

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 11 11
F +41 58 765 11 22
www.empa.ch

Fredy Fischer
Sektionschef
Eidgenössisches Departement für Umwelt,
Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU
Abt. Laerm und NIS
Sektion Eisenbahnlärm
3003 Bern

Grossflächige Beschichtung von Kieswagensilos zur Lärminderung

Auftrags-Nr.:	5214.011995
BAFU Ref.-Nr.:	REF-1087-10015
Auftraggeber:	BAFU
Anzahl Seiten:	32
Die Verfasser:	Jürgen Feuchtmann – Josef Meyer Rail Armin Zemp, Hans-Martin Tröbs – Empa

Dübendorf, 22.11.2017

Projektleiter:


Dr. Armin Zemp

Abteilungsleiter:


Kurt Eggenschwiler

Inhalt

1.	Ausgangslage.....	4
2.	Auftrag.....	5
3.	Resultate	6
3.1.	Einfluss der Beschichtung auf das Körperschallverhalten	8
3.2.	Einfluss der Beschichtung auf den abgestrahlten Luftschall während des Entladungsvorganges .	11
3.3.	Schichtdickenmessungen.....	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wagen Nr. 102 bereit für die Untersuchung des Körperschallfeldes bei Josef Meyer Rail	6
Abbildung 2: Messaufbau Luftschallmessungen in Bilten, Bemassung in [mm]	7
Abbildung 3: Entladevorgang, Grube abgedeckt durch Metallrost	7
Abbildung 4: Transferfunktionen 10 Hz – 500 Hz, beschichtet vs. unbeschichtet, Anregung unten	8
Abbildung 5: Transferfunktionen 400 Hz – 4500 Hz, beschichtet vs. unbeschichtet, Anregung unten	9
Abbildung 6: Transferfunktionen 10 Hz – 500 Hz, beschichtet vs. unbeschichtet, Anregung diagonal	10
Abbildung 7: Transferfunktionen 400 Hz – 4500 Hz, beschichtet vs. unbeschichtet, Anregung diagonal	10
Abbildung 8: Mittelwerte der energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} , Kies 16-32	12
Abbildung 9: Differenzen der energieäquivalenten Dauerschallpegel ΔL_{Aeq}	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energieäquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} [dB(A)] für Korngrösse 4-16	11
Tabelle 2: Energieäquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} [dB(A)] für Korngrösse 16-32	11

1. Ausgangslage

Per 1. März 2014 ist das revidierte Bundesgesetz über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (BGLE; SR 742.144) in Kraft getreten. Nach diesem Gesetz werden die Lärmemissionen der Eisenbahn prioritär durch die Einführung von Emissionsgrenzwerten für bestehende Güterwagen ab 2020 und die Förderung von lärmarmem Rollmaterial und lärmarter Infrastruktur weiter reduziert.

Der Güterverkehr ist die Hauptlärmquelle im Bereich Eisenbahnen. Ursache hierfür sind hauptsächlich die Drehgestelle, aber auch die Beschaffenheit des Oberbaus kann die Lärmentwicklung begünstigen. Zudem rollt der grösste Teil des Güterverkehrs in der lärmsensiblen Nachtphase.

Auf der Grundlage von Artikel 10a des BGLE kann der Bund Mittel für die Ressortforschung im Geltungsbereich des Gesetzes gemäss Art. 1 einsetzen. Hierzu gehören u.a. Feldversuche für die Erprobung, Adaptierung und Zulassung von lärmarmen Technologien für Eisenbahnen.

Der Güterschienenverkehr ist langfristig auf die Akzeptanz in der Bevölkerung angewiesen. Die Lärmbelastung steht diesbezüglich im Mittelpunkt. Um künftige Restriktionen im Betrieb zu vermeiden, muss die Lärmemission weiter reduziert werden.

Bedarf

Für die Herstellung von Beton braucht es rund 7mal so viel Kies und Sand wie Zement. Deshalb transportieren Betonhersteller grosse Mengen Kies und Sand in Güterwagen über grosse Strecken von den Abbaugebieten zur Weiterverarbeitung in Betonwerke. Beispielsweise befördert die Firma Holcim 4-mal wöchentlich mit einem Zug bestehend aus 16 Güterwagen vom Typ „Faccns“ ca. 1'100 Tonnen Kies und Sand von Hüntwangen über den Gotthard nach Bodio.

Die Züge werden von oben, mit einem in Längsrichtung reversierenden Förderband befüllt. D.h. das Material fällt aus 3m Höhe in den Wagen. Da jeder Wagen einzeln beladen wird dauert der Beladevorgang ca. 1.5 Stunden. Zum Entladen fährt der Zug mit jedem Wagen einzeln über eine Gosse (Silo) wo die Schieber geöffnet und das Ladegut mit Hilfe der Schwerkraft über die Rutschen entladen wird.

Grundgedanke

Die Firma BASF hat nachgewiesen, dass es durch das beschichten von Radsätzen mit RELEST® Protect möglich ist, die Lärmentwicklung die von den Rädern ausgeht, wesentlich zu senken. Zudem wurde die Beschichtung RELEST® Protect erfolgreich zum Korrosionsschutz bei Salztransportwagen eingesetzt.

Aus den Eigenschaften, dämpfend und verschleissfest, des Beschichtungsmaterials lässt sich schliessen, dass durch eine grossflächige Beschichtung der Siloinnenseiten mit RELEST® Protect mit einer dauerhaften Reduktion der Lärmentwicklung beim Befüllen und beim Fahren erwartet werden kann.

Gegenstand

Gegenstand dieses Projektes ist es zu untersuchen, welchen Effekt eine grossflächige Beschichtung von Kieswagensilos auf die Lärmemissionen hat, und ob die Beschichtung den hohen Verschleissanforderungen standhält.

2. Auftrag

Um die beiden Fragestellungen

1) Welchen Effekt hat eine grossflächige Beschichtung von Kieswagensilos auf die Lärmemission?

2) Hält eine Beschichtung den hohen Verschleissanforderungen stand?

beantworten zu können sollen bei zwei „Faccns“-Wagen vor und nach der Beschichtung mehrere Luftschall-Messungen beim Befüllen beziehungsweise beim Entleeren des Schüttgutes durchgeführt werden. Der Effekt der Beschichtung auf den Vorbeifahrts-Luftschallpegel soll indirekt mittels messtechnischer Erfassung der Strukturschwingung auf Grund einer kontrollierten Anregung der Wagen mittels Shaker untersucht werden. Die Strukturschwingungen werden mit einem Scanning Laser Doppler Vibrometer erfasst. Aus diesen Daten kann unter anderem die Bedämpfung des Systems, welche durch die grossflächige Beschichtung erzielt wird, quantifiziert werden.

Die Beantwortung der Frage der Verschleissfestigkeit der Beschichtung im realen Betrieb erfordert eine genaue Beobachtung der Schichtdicke über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr. Die Schichtdicke wird zusammen mit der Anzahl Beladungen und Entladungen protokolliert. Sowohl erste Schlussfolgerungen als auch Prognosen basierend auf Extrapolationen in die Zukunft können somit erarbeitet werden.

Erste Untersuchungen sollen an den beiden noch nicht grossflächig beschichteten Kieswagensilos durchgeführt werden. Sobald die Untersuchungen an den nicht beschichteten Wagen abgeschlossen sind kann die Beschichtung appliziert und die Wagen erneut messtechnisch untersucht werden. Anschliessend werden die Wagen während mindestens eines Jahres im realen Betrieb eingesetzt und die Verschleissfestigkeit der Beschichtung beobachtet werden.

3. Resultate

Die „Faccns“-Wagen mit den Nummern 102 und 110 (beide baugleich) wurden für die Untersuchung ausgesucht. In einem ersten Schritt wurden die Wagen im unbeschichteten Zustand messtechnisch auf ihre Körperschall-Eigenschaften untersucht. Zu diesem Zweck wurden die Wagen von Josef Meyer Rail im für den Beschichtungsprozess benötigten sauberen Zustand bereitgestellt.

An den unbeschichteten Wagen wurde an unterschiedlichen Stellen mittels Shaker Energie eingeleitet und das resultierende Körperschallfeld mittels Scanning Laser Doppler Vibrometer messtechnisch erfasst.

In Abbildung 1 ist Wagen Nr. 102 zu sehen. Erkennbar sind die reflektierenden Klebestreifen, welche den Laserstrahl des Scanning Laser Doppler Vibrometer zurück auf den Messkopf reflektieren. Auch sichtbar ist der Einpunkt-Laser, welcher eingesetzt wurde, um einen Referenzpunkt (Phasenreferenz) aufzuzeichnen. Vermessen wurde jeweils eine Hälfte des Wagens, da die beiden Silos auf dem Wagen symmetrisch aufgebaut sind. Die durch die Anregung mittels Shaker erzeugten Oberflächen-Schwingungsgeschwindigkeiten als Funktion der Frequenz wurden auf praktisch der gesamten Seitenfläche des Wagens aufgezeichnet, sowohl ganz oben am Silo als auch beispielsweise auf der Rutsche unter dem Silo, auf welcher der Schotter beim Entladen aus dem Silo entweicht.



Abbildung 1: Wagen Nr. 102 bereit für die Untersuchung des Körperschallfeldes bei Josef Meyer Rail

Nach dem Beschichtungsprozess wurden identische Messungen an den Wagen durchgeführt. Es können deshalb direkte Vergleiche unter Ausschluss des Einflusses der Streuung innerhalb baugleicher Wagen durchgeführt werden.

Nach Abschluss der Untersuchungen bezüglich Körperschallverhalten wurden die beiden Wagen in den Regelbetrieb zurückgeführt.

Zur Überwachung der Widerstandsfähigkeit der Beschichtungsschicht wurden wiederholt Schichtdickenmessungen an definierten Stellen an den beiden Wagen durchgeführt.

Und schliesslich wurde der Einfluss der Beschichtung auf den verursachten Lärm während dem Entladungsprozess mittels Luftschallmessungen quantifiziert.

