

***Bericht 02-00993***



## **Schienenstegabschirmung**



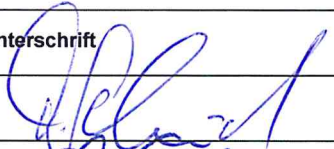


## **Vorbeifahrtsmessungen**

### ***Abschlussbericht***

PROSE AG  
Zürcherstrasse 41  
8400 Winterthur  
Switzerland

Phone: +41 52 262 74 00  
Fax: + 41 52 262 74 01  
Website: [www.prose.ch](http://www.prose.ch)



	Name	Datum	Unterschrift
Erstellt	T. Schmid	17.10.2015	
Geprüft	C. Czolbe	11.02.2016	
Freigegeben	P. Huber	11.02.2016	

## Verteiler

Firma / Abteilung / Name	Bemerkungen

Dieses Dokument gibt Kenntnis von Gegenständen, an denen die PROSE AG, 8400 Winterthur (Schweiz), Eigentumsrechte hat. Weder Erhalt noch Besitz dieses Dokuments verleihen oder übertragen das Recht, seinen Inhalt als Ganzes, einen Teil davon, eine darin enthaltene Information, oder irgendwelche Gegenstände oder Vorrichtungen zu kopieren oder bekannt zu machen oder irgendwelche Methoden oder Prozesse anzuwenden, ausser nach schriftlicher Genehmigung durch die PROSE AG, 8400 Winterthur (Schweiz) oder schriftlicher Vereinbarung mit dieser Firma.

## Revisionsindex

	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Datum
02-03-00422	T. Schmid	C. Czolbe	P. Huber	11.02.2016
Rev.				
Rev.				
Rev.				
Rev.				
Rev.				

## Modifikationen

Revision	Beschreibung



# Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	7
2 Ausgangslage	8
3 Technologie Schienenstegabschirmung	9
4 Messtrecke und Messaufbau	11
5 Versuchsprogramm	13
6 Auswerteverfahren	14
6.1 Bestimmung der Geschwindigkeit	14
6.2 Auswertung der Schalldrucksignale	14
7 Ergebnisse	16
7.1 Äquivalente Schalldruckpegel der Vorbeifahrtmessungen	16
7.2 Terzspektren der Vorbeifahrtmessungen	18
7.2.1 Terzspektren der Vorbeifahrten ohne SSA	18
7.2.2 Terzspektren der Vorbeifahrten nach dem Einbau der SSA	20
7.2.3 Differenzspektren der Vorbeifahrten	22
7.2.4 Spektraler Effekt der SSA	26
7.3 Schienenrauheitsmessungen	27
7.4 Gleisabklingratenmessungen	28
7.5 Beschleunigungen	32
7.6 Transferfunktionen	34
8 Literatur	38
A Messprotokolle	39
B Messausrüstung	42
B.1 Messgrößen	42
B.2 Signallaufplan	43
B.3 Sensoren	44
B.4 Mikrofone und Kalibrator	44
B.5 Aufzeichnung	47
C Beschreibung des Messorts	48
D Rauheitsmessung	49
D.1 Zertifikate Messquerschnitt 1 - km24.520	50

D.2 Zertifikat Messquerschnitt 0 - km24.580	53
D.3 Zertifikate Messquerschnitt 2 - km24.680	56
E Abklingratenmessung	59
E.1 Zertifikate Messquerschnitt 1 - km24.520	59
E.2 Zertifikat Messquerschnitt 0 - km24.580	62
E.3 Zertifikate Messquerschnitt 2 - km24.680	64

# 1 Zusammenfassung

Auf der Einspurstrecke zwischen Kerzers und Müntschemier, wo sich die PROSE-Messstelle für Pass-by Noise-Messungen befindet, wurden kurzzeitig zwei 80 Meter lange gerade Streckenabschnitte mit der Schienenstegabschirmung (SSA) Calmmoon Rail von SEKISUI ausgerüstet, um deren akustischen Effekt zu messen. Der Streckenabschnitt befindet sich nach der Oberbauerneuerung 2014 in hervorragendem Zustand und eignet sich ausserordentlich für den vorgesehenen Test, da eine durchgehend sehr niedrige Schienenrauheit herrscht und auch der Einfluss der weichen und harten Zwischenlage auf den Effekt der SSA gemessen werden kann. Zudem verkehren sowohl unterschiedliche Personen- wie auch Güterzüge auf der Strecke.

Die Schienenstegabschirmungen wurden in der Nacht vom 26. auf den 27. Oktober 2015 eingebaut und eine Woche später wieder ausgebaut. Die Montage der SSA auf 160 m Gleis wurde erstmalig von Sersa ausgeführt und war nach kurzer Einweisung, ohne technische Schwierigkeiten innert drei Stunden erledigt.

Die Messungen konnten bei geeigneten Randbedingungen am 19. und 28. Oktober 2015 durchgeführt werden. Neben den Schallemissionsmessungen in 7,5 m Distanz zum Gleis, beidseits des Gleises an drei Messquerschnitten (bei Regelbetrieb während 8 Stunden) - wurden auch die Schienenrauheiten, die Gleisabklingraten (TDR) und die Schienenschwingungen vor und nach Einbau der SSA erfasst.

Die Schallmessungen ergaben eine deutliche Minderung der Vorbeifahrpegel durch die SSA im erwarteten Bereich von ca. 1 – 4 dB. Die Pegelreduktion der SSA ist dann am höchsten, wenn der Schienenschallanteil das Rollgeräusch bestimmt (Lötschberger in Kombination mit weicher Zwischenlage) und umgekehrt am geringsten bei einem entsprechend kleinen Rollgeräuschanteil der Schienen (Re420 mit EW3 oder Güterzug in Kombination mit harter Zwischenlage), was plausibel ist.

Im Frequenzbereich ist die Dämmwirkung durch SSA ab 500 Hz erkennbar und ist am höchsten zwischen 800 bis 1000 Hz sowie bei 2000 Hz. Dies ist laut Theorie auch der Schallanteil im Rollgeräusch welcher von der Schiene abgestrahlt wird.

Ein überraschendes Ergebnis zeigen die Gleisabklingraten- und Schienenschwingungsmessungen. Bisher ist man davon ausgegangen dass die SSA im Gegensatz zu Schienenstegdämpfern (SSD) keinen Einfluss auf die Gleisabklingrate und Schienenschwingung haben. Tatsächlich zeigt sich ein beträchtlicher Unterschied in Form von höherer Dämpfung im Gleis und reduzierten Schienenschwingungen, insbesondere in horizontaler Richtung. Der Lärminderungseffekt der SSA beruht also nicht nur auf der Abschirmung sondern auch auf reduzierter Schwingung und Schallabstrahlung der Schiene.

## 2 Ausgangslage

Auf der Einspurstrecke zwischen Kerzers und Müntschemier befindet sich in einem geraden Streckenabschnitt die von PROSE für Pass-by Noise-Messungen genutzte Referenzstrecke nach TSI Noise [1] bzw. ISO 3095 [4] (Messquerschnitt bei km 24.580).

Auf der Einspurstrecke sollen zwei 80 Meter lange Streckenabschnitte mit SSA-Elementen ausgestattet werden, um den akustischen Effekt von SSA bei Schotteroberbau mit harter sowie weicher Zwischenlage nachzuweisen. Als Testabschnitte wurden

- MQ1: km 24.520 ( $\pm 40\text{m}$ ) mit harter Zwischenlage ohne / mit SSA
- MQ0: km 24.580 PROSE-Referenzstrecke mit harter Zwischenlage
- MQ2: km 24.680 ( $\pm 40\text{m}$ ) mit weicher Zwischenlage ohne / mit SSA

ausgewählt. Der Einfluss unterschiedlicher Zwischenlagen auf die Geräuschentwicklung soll ebenfalls untersucht werden. Die PROSE-Referenzstrecke soll zur Untersuchung der Lärmentwicklung mit SSA als Referenz dienen.

Die vorherrschenden Gleiseigenschaften wie Gleisabklingrate und Schienenrauheit wurden vor und nach dem Einbau der SSA bestimmt. Die Schienenrauheit wurde dabei an allen drei Querschnitten direkt nach EN 15610 [2] gemessen. Die Gleisabklingrate wurde nur an den beiden Querschnitten MQ1 und MQ2 aufgenommen, an denen die SSA montiert war. Die Gleisabklingrate auf der PROSE-Referenzstrecke wird regelmässig kontrolliert und wurde zuletzt am 02.09.2015 gemessen. In der kurzen Zwischenzeit fanden keine Instandhaltungs- oder Wartungsarbeiten auf dem Referenzgleisabschnitt statt, welche die TDR hätten beeinflussen können – damit ist die zuletzt ermittelte TDR für die hier beschriebenen Vergleichsmessungen repräsentativ.

### 3 Technologie Schienenstegabschirmung

Calmmoon Rail von SEKISUI ist ein Stahlblech, welches Schienensteg und Schienenfuss ummantelt und somit den von der Schiene ausgehenden Rollgeräuschanteil vorbeifahrender Züge abschirmt. Das Rollgeräusch setzt sich aus Anteilen der Schwellen, Schienen und Räder zusammen. In Abbildung 3-1 sind die Anteile im Rollgeräusch enthalten, danach trägt die Schiene in einem Frequenzbereich zwischen 500 Hz und 2500 Hz zur Rollgeräuschabstrahlung bei.

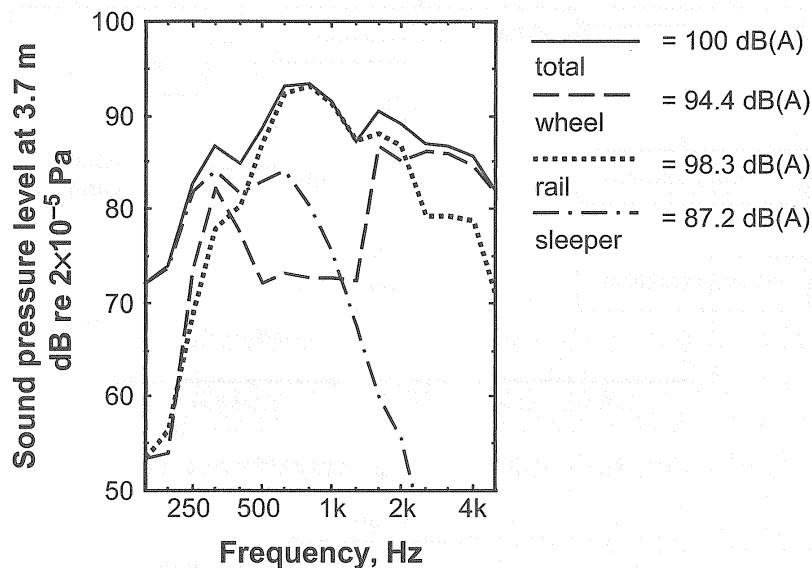


Abbildung 3-1 Frequenzanteile im Rollgeräusch nach Verursacher (Thompson 2009)

Die SEKISUI Chemical Co. Ltd. ist Hersteller des Calmmoon Rail-Schienensteg-Lärmschutzsystems. Calmmoon Rail setzt sich aus zwei Stahlblechwinkeln zusammen, an deren Innenseite „Sandwich-Schichten“ bestehend aus Polyethylen und dem Kunststoff Calmmoon befestigt sind (vgl. Abbildung 3-2). Die Calmmoon Rail-Elemente werden jeweils in den Schwellenfächern montiert. Je Laufmeter Gleis werden ca. 8 kg Masse in Form der Schienenstegabschirmung verbaut.

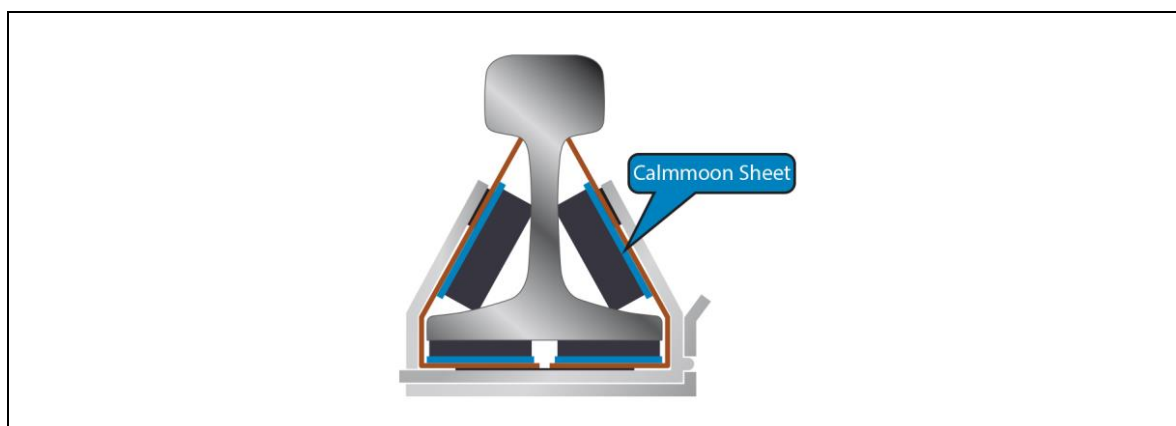


Abbildung 3-2 Aufbau Calmmoon Rail

Bei einer Zugüberfahrt werden Räder und Schienen durch ihre Rauheiten mechanisch zum Schwingen angeregt. Diese Schwingungen werden als Luftschall von den beteiligten

Bauteilen abgestrahlt und bilden das Rollgeräusch. Calmmoon-Rail schirmt einerseits den vom Schienensteg und -fuss abgestrahlten Schallanteil ab und absorbiert andererseits auch Luft- und Körperschallanteile durch die innen angebrachten Beschichtungen. Theoretisch ist ihre Wirkung in Situationen hoch, wo ein hoher Anteil Rollgeräusch von der Schiene ausgeht, z.B. bei weichen Zwischenlagen und niedriger Gleisdämpfung.

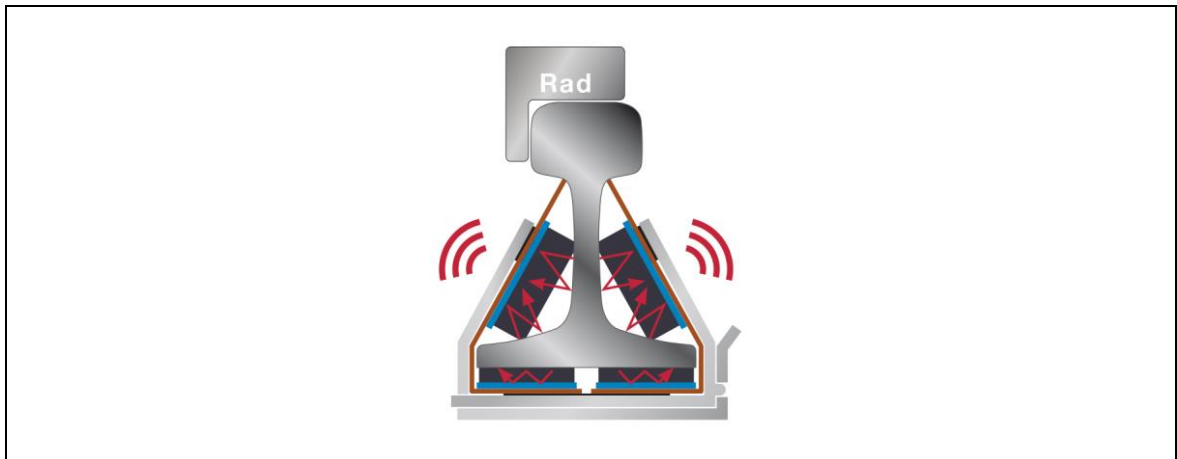


Abbildung 3-3 Wirkungsweise Calmmoon Rail

## 4 Messtrecke und Messaufbau

Die Messungen wurden auf der Strecke zwischen Kerzers und Müntschemier auf einem geraden, ebenen Abschnitt zwischen Streckenkilometer 24.480 und 24.720 durchgeführt. Es wurden die Vorbeifahrten von Zügen in beiden Fahrrichtungen aufgezeichnet.



Abbildung 4-1 Lage der Messstrecke

Beidseits des Gleises befanden sich keine Bäume oder sonstige hohe Vegetation entlang der Messstrecke. Reflektierende Flächen wie Hauswände oder Vergleichbares waren nicht vorhanden, es herrschten somit ideale Ausbreitungsbedingungen eines freien Schallfeldes.

Der Streckenabschnitt ist im Bereich zwischen Streckenkilometer 24.476 und 24.638 mit harten Zwischenlagen des Typs Zw 661-6 EVA ausgestattet. Ab Streckenkilometer 24.638 sind weiche Zwischenlagen vom Typ Zw 700-b-100kN-EPDM-H-SF150-W verbaut. Ansonsten handelt es sich bei beiden Abschnitten um Schotteroberbau mit Schienenprofil 60 E1 und Betonschwellen B91.



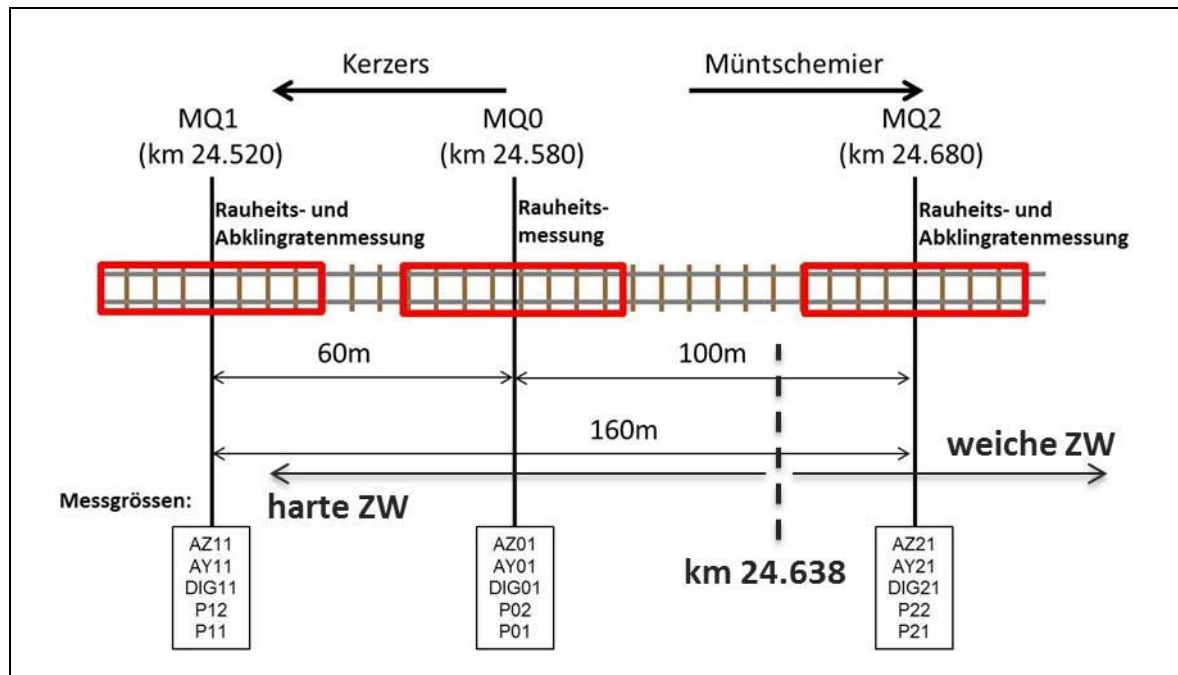


Abbildung 4-2 Messstellenübersicht

Abbildung 3-2 zeigt die Messstrecke mit ihren metrischen Abmessungen. Es sind die Streckenabschnitte markiert, auf welchen die Schienenrauheit und die Gleisabklingrate gemessen wurden. Weiterhin sind die Messgrößen je Querschnitt aufgeführt.

Der Bahndamm ist gegenüber der Umgebung erhöht angelegt. Die Höhe beträgt an den Mikrofonpositionen zwischen 1 und 2 Meter. Die Umgebungsbedingungen entsprechen demnach den Vorgaben nach TSI Noise [1] Anlage E.

Zusätzlich zum Luftschall (P01 bis P22), der beidseitig erfasst wurde, wurde an allen Messquerschnitten, jeweils an der südlichen Schiene, der Körperschall in horizontaler (AY) und vertikaler Richtung (AZ) aufgezeichnet. Zur Erfassung der Achsdurchgänge und der Bestimmung der Fahrgeschwindigkeit der vorbei fahrenden Züge war an jedem Messquerschnitt zusätzlich eine Lichtschranke (DIG) montiert.

Die Umgebungsbedingungen wie Wetter, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Windgeschwindigkeit wurden während der Messungen mehrmals erfasst. Die Messwerte sind den Messprotokollen in Anhang A zu entnehmen.



## 5 Versuchsprogramm

Während rund acht Stunden wurden die Vorbeifahrgeräusche aller Züge gemessen. Die Nullmessungen vor dem Einbau der SSA-Elemente an den Messquerschnitten MQ0, MQ1 und MQ2 erfolgte am 20. Oktober, die Effektmessungen nach dem Einbau wurden am 28. Oktober durchgeführt.

Messzeit	Wetterbedingung	Zugsart	gemessen	ausgewertet
<b>20.10.2015</b> <b>10:15h bis</b> <b>18:14h</b>	Leicht bis stark bewölkt, trocken	Lötschberger	14	14
		IC (EW3 mit Re420 oder Re465)	15	15
		Güterzüge	1	1
		Nina	1	1
		Spezialfahrzeuge	1	0

Tabelle 5-1 Auflistung der aufgezeichneten Vorbeifahrten vom 20.10.2015

Messzeit	Wetterbedingung	Zugsart	gemessen	ausgewertet
<b>28.10.2015</b> <b>8:23h bis 15:47h</b>	Zunächst neblig, dann leicht bewölkt bis sonnig	Lötschberger	13	13
		IC (EW3 mit Re420 oder Re465)	15	15
		Güterzüge	3	2
		Nina	3	2
		Spezialfahrzeuge	2	0

Tabelle 5-2 Auflistung der aufgezeichneten Vorbeifahrten vom 28.10.2015

## 6 Auswerteverfahren

### 6.1 Bestimmung der Geschwindigkeit

Die Bestimmung der Fahrgeschwindigkeit wurde mit Hilfe der Lichtschrankensignale aller Messquerschnitte bestimmt. Die Zeitpunkte, zu denen je die erste Achse eines vorbeifahrenden Zuges eine Unterbrechung in den Lichtschrankensignalen hervorrief, wurden erfasst. Daraus wurden die zeitlichen Abstände der Unterbrechungen berechnet. Mit den Abständen der Lichtschranken zueinander konnte anschliessend unter Anwendung von Formel 6-1 die Fahrgeschwindigkeit ermittelt werden.

$$v_{\text{Zug}} = \frac{x}{\Delta t} \quad \text{Formel 6-1}$$

$x$ : Entfernung zwischen je zwei Lichtschranken [m]

$\Delta t$ : Zeitlicher Abstand zwischen je zwei Signalunterbrechungen [s]

### 6.2 Auswertung der Schalldrucksignale

Die errechnete Beurteilungsgrösse für eine Zugsvorbeifahrt ist der äquivalente Schalldruckpegel  $L_{pAeq}$ , gemessen während der Vorbeifahrtzeit eines Zuges  $T$ . Es wurde definiert, dass  $T$  beginnt, wenn die erste Achse des vorbeifahrenden Zuges die Lichtschranke am jeweiligen Messquerschnitt kreuzt und endet, wenn die letzte Achse des Zuges die Lichtschranke passiert hat. Der  $L_{pAeq}$  wird mit Formel 6-2 berechnet.

$$L_{pAeq,T} = 10 \cdot \lg \left( \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad \text{Formel 6-2}$$

$p_0$  = Referenzschalldruck von  $20\mu Pa$

$T$  = Vorbeifahrtzeit des Zuges [s]

$p_A(t)$  = A-bewerteter momentaner Schalldruck [Pa]

Die Züge passierten die Messquerschnitte mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Um die  $L_{pAeq}$  der Züge vergleichbar zu machen, wurden diese gemäss Formel 6-3 auf eine Referenzgeschwindigkeit von 80km/h normiert.

$$L_{pAeq,T_p}(80km/h) = L_{pAeq,T_p}(v) - 30 \cdot \log\left(\frac{v}{80km/h}\right) \quad \text{Formel 6-3}$$

$v$  = tatsächliche Fahrgeschwindigkeit [km/h]

## 7 Ergebnisse

### 7.1 Äquivalente Schalldruckpegel der Vorbeifahrtmessungen

Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2 zeigen je nach Zugart sortiert die über die Anzahl der ausgewerteten Züge arithmetisch gemittelten Vorbeifahrpegel, normiert auf 80km/h. Die Messwerte auf beiden Seiten des Gleises wurden dabei ebenfalls gemittelt. Die Messergebnisse an MQ0 mit harter Zwischenlage wurden dabei als Referenz gewählt.

