

Bericht ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ **Rev.** ■ ■ ■ ■

BAFU - Messung Schienenrauheiten ZIM 2013

Projekt-Nr.: 13.094.00



Erfassung ■ **Indirekter** ■ **Schienenrauheiten** ■ ■ ■ ■ ■ **Dokumentation** ■ **PROSE** ■ **Messradsatz** ■ **System** ■ **Messfahrten** ■

PROSE AG
Zürcherstrasse 41
CH-8400 Winterthur
Schweiz
Tel: +41 52 262 74 00
Fax: +41 52 262 74 01
E-mail: info@prose.ch

	Name	Datum	
Erstellt	C. Czolbe	03.09.2013	
Geprüft	R. Sieglitz	08.10.2013	
Freigegeben	P. Huber	08.10.2013	

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.

Dieses Schreiben wurde maschinell erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

Revisionsindex

	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Datum
04-03-00774	C. Czolbe	R. Sieglitz	P. Huber	08.10.2013
Rev.				
Rev.				
Rev.				
Rev.				
Rev.				

Modifikationen

Revision	Beschreibung

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Methode der indirekten Schienenrauheitserfassung	6
3	Messfahrten	8
4	Radrauheiten	9
5	Referenzmessstellen	11
5.1	BAV Messstelle in Wichtrach	11
5.2	Referenzmesstrecke zwischen Biel und Solothurn	12
6	Kalibration des Messsystems	13
7	Schienerauheiten	14
8	Schallmessungen	16
9	Anhang	17
9.1	Cronos 1 Konfiguration	17
9.2	Cronos 3 Konfiguration	19
9.3	Messsignale	21
9.4	Messprotokolle	22
9.5	Radrauheiten	27
9.6	Schienenrauheiten	31

1 Zusammenfassung

Im Juli 2013 wurde ein neues System bestehend aus Messradsätzen mit geradem Radsteg und Messradsatzrechner der PROSE Berlin GmbH in Fahrversuchen im Raum Bern erprobt. Während dieser Messfahrten mit neuen Rädern wurden die Achslagerbeschleunigungen erfasst, um später daraus indirekt die Schienenrauheiten zu berechnen. Zur Kalibration des Messsystems ist stets eine Referenzmessstelle mit bekannter Schienenrauheit notwendig. Eine Messstelle war die BAV Messstelle in Oberwichttrach zwischen Gümlingen und Thun, eine weitere befand sich in Pieterlen zwischen Biel und Solothurn.

Auf der BAV Messstelle wurden mit vier Geschwindigkeiten beidseitig die Achslagerbeschleunigungen erfasst: 80, 100, 120 und 130 km/h. Die Beschleunigungssensoren decken einen Frequenzbereich bis 10 kHz ab und die Samplingfrequenz lag bei 50 kHz, sodass damit bei 130 km/h theoretisch Wellenlängen zwischen 50cm und 0.5cm berechnet werden können.

Die Daten wurden anschliessend auf Plausibilität geprüft und die relevante Radsatzübertragungsfunktion $H_2(f)$ in einem ersten Schritt berechnet. Bei 80 km/h ergeben sich sehr gute Übereinstimmungen mit den direkt gemessenen Schienenrauheiten an der Strecke. Bei höheren Geschwindigkeiten wurden Unterschiede in der Übertragungsfunktion festgestellt. Anscheinend müssen für jede Geschwindigkeit entsprechende Übertragungsfunktionen ermittelt werden.

Neben den Schienenrauheiten wurden auch Schallmessungen durchgeführt, es gab eine Messstelle im Innenraum des Messwagens und eine weitere aussen über dem Drehgestell. Daraus kann ein Zusammenhang zwischen Schienenrauheitspegel und Schallemission abgeleitet werden können.

Es wurden insgesamt 230 km Streckennetz beidseitig und zum Teil mit Wiederholungen erfasst, sodass insgesamt 690 km Gleislänge gemessen wurden. Dabei sind 74 GB Messdaten aufgezeichnet worden, wovon die Hälfte allein auf die Achslagerbeschleunigungs- und Akustikmessungen abfallen. Die Daten sind vollständig und gesichert und stehen für weitere Auswertungen zur Verfügung. Neben den gefahrenen Strecken soll in erster Linie die Frage geklärt werden, bis zu welcher Geschwindigkeit das Verfahren funktioniert, bzw. mit welchen Einschränkungen zu rechnen ist.

2 Methode der indirekten Schienenrauheitserfassung

Das Rollgeräusch wird durch die Summenrauheit von Rad und Schiene generiert. Abbildung 2-1. Die Summenrauheit lässt sich aus Beschleunigungsmessungen an Schienenfuss oder Achslagergehäuse ermitteln. Ist die Radrauheit bekannt, kann aus der Summenrauheit die Schienenrauheit berechnet werden. Zur Kalibration des Messsystems ist stets eine Referenzmessstelle mit bekannter Schienenrauheit notwendig. Eine Messstelle war die BAV Messstelle in Oberwichtlach zwischen Gümlingen und Thun, eine weitere befand sich in Pieterlen zwischen Biel und Solothurn.

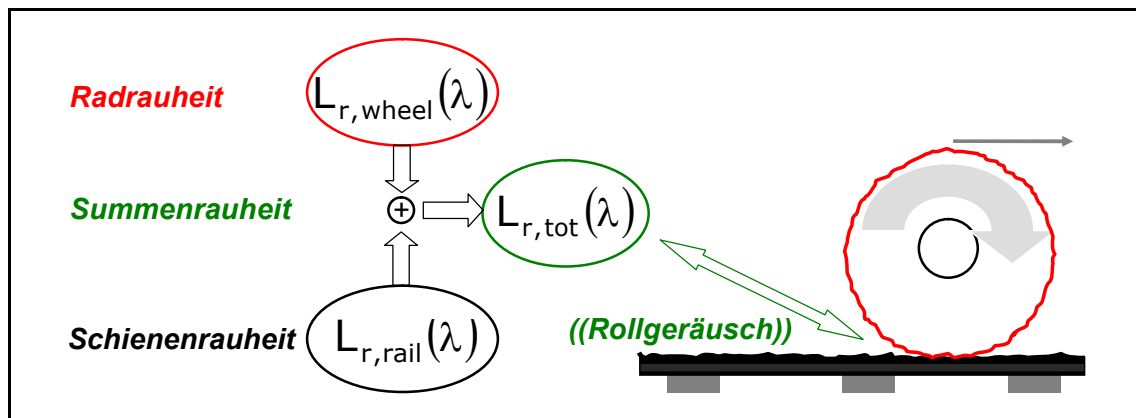


Abbildung 2-1: Rollgeräusch und Rauheiten

Im folgenden Abbildung 2-2 ist das Berechnungsschema zur Schienenrauheit abgebildet. Bei Messung der Achslagerbeschleunigungen sowie der Radrauheit ist die einzige Unbekannte in der Berechnung die Radsatzübertragungsfunktion $H_2(f)$, welche die frequenzabhängige Dämpfung vom Radaufstandspunkt zum Achslagergehäuse beschreibt.

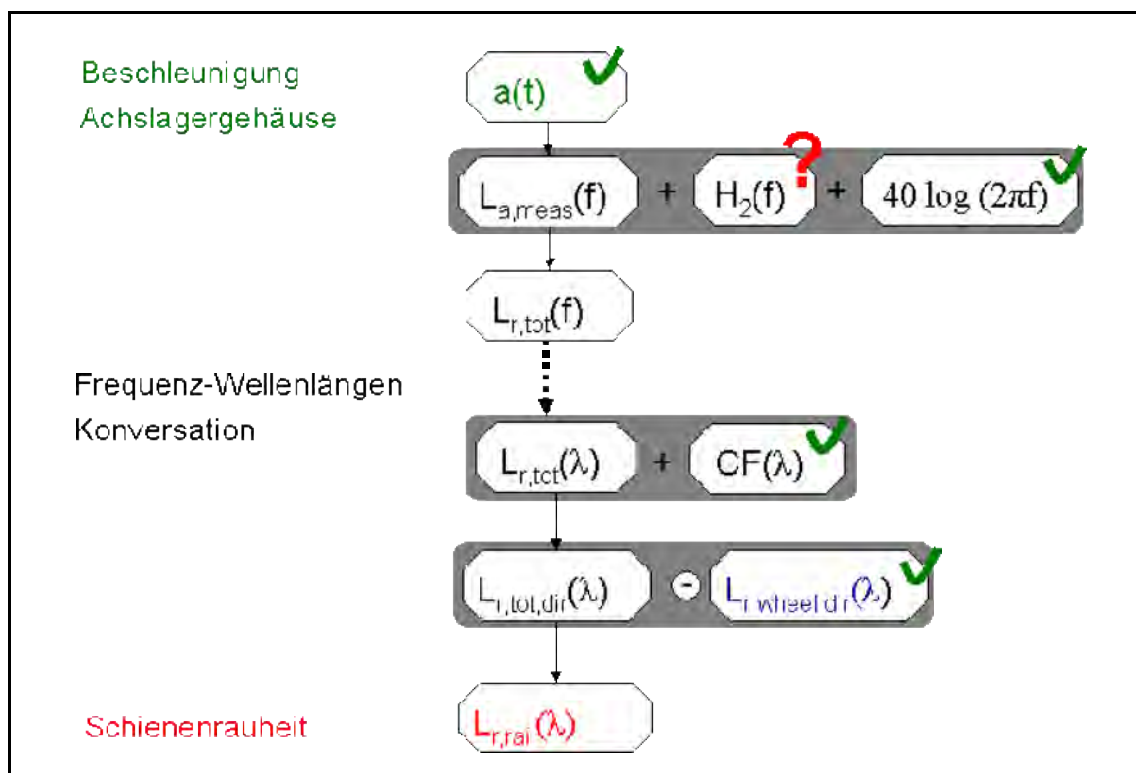


Abbildung 2-2: Berechnungsalgorithmus für indirekte Schienenrauheiten

Die PROSE Messradsätze 2013 bestanden aus neuen Rädern mit 920mm Durchmesser und verfügten über einen geraden Radsteg Abbildung 2-3. In einer ähnlichen Messkampagne von PROSE 2009 wurden Güterwagenräder mit gewellter Radscheibe verwendet.

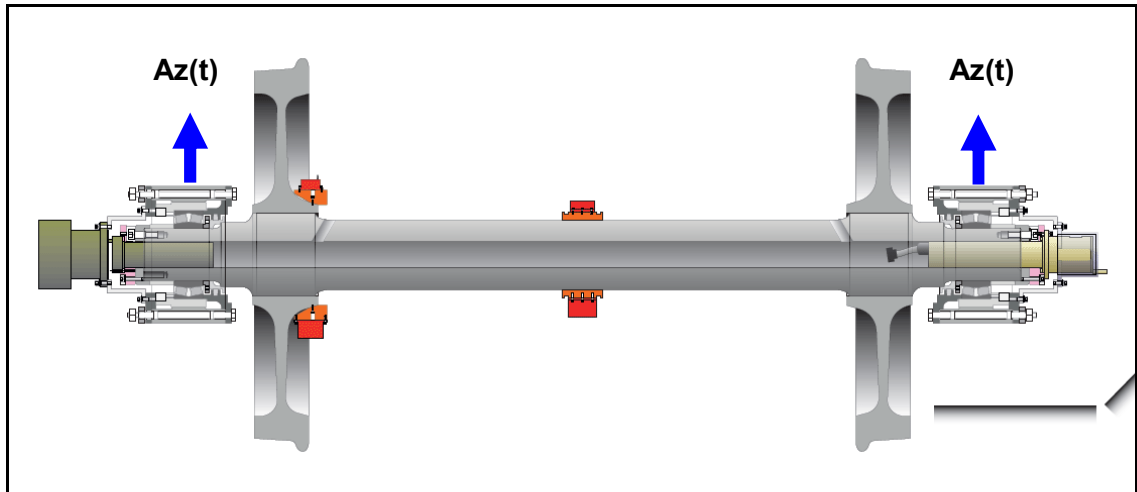


Abbildung 2-3: Zeichnung des Messradsatzes und Positionen der Beschleunigungsaufnehmer (blaue Pfeile)

Für die Transfereigenschaft vom Radaufstandspunkt zum Achslager können gerade Radstege durchaus vorteilhaft sein, da diese die vertikalen Beschleunigungen besser übertragen. Gewellte Radstege weisen in z-Richtung eine andere Nachgiebigkeit und Dämpfung insbesondere im hochfrequenten Bereich auf. Bei Schienenrauheitsmessungen mit hoher Geschwindigkeit werden hochfrequente Beschleunigungen benötigt, Nachgiebigkeiten oder Dämpfungen wirken sich nachteilig aus.



