

Erprobung von Schienendämpfern

Abschätzung der Anzahl Kilometer und Investitionskosten beim Einbau von Schienendämpfern.

Autoren	Enzo Scossa-Romano, Jakob Oertli
Version	Endgültige
Letzte Änderung	21 octobre 2015
Letzte Änderung durch	u212740
Urheberrecht	Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Jegliche kommerzielle Nutzung bedarf einer vorgängigen, ausdrücklichen Genehmigung.

Table des matières

Wichtigsten Abkürzungen

Oberbau Abkürzungen

TDR	Track Decay Rate
B.h	Betonschwellen harte Zwischenlagen Variante mit hoher TDR
B.h.tv	Betonschwellen harte Zwischenlagen Variante mit tiefer TDR
B.h.SIV	Wie B.h aber mit Schiene IV
B.w	Betonschwellen weiche Zwischenlagen
B.w.tv	Betonschwellen extra-weiche Zwischenlagen
H.h	Holzschwellen harte Zwischenlagen schiene IV
H.k	Holzschwellen keine Zwischenlagen schiene IV
H.h.SVI	Holzschwellen harte Zwischenlagen schiene VI
S.h	Stahlschwellen harte Zwischenlagen schiene IV

Sonstige Abkürzungen

AEA	Anzahl eingebaute Abschnitte
DR	Decay Rate
IGW	Immissionsgrenzwert
MBBM	Müller BBM

Zusammenfassung

Mit Angaben über Grenzwertüberschreitungen aus dem Akustikprojektierungstool der SBB (APT) und der Datenbank über feste Anlagen (DfA) konnte die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, dass an konkreten Orten Schienendämpfer eingebaut werden. Es wurden dabei drei Varianten untersucht : 1) Der heutige Zustand wird beibehalten ohne Optimierungen am Oberbau. 2) Ein unbekannter Faktor X, welcher in gewissen Fällen zu tieferen Abklingraten (Track Decay Rates, TDR) im Oberbau führt, wird gefunden und geändert. 3) aus infrastrukturseitigen Gründen werden vermehrt weiche Zwischenlagen eingebaut. Für jeden Fall wurden Szenarien mit unterschiedlichen minimal erlaubten Wirkungen berechnet und ein Kosten-Nutzen Einschränkung eingeführt. Wird eine minimale Dämpferwirkung von 2 dB vorausgesetzt, dann würden auf einer Streckenlänge 35 km eingebaut bei Investitionskosten von CHF 33 Millionen. Dadurch würden rund 10'000 zusätzliche Personen unter den Grenzwert gelangen. Wird der Faktor X erkannt und geändert, so sind bei gleichem Nutzen nur noch rund 15 km notwendig bei Kosten von CHF 14 Millionen (und unbekannten Kosten für den Faktor X). Insgesamt würden auch mit dieser Kombination rund 10'000 Personen unter den Grenzwert gelangen. Zu beachten ist, dass diese Resultate den Lärmminde- rungseffekt der Einführung des Verbotes von Grauguss-Sohlen ab 2020 nicht berücksichtigt. Einbaustandorte befinden sich im ganzen Netz, Konzentration bestehen jedoch in der Agglomeration Zürich, am Lac Léman, entlang der Jurasüdfusslinie und der Gotthardstrecke.

1 Einleitung

Ein Ziel des Projektes *Erprobung von Schienendämpfern* sind einerseits die netzweiten Kosten und Nutzen zu bestimmen. Hierzu wurden in einem sogenannten Parkplatztest die Abklingraten (Decay Rates, DR) von weich gelagerten Schienen mit Schienendämpfern gemessen. Danach wurden an 18 Standorten mit unterschiedlichen Oberbautypen die Abklingraten (Track Decay Rates, TDR) gemessen, aber ohne eingebaute Schienendämpfer. Mit Hilfe des STARDAMP-Tools konnte damit die Wirksamkeit von Schienendämpfer berechnet werden. Für die meisten Oberbautypen war die Wirkung eher bescheiden und lag zwischen 0.7 und 1.5 dB. Nur im Fall von Oberbauten mit weichen Zwischenlagen und einem noch unbekannten Faktor X konnten Wirkungen grösser als 2 dB erzielt werden¹. Die Wirksamkeit hängt stark von den Schwingungseigenschaften des Gleises ab, welche bisher immer mit der TDR beschrieben wurde.