- MQ1: km 24.520 ( $\pm 40$ m) mit harter Zwischenlage ohne / mit SSA
- MQ0 km 24.580 PROSE-Referenzstrecke mit harter Zwischenlage
- MQ2 km 24.680 ( $\pm 40$ m) mit weicher Zwischenlage ohne / mit SSA

Zug-Art	Anz.	Mittelwerte [dB(A)]			Pegel-Differenz [dB(A)] (positive Werte: Pegelzunahme gegenüber MQ0)	
		MQ1	MQ0	MQ2	Differenz_1-0	Differenz_2-0
Lötschberger	14	75.3	75.1	78.7	0.2	3.6
EW3 mit Re420/Re465	15	79.7	79.8	82.1	-0.1	2.3
Güterzüge	1	84.5	84.2	87.2	0.3	3.0
Nina	1	75.7	75.9	78.7	-0.2	2.8

Tabelle 7-1 Ergebnisse der Vorbeifahrtmessungen vom 20.10.2015, alle MQ ohne SSA

Anhand der Werte in Tabelle 7-1 ist zu erkennen, dass die Pegeldifferenzen zwischen MQ1 und MQ0 erwartungsgemäss gering ausfallen und maximal 0.3 dB betragen, da diese Abschnitte über die gleiche Zwischenlagensteifigkeit verfügen.

Zwischen MQ2 mit weicher Zwischenlage und MQ0 mit harter Zwischenlage fallen die Pegeldifferenzen der Vorbeifahrpegel zwischen 2.3 und 3.6 dB deutlich höher aus. Danach sind am Gleisabschnitt MQ2 mit weicher Zwischenlage gemittelt über alle Fahrzeugtypen 3 dB höhere Schallemissionen zu erwarten.

Zug-Art	Anz.	Mittelwerte [dB(A)]			Pegel-Differenz [dB(A)] (positive Werte: Pegelzunahme gegenüber MQ0)	
		MQ1	MQ0	MQ2	Differenz_1-0	Differenz_2-0
Lötschberger	13	72.4	74.0	73.7	-1.6	-0.3
EW3 mit Re420/Re465	15	77.9	79.2	79.1	-1.3	-0.1
Güterzüge	3	83.9	85.1	85.6	-1.2	0.5
Nina	3	74.7	77.2	76.3	-2.6	-0.9

Tabelle 7-2 Ergebnisse der Vorbeifahrtmessungen vom 28.10.2015, MQ1 und MQ2 mit SSA

Nach Einbau der SSA ist eine deutliche Reduzierung der Vorbeifahrpegel an beiden Messquerschnitten MQ1 und MQ2 zu verzeichnen und unterschreiten grösstenteils diejenigen des Referenzquerschnitts MQ0.

Tabelle 7-3 zeigt die effektive Reduktion der gemittelten Vorbeifahrpegel, welche durch den Einbau der SSA zustande kamen. In den blau hinterlegten Spalten sind die Effekte beider mit SSA ausgestatteten Querschnitte auf den Vorbeifahrpegel aufgeführt.

Zug-Art	Pegel-Differenz [dB(A)] zu MQ0 Nullmessung		Pegel-Differenz [dB(A)] zu MQ0 Effektmessung		Effekt durch SSA [dB(A)] (positive Werte: Pegelreduktion durch SSA)	
	MQ1	MQ2	MQ1	MQ2	MQ1	MQ2
Lötschberger	0.2	3.6	-1.6	-0.3	1.8	3.8
EW3 mit Re420/Re465	-0.1	2.3	-1.3	-0.1	1.3	2.4
Güterzüge	0.3	3.0	-1.2	0.5	1.5	2.5
Nina	-0.2	2.8	-2.6	-0.9	2.4	3.7

Tabelle 7-3      Effekt der SSA

Bei den Lötschberger Triebzügen und Nina ist der Effekt bei weicher Zwischenlage besonders gross, da in diesen Fällen der Rollgeräuschanteil des Gleises hoch ist. An MQ2 wird eine Reduktion von beinahe 4 dB erreicht. Umgekehrt ist bei Güterzügen und EW3 mit Re420 bei harter Zwischenlage der Rollgeräuschanteil des Gleises gering, entsprechend auch die Reduktion durch SSA mit etwas mehr als 1 dB.

Der Effekt durch das Einfügen der SSA entspricht dem Unterschied in den Pegel-Differenzen zu MQ0 zwischen Null- und Effektmessung:

$$\text{Effekt} = \text{Differenz}_{\text{Nullmessung}} - \text{Differenz}_{\text{Effektmessung}}$$

Formel 7-1

$\text{Differenz}_{\text{Nullmessung}}$  = Pegel-Differenz gemäss Tabelle 7-1 [dB(A)]

$\text{Differenz}_{\text{Effektmessung}}$  = Pegel-Differenz gemäss Tabelle 7-2 [dB(A)]

## 7.2 Terzspektren der Vorbeifahrtmessungen

### 7.2.1 Terzspektren der Vorbeifahrten ohne SSA

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Terzspektren der Vorbeifahrtmessungen unterteilt nach den aufgezeichneten Zugtypen.

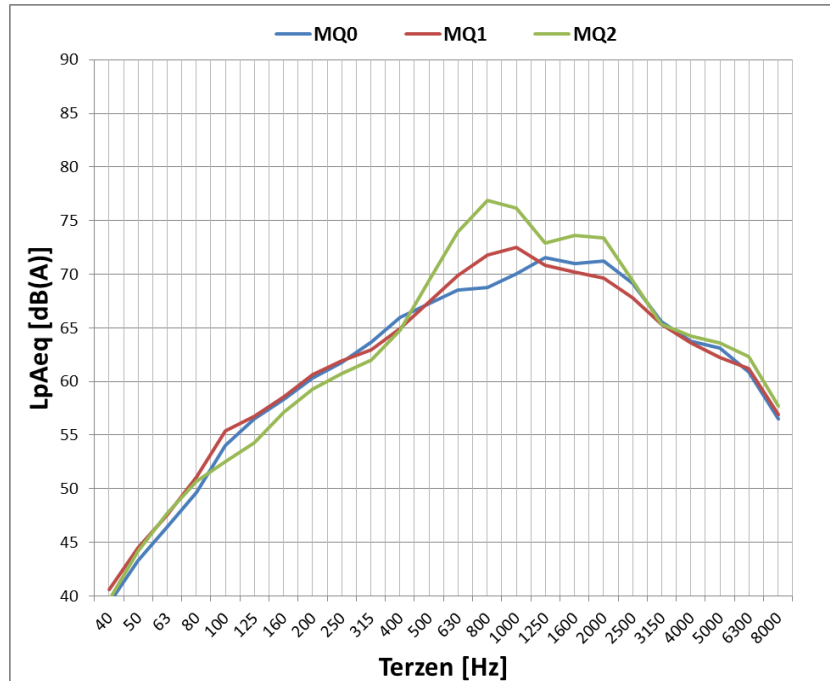


Abbildung 7-1 Terzspektren Lötshberger - Nullmessung

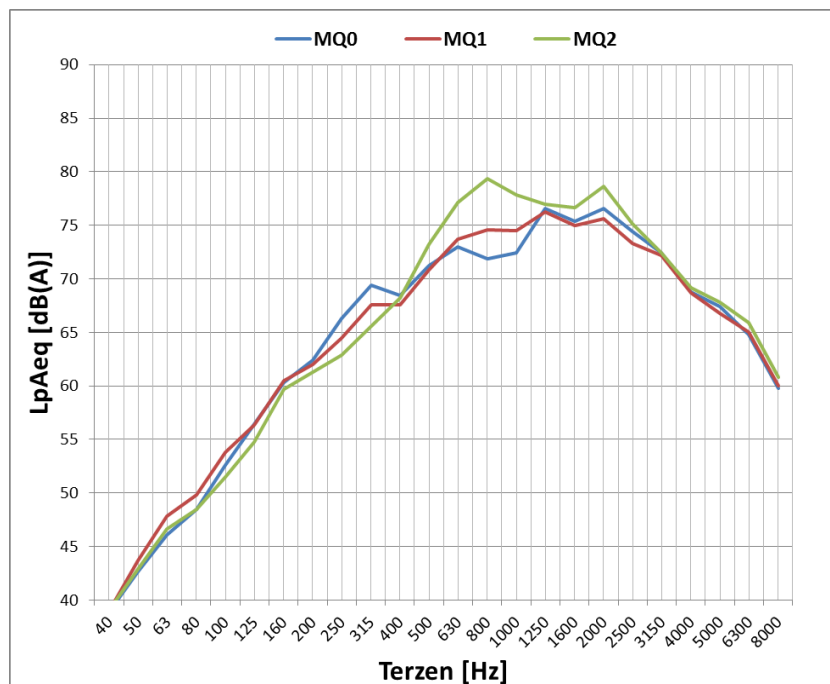


Abbildung 7-2 Terzspektren EW3 mit Re420/Re465- Nullmessung

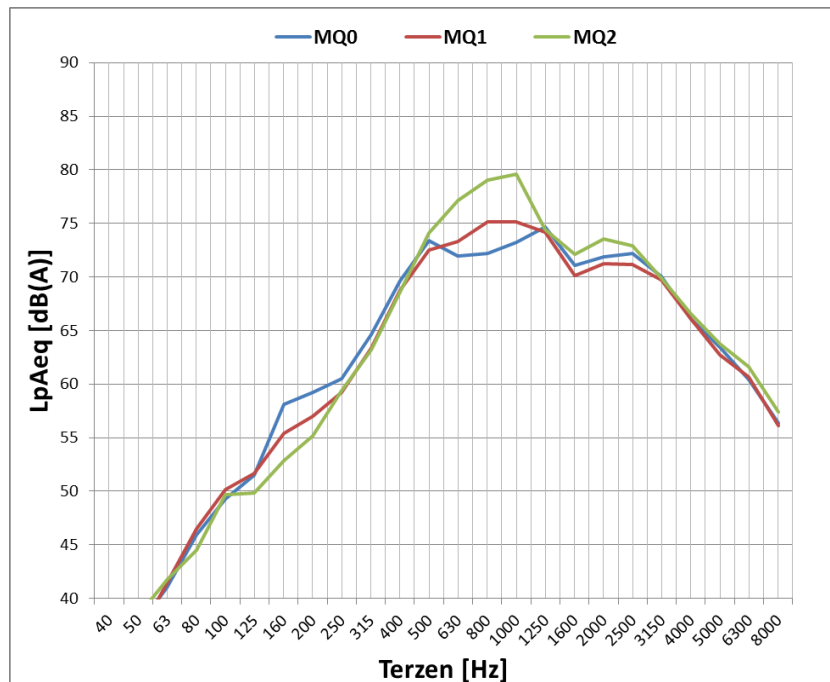


Abbildung 7-3 Terzspektren Güterzug - Nullmessung

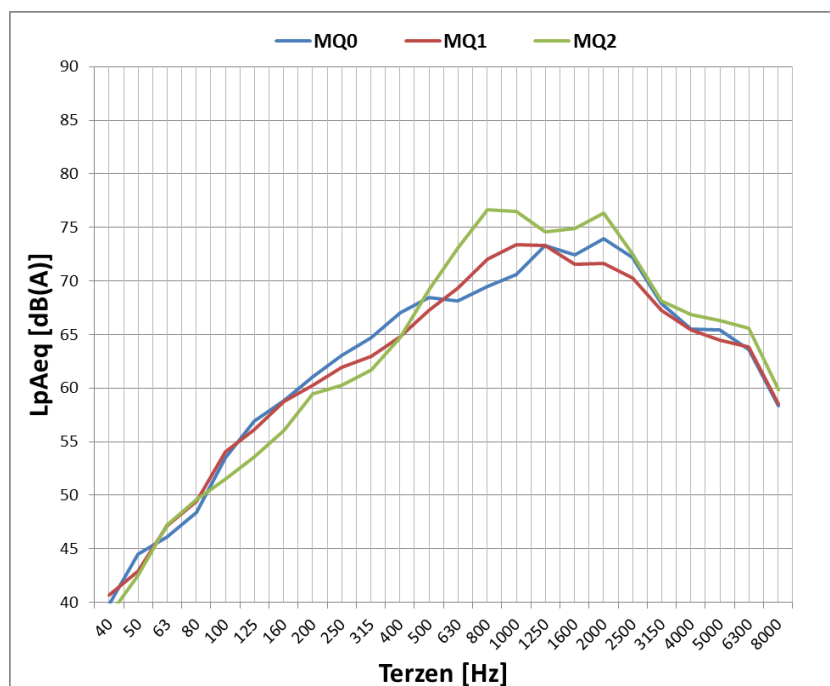


Abbildung 7-4 Terzspektren Nina – Nullmessung

Im Originalzustand der Gleise ist in den Terzspektren die Auswirkung der weichen Zwischenlage zwischen 500 Hz und 2000 Hz zu erkennen. Bei den Güterwagen fällt dies zwar etwas schmalbandiger zwischen 500 Hz und 1250 Hz aus, da oberhalb dieser Frequenz die grossen Güterwagenräder dominieren, jedoch ist die Pegelerhöhung in den Terzbändern beträchtlich und liegt bei bis zu 5 dB.

## 7.2.2 Terzspektren der Vorbeifahrten nach dem Einbau der SSA

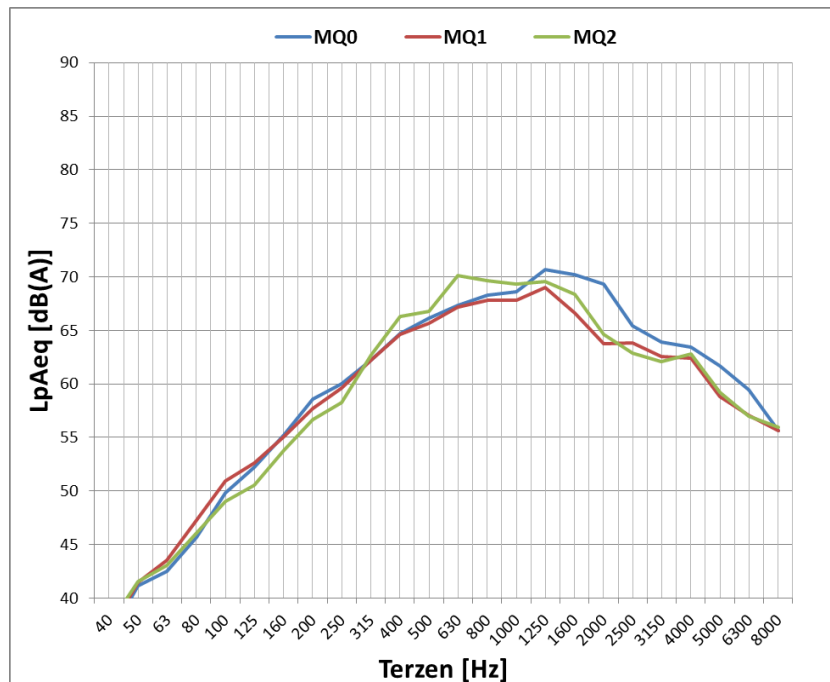


Abbildung 7-5 Terzspektren Lötshberger - Effektmessung

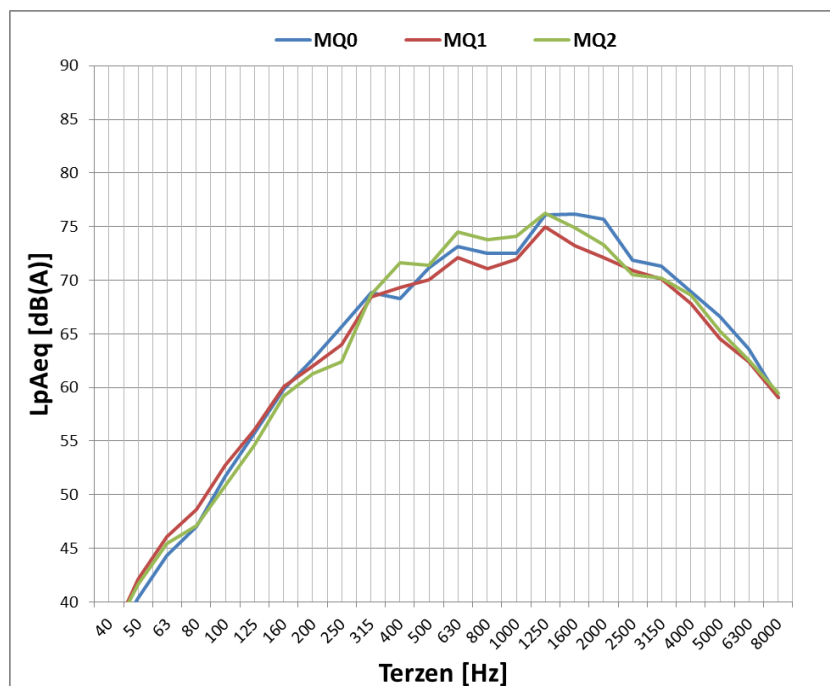


Abbildung 7-6 Terzspektren EW3 mit Re420/Re465 - Effektmessung



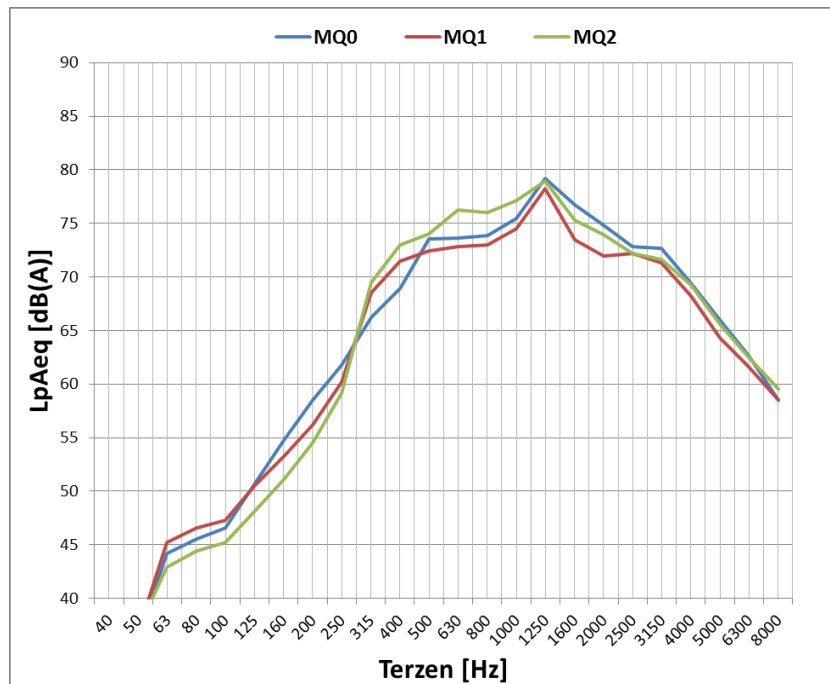


Abbildung 7-7 Terzspektrum Güterzug - Effektmessung

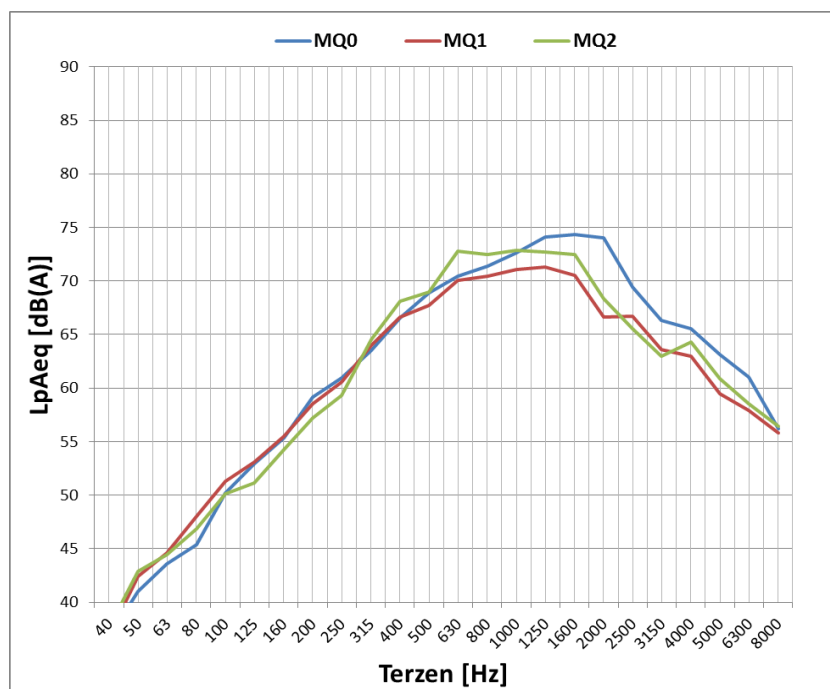


Abbildung 7-8 Terzspektrum Nina - Effektmessung

Durch die SSA fallen die Terzverläufe an den behandelten Gleisabschnitten MQ1 und MQ2ab und liegen nun alle im Bereich des Referenzgleises.

### 7.2.3 Differenzspektren der Vorbeifahrten

Im Rahmen der Messungen sollte der Einfluss unterschiedlicher Zwischenlagen, mit und ohne montierter SSA auf die Lärmentwicklung aufgezeigt werden. Zu diesem Zweck wurden aus den ermittelten Terzspektren die Differenzspektren generiert.