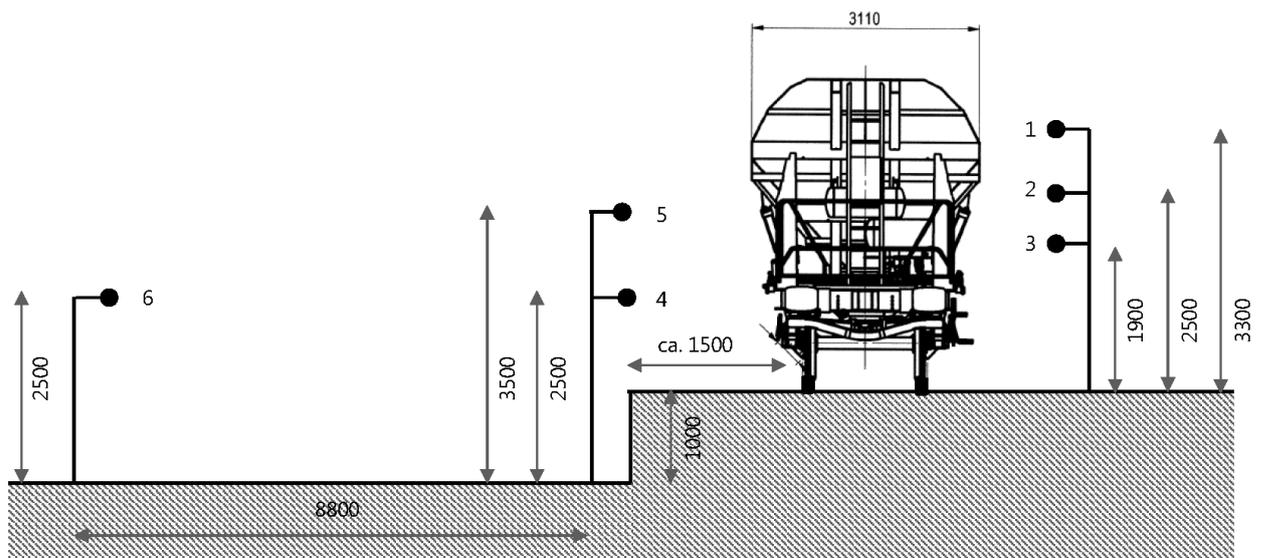


Abbildung 2: Messaufbau Luftschallmessungen in Bilten, Bemassung in [mm]



Abbildung 3: Entladevorgang, Grube abgedeckt durch Metallrost

In Abbildung 2 ist schematisch der Messaufbau während den Luftschallmessungen dargestellt. Auf der Seite der Grube, welche durch einen Metallrost (siehe Abbildung 3) abgedeckt ist, wurden zwei Mikrophone (Nummern 4 & 5 in Abbildung 2) positioniert. Allerdings wurden die gemessenen Luftschallpegel stark durch das Geräusch, welches der Kies während des Aufpralls auf den Rost verursachte, beeinflusst. Aus diesem Grund wurde auf der gegenüberliegenden Seite des Wagens mit weiteren drei Mikrophenen (Nummern 1, 2 & 3 in Abbildung 2) Luftschallpegel während des Entladungsvorganges aufgezeichnet. Durch die Abschirmung des Wagens konnte der Einfluss des Geräusches, welches vom Metallrost verursacht wurde, in genügendem Masse reduziert werden.

Schliesslich wurde mit Mikrophon Nummer 6 der Hintergrundgeräuschpegel mitaufgezeichnet. Allerdings waren die durch den Entladevorgang verursachten Pegel während der gesamten Messdauer deutlich über dem Hintergrundgeräuschpegel.

3.1. Einfluss der Beschichtung auf das Körperschallverhalten

Wie einleitend erläutert, wurden mittels Anregung per Shaker und Erfassen der resultierenden Oberflächen-Schwingungsgeschwindigkeitsverteilungen die Unterschiede im Körperschallverhalten, verursacht durch die Beschichtung, untersucht.

Nachfolgend sind die über die erfasste Fläche gemittelten Transferfunktionen – resultierende Oberflächenschwingungsgeschwindigkeit in Relation zur anregenden Kraft – für den gleichen Wagen, zuerst unbeschichtet und dann in beschichtetem Zustand, als Terzbandspektren dargestellt.

Abbildung 4 zeigt die Transferspektren für den Frequenzbereich von 10 Hz bis 500 Hz. In einzelnen Terzbändern sind die Unterschiede deutlich sichtbar, in anderen kaum oder gar nicht. Es ist denkbar, dass hier vorwiegend der Effekt der zusätzlichen Masse auf die modalen Eigenschaften der Struktur zum Unterschied in den gemittelten Transferfunktionen beiträgt. Eine massgebliche Beeinflussung der modalen Dämpfungseigenschaften durch die Beschichtung wird dadurch nicht erzielt.

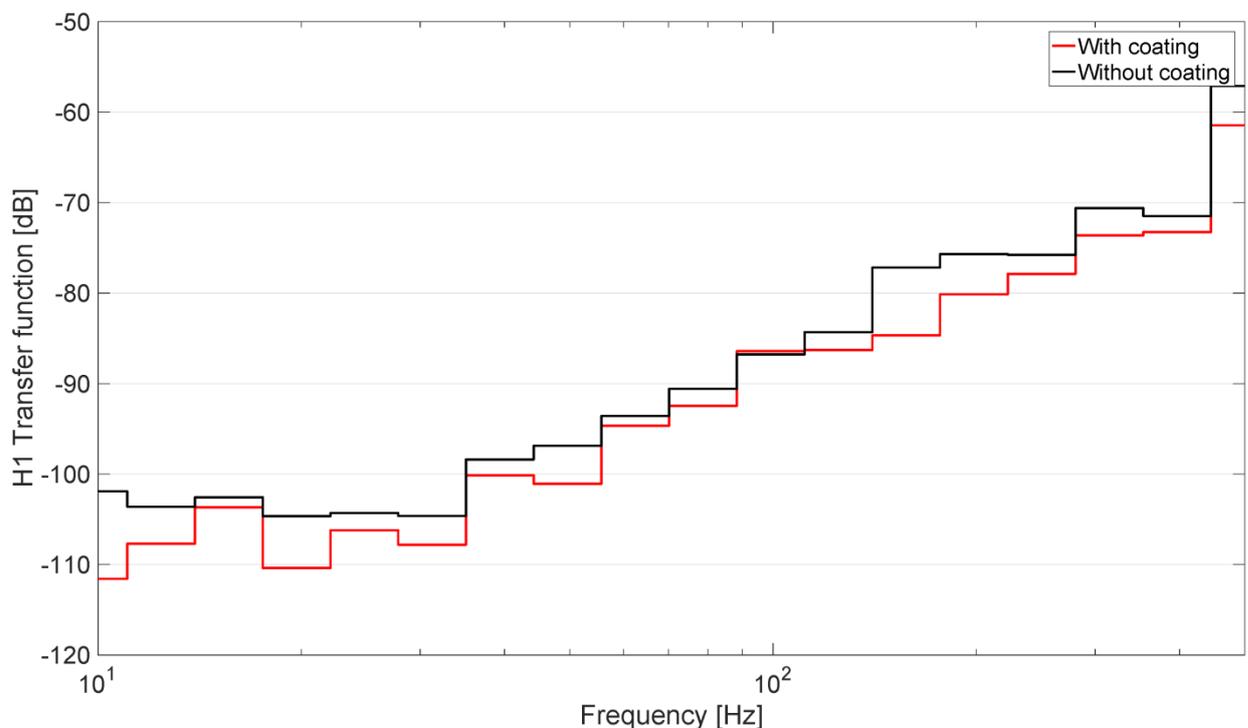


Abbildung 4: Transferfunktionen 10 Hz – 500 Hz, beschichtet vs. unbeschichtet, Anregung unten

Im höheren Frequenzbereich zwischen 400 Hz und 4500 Hz, dargestellt in Abbildung 5, werden die Unterschiede in den gemittelten Transferfunktionen deutlich sichtbar. Reduktionen in der Grössenordnung von 2.5 dB bis 3.5 dB konnten in den Terzbändern zwischen 400 Hz und 4500 Hz ermittelt werden.

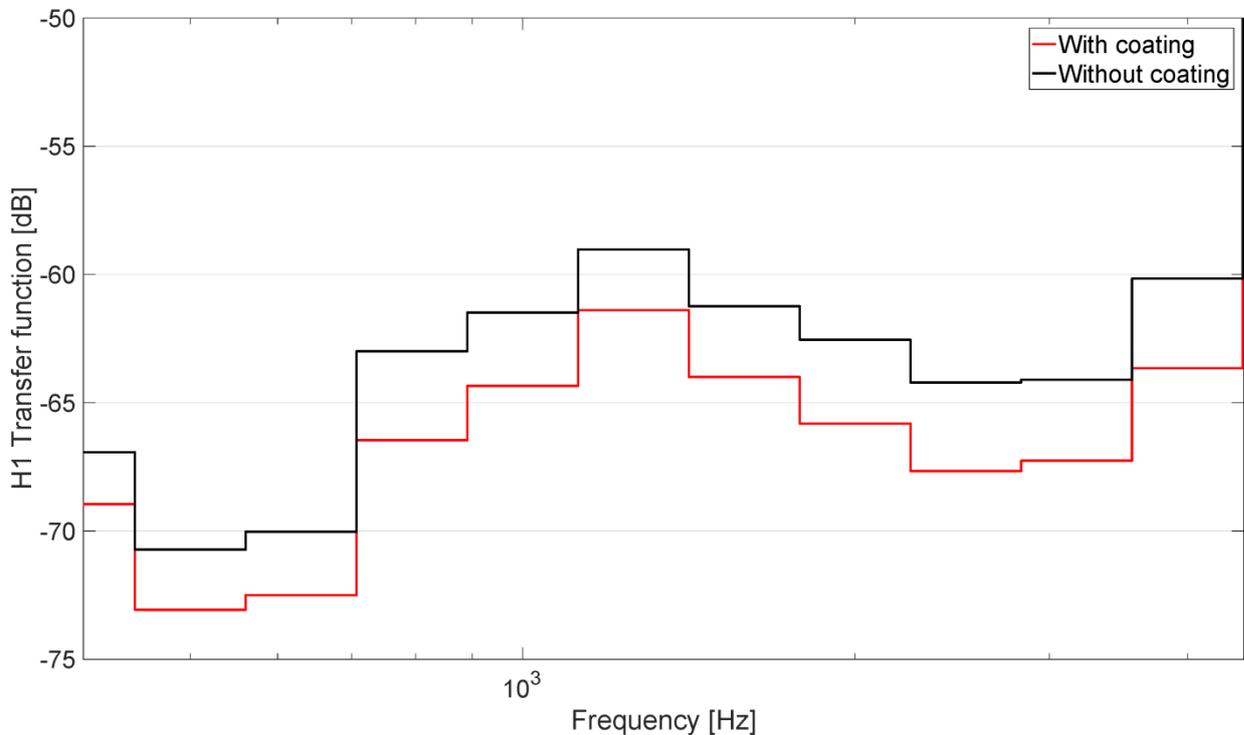


Abbildung 5: Transferfunktionen 400 Hz – 4500 Hz, beschichtet vs. unbeschichtet, Anregung unten

Um den Einfluss der Kräfteinleitungsstelle auf die resultierenden Transferfunktionen quantifizieren zu können, wurden die Messungen wiederholt.