Aufgrund der ungenügenden Kenntnisse über das netzweite Schwingungsverhalten des Gleises, ist es nicht möglich eine netzweite Analyse des Dämpfereinbaus mit einer befriedigenden Genauigkeit zu generieren. Es muss deshalb eine Lösung gesucht werden, wonach dies ohne Kenntnisse der Schwingungseigenschaften einzelner Ab-

1. sbbWCalc.

schnitte möglich ist. Hierzu wird ein statistisches Vorgehen gewählt, welches die Grössenordnungen des netzweiten Dämpfereinbaus abschätzt. Dabei werden die nur bedingt bekannten Schwingungseigenschaften des Gleises mit Wahrscheinlichkeitsansätzen vervollständigt. Die Hochrechnungsalgorithmen können dabei mit verschiedenen Parametern kontrolliert werden, damit unterschiedliche Szenarien berechnet werden können.

1.1 Verfahren zur Abschätzung des Dämpfereinbaus

Die Grossenordnung des netzweiten Dämpfereinbaus ist Gegenstand dieser Untersuchung. Die Grundidee der Abschätzung ist im folgenden Abschnitt dargestellt. Die Ergebnisse sind im Abschnitt 2 aufgeführt. Das detaillierte Verfahren ist schliesslich im Abschnitt ?? erklärt. Die Hochrechnungsalgorithmen und Auswertungen wurden mit dem Software² R implementiert.

- Das gesamte Netz wird in 100 m Abschnitte eingeteilt. Die Anzahl betroffene Personen (Personen mit IGW Überschreitungen) und einige Oberbauinformationen (Schwellentyp) sind für jeden Abschnitte bekannt.
- Für alle Abschnitte wird die Wahrscheinlichkeit angegeben, einer bestimmte TDR Klasse anzugehören³ zu sein angegeben. Diese Wahrscheinlichkeit ist von den Oberbauinformationen und einigen anderen Parametern, welche die Annahmen kontrollieren, abhängig.
- Die Dämpferwirkung ist für jede TDR Klasse aus früheren Berechnungen⁴ bekannt. Genauer handelt es sich um eine Wahrscheinlichkeitsdichte. Damit kann für jeden Abschnitt die Wahrscheinlichkeitsdichte der Dämpferwirkung berechnet werden. Die Wirkung hängt von den Annahmen ab, welche der Berechnung zugrunde liegen.
- Es wird die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass die Dämpfer eine genügende Wirkung aufweisen. Dabei werden Kosten-Nutzen Einschränkungen sowie eine minimale Wirkungsschwelle berücksichtigt. Diese Grösse beinhaltet gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem konkreten Abschnitt Dämpfer eingebaut werden könnten. Die Berechnung setzt deshalb die Angabe einer Kosten-Nutzen Grenze und einer minimalen Wirkungsschwelle der Dämpfer voraus.
- Die Kosten und die Anzahl geschützte Personen werden für jeden Abschnitt berechnet.
- Als letzte Schritt werden alle Abschnitte zusammengerechnet. Als Endresultat bekommt man eine Wahrscheinlichkeit für die Anzahl eingebauter Kilometer und

2. R.

3. Im 2012 wurde eine TDR Messkampagne auf den Schweizer Bahnnetz durchgeführt. Damit wurden charakteristische TDR-Klassen definiert.

Mehr im Bericht : **MbbmNetzM**

4. Für unterschiedlichen TDR Klassen, Verkehrssituationen und Schienendämpfern wurden charakterisierende Wirkungsintervalle mit den STARDAMP-Tool berechnet (**sbbWCalc**).

Mehr Information über STARDAMP und dem daraus entwickelten Tool sind im STARDAMP Schlussbericht zu sehen : **stardRep**

für die Investitionskosten.

2 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Resultate der Abschätzung, d.h. die Anzahl eingebaute Kilometer Schienendämpfer und die daraus resultierenden Investitionskosten dargestellt. Die Ergebnisse basieren auf einigen Annahmen, welche untenstehend aufgeführt sind :

2.1 Annahmen

Die Annahmen bestimmen den Zusammenhang zwischen Schwellentyp, TDR und Wirkung im Fall von Betonschwellen. Für Holz- und Stahlschwellen ist der Zusammenhang weniger problematisch und von kleiner Bedeutung. Wie schon diskutiert, hängt die Wirkung eines Dämpfers für einen Abschnitt stark (aber nicht nur) vom Gleiszustand (Schwingungsverhalten, TDR Klasse) ab. Da dieser Zusammenhang, aufgrund von fehlenden Kenntnissen (Faktor X) und oder fehlenden Gleisinformationen (Zwischenlage, genaue Schwellentyp), teils unbekannt bleiben, müssen Annahmen getroffen werden, so dass eine Zuordnung zwischen Abschnitt und Wirkung entsteht. In diesem Bericht unterscheiden wir drei Varianten unterschiedlichen Annahmen. Im Abschnitt ?? sind weitere Details dargestellt.