#### Lötschberger

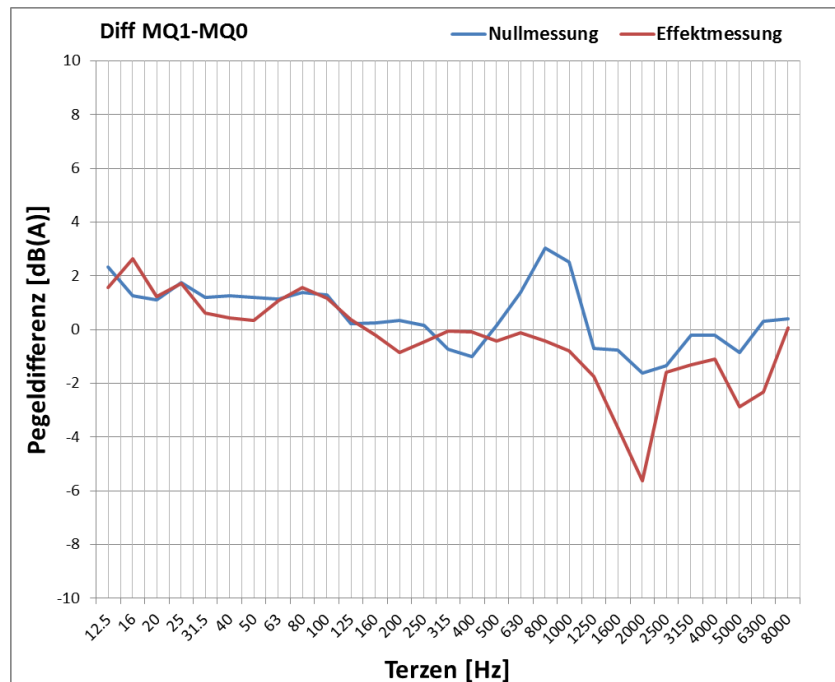


Abbildung 7-9 Differenzspektrum Lötschberger - Messquerschnitt 1

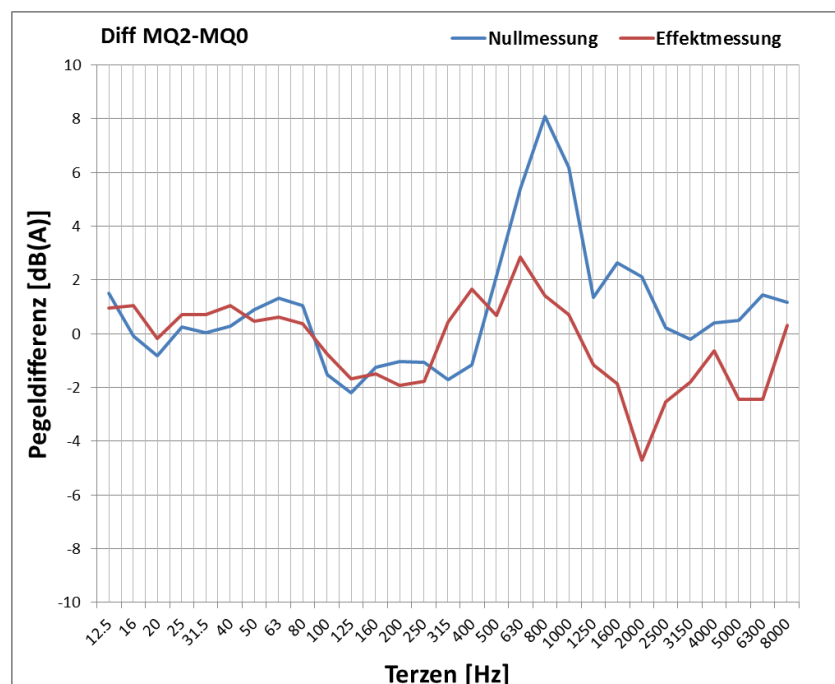


Abbildung 7-10 Differenzspektrum Lötschberger - Messquerschnitt 2

Die Terzspektren, welche sich bei den verschiedenen Vorbeifahrten an Referenzquerschnitt MQ0 ergaben, wurden als Referenzspektren verwendet. Es wurden jeweils die Differenzspektren zwischen den beiden anderen Messquerschnitten und MQ0 gebildet. Diese sind in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt. Positive Werte entsprechen dabei einer Pegelzunahme gegenüber MQ0.

### EW3 mit Re420/Re465

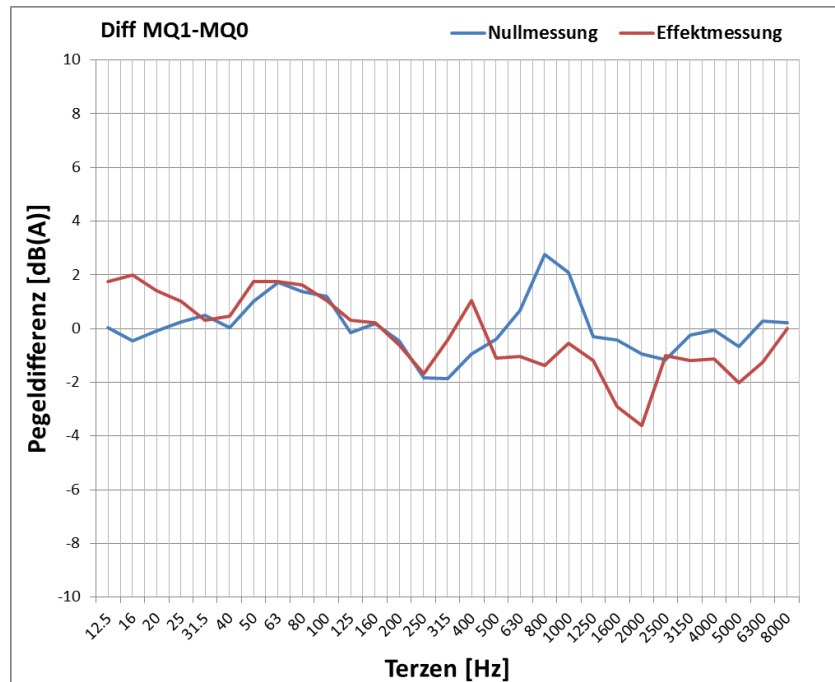


Abbildung 7-11 Differenzspektrum EW3 mit Re420/Re465 - Messquerschnitt 1

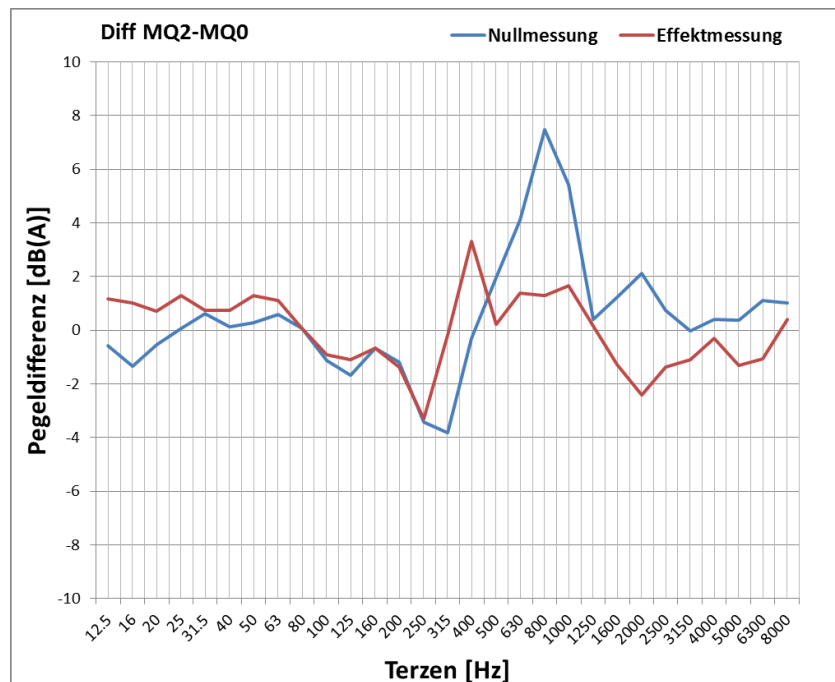


Abbildung 7-12 Differenzspektrum EW3 - Messquerschnitt 2

## Güterzüge

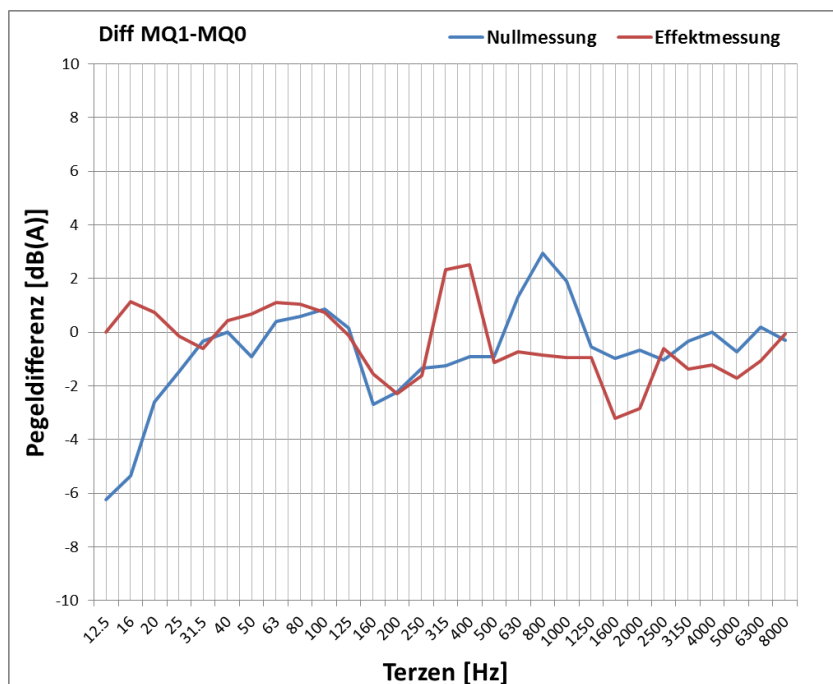


Abbildung 7-13 Differenzspektrum Güterzug - Messquerschnitt 1

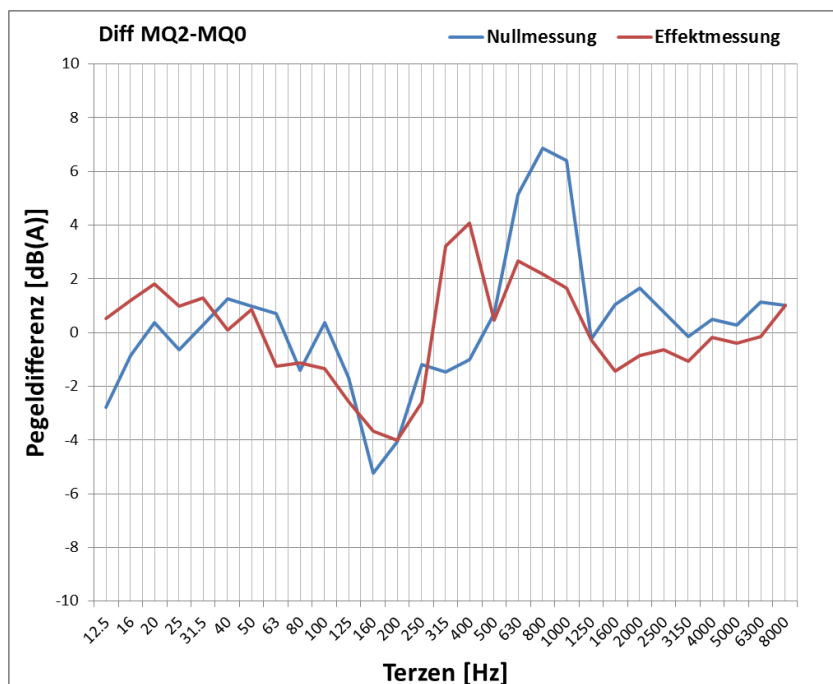


Abbildung 7-14 Differenzspektrum Güterzug - Messquerschnitt 2

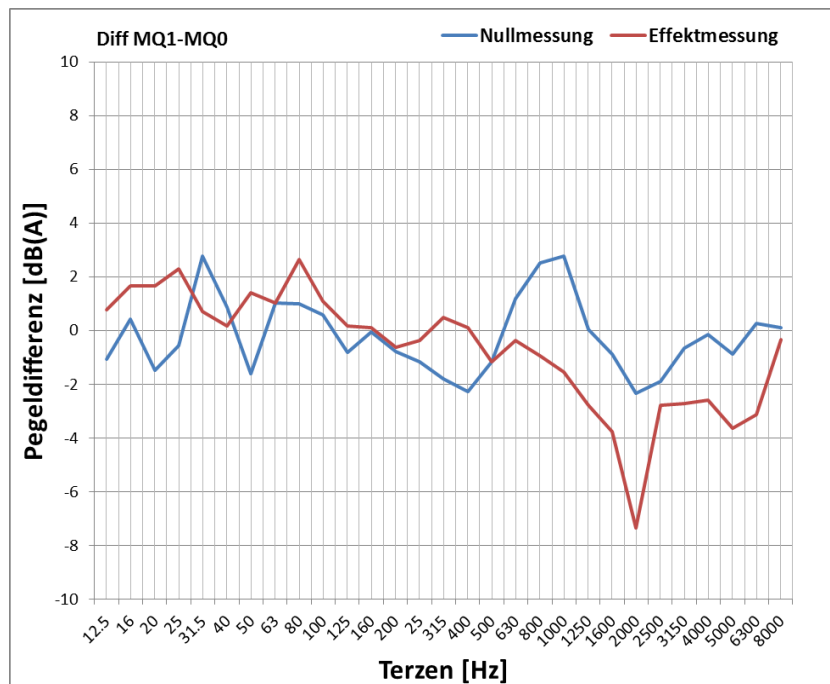
**Nina**

Abbildung 7-15 Differenzspektrum Nina - Messquerschnitt 1

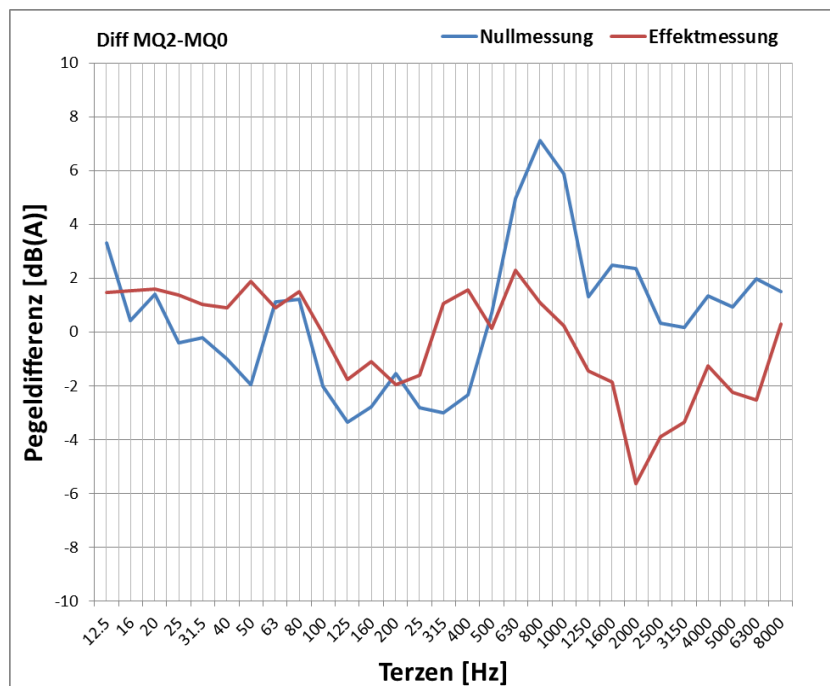


Abbildung 7-16 Differenzspektrum Nina - Messquerschnitt 2

## 7.2.4 Spektraler Effekt der SSA

Der Unterschied der Differenzspektren zwischen Null- und Effektmessung entspricht der spektralen Wirkung der SSA. In den folgenden zwei Diagrammen ist der Effekt der SSA bei harten und weichen Zwischenlagen für die gemessenen Zugtypen dargestellt.

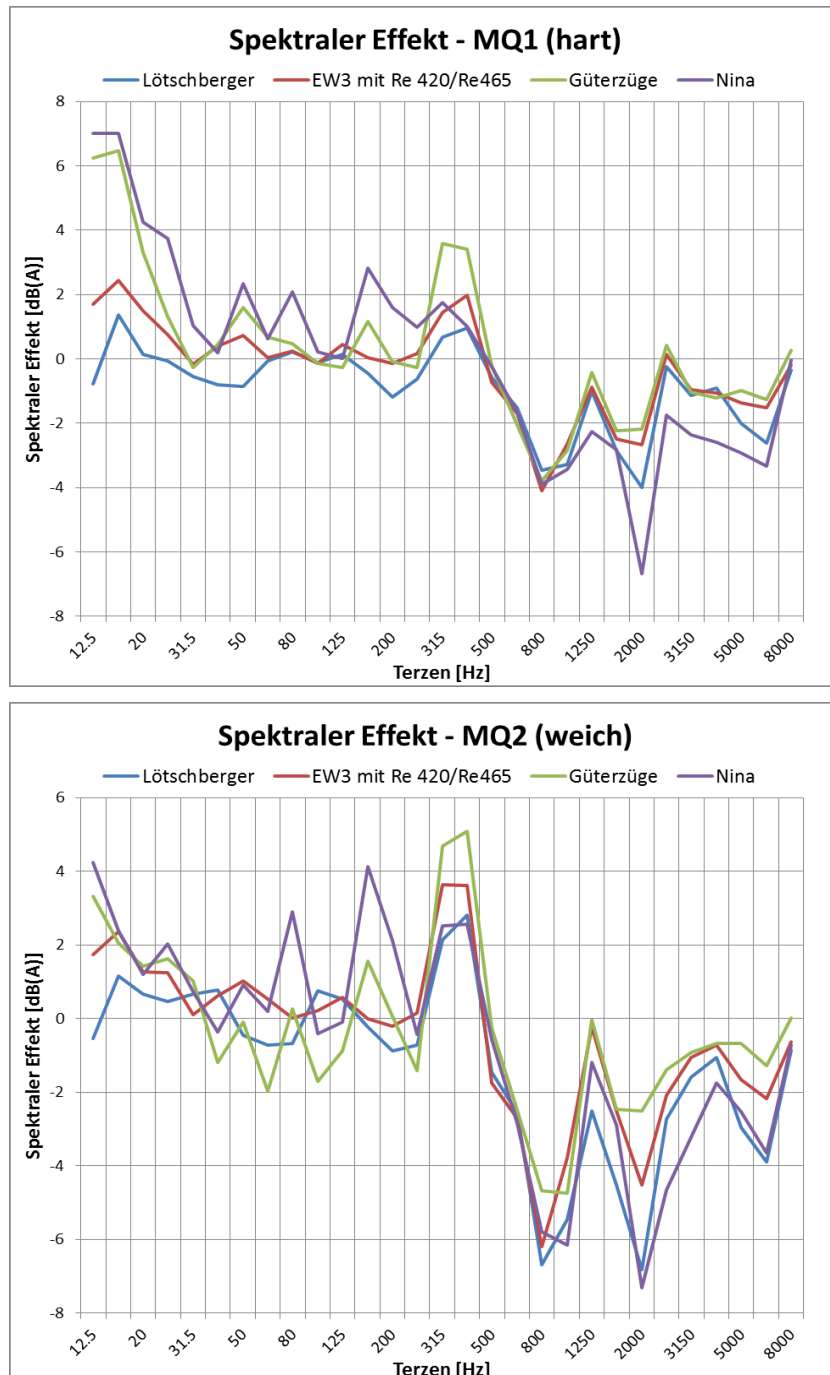


Abbildung 7-17 Spektraler Effekt der SSA

## 7.3 Schienenrauheitsmessungen

An allen Messquerschnitten wurde am 19.10.2015, vor der Nullmessung die Schienenrauheit aufgezeichnet. An allen Querschnitten wurde die TSI-Referenzkurve für ein besonders lärmarmes Gleis eingehalten. Die Unterschiede in der Schienenrauheit zwischen den drei Messquerschnitten sind minimal.

Zusätzlich wurde die Schienenrauheit am 27.10.2015 an den mit SSA ausgestatteten Messquerschnitten aufgezeichnet. Auch unmittelbar vor der Effektmessung wurde die TSI-Referenzkurve für ein besonders lärmarmes Gleis eingehalten. Die Veränderung der Schienenrauheit über die Zeitdauer von 8 Tagen ist minimal und liegt bei derart tiefen Rauheitspegeln von -10 bis -20 dB im Bereich der Messgenauigkeit.

Da für das Rollgeräusch die Summenrauheit von Rad und Schiene massgebend ist, die Radrauheit für einen Zug bei Überfahrt über die drei Messquerschnitte als konstant angenommen werden kann und die Unterschiede in der Schienenrauheit minimal sind, kann der Einfluss der Schienenrauheit auf den Effekt der SSA vernachlässigt werden. Die Zertifikate der Rauheitsmessungen sind in Anhang D zu finden.

Anmerkung:

Im Rahmen der Oberbauerneuerung im Frühsommer 2014 wurden im kompletten Streckenabschnitt neue Schienen eingebaut. Danach erfolgte im Bereich der neu eingebauten Schienen ein sogenannter Neulagenschliff. Die Schienenrauheit war für TSI Noise Messungen danach etwas zu hoch. Deshalb wurde anfangs 2015 mit einem akustischen Schleifverfahren im Bereich der Messquerschnitte eine sehr tiefe Schienenrauheit generiert, welche vor dem Test eines besonders lärmarmen Güterwagens gemessen wurde. Das Zertifikat der damaligen Messung bei MQ0 ist in Anhang D.2 angefügt.

## 7.4 Gleisabklingratenmessungen

Die Gleisabklingrate wurde an allen Messquerschnitten vor der Nullmessung, am 19.10.2015 erfasst (Referenz MQ0 am 2.9.2015) und an den mit SSA ausgerüsteten Messquerschnitten (MQ1 und MQ2) zusätzlich am 27.10.2015.

Die Nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse dieser Messungen, die zugehörigen Zertifikate sind in Anhang E zu finden.