Die Resultate in Abbildung 4 und Abbildung 5 wurden jeweils durch an eine Anregung der Struktur auf der Unterseite des Wagenrahmens in vertikaler Richtung ermittelt. Nachstehend nun sind erneut die Transferfunktionen als Terzbandspektren für die beiden Frequenzbereiche dargestellt – nun aber für die Anregung der Wagenstruktur am Silo in diagonaler Richtung.

In Abbildung 6, welche die beiden gemittelten Transferfunktionen für den Frequenzbereich von 10 Hz bis 500 Hz zeigt, für den unbeschichteten als auch für den beschichteten Wagen, sind die Unterschiede analog zu Abbildung 4 erneut vernachlässigbar. Hingegen sind die Unterschiede im Frequenzbereich von 400 Hz bis 4500 Hz wiederum deutlich, wie in Abbildung 7 zu sehen ist.

Ob und in welchem Masse sich der ermittelte Effekt der Beschichtung auf das Körperschallverhalten, respektive die Transferfunktionen zwischen Anregender Kraft und resultierenden mittleren Oberflächenschwinggeschwindigkeiten, auf die Luftschallpegel während beispielsweise eines Entladungsvorganges haben kann auf der Basis der bisher gezeigten Resultate nicht beurteilt werden.

Es darf aber durchaus davon ausgegangen werden, dass die Beschichtung massgeblich die Kontaktbedingungen für die einzelnen Schottersteine, welche während des Be- und vor allem Entladens an den Silowänden entlangrutschen, dahingehend verändert, dass der dadurch erzeugte Luftschallpegel reduziert werden kann.

Der erzeugte Luftschallpegel während des Entladungsvorganges wird deshalb in nachfolgendem Abschnitt behandelt.

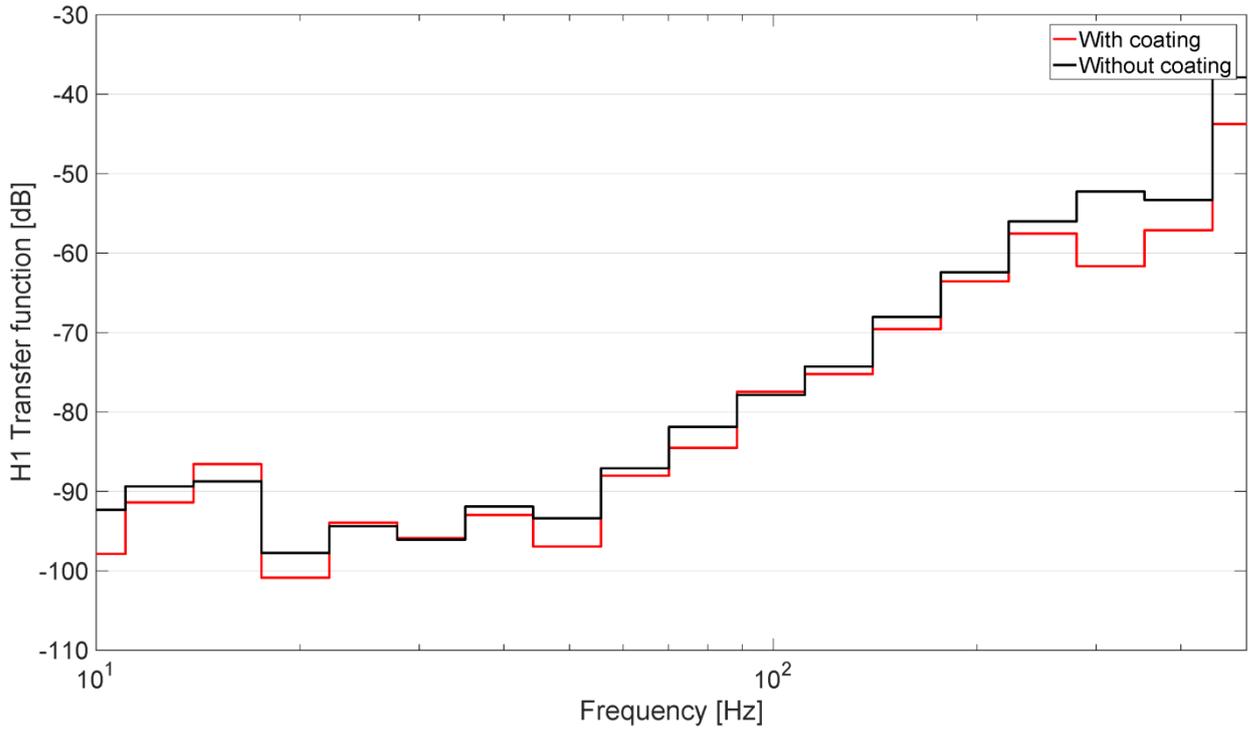


Abbildung 6: Transferfunktionen 10 Hz – 500 Hz, beschichtet vs. unbeschichtet, Anregung diagonal

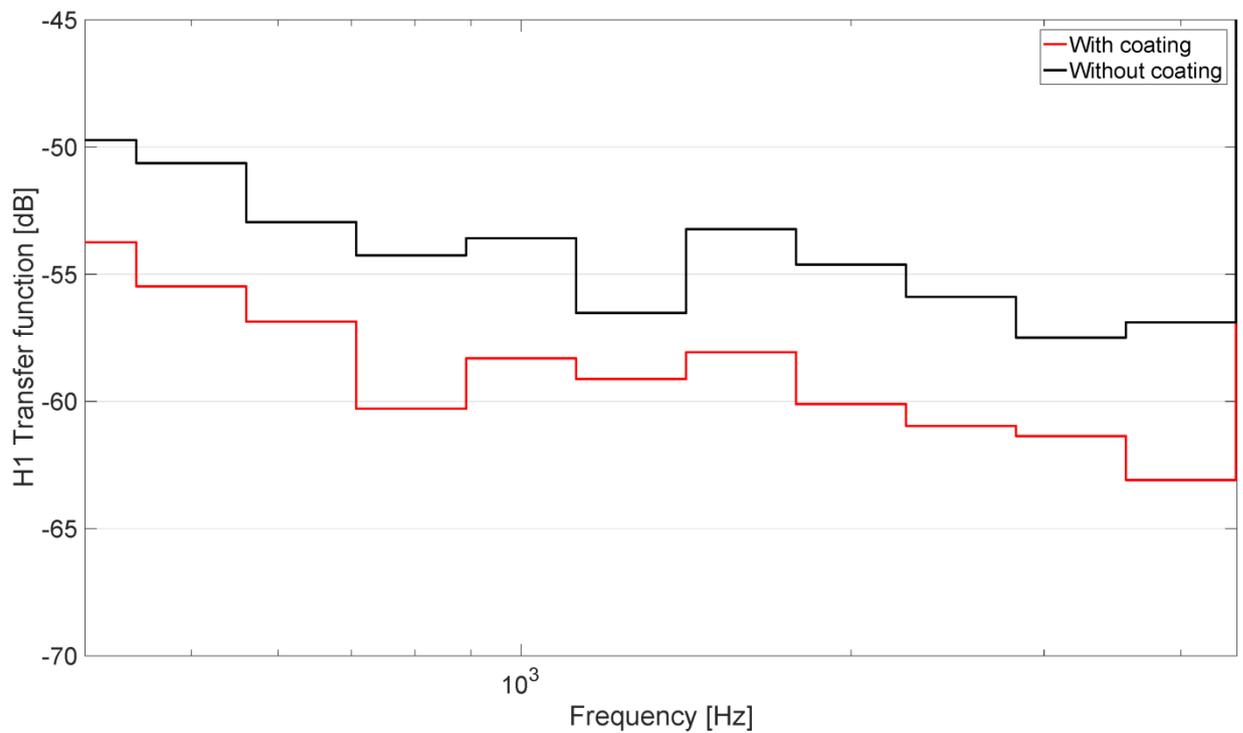


Abbildung 7: Transferfunktionen 400 Hz – 4500 Hz, beschichtet vs. unbeschichtet, Anregung diagonal

3.2. Einfluss der Beschichtung auf den abgestrahlten Luftschall während des Entladungsvorganges

Um den Einfluss der Beschichtung auf den erzeugten Luftschallpegel während des Entladens der Kieswagensilos zu untersuchen wurden bei der Firma KIBAG AG in Bilten Messungen durchgeführt. Die beschichteten Wagen Nr. 102 und Nr. 110 waren Teil einer Komposition, welche am 19. September 2017 in Bilten entladen wurden. Der Zug transportierte nebst Sand auch Kies der Korngrösse 4-16 und der Korngrösse 16-32. Es wurde im Vorfeld der Messungen spezielles Augenmerk darauf gelegt, dass die beiden beschichteten Wagen mit dem Betonkies 16-32 beladen werden, da der Entladungsvorgang bei dieser Korngrösse den höchsten Luftschallpegel erzeugt und deshalb lärmindernde Massnahmen am dringendsten notwendig erscheinen. Zusätzlich wurde Kies der Korngrösse 16-32 in baugleichen aber unbeschichteten Silos angeliefert, um einen direkten Vergleich der ermittelten Luftschallpegel während des Entladungsvorganges ermitteln zu können.

Um Aussagen über die Messunsicherheit, respektive Streuung innerhalb der Entladungsvorgänge, machen zu können wurden sämtliche Entladungsvorgänge der Silos, welche mit Kies der Korngrösse 4-16 befüllt waren, aufgezeichnet, da bei dieser Korngrösse eine Stichprobenmenge erzielt werden konnte, welche statistische Schlüsse erlaubt.

Um eine Aussage zur Messunsicherheit treffen zu können werden nachfolgend die ermittelten Luftschallpegel für die Entladevorgänge der Silos mit Kies der Korngrösse 4-16 betrachtet. In Tabelle 1 dargestellt sind energieäquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} in den Mikrofonpositionen 1 bis 5 für 11 Entladungsvorgänge mit der Korngrösse 4-16. Die letzten beiden Spalten zeigen die Mittelwerte "MW" für die fünf Mikrofonpositionen über die 11 Entladungsvorgänge und die dazugehörigen Standardabweichungen "SA".

