



Petra Antonia Wilfling, BSc

## **Der Weg zur Smarten Weiche**

### **MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Bauingenieurwissenschaften – Umwelt und Verkehr

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Marschnig

Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft

## 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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Peter Witz", written over a horizontal line.

Unterschrift

# IEBW



# 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)

# B

# E



## 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