### Referenzquerschnitt - Messquerschnitt 0 - bei km 24.580 - harte Zwischenlagen

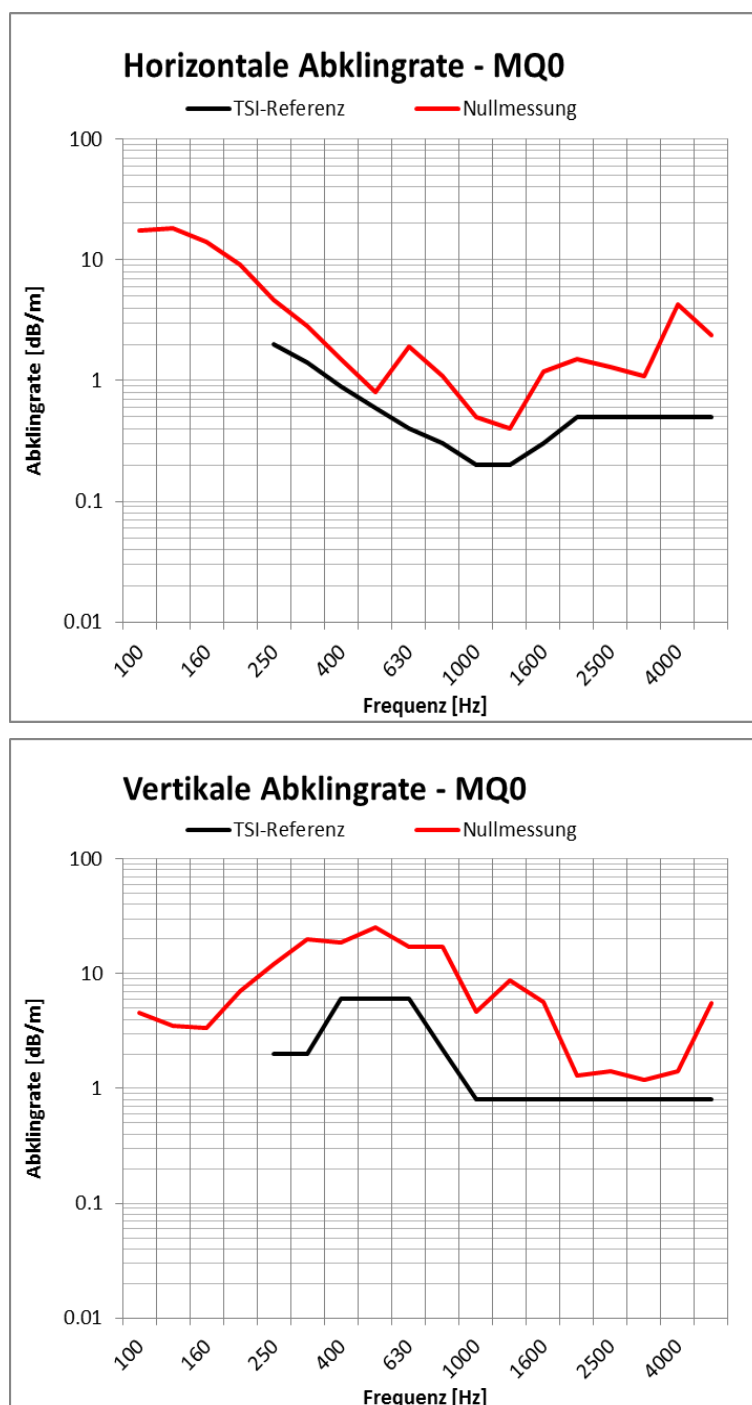


Abbildung 7-18 Ergebnisse der Gleisabklingratenmessung - km 24.580



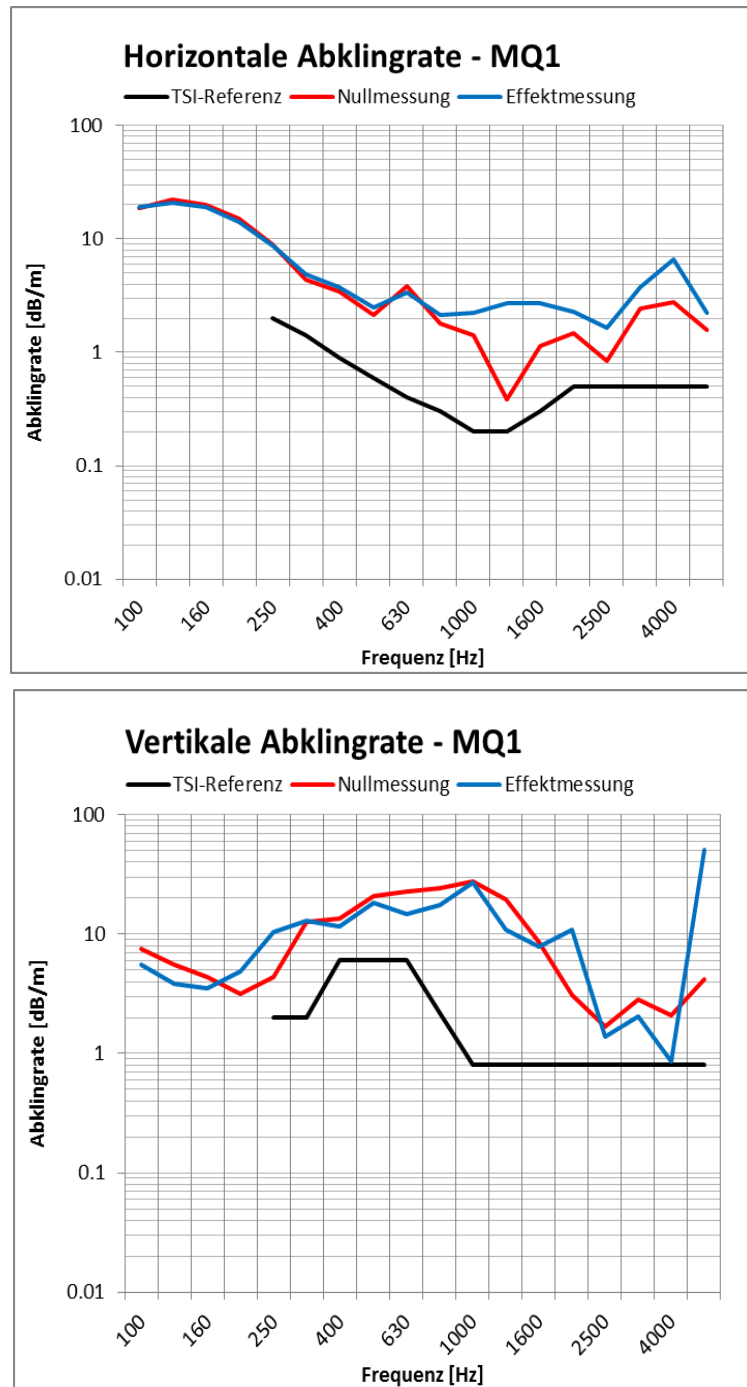
**Messquerschnitt 1 - bei km 24.520 - harte Zwischenlagen**

Abbildung 7-19 Ergebnisse der Gleisabklingratenmessung - km 24.520

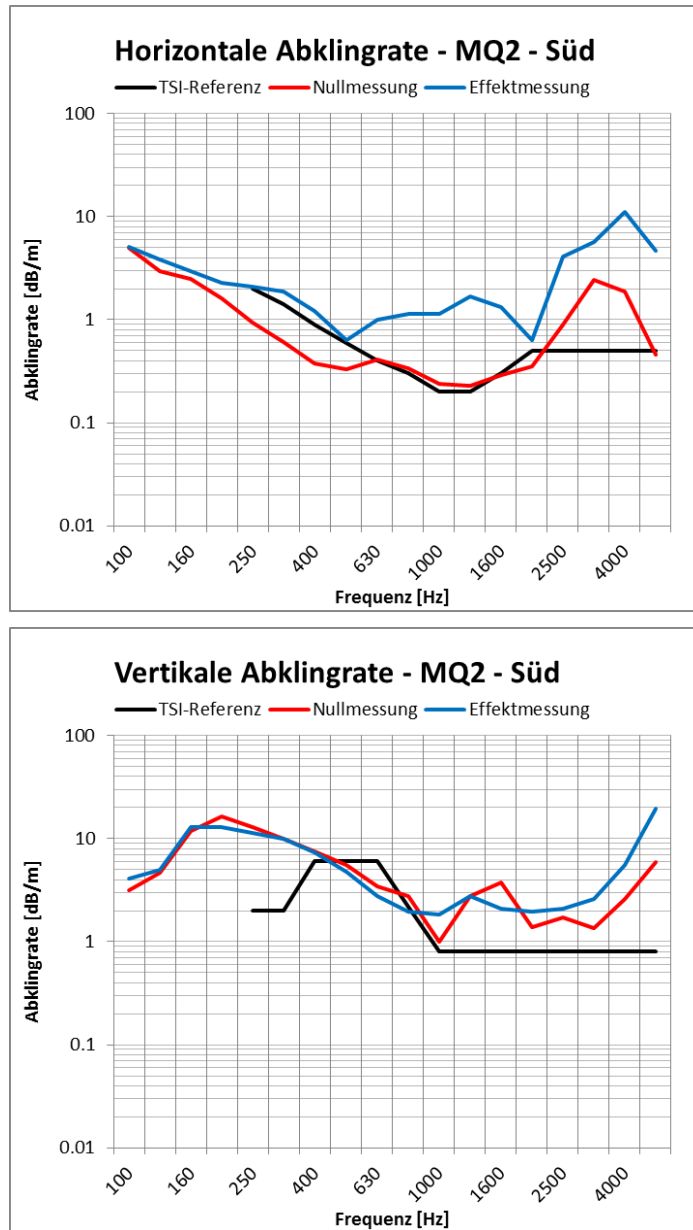
**Messquerschnitt 2 (Schiene Süd) - bei km 24.680 - weiche Zwischenlagen**

Abbildung 7-20 Ergebnisse der Gleisabklingratenmessung - km 24.680 (Süd)

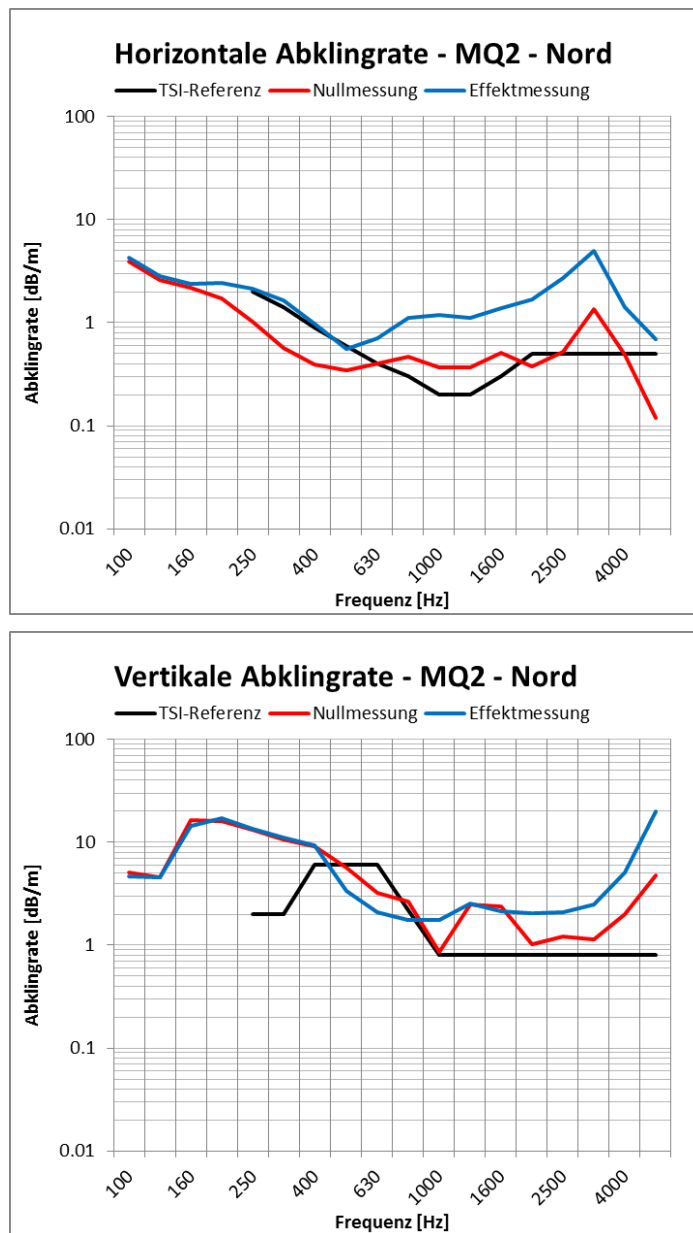
**Messquerschnitt 2 (Schiene Nord) - bei km 24.680 - weiche Zwischenlagen**

Abbildung 7-21 Ergebnisse der Gleisabklingratenmessung - km 24.680 (Nord)

## 7.5 Beschleunigungen

Im Rahmen der Messungen der Vorbeifahrten wurden zusätzlich an allen Messquerschnitten die horizontale und vertikale Beschleunigung am Schienenkopf aufgezeichnet. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen für jeden Messquerschnitt die Ergebnisse ausgewählter Vorbeifahrten.

Es wurden lediglich Vorbeifahrten von Lötschberger-Fahrzeugen in Einzeltraktion mit Geschwindigkeiten zwischen 105 km/h und 115 km/h ausgewählt. Die Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Vorbeifahrten ausgewählt wurden.

Ausgewählte Lötschberger-Vorbeifahrten			
Nullmessung am 20.10.2015		Effektmessung am 28.10.2015	
Laufnummer	Geschwindigkeit	Laufnummer	Geschwindigkeit
A008	112	A020	106
A012	115	A025	115
A016	114	A027	115
A021	108	A029	109
A027	114	A030	105
A036	110	A039	114

Tabelle 7-4 Übersicht der ausgewerteten Vorbeifahrten

### Referenzquerschnitt - Messquerschnitt 0 - bei km 24.580 - harte Zwischenlagen

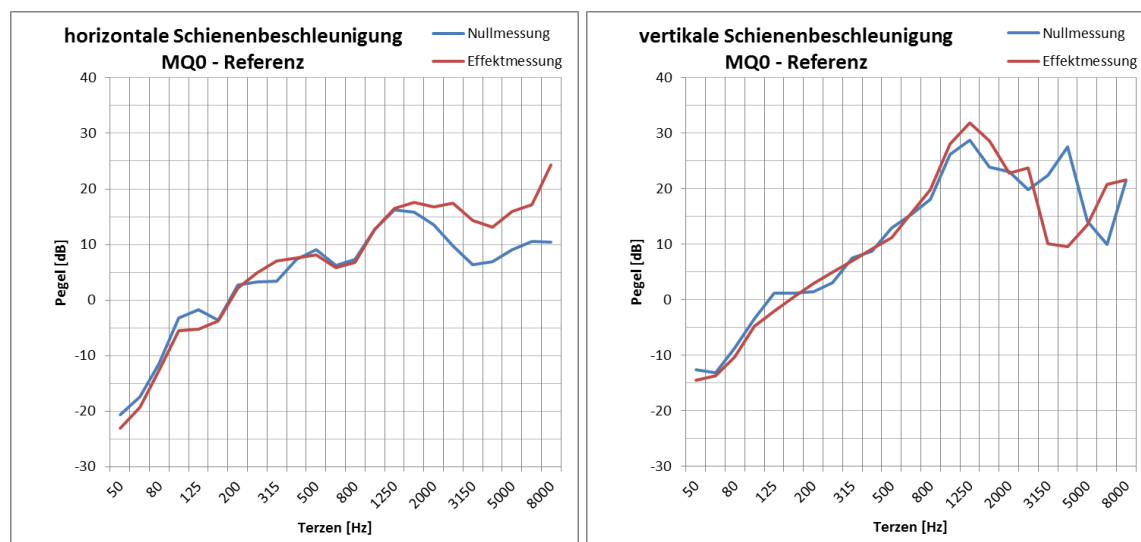


Abbildung 7-22 Beschleunigungen - km 24.580

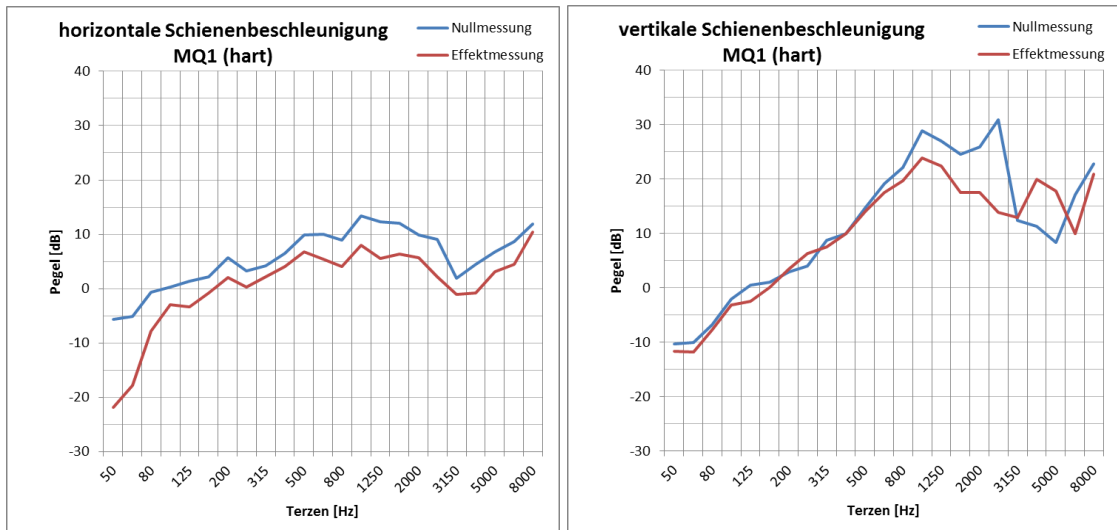
**Messquerschnitt 1 - bei km 24.520 - harte Zwischenlagen**

Abbildung 7-23 Beschleunigungen - km 24.520

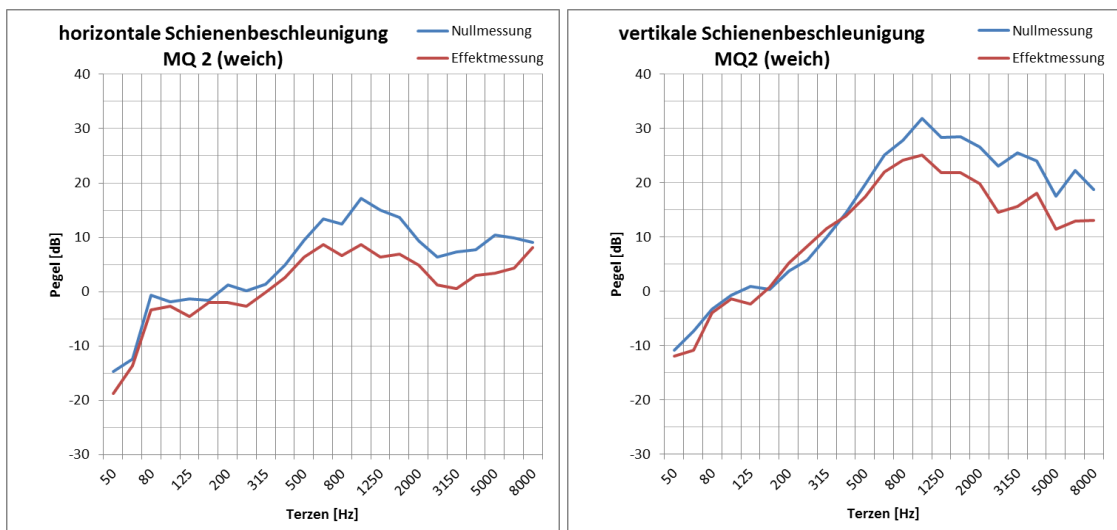
**Messquerschnitt 2 - bei km 24.680 - weiche Zwischenlagen**

Abbildung 7-24 Beschleunigungen - km 24.680

## 7.6 Transferfunktionen

Aus den Schienenfussbeschleunigungen und den Vorbeifahrpegeln wurden die Transferfunktionen aller Vorbeifahrten (gemäss Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2) berechnet. In den nachfolgenden Abbildungen sind die Transferfunktionen, nach Fahrzeugtypen aufgeteilt, dargestellt.

### Lötschberger

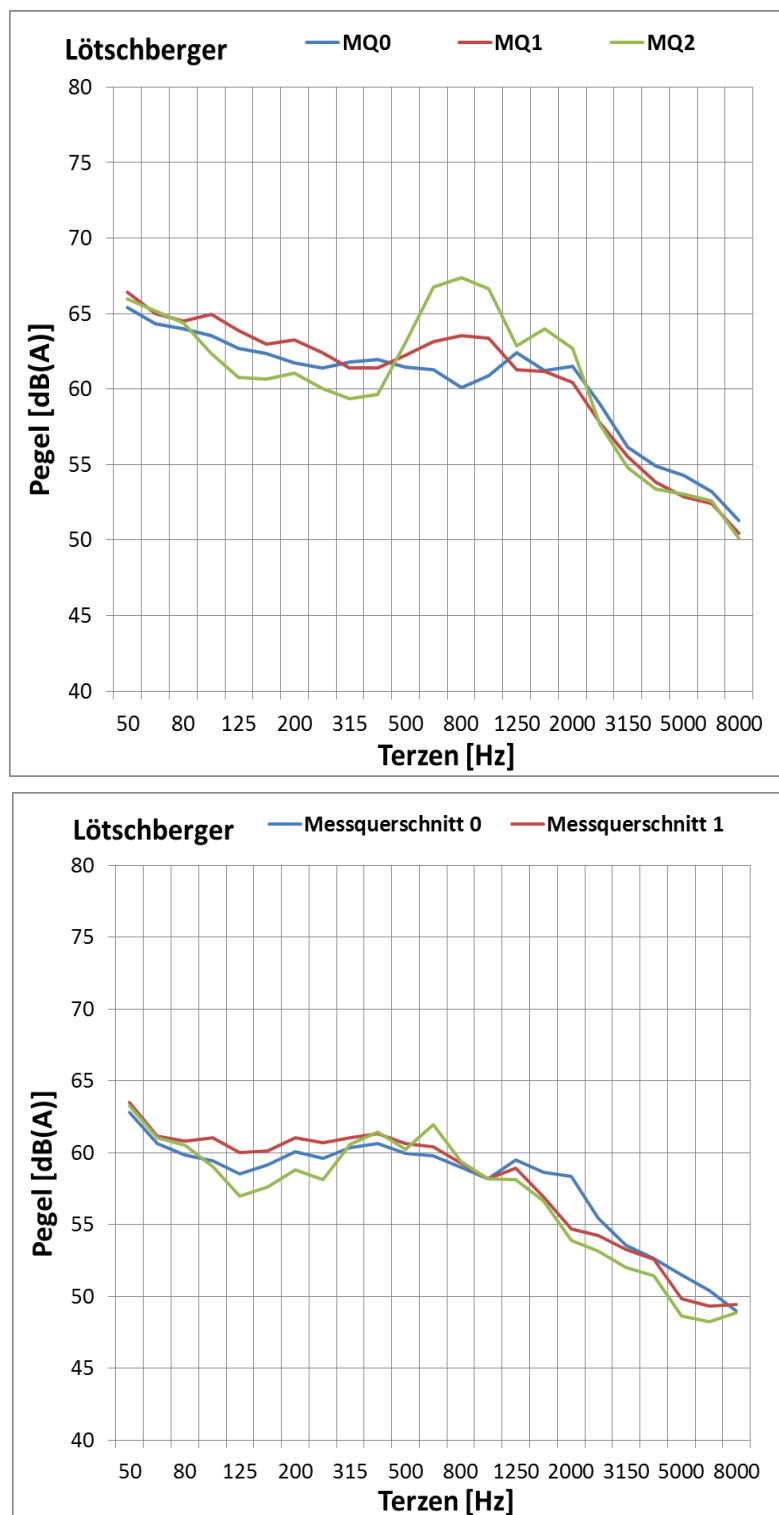


Abbildung 7-25 Transferfunktionen Lötschberger (oben Nullmessung, unten Effektmessung)

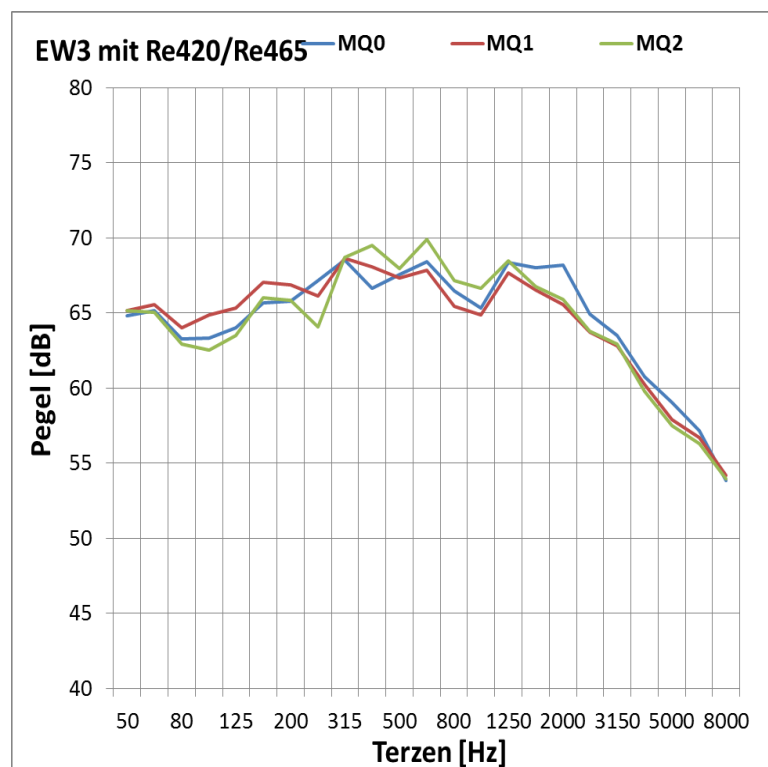
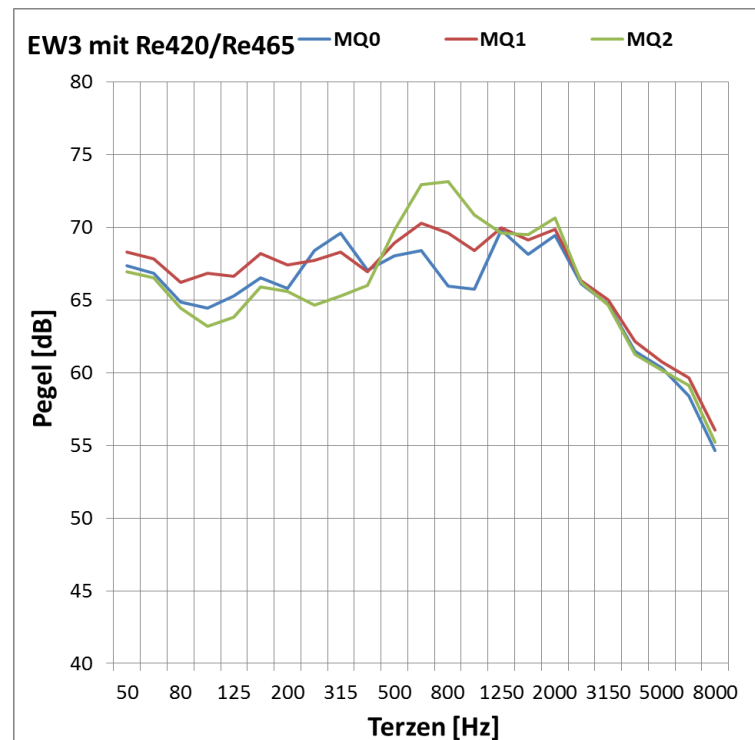
**EW3 mit Re420/Re465**