Silo-Nr:	73-1	73-2	75-1	75-2	76-1	86-1	86-2	95-1	95-2	97-1	97-2	MW	SA
Mic 1	82.4	80.9	84.8	82.1	83.0	82.3	83.4	84.9	86.8	84.4	84.2	83.6	1.6
Mic 2	85.5	83.8	88.2	85.2	86.6	85.7	85.9	87.9	90.3	87.8	87.7	86.8	1.7
Mic 3	87.3	85.6	90.1	87.1	88.1	87.2	87.6	89.9	91.7	89.6	89.2	88.5	1.7
Mic 4	94.2	94.0	94.9	93.2	95.3	94.4	95.1	95.4	96.1	94.5	94.5	94.7	0.7
Mic 5	95.3	95.0	95.6	94.0	96.7	95.6	96.4	96.5	96.9	95.8	95.8	95.8	0.8

Tabelle 1: Energieäquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} [dB(A)] für Korngrösse 4-16

In Tabelle 2 sind die ermittelten energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} für die Entladungsvorgänge der Korngrösse 16-32 dargestellt. Die Silos der Wagen mit den Nummern 102 respektive 110 wurden beschichtet. Alle anderen Silos sind unbeschichtet. Aus den Tabellenwerten wird sofort sichtbar, dass die Beschichtung den resultierenden Dauerschallpegel für den Entladungsvorgang reduziert.

Silo-Nr:	102-1	102-2	110-1	110-2	105-1	105-2	109-1	109-2	112-1	112-2
Mic 1	87.4	87.5	90.4	88.4	92.7	95.8	93.3	93.4	92.6	95.7
Mic 2	90.3	90.6	92.8	91.2	96.0	99.0	96.3	96.5	95.7	98.2
Mic 3	91.6	92.0	94.2	92.5	97.9	101.0	97.9	98.1	97.6	100.0
Mic 4	102.6	101.8	104.3	103.2	104.8	105.1	105.1	105.3	104.4	106.2
Mic 5	102.9	102.7	105.4	104.3	105.8	106.0	106.2	106.3	105.5	106.7

Tabelle 2: Energieäquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} [dB(A)] für Korngrösse 16-32

Zur Verdeutlichung des Effektes der Beschichtung auf den energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} sind in Abbildung 8 die Mittelwerte der ermittelten Dauerschallpegel für die beschichteten, respektive unbeschichteten Silos und die dazugehörigen Standardabweichungen für die Mikrofonpositionen 1 bis 3 dargestellt.

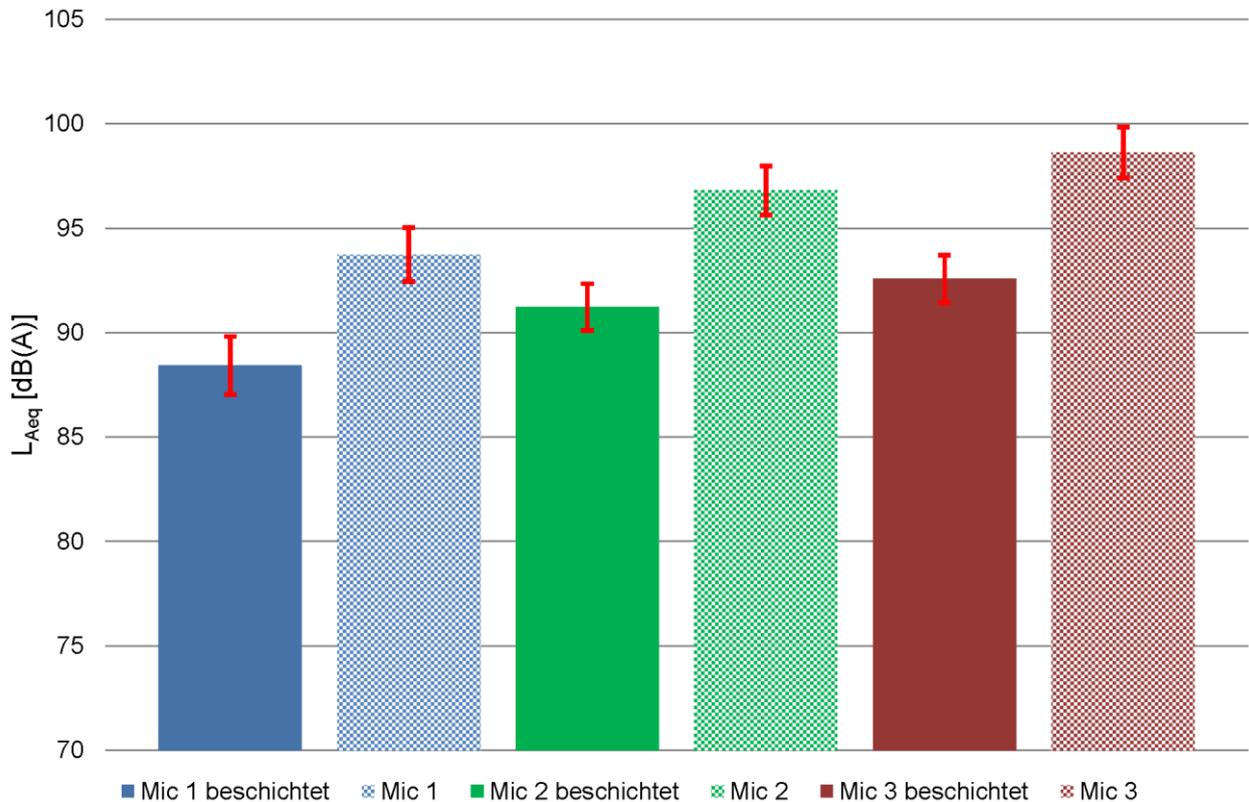


Abbildung 8: Mittelwerte der energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} , Kies 16-32

Die ermittelten Unterschiede in den energieäquivalenten Dauerschallpegel, verursacht durch das Anbringen der Beschichtung, sind deutlich und grösser als die als die Standardabweichung über die ausgewerteten Ereignisse.

Schliesslich zeigt Abbildung 9 die durch die Beschichtung erreichten Differenzen im energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} , wiederum als Mittelwerte und dazugehörige Standardabweichungen in Mikrofonpositionen 1 bis 3, für den Entladungsvorgang von Kies mit der Korngrösse 16-32.

Die erreichte Reduktion liegt zwischen 5.3 ± 1.9 dB(A) für Mikrofonposition 1 und 6.1 ± 1.7 dB(A) für Mikrofonposition 3.

Insgesamt werden hier energieäquivalente Dauerschallpegel von 93.7 ± 1.3 dB(A) bis 98.6 ± 1.2 dB(A) für die unbeschichteten Silos und Pegel von 88.4 ± 1.4 dB(A) bis 92.6 ± 1.1 dB(A) für die beschichteten Silos betrachtet.

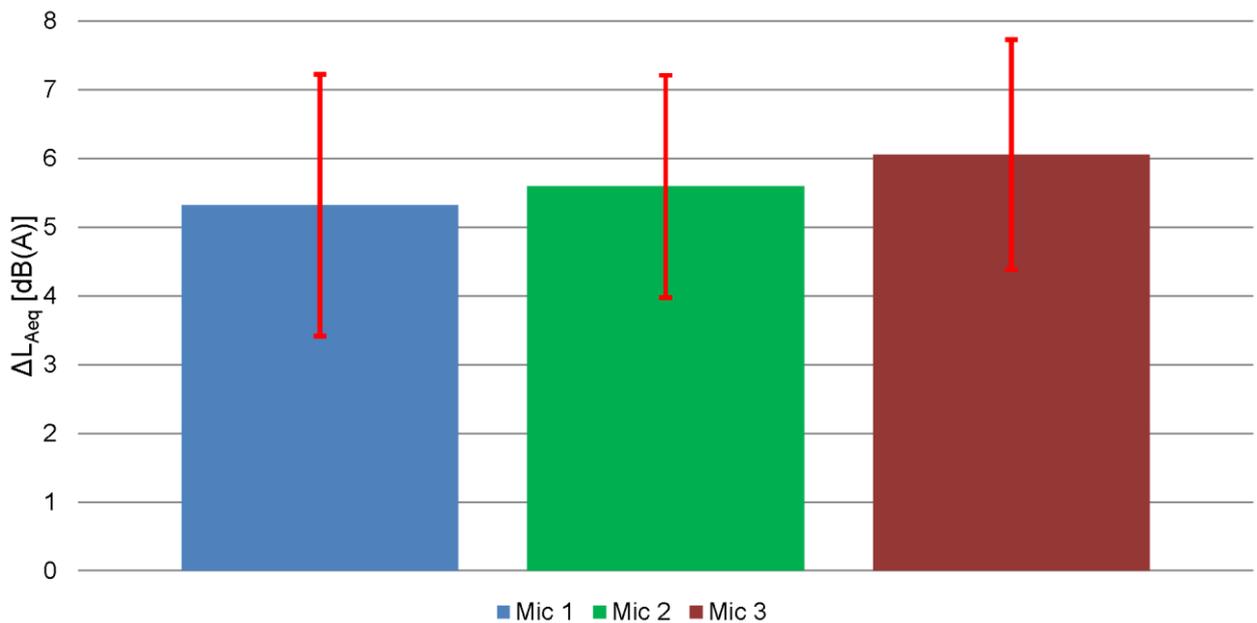


Abbildung 9: Differenzen der energieäquivalenten Dauerschallpegel ΔL_{Aeq}

3.3. Schichtdickenmessungen

Die Wagen wurden im März 2016 im Siloinnenbereich und den Rutschen mit Relest-Protect 354 2K beschichtet. Die Schichtdicke kann den Messprotokollen vom 06.04.2017 (Anhang) entnommen werden.

Weitere Messungen wurden am 27.06.2016 und am 15.05.2017 durchgeführt. Die leicht erhöhte Abnahme der Schichtdicke von Messung 1 zu Messung 2/3 ist auf die finale Aushärtung der Beschichtung zurückzuführen.