Abbildung 2-4: Messradsatz im Einsatz, Position eines Beschleunigungsaufnehmers am Achslagergehäuse (blau)

3 Messfahrten

Die Messfahrten fanden zwischen 14.07. und 18.07.2013 statt. Als Versuchsfahrzeug diente der PROSE-Messwagen **Abbildung 3-1**, an dem die Achslagerbeschleunigungen an einem gesamten Drehgestell (vier Achslager) aufgezeichnet wurden.



Abbildung 3-1: PROSE Messwagen 2013 mit Versuchsdrehgestell

Die Strecken in **Abbildung 3-2** wurden in der Messkampagne 2013 befahren:

- 1x Spiez - Oberwichtlach* – Bern
- 3x Bern – Romont - Puidoux-Chexbres und zurück
- 3x Gümlingen – Oberwichtlach* – Thun und zurück
- 1x Bern – Biel – Pieterlen* – Solothurn und zurück
- 1x Bern - Oberwichtlach* – Spiez

* Referenzmessstellen mit direkt gemessener Schienenrauheit

In nachfolgender Abbildung sind die erfassten Strecken 2013 neben denen von 2009 in der Schweizer Netzkarte abgebildet. Details zu den Messfahrten siehe Messprotokolle im Anhang 9.1

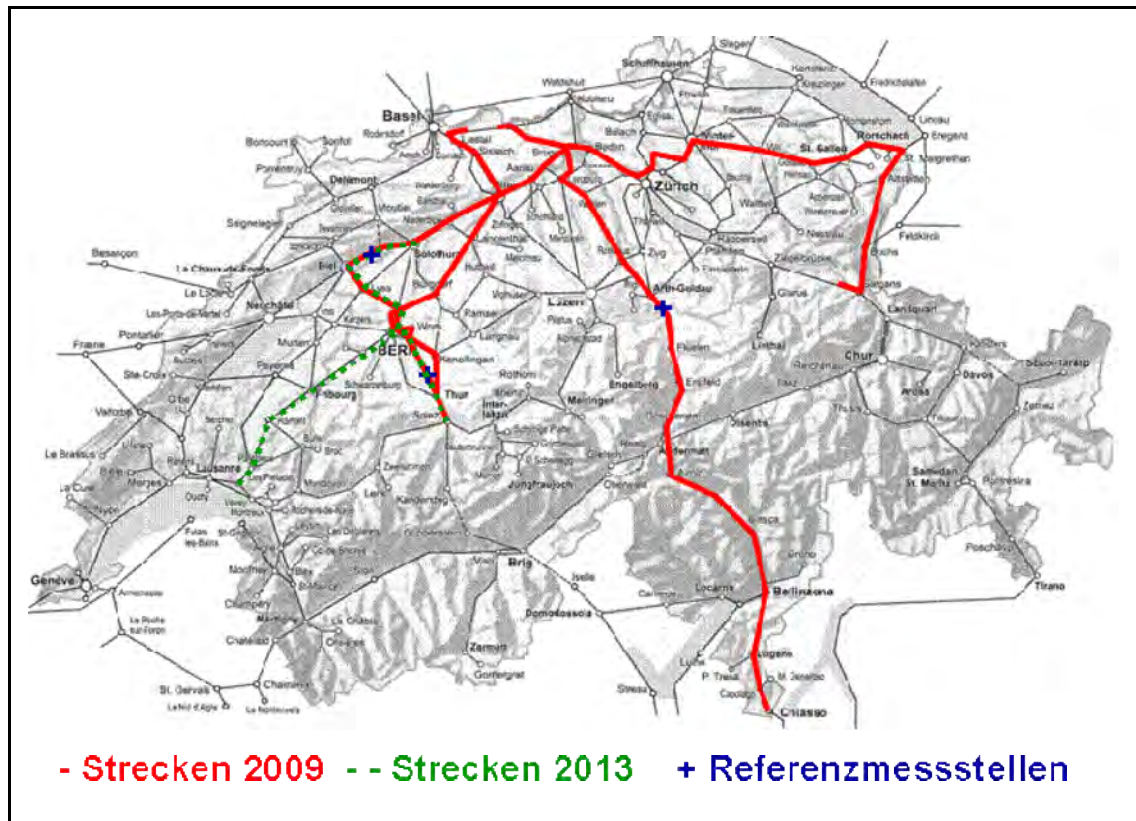


Abbildung 3-2: Strecken der indirekten Rauheitsmessungen

4 Radrauheiten

Die Radrauheiten wurden im Anschluss an die Messfahrten mit Hilfe direkter Abtastung bestimmt, siehe Abbildung 4-1. Da die Räder neu, ungebremst und nicht angetrieben waren, wiesen sie eine sehr glatte Lauffläche auf und die Radrauheiten lagen deutlich unterhalb der TSI Noise Grenzkurve. Die Resultate der vier gemessenen Räder des Messdrehgestells sind in Abbildung 4-2 dargestellt.

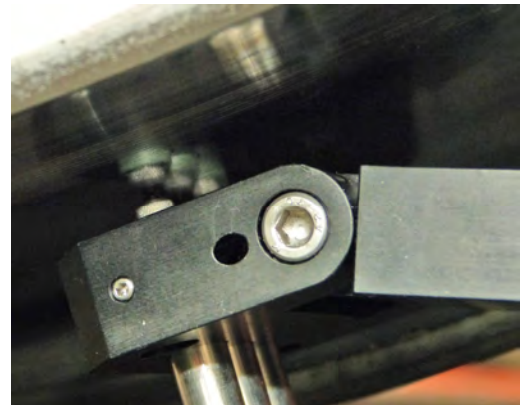
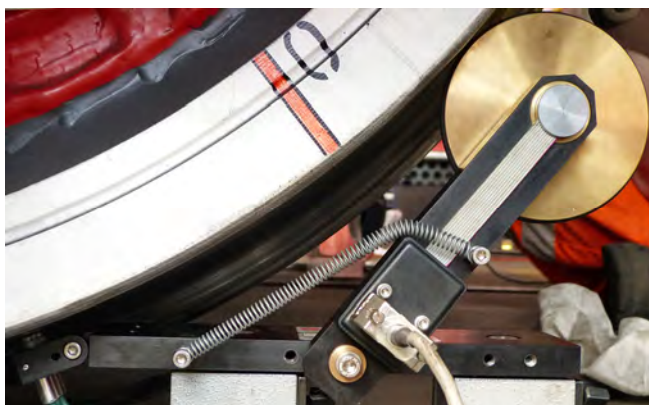


Abbildung 4-1: Direkte Erfassung der Radrauheit

Bei der Kampagne von 2009 wichen die Radrauheiten an den Güterwagenrädern vor und nach den Messfahrten stark voneinander ab, was vermutlich einerseits auf die höhere Radlast und andererseits auf die Bauart bzw. Qualität zurückzuführen ist. Es kann angenommen werden, dass sich die Radrauheiten bei diesen Messfahrten weniger stark verändert haben, nicht zuletzt auch wegen der kürzeren Gesamtstrecke.

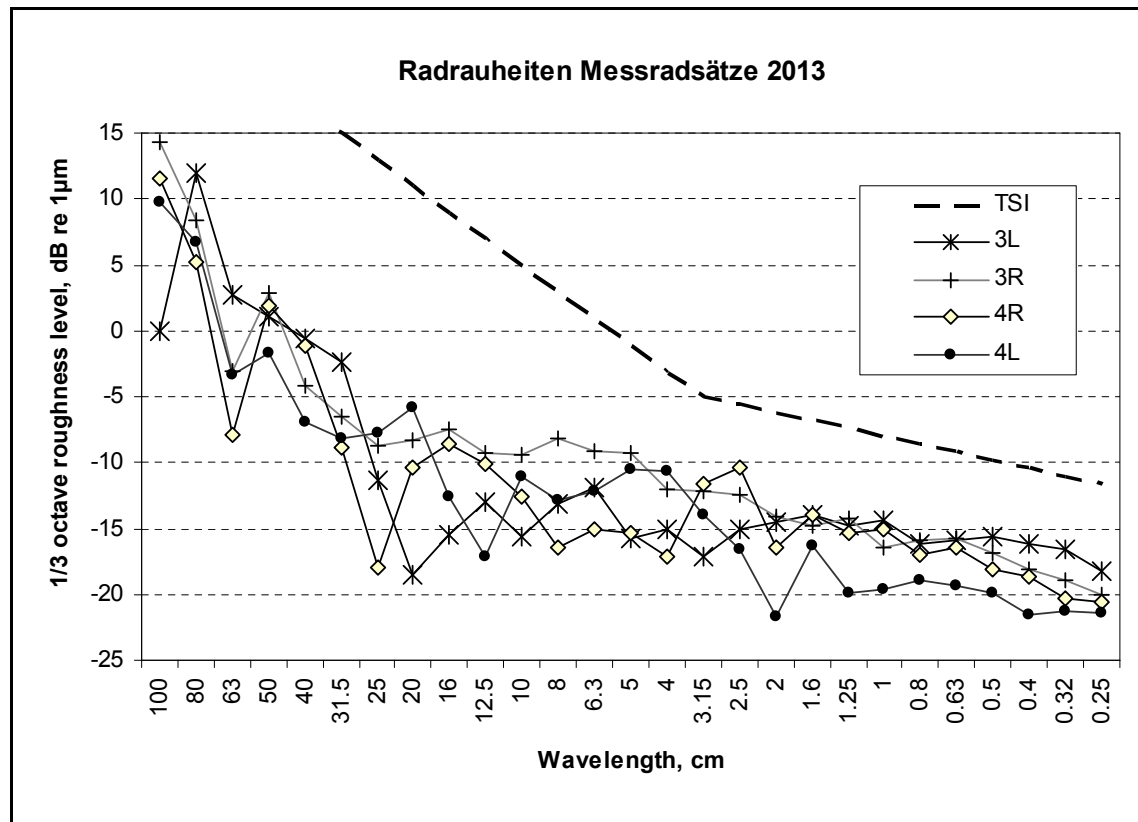


Abbildung 4-2: Radrauheiten des Messfahrzeuges

5 Referenzmessstellen

5.1 BAV Messstelle in Wichtrach

In Oberwichterach zwischen Gümligen und Thun befindet sich eine Lärmmessstelle vom BAV. Hier werden seit 2003 Rauheiten im jährlichen Turnus gemessen und archiviert. Die Messung von 2013 fand wenige Tage vor der Messkampagne statt und war daher als Referenzmessung repräsentativ.

