



# MASTERARBEIT

## Oberbauinstandhaltung bei Trentino Trasporti SpA

### BEARBEITER



Name: Daniel Detassis  
Studium: 2011-2014 Bauingenieurwesen (B.Eng.)  
2015-2018 Bahnsystemingenieurwesen (M.Sc.)

### BETREUER

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fengler  
Dipl.-Ing. Michael Otto  
Dr.-Ing. Ulf Gerber

### AUFGABE

Die Trentino Trasporti SpA (TTSpA), das öffentliche Verkehrsunternehmen der Provinz Trento in Norditalien, betreibt die meterspurige Schmalspurbahn von Trento nach Mezzana.

Das interne Regelwerk dieser Eisenbahn stammt aus den 50er Jahren und es wurde seitdem nicht mehr aktualisiert. Nur die Richtlinien zur Oberbauinstandhaltung wurden 2015 aktualisiert, indem Werte aus Richtlinien von italienischen Staatsbahnen und U-Bahnen übernommen werden.

Da die Verhältnisse auf einer Schmalspurbahn anders sind als die auf Staatsbahnen bzw. U-Bahnen, können

Einschränkungen bei der Eignung dieser Werte für die Strecke Trento-Mezzana vermutet werden.

Das Ziel dieser Arbeit sind die Analyse und die Überprüfung des Regelwerkes der TTSpA.

Im ersten Teil der Arbeit wird die Angemessenheit der auf Staatsbahnen bzw. U-Bahnen basierenden Oberbauinstandhaltungsrichtlinien der TTSpA überprüft. Darüber hinaus werden Anpassungsmöglichkeiten an Werte von anderen europäischen Schmalspurbahnen diskutiert. Im zweiten Teil der Arbeit werden andere geplante bauliche und betriebliche Maßnahmen zur Anpassung an die moderneren Verhältnisse auf der Strecke diskutiert. Um die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf Oberbaubelastung und Verschleiß zu bewerten, wird ein Konzept zur Betriebserprobung entwickelt.



Bild 1: Die Schmalspurbahn Trento-Mezzana

### Thesen

- (1) Bei Schmalspurbahnen sind aufgrund der einfacheren Verhältnisse weniger strenge Grenzwerte erlaubt als bei Normalspurbahnen. Die aus Richtlinien von Normal- und U-Bahnen übernommenen Grenzwerte dürfen auch bei Trentino Trasporti verwendet werden.
- (2) Die bestehenden Grenzwerte von TTSpa sind hinsichtlich der Betriebssicherheit und der Wirtschaftlichkeit angemessen, weil sie ähnlich sind wie die Grenzwerte von anderen Schmalspurbahnen in Europa.
- (3) Es besteht eine Anpassungsmöglichkeit für den Grenzwert des Überhöhungsfehlers; Für die Spurweitentoleranz wäre eine Anpassung möglich, aber sie ist nicht sinnvoll, weil es keine deutliche Tendenz zur Spurweiterehöhung nachgewiesen wird.
- (4) Die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit auf 45 km/h in engen Bögen ist möglich; soll die zulässige Seitenbeschleunigung auf 1,00 m/s<sup>2</sup> erhöht werden. Wird zusätzlich zur Erhöhung der zulässigen Seitenbeschleunigung auch eine Erhöhung der eingebauten Überhöhung auf 105 mm vorgesehen, werden die Auswirkungen auf Oberbaubelastung und Verschleiß vermindert.
- (5) Die bestehende planmäßige Spurweiterehöhung kann zu hoch für die modernen Triebfahrzeuge mit Drehgestell vermutet werden. Eine Verringerung der planmäßigen Spurerweiterung auf 20 mm ist sinnvoll und in Einklang mit den anderen Richtlinien für Schmalspurbahnen.
- (6) Durch eine Betriebserprobung ist es möglich, die Auswirkungen auf dem Oberbau von Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit und Verringerung der Spurerweiterung zu bewerten. Durch den Vergleich zwischen der bestehenden Entwicklung von Fehler und Verschleiß und der Entwicklung unter den geänderten Verhältnissen der Betriebserprobung ist es möglich, die Änderungen von Instandhaltungsintervalle und -kosten zu schätzen.

