Systemen zu erwähnen, welche sich mit 23% in der Darstellung abbilden lässt. Dieser Prozentsatz entspricht 21 Inspektionstätigkeiten, welche durch verschiedene ortsfeste Technologien ermittelt werden könnten. Die Ermittlung dieser Inspektionpunkte erfolgt entweder indirekt oder ist aufgrund einer großen Anzahl der Sensoren zwar theoretisch möglich, eine praxisrelevante Umsetzung aufgrund des erforderlichen Aufwandes jedoch eher unwahrscheinlich.

Gesamtheitlich betrachtet wäre eine alternative Möglichkeit zur Durchführung der Inspektionpunkte durch die Technologien der acht betrachteten Unternehmen jeweils zum Teil gegeben. Durch die intensive Auseinandersetzung mit sämtlichen Messsystemen würde sich sogar noch ein höheres Potential zur maschinengestützten Inspektion aufzeigen lassen, die Bestätigungen darüber konnten jedoch von den betrachteten Unternehmen aus diversen Gründen teilweise nicht erbracht werden.

Wäre die Übernahme dieser Inspektionstätigkeiten ebenfalls möglich, könnten die betrachteten Technologien jeweils knapp 50% der Inspektionpunkte maschinell erheben. Dies könnte im besten Fall eine nahezu 70-prozentige Übernahme aller 91 verwiesenen Inspektionstätigkeiten gewährleisten.

## Ergebnisse der Inspektionsauswertungen

Ein höherer Automatisierungsgrad der Inspektionstätigkeiten kann durch die Kombination aus ortsfesten Anlagen der VAE mit den jeweiligen Systemen der Unternehmen erzielt werden (Abbildung 62). Dabei ist ersichtlich, dass durch eine Kombination der jeweiligen Messtechnologien mit einem Einbau von ortsfesten Anlagen (VAE) eine Steigerung der automatisierten Durchführung der Inspektionpunkte um jeweils ca. 30% erzielt wird. Der Anteil der durch eine automatisierte Inspektion abgedeckten Tätigkeiten kann dadurch auf nahezu 100% angehoben werden.

Großes Potential für eine automatisierte Inspektionsdurchführung weisen die Kombinationen der Unternehmen EURAILSCOUT mit VAE, MER MEC mit VAE sowie Plasser & Theurer mit VAE auf. Die Kombination der Messtechnologie von Plasser & Theurer mit den ortsfesten Anlagen der VAE wäre in der Lage 96% aller Inspektionstätigkeiten abzudecken. Dies entspricht den höchst möglichen Automatisierungsgrad aller Technologiekombinationen der sieben Unternehmen mit den ortsfesten Anlagen.

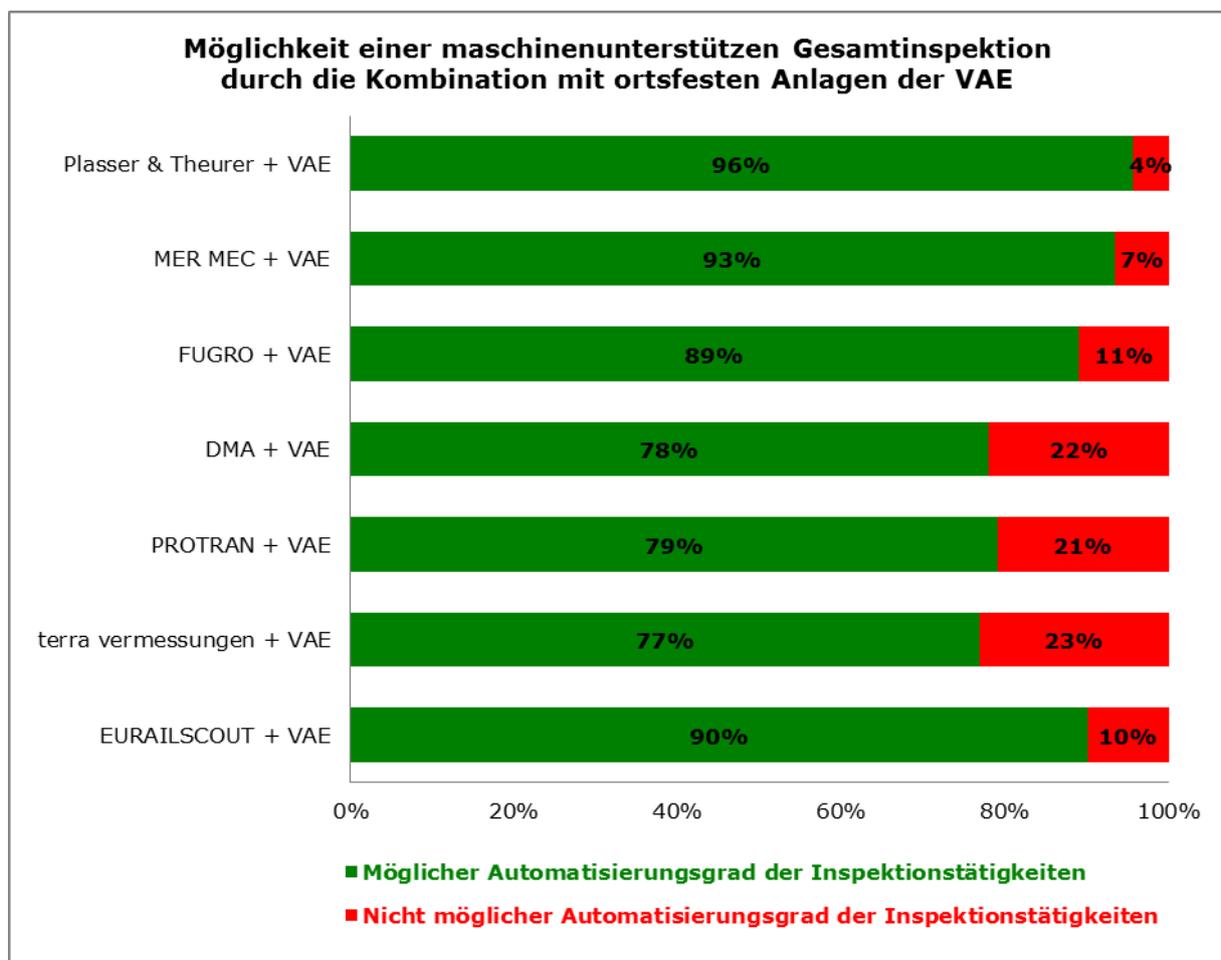


Abbildung 62 Möglicher Automatisierungsgrad durch eine Systemkombination

Betrachtet man den Anteil der durch eine automatisierte Inspektion abgedeckten Tätigkeiten der Kombination Plasser & Theurer und VAE im Detail (Tabelle 54), ist ersichtlich, dass lediglich vier der 91 betrachteten Inspektionstätigkeiten durch die Kombination nicht erhoben werden können. Diese Inspektionstätigkeiten betreffen die Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüssen, die Kontrolle der Weichensignale und Sicherheitszeichen auf etwaigen Beschädigungen bzw. Verschmutzungen, das Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Flügelschienen sowie die Ermittlung der Verschleißreserve der Stockschiene.

Im Falle einer Kombination der Messtechnologie von MER MEC mit den ortsfesten Anlagen der VAE wären sechs Inspektionstätigkeiten (7%) nicht automatisiert durchführbar. Dies betrifft ebenfalls die Kontrolle der Weichensignale und Sicherheitszeichen sowie die Überprüfung der Einstellung und der Vorspannung der HRS-Verschlüsse. Zusätzlich kann durch diese Technologiekombination keine Ultraschallprüfung in Weichen und bei Schweißungen automatisiert durchgeführt werden. Die Erhebung des Istzustandes der Laschen in Schienenstößen sowie eine Kontrolle der HBS-Roller (Umstellhilfe) sind ebenfalls nicht automatisierbare Inspektionstätigkeiten. Eine Inspektionsdurchführung hinsichtlich einer Ermittlung der Verschleißreserve der Stockschiene und Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Flügelschienen ist durch diese Kombination möglich.

Wählt man als Bezugspunkt die Systemkombination aus Plasser & Theurer und der VAE kann festgehalten werden, dass sämtliche andere Kombinationen eine höhere Anzahl an Inspektionspunkten aufweisen, welche nicht automatisiert umgesetzt werden können (Tabelle 51 bis Tabelle 54). Weiters ist ersichtlich, dass die nicht maschinell durchführbaren Inspektionstätigkeiten teilweise ident sind (Inspektion der Einstellung und der Vorspannung bei HRS-Verschlüssen, Inspektion der HBS-Roller, Ultraschallprüfung im Bereich von Schweißungen).

Ergebnisse der Inspektionsauswertungen

		EURAILS-COUT	terra vermesungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
		SIM	Swiss Trolley	ASIV	TCMS	RILA Track	gesamt	gesamt	gesamt
		[26] [87] [88]	[84] [89] [90]	[13] [19]	[18] [29]	[28] [91] [92]	[20] [21] [27] [77]	[17] [24] [25] [109]	[33] [93] [94] [95]
Zungenvorrichtung	Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	•	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	✓	≈	≈	≈	≈	≈	✗	✓
	Ausbrüche	✓	✓	✓	✓	✓	≈	✗	✓
	Flankenneigung der Zunge	✓	•	≈	✓	✓	≈	✗	✓
	Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	•	✓	≈	✓	✓	•	✓
	Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	≈	•	≈	≈	✗	≈	✓	✗
	Position und Höhe Zungenspitze	✓	✓	✓	✓	✓	≈	✗	✓
	Überwalzung	✓	•	✓	≈	✓	✓	•	✓
	Verschleißreserve Stockschiene	✗	✓	✓	≈	✓	≈	✗	•
	Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	✗	≈	≈	≈	≈	≈	✓	✓
	Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	✓	≈	✓	✓	≈	≈	✗	✓
	Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	✗	•	≈	≈	✓	≈	•	✓
	kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagstollen - Sicherstellung Parallelität	✗	✓	≈	≈	✓	≈	•	✗
	kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	✗	✓	✓	✓	✓	≈	✓	✗
	Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	≈	✗	≈	≈	✓	≈	•	✓
	Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	≈	✗	≈	≈	✓	≈	✗	✓
Abnutzung des Ecogliss (Gleitplattensystem)	≈	✗	≈	≈	≈	✓	✗	✓	
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfe)	✗	✗	≈	≈	✗	≈	✓	✓	
Herzstück	Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	✓	✓	✓	≈	≈	≈	✓	✓
	Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	•	✓	≈	✓	✓	✗	✓
	Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	≈	✓	✓	≈	✓	≈	✗	✓
	Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	≈	•	✓	≈	✓	✓	•	✓
	Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	≈	≈	≈	≈	≈	≈	✓	✗
	Überwalzung	≈	•	✓	≈	✓	✓	•	✓
	Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	✗	✓	≈	≈	✓	≈	✗	✓
	Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an Flügelschiene	✗	✓	≈	≈	✓	≈	✗	✗
	Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	✗	≈	≈	≈	≈	≈	•	✗
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	✗	✗	≈	≈	✗	≈	✗	✓	

Tabelle 51 Maschineninspektion aller Inspektionstätigkeiten im Detail I

Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ≈ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
  - Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

Ergebnisse der Inspektionsauswertungen

		EURAILS-COUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
		SIM	Swiss Trolley	ASIV	TCMS	RILA Track	gesamt	gesamt	gesamt
		[26] [87] [88]	[84] [89] [90]	[13] [19]	[18] [29]	[28] [91] [92]	[20] [21] [27] [77]	[17] [24] [25] [109]	[33] [93] [94] [95]
<b>Geometrie</b>	allg. Geometrie Gleise/Weiche	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Lagefehler (z.B. Gleiseinsenkung)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Überhöhung (Querhöhe)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Richtung (Pfeilhöhe)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Längshöhe	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Verwindung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Spurweite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	•	✓
	Durchgangsweite bzw. engster Durchgang	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓
	Rillenweite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Leitweite	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Schienen</b>	Überwalzung	✓	•	✓	?	✓	✓	✗	✓
	Abnutzung seitlich	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Abnutzung vertikal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Fahrkantendelle	✓	✓	✓	?	✓	?	✗	✓
	Fahrkantenresthöhe	✓	✓	✓	?	✓	?	✗	✓
	Fahrkantenwinkel	✓	✓	✓	?	✓	?	✗	✓
	Flächenverschleiß	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	✓	✓	✓	?	✗	✓	✗	✓
	Schienenbrüche	✓	✓	?	?	✗	✓	✗	✓
	Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	✓	✓	?	?	✓	✓	✗	✓
	Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	✓	✗	?	?	✓	✓	✗	✓
<b>Schienenstöße</b>	Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	✓	•	?	?	✗	✗	✗	✓
	Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	?	•	?	?	✗	✓	✓	✓
	Stoßlücken	✓	✓	?	?	✗	✓	•	✓
	Überwalzungen	✓	•	?	?	✓	✓	✗	✓

Tabelle 52 Maschineninspektion aller Inspektionstätigkeiten im Detail II

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ? Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ⊘ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
  - Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

Ergebnisse der Inspektionsauswertungen

		EURAILS-COUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
		SIM	Swiss Trolley	ASIV	TCMS	RILA Track	gesamt	gesamt	gesamt
		[26] [87] [88]	[84] [89] [90]	[13] [19]	[18] [29]	[28] [91] [92]	[20] [21] [27] [77]	[17] [24] [25] [109]	[33] [93] [94] [95]
Signaltechn. Einrichtungen	Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	??	??	??	??	??	??	✓	??
	Anzeige Weichensignal	??	??	??	??	??	??	•	??
	elektronische Anschlüsse	??	??	??	??	??	??	•	??
	Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	??	??	??	??	??	??	✓	??
	Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	??	??	??	??	??	??	✓	??
	Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	??	??	??	??	??	??	✓	??
Sicherungstechn. Einrichtungen	Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	??	??	??	??	??	??	✗	??
	Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	??	??	??	??	??	??	✓	??
	Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	??	??	??	??	??	??	✓	??
	Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichen Herzstück in beide Richtungen	??	??	??	??	??	??	✓	??
Weichenverschlüsse	Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	??	??	??	??	??	??	✓	??
	Weichenantrieb hins. Zustandskontrolle	??	✗	??	??	✗	??	✓	??
	Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	??	??	??	??	??	??	✗	??
	Fremdkörpererkennung beim beweglichen Herzstück	??	??	??	??	??	??	•	??
	Fremdkörpererkennung bei Zunge	??	??	??	??	??	??	✓	??
	Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	??	✓	??	??	??	??	✓	??
	Klaffen der Zungenspitze	??	??	??	??	??	??	✓	??
	Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	??	??	??	??	??	??	•	??
Befestigungsmittel	Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	??	??	??	??	??	??	•	??
	Verschussprobe Hilfsverschlüsse	??	??	??	??	??	??	•	??
	allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	✓	✓	??	??	✓	✓	•	✓
	Kraftschluss Schiene und Schwelle	✗	??	??	??	??	✓	•	??
	bei Stößen	✓	??	??	??	??	✗	•	✓
	Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	??	✓	??	??	✓	??	•	??
Befestigungsmittel	Schwellenkappen	??	•	??	??	✗	??	✗	??
	Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	✓	✗	??	??	✓	✓	✗	??