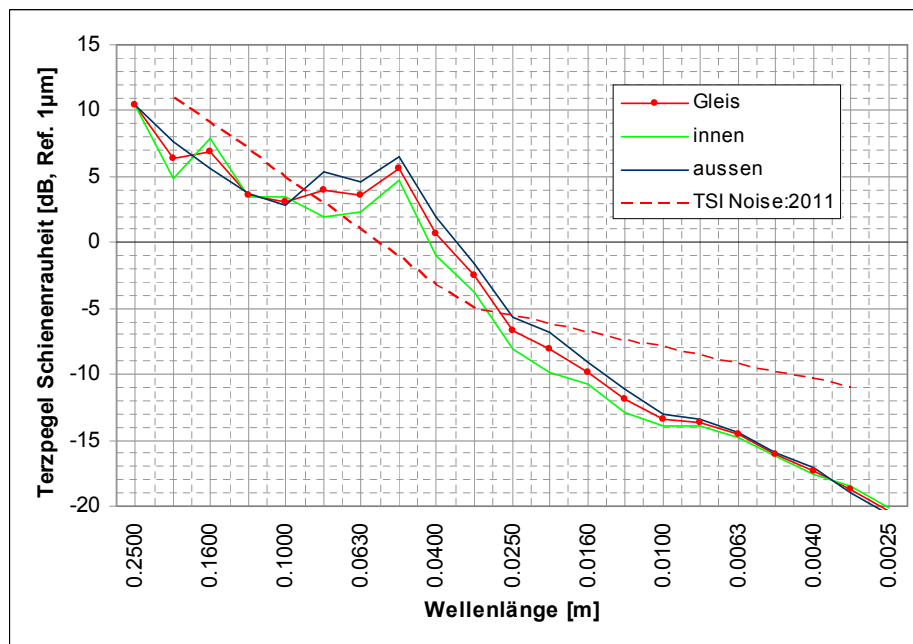


Abbildung 5-1: Oberwichterach östliches Gleis Richtung Thun (innere / äussere Schiene)
Einzahlwert Schienenrauheit vom Mittelwert: $L_{ca} = 7.1$ dB

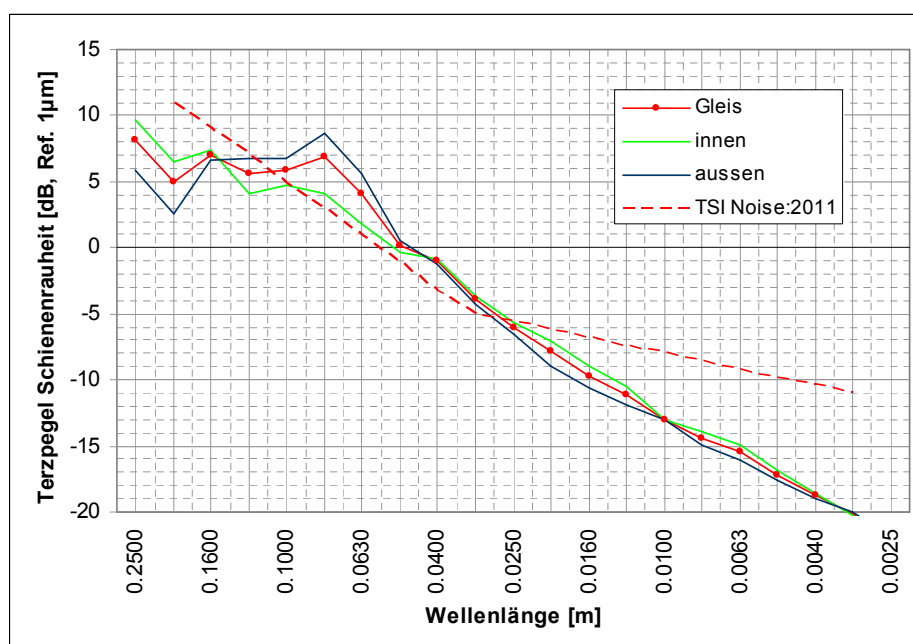


Abbildung 5-2: Oberwichterach westliches Gleis Richtung Gümligen (innere / äussere Schiene)
Einzahlwert Schienenrauheit vom Mittelwert: $L_{ca} = 6.2$ dB

Die Schienenrauheit in Oberwichttrach überschritt wie auch in den vorangegangenen Jahren teilweise deutlich die TSI-Referenzkurve. Im langwelligen Bereich sind Anteile von Riffeln zu erkennen, beim östlichen Gleis **Abbildung 5-1** bei ca. 5 cm und beim westlichen Gleis **Abbildung 5-2** bei ca. 8 cm.

5.2 Referenzmesstrecke zwischen Biel und Solothurn

Zwischen Biel und Solothurn befinden sich in Pieterlen Messstellen der SBB, von denen die Schienenrauheiten über 100 m gemessen wurden. Die Daten lagen für diesen Bericht noch nicht vor, werden aber für Auswertungen zur Verfügung gestellt.

6 Kalibration des Messsystems

Die Sensoren wurden gemäss ihrer Kalibrationszertifikate im Messsystem konfiguriert. Vor und nach der Messung fanden Kalibrierungen der Mikrofone und Beschleunigungssensoren statt. Über die Referenzmessstelle wurde iterativ die Radsatzübertragungsfunktion $H_2(f)$ bestimmt **Abbildung 6-1**. Aus unserer Erfahrung ist es dabei sinnvoll, für jedes Rad eine eigene Funktion zu erstellen. Die $H_2(f)$ Funktion ist frequenzabhängig und theoretisch geschwindigkeitsunabhängig. Dennoch existieren bei jeder Geschwindigkeit spezifische Resonanzen und Störungen, welche es erfordern, weitere Radsatzübertragungsfunktionen für höhere Geschwindigkeiten wie 120 km/h **Abbildung 6-2** zu berechnen.

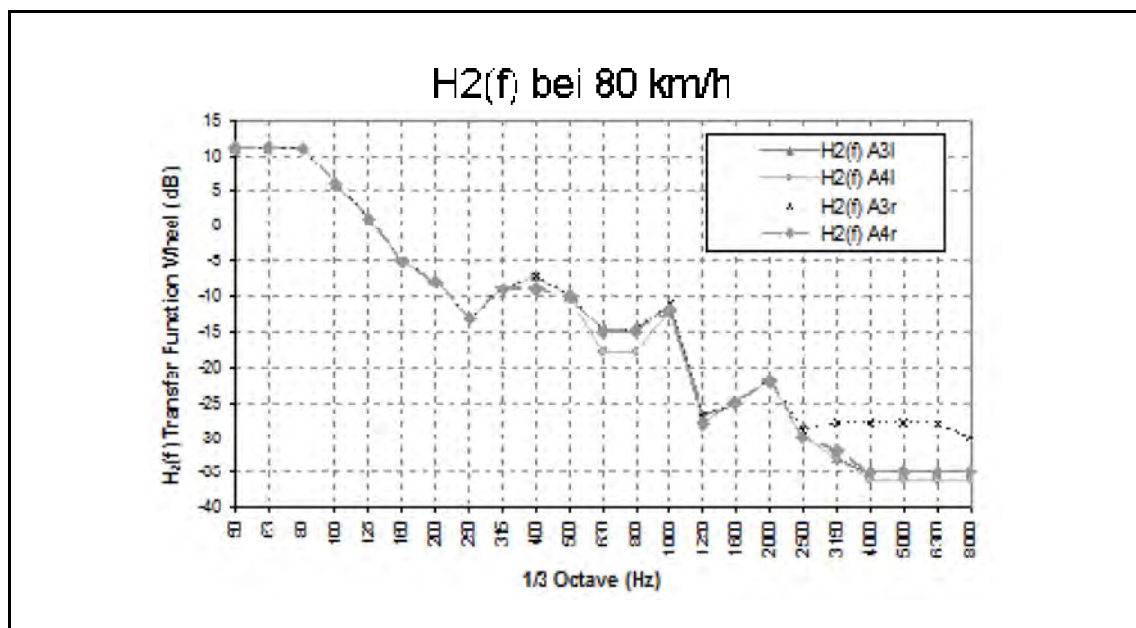


Abbildung 6-1: Radsatzübertragung bei 80 km/h

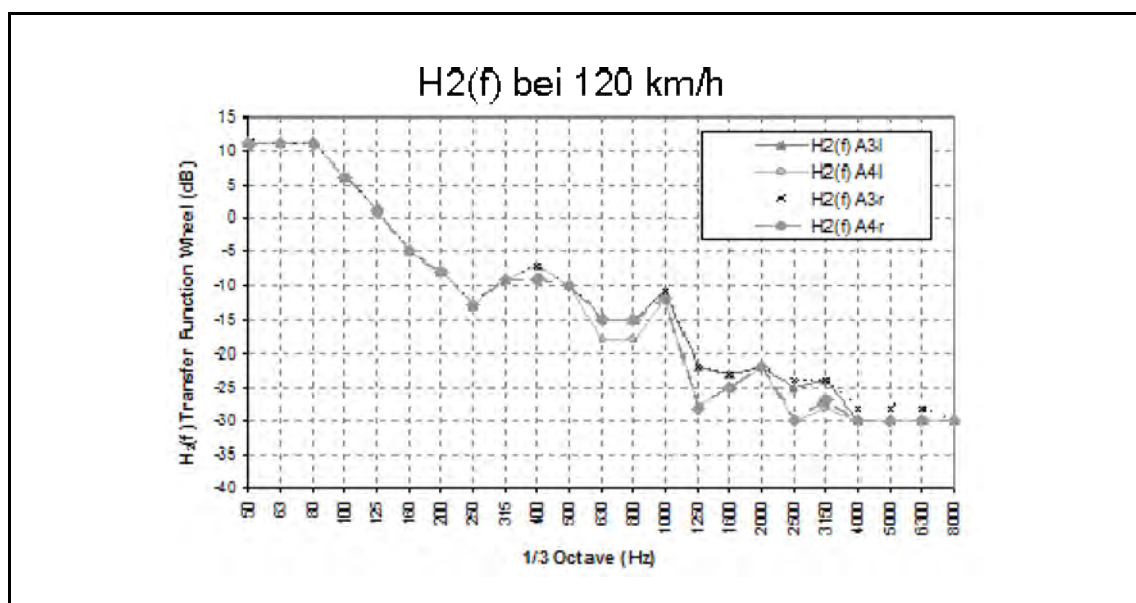


Abbildung 6-2: Radsatzübertragung bei 120 km/h

7 Schienenerauheiten

Die ersten Auswertungen der Schienenerauheiten an den Referenzmessstellen in Wichtrach bei 80 km/h, siehe **Abbildung 7-1** und **Abbildung 7-2**, ergeben eine hohe Übereinstimmung der Rauheitsspektren. Je nach Kurvenanpassung von $H_2(f)$ auf die Schienenerauheitsspektren Wichtrach Ost oder West liegen die indirekten Rauheitsspektren noch nicht genau auf den direkt gemessenen Rauheiten. Dies kann an der Fahrtrichtung liegen, da sich die Achslagerbeschleunigungen von vor- und nachlaufendem Radatz geringfügig unterscheiden. Hier müssen noch Feinabstimmungen erfolgen.