### Oberbauinstandhaltung

Die Instandhaltung des Oberbaus soll sicherstellen, dass sein funktionsfähiger Zustand erhalten bleibt oder bei Ausfall wiederhergestellt wird. Die Instandhaltung hat aber nicht nur eine sicherheitsrelevante, sondern auch eine wirtschaftliche Bedeutung. Durch eine zum optimalen Zeitpunkt durchgeführte Instandhaltung kann die Lebensdauer der Oberbauelemente verlängert werden. Darüber hinaus werden die Instandhaltungskosten durch die Häufigkeit der Instandhaltungsmaßnahmen stark beeinflusst. Es ist dann sehr wichtig, die Instandhaltungsintervalle korrekt festzulegen.

Im Regelwerk von TTSpA wird die Instandhaltung in Inspektion, Instandsetzung und Erneuerung gegliedert. Instandsetzungsmaßnahmen werden eingeleitet, wenn die Fehlerentwicklung einen gewissen Wert (Instandsetzungsschwelle) erreicht hat. In den Richtlinien von TTSpA wurden die Instandsetzungsschwellen von den Richtlinien von italienischen Staatsbahnen bzw. U-Bahnen übernommen.

In der Arbeit wurde diskutiert, ob diese Werte auch bei einer Schmalspurbahn trotz der unterschiedlichen Verhältnisse verwendet werden dürfen. Die einfachere Verhältnisse, die auf einer Schmalspurbahn herrschen, ermöglichen die Anwendung von weniger strengen Grenzwerten. Es ist dann möglich, die auf Staatsbahnen bzw. U-Bahnen basierenden Werte zu verwenden.

Die Oberbauinstandhaltungsrichtlinien von TTSpA wurden dann mit denen von anderen europäischen Schmalspurbahnen verglichen. Es wurden Richtlinien aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und Spanien berücksichtigt. Während die Richtlinien aus Deutschland und Österreich nur allgemeine Anforderungen an die Betriebssicherheit festlegen, werden in den schweizerischen und spanischen Richtlinien genauen Grenzwerte bestimmt. Diese werden mit denen von TTSpA verglichen, um ihre Angemessenheit zu überprüfen und mögliche Anpassungen abzuleiten.

Prüfmaß	AT	ISS	
		ES	SES
Spurweite [mm]	-1 / +3	-2 / +5	-3 / +7
Überhöhung [mm]	± 3	± 7	± 14
Langshöhe [mm]	± 3	± 12	± 22
Richtung [mm]	± 5	± 12	± 23
Verwindung [%]	± 3,0	± 4,0	± 5,0
Abs. horizontale Gleislage [mm]	± 5	± 25	± 40
Abs. vertikale Gleislage [mm]	± 5	± 25	± 30
Seitenverschleiß			
Schiene (45°) [mm]	---	8	15

Bild 2: Grenzwerte zur Oberbauinstandhaltung bei TTSpA (AT: Abnahmetoleranzen; ISS: Instandsetzungsschwellen; ES: Eingriffsschwellen; SES: Soforteingriffsschwellen)

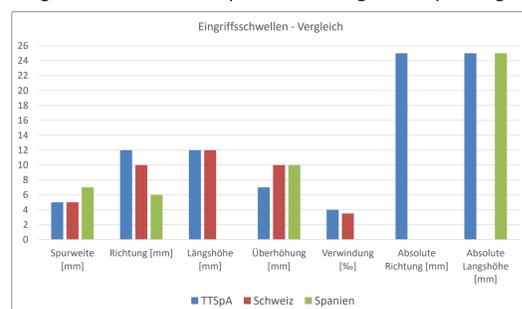


Bild 3: Vergleich der Grenzwerte (Eingriffsschwellen) bei verschiedenen europäischen Schmalspurbahnen

Durch den Vergleich kann man schließen, dass die bestehenden Grenzwerte angemessen sind, weil sie ähnlich sind wie die bei anderen Schmalspurbahnen verwendeten Werte. Außerdem werden bei den spanischen Schmalspurbahnen Werte verwendet, die aus den Richtlinien von den spanischen Staatsbahnen übernommen werden: Wenn das bei den spanischen Schmalspurbahnen zulässig ist, darf auch bei der TTSpA zulässig sein. Mögliche Anpassungen sind bei den Grenzwerten für Spurweite und Überhöhung zu vermuten: Die Grenzwerte für diese Prüfmaße sind bei den spanischen bzw. schweizerischen Richtlinien weniger streng als bei denen von TTSpA. Ob eine Anpassung an diese höheren Werte sinnvoll ist, wird durch die Messdatenanalyse bewiesen werden.