Abbildung 7-26 Transferfunktionen EW3 mit Re420/Re465 (oben Nullmessung, unten Effektmessung)

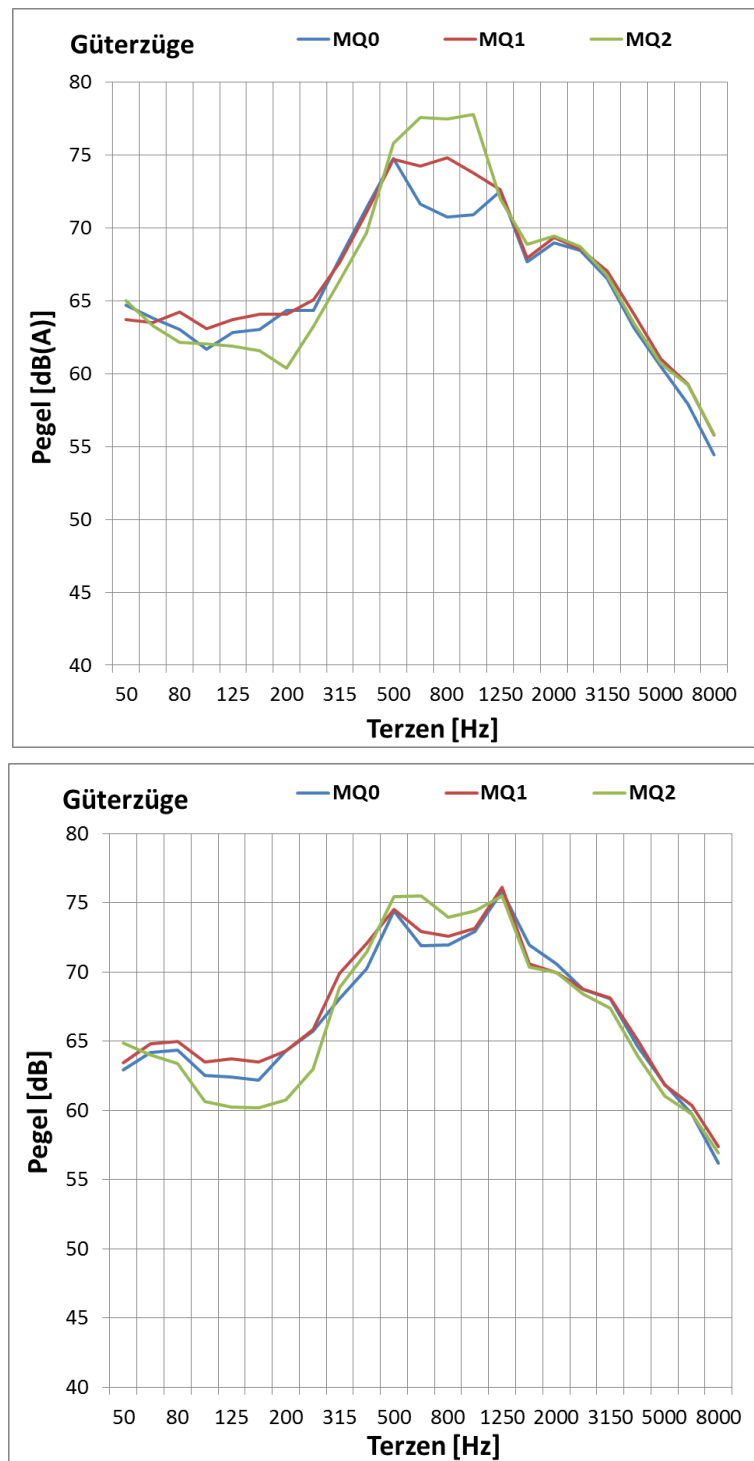
**Güterzüge ohne Lok**

Abbildung 7-27 Transferfunktionen Güterzüge ohne Lok (oben Nullmessung, unten Effektmessung)



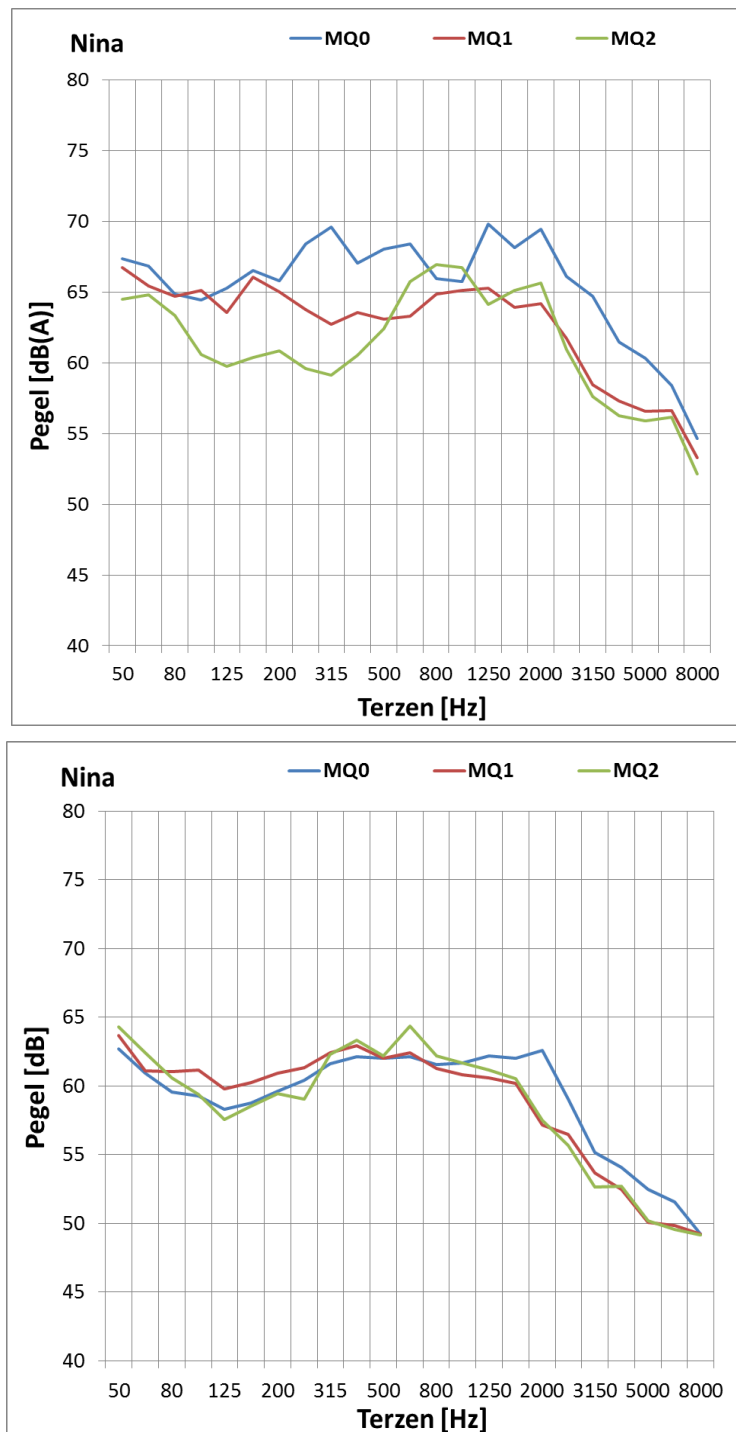
**Nina**

Abbildung 7-28 Transferfunktionen Nina (oben Nullmessung, unten Effektmessung)

## 8 Literatur

- [1] TSI CR Noise, 2011/229/EU, Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Fahrzeuge- Lärm“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems  
EUROPÄISCHES KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN UNION, 4. April 2011
- [2] EN 15610, Bahnanwendungen - Geräuschemission - Messung der Schienenrauheit im Hinblick auf die Entstehung von Rollgeräusch  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG, Mai 2009
- [3] EN 15461, Bahnanwendungen - Schallemission - Charakterisierung der dynamischen Eigenschaften von Gleisabschnitten für Vorbeifahrtgeräuschmessungen;  
Deutsche Fassung EN 15461:2008+A1:2010
- [4] EN ISO 3095: Bahnanwendungen - Akustik - Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen (ISO 3095:2013)
- [5] Thompson 2009, Railway Noise and Vibration, Elsevier 2009

# Anhang

## A Messprotokolle

Die Laufnummern werden gemäss dem Code XYYY nummeriert:

- X Art der Messung gemäss Tabelle A-1
- YYY Laufnummer (Messung durchgehend nummeriert)

Präfix	Konfiguration
A	Vorbeifahrt während Nullmessung
B	Vorbeifahrt während Effektmessung (SSA montiert)
K	Kalibration der Messausrüstung
U	Messung des Umgebungsgeräuschpegels

Tabelle A-1 Konfigurationsübersicht

# Messprotokoll

Thema: Nullmessung SSA

Datum: 19.10.2015

Projektnummer: 15.133.00

Wetter							
Zeit:	10:28	12:10	13:35	15:30	18:00		
Wind [m/s]	3.6	2.5	2.1	2.7	1.5		
Windrichtung	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S		
Lufttemperatur [°C]	6.2	13.6	16.8	16.1	11.6		
Luftfeuchtigkeit [%]	92	87	84	73	83		
Wetter	bew.	l.bew.	son.	son.	l.bew.		
Luftdruck [hPa]	973.5	973	973	972	973		

Schallpegelmesser	
I - B&K Typ:	MM 210, Gefell
I - Seriennr.	
P01: 2783 P02: 2782 P11: 1672	
P12: 1671 P21: 2781 P22: 1673	
Messbereich:	
Kalibrator: B&K, Typ:	4231
Seriennr.	1821174

Teststrecke	
bei Streckenkilometer	24.520 - 24.680
Hintergrundschallpegel [dB(A)]	
Fahrzeuge:	
siehe Bemerkungen	

Teilnehmer	
PROSE	tsd, kge
Sonstige	

Laufnr.	Zeit	Fahrtrichtung	Geschw [km/h]	Messquerschnitt 1		Messquerschnitt 0		Messquerschnitt 2		Bemerkungen:
				L <sub>pAeq</sub> 11	L <sub>pAeq</sub> 12	L <sub>pAeq</sub> 01	L <sub>pAeq</sub> 02	L <sub>pAeq</sub> 21	L <sub>pAeq</sub> 22	
K001	09:02h									Kalibration_P11
K002	09:13h									Kalibration_P12
K003	09:34h									Kalibration_P01
K004	09:47h									Kalibration_P02
K005	10:05h									Kalibration_P21
K006	10:11h									Kalibration_P22
A007	10:15h	Kerzers - Müntschemier	121	86	86	87	86	89	88	EW3 mit RE420
A008	10:23h	Müntschemier - Kerzers	112	78	78	79	78	81	81	Lötschberger Einzeltraktion
A009	10:32h	Kerzers - Müntschemier	122	81	80	82	81	85	83	Lötschberger Einzeltraktion
A010	10:46h	Müntschemier - Kerzers	122	87	86	87	86	89	88	EW3 mit RE420
A011	11:13h	Kerzers - Müntschemier	102	81	82	82	82	83	84	EW3 mit RE420
A012	11:22h	Müntschemier - Kerzers	115	82	81	82	80	86	83	Lötschberger Einzeltraktion
A013	11:33h	Kerzers - Müntschemier	119	78	79	78	78	82	82	Lötschberger Einzeltraktion
A014	11:48h	Müntschemier - Kerzers	100	82	82	82	81	84	84	EW3 mit RE420
A015	12:14h	Kerzers - Müntschemier	108	84	84	85	84	88	87	EW3 mit RE420
A016	12:23h	Müntschemier - Kerzers	114	78	79	79	79	82	82	Lötschberger Einzeltraktion
A017	12:33h	Kerzers - Müntschemier	99	79	78	79	77	84	81	Lötschberger Einzeltraktion
A018	12:48h	Müntschemier - Kerzers	120	86	86	87	86	89	88	EW3 mit RE420
U019	13:04h			49	50	50	51	48	49	Umgebungsgeräuschmessung
A020	13:13h	Kerzers - Müntschemier	117	84	85	84	84	87	87	EW3 mit RE420
A021	13:21h	Müntschemier - Kerzers	108	81	80	81	79	85	83	Lötschberger Einzeltraktion
A022	13:32h	Kerzers - Müntschemier	116	78	80	78	78	82	83	Lötschberger Einzeltraktion
A023	13:46h	Müntschemier - Kerzers	119	86	86	86	85	88	88	EW3 mit RE420
A024	13:57h	Müntschemier - Kerzers	70	82	83	82	83	85	86	Güterzug mit Re420 (Box-Wagen)
A025	14:12h	Kerzers - Müntschemier	113	85	85	86	85	88	88	EW3 mit RE420
U026	14:17h			49	49	49	50	49	51	Umgebungsgeräuschmessung
A027	14:21h	Müntschemier - Kerzers	114	79	80	79	79	83	82	Lötschberger Einzeltraktion
A028	14:32h	Kerzers - Müntschemier	117	82	81	82	80	87	84	Lötschberger Einzeltraktion
A029	14:42h	Müntschemier - Kerzers	91	92	93	93	93	94	95	Lötschzug
A030	14:47h	Müntschemier - Kerzers	111	86	86	86	85	88	87	EW3 mit RE420
A031	15:12h	Kerzers - Müntschemier	113	84	84	84	83	86	87	EW3 mit RE420
A032	15:21h	Müntschemier - Kerzers	119	83	82	83	81	87	84	Lötschberger Einzeltraktion
A033	15:32h	Kerzers - Müntschemier	122	79	81	79	80	83	84	Lötschberger Einzeltraktion
A034	15:46h	Müntschemier - Kerzers	119	85	85	85	85	88	88	EW3 mit RE420
A035	15:12h	Kerzers - Müntschemier	119	86	86	87	86	90	89	EW3 mit RE420
A036	16:21h	Müntschemier - Kerzers	110	79	80	79	78	82	82	Lötschberger Einzeltraktion
A037	16:33h	Kerzers - Müntschemier	122	83	82	83	81	87	85	Lötschberger Einzeltraktion
U038	16:50h			51	52	51	52	49	50	Umgebungsgeräuschmessung
U039	16:53h			49	50	49	51	48	49	Umgebungsgeräuschmessung
A040	17:02h	Kerzers-Müntschemier	122	81	82	81	81	84	84	Nina - Doppeltraktion
A041	17:13h	Kerzers - Müntschemier	119	84	85	85	84	87	88	EW3 mit RE420
A042	18:03h	Kerzers - Müntschemier	110	80	81	81	80	82	82	Lötschberger Doppeltraktion
A043	18:14h	Kerzers - Müntschemier	116	79	79	79	79	81	81	EW3 mit RE465
K044	18:17h									Kalibration_P21
K045	18:24h									Kalibration_P22
K046	18:48h									Kalibration_P01
K047	18:51h									Kalibration_P02
K048	19:17h									Kalibration_P21
K049	19:19h									Kalibration_P22

# Messprotokoll

Thema: Effektmessung SSA

Datum: 28.10.2015

Projektnummer: 15.133.00

Wetter						
Zeit:	08:35	09:40	12:45	15:00	16:00	
Wind [m/s]	0.5	0	0.6	0.6	0	
Windrichtung	-	-	N-S	N-S	-	
Lufttemperatur [°C]	8.9	10.2	19.1	16.3	16	
Luftfeuchtigkeit [%]	95	97	82	77	74	
Wetter	neblig	neblig	l.bew.	l.bew.	l.bew.	
Luftdruck [hPa]	865	865	864	863	863	

Schallpegelmesser	
I - B&K, Typ:	MM 210, Gefell
I - Seriennr.	
P01: 2783 P02: 2782 P11: 1672	
P12: 1671 P21: 2781 P22: 1673	
Messbereich:	
Kalibrator: B&K, Typ:	4231
Seriennr.	1821174

Teststrecke	
bei Streckenkilometer	24.520 - 24.680
Hintergrundschallpegel [dB(A)]	
Fahrzeuge:	
siehe Bemerkungen	

Teilnehmer	
PROSE	tsd, ph
Sonstige	

Laufnr.	Zeit	Fahrtrichtung	Geschw [km/h]	Messquerschnitt 1		Messquerschnitt 0		Messquerschnitt 2		Bemerkungen:
				L <sub>pAeq</sub> 11	L <sub>pAeq</sub> 12	L <sub>pAeq</sub> 01	L <sub>pAeq</sub> 02	L <sub>pAeq</sub> 21	L <sub>pAeq</sub> 22	
U001	08:18h			43	44	44	45	45	45	Umgebungsgeräuschmessung
A002	08:23h	Müntschemier - Kerzers	117	76	77	77	78	77	78	Lötschberger Einzeltraktion
A003	08:33h	Kerzers - Müntschemier	103	77	78	79	80	78	80	Lötschberger Einzeltraktion
K004	08:36h									Kalibration_P11
K005	08:38h									Kalibration_P12
A006	08:43h	Müntschemier - Kerzers	98	91	91	90	91	88	89	Güterzug
A007	08:48h	Müntschemier - Kerzers	108	82	81	82	82	82	82	EW3 mit RE420
K008	08:50h									Kalibration_P02
K009	08:54h									Kalibration_P01
K010	08:57h									Kalibration_P21
K011	09:00h									Kalibration_P22
U012	09:05h			45	46	46	46	46	46	Umgebungsgeräuschmessung
A013	09:14h	Kerzers - Müntschemier	111	85	84	85	85	85	85	EW3 mit RE420
A014	09:23h	Müntschemier - Kerzers	94	76	77	78	79	78	78	EW3 mit RE420
A015	09:32h	Kerzers - Müntschemier	122	76	77	77	78	77	78	Lötschberger Einzeltraktion
A016	09:36h	Kerzers - Müntschemier	78	84	84	85	85	86	85	Güterzug
A017	09:47h	Müntschemier - Kerzers	121	86	85	87	87	88	87	EW3 mit RE420
A018	09:52h	Kerzers - Müntschemier	77							Baumaschine
A019	10:13h	Kerzers - Müntschemier	124	83	83	84	84	84	84	EW3 mit RE420
A020	10:21h	Müntschemier - Kerzers	106	74	75	76	77	75	77	Lötschberger Einzeltraktion
A021	10:32h	Kerzers - Müntschemier	119	79	80	81	82	80	82	Lötschberger Einzeltraktion
A022	10:47h	Müntschemier - Kerzers	124	85	84	86	85	85	85	EW3 mit RE420
A023	10:51h	Müntschemier - Kerzers	76							Baumaschine (wie A018, aber mit Anhänger)
A024	11:12h	Kerzers - Müntschemier	118	77	78	79	80	78	79	EW3 mit RE420
A025	11:21h	Müntschemier - Kerzers	115	79	80	81	82	80	81	Lötschberger Einzeltraktion
A026	11:33h	Kerzers - Müntschemier	98	73	74	74	75	74	75	Lötschberger Einzeltraktion
A027	11:46h	Müntschemier - Kerzers	115	79	80	81	82	80	80	Lötschberger Einzeltraktion
A028	12:12h	Kerzers - Müntschemier	116	83	82	84	84	84	83	EW3 mit RE420
A029	12:21h	Müntschemier - Kerzers	109	75	75	76	77	76	77	Lötschberger Einzeltraktion
A030	12:32h	Kerzers - Müntschemier	105	78	78	80	81	80	81	Lötschberger Einzeltraktion
A031	12:46h	Müntschemier - Kerzers	115	82	82	84	83	84	84	EW3 mit RE420
U032	12:56h			46	45	47	46	46	47	Umgebungsgeräuschmessung
A033	13:13h	Kerzers - Müntschemier	98	83	81	84	83	84	82	EW3 mit RE420
A034	13:22h	Müntschemier - Kerzers	114	79	79	81	82	80	81	Nina
A035	13:35h	Kerzers - Müntschemier	121	76	77	78	78	78	78	Lötschberger Einzeltraktion
A036	13:47h	Müntschemier - Kerzers	109	85	84	86	86	86	85	EW3 mit RE420
A037	14:02h	Müntschemier - Kerzers	83	84	84	85	86	86	86	Güterzug
A038	14:15h	Kerzers - Müntschemier	118	83	82	84	84	85	84	EW3 mit RE420
A039	14:23h	Müntschemier - Kerzers	114	75	76	77	78	77	78	Lötschberger Einzeltraktion
A040	14:33h	Kerzers - Müntschemier	116	79	80	82	82	81	82	Nina
A041	14:49h	Müntschemier - Kerzers	123	83	82	85	84	85	86	EW3 mit RE420
U042	15:05h			48	48	48	48	48	49	Umgebungsgeräuschmessung
A043	15:15h	Kerzers - Müntschemier	117	85	84	87	87	87	87	EW3 mit RE420
A044	15:21h	Müntschemier - Kerzers	115	79	80	81	83	80	82	Nina
A045	15:32h	Kerzers - Müntschemier	120	76	77	78	79	77	79	Lötschberger Einzeltraktion
K046	15:35h									Kalibration_P11
K047	15:38h									Kalibration_P01
K048	15:42h									Kalibration_P21
A049	15:47h	Kerzers - Müntschemier	112	85	85	86	86	86	86	EW3 mit RE420
K050	16:00h									Kalibration_P22
K051	16:02h									Kalibration_P02
K052	16:05h									Kalibration_P12

## B Messausrüstung

### B.1 Messgrößen

Nachfolgende Abbildung zeigt die Anordnung der Sensoren entlang der Messstrecke, die zugehörigen Positionsbeschreibungen sind Tabelle B-1 zu entnehmen.