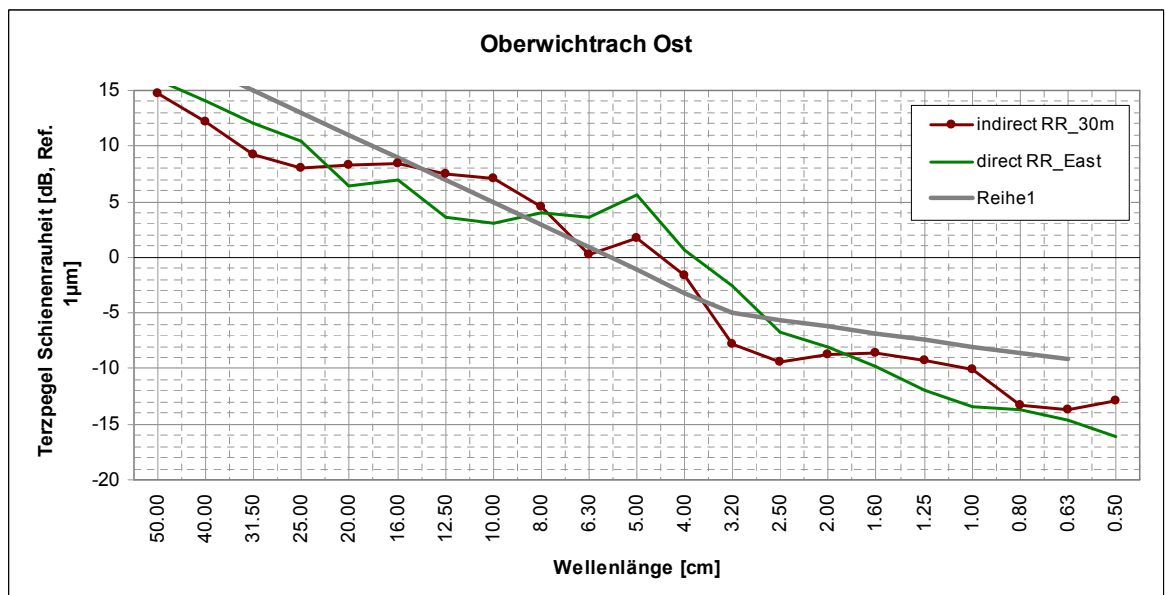


Abbildung 7-1: Vergleich direkter und indirekter (Achse 03 links) Schienenerauheit

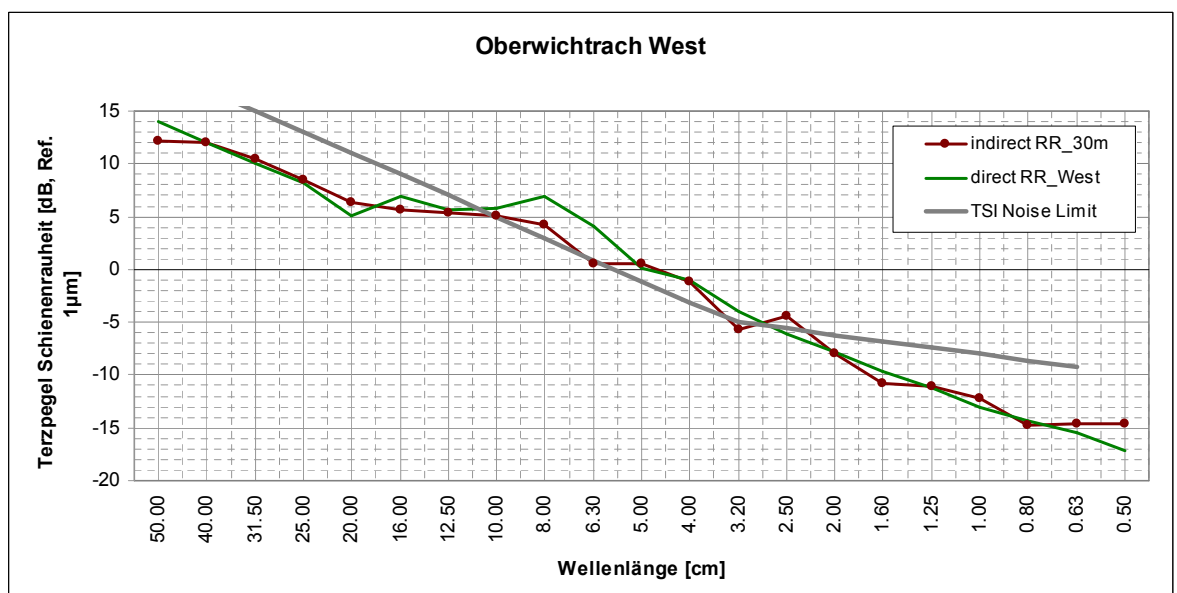


Abbildung 7-2: Vergleich direkter und indirekter (Achse 03 links) Schienenerauheit

Auch eine Betrachtung der Einzählwerte je 25m Strecke über einen längeren Streckenabschnitt zwischen Thun und Gümlingen in **Abbildung 7-3** liefert für die Messstelle in Wichtrach plausible Einzählwerte zwischen 6 und 8 dB. Theoretische sollten sich die indirekt ermittelten Schienenrauheiten zwischen Achse 03 und 04 nicht gross unterscheiden, sie tun es an einigen Stellen allerdings doch geringfügig. Ob dies ein Phänomen der Kalibration oder der Position bei der Messfahrt ist, muss noch geklärt werden.

In **Abbildung 7-3** korrelieren die Resultate der rechten Seite (R03R und R04R) über die gesamte Strecke recht gut, jedoch die der linken Seite (R03L und R04L) weniger gut. Diese Abweichungen sind zurzeit noch nicht geklärt. Zur Selektivität zwischen linker und rechter Schiene kann daher bis dato noch nichts gesagt werden. Vermutlich gelangen dominante Beschleunigungen von der rechten Schiene über die Achse auf das linke Achslager und umgekehrt. Damit befinden sich Beschleunigungsanteile von der jeweils gegenüberliegenden Schiene im Signal der Achslagerbeschleunigungen, sodass keine scharfe Trennung bei der Auswertung mehr möglich ist.

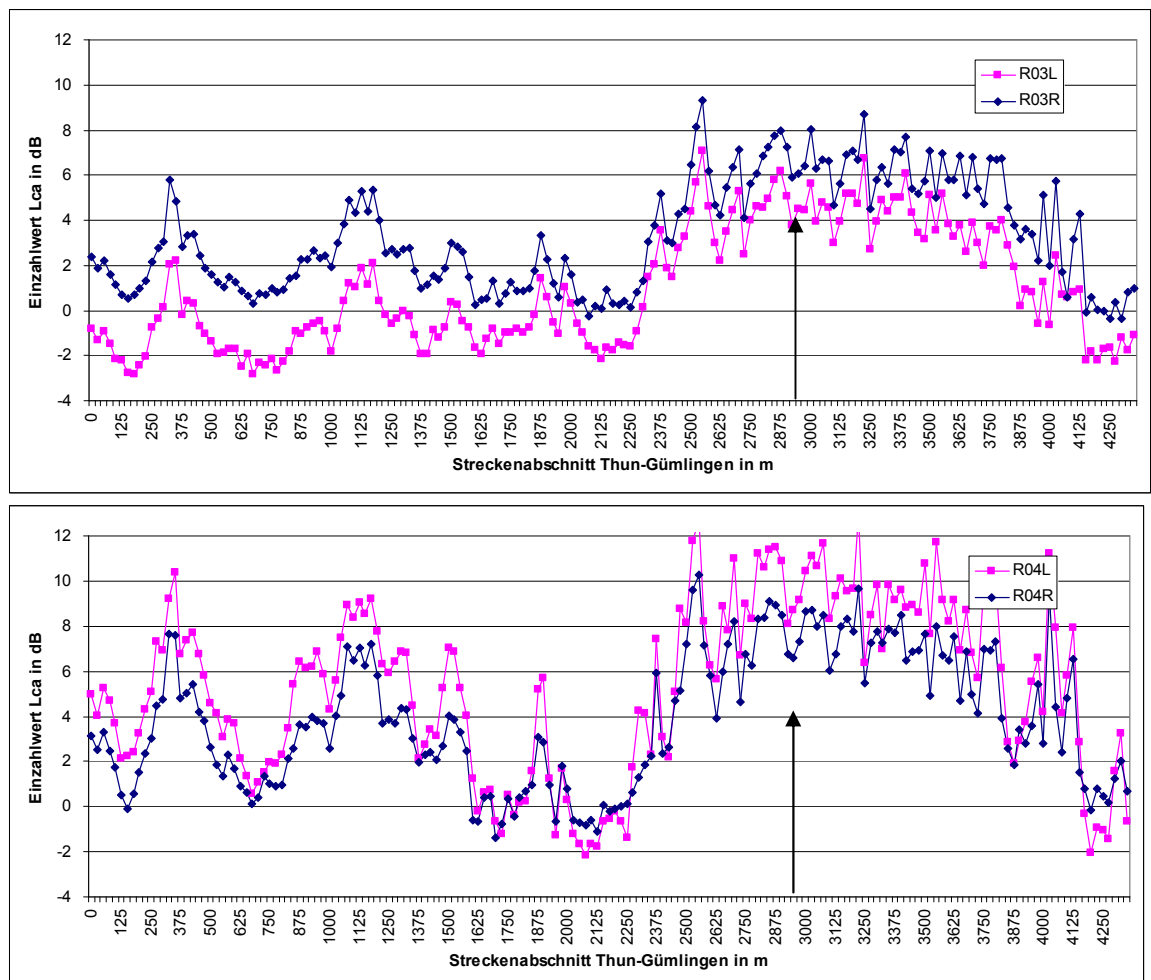


Abbildung 7-3: Verlauf des Einzählwertes von Thun nach Gümlingen (BAV Messstelle bei Pfeil)

Es ist zu überlegen, wie ein Mittelwert vom Schienenrauheitsspektrum schlussendlich gebildet wird, aus den Resultaten der vier Achslagersensoren oder nur von einer Achse (vor- oder nachlaufend).

8 Schallmessungen

Während der gesamten Messfahrt wurde der Aussenschall direkt über dem Drehgestell sowie der Innenschall im geschlossenen Abteil des Messwagens aufgezeichnet.

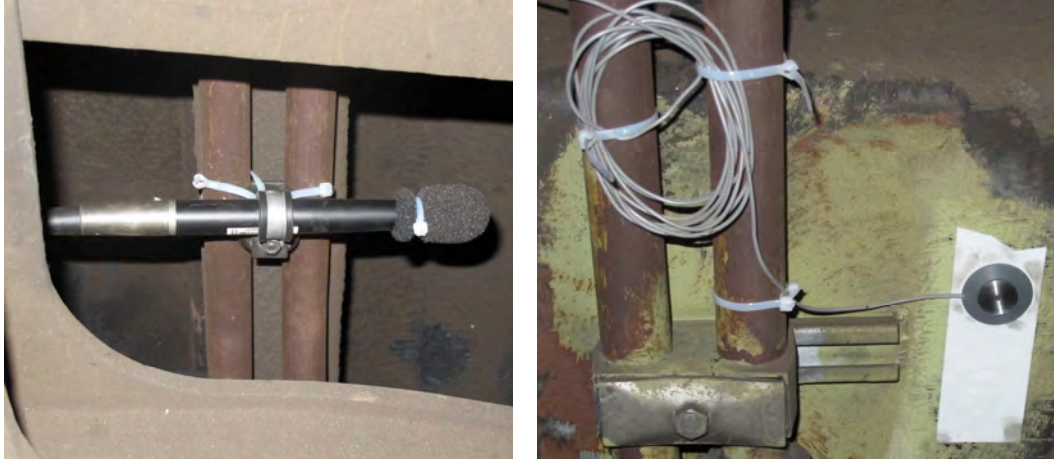


Abbildung 8-1: Mikrofone über dem Drehgestell: Messmikrofon (links), Grenzflächenmikrofon (rechts)