Tabelle 53 Maschineninspektion aller Inspektionstätigkeiten im Detail III

Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ?? Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ?? Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
  - Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

Ergebnisse der Inspektionsauswertungen

		EURAILS-COUT	terra vermessungen	PROTRAN	DMA	FUGRO	MER MEC	VAE	Plasser & Theurer
		SIM	Swiss Trolley	ASIV	TCMS	RILA Track	gesamt	gesamt	gesamt
		[26] [87] [88]	[84] [89] [90]	[13] [19]	[18] [29]	[28] [91] [92]	[20] [21] [27] [77]	[17] [24] [25] [109]	[33] [93] [94] [95]
Radlenker	Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	✓	•	✓	~	✓	✓	✓	✓
Weichenheizung	Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	~	~	~	~	~	~	✓	~
	Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	~	~	~	~	~	~	✓	~
Schwelle	feste u. richtige Lage	✓	✗	~	~	✓	✓	✗	✓
	Einarbeiten der Platte in die Schwelle	✓	✗	~	~	~	✓	✗	~
	Füllschwellen	~	✗	~	~	~	~	✗	✓
	Zustand (Risse und Brüche etc.)	✓	✗	~	~	✓	✓	✗	✓
Schotterbett / FF	allgemein	✓	✗	~	~	~	✓	•	✓
	Schäden bei der Festen Fahrbahn	~	✗	~	~	✓	✓	✗	✓
	Spritzstöße	✓	✗	~	~	~	✓	✗	✓
Ultraschall	Ultraschallprüfung Weiche	✗	~	~	~	~	~	✗	✓
	Ultraschallprüfung Schweißungen	✗	~	~	~	~	~	✗	~

Tabelle 54 Maschineninspektion aller Inspektionstätigkeiten im Detail IV

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ~ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
  - Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

Um ein besseres Verständnis hinsichtlich des Verschleißverhaltens von Weichen zu erhalten bzw. um nachfolgend eine maschinelle Inspektionsdurchführung sinnvoll einsetzen zu können, wird abschließend noch auf ein Pilotprojekt der SBB, die *Smarte Weiche*, eingegangen und diese Technologie bzw. die Methodik näher beleuchtet.

## 11 Smarte Weiche ZMUS7

Als Pilotprojekt wurde die *Smarte Weiche* in Zusammenarbeit der SBB AG und der PJ Messtechnik GmbH ins Leben gerufen. Dabei handelt es sich um die im Züricher Hauptbahnhof situierte Weiche 7, welche mit vier eigenständigen Beschleunigungssensoren ausgestattet wurde. Die Applikation dieser Sensoren sowie eine Übersicht der Weichenlage werden nachfolgend erläutert und mittels einer Bilddokumentation unterstützt.

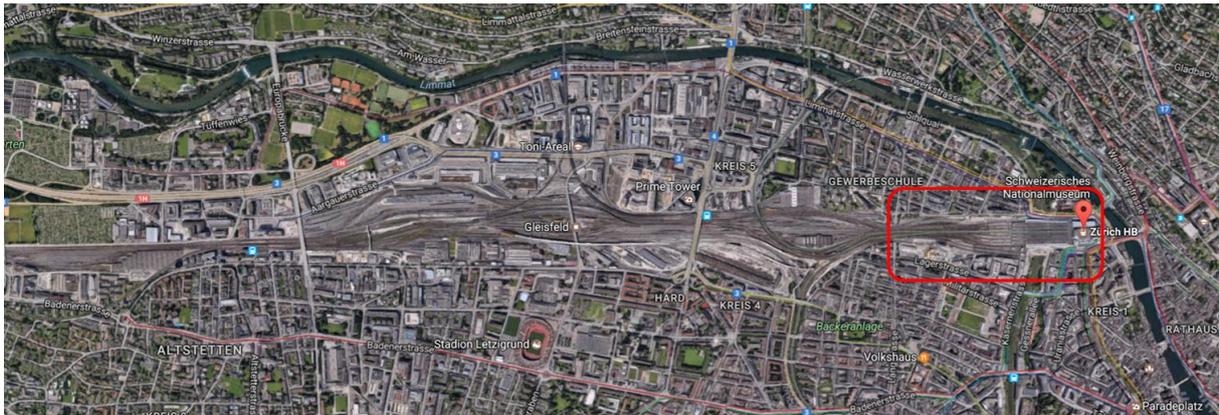


Abbildung 63 Züricher Hauptbahnhof

Der Züricher Hauptbahnhof (Abbildung 63) wird in eine obere (Abbildung 64) sowie in eine untere Etage geteilt. Die Weiche 7, bezeichnet als ZMUS7, befindet sich zwischen Kilometer 99.5 und 99.6 auf der unteren Etage (Abbildung 65) und stellt die Einfahrtsweiche zur Museumsstraße für den Perron 43 und 44 dar [108][99]. Hinsichtlich der Geometrie ist diese Weiche als Linkswiche der Form IV-500-1:12 ausgeführt. Dies bedeutet, dass der abzweigende Gleisstrang, gesehen vom Weichenanfang in Richtung Weichenende, das Schienenfahrzeug nach links ablenkt. Weiters geht aus der genannten Kurzform hervor, dass die Weiche das Schienenprofil 54E2 sowie einen Abzweigradius von 500 Metern und einen Winkel von 1:12 besitzt.

Smarte Weiche ZMUS7

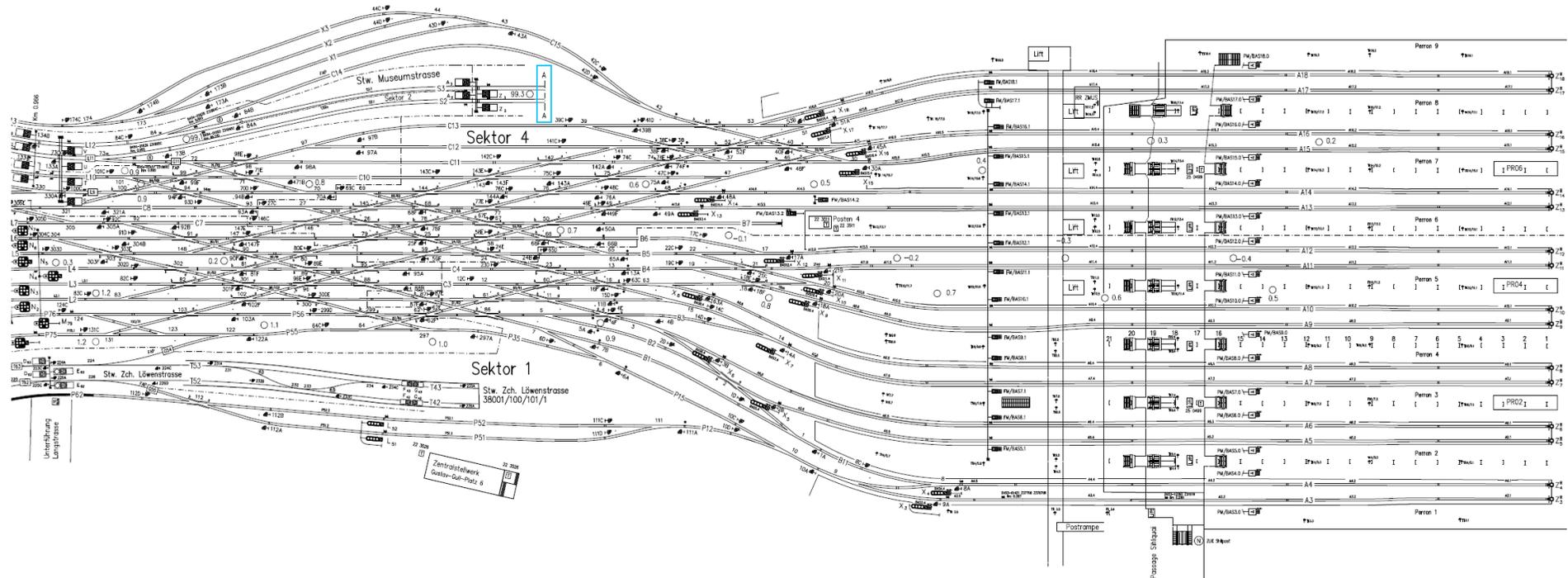


Abbildung 64 Gleis-/Weichenplan des Zürcher Hauptbahnhofs - obere Etage [99]

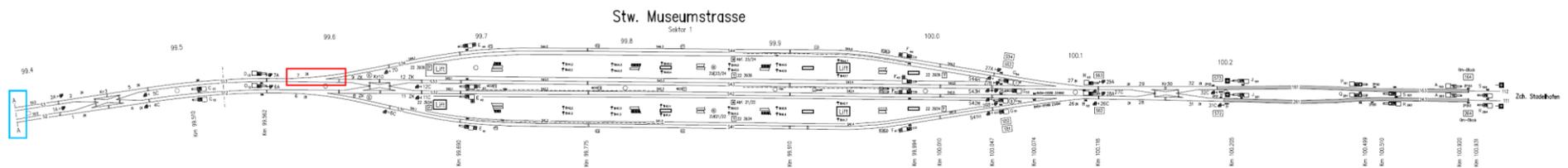


Abbildung 65 Gleis-/Weichenplan des Zürcher Hauptbahnhofs - untere Etage [99]





### 11.3 Sensoreinbau

Innerhalb der genehmigten Sperrpause für den Gleisabschnitt Museumsstraße, in welchem die Weiche 7 situiert ist, galt es den zuvor geplanten und geprobten Einbau der Beschleunigungssensoren vorzunehmen. Der Einbau dieser Messtechnik sowie die Fertigstellung für den Anschluss an den Messverstärker erfolgte am Freitag dem 21. April 2017 im Zeitfenster von 0:35 Uhr bis 4:50 Uhr.

Die Positionierung der Beschleunigungssensoren wurde aufgrund der Anfahrspuren an der Herzstückspitze vor Ort verändert (Abbildung 69 und Abbildung 70). Dabei wurde die Applikation des Adapters sowie der beiden Beschleunigungssensoren (400g) weiter in Richtung der Herzstückspitze versetzt und somit von der anfänglichen Positionierung abgesehen.



Abbildung 69 Sensorposition am Herzstück - Draufsicht



Abbildung 70 Sensorposition am Herzstück - Vermessung Draufsicht

Wie in der nachfolgenden Abbildung 71 ersichtlich, wurde ausgehend von der Herzstückspitze in Richtung Weichenende mit einer Entfernung von rund zwei Zentimetern (vertikale Achse des Sensors) der Beschleunigungssensor für die Y-Richtung angebracht. Der Sensor, welcher Beschleunigungen in Z-Richtung am Herzstück aufnimmt, wurde rund 22 Zentimeter hinter der Herzstückspitze positioniert. Diese beiden einachsigen Sensoren wurden zum Zwecke der Wiedererkennung als a\_PJM\_400g\_z\_Herz bzw. als a\_PJM\_400g\_y\_Herz gekennzeichnet.

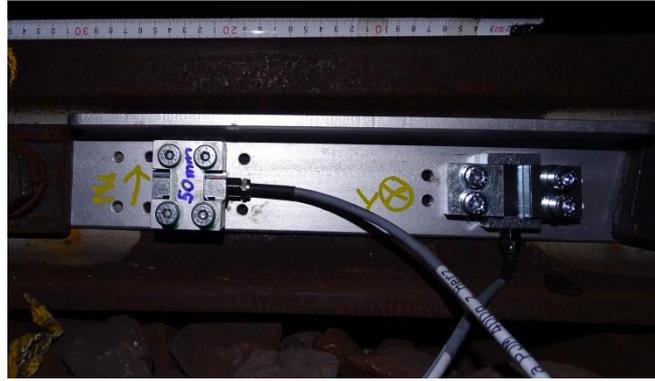


Abbildung 71 Sensorposition am Herzstück - Vermessung Seitenansicht

Die Beschleunigungssensoren für die halbe Zungenvorrichtung, mit der Bezeichnung a\_PJM\_400g\_z\_Zunge und a\_PJM\_400g\_y\_Zunge, wurden mit Hilfe eines Adapters einzeln unterhalb des Schienenfußes befestigt. Ausgehend von der Zungenspitze wurde der Beschleunigungssensor für die Y-Komponente in Richtung Weichenanfang mit einer Entfernung von rund 50 Zentimeter eingebaut. Die Entfernung des Beschleunigungssensors für die Z-Richtung wurde mit rund 59 Zentimeter von der Zungenspitze festgelegt (Abbildung 72).



Abbildung 72 Sensorposition bei der Zungenvorrichtung

Zum Schutz gegen Beschädigungen der Übertragungskabel wurden diese mit Hilfe von Kabelbindern alle 2 Meter an den Schienenklemmen (Abbildung 73) befestigt. Diese Befestigungsmaßnahme soll sicherstellen, dass die Kabel von zukünftigen Stopfvorgängen nicht beschädigt werden.



Abbildung 73 Befestigung der Kabel beim Herzstück (links) und Zunge (rechts)

## Smarte Weiche ZMUS7

Zum Abschluss erfolgte, nach zuvor getätigter Kennzeichnung des Herzstückes in fünf Zentimeter Abschnitte (Abbildung 74), eine Vermessung der Herzstückprofile 1 bis 13 (Profil 0 kennzeichnet dabei die Herzstückspitze) in diesen Abschnittintervallen mittels CALIBRI (Abbildung 75). Diese Profilvermessung wird für einen späteren Vergleich der Verschleißerscheinungen am Herzstücke benötigt.