Variante 1 (V1)

Die erste Variante versucht den heutige Zustand möglichst genau darzustellen. Erstens wird angenommen, dass mit Betonschwellen ausschliesslich steife Zwischenlagen eingebaut sind. Zweitens, dass bei B70 Schwellen mehrheitlich die tiefe und bei B91 eher die hohe TDR Variante vorkommt. Diese Annahmen basieren auf den empirischen Ergebnissen der Messungen.

- Zwischenlagen beim Betonschwellen : 95% hart 5% weich.
- Faktor X

B70	80% tiefe TDR	20% hohe TDR,
B91	10% tiefe TDR	90% hohe TDR

Die daraus resultierenden Wirkungen für die zugehörigen Schwellenklassen sind in Abbildung 1 dargestellt. Zu beachten ist, dass die Wirkung einer TDR Klasse nach wie vor als Zufallsvariable dargestellt wird, da die genaue TDR unbekannt ist. Mit dieser Darstellungsart kann auch die Variabilität aufgrund der unterschiedlichen Fahrzeugen mitberücksichtigt werden.

Variante 2 (V2)

Diese Variante basiert auf der Annahme, dass der Faktor X entdeckt wird. Als Folge würde man das Gleis so umbauen, dass bei harten Zwischenlagen keine tiefen TDR mehr vorkommen würden.

- Zwischenlagen beim Betonschwellen : 95% hart 5% weich.

- Faktor X
 B70 5% tiefe TDR 95% hohe TDR,
 B91 5% tiefe TDR 95% hohe TDR

Die daraus resultierenden Wirkungen für die zugehörigen Schwellenklassen sind in Abbildung 2

Variante 3 (V3)

Diese Variante berücksichtigt den heutigen Trend, welcher einen Umbau auf weiche Zwischenlagen darstellt. Für diese Variante nahmen wir einen Anteil von weichen Schienenzwischenlagen von 40% an. Die daraus resultierenden Wirkungen für die zugehörigen Schwellenklassen sind in Abbildung ?? aufgeführt. Es ist zu bemerken, dass der Umbau ein Zuwachs der Lärmemissionen (um die 2 dB – 3 dB) verursachen würde. Für eine korrekte Abschätzung müsste die Information über die von Lärm betroffenen Personen anpassen. Weil dies in der Abschätzung nicht gemacht wurde, wird die Anzahl Kilometer mit eingebauten Schienendämpfer eher unterschätzt.

Die weiteren Parameter für die Abschätzung wurden für alle drei Varianten gleich gewählt :

Parameter	Wert
KNI	100
Jahreskosten pro Abschnitt ⁵	CHF 5'000
Investitionskosten	CHF 45'000
Kriterium minimaler Effekt	2 dB and 3 dB

Die Berechnung wird für zwei unterschiedliche minimale Effekte von Dämpfern ausgeführt : 2 und 3 dB. Wirkungen unter 2 dB sind für die Anwohner nicht wahrnehmbar, weshalb es nicht sinnvoll ist an solchen Orten Dämpfer einzubauen.

FIGURE 1 – Wahrscheinlichkeitsdichte der Wirkung (dB) für unterschiedliche Schwellentypen für die Variante 1.

FIGURE 2 – Wahrscheinlichkeitsdichte der Wirkung (dB) für unterschiedliche Schwellentypen für die Variante 2.

5. Berechnungsbasis : Kosten pro m Einspur für 15 Jahre : Investition Basis Bümpliz CHF 408, Instandhaltung (3% der Investition pro Jahr für 15 Jahre) : CHF 183.5 ; Erschwerung andere Arbeiten : CHF 25 ; Ausbau CHF 100 ; Entsorgung CHF 0 ; Fixkosten System CHF 25 ; Total : CHF 741.5 ; Jahreskosten (Total durch 15, gerundet) CHF 50)