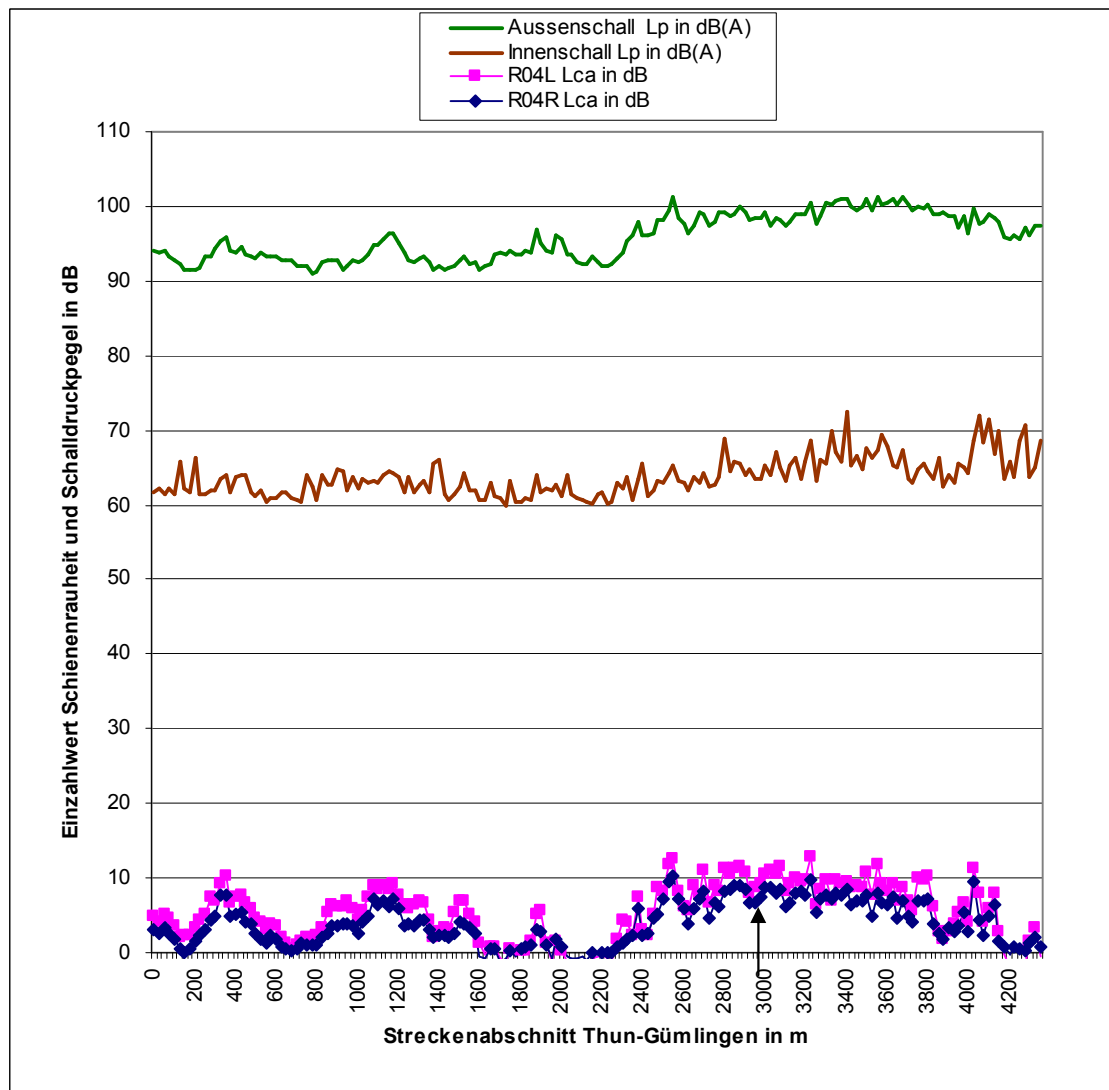


Abbildung 8-2: Verlauf des Einzahlwertes von Gümlingen nach Thun (BAV Messstelle bei Pfeil)

9 Anhang

9.1 Cronos 1 Konfiguration

07/17/13

16:38:03

Listing der Gerätekonfiguration



Konfiguration:

C:\IMC\imc Devices\Experiments\130709_ZIM_MWSC_Erprobung

Geräteliste:

4	Ink_Geber
2	DIO_Port
32	Ether_Bit
4	DAC
14	Feldbus-Kanal
1	Feldbus Steckplätze
24	Differenzverstärker "LV2-8"
4	Inkrementalgeber "DIOINC"

Globale Einstellungen:

Interface:	Ethernet, < imcDev__08123651 >
Autoveruche:	-
Autosichern:	-
Automatische Dateinamen:	x
uDisk-Sicherungsintervall:	Ende d. Messung
Zeitstart:	x
Zeitkorrektur:	x
Monitorkanäle aktivieren:	x
Monitoring aktivieren:	-
Registriernamen für Monitoring:	

Abtastzeit:	20.0 µs
Kennlinie:	linear
Meßbereich:	±2492.54 m/s ²
Skalierung:	997.016 m/s ² / V
Vorverarbeitung:	keine
Offset:	0 m/s ²
Speicherung:	Übertragung zum PC
Starttrigger:	Trigger_48_CSerial_CL1224_123651
Aufnahmen im Kurvenfenster:	letzte
Skalierung im Kurvenfenster:	auto

Abgleich: Tarierung

Kanal: AZA04li

Status: aktiv

Klemme: I03

Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"

Kommentar: C149071

Schaltung: differentiell

Kopplung: DC

Filter: AAF

Meßwerte: unbegrenzt

Abtastzeit: 20.0 µs

Kennlinie: linear

Meßbereich: ±2459.05 m/s²Skalierung: 983.62 m/s² / V

Vorverarbeitung: keine

Offset: 0 m/s²

Speicherung: Übertragung zum PC

Starttrigger: Trigger_48_CSerial_CL1224_123651

Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte

Skalierung im Kurvenfenster: auto

Abgleich: Tarierung

Kanal: AZA04re

Status: aktiv

Klemme: I04

Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"

Kommentar: C192253

Schaltung: differentiell

Kopplung: DC

Filter: AAF

Meßwerte: unbegrenzt

Abtastzeit: 20.0 µs

Kennlinie: linear

Meßbereich: ±2422.6 m/s²

Analoge Kanäle:

Kanal:	AZA03li
Status:	aktiv
Klemme:	I01
Verstärkertyp:	Differenzverstärker "LV2-8"
Kommentar:	C193456
Schaltung:	differentiell
Kopplung:	DC
Filter: AAF	
Meßwerte:	unbegrenzt
Abtastzeit:	20.0 µs
Kennlinie:	linear
Meßbereich:	±2456.57 m/s ²
Skalierung:	982.63 m/s ² / V
Vorverarbeitung:	keine
Offset:	0 m/s ²
Speicherung:	Übertragung zum PC
Starttrigger:	Trigger_48_CSerial_CL1224_123651
Aufnahmen im Kurvenfenster:	letzte
Skalierung im Kurvenfenster:	auto
Abgleich:	Tarierung
Kanal:	AZA03re
Status:	aktiv
Klemme:	I02
Verstärkertyp:	Differenzverstärker "LV2-8"
Kommentar:	C192255
Schaltung:	differentiell
Kopplung:	DC
Filter: AAF	
Meßwerte:	unbegrenzt

Skalierung: 969.04 m/s² / V
 Vorverarbeitung: keine
 Offset: 0 m/s²
 Speicherung: Übertragung zum PC
 Starttrigger: Trigger_48_CSerie1_CL1224_123651
 Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
 Skalierung im Kurvenfenster: auto
 Abgleich: Tarierung
Kanal: MicZC1e_G
 Status: aktiv
 Klemme: I05
 Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"
 Schaltung: differentiell
 Kopplung: DC
 Filter: AAF
 Meßwerte: unbegrenzt
 Abtastzeit: 20.0 µs
 Kennlinie: linear
 Meßbereich: ±76.2175 Pa
 Skalierung: 30.487 Pa / V
 Vorverarbeitung: keine
 Offset: 0 Pa
 Speicherung: Übertragung zum PC
 Starttrigger: Trigger_48_CSerie1_CL1224_123651
 Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
 Skalierung im Kurvenfenster: auto
 Abgleich: Tarierung
Kanal: Dummy_GPS
 Status: aktiv
 Klemme: I06
 Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"
 Schaltung: differentiell
 Kopplung: DC
 Filter: AAF
 Meßwerte: unbegrenzt
 Abtastzeit: 100.0 ms
 Kennlinie: linear
 Meßbereich: ±10 V
 Skalierung: 1 V / V
 Vorverarbeitung: keine
 Offset: 0 V
 Speicherung: Übertragung zum PC
 Starttrigger: Trigger_48_CSerie1_CL1224_123651
 Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
 Skalierung im Kurvenfenster: auto

Abgleich: Werkskalibrierung
Kanal: MicYC1e_out
 Status: aktiv
 Klemme: I09
 Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"
 Kommentar: 1290037
 Schaltung: differentiell
 Kopplung: DC
 Filter: AAF
 Meßwerte: unbegrenzt
 Abtastzeit: 20.0 µs
 Kennlinie: linear
 Meßbereich: ±52.31 Pa
 Skalierung: 104.62 Pa / V
 Vorverarbeitung: keine
 Offset: 0 Pa
 Speicherung: Übertragung zum PC
 Starttrigger: Trigger_48_CSerie1_CL1224_123651
 Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
 Skalierung im Kurvenfenster: auto
 Abgleich: Tarierung
Kanal: MicYC1e_in
 Status: aktiv
 Klemme: I10
 Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"
 Kommentar: 1290036
 Schaltung: differentiell
 Kopplung: DC
 Filter: AAF
 Meßwerte: unbegrenzt
 Abtastzeit: 20.0 µs
 Kennlinie: linear
 Meßbereich: ±54.945 Pa
 Skalierung: 109.89 Pa / V
 Vorverarbeitung: keine
 Offset: 0 Pa
 Speicherung: Übertragung zum PC
 Starttrigger: Trigger_48_CSerie1_CL1224_123651
 Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
 Skalierung im Kurvenfenster: auto
 Abgleich: Tarierung

9.2 Cronos 3 Konfiguration

07/17/13

16:38:03

Listing der Gerätekonfiguration



Konfiguration:

C:\IMC\imc Devices\Experiments\130709_ZIM_MWSC_Erprobung

Geräteliste:

4	DIO_Port
32	Ether_Bit
8	DAC
14	Feldbus-Kanal
6	LED
1	Beeper
96	Differenzverstärker "LV2-8"

Analoge Kanäle:

Globale Einstellungen:

Interface: Ethernet, < imcDev __05121550 >
 Autoveruche: -
 Autosichern: -
 Automatische Dateinamen: x
 uDisk-Sicherungsintervall: Ende d. Messung
 Zeitstart: x
 Zeitkorrektur: x
 Monitorkanäle aktivieren: x
 Monitoring aktivieren: -
 Registriername für Monitoring:

Analoge Kanäle MRS ohne Details:

WA1_0_A3_SW12A
 WA2_0_A3_SW12A
 WA3_0_A3_SW12A
 WA1_45_A3_SW12A
 WA2_45_A3_SW12A
 WA3_45_A3_SW12A
 WA1_90_A3_SW12A
 WA2_90_A3_SW12A
 WA3_90_A3_SW12A
 WA1_135_A3_SW12A
 WA2_135_A3_SW12A
 WA3_135_A3_SW12A
 WB1_0_A3_SW12A
 WB2_0_A3_SW12A
 WB3_0_A3_SW12A
 WB1_45_A3_SW12A
 WB2_45_A3_SW12A
 WB3_45_A3_SW12A
 WB1_90_A3_SW12A
 WB2_90_A3_SW12A
 WB3_90_A3_SW12A
 WB1_135_A3_SW12A
 WB2_135_A3_SW12A
 WB3_135_A3_SW12A
 SinA3_SW12A
 CosA3_SW12A
 Q3L_SW12A
 Q3R_SW12A
 Y3L_SW12A

Y3R_SW12A
 DBA3L_SW12A
 DBA3R_SW12A
 WA1_0_A4_SW12A
 WA2_0_A4_SW12A
 WA3_0_A4_SW12A
 WA1_45_A4_SW12A
 WA2_45_A4_SW12A
 WA3_45_A4_SW12A
 WA1_90_A4_SW12A
 WA2_90_A4_SW12A
 WA3_90_A4_SW12A
 WA1_135_A4_SW12A
 WA2_135_A4_SW12A
 WA3_135_A4_SW12A
 WB1_0_A4_SW12A
 WB2_0_A4_SW12A
 WB3_0_A4_SW12A
 WB1_45_A4_SW12A
 WB2_45_A4_SW12A
 WB3_45_A4_SW12A
 WB1_90_A4_SW12A
 WB2_90_A4_SW12A
 WB3_90_A4_SW12A
 WB1_135_A4_SW12A
 WB2_135_A4_SW12A
 WB3_135_A4_SW12A
 SinA4_SW12A
 CosA4_SW12A
 Q4L_SW12A
 Q4R_SW12A
 Y4L_SW12A
 Y4R_SW12A
 DBA4L_SW12A
 DBA4R_SW12A
 SinA3_C6A
 CosA3_C6A
 Q3L_C6A
 Q3R_C6A
 Y3L_C6A
 Y3R_C6A
 DBA3L_C6A
 DBA3R_C6A