Abbildung 74 Profileinteilung Herzstück

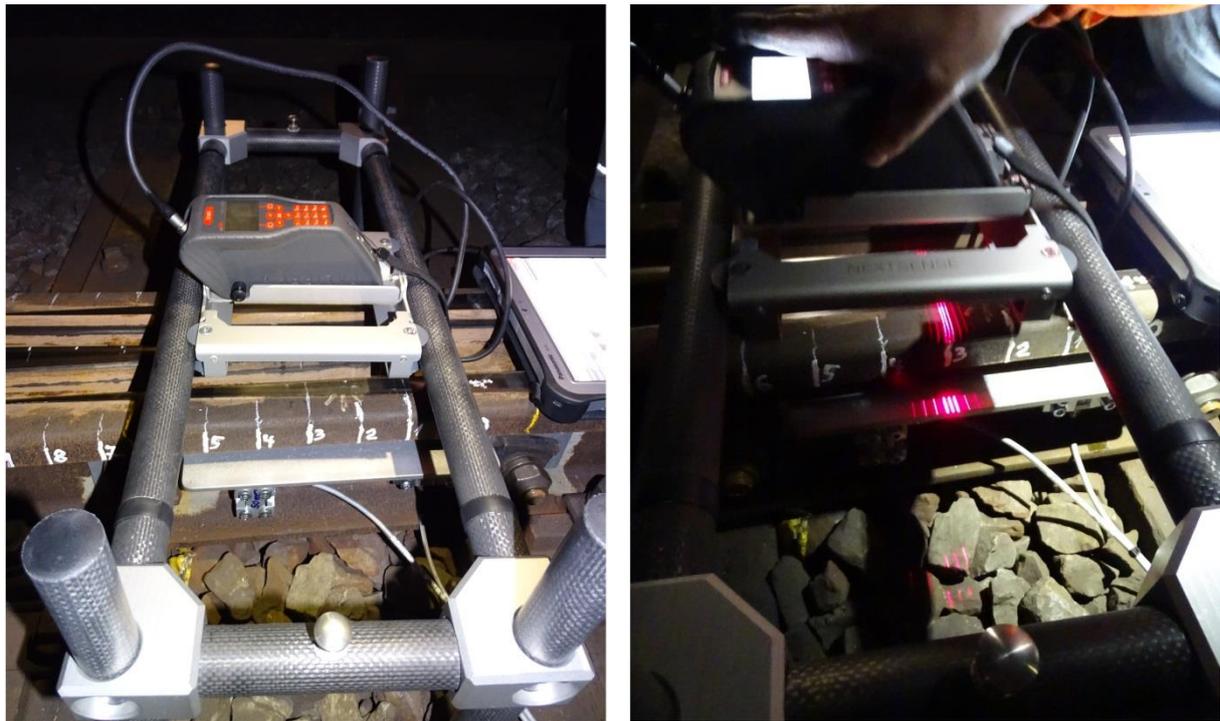


Abbildung 75 Einstellung und Profilvermessung des Herzstückes mit CALIBRI



Abbildung 76 Profilvermessung des Herzstückes mit CALIBRI

#### 11.4 Zielsetzung der smarten Weiche

Die *Smarte Weiche* ist in Ihrer Ausprägung durchaus in die Kategorie der smarten Infrastruktur einzuordnen. Durch die angebrachten Sensoren innerhalb der Weiche sollen Beschleunigungen ermittelt werden, welche in weiterer Folge einen Rückschluss auf gewisse Verschleißerscheinungen erlauben sollten. Somit könnte es in Zukunft möglich sein, schlagende Herzstücke oder ähnliche Defekte innerhalb einer Weiche frühzeitig zu erkennen und zu beheben. Zu diesem Zweck muss allerdings noch der Zusammenhang zwischen den Beschleunigungsdaten, welche von den Sensoren der Smarten Weiche ermittelt werden, mit jenen, welche durch Beschleunigungssensoren auf den Schienenfahrzeugen aufgezeichnet werden, untersucht bzw. verifiziert werden.

Der Vision einer smarten Infrastruktur, welche dem Betreiber Echtzeitdaten über den Istzustand der Anlage übermittelt und eine selbstständige Erkennung von Schäden in absehbarer Zeit ermöglicht, kann somit einen weiteren Schritt nähergekommen werden.

## 12 Resümee / Schlussbemerkungen / Ausblick

Die regelmäßige Inspektion einer Weiche stellt eine wichtige Tätigkeit zur Verlängerung bzw. zur optimalen Ausnutzung der technischen Nutzungsdauer dar. Diese Inspektionstätigkeiten sollten die Funktionstüchtigkeit bzw. etwaige Beschädigungen einzelner Weichenbauteile sowie die geometrischen Grundmaße der Weiche feststellen und erforderlichenfalls Instandsetzungsmaßnahmen einleiten, welche zur Wiederherstellung der Sollfunktion einer Weiche führen. Der momentane Stand der Technik sieht für Weichen hauptsächlich eine manuelle Inspektionsdurchführung vor. Diese werden gegenwärtig vom Inspektionspersonal im Gefahrenraum, nach den in den Regelwerken/Richtlinien festgelegten Inspektionsintervallen, durchgeführt.

Hinsichtlich der Inspektion einer Weiche kann festgehalten werden, dass deren Durchführung durch das Bahnpersonal im Gleisnetz der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) von Grund auf anders als bei den Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) erfolgt. Dabei sieht die ÖBB-Infrastruktur AG für die gesamte Dauer der Weicheninspektion eine Gleissperre (keine Fahrten) für den erforderlichen Abschnitt vor. Bei den SBB wird diese Sperre nur bei Strecken, in welcher keine Selbstsicherung des Inspektionspersonals gewährleistet werden kann, durchgeführt. Dies sind beispielsweise Schnellfahrstrecken mit einer zulässigen Geschwindigkeit von über 160 km/h. Weiters gibt es Unterschiede zwischen den Inspektionsarten innerhalb der SBB. Dabei wird einerseits zwischen der visuellen Besichtigung, bei welcher sich kein Personal im Gefahrenraum befindet, und andererseits einer Kontrolle, die innerhalb des Gefahrenraumes stattfindet, unterschieden.

Bezüglich der Periodizitäten der Weicheninspektion wurden sämtliche Regelwerke/Richtlinien der SBB betrachtet. Innerhalb dieser Vorschriften wird das Inspektionsintervall je nach Weichenart, nach der Geschwindigkeit im Stammgleis sowie nach dem Stellsystem und der Gesamtbelastung pro Tag zeitlich unterschiedlich geregelt. Dabei konnte aufgezeigt werden, dass sich innerhalb einer dieser Vorschriften die zeitlichen Inspektionsintervalle gravierend zu den restlichen Vorschriften unterscheiden. Dies ist der Grund, warum sich dieses Regelwerk (R RTE 22066) aktuell in Überarbeitung befindet.

Innerhalb des getätigten Inspektionsvergleichs der einzelnen Regelwerke/Richtlinien bei der Bahnen wurden sämtliche weichenrelevanten Inspektionstätigkeiten gegenübergestellt. Hierbei zeigten sich Unterschiede hinsichtlich der zu inspizierenden Weichenkomponenten sowie bezüglich des in den Vorschriften geregelten Umfangs der Tätigkeiten. Die Inspektion der Weichengeometrie ist der einzige vermerkte Bereich, welcher sowohl

bei den SBB als auch bei der ÖBB-Infrastruktur AG eine gänzliche Übereinstimmung, bezüglich des Umfanges und der Inspektionstätigkeiten, aufweist.

Wie dargestellt werden konnte, ist die Weicheninspektion zum momentanen Zeitpunkt sehr personalintensiv und stellt durch die im Gleisabschnitt befindlichen Personen ein erhöhtes Gefährdungspotential dar. Dies sollte zu einem Umdenken, weg von der manuellen, intervallgetriebenen Inspektionstätigkeit von Weichen, führen.

Dem oben angeführten Gedanken folgend, die manuelle Inspektion durch eine automatisierte Selbstkontrolle zu ersetzen, wurden verschiedene Messsysteme sowie eine Kombination dieser mit ortsfesten Anlagen betrachtet und folgend auf deren Möglichkeit einer maschinenunterstützten Durchführung der Inspektionstätigkeiten hin untersucht.

Bezüglich der Analyse von ortsfesten Anlagen der VAE konnte ein Potential zur automatisierten Selbstkontrolle der Weiche von ca. 50% aufgezeigt werden. Aufgrund der in den Regelwerken/Richtlinien definierten, erforderlichen Inspektionstätigkeiten ist zum aktuellen Zeitpunkt keine gänzliche Selbstüberwachung der Weiche mittels ortsfesten Anlagen möglich, jedoch zeigen sich unter anderem Vorteile hinsichtlich einer automatisierten Inspektion der sicherungs- und signaltechnischen Einrichtungen. Dies bedeutet, dass die *Smarte Weiche* zum momentanen Zeitpunkt bereits einen Teilbereich aller Inspektionstätigkeiten automatisiert durchführen kann, für eine gesamtheitliche Inspektionsausführung jedoch zusätzlich maschinelle Messungen erforderlich sind.

Ein Potenzial zur maschinellen Durchführung der Inspektionstätigkeiten konnte ebenfalls für die Systeme aller betrachteten Unternehmen aufgezeigt werden. Dabei ist die momentane Technologie dieser einzelnen Systeme in der Lage bis zu 70% der Inspektionstätigkeiten automatisiert durchzuführen. Dies bedeutet, dass für diesen Inspektionsanteil eine Begehung der Weiche nicht mehr erforderlich wäre.

Aufgrund der unterschiedlichen Messprinzipien der betrachteten Systeme und der ortsfesten Anlagen ist es möglich, den Automatisierungsgrad der Inspektionstätigkeiten durch eine Kombination dieser zu steigern. Diese beiden Systemtechnologien können somit eine automatisierte bzw. maschinelle Durchführung der Weicheninspektion von bis zu 96% ermöglichen. Weiters konnte bei der Betrachtung aller Kombinationen der Messsysteme mit den ortsfesten Anlagen festgestellt werden, dass es sich bei den nicht automatisierbaren Inspektionspunkten beinahe immer um dieselben Tätigkeiten handelt.

Der mögliche Automatisierungsgrad beider Technologien (System + VAE) zeigt das enorme Potential zur automatisierten Inspektionsdurchführung. Jedoch ist an dieser Stelle ebenfalls der negative Aspekt der Mess- bzw. Inspektionssysteme zu erwähnen. Durch die erforderliche Befahrung der Weiche mittels den betrachteten Systemen wäre eine Sper-

re des Gleisabschnittes notwendig. Dabei ist nach der Messung/Inspektion des Stammgleises eine Rückfahrt zum Weichenanfang erforderlich, um eine anschließende Messung/Inspektion des Zweiggleises vornehmen zu können. Zusätzlich ist für diese Durchführung die Umstellung der Weiche von Nöten. Dies würde einerseits eine Sperrpause des Gleisabschnittes für die gesamte Messdauer bedingen und andererseits eine aufwändige Steuerung der Weichen mit sich bringen, welche mit dem Fahrplan des Inspektionsfahrzeuges kommunizieren müsste.

Aufgrund dieser Anforderungen ist eine Inspektionsautomatisierung mittels Mess- bzw. Diagnosefahrzeuge für Weichen nur bedingt möglich. Die Technologien der betrachteten Systeme ermöglichen größtenteils eine maschinelle Durchführung der Inspektionstätigkeiten, benötigen jedoch alle samt eine Sperre des Gleisabschnittes. Um diese zu vermeiden bedarf es der Neuentwicklung einer Messapparatur, ausgerüstet mit den bereits am Markt befindlichen Technologien. Dies könnte mittels eines kompakten, selbstfahrenden Messapparats – beispielsweise einem Roboter – bewerkstelligt werden. Weiters müsste diese Technologie über ein intelligentes Steuerungssystem verfügen, welches eine Implementierung in das Sicherheitssystem mit gleichzeitiger Gewährleistung der Fahrwegsicherung ermöglicht. Zudem müsste dieses System ebenfalls über eine Akzeptanz der Freihaltung des Gleisabschnittes für die vom Sicherheitssystem festgelegten Zugfahrten verfügen. Diese Intelligenz ist für die Eigenständigkeit in Bezug auf die Fahrwegstellung (Weichenumstellung) erforderlich.

Bezugnehmend auf die Inspektionsanalyse wurde das Pilotprojekt *Smarte Weiche* betrachtet. Hierbei erfolgte die Applikation von vier unterschiedlich positionierten Beschleunigungssensoren an einer hochfrequentierten Weiche im Züricher Hauptbahnhof. Diese intelligente Infrastruktur könnte somit neue Erkenntnisse bezüglich verschiedenster Verschleißmechanismen liefern und als Bindeglied zwischen der derzeitigen Situation und der visionären Selbstdiagnosefähigkeit von Weichen fungieren.

Abschließend ist noch zu erwähnen, dass durch die Analyse der Messtechnologien in Kombination mit den ortsfesten Anlagen ein hohes Potential aufgezeigt werden konnte. Die Inspektionstätigkeiten, welche nicht automatisiert werden können, sind größtenteils nur innerhalb der Regelwerke/Richtlinien der SBB angeführt. Dies ist bei sechs von sieben Kombinationen der Fall. Wie bereits beim Vergleich der Inspektionen aufgezeigt wurde, unterscheiden sich die Inspektionstätigkeiten der beiden Bahnen beträchtlich. Dabei ist nicht nachzuvollziehen, warum ein Weichenbauteil in unterschiedlichen Ländern unterschiedlich inspiziert wird. Weiters gilt es noch anzumerken, dass sich der Themenschwerpunkt dieser Arbeit auf die Analyse der Messsysteme zur automatisierten Weicheninspektion konzentriert. Die Begründung hinsichtlich der unterschiedlichen Inspektionstätigkeiten ist nicht Ziel dieser Arbeit und bedarf einer Abklärung durch das Fachpersonal.

## Literaturverzeichnis

- [1] Bernhard, Lichtberger: *Handbuch Gleis*, DW Media Group GmbH, 2010, Hamburg
- [2] Günter, Berg; Horst, Henker: *Eisenbahnbau Weichen*, Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1978, Berlin
- [3] Kurt, Matyas: *Instandhaltungslogistik Qualität und Produktivität steigern*, Carl Hanser Verlag München Wien, 2013, München
- [4] Michael, Schenk: *Instandhaltung technischer Systeme*, Springer Verlag, 2010, Berlin-Heidelberg
- [5] Lothar, Fendrich; Wolfgang, Fengler: *Handbuch Eisenbahninfrastruktur*, Springer Vieweg, 2013, Berlin Heidelberg
- [6] Wolfgang, Schiemann: *Schienenverkehrstechnik – Grundlagen der Gleistrassierung*, B. G. Teubner, 2002, Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden
- [7] Volker, Matthews: *Bahnbau*, Vieweg+Teubner Verlag, 2011, Wiesbaden
- [8] Joachim, Fiedler; Wolfgang, Scherz: *Bahnwesen*, Werner Verlag, 2012, Köln
- [9] Matthias, Strunz: *Instandhaltung*, Springer Vieweg, 2012, Berlin Heidelberg
- [10] Jörn, Pacht: *Systemtechnik des Schienenverkehrs*, Vieweg+Teubner Verlag, 2011, Wiesbaden
- [11] Ulrich, Maschek: *Sicherung des Schienenverkehrs*, Springer Vieweg, 2015, Weisbaden
- [12] Marco, Schmid; Hans-Peter, Müller: *Zustandsorientierte Inspektion und Instandhaltung an der Weiche*, Der Eisenbahningenieur, Dezember 2014
- [13] Allan M., Zarembski et al. : *Development, Implementation, and Validation of an Automated Turnout Inspection Vehicle*, Paper, IHHA Conference, 2011, Calgary
- [14] Dieter, Jussel: *Vorlesungsskriptum Spurführung*, 2013, Graz
- [15] Peter, Veit; Stefan, Walter: *Vorlesungsskriptum Eisenbahnwesen*, 2012/2013, Graz
- [16] Georg, Hanzl: *Feste Fahrbahn Vergleich der Systeme STA, Rheda 2000 und LVT*, Master-Projekt, 2016/17, Graz