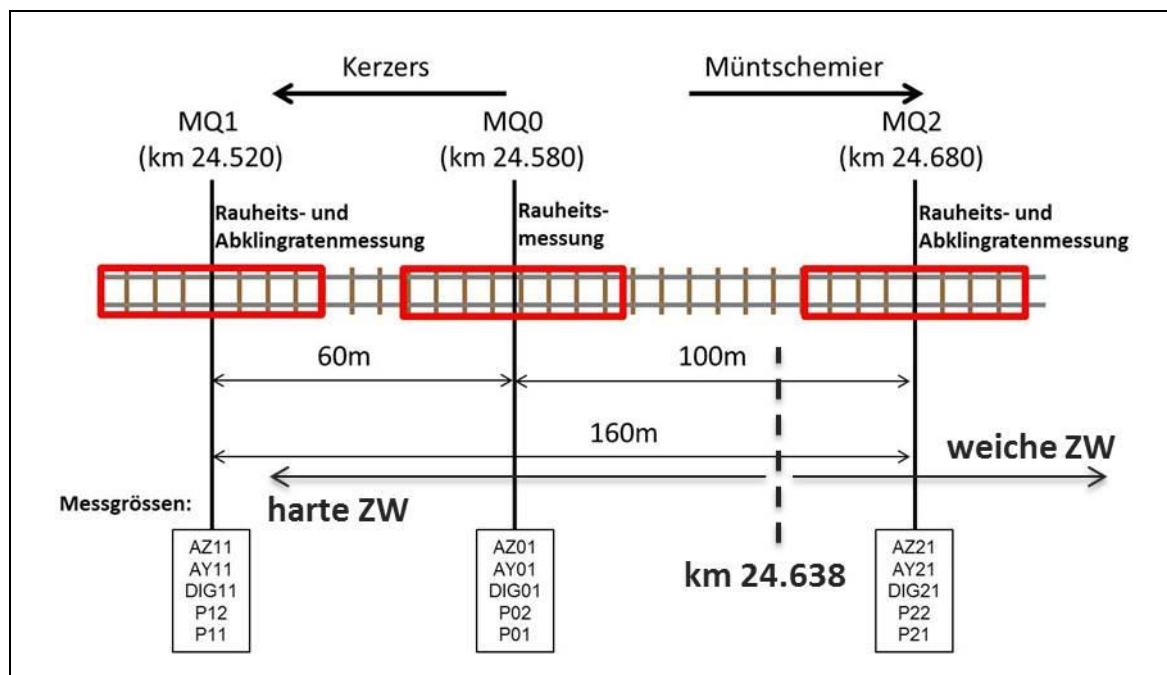


Abbildung B-1 Messstellenplan südliches Gleis

Signalname	Beschreibung	Position
P11	Luftschall	Messquerschnitt 1, südlich des Gleises
P12	Luftschall	Messquerschnitt 1, nördlich des Gleises
P01	Luftschall	Messquerschnitt 0, südlich des Gleises
P02	Luftschall	Messquerschnitt 0, nördlich des Gleises
P21	Luftschall	Messquerschnitt 2, südlich des Gleises
P22	Luftschall	Messquerschnitt 2, nördlich des Gleises
AY11	Horizontale Schienenbeschleunigung	Messquerschnitt 1, Schienenkopf, südliche Schiene
AZ11	Vertikale Schienenbeschleunigung	Messquerschnitt 1, Schienenkopf, südliche Schiene
AY01	Horizontale Schienenbeschleunigung	Messquerschnitt 0, Schienenkopf, südliche Schiene
AZ01	Vertikale Schienenbeschleunigung	Messquerschnitt 0, Schienenkopf, südliche Schiene
AY21	Horizontale Schienenbeschleunigung	Messquerschnitt 2, Schienenkopf, südliche Schiene
AZ21	Vertikale Schienenbeschleunigung	Messquerschnitt 2, Schienenkopf, südliche Schiene
DIG11	Lichtschranke	Messquerschnitt 1, südliche Schiene
DIG01	Lichtschranke	Messquerschnitt 0, südliche Schiene
DIG21	Lichtschranke	Messquerschnitt 2, südliche Schiene

Tabelle B-1 Übersicht der aufgezeichneten Messgrößen

## B.2 Signallaufplan

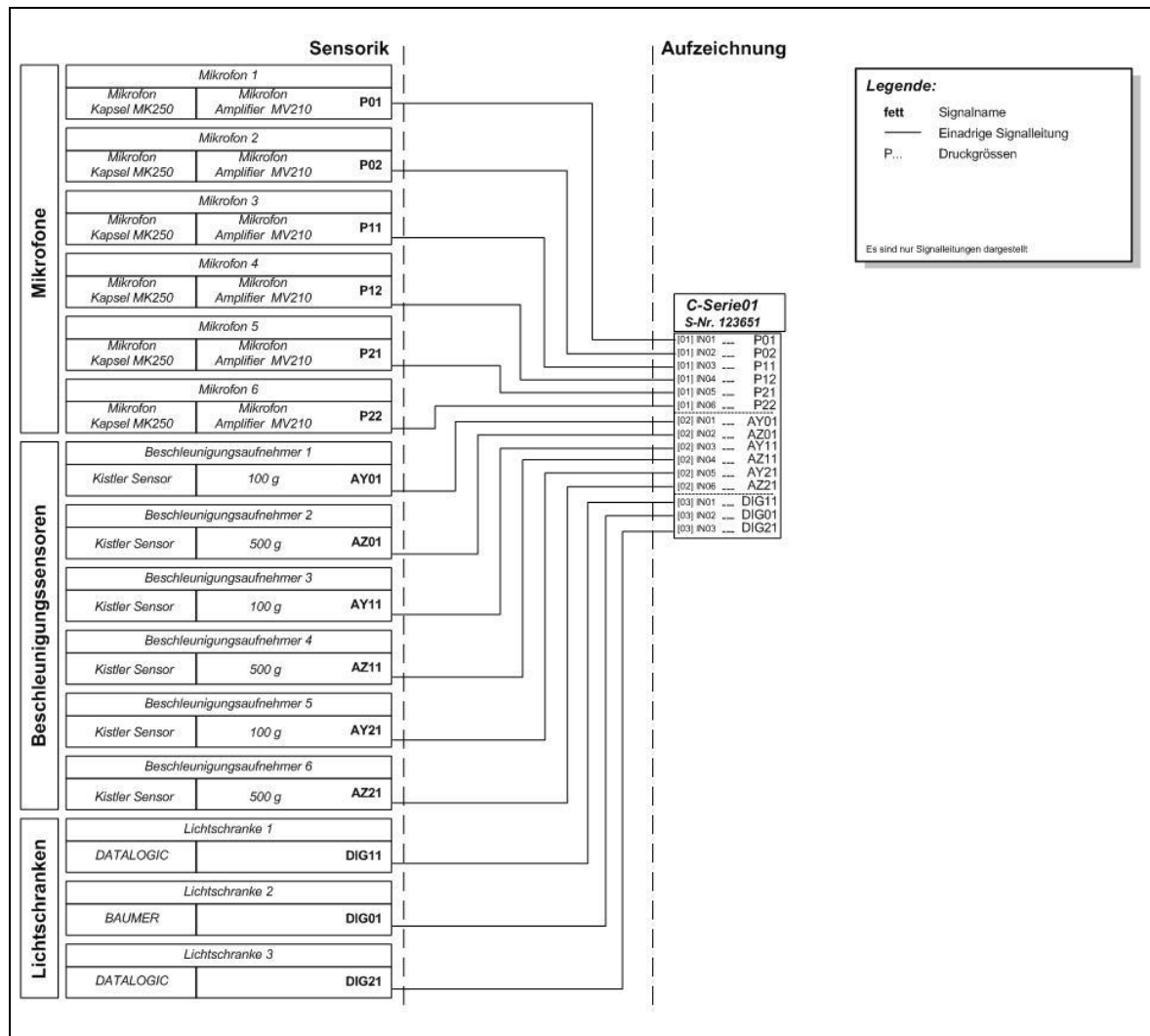


Abbildung B-2 Signallaufplan

## B.3 Sensoren

Signalname	Sensortyp	Seriennummer
P11	Microtech Gefell MM210	1672
P12	Microtech Gefell MM210	1671
P01	Microtech Gefell MM210	2783
P02	Microtech Gefell MM210	2782
P21	Microtech Gefell MM210	2781
P22	Microtech Gefell MM210	1673
AY11	Kistler (100g)	2121893
AZ11	Kistler (500g)	C149607
AY01	Kistler (100g)	2010704
AZ01	Kistler (500g)	C193456
AY21	Kistler (100g)	2085099
AZ21	Kistler (500g)	C142396
DIG11	Lichtschanke Typ S5-5-A2-30, DATALOGIC	08-96
DIG01	Lichtschanke Typ 14P5101, Baumer	1320-1
DIG21	Lichtschanke Typ S5-5-A2-30, DATALOGIC	09-96

Tabelle B-2 Sensortypen und Seriennummern

## B.4 Mikrofone und Kalibrator

Der Luftschall wurde mit je 2 Mikrofonen pro Messquerschnitt aufgezeichnet. Die Mikrofone befanden sich in einem Abstand von 7.5 Meter von der Gleismitte und 1.2 Meter oberhalb der Schienenoberkante.

Es wurden Mikrofone des Typs MM210 der Firma Gefell verwendet, diese erfüllen die Genauigkeitsklasse 1 nach IEC 61672-1 sowie EN 60651.

Zur Kalibration der Mikrofone wurde ein akustischer Kalibrator des Typs 4231 der Firma Brüel & Kjær mit der Seriennummer 2313262 verwendet.

Nachfolgende Abbildungen zeigen die Positionen der Messsensorik.





Abbildung B-3 Mikrofonpositionen an MQ1 (km 24520), links P12



Abbildung B-4 Mikrofonpositionen an MQ0 (km 24580), links P02



Abbildung B-5 Mikrofonpositionen an MQ2 (km 24680), links P22

Abbildung B-6 zeigt die Anordnung der Sensorik, exemplarisch am Referenzquerschnitt MQ0 bei Streckenkilometer 24580. Lichtschranke und Mikrofone befanden sich dabei auf einer Linie, die Sensoren zur Erfassung der vertikalen und horizontalen Schienenbeschleunigung waren dazu leicht versetzt.



Abbildung B-6 Anordnung der Sensorik an MQ0 (km 24580)

## B.5 Aufzeichnung

Sämtliche Messdaten wurden mit einem digitalen Aufzeichnungssystem des Typs CRONOS CL-1224-1 (Seriennummer: 123651 „CSerie01“) der Firma IMC Messtechnik GmbH, Berlin aufgezeichnet. Nachfolgend wird die Konfiguration des Aufzeichnungssystems gezeigt.

Kanal	Klemme	Filter	Abtastzeit	Messbereich	Skalierung	Offset
P01	[01] IN01	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 50$ Pa	20 Pa/V	0 Pa
P02	[01] IN02	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 50$ Pa	20 Pa/V	0 Pa
P11	[01] IN03	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 50$ Pa	20 Pa/V	0 Pa
P12	[01] IN04	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 50$ Pa	20 Pa/V	0 Pa
P21	[01] IN05	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 50$ Pa	20 Pa/V	0 Pa
P22	[01] IN06	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 50$ Pa	20 Pa/V	0 Pa
AY01	[02] IN01	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 969.74$ m/s <sup>2</sup>	193.95 m/s <sup>2</sup> /V	0 m/s <sup>2</sup>
AZ01	[02] IN02	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 4897.16$ m/s <sup>2</sup>	979.43 m/s <sup>2</sup> /V	0 m/s <sup>2</sup>
AY11	[02] IN03	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 973.89$ m/s <sup>2</sup>	194.78 m/s <sup>2</sup> /V	0 m/s <sup>2</sup>
AZ11	[02] IN04	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 4793.86$ m/s <sup>2</sup>	958.77 m/s <sup>2</sup> /V	0 m/s <sup>2</sup>
AY21	[02] IN05	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 959.14$ m/s <sup>2</sup>	191.83 m/s <sup>2</sup> /V	0 m/s <sup>2</sup>
AZ21	[02] IN06	AAF	50 $\mu$ s	$\pm 4863.81$ m/s <sup>2</sup>	972.76 m/s <sup>2</sup> /V	0 m/s <sup>2</sup>
DIG11	[03] IN01	AAF	1 ms	$\pm 25$ V	1 V/V	0 V
DIG01	[03] IN02	AAF	1 ms	$\pm 25$ V	1 V/V	0 V
DIG21	[03] IN03	AAF	1 ms	$\pm 25$ V	1 V/V	0 V

Tabelle B-3 Konfiguration des Aufzeichnungssystems



## C Beschreibung des Messorts

Die Messungen wurden auf der Einspurstrecke zwischen Kerzers und Müntschemier zwischen Streckenkilometer 24.480 und 24.720 durchgeführt. An allen Messquerschnitten war eine freie Schallausbreitung in alle Richtungen möglich.



Abbildung C-1 Lage der Messstelle

## D Rauheitsmessung

Zur Messung der Schienenrauheit wurde ein Messgerät des Typs TRM05 der Firma Ødegard & Danneskiold-Samsøe verwendet (vgl. Abbildung D-1).

Gemäss EN 15610 [2] wurde die Rauigkeit pro Messquerschnitt an je 6 Positionen auf beiden Schienen aufgezeichnet.



Abbildung D-1 Rauheitsmessgerät

## **D.1    Zertifikate Messquerschnitt 1 - km24.520**



## TSI Noise – Schienenrauheit des Referenzgleises

Messung der Schienenrauheit gemäss EN 15610



$$L_r = 10 \log \frac{r_{RMS}^2}{r_0^2} [dB]$$

Zertifikatsnummer: 02-10-00064

Streckenabschnitt: Kerzers - Müntschemi  
Streckenkilometer: km 24.520

## Messwerte:

	Nord	Süd	Gleis	
$\lambda$	$L_r$	$L_r$	$L_r$	TSI
[m]	[dB]	[dB]	[dB]	
0.2000	-13.3	-11.2	-12.1	11.0
0.1600	-7.8	-10.2	-8.8	9.0
0.1250	-9.8	-14.0	-11.4	7.0
0.1000	-13.1	-13.6	-13.3	4.9
0.0800	-15.6	-13.8	-14.6	2.9
0.0630	-12.0	-9.5	-10.6	0.9
0.0500	-15.3	-15.6	-15.5	-1.1
0.0400	-15.7	-16.8	-16.2	-3.2
0.0315	-14.8	-15.9	-15.3	-5.0
0.0250	-12.7	-14.6	-13.6	-5.6
0.0200	-17.9	-18.8	-18.3	-6.2
0.0160	-12.1	-13.0	-12.5	-6.8
0.0125	-16.1	-18.9	-17.3	-7.4
0.0100	-18.7	-19.9	-19.3	-8.0
0.0080	-15.8	-18.4	-16.9	-8.6
0.0063	-18.1	-18.6	-18.3	-9.2
0.0050	-17.7	-19.1	-18.4	-9.8
0.0040	-18.3	-19.5	-18.8	-10.4
0.0032	-19.6	-19.9	-19.8	-11.0

## Messgerät:

Ødegaard &amp; Danneskiold-Samsøe TRM05

 $\lambda$  Messbereich: 0,0016 - 0,25 m

Prüfnorm: EN 15610:2009

Verfahren: Direkte Rauheitsmessung

## Messpunkte:

Anzahl: 12

gemäss DIN EN ISO 3095:2005

und prEN ISO 3095:2001

## Gleis

Schienentyp: UIC 60

Schwellentyp: B61 Beton

Oberbau: Schotter

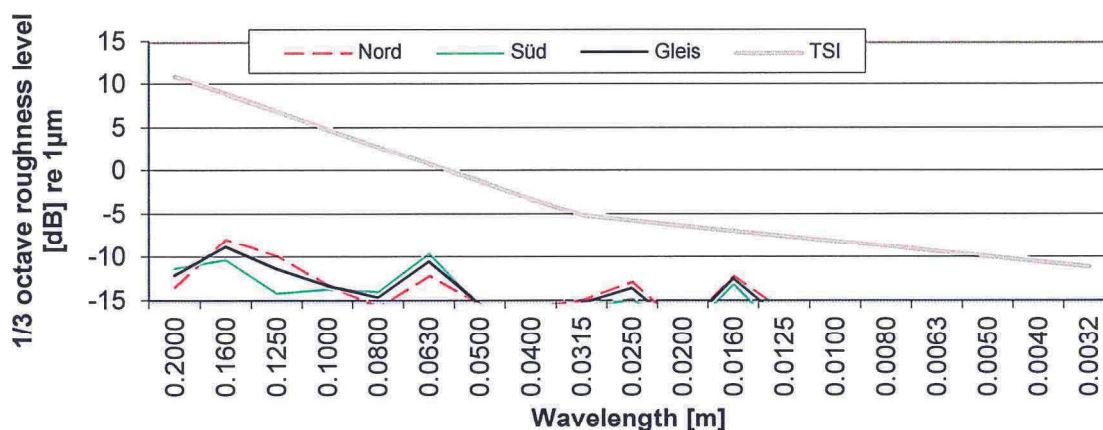
## Wetterbedingungen:

Temperatur:

Luftfeuchtigkeit:

## Einzahlwert der Rauheit:

$L_{\lambda_{CA}}$	-0.6 dB	bei 80 km/h
	-0.5 dB	bei 120 km/h



Die mittlere Schienenrauheit liegt in jedem Terzband unterhalb des TSI Noise Grenzwertspektrums für ein Referenzgleis, damit ist dieser Gleisabschnitt bezüglich der Schienenrauheit für akustische Messungen von Fahrgeräuschen geeignet.

Prüfdatum: 19.10.2015

geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur: T. Schmid

M. Oravec

A. Siegrist

## TSI Noise – Schienenrauheit des Referenzgleises

Messung der Schienenrauheit gemäss EN 15610



$$L_r = 10 \log \frac{r_{RMS}^2}{r_0^2} [dB]$$

Zertifikatsnummer: 02-10-00070

Streckenabschnitt: Kerzers - Müntschemie  
Streckenkilometer: km 24.520

## Messwerte:

	Nord	Süd	Gleis	
$\lambda$	$L_r$	$L_r$	$L_r$	TSI
[m]	[dB]	[dB]	[dB]	
0.2000	-15.4	-12.6	-13.8	11.0
0.1600	-10.4	-12.1	-11.2	9.0
0.1250	-12.7	-13.4	-13.1	7.0
0.1000	-13.7	-13.1	-13.4	4.9
0.0800	-13.7	-13.9	-13.8	2.9
0.0630	-12.8	-12.8	-12.8	0.9
0.0500	-15.8	-16.9	-16.3	-1.1
0.0400	-15.4	-18.8	-16.8	-3.2
0.0315	-15.2	-16.4	-15.7	-5.0
0.0250	-12.6	-15.3	-13.7	-5.6
0.0200	-18.2	-19.6	-18.8	-6.2
0.0160	-12.2	-12.8	-12.5	-6.8
0.0125	-17.2	-19.6	-18.2	-7.4
0.0100	-19.8	-21.2	-20.5	-8.0
0.0080	-16.8	-18.6	-17.6	-8.6
0.0063	-19.1	-20.0	-19.5	-9.2
0.0050	-18.6	-20.0	-19.3	-9.8
0.0040	-19.5	-20.2	-19.8	-10.4
0.0032	-20.0	-20.2	-20.1	-11.0

## Messgerät:

Ødegaard &amp; Danneskiold-Samsøe TRM05

 $\lambda$  Messbereich: 0,0016 - 0,25 m

Prüfnorm: EN 15610:2009

Verfahren: Direkte Rauheitsmessung

## Messpunkte:

Anzahl: 12

gemäss DIN EN ISO 3095:2005

und prEN ISO 3095:2001

## Gleis

Schienentyp: UIC 60

Schwellentyp: B61 Beton

Oberbau: Schotter

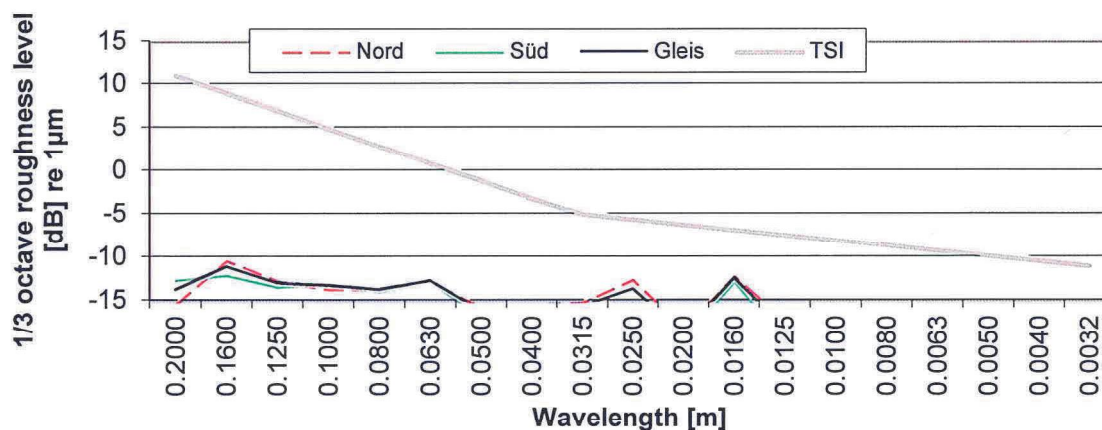
## Wetterbedingungen:

Temperatur:

Luftfeuchtigkeit:

## Einzahlwert der Rauheit:

$L_{\lambda_{CA}}$  -1.3 dB bei 80 km/h  
-1.1 dB bei 120 km/h



Die mittlere Schienenrauheit liegt in jedem Terzband unterhalb des TSI Noise Grenzwertspektrums für ein Referenzgleis, damit ist dieser Gleisabschnitt bezüglich der Schienenrauheit für akustische Messungen von Fahrgeräuschen geeignet.

Prüfdatum: 27.10.2015

Prüfingenieur: T. Schmid

geprüft:

M. Oravec

freigegeben:

A. Siegrist



## **D.2    Zertifikat Messquerschnitt 0 - km24.580**

**TSI Noise – Schienenrauheit des Referenzgleises**

Messung der Schienenrauheit gemäss EN 15610



$$L_r = 10 \log \frac{r_{RMS}^2}{r_0^2} [dB]$$

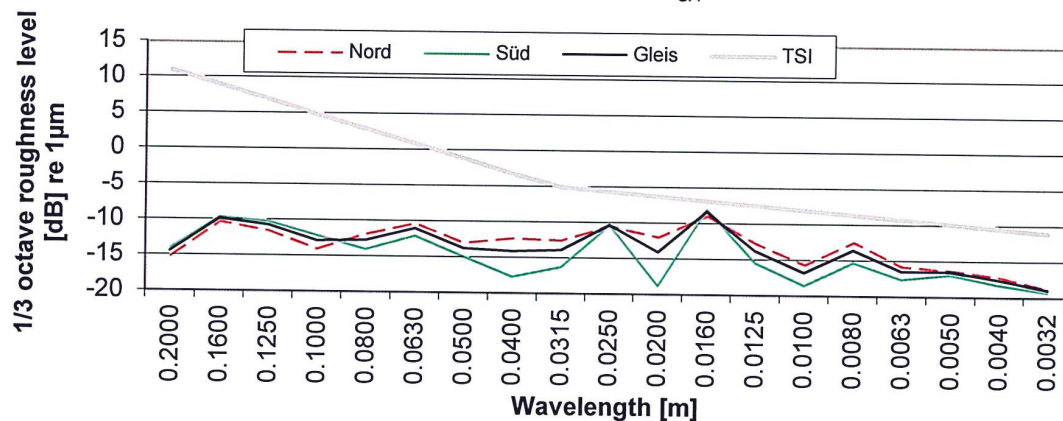
Zertifikatsnummer: 02-10-00055

Streckenabschnitt: Kerzers - Müntschemie  
Streckenkilometer: km 24.580**Messwerte:**

$\lambda$	Nord $L_r$	Süd $L_r$	Gleis $L_r$	TSI
[m]	[dB]	[dB]	[dB]	
0.2000	-15.1	-14.0	-14.5	11.0
0.1600	-10.3	-9.6	-9.9	9.0
0.1250	-11.5	-10.2	-10.8	7.0
0.1000	-14.0	-12.1	-12.9	4.9
0.0800	-11.8	-14.0	-12.8	2.9
0.0630	-10.3	-12.0	-11.1	0.9
0.0500	-13.0	-14.9	-13.8	-1.1
0.0400	-12.3	-17.6	-14.2	-3.2
0.0315	-12.5	-16.2	-13.9	-5.0
0.0250	-10.5	-10.3	-10.4	-5.6
0.0200	-11.9	-18.7	-14.1	-6.2
0.0160	-8.9	-7.9	-8.4	-6.8
0.0125	-12.7	-15.4	-13.8	-7.4
0.0100	-15.6	-18.5	-16.8	-8.0
0.0080	-12.4	-15.2	-13.6	-8.6
0.0063	-15.8	-17.5	-16.5	-9.2
0.0050	-16.2	-16.8	-16.5	-9.8
0.0040	-17.1	-18.2	-17.6	-10.4
0.0032	-18.8	-19.1	-18.9	-11.0

**Messgerät:**Ødegaard & Danneskiold-Samsøe TRM05  
 $\lambda$  Messbereich: 0,0016 - 0,25 m  
Prüfnorm: EN 15610:2009  
Verfahren: Direkte Rauheitsmessung**Messpunkte:**Anzahl: 12  
gemäss DIN EN ISO 3095:2005  
und prEN ISO 3095:2001**Gleis**Schienentyp: UIC 60  
Schwellentyp: B91 Beton  
Oberbau: Schotter**Wetterbedingungen:**Temperatur: < 4°C  
Luftfeuchtigkeit: 54-65%**Einzahlwert der Rauheit:**

$L_{\lambda_{CA}}$	2.3 dB	bei 80 km/h
	2.5 dB	bei 120 km/h



Die mittlere Schienenrauheit liegt in jedem Terzband unterhalb des TSI Noise Grenzwertspektrums für ein Referenzgleis. Damit ist dieser Gleisabschnitt bezüglich der Schienenrauheit für akustische Messungen von Fahrgeräuschen geeignet.