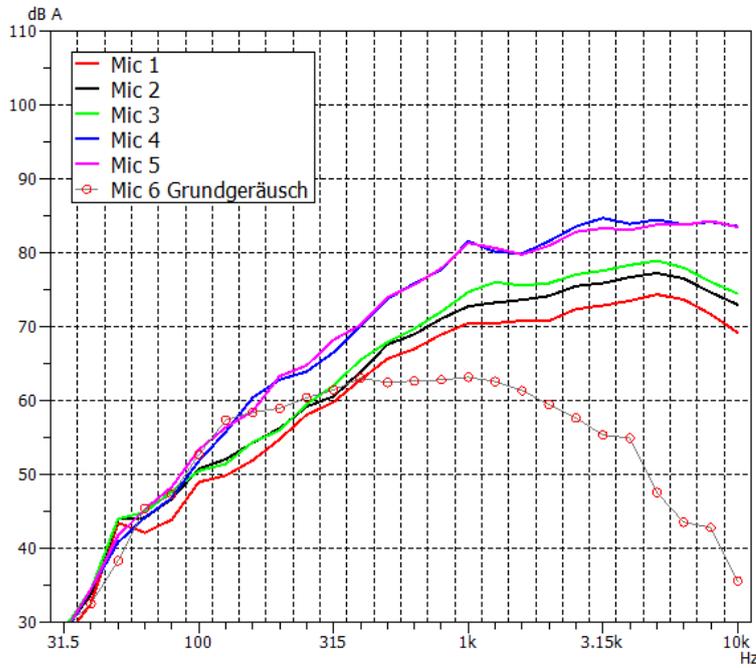
Beschädigungen der Beschichtung konnten nach einem Jahr Einsatz mit ca. jeweils 2 Be- und Entladevorgängen pro Woche nicht festgestellt werden.

Aus Sicht von Jürgen Feuchtmann, Josef Meyer Rail AG, ist eine Beschichtung der Siloinnenseiten und der Rutschen, was Verschleiss und Korrosionsschutz betrifft, ein durchaus sinnvolles Mittel zur Verlängerung der Lebensdauer der Wagen.

Anhang

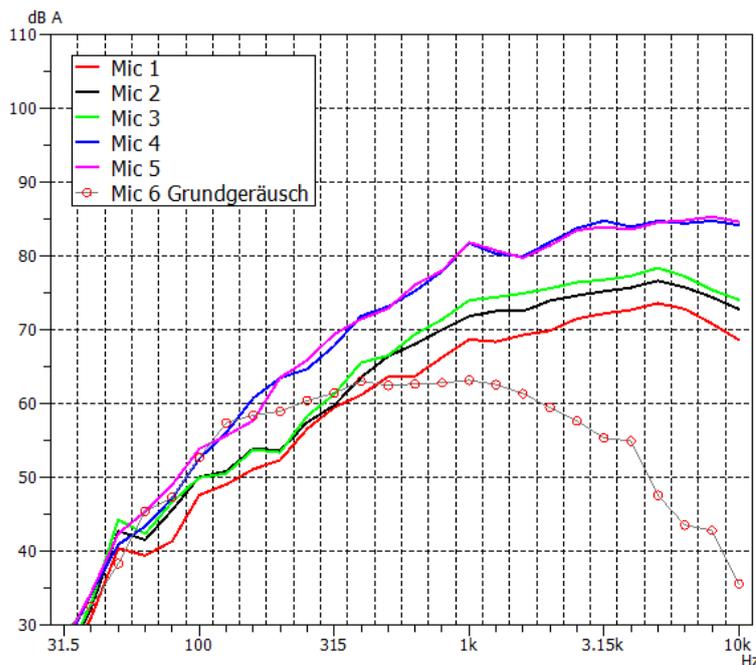
Datenblätter Luftschallmessungen Entladevorgang

Josef Meyer Rail/73/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



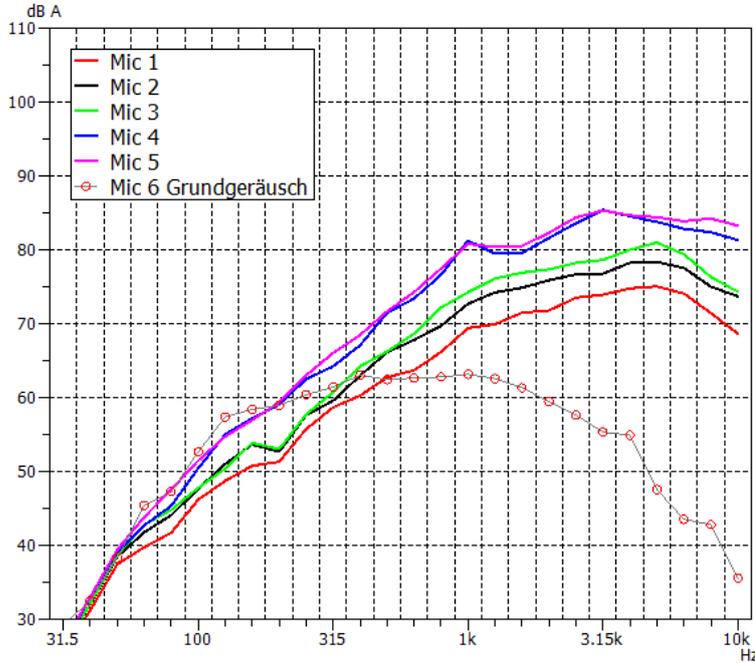
LEQ Mic 1	82.4	dB A
LEQ Mic 2	85.5	dB A
LEQ Mic 3	87.3	dB A
LEQ Mic 4	94.2	dB A
LEQ Mic 5	95.3	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/73/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



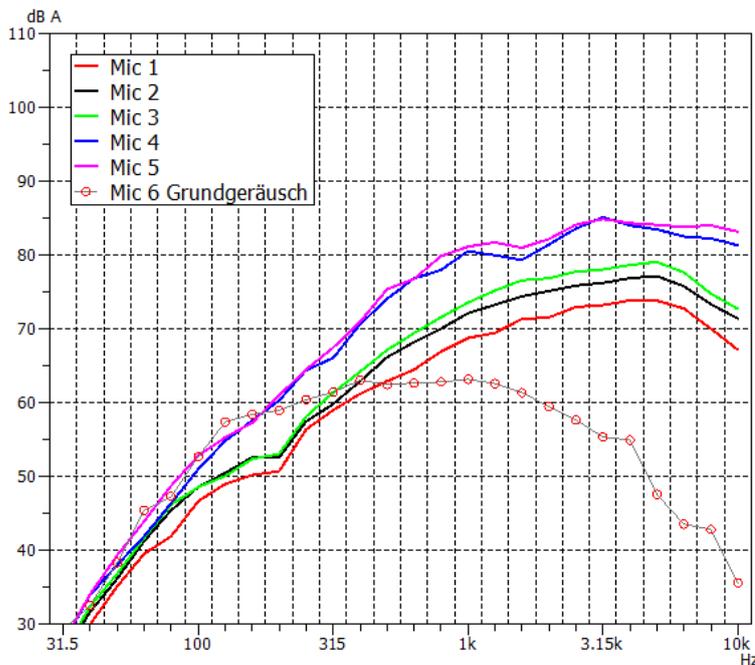
LEQ Mic 1	80.9	dB A
LEQ Mic 2	83.8	dB A
LEQ Mic 3	85.6	dB A
LEQ Mic 4	94.0	dB A
LEQ Mic 5	95.0	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/75/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



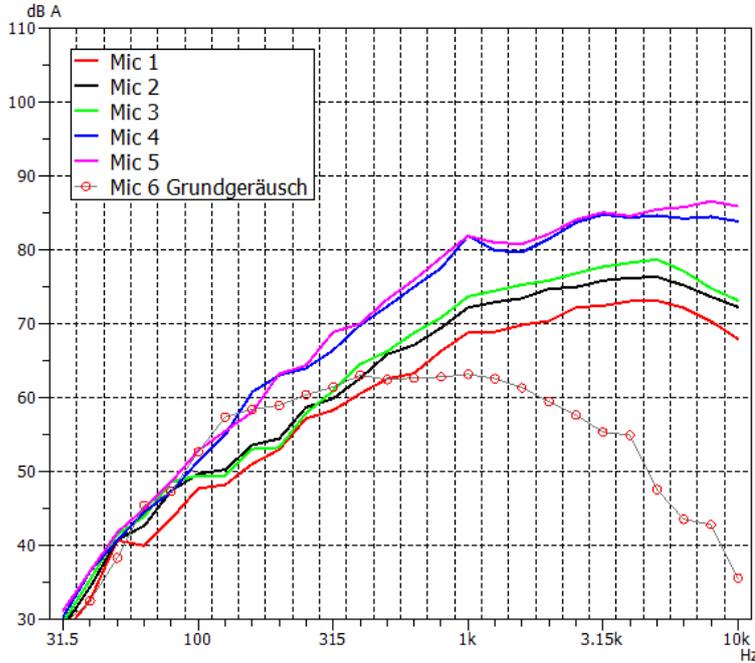
LEQ Mic 1	84.8	dB A
LEQ Mic 2	88.2	dB A
LEQ Mic 3	90.1	dB A
LEQ Mic 4	94.9	dB A
LEQ Mic 5	95.6	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/75/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



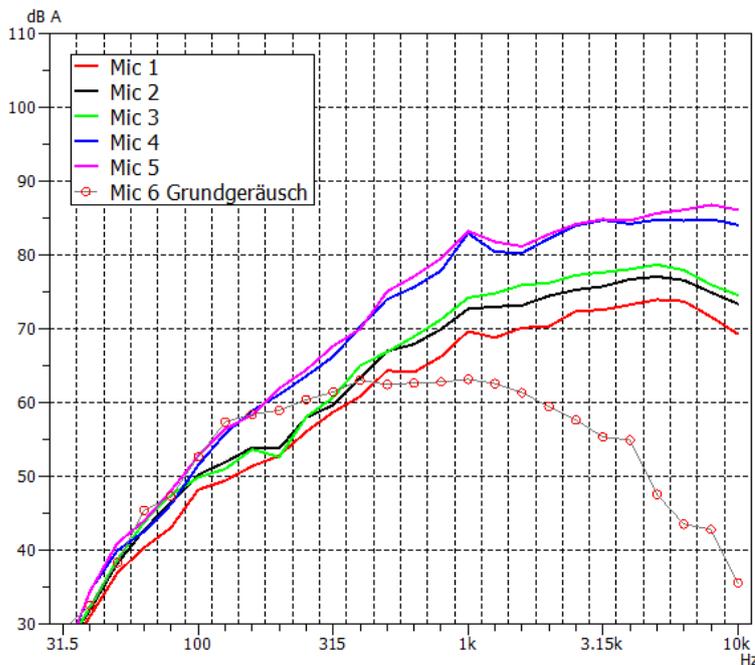
LEQ Mic 1	82.1	dB A
LEQ Mic 2	85.2	dB A
LEQ Mic 3	87.1	dB A
LEQ Mic 4	93.2	dB A
LEQ Mic 5	94.0	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/76/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