## Literaturverzeichnis

- [17] Kurt Seidl: *Weichendiagnosesystem (WDS) ROADMASTER® Light und Advanced in den "DACH" Ländern (D/AUT/CH) + Nahverkehr*, voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH, Präsentation, 2017, Zeltweg
- [18] DMA Srl Torino: *T & C measurement for metros A few notes about the reports and the measured parameters*, Präsentation, 2017, Torino
- [19] PROTRAN TECHNOLOGY: *ASIV – Automated Switch Inspection Vehicle System*, Präsentation, New Jersey
- [20] Peter, Wälchli: *Selbstfahrendes Diagnosefahrzeug*, SBB Infrastruktur, Präsentation, 2010, Bern
- [21] Jürg, Schlatter: *Maschinelle Streckeninspektion nach I-20149*, SBB CFF FFS, Präsentation FB-Rapport, 2016
- [22] I-AT-UEW-MUD: *Industrialisierung Weichenüberwachung*, Factsheet, SBB CFF FFS, 2015, Bern
- [23] Andreas, Hernus: *Spherolock NG – Betriebshandbuch Industriebahn Schweiz*, voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH, 2014, Zeltweg
- [24] Gerald, Poier: *ROADMASTER – Hardware Betriebshandbuch*, voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH, Abteilung HDF, 2016, Zeltweg
- [25] Gerald, Poier: *ROADMASTER – Hardware Betriebshandbuch Wiener Linien*, voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH, Abteilung HDF, 2014, Zeltweg
- [26] Erland, Tegelberg et al. : *Weiche - Wir inspizieren: 100 Weichen, Messung in 6 Stunden*, EURAILSCOUT Inspection & Analysis B.V., Fact Sheet EURAILSCOUT, Amersfort
- [27] Maria, Cannito et al. : *System Operating and Maintenance Manuel System E3 (VCUBE & RHIS)*, MER MEC S.p.A., 2017, Monopoli
- [28] FUGRO RailData: *FUGRO RILA TRACK GEOMETRY*, Service Flyer, 2015
- [29] DMA Srl Torino: *Turnout & Crossing Measurement System (TCMS)*, Produktinformationsbroschüre, Torino
- [30] Plasser & Theurer - Export von Baumaschinen Gesellschaft m.b.H.: *Berührloses Schienenprofil-Messsystem*, Produktinformationsbroschüre, Wien

## Literaturverzeichnis

- [31] Plasser & Theurer - Export von Baumaschinen Gesellschaft m.b.H: *Gleiskomponenten-Videoüberwachungssystem*, Produktinformationsbroschüre, Wien
- [32] Plasser & Theurer - Export von Baumaschinen Gesellschaft m.b.H: *Berührloses Gleisgeometrie-Messsystem*, Produktinformationsbroschüre, Wien
- [33] Plasser & Theurer - Export von Baumaschinen Gesellschaft m.b.H: *Ultraschall-Schienenfehler-Erkennungssystem*, Produktinformationsbroschüre, Wien
- [34] Bundesamt für Verkehr: *Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV)*, Bundesamt für Bauten und Logistik, 2016, Bern
- [35] ÖNORM EN 13306:2010-10-01, *Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung* (EN 13306:2010)
- [36] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): *DIN 31051:2003-06. Grundlagen der Instandhaltung*, 2003
- [37] Reinhart, Kuntner: *ÖBB 40 - Schriftliche Betriebsanweisung Arbeitnehmerschutz*, Versicherungsanstalt für Eisenbahnen und Bergbau (VAEB), 2015, Wien
- [38] Verband öffentlicher Verkehr: *Regelwerk Technik Eisenbahn D RTE 22056 Kontrollmasse der Weichen Normalspur (D RTE 22056)*, 2015, Bern
- [39] Verband öffentlicher Verkehr: *Regelwerk Technik Eisenbahn R RTE 22066 Einbau, Kontrollen und Unterhat von Weichen Normalspur (R RTE 22066)*, 2015, Bern
- [40] Verband öffentlicher Verkehr: *Regelwerk Technik Eisenbahn R RTE 20100 Sicherheit bei Arbeiten im Gleis (R RTE 20100)*, 2017, Bern
- [41] I-AT-FB-TEC: *Regelwerk I-50151 Anleitung zum Gebrauch der Kontrolllehren für die Prüfung der Entgleisungssicherheit in Weichen (R I-50151)*, SBB CFF FFS, 2015
- [42] I-AT-FBI: *Regelwerk I-22046 Geometrische Gestaltung der Fahrbahn für Normalspur (R I-22046)*, SBB CFF FFS, 2010
- [43] I-AT-FW-FBTE: *Regelwerk I-50194 Einbau und Instandhaltungskonzept Hydrostarweichen (R I-50194)*, SBB CFF FFS, 2017
- [44] I-FW-PS-FB: *Regelwerk I-22070 Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen (R I-22070)*, SBB CFF FFS, 2009

## Literaturverzeichnis

- [45] I-AT-FW-FBTE: *Regelwerk I-50149 Streckeninspektion (R I-50149)*, SBB CFF FFS, 2016
- [46] I-FW-AM: *Regelwerk I-22220 Ultraschallprüfungen von Schienen und Weichenbauteilen (R I-22220)*, SBB CFF FFS, 2007
- [47] I-FW-PS: *Regelwerk I-22067 Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Schnellfahrweichen (R I-22067)*, SBB CFF FFS, 2007
- [48] ÖBB-Infrastruktur AG: *Regelwerk 13.02.01 Weichenbau allgemein (RW 13.02.01)*, 2014, Wien
- [49] ÖBB-Infrastruktur AG: *Regelwerk 07.03.01 Schotteroberbau – Weichen, Kreuzungen und Schienenauszugsvorrichtungen Planung und konstruktive Ausführung (RW 07.03.01)*, 2016, Wien
- [50] ÖBB-Infrastruktur AG: *Regelwerk 01.05 Entwerfen von Bahnanlagen - Streckenquerschnitte (RW 01.05)*, 2012, Wien
- [51] ÖBB-Infrastruktur AG: *Regelwerk 06.01.01 Instandhaltungsplan Oberbauanlagen (RW 06.01.01)*, 2013, Wien
- [52] ÖBB GB Fahrweg Technik: *Zusatzbestimmungen zu den Oberbauvorschriften 44 Weichenuntersuchung (ZOV 44)*, 2004
- [53] ÖBB-Infrastruktur AG: *Technische Anweisung der Fahrwegtechnik 01.2015 Erweiterte Inspektion von Weichen und Kreuzungen (TA-FWT 01.2015)*, 2015, Wien
- [54] ÖBB-Infrastruktur AG: *Anlage 100 zur B 45 Instandhaltung - Technische Richtlinien für Eisenbahnbrücken und sonstige Konstruktive Ingenieurbauwerke*, 2011
- [55] <http://www.eurailpress.de/leseprobe/180/download/magazine.pdf>, Abfrage vom 03.06.2016
- [56] <http://nimga.de/v/2FeY8>, Abfrage vom 07.06.2016
- [57] <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/inspektion.html>, Abfrage vom 09.06.2016
- [58] <http://www.pruefplaketten-news.de/inspektion-wartung-instandsetzung-wo-liegt-der-unterschied.html>, Abfrage vom 09.06.2016

## Literaturverzeichnis

- [59] <https://www.flickr.com/photos/elsie/galleries/72157625528185447/>, Abfrage vom 09.06.2016
- [60] <https://www.voestalpine.com/bwg/de/produkte/hgv/herz/eh-fb>, Abfrage vom 13.06.2016
- [61] [http://www.mitmachseite.de/\\_img/weiche.jpg](http://www.mitmachseite.de/_img/weiche.jpg), Abfrage vom 18.06.2016
- [62] <http://cdn.rhombergbau.at/bookshelf/prospekt-schraubenlochanierung/files/assets/common/downloads/publication.pdf>, Abfrage vom 13.06.2016
- [63] [http://www.schwihag.com/uploads/media/datenblatt\\_w\\_sl\\_1\\_600\\_de.pdf](http://www.schwihag.com/uploads/media/datenblatt_w_sl_1_600_de.pdf), Abfrage vom 19.06.2016
- [64] <http://www.vde8.de/de/vde-82-neubau/feste-fahrbahn-oebb-porr>, Abfrage vom 20.06.2016
- [65] [http://uegg.eu/fileadmin/user\\_upload/qualitaetspreis/n0021009\\_stibler\\_tu\\_graz.pdf](http://uegg.eu/fileadmin/user_upload/qualitaetspreis/n0021009_stibler_tu_graz.pdf), Abfrage vom 25.06.2016
- [66] <http://www.lokifahrer.ch/lukmanier/infra/gleis-und-rad/weiche.htm>, Abfrage vom 23.06.2016
- [67] <http://definition-online.de/wartung/>, Abfrage vom 09.07.2016
- [68] <http://www.vogelundploetscher.de/d/ptp2/index.php>, Abfrage 17.01.2017
- [69] <http://www.gleisbau-welt.de/site/weichen/weichengeometrie.htm>, Abfrage vom 20.01.2017
- [70] <http://plattform-digitale-netze.de/app/uploads/2016/06/IT-Gipfel-2014-AG8-Strategiepapier.pdf>, Abfrage vom 24.02.2017
- [71] <https://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0ahUKEwi29qLAsMHTAhXsAMAKHaEEA7sQFghUMAY&url=http%3A%2F%2Fwww.aph.gov.au%2F~%2Fmedia%2F02%2520Parliamentary%2520Business%2F24%2520Committees%2F243%2520Reps%2520Committees%2FInfrastructure%2520Transport%2FSmartICT%2FChapter2.pdf%3Fla%3Den&usg=AFQjCNHI8ss-maFu7erzSqEKQtXbQwbGog>, Abfrage vom 24.02.2017

## Literaturverzeichnis

- [72] <http://www.nytimes.com/2009/04/30/business/energy-environment/30smart.html>, Abfrage vom 24.02.2017
- [73] [https://www.voestalpine.com/bwg/static/sites/c015/downloads/de/produkte/Roadmaster\\_de.pdf](https://www.voestalpine.com/bwg/static/sites/c015/downloads/de/produkte/Roadmaster_de.pdf), Abfrage vom 10.03.2017
- [74] <https://www.isnconference.com/what-is-smart-infrastructure/>, Abfrage vom 24.02.2017
- [75] [https://www.voestalpine.com/bwg/static/sites/c015/downloads/de/produkte/IS2000\\_de.pdf](https://www.voestalpine.com/bwg/static/sites/c015/downloads/de/produkte/IS2000_de.pdf), Abfrage vom 10.03.2017
- [76] <http://www.dmatorino.it/turnout-crossing-measurement-system-tcms/>, Abfrage vom 10.03.2017
- [77] <http://www.mermecgroup.com/inspect/recording-cars/104/roger-1000.php>, Abfrage vom 30.03.2017
- [78] <http://www.mermecgroup.com/inspect/track-measurement/185/track-geometry.php>, Abfrage vom 30.03.2017
- [79] <http://www.eurailscout.de/services/weiche/sim---die-vorteile/>, Abfrage vom 03.04.2017
- [80] <http://www.terra.ch/de/bahnvermessung.html>, Abfrage vom 03.04.2017
- [81] <http://www.andreas-bachtler.eu/schweiz.htm>, Abfrage vom 04.04.2017
- [82] <https://de.wikipedia.org/wiki/schutzweiche#/media/file:schutzweiche.jpg>, Abfrage vom 04.04.2017
- [83] <http://www.mermecgroup.com/de/inspizieren/schienenvermessung/185/schienen-geometrie.php>, Abfrage vom 04.04.2017
- [84] [http://www.terra.ch/tl\\_files/content/Downloads/Bahn%20Zustandserfassung\\_Fahrtweg\\_terra%20vermessungen\\_pc-soft.pdf](http://www.terra.ch/tl_files/content/Downloads/Bahn%20Zustandserfassung_Fahrtweg_terra%20vermessungen_pc-soft.pdf), Abfrage vom 04.04.2017
- [85] <https://www.google.at/maps/place/Z%C3%BCrich+HB/@47.3933399,8.501825,8098a,35y,22.07h/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47900a08cc0e6e41:0xf5c698b65f8c52a7!8m2!3d47.377923!4d8.5401898>, Abfrage vom 04.04.2017
- [86] <http://ensco.com/rail>, Abfrage vom 05.04.2017

## Literaturverzeichnis

- [87] Ralf, Ahlbrink: Mitarbeiter EURAILSCOUT Inspection & Analysis B.V., elektronischer Schriftverkehr, 21.03.2017
- [88] Ralf, Ahlbrink: Mitarbeiter EURAILSCOUT Inspection & Analysis B.V., elektronischer Schriftverkehr, 06.04.2017
- [89] Daniel, Wiesemann: Mitarbeiter terra vermessungen ag, elektronischer Schriftverkehr, 16.03.2017
- [90] Daniel, Wiesemann: Mitarbeiter terra vermessungen ag, elektronischer Schriftverkehr, 31.03.2017
- [91] Jack, Vogelaar: Mitarbeiter FUGRO RailData, elektronischer Schriftverkehr, 10.03.2017
- [92] Jack, Vogelaar: Mitarbeiter FUGRO RailData, elektronischer Schriftverkehr, 23.03.2017
- [93] Claudia, Peinsipp: Mitarbeiterin Plasser & Theurer - Export von Baumaschinen Gesellschaft m.b.H, elektronischer Schriftverkehr, 12.04.2017
- [94] Claudia, Peinsipp: Mitarbeiterin Plasser & Theurer - Export von Baumaschinen Gesellschaft m.b.H, elektronischer Schriftverkehr, 19.04.2017
- [95] Claudia, Peinsipp: Mitarbeiterin Plasser & Theurer - Export von Baumaschinen Gesellschaft m.b.H, elektronischer Schriftverkehr, 27.04.2017
- [96] Claudia, Peinsipp: Mitarbeiterin Plasser & Theurer - Export von Baumaschinen Gesellschaft m.b.H, elektronischer Schriftverkehr, 04.05.2017
- [97] José, Cautems: Mitarbeiter MATISA Matériel Industriel S.A, elektronischer Schriftverkehr, 15.03.2017
- [98] Peter, Werner: Mitarbeiter Research-and-production center of information and transport systems (INFOTRANS), elektronischer Schriftverkehr, 28.03.2017
- [99] Martin, Brunner: Mitarbeiter Schweizerische Bundesbahn SBB, I-AT-FW-FBTE, elektronischer Schriftverkehr, 06.03.2017
- [100] Daniel, Siegenthaler: Mitarbeiter Schweizerische Bundesbahn SBB, I-AT-UEW-MUD-TEN, elektronischer Schriftverkehr, 30.03.2017