SinA4_C6A
CosA4_C6A
Q4L_C6A
Q4R_C6A
Y4L_C6A
Y4R_C6A
DBA4L_C6A
DBA4R_C6A

Analoge Kanäle für Rauheitsmessung:

Kanal: AQA04

Status: aktiv
Klemme: I81
Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"
Schaltung: differentiell
Kopplung: DC
Filter: Tiefpass
Frequenz 1: 10 Hz
Meßwerte: unbegrenzt
Abtastzeit: 1.0 ms
Kennlinie: linear
Meßbereich: -10.6..2.39 m/s²
Skalierung: 1.3 m/s² / V
Vorverarbeitung: keine
Offset: -4.105 m/s²
Speicherung: Übertragung zum PC
Starttrigger: Trigger_48_imcCronosPL_121550
Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
Skalierung im Kurvenfenster: auto
Abgleich: Tarierung

Kanal: WZC01

Status: aktiv
Klemme: I82
Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"
Schaltung: differentiell
Kopplung: DC
Filter: Tiefpass
Frequenz 1: 10 Hz
Meßwerte: unbegrenzt
Abtastzeit: 1.0 ms
Kennlinie: linear
Meßbereich: -1958..5896 mrad/s
Skalierung: 785.4 mrad/s / V
Vorverarbeitung: keine
Offset: 1969 mrad/s
Speicherung: Übertragung zum PC
Starttrigger: Trigger_48_imcCronosPL_121550
Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
Skalierung im Kurvenfenster: auto
Abgleich: Tarierung

Kanal: VXC01

Status: aktiv
Klemme: I83
Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"
Kommentar: 086-11022
Schaltung: differentiell
Kopplung: DC

Filter: Tiefpass

Frequenz 1: 10 Hz
Meßwerte: unbegrenzt
Abtastzeit: 1.0 ms
Kennlinie: linear
Meßbereich: ±400 km/h
Skalierung: 40 km/h / V
Vorverarbeitung: keine
Offset: 0 km/h
Speicherung: Übertragung zum PC
Starttrigger: Trigger_48_imcCronosPL_121550
Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
Skalierung im Kurvenfenster: auto
Abgleich: Werkskalibrierung

Kanal: Richtung

Status: aktiv
Klemme: I84
Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"
Schaltung: differentiell
Kopplung: DC
Filter: Tiefpass
Frequenz 1: 10 Hz
Meßwerte: unbegrenzt
Abtastzeit: 50.0 ms
Kennlinie: linear
Meßbereich: ±10 V
Skalierung: 1 V / V
Vorverarbeitung: keine
Offset: 0 V
Speicherung: Übertragung zum PC
Starttrigger: Trigger_48_imcCronosPL_121550
Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
Skalierung im Kurvenfenster: auto
Abgleich: Werkskalibrierung

Kanal: Eventmarke

Status: aktiv
Klemme: I85
Verstärkertyp: Differenzverstärker "LV2-8"
Schaltung: differentiell
Kopplung: DC
Filter: Tiefpass
Frequenz 1: 10 Hz
Meßwerte: unbegrenzt
Abtastzeit: 50.0 ms
Kennlinie: linear
Meßbereich: ±10 V
Skalierung: 1 V / V
Vorverarbeitung: keine
Offset: 0 V
Speicherung: Übertragung zum PC
Starttrigger: Trigger_48_imcCronosPL_121550
Aufnahmen im Kurvenfenster: letzte
Skalierung im Kurvenfenster: auto
Abgleich: Werkskalibrierung

9.3 Messsignale

Signalname	Beschreibung	Position	Samplefreq in kHz	Sensoren und Sreiennummern
VC01	Geschwindigkeit über Grund	Wagenkasten	1	Datron
WZC01	Rotationsgeschwindigkeit des Fahrzeugkastens um die Hochachse	Wagenkasten	1	Midori Inklinometer PMP-15TA-V07SW
GPS	Ortsbestimmung	Wagenkasten	0.02	n.n.
Richtung	Analoge Richtungsmarke	Wagenkasten	0.02	Dig
AYA	Unausgeglichene Querbeschleunigung auf Gleisebene	Achslager	1	n.n.
AZA03li	Beschleunigung am Achslager in Z Richtung	Achse 3 Links	50	Kistler 8207B500 C193456
AZA03re	Beschleunigung am Achslager in Z Richtung	Achse 3 Rechts	50	Kistler 8207B500 192255C
AZA04li	Beschleunigung am Achslager in Z Richtung	Achse 4 Links	50	Kistler 8207B500 C149071
AZA04re	Beschleunigung am Achslager in Z Richtung	Achse 4 Rechts	50	Kistler 8207B500 C192253
MicYC1e_in	Innenmikrofon Messwagenabteil	Grossraumabteil ohne Rechner	50	B&K 4006 1290036
MicYC1e_out	Aussenmikrofon über Messdreghestell	DG Mitte	50	B&K 4006 1290037
MicZC1e_GF	Grenzflächenmikrofon über Messdreghestell	DG Mitte	50	iSEMcon Grenzflächen Mikrofon EMM18D003 2513001

Abbildung 9-1: Relevante Signale für die Bestimmung und Verortung der indirekten Schienenrauheiten

9.4 Messprotokolle

[illegible]

**Messprotokoll: ZIM - MRS gerade Radscheibe
Neuer Messradsatzrechner
Indirekte Messung der Schienenrauheiten**

**Projekt: PDE.007.00
Projekt: PDE.010.00
Projekt: 13.094.00**

Datum: 15.7.2013 **Thema:** Erprobung gerade Radscheibe, MRS-Rechner-Inbetriebnahme

Zustand: normal

Zeit					
Wetter					
Lufttemperatur					
Luftfeuchtigkeit					
Schienenzustand					
Schientemp.					

Laufkilometer		
Versuchskomposition	(Re 456) – EW IV – «Bernli» – (Re 456)	
Versuchsstrecke	Bern – Lausanne	
Fahrzeugorientierung vorwärts	EW IV Seite Lausanne, Berni Seite 1 Seite Lausanne	
Softwareversion	MRS-Rechner Version 0.1.0	

Teilnehmer	
PROSE Berlin	André Rohrbach
PROSE Berlin	Christian Hertzner
PROSE Berlin	Benjamin Schinke
PROSE AG	Christian Czolbe
Bahnsupport	n.n.

LNR	Zeit	Fahrt- richtung	v [km/h]	Strecke		Gleis	CRONOS file	Autor	Bemerkungen
				von	nach				
A007	09:42	vorw.	R++	Bern W'haus	Lausanne	–	–		MRS-Rechner (alt) hat Kalibrierfaktoren aus Vorkalibrierung der beiden kombinierten Radsätze, Al24D dito
									Bremse RS3/4 bremst mit, aber es wird während der Fahrten nur elektrisch gebremst
									Fenster Gasteraum (Innenmikrofon) erst ab 09:44 geschlossen
									Mikrofone erst ab t = 420s
									Kanalzuordnung Cronos <> MRS-Rechner (alt) stimmt nicht: Links und Rechts sind vertauscht
									Vorzeichen bei Y an den Scheibenradsätzen stimmt nicht
									Bei t = 1360s langsam durchfahrener Linksbogen
									Winkel an PR011SWA und PR012SWA berechnet
A008	11:12	rückw.	R++	Lausanne	Vauderens	–	–		Messung MRS-Rechner ab 11:15
									Ende Messung MRS-Rechner um 11:35, Cronos läuft weiter
A010	11:47	rückw.	R++	Vauderens	Fribourg	–	–		Keine Messung MRS-Rechner
A012	13:17	rückw.	R++	Fribourg	Bern	–	–		Keine Messung MRS-Rechner
A013	14:14	vorw.	R++	Bern	vor Romont	–	–		MRS-Rechner erst ab 14:46
A015	14:56	vorw.	R++	Romont	Palézieux	–	–		ab jetzt PR011/12 mit gemessenem Winkel
A017	15:30	vorw.	R++	Palézieux	Puidoux-Chexbres	–	Cronos		Messung mit gemessenem Winkel, Abbruch da fehlerhaft
	15:36	vorw.	R++	Puidoux-Chexbres	Lausanne	–	läuft durch		Messung mit berechnetem Winkel
A018	16:12	rückw.	R++	Lausanne	Bern	–	–		Richtungsmarke bis 16:15 falsch, Neustart des MRS-Rechners um 17:05 – (17:17 MRS-Rechner-Zeit)

Projekt: PDE.007.00
Projekt: PDE.010.00
Projekt: 13.094.00

**ZIM - MRS gerade Radscheibe
Neuer Messratsatzrechner
Indirekte Messung der Schienenrauheiten**

Zustand:

Thema: Eprobung gerade Radscheibe, Akustik (indirekte Rauheitsmessung)

[illegible][illegible]