LEQ Mic 1	83.0	dB A
LEQ Mic 2	86.6	dB A
LEQ Mic 3	88.1	dB A
LEQ Mic 4	95.3	dB A
LEQ Mic 5	96.7	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/86/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16

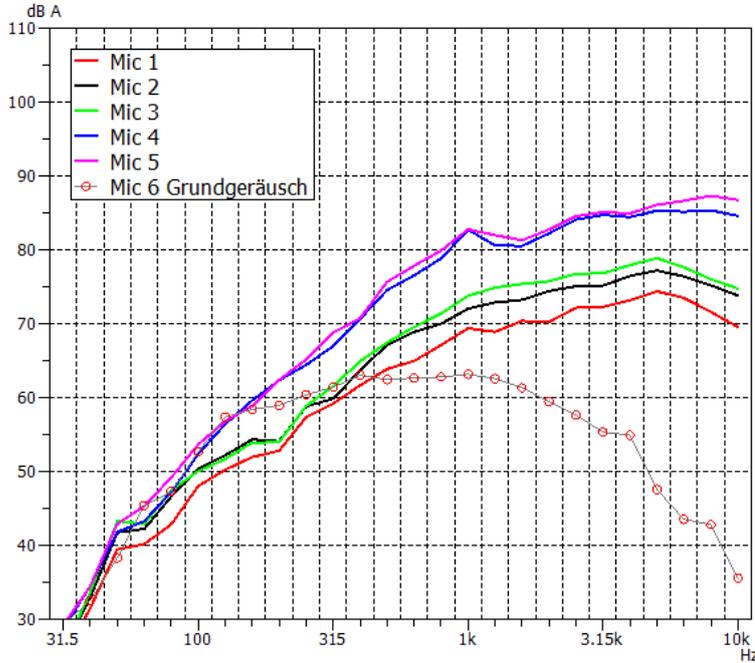


LEQ Mic 1	82.3	dB A
LEQ Mic 2	85.7	dB A
LEQ Mic 3	87.2	dB A
LEQ Mic 4	94.4	dB A
LEQ Mic 5	95.6	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/86/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



Materials Science and Technology

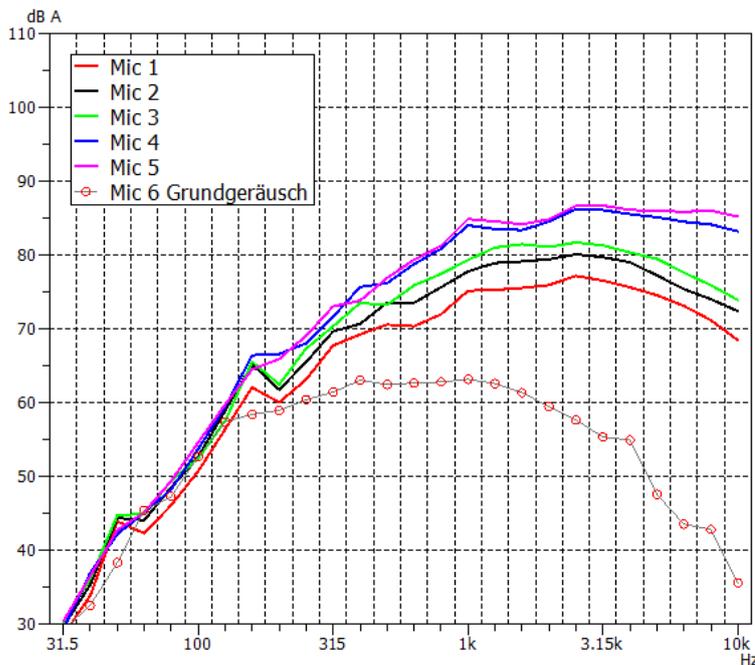


LEQ Mic 1	83.4	dB A
LEQ Mic 2	85.9	dB A
LEQ Mic 3	87.6	dB A
LEQ Mic 4	95.1	dB A
LEQ Mic 5	96.4	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/95/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16

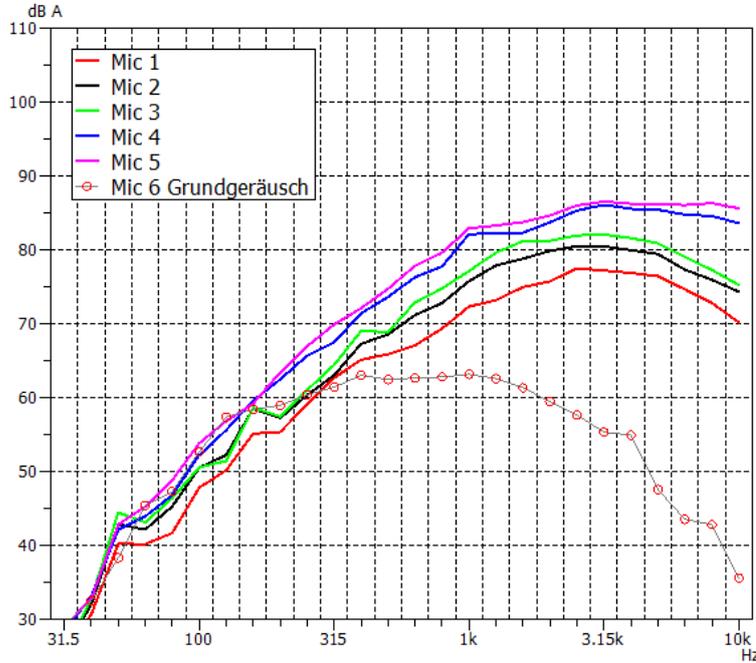


Materials Science and Technology



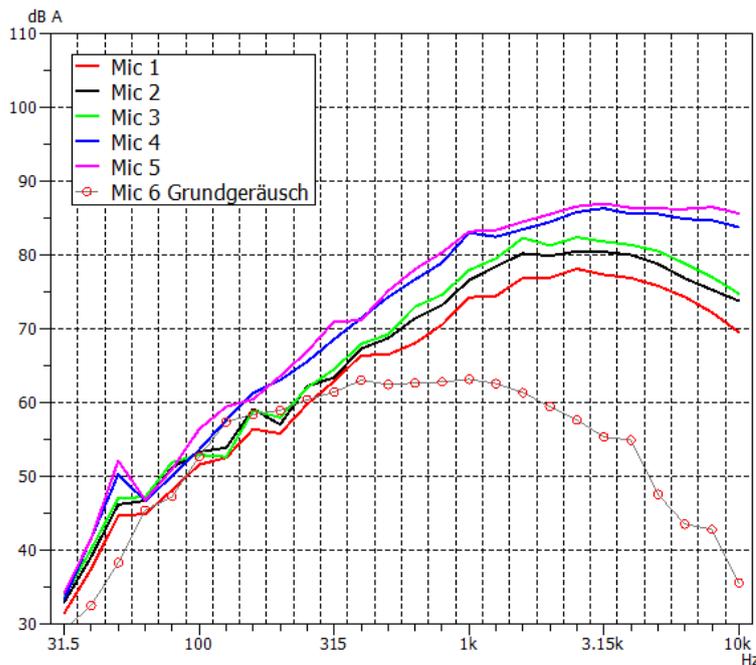
LEQ Mic 1	84.9	dB A
LEQ Mic 2	87.9	dB A
LEQ Mic 3	89.9	dB A
LEQ Mic 4	95.4	dB A
LEQ Mic 5	96.5	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/95/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



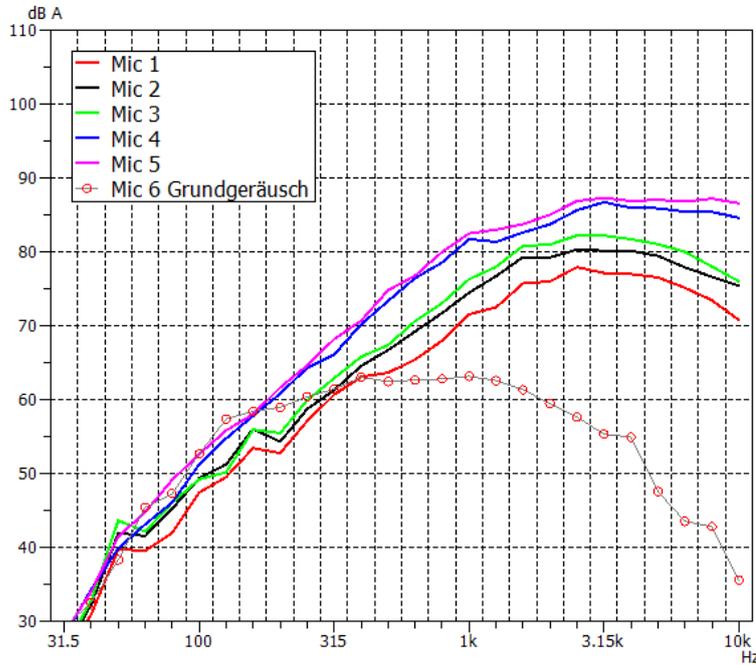
LEQ Mic 1	86.8	dB A
LEQ Mic 2	90.3	dB A
LEQ Mic 3	91.7	dB A
LEQ Mic 4	96.1	dB A
LEQ Mic 5	96.9	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/97/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



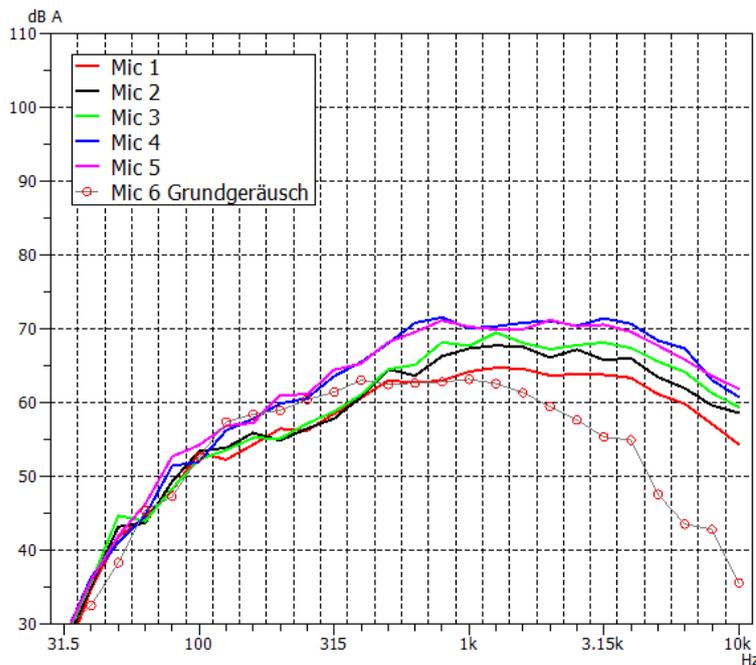
LEQ Mic 1	84.4	dB A
LEQ Mic 2	87.8	dB A
LEQ Mic 3	89.6	dB A
LEQ Mic 4	94.5	dB A
LEQ Mic 5	95.8	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/97/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