## Literaturverzeichnis

- [101] Peter, Wälchli: Mitarbeiter Schweizerische Bundesbahn SBB, I-AT-UEW-MUD-TEN, elektronischer Schriftverkehr, 04.04.2017
- [102] Peter, Wälchli: Mitarbeiter Schweizerische Bundesbahn SBB, I-AT-UEW-MUD-TEN, elektronischer Schriftverkehr, 24.04.2017
- [103] Werner, Spari: Mitarbeiter Österreichische Bundesbahn ÖBB, INFRA.SAE, elektronischer Schriftverkehr, 27.03.2017
- [104] Martin, Joch: Mitarbeiter PJ Messtechnik GmbH, elektronischer Schriftverkehr, 09.03.2017
- [105] SBB CFF FFS: *Zürich ZSW – ZVB*, Übersichtslageplan SA, Längenmaßstab 1;~2000, 2016
- [106] SBB CFF FFS: *EW BS IV – 500 – 1:12 F/H F/B Einfache Weiche Einheitstyp SBB IV*, Weichenlageplan, Maßstab 1:50
- [107] SBB CFF FFS: *Einfaches Bogenverbundherzstück für EW IV/90-500-1:12*, Detailplan Herzstück, Maßstab 1:10
- [108] Kurt, Seidl: Mitarbeiter voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH, persönliche Auskunft, 31.03.2017
- [109] Kurt, Seidl: Mitarbeiter voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH, persönliche Auskunft, 12.04.2017
- [110] Anna, Frisee: Mitarbeiterin Schweizerische Bundesbahn SBB, I-AT-FW-FBA, telefonische Auskunft, 04.04.2017

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Übersicht der Weichenarten .....	12
Abbildung 2 Einfache Weiche .....	13
Abbildung 3 Doppelweiche [56] .....	13
Abbildung 4 Symmetrische Einzelweiche [61].....	14
Abbildung 5 Flankenschutzweiche [82] .....	14
Abbildung 6 Gerade Kreuzung [70] .....	15
Abbildung 7 Einfache Kreuzungsweiche [62] .....	15
Abbildung 8 Doppelte Kreuzungsweiche.....	16
Abbildung 9 An- und abliegende Zunge .....	16
Abbildung 10 Geschliffene Zungenprofile .....	17
Abbildung 11 Profilanpassung - Zunge und Stockschiene (Backenschiene) [5].....	17
Abbildung 12 Kreuzung - Doppelherzstücke [14] .....	19
Abbildung 13 starres Herzstück .....	19
Abbildung 14 Bewegliches Herzstück [59].....	20
Abbildung 15 Gerader Radlenker (rechts, Blickrichtung WA-WE).....	21
Abbildung 16 K-Befestigung.....	22
Abbildung 17 KS-Befestigung mit Spannklemme [62] .....	23
Abbildung 18 W-Befestigung [62] .....	23
Abbildung 19 Pandrolbefestigung [59].....	23
Abbildung 20 abliegende Zunge auf Gleitsattel .....	24
Abbildung 21 Schematische Darstellung Zwischenlage [63] .....	25
Abbildung 22 Feste Fahrbahn [62].....	27
Abbildung 23 Klammerverschluss .....	28
Abbildung 24 Weichenantrieb – mechanisch ferngestellt.....	30
Abbildung 25 Gliederung der Instandhaltung.....	32
Abbildung 26 Messposition der Spurführungsmaße in einer einfachen Weiche [38].....	37
Abbildung 27 Switch inspection and measurement system [77].....	62
Abbildung 28 Profilmessung einer Weichenzunge [87] .....	63
Abbildung 29 SwissTrolley II [80] .....	64
Abbildung 30 Laser Scanner SwissTrolley II [80] .....	64
Abbildung 31 Schienenkopf Scanner SwissTrolley II [80] .....	65
Abbildung 32 Schienenkameras SwissTrolley II [80] .....	65
Abbildung 33 Georadar SwissTrolley II [80] .....	65
Abbildung 34 Automated Switch Inspection Vehicle [13].....	66
Abbildung 35 Profilausgabe einer gebrochenen Weichenzungenspitze [19].....	66
Abbildung 36 TCMS - Turnout & Crossing Measurement System [29] .....	67
Abbildung 37 RILA Track [91] .....	68

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 38 Sichtbreite RILA [91] .....	68
Abbildung 39 Roger 1000 der SBB [77] .....	69
Abbildung 40 Funktionsschema TIS [27].....	70
Abbildung 41 Aufnahme Stoßlücke durch RHIS [27].....	70
Abbildung 42 Darstellung einer Schienenbefestigung mit TMS [27] .....	71
Abbildung 43 Zungensensor: Außenansicht (li) und Innenansicht (re) [17] .....	72
Abbildung 44 IS 2000 [74] .....	72
Abbildung 45 Herzspitzensensor [25] .....	73
Abbildung 46 Schienenprofil-Messsystem [30].....	74
Abbildung 47 Messschema des Schienenprofil-Messsystems [30].....	74
Abbildung 48 Darstellung des Messprinzips des Videoüberwachungssystems [31] .....	75
Abbildung 49 Fehlererkennung durch das Videoüberwachungssystem [31] .....	75
Abbildung 50 Doppeltes OGMS-System auf Messrahmen [32] .....	76
Abbildung 51 Möglichkeit der Maschineninspektion - Zungenvorrichtung.....	79
Abbildung 52 Möglichkeit der Maschineninspektion - Herzstück .....	82
Abbildung 53 Möglichkeit der Maschineninspektion - Geometrie.....	85
Abbildung 54 Möglichkeit der Maschineninspektion - Schienen.....	87
Abbildung 55 Möglichkeit der Maschineninspektion - Schienenstöße .....	89
Abbildung 56 Möglichkeit der Maschineninspektion – signaltechn. Einrichtungen.....	90
Abbildung 57 Möglichkeit der Maschineninspektion – sicherungstechn. Einrichtungen ....	93
Abbildung 58 Möglichkeit der Maschineninspektion - Weichenverschlüsse .....	94
Abbildung 59 Möglichkeit der Maschineninspektion – Befestigungsmittel.....	97
Abbildung 60 Möglichkeit der Maschineninspektion - Schwellen .....	100
Abbildung 61 Möglichkeit einer maschinenunterstützten Gesamtinspektion .....	103
Abbildung 62 Möglicher Automatisierungsgrad durch eine Systemkombination .....	105
Abbildung 63 Züricher Hauptbahnhof .....	111
Abbildung 64 Gleis-/Weichenplan des Züricher Hauptbahnhofs - obere Etage [99] .....	112
Abbildung 65 Gleis-/Weichenplan des Züricher Hauptbahnhofs - untere Etage [99].....	112
Abbildung 66 Übersicht Positionierung der Sensoren [106] .....	113
Abbildung 67 Geplante Sensorapplikation - Zungenvorrichtung [106].....	113
Abbildung 68 geplante Sensorapplikation - Herzstück [107].....	114
Abbildung 69 Sensorposition am Herzstück - Draufsicht .....	115
Abbildung 70 Sensorposition am Herzstück - Vermessung Draufsicht .....	115
Abbildung 71 Sensorposition am Herzstück - Vermessung Seitenansicht.....	116
Abbildung 72 Sensorposition bei der Zungenvorrichtung.....	116
Abbildung 73 Befestigung der Kabel beim Herzstück (links) und Zunge (rechts) .....	116
Abbildung 74 Profileinteilung Herzstück .....	117
Abbildung 75 Einstellung und Profilvermessung des Herzstückes mit CALIBRI .....	117
Abbildung 76 Profilvermessung des Herzstückes mit CALIBRI.....	118

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Periodizität oberbautechnische Kontrolle .....	40
Tabelle 2	Periodizität sicherungstechnische Kontrolle .....	41
Tabelle 3	Periodizität Ultraschallprüfung .....	42
Tabelle 4	Periodizität Gleismesswagenfahrt .....	43
Tabelle 5	Periodizität Streckeninspektion .....	44
Tabelle 6	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Zungenvorrichtung .....	45
Tabelle 7	Unterschiedliche Inspektionspunkte – Zungenvorrichtung .....	46
Tabelle 8	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Herzstück .....	47
Tabelle 9	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Herzstück.....	48
Tabelle 10	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Geometrie.....	49
Tabelle 11	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Schiene .....	50
Tabelle 12	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Schiene.....	50
Tabelle 13	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Radlenker.....	51
Tabelle 14	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Schienenstöße .....	51
Tabelle 15	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Schienenstöße .....	51
Tabelle 16	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Weichenverschlüsse .....	52
Tabelle 17	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Weichenverschlüsse.....	52
Tabelle 18	Übereinstimmende Inspektionspunkte - signaltechn. Einrichtungen .....	53
Tabelle 19	Unterschiedliche Inspektionspunkte - signaltechn. Einrichtungen.....	53
Tabelle 20	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Weichenantrieb .....	53
Tabelle 21	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Weichenheizung .....	54
Tabelle 22	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Befestigungsmittel .....	55
Tabelle 23	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Befestigungsmittel.....	55
Tabelle 24	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Schwellen .....	56
Tabelle 25	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Schwellen.....	56
Tabelle 26	Übereinstimmende Inspektionspunkte – Ultraschallprüfung .....	57
Tabelle 27	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Ultraschallprüfung .....	57
Tabelle 28	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Schotterbett / Feste Fahrbahn .....	57
Tabelle 29	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Schotterbett / Feste Fahrbahn .....	57
Tabelle 30	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Isolierteile.....	58
Tabelle 31	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Isolierteile .....	58
Tabelle 32	Übereinstimmende Inspektionspunkte - erweiterter Fahrweg .....	59
Tabelle 33	Unterschiedliche Inspektionspunkte - erweiterter Fahrweg .....	59
Tabelle 34	Übereinstimmende Inspektionspunkte - Entwässerung.....	60
Tabelle 35	Unterschiedliche Inspektionspunkte - Entwässerung .....	60
Tabelle 36	Sonstige Inspektionspunkte.....	60
Tabelle 37	Maschineninspektion im Detail - Zungenvorrichtung .....	80

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 38 Maschineninspektion im Detail - Herzstück .....	83
Tabelle 39 Maschineninspektion im Detail - Radlenker .....	84
Tabelle 40 Maschineninspektion im Detail - Geometrie .....	86
Tabelle 41 Maschineninspektion im Detail - Schienen .....	88
Tabelle 42 Maschineninspektion im Detail - Schienenstöße.....	90
Tabelle 43 Maschineninspektion im Detail – signaltechn. Einrichtungen .....	92
Tabelle 44 Maschineninspektion im Detail – sicherungstechn. Einrichtungen .....	93
Tabelle 45 Maschineninspektion im Detail - Weichenverschlüsse .....	95
Tabelle 46 Maschineninspektion im Detail - Weichenheizung .....	96
Tabelle 47 Maschineninspektion im Detail - Befestigungsmittel .....	98
Tabelle 48 Maschineninspektion im Detail - Schwellen .....	101
Tabelle 49 Maschineninspektion im Detail - Schotterbett / Feste Fahrbahn.....	101
Tabelle 50 Maschineninspektion im Detail - Ultraschallprüfung .....	102
Tabelle 51 Maschineninspektion aller Inspektionstätigkeiten im Detail I.....	107
Tabelle 52 Maschineninspektion aller Inspektionstätigkeiten im Detail II.....	108
Tabelle 53 Maschineninspektion aller Inspektionstätigkeiten im Detail III .....	109
Tabelle 54 Maschineninspektion aller Inspektionstätigkeiten im Detail IV .....	110

## Anhang

Möglichkeit der automatisierten Inspektionsdurchführung im Detail inklusive Anmerkung und Quelle - Fa. EURAILSCOUT Inspection & Analysis B.V. (SIM)

Inspektionstätigkeiten - Zungenvorrichtung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	[26]	
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	✓	[26][88]	
Ausbrüche	✓	[88]	ab > ~ 20 mm Länge
Flankenneigung der Zunge	✓	[88]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	[88]	
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	≈		
Position und Höhe Zungenspitze	✓	[88]	
Überwalzung	✓	[88]	
Verschleißreserve Stockschiene	✗	[88]	
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	✗	[88]	
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	✓	[87]	
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	✗	[88]	
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagstollen - Sicherstellung Parallelität	✗	[88]	
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	✗	[88]	
Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	≈		
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	≈		
Abnutzung des Ecogliss (Gleitplattensystem)	≈		
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfe)	✗	[88]	

Inspektionstätigkeiten - Herzstück		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	✓	[88]	
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	[26][88]	
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	≈		Ausbrüche bei Zunge < 20mm Länge erkennbar.
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	≈		Potential müsste durch die Möglichkeit der Erkennung eines Grades bei Zungen gegeben sein.
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	≈		
Überwalzung	≈		Potential müsste durch Möglichkeit der Erkennung einer Überwalzung bei Zungen gegeben sein.
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	✗	[88]	
Anliegen der Herzstückspitze an Flügelschiene	✗	[88]	
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	✗	[88]	
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	✗	[88]	

Inspektionstätigkeiten - Radlenker		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	✓	[88]	

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ≈ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
  - Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. EURAILSCOUT Inspection &amp; Analysis B.V. (SIM)

Inspektionstätigkeiten - Geometrie		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allg. Geometrie	✓	[26]	
Lagefehler	✓	[26][88]	
Überhöhung (Querhöhe)	✓	[26]	
Richtung (Pfeilhöhe)	✓	[26]	
Längshöhe	✓	[26]	
Verwindung	✓	[88]	
Spurweite	✓	[26]	
Durchgangswerte bzw. engster Durchgang	✓	[88]	
Rilllenweite	✓	[26][88]	
Leitweite	✓	[26][88]	

Inspektionstätigkeiten - Schienen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Überwälzung	✓	[88]	
Abnutzung seitlich	✓	[26]	
Abnutzung vertikal	✓	[26]	
Fahrkantendelle	✓	[88]	
Fahrkantenresthöhe	✓	[88]	
Fahrkantenwinkel	✓	[88]	
Flächenverschleiß	✓	[26]	
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	✓	[26]	
Schienenbrüche	✓	[87]	
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	✓	[26][88]	
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	✓	[88]	

Inspektionstätigkeiten - Schienenstöße		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	✓	[88]	
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	~		Erkennung müsste durch Videoaufnahmen gegeben sein.
Stoßlücken	✓	[88]	
Überwälzungen	✓	[88]	

Inspektionstätigkeiten - signaltechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	≈		
Anzeige Weichensignal	~		Müsste durch die in 1,70m Höhe angebrachten Kameras möglich sein.
elektronische Anschlüsse	≈		
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	≈		
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	≈		
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	≈		
Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	~		Müsste durch die in 1,70m Höhe angebrachten Kameras möglich sein.

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. EURAILSCOUT Inspection &amp; Analysis B.V. (SIM)

Inspektionstätigkeiten - sicherungstechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	≈		
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	≈		
Weichenantrieb hins. Zustandskontrolle	≈		

Inspektionstätigkeiten - Weichenverschlüsse		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	≈		
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	≈		
Fremdkörpererkennung bei Zunge	≈		
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	≈		
Klaffen der Zungenspitze	≈		
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	≈		
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	≈		
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	≈		

Inspektionstätigkeiten - Weichenheizung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	≈		
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	≈		

Inspektionstätigkeiten - Befestigungsmittel		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	✓	[26][88]	
Kraftschluss Schiene und Schwelle	✗	[88]	
bei Stößen	✓	[88]	
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	≈		Befestigungsmittel bei Stößen einsehbar.
Schwellenkappen	≈		Erkennung von Schwelle gänzlich möglich.
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	✓	[88]	

Inspektionstätigkeiten - Schwellen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
feste u. richtige Lage	✓	[88]	
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	✓	[88]	
Füllschwellen	≈		Schwellenerkennung durch das System möglich.
Zustand (Risse und Brüche etc.)	✓	[26]	Auch Abbröckelungen können erkannt werden.