9.5 Radrauheiten

Radrauheitsmessungen Achse 4 links

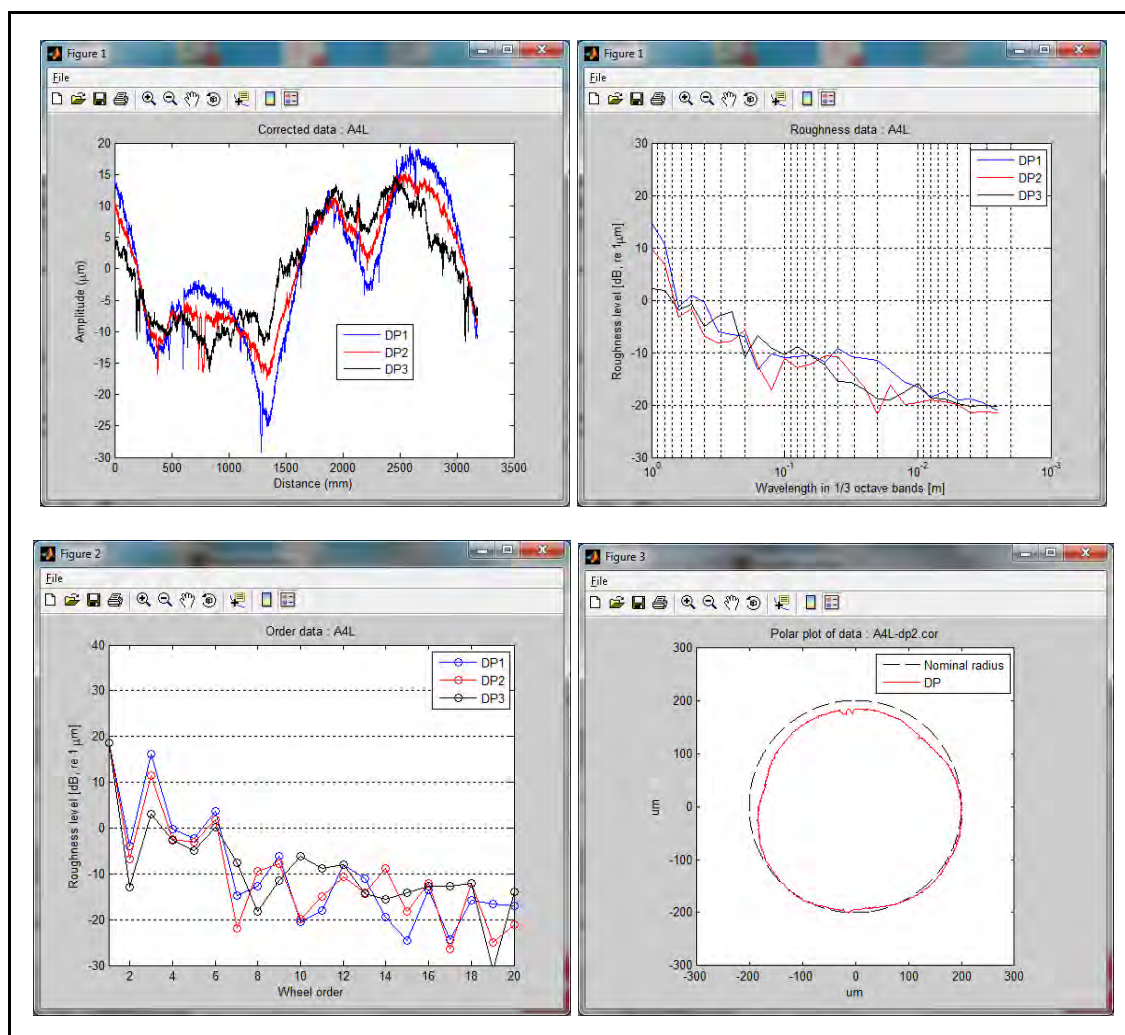


Abbildung 9-2: Radrauheiten Rad 4L

Radrauheitsmessungen Achse 4 rechts

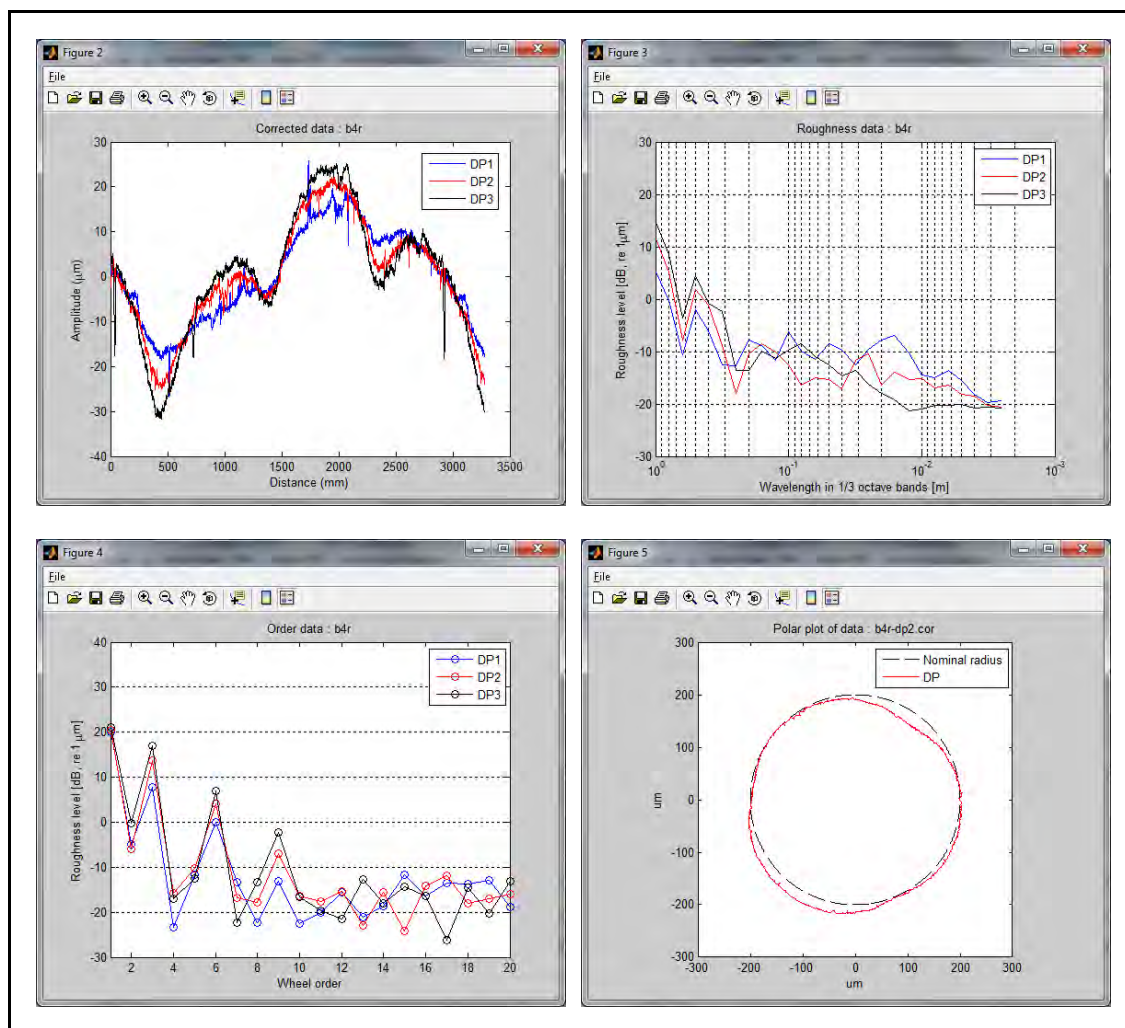


Abbildung 9-3: Radrauheiten Rad 4R

Radrauheitsmessungen Achse 3 links

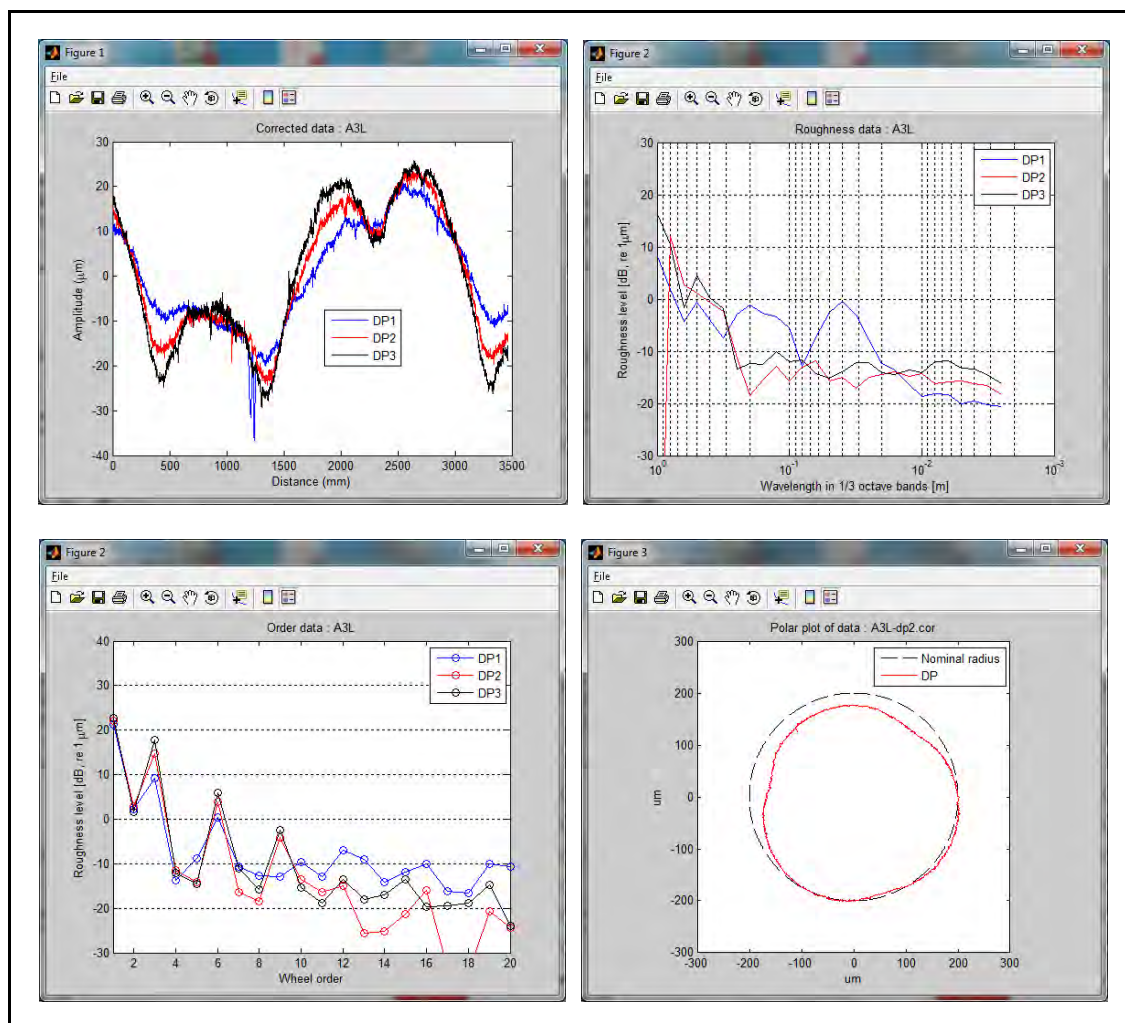


Abbildung 9-4: Radrauheiten Rad 3L

Radrauheitsmessungen Achse 3 rechts

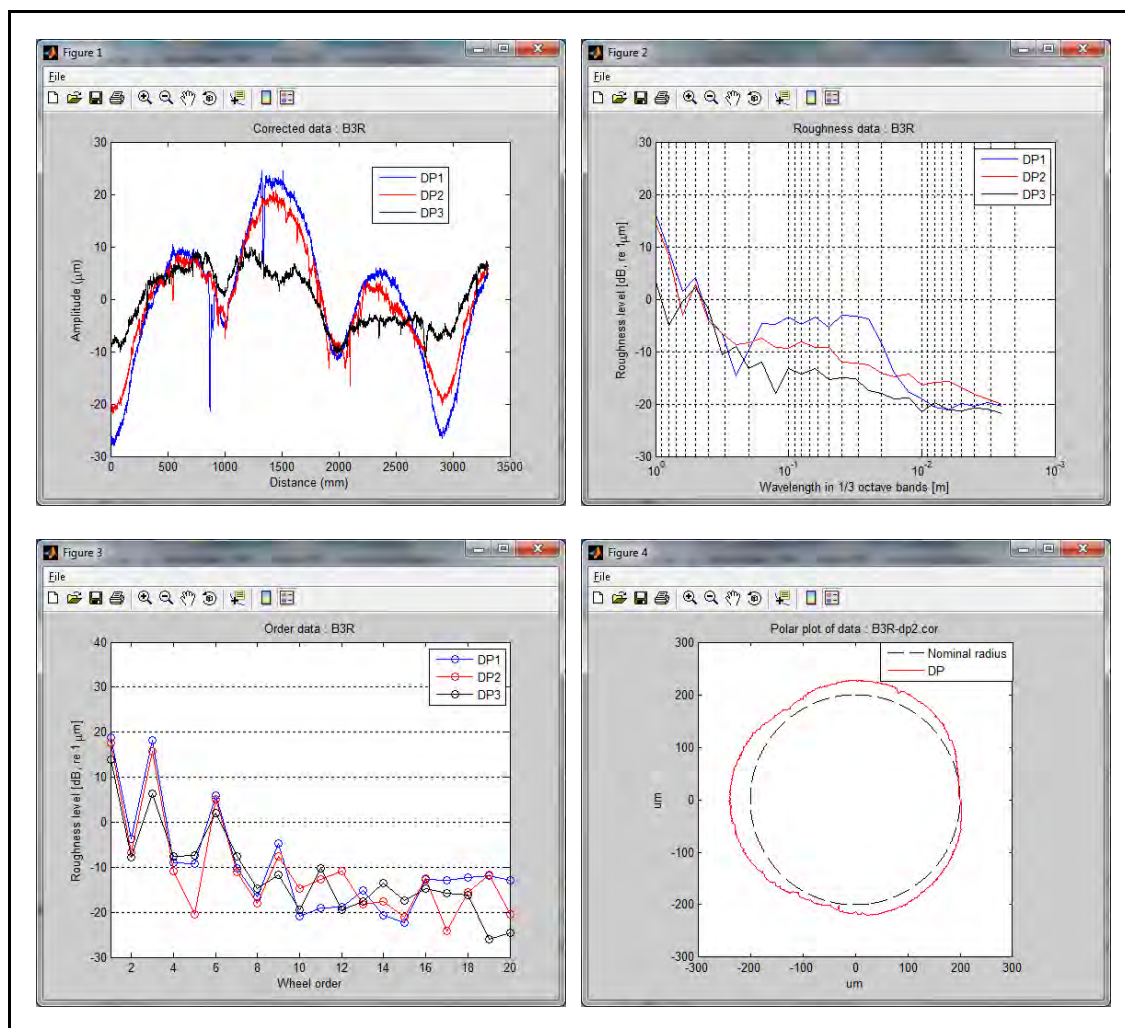

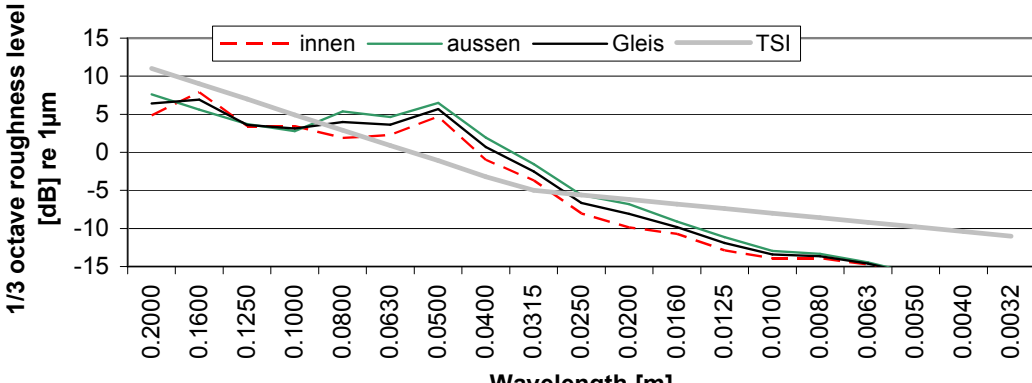


Abbildung 9-5: Radrauheiten Rad 3R

9.6 Schienenrauheiten

TSI Noise – Schienenrauheit des Referenzgleises					 PROSE																																																																																																															
Messung der Schienenrauheit gemäss EN 15610																																																																																																																				
$L_r = 10 \log \frac{r_{RMS}^2}{r_0^2} [dB]$					Zertifikatsnummer: Dok ins DVS																																																																																																															
Messwerte: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>innen</th> <th>ausser</th> <th>Gleis</th> <th></th> </tr> <tr> <th>λ</th> <th>L_r</th> <th>L_r</th> <th>L_r</th> <th>TSI</th> </tr> <tr> <th>[m]</th> <th>[dB]</th> <th>[dB]</th> <th>[dB]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.2000</td><td>4.8</td><td>7.6</td><td>6.4</td><td>11.0</td></tr> <tr><td>0.1600</td><td>7.9</td><td>5.6</td><td>6.9</td><td>9.0</td></tr> <tr><td>0.1250</td><td>3.4</td><td>3.7</td><td>3.6</td><td>7.0</td></tr> <tr><td>0.1000</td><td>3.4</td><td>2.8</td><td>3.1</td><td>4.9</td></tr> <tr><td>0.0800</td><td>1.9</td><td>5.4</td><td>4.0</td><td>2.9</td></tr> <tr><td>0.0630</td><td>2.3</td><td>4.7</td><td>3.6</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>0.0500</td><td>4.7</td><td>6.5</td><td>5.7</td><td>-1.1</td></tr> <tr><td>0.0400</td><td>-1.0</td><td>1.9</td><td>0.7</td><td>-3.2</td></tr> <tr><td>0.0315</td><td>-3.7</td><td>-1.6</td><td>-2.5</td><td>-5.0</td></tr> <tr><td>0.0250</td><td>-8.0</td><td>-5.6</td><td>-6.7</td><td>-5.6</td></tr> <tr><td>0.0200</td><td>-9.9</td><td>-6.8</td><td>-8.1</td><td>-6.2</td></tr> <tr><td>0.0160</td><td>-10.7</td><td>-9.1</td><td>-9.8</td><td>-6.8</td></tr> <tr><td>0.0125</td><td>-12.9</td><td>-11.1</td><td>-11.9</td><td>-7.4</td></tr> <tr><td>0.0100</td><td>-13.9</td><td>-13.0</td><td>-13.4</td><td>-8.0</td></tr> <tr><td>0.0080</td><td>-13.9</td><td>-13.4</td><td>-13.6</td><td>-8.6</td></tr> <tr><td>0.0063</td><td>-14.7</td><td>-14.5</td><td>-14.6</td><td>-9.2</td></tr> <tr><td>0.0050</td><td>-16.2</td><td>-16.0</td><td>-16.1</td><td>-9.8</td></tr> <tr><td>0.0040</td><td>-17.5</td><td>-17.1</td><td>-17.3</td><td>-10.4</td></tr> <tr><td>0.0032</td><td>-18.5</td><td>-19.0</td><td>-18.7</td><td>-11.0</td></tr> </tbody> </table>						innen	ausser	Gleis		λ	L_r	L_r	L_r	TSI	[m]	[dB]	[dB]	[dB]		0.2000	4.8	7.6	6.4	11.0	0.1600	7.9	5.6	6.9	9.0	0.1250	3.4	3.7	3.6	7.0	0.1000	3.4	2.8	3.1	4.9	0.0800	1.9	5.4	4.0	2.9	0.0630	2.3	4.7	3.6	0.9	0.0500	4.7	6.5	5.7	-1.1	0.0400	-1.0	1.9	0.7	-3.2	0.0315	-3.7	-1.6	-2.5	-5.0	0.0250	-8.0	-5.6	-6.7	-5.6	0.0200	-9.9	-6.8	-8.1	-6.2	0.0160	-10.7	-9.1	-9.8	-6.8	0.0125	-12.9	-11.1	-11.9	-7.4	0.0100	-13.9	-13.0	-13.4	-8.0	0.0080	-13.9	-13.4	-13.6	-8.6	0.0063	-14.7	-14.5	-14.6	-9.2	0.0050	-16.2	-16.0	-16.1	-9.8	0.0040	-17.5	-17.1	-17.3	-10.4	0.0032	-18.5	-19.0	-18.7	-11.0	Streckenabschnitt: Oberwichtlach - östlich Streckenkilometer:	
	innen	ausser	Gleis																																																																																																																	
λ	L_r	L_r	L_r	TSI																																																																																																																
[m]	[dB]	[dB]	[dB]																																																																																																																	
0.2000	4.8	7.6	6.4	11.0																																																																																																																
0.1600	7.9	5.6	6.9	9.0																																																																																																																
0.1250	3.4	3.7	3.6	7.0																																																																																																																
0.1000	3.4	2.8	3.1	4.9																																																																																																																
0.0800	1.9	5.4	4.0	2.9																																																																																																																