LEQ Mic 1	86.3	dB A
LEQ Mic 2	89.1	dB A
LEQ Mic 3	90.7	dB A
LEQ Mic 4	95.4	dB A
LEQ Mic 5	96.9	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/97/BG, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16

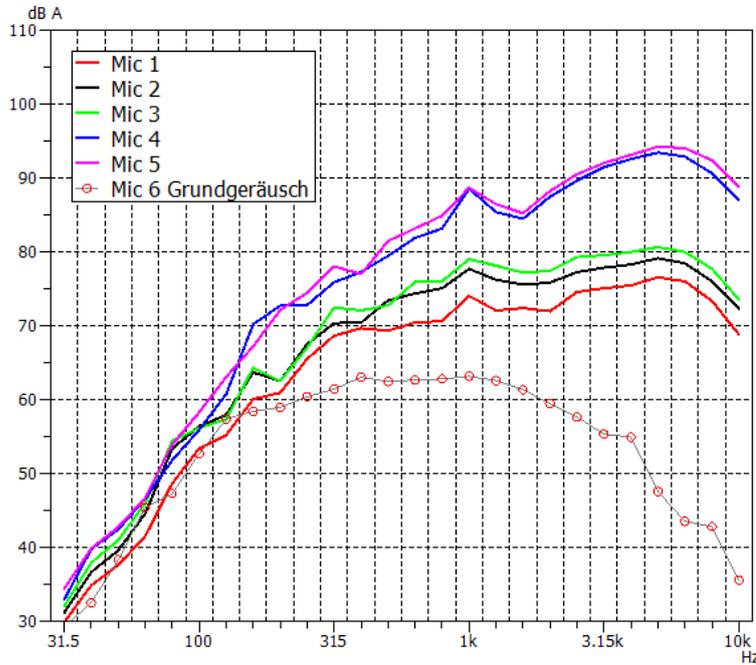


LEQ Mic 1	71.5	dB A
LEQ Mic 2	73.1	dB A
LEQ Mic 3	74.4	dB A
LEQ Mic 4	80.8	dB A
LEQ Mic 5	79.5	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/102/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32, Waggon beschichtet



Materials Science and Technology

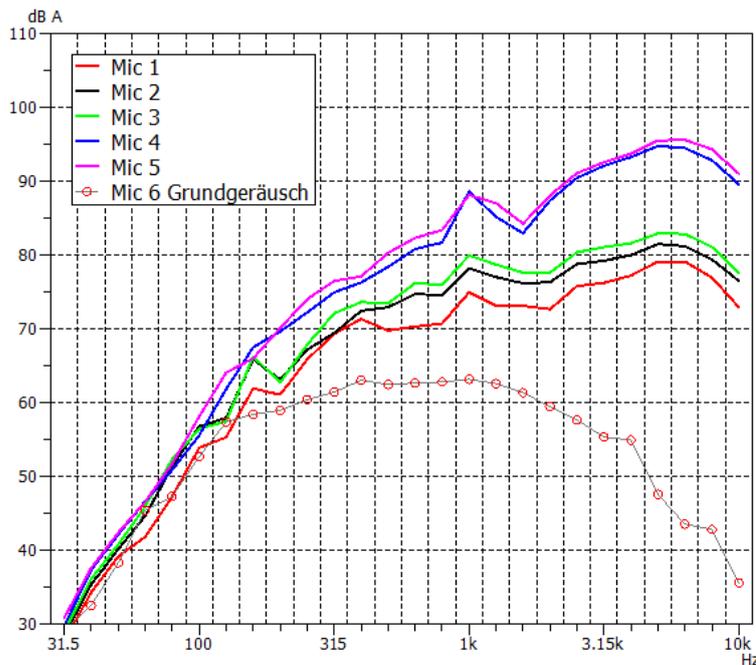


LEQ Mic 1	87.4	dB A
LEQ Mic 2	90.3	dB A
LEQ Mic 3	91.6	dB A
LEQ Mic 4	102.6	dB A
LEQ Mic 5	103.9	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/102/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32, Waggon beschichtet

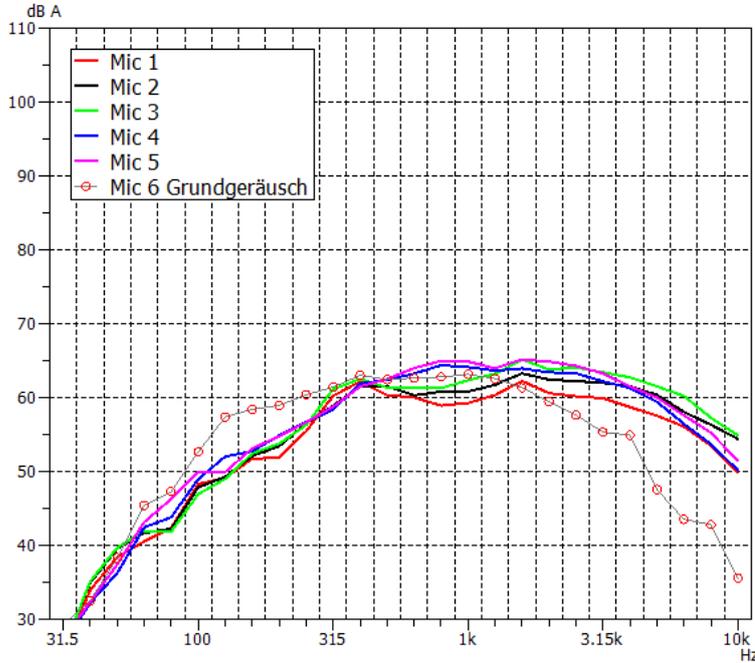


Materials Science and Technology



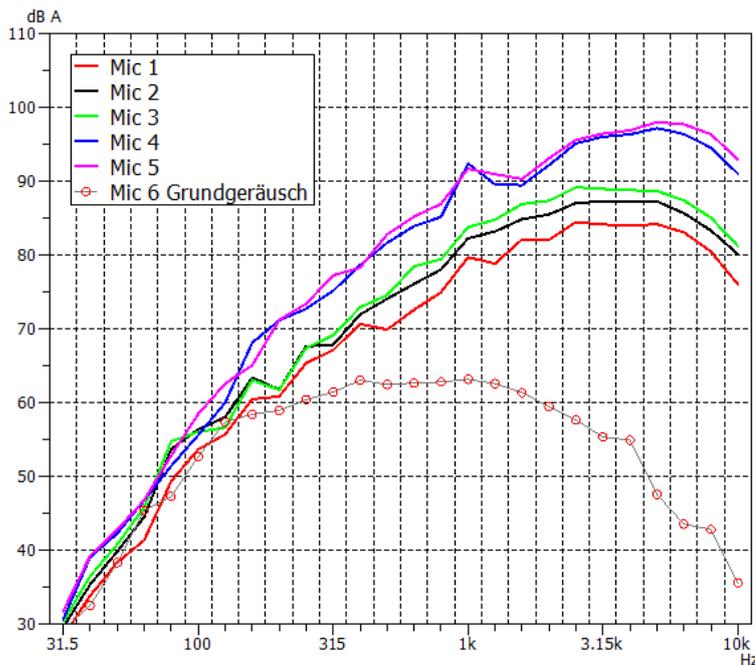
LEQ Mic 1	87.5	dB A
LEQ Mic 2	90.6	dB A
LEQ Mic 3	92.0	dB A
LEQ Mic 4	101.8	dB A
LEQ Mic 5	102.7	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/104/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 4/16



LEQ Mic 1	69.4	dB A
LEQ Mic 2	72.6	dB A
LEQ Mic 3	74.1	dB A
LEQ Mic 4	74.2	dB A
LEQ Mic 5	74.8	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/105/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32

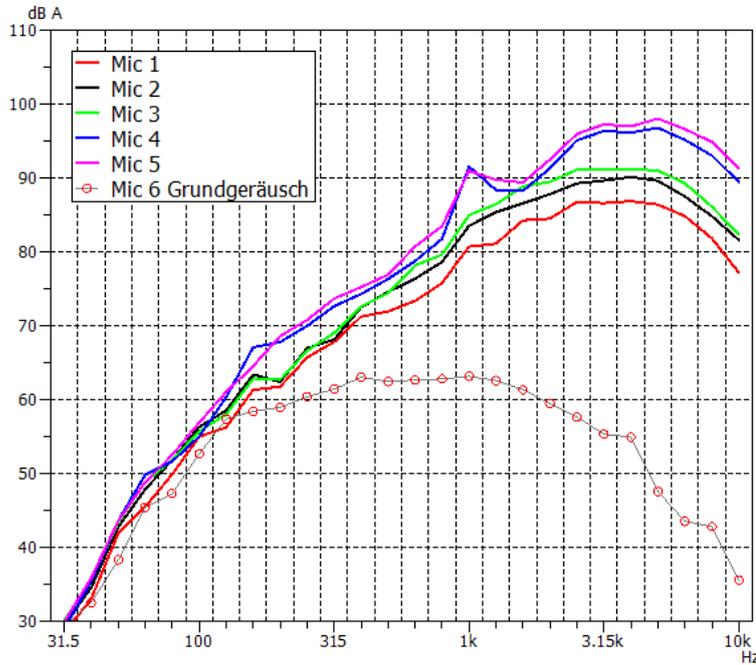


LEQ Mic 1	92.7	dB A
LEQ Mic 2	96.0	dB A
LEQ Mic 3	97.9	dB A
LEQ Mic 4	104.8	dB A
LEQ Mic 5	105.8	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/105/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32