Inspektionstätigkeiten - Schotterbett / Feste Fahrbahn		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein	✓	[26][88]	
Schäden bei der Festen Fahrbahn	≈		Risserkennung bei Schwellen möglich.
Spritzstöße	✓	[88]	

Inspektionstätigkeiten - Ultraschallprüfung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Ultraschallprüfung Weiche	✗	[87]	
Ultraschallprüfung Schweißungen	✗	[87]	

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ≈ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Möglichkeit der automatisierten Inspektionsdurchführung im Detail inklusive Anmerkung und Quelle - Fa. terra vermessungen ag (SwissTrolley II)

Inspektionstätigkeiten - Zungenvorrichtung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	•	[90]	
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	~		Dieser Parameter müsste bei Erkennung der Anfahrspuren möglich sein.
Ausbrüche	✓	[90]	
Flankenneigung der Zunge	•	[90]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	•	[90]	
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	•	[90]	
Position und Höhe Zungenspitze	✓	[90]	
Überwälzung	•	[90]	
Verschleißreserve Stockschiene	✓	[90]	
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	~		Alle Spurweiten sind durch dieses System messbar.
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	~		Position und Höhe Zungenspitze erkennbar. Profilerkennung sollte dadurch ebenfalls möglich sein.
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	•	[90]	
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagstollen - Sicherstellung Parallelität	✓	[90]	
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	✓	[90]	
Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	✗	[90]	
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	✗	[90]	
Abnutzung des Ecogloss (Gleitplattensystem)	✗	[90]	
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfe)	✗	[90]	

Inspektionstätigkeiten - Herzstück		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	✓	[90]	
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	•	[90]	
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	✓	[90]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	•	[90]	
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	≈		
Überwälzung	•	[90]	
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	✓	[90]	
Anliegen der Herzstückspitze an Flügelschiene	✓	[90]	
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	~		Dieser Parameter müsste bei Erkennung des Aufliegens der Zunge auf den Gleitplatten für Herzstücke ebenfalls möglich sein.
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	✗	[90]	

Inspektionstätigkeiten - Radlenker		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	•	[90]	

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. terra vermessungen ag (SwissTrolley II)

Inspektionstätigkeiten - Geometrie		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allg. Geometrie	✓	[90]	
Lagefehler	✓	[90]	
Überhöhung (Querhöhe)	✓	[90]	
Richtung (Pfeilhöhe)	✓	[90]	
Längshöhe	✓	[90]	
Verwindung	✓	[90]	
Spurweite	✓	[89]	
Durchgangswerte bzw. engster Durchgang	✓	[90]	
Rilllenweite	✓	[89]	
Leitweite	✓	[90]	

Inspektionstätigkeiten - Schienen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Überwalzung	•	[90]	
Abnutzung seitlich	✓	[84]	
Abnutzung vertikal	✓	[84]	
Fahrkantendelle	✓	[90]	
Fahrkantenresthöhe	✓	[90]	
Fahrkantenwinkel	✓	[90]	
Flächenverschleiß	✓	[84]	
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	✓	[89]	
Schienenbrüche	✓	[90]	
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	✓	[90]	
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	✗	[90]	

Inspektionstätigkeiten - Schienenstöße		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	•	[90]	
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	•	[90]	
Stoßlücken	✓	[90]	
Überwalzungen	•	[90]	

Inspektionstätigkeiten - signaltechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	≈		
Anzeige Weichensignal	~		Müsste durch die Panoramakameras möglich sein.
elektronische Anschlüsse	≈		
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	≈		
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	≈		
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	≈		
Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	~		Müsste durch die Panoramakameras möglich sein.

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. terra vermessungen ag (SwissTrolley II)

Inspektionstätigkeiten - sicherungstechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	≈		
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	≈		
Weichenantrieb hins. Zustandskontrolle	x	[90]	

Inspektionstätigkeiten - Weichenverschlüsse		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	≈		
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	~		Ein Anliegen der Herzstückspitze an die Flügelschiene und Anschlagstollen ist gegeben. Ein Fremdkörper zwischen den Bauteilen sollte ebenfalls erkennbar sein.
Fremdkörpererkennung bei Zunge	~		Ein Anliegen der Zunge an die Stockschiene und Anschlagstollen ist gegeben. Ein Fremdkörper zwischen den Bauteilen sollte ebenfalls erkennbar sein.
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	✓	[90]	
Klaffen der Zungenspitze	~		Klaffen der Zunge ist feststellbar. Ein Klaffen beim beweglichen Herzstück sollte ebenfalls erkennbar sein.
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	≈		
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	≈		
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	≈		

Inspektionstätigkeiten - Weichenheizung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	≈		
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	≈		

Inspektionstätigkeiten - Befestigungsmittel		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	✓	[90]	
Kraftschluss Schiene und Schwelle	≈		
bei Stößen	~		Seitliche Befestigung bei Radlenker erkennbar. Diese Funktion müsste ebenfalls eine Möglichkeit darstellen.
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	✓	[90]	
Schwellenkappen	•	[90]	
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	x	[90]	

Inspektionstätigkeiten - Schwellen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
feste u. richtige Lage	x	[90]	
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	x	[90]	
Füllschwellen	x	[90]	
Zustand (Risse und Brüche etc.)	x	[90]	

Inspektionstätigkeiten - Schotterbett / Feste Fahrbahn		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein	x	[90]	
Schäden bei der Festen Fahrbahn	x	[90]	
Spritzstöße	x	[90]	

Inspektionstätigkeiten - Ultraschallprüfung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Ultraschallprüfung Weiche	≈		
Ultraschallprüfung Schweißungen	≈		

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- x Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Möglichkeit der automatisierten Inspektionsdurchführung im Detail inklusive Anmerkung und Quelle - Fa. PROTRAN TECHNOLOGY (ASIV)

Inspektionstätigkeiten - Zungenvorrichtung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	[13]	
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	~		System erkennt einen unsachgemäßen Rad/Schienen-Kontakt sowie Anfahrspuren und Abnormalitäten.
Ausbrüche	✓	[13]	
Flankenneigung der Zunge	~		Flankenneigung müsste aus Profil ableitbar sein.
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	[13][19]	
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	⊘		
Position und Höhe Zungenspitze	✓	[13]	
Überwalzung	✓	[13] [19]	
Verschleißreserve Stockschiene	✓	[19]	
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	~		Alle Spurweiten sind messbar.
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	✓	[13]	
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	⊘		
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagstollen - Sicherstellung Parallelität	~		Anliegen an die Stockschiene ist durch System erkennbar.
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	✓	[13]	
Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	⊘		
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	⊘		
Abnutzung des Ecogliss (Gleitplattensystem)	⊘		
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfe)	⊘		

Inspektionstätigkeiten - Herzstück		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	✓	[13]	
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	[13]	
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	✓	[13]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	[13] [19]	
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	⊘		
Überwalzung	✓	[13] [19]	
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	~		Das Anliegen der Zunge an die Stockschiene ist erkennbar. System sollte diesen Parameter erheben können.
Anliegen der Herzstückspitze an Flügelschiene	~		Das Anliegen der Zunge an die Stockschiene ist erkennbar. System sollte diesen Parameter erheben können.
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	⊘		
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	⊘		

Inspektionstätigkeiten - Radlenker		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	✓	[13]	

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ⊘ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. PROTRAN TECHNOLOGY (ASIV)

Inspektionstätigkeiten - Geometrie		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allg. Geometrie	✓	[13]	
Lagefehler	✓	[19]	
Überhöhung (Querhöhe)	✓	[19]	
Richtung (Pfeilhöhe)	✓	[19]	
Längshöhe	✓	[19]	
Verwindung	✓	[19]	
Spurweite	✓	[19]	
Durchgangsweite bzw. engster Durchgang	~		In den Unterlagen gekennzeichnet, jedoch keine Notiz hinsichtlich einer garantierten Erkennung vorhanden.
Rilllenweite	✓	[19]	
Leitweite	~		In den Unterlagen gekennzeichnet, jedoch keine Notiz hinsichtlich einer garantierten Erkennung vorhanden.

Inspektionstätigkeiten - Radlenker		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	✓	[13]	

Inspektionstätigkeiten - Schienen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Überwälzung	✓	[13][19]	
Abnutzung seitlich	✓	[13][19]	
Abnutzung vertikal	✓	[13][19]	
Fahrkantendelle	✓	[19]	
Fahrkantenresthöhe	✓	[19]	
Fahrkantenwinkel	✓	[13][19]	
Flächenverschleiß	✓	[13][19]	
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	✓	[19]	
Schienenbrüche	≈		
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	~		Querprofil müsste über Schienenprofil erkennbar sein, Fahrfläche ist für eine Riffelerkennung entscheidend, Längsprofilerkennung müsste über Kombination funktionieren.
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	≈		

Inspektionstätigkeiten - Schienenstöße		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	≈		
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	≈		
Stoßlücken	≈		
Überwälzungen	≈		

Inspektionstätigkeiten - signaltechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	≈		
Anzeige Weichensignal	≈		
elektronische Anschlüsse	≈		
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	≈		
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	≈		
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	≈		
Weichensignale + Sicherungsschleichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	≈		

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
  - Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. PROTRAN TECHNOLOGY (ASIV)

Inspektionstätigkeiten - sicherungstechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	≈		
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	≈		
Weichenantrieb hins. Zustandskontrolle	≈		

Inspektionstätigkeiten - Weichenverschlüsse		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	≈		
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	~		Im Falle einer Erkennung des Klaffens sollte ein Fremdkörper ebenfalls erkennbar sein.
Fremdkörpererkennung bei Zunge	~		Anliegen der Zunge an die Stockschiene ist erkennbar. Erkennung eines Fremdkörpers sollte möglich sein.
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	~		Im Falle einer Erkennung des Klaffens der Zunge müsste ein Klaffen der Herzstückspitze ebenfalls erkennbar sein.
Klaffen der Zungenspitze	~		Ein Klaffen sollte aufgrund der möglichen Erkennung des Anliegens der Zunge gestattet sein.
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	≈		
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	≈		
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	≈		

Inspektionstätigkeiten - Weichenheizung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	≈		
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	≈		

Inspektionstätigkeiten - Befestigungsmittel		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	≈		
Kraftschluss Schiene und Schwelle bei Stößen	≈		
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	≈		
Schwellenkappen	≈		
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	≈		

Inspektionstätigkeiten - Schwellen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
feste u. richtige Lage	≈		
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	≈		
Füllschwellen	≈		
Zustand (Risse und Brüche etc.)	≈		

Inspektionstätigkeiten - Schotterbett / Feste Fahrbahn		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein	≈		
Schäden bei der Festen Fahrbahn	≈		
Spritzstöße	≈		

Inspektionstätigkeiten - Ultraschallprüfung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Ultraschallprüfung Weiche	≈		
Ultraschallprüfung Schweißungen	≈		

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Möglichkeit der automatisierten Inspektionsdurchführung im Detail inklusive Anmerkung und Quelle - Fa. DMA Srl (TCMS)

Inspektionstätigkeiten - Zungenvorrichtung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	[18]	
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	~		Anfahrspuren sind erkennbar. Da beim Auflaufen ebenfalls Anfahrspuren entstehen, sollten diese ebenfalls erkennbar sein.
Ausbrüche	✓	[18]	
Flankenneigung der Zunge	✓	[18]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	~		Die Erkennung sollte aufgrund des Einsatzes von zwei Scannern gegeben sein.
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	⊘		
Position und Höhe Zungenspitze	✓	[18]	
Überwälzung	~		Die Erkennung sollte aufgrund des Einsatzes von zwei Scannern gegeben sein.
Verschleißreserve Stockschiene	~		Position und Höhe der Zunge sind erkennbar. Durch diese Funktion sollte berechenbar sein, in wie weit die Stockschiene über Verschleißreserven verfügt.
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	~		Da alle Spurweiten vom System aus messbar sind, sollte dies auch kein Problem darstellen.
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	✓	[18]	
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	⊘		
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagsstollen - Sicherstellung Parallelität	~		Anliegen der Zunge an Stockschiene erkennbar.
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	✓	[18]	
Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	⊘		
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	⊘		
Abnutzung des Ecogloss (Gleitplattensystem)	⊘		
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfe)	⊘		

Inspektionstätigkeiten - Herzstück		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	~		Eine Erkennung der Position und Höhe Zungenspitze ist durch dieses System möglich. Sollte somit auch für das Herzstück möglich sein.
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	~		Bei der Zungenvorrichtung ist eine Erkennung möglich.
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	~		Selbiges Argument wie bei Anfahrspuren und Abnormalitäten.
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	~		Die Erkennung sollte aufgrund des Einsatzes von zwei Scannern gegeben sein.
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	⊘		
Überwälzung	~		Die Erkennung sollte aufgrund des Einsatzes von zwei Scannern gegeben sein.
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	~		Falls ein Anliegen an Flügelschiene ermöglicht wird, sollte diese Funktion ebenfalls möglich sein.
Anliegen der Herzstückspitze an Flügelschiene	~		Anliegen der Zunge an Stockschiene ist erkennbar. Funktion sollte auch für die Herzstückspitze umsetzbar sein.
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	⊘		
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	⊘		

Inspektionstätigkeiten - Radlenker		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	~		Abnormalitäten bzw. Anfahrspuren sind bei Zungen erkennbar.