### Messdatenanalyse

Bei TTSpA werden regelmäßig (alle sechs Monate) Daten zum Oberbauzustand mit einem Diagnosefahrzeug gemessen. Durch die Analyse der Daten der letzten zehn Jahren (2007-2017) ist es möglich, die tatsächlichen Entwicklungen der Fehler für die einzelnen Prüfmaße des Oberbauzustandes zu erfassen. Die Anpassungsmöglichkeiten der Grenzwerte für Spurweite und Überhöhung müssen mit Bezug auf die Fehlerentwicklung diskutiert

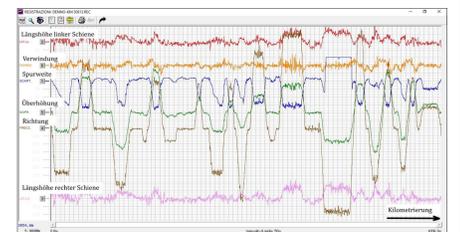


Bild 4: Messdaten zum Oberbauzustand bei TTSpA

werden: Unter den möglichen Grenzwerten, muss man die auswählen, die am besten zur Fehlerentwicklung passen. Da keine Tendenz zur Erhöhung durch die Datenanalyse nachgewiesen wird, wird die Änderung der Spurweitentoleranz abgelehnt. Dagegen wird eine Erhöhung der Überhöhungstoleranz mit Anpassung an den spanischen/schweizerischen Grenzwert von ± 10 mm vorgeschlagen, um die Instandsetzungsintervalle besser an die Fehlerentwicklung anzupassen.

### Betriebserprobungskonzept

Die TTSpA plant bauliche und betriebliche Maßnahmen (Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit und Verbesserung des Bogenlaufverhaltens in engen Bögen) zur Anpassung an die moderneren Verhältnisse auf der Strecke.

Die Fahrgeschwindigkeit kann in engen Bögen erhöht werden, indem die zulässige Seitenbeschleunigung von 0,80 auf 1,00 m/s<sup>2</sup> erhöht wird. Wird auch die eingebaute Überhöhung von 100 auf 105 mm erhöht, ist die Erhöhung der resultierenden Seitenbeschleunigung geringer.

Das Bogenlaufverhalten der Fahrzeuge kann verbessert werden, wenn die planmäßige Spurerweiterung von 30 auf 20 mm verringert wird.

Diese Maßnahmen haben Auswirkungen auf die Oberbaubelastung und auf den Verschleiß. Um diese Auswirkungen genau zu bewerten, wird ein Betriebserprobungskonzept entwickelt.

Die einzelnen Maßnahmen werden auf ausgewählten Bögen eingesetzt. Für zwei Jahre werden regelmäßige Messungen der Prüfmaße des Oberbauzustandes mit kürzeren Inspektionsintervallen als die bestehenden durchgeführt.

Die erhobene Messdaten werden analysiert und in Form von Trendlinien bearbeitet; Diese ermöglichen Prognosen über die zukünftige Fehlerentwicklung. Die Prognosen werden mit den Trendlinien der bestehenden Fehlerentwicklung verglichen, um die Auswirkungen der Maßnahmen auf den Oberbau zu erfassen.

Die eingesetzten Maßnahmen werden hinsichtlich der Betriebssicherheit, der Änderung der Oberbaubelastungen und -instandhaltungsintervalle und der Wirtschaftlichkeit bewertet.

Ist die Bewertung positiv, werden die eingesetzten baulichen und betrieblichen Änderungen in das Regelwerk des Unternehmens nach Genehmigung durch die Aufsichtsbehörden übernommen.

### Fazit

Die Oberbauinstandhaltungsrichtlinien von TTSpA sind angemessen, obwohl sie von Richtlinien von Staatsbahnen bzw. U-Bahnen wurden. Durch den Vergleich mit Richtlinien anderer Schmalspurbahnen wurden die Werte überprüft; Durch die Messdatenanalyse wurde eine Anpassung der Grenzwerte für die Überhöhung empfohlen.

Andere Anpassungen und Verbesserungen wurden diskutiert: In engen Bögen kann die Fahrgeschwindigkeit erhöht werden und die planmäßige Spurerweiterung verringert werden. Ein Betriebserprobungskonzept wurde entwickelt, um die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf den Oberbau zu analysieren und zu bewerten.