0.0630	2.3	4.7	3.6	0.9																																																																																																																
0.0500	4.7	6.5	5.7	-1.1																																																																																																																
0.0400	-1.0	1.9	0.7	-3.2																																																																																																																
0.0315	-3.7	-1.6	-2.5	-5.0																																																																																																																
0.0250	-8.0	-5.6	-6.7	-5.6																																																																																																																
0.0200	-9.9	-6.8	-8.1	-6.2																																																																																																																
0.0160	-10.7	-9.1	-9.8	-6.8																																																																																																																
0.0125	-12.9	-11.1	-11.9	-7.4																																																																																																																
0.0100	-13.9	-13.0	-13.4	-8.0																																																																																																																
0.0080	-13.9	-13.4	-13.6	-8.6																																																																																																																
0.0063	-14.7	-14.5	-14.6	-9.2																																																																																																																
0.0050	-16.2	-16.0	-16.1	-9.8																																																																																																																
0.0040	-17.5	-17.1	-17.3	-10.4																																																																																																																
0.0032	-18.5	-19.0	-18.7	-11.0																																																																																																																
Messgerät: Ødegaard & Danneskiold-Samsøe TRM04 λ 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: UIC60E2, UIC60E1 Schwellentyp: B70 Beton Oberbau: Schotter					Wetterbedingungen: Temperatur: 26 °C Luftfeuchtigkeit: 52%																																																																																																															
Einzahlwert der Rauheit: <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> $L_{\lambda_{CA}}$ <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>7.1</td> <td>dB</td> <td>bei 80 km/h</td> </tr> <tr> <td>8.5</td> <td>dB</td> <td>bei 120 km/h</td> </tr> </table> </div>					7.1	dB	bei 80 km/h	8.5	dB	bei 120 km/h																																																																																																										
7.1	dB	bei 80 km/h																																																																																																																		
8.5	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: 11.07.2013				geprüft:																																																																																																																
Prüfingenieur: ins DVS legen				freigegeben:																																																																																																																

TSI Noise – Schienenrauheit des Referenzgleises
Messung der Schienenrauheit gemäss EN 15610


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

Zertifikatsnummer: Dok ins DVS

Streckenabschnitt: Oberwichtach - westl
Streckenkilometer:
Messwerte:

	innen	aussen	Gleis	
λ	L_r	L_r	L_r	TSI
[m]	[dB]	[dB]	[dB]	
0.2000	6.5	2.6	5.0	11.0
0.1600	7.4	6.6	7.0	9.0
0.1250	4.1	6.8	5.7	7.0
0.1000	4.7	6.8	5.9	4.9
0.0800	4.1	8.6	6.9	2.9
0.0630	1.8	5.6	4.1	0.9
0.0500	-0.3	0.5	0.1	-1.1
0.0400	-0.9	-1.2	-1.0	-3.2
0.0315	-3.6	-4.3	-3.9	-5.0
0.0250	-5.6	-6.6	-6.1	-5.6
0.0200	-7.0	-8.9	-7.9	-6.2
0.0160	-8.9	-10.6	-9.7	-6.8
0.0125	-10.5	-11.9	-11.1	-7.4
0.0100	-13.0	-13.0	-13.0	-8.0
0.0080	-14.0	-14.9	-14.4	-8.6
0.0063	-14.9	-16.0	-15.4	-9.2
0.0050	-16.9	-17.5	-17.2	-9.8
0.0040	-18.6	-19.0	-18.8	-10.4
0.0032	-20.3	-20.0	-20.1	-11.0

Messgerät:

Ødegaard & Danneskiold-Samsøe TRM04

 λ 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 60E2

Schwellentyp: B91 Beton

Oberbau: Schotter

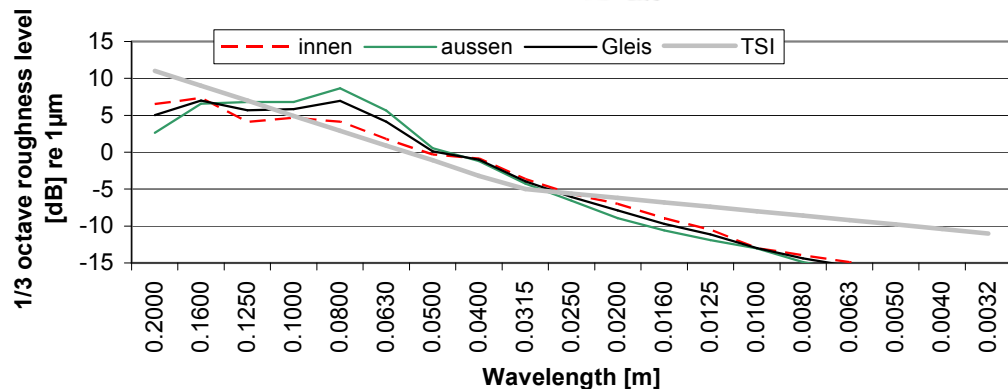
Wetterbedingungen:

Temperatur: 26 °C

Luftfeuchtigkeit: 52%

Einzahlwert der Rauheit:

$L_{\lambda_{CA}}$	6.2 dB	bei 80 km/h
	7.6 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: 11.07.2013

geprüft:

freigegeben:

Prüfenieur: ins DVS legen