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ⊘ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. DMA Srl (TCMS)

Inspektionstätigkeiten - Geometrie		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allg. Geometrie	✓	[29]	
Lagefehler	✓	[29]	
Überhöhung (Querhöhe)	✓	[18][29]	
Richtung (Pfeilhöhe)	✓	[18] [29]	
Längshöhe	✓	[29]	
Verwindung	✓	[18] [29]	
Spurweite	✓	[18] [29]	
Durchgangsweite bzw. engster Durchgang	✓	[18]	
Rilllenweite	✓	[18]	
Leitweite	✓	[18]	

Inspektionstätigkeiten - Schienen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Überwälzung	~		Die Erkennung sollte aufgrund des Einsatzes von zwei Scannern gegeben sein.
Abnutzung seitlich	✓	[18]	
Abnutzung vertikal	✓	[18]	
Fahrkantendelle	~		Erkennung einer Fahrkantendelle müsste über Verschleiß berechenbar bzw. erkennbar sein.
Fahrkantenresthöhe	~		Selbiges Argument wie bei Fahrkantendelle.
Fahrkantenwinkel	~		Selbiges Argument wie bei Fahrkantendelle.
Flächenverschleiß	✓	[18]	
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	≈		
Schienenbrüche	≈		
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	~		Systemfunktion scannt Schienen und stellt Profile dar.
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	≈		

Inspektionstätigkeiten - Schienenstöße		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	≈		
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	≈		
Stoßlücken	≈		
Überwälzungen	≈		

Inspektionstätigkeiten - signaltechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	≈		
Anzeige Weichensignal	≈		
elektronische Anschlüsse	≈		
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	≈		
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	≈		
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	≈		
Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	≈		

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. DMA Srl (TCMS)

Inspektionstätigkeiten - sicherungstechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	≈		
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	≈		
Weichenantrieb hins. Zustandskontrolle	≈		

Inspektionstätigkeiten - Weichenverschlüsse		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	≈		
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	~		Im Falle einer Erkennung des Klaffens sollte ein Fremdkörper ebenfalls erkennbar sein.
Fremdkörpererkennung bei Zunge	~		Anliegen der Zunge an die Stockschiene ist erkennbar. Erkennung eines Fremdkörpers sollte möglich sein.
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	~		Klaffen der Herzstückspitze müsste über das Anliegen der Zunge erkennbar sein.
Klaffen der Zungenspitze	~		Fall ein Anliegen der Herzstückspitze erkennbar ist, müsste diese Funktion ebenfalls positiv erkennbar sein.
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	≈		
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	≈		
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	≈		

Inspektionstätigkeiten - Weichenheizung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	≈		
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	≈		

Inspektionstätigkeiten - Befestigungsmittel		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	≈		
Kraftschluss Schiene und Schwelle	≈		
bei Stößen	≈		
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	≈		
Schwellenkappen	≈		
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	≈		

Inspektionstätigkeiten - Schwellen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
feste u. richtige Lage	≈		
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	≈		
Füllschwellen	≈		
Zustand (Risse und Brüche etc.)	≈		

Inspektionstätigkeiten - Schotterbett / Feste Fahrbahn		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein	≈		
Schäden bei der Festen Fahrbahn	≈		
Spritzstöße	≈		

Inspektionstätigkeiten - Ultraschallprüfung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Ultraschallprüfung Weiche	≈		
Ultraschallprüfung Schweißungen	≈		

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Möglichkeit der automatisierten Inspektionsdurchführung im Detail inklusive Anmerkung und Quelle - Fa. Fugro RailData (RILA Track)

Inspektionstätigkeiten - Zungenvorrichtung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	[28][92]	
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	~		Abnormalitäten und Anfahrspuren sind innerhalb der gesamten Weiche erkennbar.
Ausbrüche	✓	[92]	
Flankenneigung der Zunge	✓	[92]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	[92]	
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	✗	[92]	
Position und Höhe Zungenspitze	✓	[92]	
Überwälzung	✓	[92]	
Verschleißreserve Stockschiene	✓	[92]	
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	~		Erhebung aller Spurweiten bis hin zu Rillen- und Durchgangswerte erkennbar.
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	~		Position und Höhe der Zungenspitze sind durch das System erkennbar. Erhebung des Profils sollte kein Hindernis darstellen.
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	✓	[92]	
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagstollen - Sicherstellung Parallelität	✓	[92]	
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	✓	[92]	
Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	✓	[92]	
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	✓	[92]	
Abnutzung des Ecogloss (Gleitplattensystem)	~		Trockenlaufgleitplatten können hinsichtlich des Verschleißes untersucht werden.
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfe)	✗	[92]	

Inspektionstätigkeiten - Herzstück		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	~		Position und Höhe Spitzenabsenkung für Zungen möglich.
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	[28][92]	
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	✓	[92]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	[92]	
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	≈		
Überwälzung	✓	[92]	
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	✓	[92]	
Anliegen der Herzstückspitze an Flügelschiene	✓	[92]	
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	~		Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten durch das System erkennbar.
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	✗	[92]	

Inspektionstätigkeiten - Radlenker		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	✓	[92]	

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. Fugro RailData (RILA Track)

Inspektionstätigkeiten - Geometrie		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allg. Geometrie	✓	[28]	
Lagefehler	✓	[91]	
Überhöhung (Querhöhe)	✓	[28][92]	
Richtung (Pfeilhöhe)	✓	[92]	
Längshöhe	✓	[92]	
Verwindung	✓	[92]	
Spurweite	✓	[28]	
Durchgangswerte bzw. engster Durchgang	✓	[92]	
Rilllenweite	✓	[92]	
Leitweite	✓	[92]	

Inspektionstätigkeiten - Schienen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Überwalzung	✓	[92]	
Abnutzung seitlich	✓	[28]	
Abnutzung vertikal	✓	[28]	
Fahrkantendelle	✓	[92]	
Fahrkantenresthöhe	✓	[92]	
Fahrkantenwinkel	✓	[92]	
Flächenverschleiß	✓	[28]	
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	✗	[91]	
Schienenbrüche	✗	[92]	
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	✓	[28][92]	
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	✓	[92]	

Inspektionstätigkeiten - Schienenstöße		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	✗	[92]	
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	✗	[92]	
Stoßlücken	✗	[92]	
Überwalzungen	✓	[92]	

Inspektionstätigkeiten - signaltechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	≈		
Anzeige Weichensignal	≈		
elektronische Anschlüsse	≈		
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	≈		
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	≈		
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	≈		
Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	≈		

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ≈ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. Fugro RailData (RILA Track)

Inspektionstätigkeiten - sicherungstechnische Einrichtungen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	≈		
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	≈		
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	≈		
Weichenantrieb hins. Zustandskontrolle	×	[92]	

Inspektionstätigkeiten - Weichenverschlüsse		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	≈		
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	≈		Ein Anliegen der Herzstückspitze an die Flügelschienen und Anschlagstollen ist erkennbar.
Fremdkörpererkennung bei Zunge	≈		Ein Anliegen der Zunge an die Stockschiene und Anschlagstollen ist erkennbar.
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	≈		Ein Anliegen der Herzstückspitze an die Flügelschienen und Anschlagstollen ist erkennbar.
Klaffen der Zungenspitze	≈		Ein Anliegen der Zunge an die Stockschiene und Anschlagstollen ist erkennbar.
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	≈		
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	≈		
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	≈		

Inspektionstätigkeiten - Weichenheizung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	≈		
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	≈		

Inspektionstätigkeiten - Befestigungsmittel		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	✓	[91]	
Kraftschluss Schiene und Schwelle bei Stößen	≈		
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	✓	[92]	
Schwellenkappen	×	[92]	
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	✓	[92]	

Inspektionstätigkeiten - Schwellen		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
feste u. richtige Lage	✓	[92]	
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	≈		Einarbeiten der Platte in die Schwellen müsste erkannt werden, da Schwellen auf Funktion, Lage und Zustand überprüft werden können.
Füllschwellen	≈		Schwellenerkennung möglich.
Zustand (Risse und Brüche etc.)	✓	[92]	

Inspektionstätigkeiten - Schotterbett / Feste Fahrbahn		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein	≈		
Schäden bei der Festen Fahrbahn	✓	[92]	
Spritzstöße	≈		

Inspektionstätigkeiten - Ultraschallprüfung		Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Ultraschallprüfung Weiche	≈		
Ultraschallprüfung Schweißungen	≈		

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ×
- ≈ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Möglichkeit der automatisierten Inspektionsdurchführung im Detail inklusive Anmerkung und Quelle - Fa. MER MEC S.p.A. (gesamt)

Inspektionstätigkeiten - Zungenvorrichtung		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	V-CUBE	[27][21]	
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	~			Sollte aus Profilmessung bzw. Videoaufnahme des V-Cubes erkennbar sein.
Ausbrüche	~			2-dimensionale Fehler und Schäden erkennbar, V-Cube müsste dadurch auch Ausbrüche erkennen.
Flankenneigung der Zunge	~			Flankenneigung sollte über Profilmessung erkennbar bzw. messbar sein. Unterstützt durch Weichenmesssystem.
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	V-CUBE	[21]	
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	⚡			
Position und Höhe Zungenspitze	~			Feststellbarkeit sollte über Profilerkennung des Weichenmesssystems gegeben sein.
Überwalzung	✓	V-CUBE	[21]	
Verschleißreserve Stockschiene	~			Feststellbarkeit sollte über Profilerkennung des Weichenmesssystems gegeben sein.
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	~			Alle Spurweiten und Geometrieparameter sind feststellbar. Weichenmesssystem müsste diese Funktion unterstützen.
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	~			Im Falle einer Erkennung der Position und Höhe Zungenspitze, sollte dieser Parameter feststellbar sein. Erhebung durch V-Cube in Kombination mit Weichenmesssystem müsste dies gewährleisten.
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	⚡			
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagstollen - Sicherstellung Parallelität	~			Feststellbarkeit sollte über die Profilerkennung des Weichenmesssystems gegeben sein.
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	~			Feststellbarkeit sollte über die Profilerkennung des Weichenmesssystems gegeben sein.
Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	⚡			
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	~			Die Abnutzung bei Ecogloss ist erkennbar, sollte auch bei Trockenlaufgleitplatten mittels V-Cube erkennbar sein.
Abnutzung des Ecogloss (Gleitplattensystem)	✓	V-CUBE	[21]	
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfe)	⚡			

Inspektionstätigkeiten - Herzstück		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	~			2-dimensionale Fehler und Schäden erkennbar, V-Cube müsste dadurch auch Ausbrüche erkennen.
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	V-CUBE	[27][21]	
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	~			2-dimensionale Fehler und Schäden erkennbar, V-Cube müsste dadurch auch Ausbrüche erkennen.
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	V-CUBE	[21]	
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	⚡			
Überwalzung	✓	V-CUBE	[21]	
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	~			Feststellbarkeit sollte über die Profilerkennung des Weichenmesssystems gegeben sein.
Anliegen der Herzstückspitze an Flügelschiene	~			Feststellbarkeit sollte über die Profilerkennung des Weichenmesssystems gegeben sein.
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	⚡			
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	⚡			

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ⚡ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. MER MEC S.p.A. (gesamt)

Inspektionstätigkeiten - Radlenker		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	✓	V-CUBE	[21]	

Inspektionstätigkeiten - Geometrie		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allg. Geometrie	✓	SMS/ DFZ	[20][77]	
Lagefehler	✓	SMS/ DFZ	[20][77]	
Überhöhung (Querhöhe)	✓	SMS/ DFZ	[20][77]	
Richtung (Pfeilhöhe)	✓	SMS/ DFZ	[20][77]	
Längshöhe	✓	SMS/ DFZ	[20][77]	
Verwindung	✓	SMS/ DFZ	[20][77]	
Spurweite	✓	SMS/ DFZ	[20][77]	
Durchgangsweite bzw. engster Durchgang	✓	SMS	[77]	
Rillenweite	✓	SMS	[77]	
Leitweite	✓	SMS	[77]	

Inspektionstätigkeiten - Schienen		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Überwalzung	✓	V-CUBE	[21]	
Abnutzung seitlich	✓	V-CUBE	[20][21]	
Abnutzung vertikal	✓	V-CUBE	[20][21]	
Fahrkantendelle	~			Feststellbarkeit sollte über die Profilerkennung des Weichenmesssystems gegeben sein.
Fahrkantenresthöhe	~			Feststellbarkeit sollte über die Profilerkennung des Weichenmesssystems gegeben sein.
Fahrkantenwinkel	~			Feststellbarkeit sollte über die Profilerkennung des Weichenmesssystems gegeben sein.
Flächenverschleiß	✓	V-CUBE	[20][21]	
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	✓	V-CUBE	[20][27] [21]	
Schienenbrüche	✓	V-CUBE	[21]	
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	✓	V-CUBE	[20]	
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	✓	V-CUBE	[21]	

Inspektionstätigkeiten - Schienenstöße		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	✗		[21]	
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	✓	V-CUBE	[21]	
Stoßlücken	✓	V-CUBE	[27][21]	
Überwalzungen	✓	V-CUBE	[21]	

Inspektionstätigkeiten - signaltechnische Einrichtungen		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	≈			
Anzeige Weichensignal	≈			
elektronische Anschlüsse	≈			
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	≈			
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	≈			
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	≈			
Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	≈			

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
  - Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. MER MEC S.p.A. (gesamt)

Inspektionstätigkeiten - sicherungstechnische Einrichtungen		Unter- system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	≈			
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	≈			
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	≈			
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	≈			
Weichenantrieb hins. Zustandkontrolle	≈			

Inspektionstätigkeiten - Weichenverschlüsse		Unter- system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	≈			
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	~			Im Falle einer Erkennung des Anliegens der Herzstückspitze durch die Profilerkennung, sollte dies ebenfalls möglich sein.
Fremdkörpererkennung bei Zunge	~			Im Falle einer Erkennung des Anliegens der Zunge durch die Profilerkennung, sollte dies ebenfalls möglich sein.
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	~			Im Falle einer Erkennung des Anliegens der Herzstückspitze durch die Profilerkennung, sollte dies ebenfalls möglich sein.
Klaffen der Zungenspitze	~			Im Falle einer Erkennung des Anliegens der Zunge durch die Profilerkennung, sollte dies ebenfalls möglich sein.
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	≈			
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	≈			
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	≈			

Inspektionstätigkeiten - Weichenheizung		Unter- system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	≈			
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	≈			

Inspektionstätigkeiten - Befestigungsmittel		Unter- system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	✓	V-CUBE/ DFZ	[20][27] [21]	
Kraftschluss Schiene und Schwelle	✓	V-CUBE	[27]	
bei Stößen	✗		[21]	
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	≈			
Schwellenkappen	~			Schwellen sind durch V-Cube erkennbar.
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	✓	V-CUBE	[27][21]	

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. MER MEC S.p.A. (gesamt)

Inspektionstätigkeiten - Schwellen		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
festе u. richtige Lage	✓	V-CUBE	[27][21]	
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	✓	V-CUBE/ DFZ	[27][21]	
Füllschwellen	≈			Schwellen sind durch V-Cube erkennbar.
Zustand (Risse und Brüche etc.)	✓	V-CUBE/ DFZ	[20][27] [21]	

Inspektionstätigkeiten - Schotterbett / Feste Fahrbahn		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein	✓	V-CUBE/ DFZ	[20][27]	
Schäden bei der Festen Fahrbahn	✓	V-CUBE/ DFZ	[27][21]	
Spritzstöße	✓	V-CUBE/ DFZ	[27][21]	

Inspektionstätigkeiten - Ultraschallprüfung		Unter-system	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Ultraschallprüfung Weiche	≈			
Ultraschallprüfung Schweißungen	≈			

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ≈ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

Möglichkeit der automatisierten Inspektionsdurchführung im Detail inklusive Anmerkung und Quelle - Fa. VAE GmbH / voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH (gesamt)

Inspektionstätigkeiten - Zungenvorrichtung		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✗		[17]	
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	✗		[17]	
Ausbrüche	✗		[17]	
Flankenneigung der Zunge	✗		[17]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	●	Roadmaster light	[109]	Indirekte Erkennung durch Schwergängigkeit bei Stellstrommessung.
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	✓	Längenmessung - Kraftmessdose	[109]	
Position und Höhe Zungenspitze	✗		[17]	
Überwalzung	●	Roadmaster light	[109]	Indirekte Erkennung durch Schwergängigkeit bei Stellstrommessung.
Verschleißreserve Stockschiene	✗		[17]	
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	✓	IS 2000	[109]	
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	✗		[17]	
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	●	Roadmaster light	[109]	Indirekte Erkennung durch Schwergängigkeit bei Stellstrommessung.
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagstollen - Sicherstellung Parallelität	●	Zungensensor	[109]	Erkennung wäre theoretisch möglich, würde jedoch einen Sensor pro Anschlagstollen erfordern.
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	✓	Zungensensor	[25]	
Weichengleitsattel - Zustandskontrolle	●	Roadmaster light	[109]	Indirekte Erkennung durch Schwergängigkeit bei Stellstrommessung.
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	✗		[109]	
Abnutzung des Ecogloss (Gleitplattensystem)	✗		[109]	
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfe)	✓	Zungensensor/ IS 2000/ Stellstrom	[25] [109]	