Prüfdatum: 28.04.2015

geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur: M. Oravec

T. Schmid

A. Siegrist

## TSI Noise – Schienenrauheit des Referenzgleises

Messung der Schienenrauheit gemäss EN 15610



$$L_r = 10 \log \frac{r_{RMS}^2}{r_0^2} [dB]$$

Zertifikatsnummer: 02-10-00065

Streckenabschnitt: Kerzers - Müntschemie  
Streckenkilometer: km 24.580

## Messwerte:

	Nord	Süd	Gleis	
$\lambda$	$L_r$	$L_r$	$L_r$	TSI
[m]	[dB]	[dB]	[dB]	
0.2000	-16.3	-15.0	-15.6	11.0
0.1600	-13.0	-12.1	-12.5	9.0
0.1250	-14.2	-13.7	-13.9	7.0
0.1000	-14.1	-13.0	-13.5	4.9
0.0800	-13.5	-14.0	-13.7	2.9
0.0630	-12.4	-12.2	-12.3	0.9
0.0500	-14.4	-18.1	-15.9	-1.1
0.0400	-16.2	-18.2	-17.1	-3.2
0.0315	-15.8	-17.2	-16.5	-5.0
0.0250	-13.0	-15.9	-14.2	-5.6
0.0200	-18.4	-19.7	-19.0	-6.2
0.0160	-11.3	-14.2	-12.6	-6.8
0.0125	-17.6	-19.1	-18.3	-7.4
0.0100	-18.8	-20.3	-19.5	-8.0
0.0080	-16.3	-19.4	-17.6	-8.6
0.0063	-17.8	-18.6	-18.2	-9.2
0.0050	-18.7	-19.3	-19.0	-9.8
0.0040	-19.4	-19.8	-19.6	-10.4
0.0032	-19.9	-20.4	-20.1	-11.0

## Messgerät:

Ødegaard &amp; Danneskiold-Samsøe TRM05

 $\lambda$  Messbereich: 0,0016 - 0,25 m

Prüfnorm: EN 15610:2009

Verfahren: Direkte Rauheitsmessung

## Messpunkte:

Anzahl: 12

gemäss DIN EN ISO 3095:2005

und prEN ISO 3095:2001

## Gleis

Schienentyp: UIC 60

Schwellentyp: B61 Beton

Oberbau: Schotter

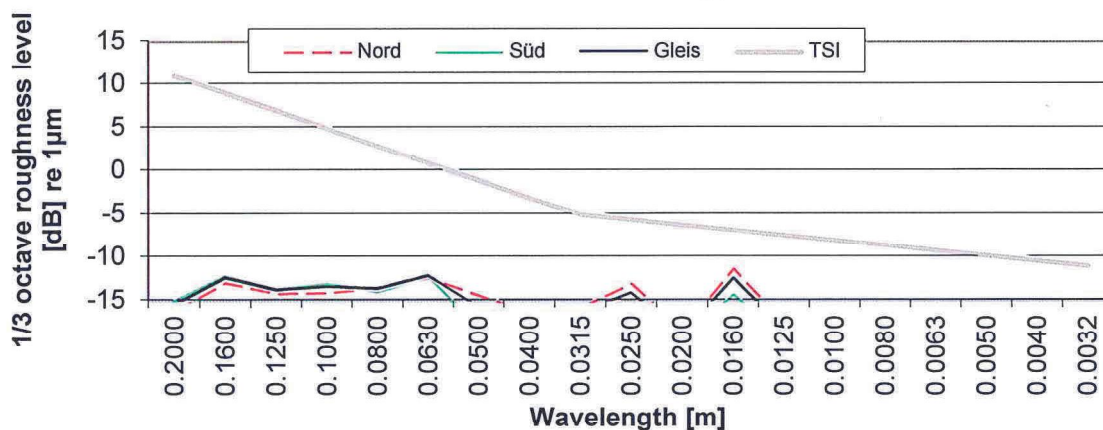
## Wetterbedingungen:

Temperatur:

Luftfeuchtigkeit:

## Einzahlwert der Rauheit:

$L_{\lambda_{CA}}$  -1.1 dB bei 80 km/h  
-1.0 dB bei 120 km/h



Die mittlere Schienenrauheit liegt in jedem Terzband unterhalb des TSI Noise Grenzwertspektrums für ein Referenzgleis, damit ist dieser Gleisabschnitt bezüglich der Schienenrauheit für akustische Messungen von Fahrgeräuschen geeignet.

Prüfdatum: 19.10.2015

geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur: T. Schmid

M. Oravec

A. Siegrist

## **D.3    Zertifikate Messquerschnitt 2 - km24.680**



## TSI Noise – Schienenrauheit des Referenzgleises

Messung der Schienenrauheit gemäss EN 15610



$$L_r = 10 \log \frac{r_{RMS}^2}{r_0^2} [dB]$$

Zertifikatsnummer: 02-10-00066

Streckenabschnitt: Kerzers - Müntschemi  
Streckenkilometer: km 24.680

## Messwerte:

	Nord	Süd	Gleis	
$\lambda$	$L_r$	$L_r$	$L_r$	TSI
[m]	[dB]	[dB]	[dB]	
0.2000	-15.5	-10.5	-12.3	11.0
0.1600	-9.7	-11.2	-10.4	9.0
0.1250	-12.1	-12.5	-12.3	7.0
0.1000	-13.0	-12.5	-12.7	4.9
0.0800	-13.3	-12.7	-13.0	2.9
0.0630	-10.8	-11.5	-11.1	0.9
0.0500	-12.4	-14.7	-13.4	-1.1
0.0400	-14.7	-15.2	-14.9	-3.2
0.0315	-15.4	-16.4	-15.9	-5.0
0.0250	-13.8	-13.1	-13.4	-5.6
0.0200	-17.4	-16.7	-17.1	-6.2
0.0160	-10.3	-16.1	-12.3	-6.8
0.0125	-16.0	-16.9	-16.4	-7.4
0.0100	-17.1	-18.5	-17.8	-8.0
0.0080	-15.0	-18.1	-16.3	-8.6
0.0063	-17.1	-18.9	-17.9	-9.2
0.0050	-17.5	-19.2	-18.3	-9.8
0.0040	-18.3	-19.6	-18.9	-10.4
0.0032	-19.4	-19.7	-19.5	-11.0

## Messgerät:

Ødegaard &amp; Danneskiold-Samsøe TRM05

 $\lambda$  Messbereich: 0,0016 - 0,25 m

Prüfnorm: EN 15610:2009

Verfahren: Direkte Rauheitsmessung

## Messpunkte:

Anzahl: 12

gemäss DIN EN ISO 3095:2005

und prEN ISO 3095:2001

## Gleis

Schienentyp: UIC 60

Schwellentyp: B61 Beton

Oberbau: Schotter

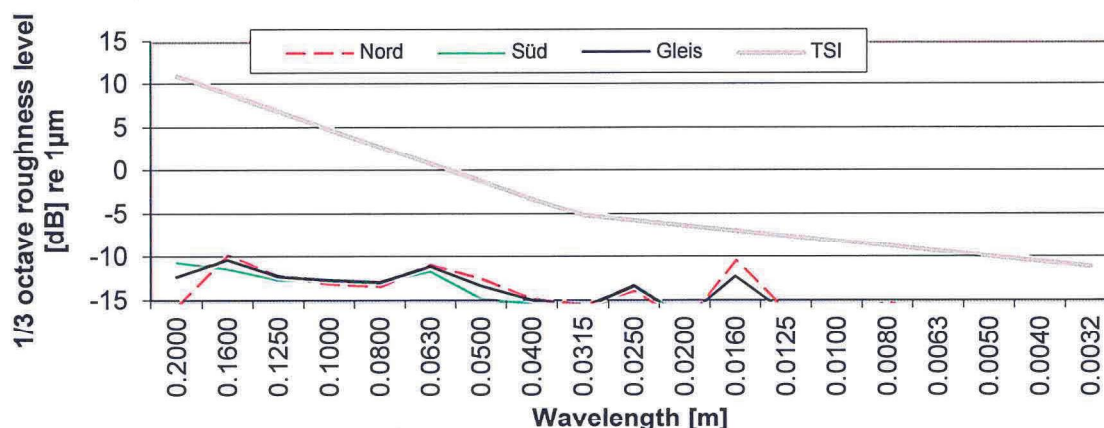
## Wetterbedingungen:

Temperatur:

Luftfeuchtigkeit:

## Einzahlwert der Rauheit:

$L_{\lambda_{CA}}$  -0.2 dB bei 80 km/h  
0.0 dB bei 120 km/h



Die mittlere Schienenrauheit liegt in jedem Terzband unterhalb des TSI Noise Grenzwertspektrums für ein Referenzgleis, damit ist dieser Gleisabschnitt bezüglich der Schienenrauheit für akustische Messungen von Fahrgeräuschen geeignet.

Prüfdatum: 19.10.2015

Prüfingenieur: T. Schmid

geprüft:

M. Oravec

freigegeben:

A. Siegrist

## TSI Noise – Schienenrauheit des Referenzgleises

Messung der Schienenrauheit gemäss EN 15610



$$L_r = 10 \log \frac{r_{RMS}^2}{r_0^2} [dB]$$

Zertifikatsnummer: 02-10-00071

Streckenabschnitt: Kerzers - Müntschemie  
Streckenkilometer: km 24.680

## Messwerte:

	Nord	Süd	Gleis	
$\lambda$	$L_r$	$L_r$	$L_r$	TSI
[m]	[dB]	[dB]	[dB]	
0.2000	-13.3	-12.2	-12.7	11.0
0.1600	-9.3	-12.0	-10.4	9.0
0.1250	-12.1	-12.8	-12.4	7.0
0.1000	-12.5	-15.2	-13.6	4.9
0.0800	-11.4	-14.5	-12.7	2.9
0.0630	-12.1	-12.2	-12.2	0.9
0.0500	-13.4	-15.9	-14.5	-1.1
0.0400	-15.6	-19.4	-17.1	-3.2
0.0315	-17.4	-18.1	-17.7	-5.0
0.0250	-15.3	-13.3	-14.2	-5.6
0.0200	-19.3	-20.8	-20.0	-6.2
0.0160	-10.9	-18.1	-13.1	-6.8
0.0125	-18.5	-19.4	-18.9	-7.4
0.0100	-20.2	-21.4	-20.7	-8.0
0.0080	-16.5	-20.0	-17.9	-8.6
0.0063	-20.4	-20.3	-20.3	-9.2
0.0050	-19.7	-20.5	-20.1	-9.8
0.0040	-20.7	-20.9	-20.8	-10.4
0.0032	-21.6	-21.4	-21.5	-11.0

## Messgerät:

Ødegaard &amp; Danneskiold-Samsøe TRM05

 $\lambda$  Messbereich: 0,0016 - 0,25 m

Prüfnorm: EN 15610:2009

Verfahren: Direkte Rauheitsmessung

## Messpunkte:

Anzahl: 12

gemäss DIN EN ISO 3095:2005

und prEN ISO 3095:2001

## Gleis

Schienentyp: UIC 60

Schwellentyp: B61 Beton

Oberbau: Schotter

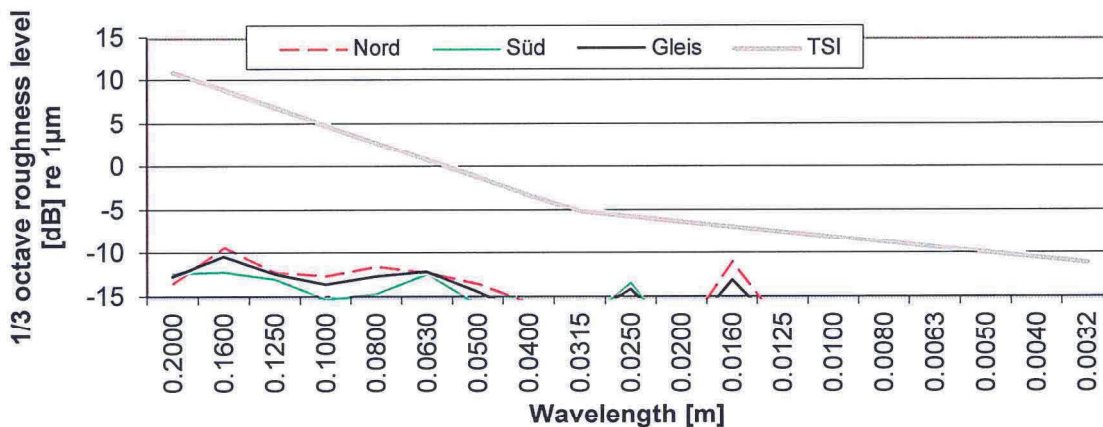
## Wetterbedingungen:

Temperatur:

Luftfeuchtigkeit:

## Einzahlwert der Rauheit:

$L_{\lambda_{CA}}$  -1.9 dB bei 80 km/h  
-1.7 dB bei 120 km/h



Die mittlere Schienenrauheit liegt in jedem Terzband unterhalb des TSI Noise Grenzwertspektrums für ein Referenzgleis, damit ist dieser Gleisabschnitt bezüglich der Schienenrauheit für akustische Messungen von Fahrgeräuschen geeignet.

Prüfdatum: 27.10.2015

geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur: T. Schmid

M. Oravec

A. Siegrist

## **E Abklingratenmessung**

### **E.1 Zertifikate Messquerschnitt 1 - km24.520**



**TSI-Noise - Track Decay Rate (TDR) des Referenzgleises**

Zertifikatsnummer: 02-00-00061



Frequenz [Hz]	TDR z [dB/m]	TDR y [dB/m]	TDRz - TSiz [dB/m]	TDRy - TSly [dB/m]
100	7.4	18.8		
125	5.6	22.0		
160	4.4	20.0		
200	3.2	14.9		
250	4.4	8.9	2.4	6.9
315	12.7	4.3	10.7	3.0
400	13.4	3.4	7.4	2.5
500	21.0	2.1	15.0	1.5
630	22.7	3.8	16.7	3.4
800	24.0	1.8	21.9	1.5
1000	27.7	1.4	26.9	1.2
1250	19.6	0.4	18.8	0.2
1600	8.6	1.1	7.8	0.8
2000	3.1	1.5	2.3	1.0
2500	1.7	0.8	0.9	0.3
3150	2.8	2.5	2.0	2.0
4000	2.1	2.8	1.3	2.3
5000	4.2	1.6	3.4	1.1
Mittelwert der Terzdifferenzen			9.8	2.0

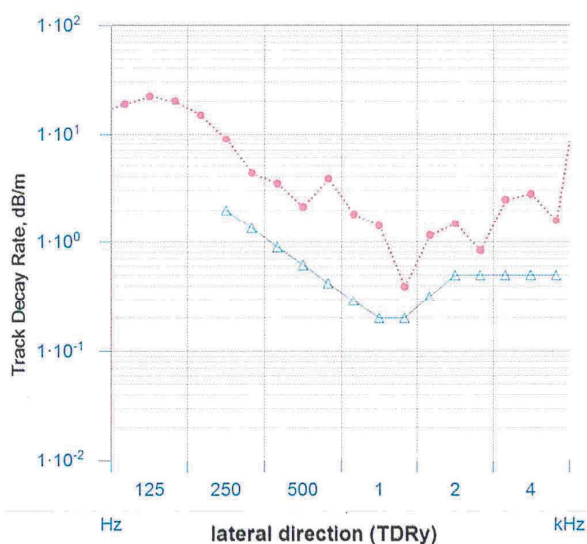
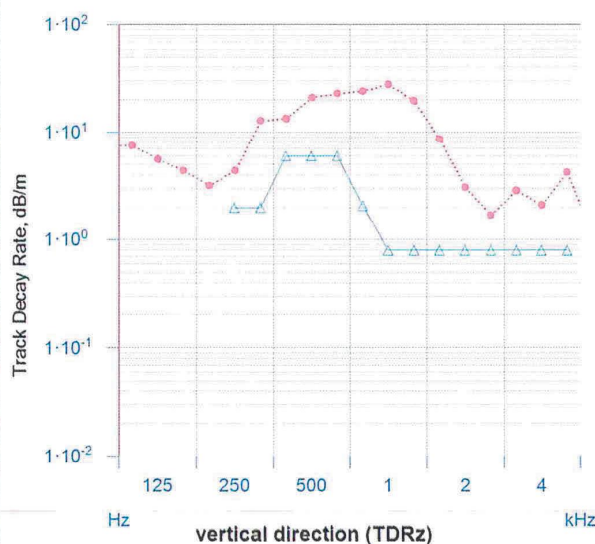
**Streckenabschnitt:** Kerzers - Müntschemier  
**Streckenkilometer:** 24.520  
**GPS-Koordinaten:** 46.129628 °N  
 7.132122 °E

**Messgeräte:**  
**Aufzeichnungsgerät:** NI 4432 USB  
**Beschleunigungssensor:** Kistler 8702B100M1  
**Anregung:** Impulshammer PCB 086D05 (0.32kg)

**Messverfahren:** TSI Noise 2011, A.2.  
**Messpunkte hoch:** 29 (ab 630Hz)  
**Messpunkte tief:** 20 (bis 630Hz)  
**Mittelung:** 4

**Gleis**  
**Schientyp:** UIC 60  
**Schwellentyp:** B61 Beton  
**Oberbau:** Schotter

**Wetterbedingungen**  
**Temperatur:** 10°C  
**Luftfeuchtigkeit:** 83%



Die Anforderungen der TSI Noise an die laterale und vertikale Track-Decay-Rate des Abschnittes bei km 24.520 zwischen Kerzers und Müntschemier werden hinsichtlich der dynamischen Eigenschaften eines Referenzgleises für akustische Messungen erfüllt.

Prüfdatum:

19.10.2015

geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur:

  
 Tobias Schmid

  
 Marcel Oravec

  
 Andreas Siegrist



**TSI-Noise - Track Decay Rate (TDR) des Referenzgleises**

Zertifikatsnummer: 02-00-00067



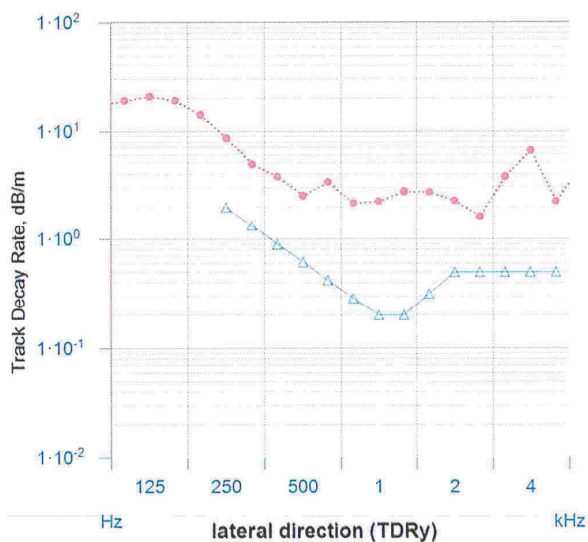
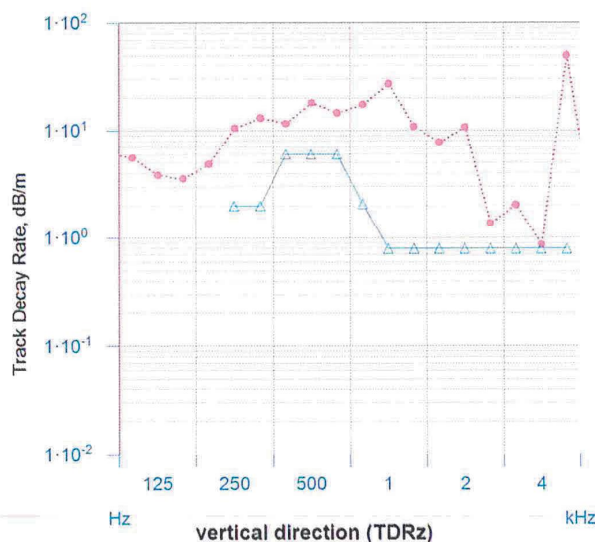
Frequenz [Hz]	TDR z [dB/m]	TDR y [dB/m]	TDRz - TSiz [dB/m]	TDRy - TSiy [dB/m]
100	5.6	19.0		
125	3.8	20.7		
160	3.5	19.0		
200	4.8	14.0		
250	10.5	8.7	8.5	6.7
315	13.0	4.9	11.0	3.5
400	11.6	3.8	5.6	2.9
500	18.1	2.5	12.1	1.9
630	14.6	3.4	8.6	2.9
800	17.4	2.2	15.3	1.9
1000	27.1	2.2	26.3	2.0
1250	10.9	2.7	10.1	2.5
1600	7.8	2.7	7.0	2.4
2000	10.7	2.3	9.9	1.8
2500	1.4	1.6	0.6	1.1
3150	2.0	3.8	1.2	3.3
4000	0.9	6.5	0.1	6.0
5000	50.6	2.2	49.8	1.7
Mittelwert der Terzdifferenzen			11.9	2.9

**Streckenabschnitt:** Kerzers - Müntschemier  
**Streckenkilometer:** 24.520  
**GPS-Koordinaten:** 46.129628 °N  
 7.132122 °E  
**Messgeräte:**  
**Aufzeichnungsgerät:** NI 4432 USB  
**Beschleunigungssensor:** Kistler 8702B100M1  
**Anregung:** Impulshammer PCB 086D05 (0.32kg)

**Messverfahren:** TSI Noise 2011, A.2.  
**Messpunkte hoch:** 29 (ab 630Hz)  
**Messpunkte tief:** 20 (bis 630Hz)  
**Mittelung:** 4

**Gleis**  
**Schientyp:** UIC 60  
**Schwellentyp:** B61 Beton  
**Oberbau:** Schotter

**Wetterbedingungen**  
**Temperatur:** 13°C  
**Luftfeuchtigkeit:** 75%



Die Anforderungen der TSI Noise an die laterale und vertikale Track-Decay-Rate des Abschnittes bei km 24.520 zwischen Kerzers und Müntschemier werden hinsichtlich der dynamischen Eigenschaften eines Referenzgleises für akustische Messungen erfüllt.