Inspektionstätigkeiten - Herzstück		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	✓	Herzspitzen-sensor	[109]	
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✗		[17]	
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	✗		[17]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	●	Roadmaster light	[109]	Indirekte Erkennung durch Schwergängigkeit bei Stellstrommessung. Bei starrem Herzstück nicht.
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	✓	Längenmessung	[109]	
Überwalzung	●	Roadmaster light	[109]	Indirekte Erkennung durch Schwergängigkeit bei Stellstrommessung. Bei starrem Herzstück nicht.
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	✗		[109]	
Anliegen der Herzstückspitze an Flügelschiene	✗		[109]	
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	●	Roadmaster light	[109]	Indirekte Erkennung durch Schwergängigkeit bei Stellstrommessung.
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	✗		[109]	

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ⊘ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. VAE GmbH / voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH (gesamt)

Inspektionstätigkeiten - Radlenker		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	✓	Herzspitzen-sensor	[25]	

Inspektionstätigkeiten - Geometrie		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allg. Geometrie	✗		[17]	
Lagefehler	✓	Einsenkungsmes-sung	[25] [109]	
Überhöhung (Querhöhe)	✗		[17]	
Richtung (Pfeilhöhe)	✗		[17]	
Längshöhe	✗		[17]	
Verwindung	✗		[17]	
Spurweite	•	Längenmessstäbe	[109]	Indirekte Messung theoretisch über Längenmessstäbe beider Seiten möglich.
Durchgangsweite bzw. engster Durchgang	✓	IS 2000	[25]	
Rilllenweite	✓	Herzspitzen-sensor	[109]	
Leitweite	✓	Herzspitzen-sensor	[109]	

Inspektionstätigkeiten - Schienen		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Überwalzung	✗		[17]	
Abnutzung seitlich	✗		[17]	
Abnutzung vertikal	✗		[17]	
Fahrkantendelle	✗		[17]	
Fahrkantenresthöhe	✗		[17]	
Fahrkantenwinkel	✗		[17]	
Flächenverschleiß	✗		[17]	
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	✗		[17]	
Schienenbrüche	✗		[17]	
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	✗		[17]	
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	✗		[17]	

Inspektionstätigkeiten - Schienenstöße		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	✗		[17]	
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	✓	Isolationswider-stand	[109]	
Stoßlücken	•	Längenmessung - Kraftmessdose	[109]	Lückenmessung wäre über Längenmessung möglich, jedoch sehr aufwändig.
Überwalzungen	✗		[17]	

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. VAE GmbH / voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH (gesamt)

Inspektionstätigkeiten - signaltechnische Einrichtungen		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	✓	Stromsignal	[109]	
Anzeige Weichensignal	•	Stromsignal	[109]	bedingt möglich
elektronische Anschlüsse	•	Stromsignal	[109]	bedingt möglich
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	✓	Stromsignal	[17]	
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	✓	Stromsignal	[17]	
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	✓	Zungensensor	[25]	
Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	✗		[109]	

Inspektionstätigkeiten – sicherungstechnische Einrichtungen		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	✓	Prüfstangenüberwachung/ Roadmaster light	[25] [24]	
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	✓	Kraftmessbolzen/ Roadmaster	[25] [24]	
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	✓	Kraftmessbolzen/ Roadmaster	[109]	
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	✓	Roadmaster light	[24]	
Weichenantrieb hins. Zustandkontrolle	✓	Roadmaster light	[24]	

Inspektionstätigkeiten - Weichenverschlüsse		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	✗		[109]	
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	•	Roadmaster light	[109]	Indirekte Erkennung durch kein Erreichen der Endlage und Messung des Stellstroms.
Fremdkörpererkennung bei Zunge	✓	Zungensensor	[25] [109]	
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	✓	IS 2000	[109]	
Klaffen der Zungenspitze	✓	IS 2000	[109]	
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	•	Roadmaster light	[109]	Messung im Stellvorgang.
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	•	Roadmaster light	[109]	Messung im Stellvorgang.
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	•	Roadmaster light	[109]	Indirekte Koppelung durch Verschluss.

Inspektionstätigkeiten - Weichenheizung		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	✓	Strommessung	[109]	
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	✓	Strommessung	[109]	

Inspektionstätigkeiten - Befestigungsmittel		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	•	Kraftmessring	[109]	Theoretisch über Kraftmessring möglich. Enorme Anzahl erforderlich.
Kraftschluss Schiene und Schwelle bei Stößen	•	Kraftmessring	[109]	Selbiges Argument wie oben.
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	•	Kraftmessring	[109]	Selbiges Argument wie oben.
Schwellenkappen	✗		[109]	
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	✗		[109]	

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ⊘ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

## Fortsetzung Fa. VAE GmbH / voestalpine SIGNALING Zeltweg GmbH (gesamt)

Inspektionstätigkeiten - Schwellen		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
festen u. richtige Lage	✘		[17] [109]	
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	✘		[17] [109]	
Füllschwellen	✘		[17] [109]	
Zustand (Risse und Brüche etc.)	✘		[17] [109]	

Inspektionstätigkeiten - Schotterbett / Feste Fahrbahn		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein	●	Einsenkungs- messung	[25]	Erkennung punktueller Einsenkung mittels Sensor möglich (zu geringe Dichte).
Schäden bei der Festen Fahrbahn	✘		[17]	
Spritzstöße	✘		[17]	

Inspektionstätigkeiten - Ultraschallprüfung		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Ultraschallprüfung Weiche	✘		[109]	
Ultraschallprüfung Schweißungen	✘		[109]	

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✘ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

Möglichkeit der automatisierten Inspektionsdurchführung im Detail inklusive Anmerkung und Quelle - Fa. Plasser & Theurer - Export von Bahnbaumaschinen Gesellschaft m.b.H. (gesamt)

Inspektionstätigkeiten - Zungenvorrichtung		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	Track Component Video	[95]	
Auflaufen von Fahrzeug-Spurkränzen im Rillengrund bei Zungen/Zungenanschlagstollen	✓	Track Component Video	[95]	
Ausbrüche	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	
Flankenneigung der Zunge	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	Track Component Video	[95]	
Kontrolle auf Wandern der Zunge (Wanderschutz)	✗		[95]	
Position und Höhe Zungenspitze	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	
Überwalzung	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	
Verschleißreserve Stockschiene	•	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	Eventuelle Erkennung aus Profil durch Rail Profile/Gap Measuring System.
Zungenaufschlag hinsichtlich Symmetrie und Überdeckung	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Zungenprofilierungen hinsichtlich Entgleisungssicherem Befahren	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	
Aufliegen der Zunge auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System/ Track Component Video	[95]	
kraftloses Anliegen Zunge an Anschlagstollen - Sicherstellung Parallelität	✗		[95]	
kraftloses Anliegen Zunge an Stockschiene - Sicherstellung Parallelität	✗		[95]	
Weichengleitsättel - Zustandskontrolle	✓	Track Component Video	[95]	
Trockenlaufgleitplatten (Kunststoff-Einlagen) auf Verschleiß	✓	Track Component Video	[95]	
Abnutzung des Ecogliss (Gleitplattensystem)	✓	Track Component Video	[95]	
Rollenlager/-vorrichtung (Umstellhilfe)	✓	Track Component Video	[95]	

Inspektionstätigkeiten - Herzstück		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Herzstückspitze auf Position und Höhe Spitzenabsenkung	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten	✓	Track Component Video	[95]	
Ausbrüche (im Radüberlaufbereich)	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	
Gratbildung (im Radüberlaufbereich)	✓	Track Component Video	[95]	
Kontrolle auf Wandern der beweglichen Herzstückspitze und Flügelschiene	✗		[95]	
Überwalzung	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	
Anliegen der beweglichen Herzstückspitze an die Anschlagstollen	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System/ Track Component Video	[95]	
Anliegen der Herzstückspitze an Flügelschiene	✗		[95]	
Aufliegen des beweglichen Herzstücks auf Gleitplatten bzw. Trockenlaufgleitplatten	✗		[95]	
Kontrolle HBS-Roller (Umstellhilfe)	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[95]	

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ⊃ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

Fortsetzung Fa. Plasser & Theurer - Export von Bahnbaumaschinen Gesellschaft m.b.H.  
(gesamt)

Inspektionstätigkeiten - Radlenker		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Anfahrspuren bzw. Abnormalitäten am Radlenker bzw. Entgleisungsschutz	✓	Track Component Video	[95]	
Inspektionstätigkeiten - Geometrie		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allg. Geometrie	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Lagefehler	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[94]	
Überhöhung (Querhöhe)	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[94]	
Richtung (Pfeilhöhe)	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Längshöhe	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Verwindung	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[94]	
Spurweite	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[94]	
Durchgangsweite bzw. engster Durchgang	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Rilllenweite	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Leitweite	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Inspektionstätigkeiten - Schienen		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Überwalzung	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System/ Track Component Video	[94]	
Abnutzung seitlich	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Abnutzung vertikal	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Fahrkantendelle	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[94]	
Fahrkantenresthöhe	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[94]	
Fahrkantenwinkel	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[94]	
Flächenverschleiß	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Oberflächenfehler (Riffel, Schleuderstellen, Risse, Head Checks, Squats)	✓	Track Component Video	[93]	
Schienenbrüche	✓	Track Component Video bzw. Ultraschall	[94]	
Schienenlängs-, -querprofil und Fahrfläche	✓	Rail Profile/ Gap Measuring System	[93]	
Verschmutzung der Lauffläche bzw. Kontaktfläche	✓	Track Component Video	[93]	
Inspektionstätigkeiten - Schienenstöße		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Zustand der Laschen (Risse, Brüche)	✓	Rail Side View Video	[94]	
Schienenverbinder (Fahrstromrückleiter) - Zustand, fehlend	✓	Track Component Video	[94]	
Stoßlücken	✓	Track Component Video/ Joint Gap Measuring System	[94]	
Überwalzungen	✓	Track Component Video	[94]	

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ⊘ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

Fortsetzung Fa. Plasser & Theurer - Export von Bahnbaumaschinen Gesellschaft m.b.H.  
(gesamt)

Inspektionstätigkeiten - signaltechnische Einrichtungen		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Mög- lichkeit
Anzeige auf Stellpult oder Bildschirm der Zugverkehrs-Leitstelle	≈			
Anzeige Weichensignal	≈			
elektronische Anschlüsse	≈			
Gleisbelegung und Freimeldung auf Funktionstüchtigkeit	≈			
Kontrolle Schienenkontakte für Aufschneidmeldung	≈			
Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung Lage Zunge und Herzspitze	≈			
Weichensignale + Sicherungszeichen allgemein (Beschädigung/Verschmutzung)	≈			
Inspektionstätigkeiten - sicherungstechnische Einrichtungen		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Mög- lichkeit
Einstellung Zungen- und Herzstückkontrollen (Prüfschieber am Antrieb) inkl. Zungenprüfer	≈			
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei Zungenvorrichtung messen	≈			
Umstellwiderstände und Rutschkräfte bei beweglichem Herzstück in beide Richtungen	≈			
Weichenantrieb - Überprüfung Stellwerk und Funktion Prüferschieber	≈			
Weichenantrieb hins. Zustandskontrolle	≈			
Inspektionstätigkeiten - Weichenverschlüsse		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Mög- lichkeit
Einstellung und Vorspannung bei HRS-Verschlüsse	≈			
Fremdkörpererkennung bei beweglichem Herzstück	≈			
Fremdkörpererkennung bei Zunge	≈			
Klaffen der beweglichen Herzstückspitze	≈			
Klaffen der Zungenspitze	≈			
Klinkenprobe beim beweglichen Herzstück	≈			
Klinkenprobe beim Zungenschluss (Verschlussprobe Spitzenverschluss)	≈			
Verschlussprobe Hilfsverschlüsse	≈			
Inspektionstätigkeiten - Weichenheizung		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Mög- lichkeit
Funktionsprüfung bei Zungenvorrichtung	≈			
Funktionsprüfung bei beweglichem Herzstück	≈			
Inspektionstätigkeiten - Befestigungsmittel		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Mög- lichkeit
allgemein Befestigungsmittel, Kleinmaterial	✓	Track Component Video	[93]	
Kraftschluss Schiene und Schwelle bei Stößen	≈			
	✓	Rail Side View Video	[94]	
Kontrolle bei Radlenker/Entgleisungsschutz	≈			Befestigung ist erkennbar. Befestigung der Radlenker sollte durch Track Comp- onent Video System erkennbar sein.
Schwellenkappen	≈			Erkennung von Schwellen möglich. Schwellenkappen sollten durch Track Component Video System möglich sein.
Zwischenlagen/ Isolierzwischenlagen (lose, fehlend, abgenutzt)	≈			Befestigung ist erkennbar, Track Comp- onent Video System sollte ebenfalls Zwi- schenlagen erkennen.

## Legende:

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ≈ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ≈ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

## Anhang

Fortsetzung Fa. Plasser & Theurer - Export von Bahnbaumaschinen Gesellschaft m.b.H.  
(gesamt)

Inspektionstätigkeiten - Schwellen		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
festen u. richtige Lage	✓	Track Component Video	[94]	
Einarbeiten der Platte in die Schwelle	~			Erkennung des Zustandes von Schwellen möglich. Track Component Video System sollte diesen Punkt ermöglichen.
Füllschwellen	✓	Track Component Video	[94]	
Zustand (Risse und Brüche etc.)	✓	Track Component Video	[93]	

Inspektionstätigkeiten - Schotterbett / Feste Fahrbahn		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
allgemein	✓	Track Component Video	[94]	
Schäden bei der Festen Fahrbahn	✓	Track Component Video	[94]	
Spritzstöße	✓	Track Component Video	[94]	

Inspektionstätigkeiten - Ultraschallprüfung		Untersystem	Quelle	Anmerkung bei theoretischer Möglichkeit
Ultraschallprüfung Weiche	✓	Ultraschall-Schienenfehler-Erkennungssystem		Nur im befahrenen Teil der Schiene bei Weichen möglich.
Ultraschallprüfung Schweißungen	~			Ultraschall in Weichen möglich.

**Legende:**

- ✓ Das betrachtete System ist in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ✗ Das betrachtete System ist nicht in der Lage die Inspektionstätigkeit durchzuführen
- ~ Die Durchführung der Inspektionstätigkeit müsste nach Gesamtbetrachtung des System möglich sein
- ~ Das System bietet nach einer Gesamtbetrachtung sowie dessen Funktionsweise keine Möglichkeit zur Durchführung
- Die Inspektionstätigkeit ist nicht bzw. nur unter bestimmten Voraussetzungen oder indirekt durchführbar

WISSEN ▪ TECHNIK ▪ LEIDENSCHAFT