Prüfdatum:

27.10.2015

geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur:

Tobias Schmid

Marcel Oravec

Andreas Siegrist

## **E.2    Zertifikat Messquerschnitt 0 - km24.580**

**TSI-Noise - Track Decay Rate (TDR) des Referenzgleises**

Zertifikatsnummer: 02-10-00059



Frequenz [Hz]	TDR z [dB/m]	TDR y [dB/m]	TDRz - TSiz [dB/m]	TDRy - TSly [dB/m]
100	4.6	17.5		
125	3.5	18.3		
160	3.4	14.2		
200	7.0	9.2		
250	12.1	4.7	10.1	2.7
315	20.1	2.8	18.1	1.5
400	18.5	1.5	12.5	0.6
500	25.1	0.8	19.1	0.2
630	17.3	1.9	11.3	1.5
800	17.1	1.1	15.0	0.8
1000	4.7	0.5	3.9	0.3
1250	8.7	0.4	7.9	0.2
1600	5.7	1.2	4.9	0.8
2000	1.3	1.5	0.5	1.0
2500	1.4	1.3	0.6	0.8
3150	1.2	1.1	0.4	0.6
4000	1.4	4.3	0.6	3.8
5000	5.5	2.4	4.7	1.9
Mittelwert der Terzdifferenzen			7.8	1.2

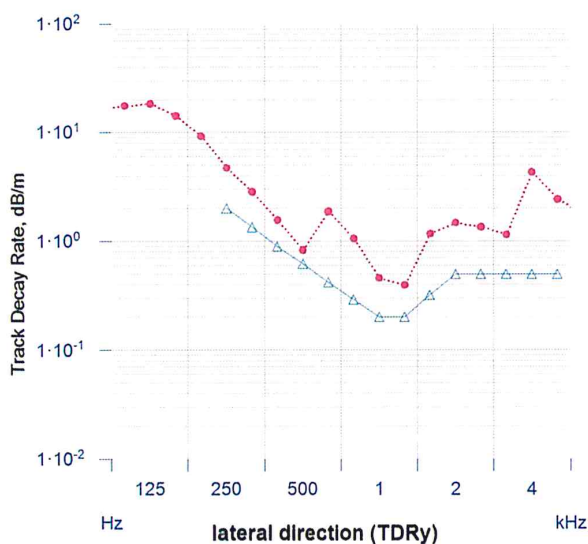
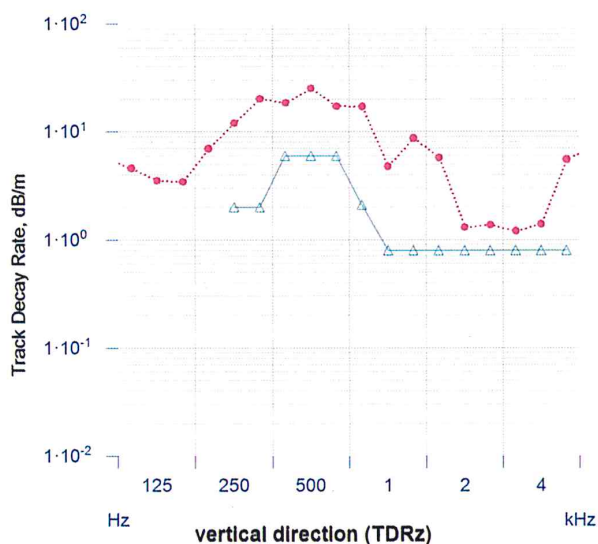
**Streckenabschnitt:** Kerzers - Müntschemier  
**Streckenkilometer:** 71.4  
**GPS-Koordinaten:** 46.129628 °N  
 7.132122 °E

**Messgeräte:**  
**Aufzeichnungsgerät:** NI 4432 USB  
**Beschleunigungssensor:** Kistler 8702B100M1  
**Anregung:** Impulshammer PCB 086D05 (0.32kg)

**Messverfahren:** EN 15461:2008+A1  
**Messpunkte hoch:** 29 (ab 630Hz)  
**Messpunkte tief:** 20 (bis 630Hz)  
**Mittelung:** 4

**Gleis**  
**Schientyp:** UIC 60  
**Schwellentyp:** B61 Beton  
**Oberbau:** Schotter

**Wetterbedingungen**  
**Temperatur:** 20 °C  
**Luftfeuchtigkeit:** 60 %



Die Anforderungen der TSI Noise an die laterale und vertikale Track-Decay-Rate des Abschnittes bei km 71.4 zwischen Kerzers und Müntschemier werden hinsichtlich der dynamischen Eigenschaften eines Referenzgleises für akustische Messungen erfüllt.

Prüfdatum: 02.09.2015

geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur:

Marcel Oravec

Tobias Schmid

Andreas Siegrist

## **E.3    Zertifikate Messquerschnitt 2 - km24.680**

**TSI-Noise - Track Decay Rate (TDR) des Referenzgleises**

Zertifikatsnummer: 02-00-00062



Frequenz [Hz]	TDR z [dB/m]	TDR y [dB/m]	TDRz - TSiz [dB/m]	TDRy - TSly [dB/m]
100	3.2	5.0		
125	4.7	2.9		
160	11.9	2.5		
200	16.6	1.6		
250	12.8	0.9	10.8	-1.1
315	10.0	0.6	8.0	-0.7
400	7.6	0.4	1.6	-0.5
500	5.5	0.3	-0.5	-0.3
630	3.4	0.4	-2.6	-0.0
800	2.8	0.3	0.7	0.0
1000	1.0	0.2	0.2	0.0
1250	2.8	0.2	2.0	0.0
1600	3.7	0.3	2.9	-0.0
2000	1.4	0.4	0.6	-0.1
2500	1.7	0.9	0.9	0.4
3150	1.3	2.4	0.5	1.9
4000	2.6	1.9	1.8	1.4
5000	5.9	0.5	5.1	-0.0
Mittelwert der Terzdifferenzen			2.3	0.1

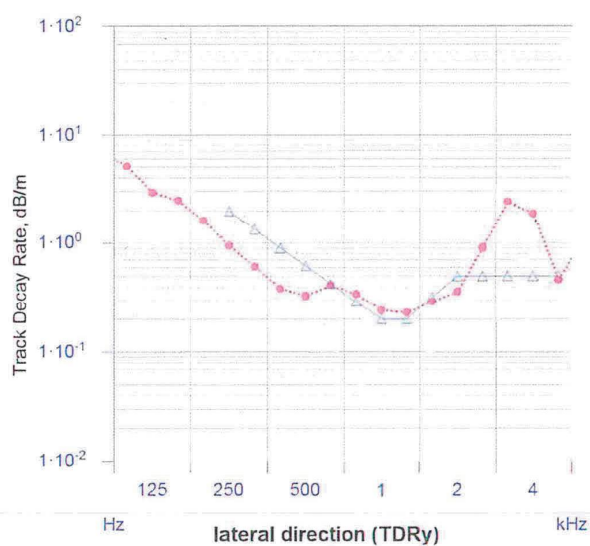
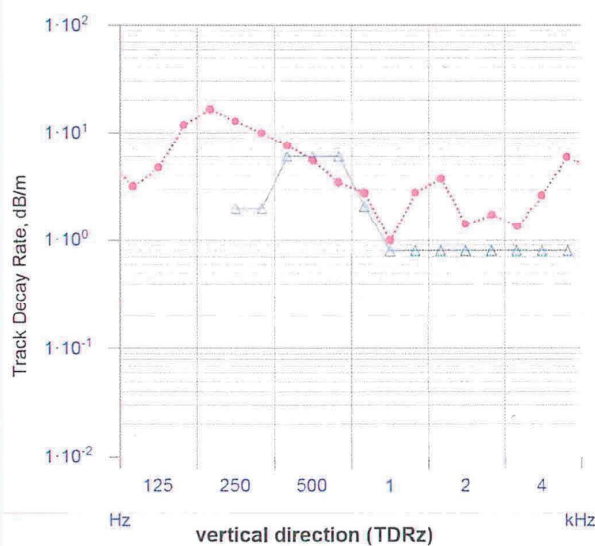
**Streckenabschnitt:** Kerzers - Müntschemier  
**Streckenkilometer:** 24.680 - Süd  
**GPS-Koordinaten:** 46.129628 °N  
 7.132122 °E

**Messgeräte:**  
**Aufzeichnungsgerät:** NI 4432 USB  
**Beschleunigungssensor:** Kistler 8702B100M1  
**Anregung:** Impulshammer PCB 086D05 (0.32kg)

**Messverfahren:** TSI Noise 2011, A.2.  
**Messpunkte hoch:** 29 (ab 630Hz)  
**Messpunkte tief:** 20 (bis 630Hz)  
**Mittelung:** 4

**Gleis**  
**Schiementyp:** UIC 60  
**Schwellentyp:** B61 Beton  
**Oberbau:** Schotter

**Wetterbedingungen**  
**Temperatur:** 10°C  
**Luftfeuchtigkeit:** 83%



Die Anforderungen der TSI Noise an die laterale und vertikale Track-Decay-Rate des Abschnittes bei km 24.680 (Süd) zwischen Kerzers und Müntschemier werden hinsichtlich der dynamischen Eigenschaften eines Referenzgleises für akustische Messungen nicht erfüllt.

Prüfdatum:

19.10.2015

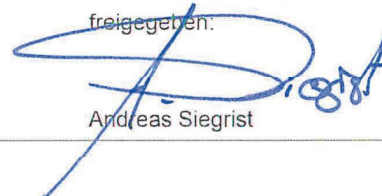
geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur:

  
 Tobias Schmid

  
 Marcel Oravec

  
 Andreas Siegrist



**TSI-Noise - Track Decay Rate (TDR) des Referenzgleises**

Zertifikatsnummer: 02-00-00068



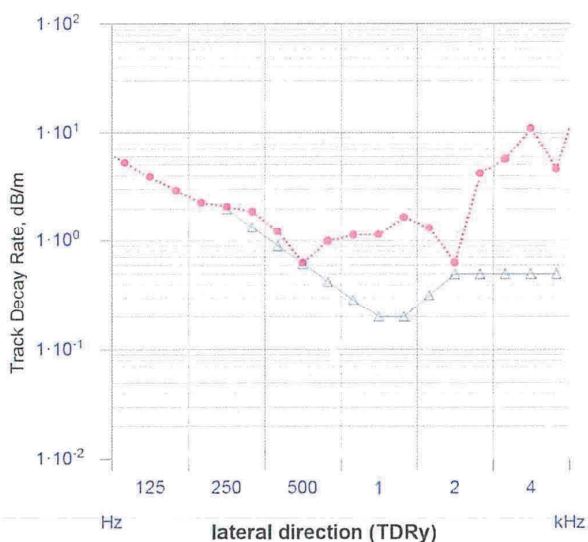
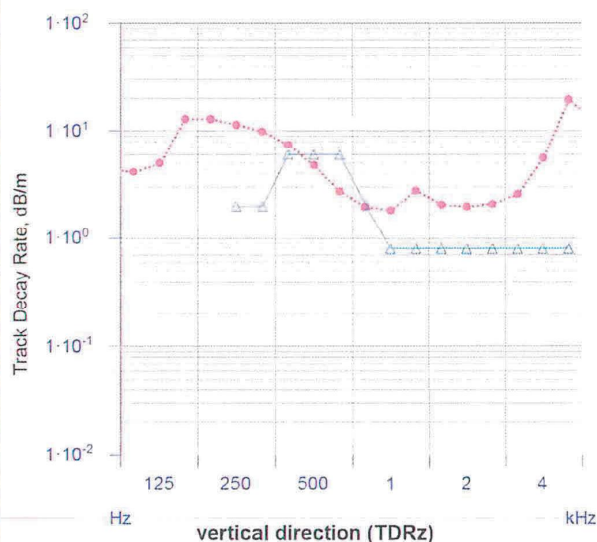
Frequenz [Hz]	TDR z [dB/m]	TDR y [dB/m]	TDRz - TSz [dB/m]	TDRy - TSy [dB/m]
100	4.1	5.1		
125	5.0	3.8		
160	12.9	2.9		
200	12.9	2.3		
250	11.4	2.1	9.4	0.1
315	9.9	1.9	7.9	0.5
400	7.4	1.2	1.4	0.3
500	4.8	0.6	-1.2	0.0
630	2.8	1.0	-3.2	0.6
800	2.0	1.1	-0.1	0.8
1000	1.8	1.1	1.0	0.9
1250	2.8	1.7	2.0	1.5
1600	2.1	1.3	1.3	1.0
2000	2.0	0.6	1.2	0.1
2500	2.1	4.1	1.3	3.6
3150	2.6	5.7	1.8	5.2
4000	5.6	11.1	4.8	10.6
5000	19.4	4.6	18.6	4.1
Mittelwert der Terzdifferenzen			3.3	2.1

**Streckenabschnitt:** Kerzers - Müntschemier  
**Streckenkilometer:** 24.680 - Süd  
**GPS-Koordinaten:** 46.129628 °N  
 7.132122 °E  
**Messgeräte:**  
**Aufzeichnungsgerät:** NI 4432 USB  
**Beschleunigungssensor:** Kistler 8702B100M1  
**Anregung:** Impulshammer PCB 086D05 (0.32kg)

**Messverfahren:** TSI Noise 2011, A.2.  
**Messpunkte hoch:** 29 (ab 630Hz)  
**Messpunkte tief:** 20 (bis 630Hz)  
**Mittelung:** 4

**Gleis**  
**Schiementyp:** UIC 60  
**Schwellentyp:** B61 Beton  
**Oberbau:** Schotter

**Wetterbedingungen**  
**Temperatur:** 13°C  
**Luftfeuchtigkeit:** 75%



Die Anforderungen der TSI Noise an die laterale und vertikale Track-Decay-Rate des Abschnittes bei km 24.680 (Süd) zwischen Kerzers und Müntschemier werden hinsichtlich der dynamischen Eigenschaften eines Referenzgleises für akustische Messungen nicht erfüllt.

Prüfdatum:

27.10.2015

geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur:

Tobias Schmid

Marcel Oravec

Andreas Siegrist

**TSI-Noise - Track Decay Rate (TDR) des Referenzgleises**

Zertifikatsnummer: 02-00-00063



Frequenz [Hz]	TDR z [dB/m]	TDR y [dB/m]	TDRz - TSlz [dB/m]	TDRy - TSlly [dB/m]
100	5.1	3.9		
125	4.6	2.6		
160	16.5	2.2		
200	16.0	1.7		
250	13.3	1.0	11.3	-1.0
315	10.7	0.6	8.7	-0.8
400	9.2	0.4	3.2	-0.5
500	5.7	0.3	-0.3	-0.3
630	3.2	0.4	-2.8	-0.0
800	2.6	0.5	0.5	0.2
1000	0.9	0.4	0.1	0.2
1250	2.5	0.4	1.7	0.2
1600	2.4	0.5	1.6	0.2
2000	1.0	0.4	0.2	-0.1
2500	1.2	0.5	0.4	0.0
3150	1.1	1.4	0.3	0.9
4000	2.0	0.5	1.2	-0.0
5000	4.7	0.1	3.9	-0.4
Mittelwert der Terzdifferenzen			2.1	-0.1

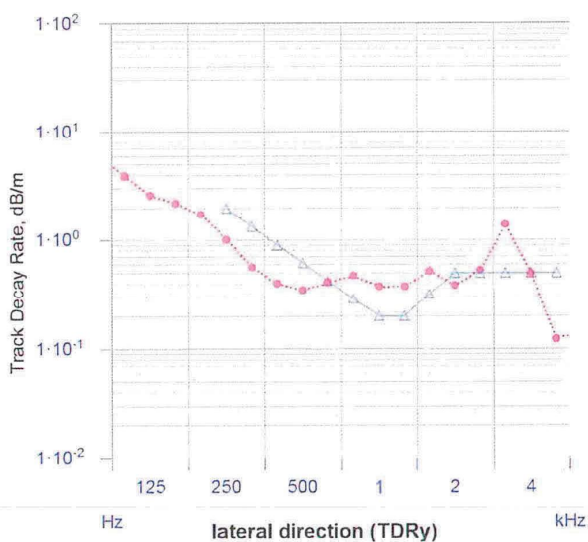
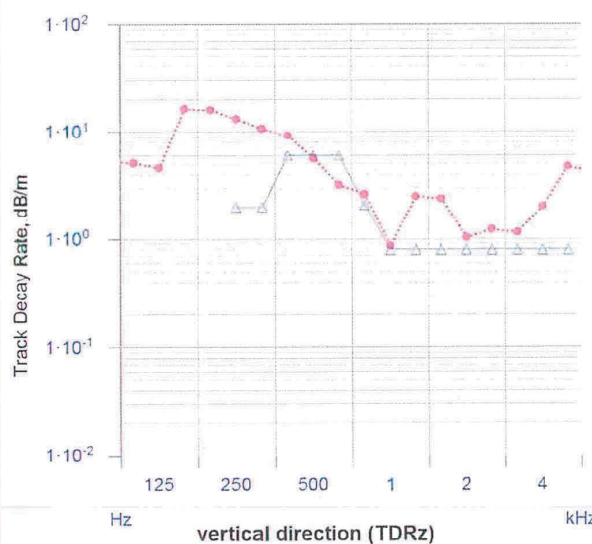
**Streckenabschnitt:** Kerzers - Müntschemier  
**Streckenkilometer:** 24.680 - Nord  
**GPS-Koordinaten:** 46.129628 °N  
 7.132122 °E

**Messgeräte:**  
**Aufzeichnungsgerät:** NI 4432 USB  
**Beschleunigungssensor:** Kistler 8702B100M1  
**Anregung:** Impulshammer PCB 086D05 (0.32kg)

**Messverfahren:** TSI Noise 2011, A.2.  
**Messpunkte hoch:** 29 (ab 630Hz)  
**Messpunkte tief:** 20 (bis 630Hz)  
**Mittelung:** 4

**Gleis**  
**Schientyp:** UIC 60  
**Schwellentyp:** B61 Beton  
**Oberbau:** Schotter

**Wetterbedingungen**  
**Temperatur:** 10°C  
**Luftfeuchtigkeit:** 83%



Die Anforderungen der TSI Noise an die laterale und vertikale Track-Decay-Rate des Abschnittes bei km 24.680 (Nord) zwischen Kerzers und Müntschemier werden hinsichtlich der dynamischen Eigenschaften eines Referenzgleises für akustische Messungen nicht erfüllt.

Prüfdatum:

19.10.2015

geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur:

Tobias Schmid

Marcel Oravec

Andreas Siegrist

# TSI-Noise - Track Decay Rate (TDR) des Referenzgleises

Zertifikatsnummer: 02-00-00069



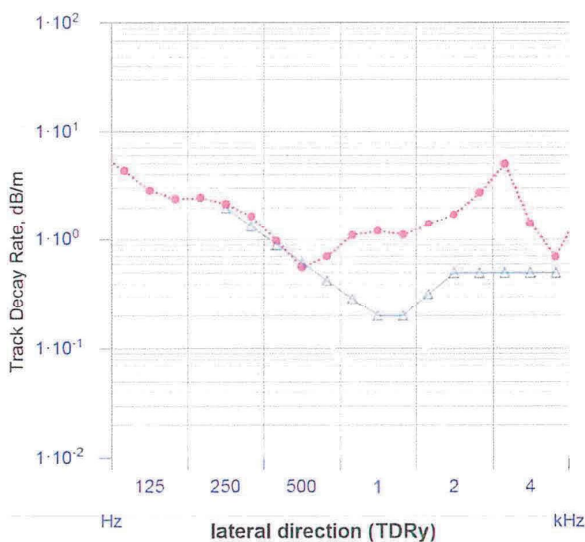
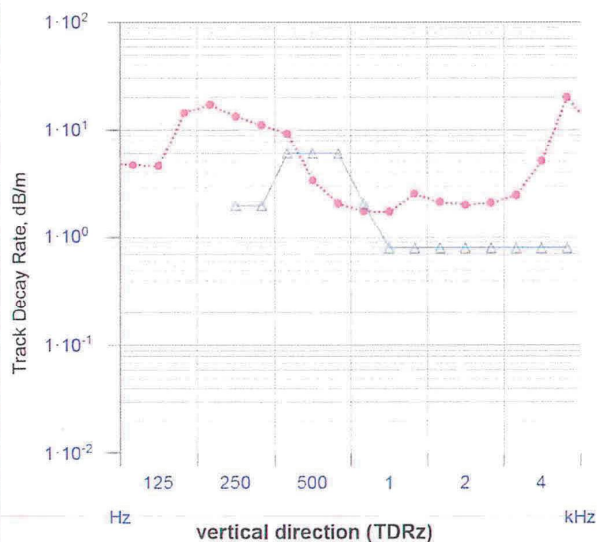
Frequenz [Hz]	TDR z [dB/m]	TDR y [dB/m]	TDRz - TSlz [dB/m]	TDRy - TSl y [dB/m]
100	4.7	4.3		
125	4.6	2.8		
160	14.5	2.4		
200	17.2	2.4		
250	13.4	2.1	11.4	0.1
315	11.1	1.7	9.1	0.3
400	9.3	1.0	3.3	0.1
500	3.4	0.6	-2.6	-0.1
630	2.1	0.7	-3.9	0.3
800	1.8	1.1	-0.3	0.8
1000	1.7	1.2	0.9	1.0
1250	2.5	1.1	1.7	0.9
1600	2.1	1.4	1.3	1.1
2000	2.0	1.7	1.2	1.2
2500	2.1	2.7	1.3	2.2
3150	2.5	5.0	1.7	4.5
4000	5.1	1.4	4.3	0.9
5000	20.0	0.7	19.2	0.2
Mittelwert der Terzdifferenzen			3.5	1.0

**Streckenabschnitt:** Kerzers - Müntschemier  
**Streckenkilometer:** 24.680 - Nord  
**GPS-Koordinaten:** 46.129628 °N  
 7.132122 °E  
**Messgeräte:**  
**Aufzeichnungsgerät:** NI 4432 USB  
**Beschleunigungssensor:** Kistler 8702B100M1  
**Anregung:** Impulshammer PCB 086D05 (0.32kg)

**Messverfahren:** TSI Noise 2011, A.2.  
**Messpunkte hoch:** 29 (ab 630Hz)  
**Messpunkte tief:** 20 (bis 630Hz)  
**Mittelung:** 4

**Gleis**  
**Schiementyp:** UIC 60  
**Schwellentyp:** B61 Beton  
**Oberbau:** Schotter

**Wetterbedingungen**  
**Temperatur:** 13°C  
**Luftfeuchtigkeit:** 75%



Die Anforderungen der TSI Noise an die laterale und vertikale Track-Decay-Rate des Abschnittes bei km 24.680 (Nord) zwischen Kerzers und Müntschemier werden hinsichtlich der dynamischen Eigenschaften eines Referenzgleises für akustische Messungen nicht erfüllt.

Prüfdatum:

27.10.2015

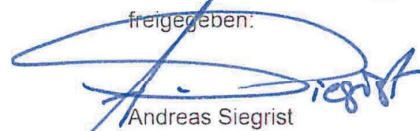
geprüft:

freigegeben:

Prüfingenieur:


  
Tobias Schmid


  
Marcel Oravec


  
Andreas Siegrist