Materials Science and Technology

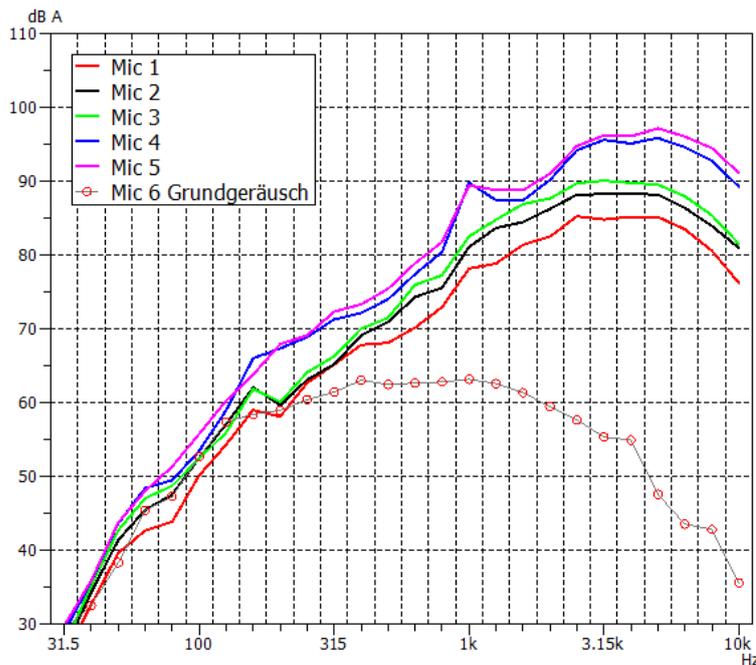


LEQ Mic 1	95.8	dB A
LEQ Mic 2	99.0	dB A
LEQ Mic 3	101	dB A
LEQ Mic 4	105.1	dB A
LEQ Mic 5	106.0	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/105/3, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32



Materials Science and Technology

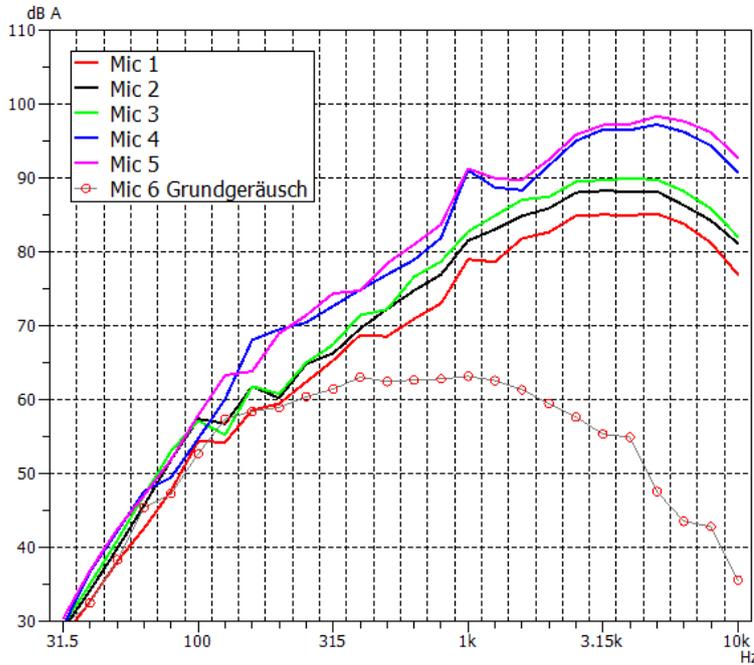


LEQ Mic 1	92.7	dB A
LEQ Mic 2	96.0	dB A
LEQ Mic 3	97.9	dB A
LEQ Mic 4	103.5	dB A
LEQ Mic 5	104.6	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/109/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32



Materials Science and Technology

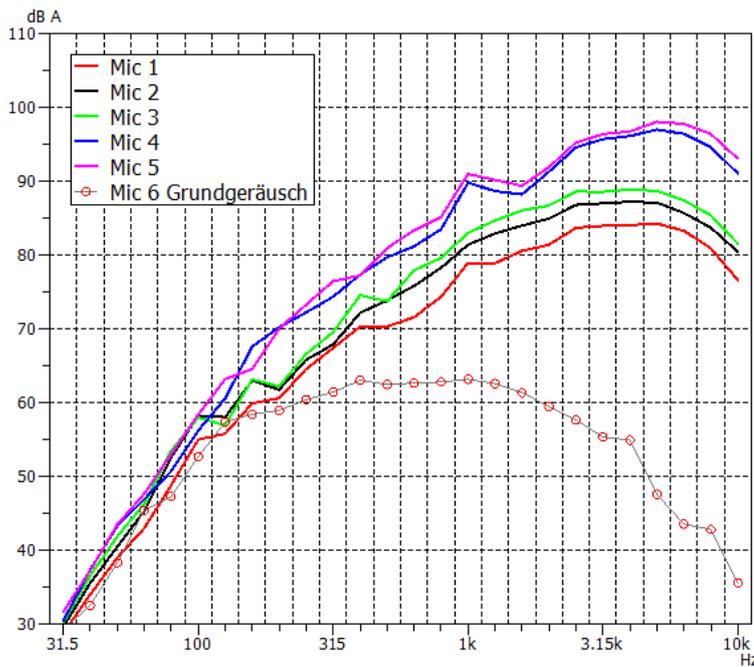


LEQ Mic 1	93.3	dB A
LEQ Mic 2	96.3	dB A
LEQ Mic 3	97.9	dB A
LEQ Mic 4	105.1	dB A
LEQ Mic 5	106.2	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/109/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32

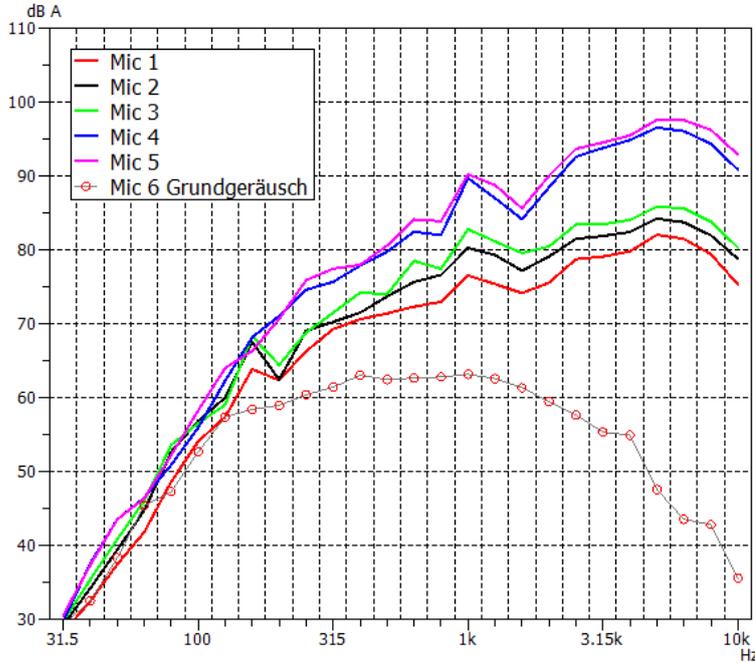


Materials Science and Technology



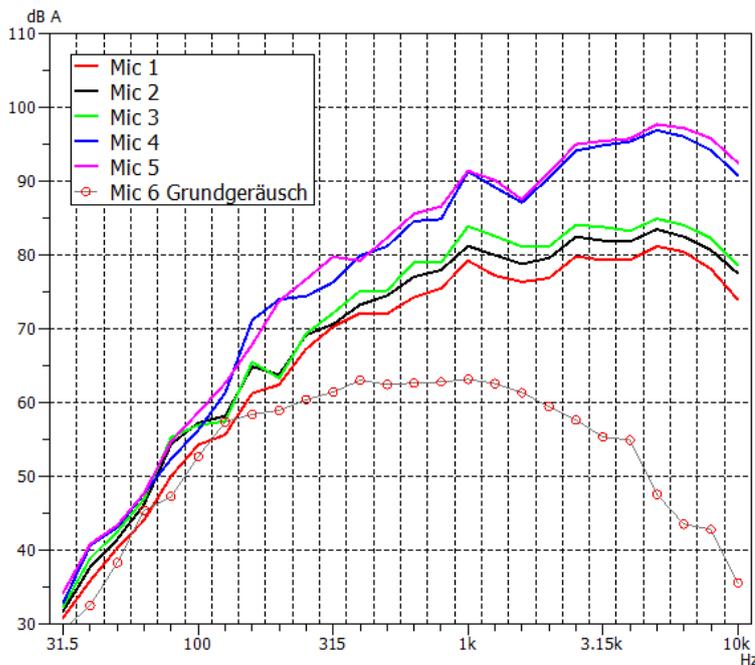
LEQ Mic 1	93.4	dB A
LEQ Mic 2	96.5	dB A
LEQ Mic 3	98.1	dB A
LEQ Mic 4	105.3	dB A
LEQ Mic 5	106.3	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/110/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32, Waggon beschichtet



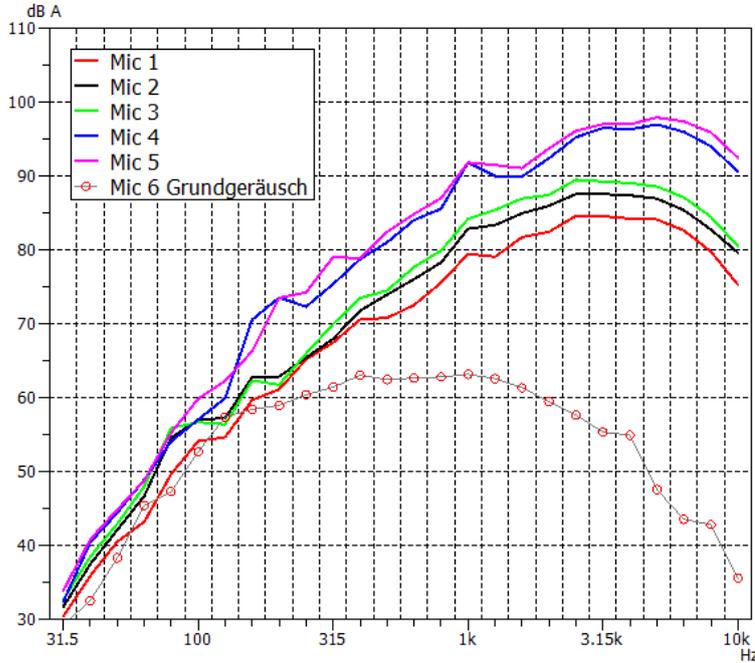
LEQ Mic 1	90.4	dB A
LEQ Mic 2	92.8	dB A
LEQ Mic 3	94.2	dB A
LEQ Mic 4	104.3	dB A
LEQ Mic 5	105.4	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/110/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32, Waggon beschichtet



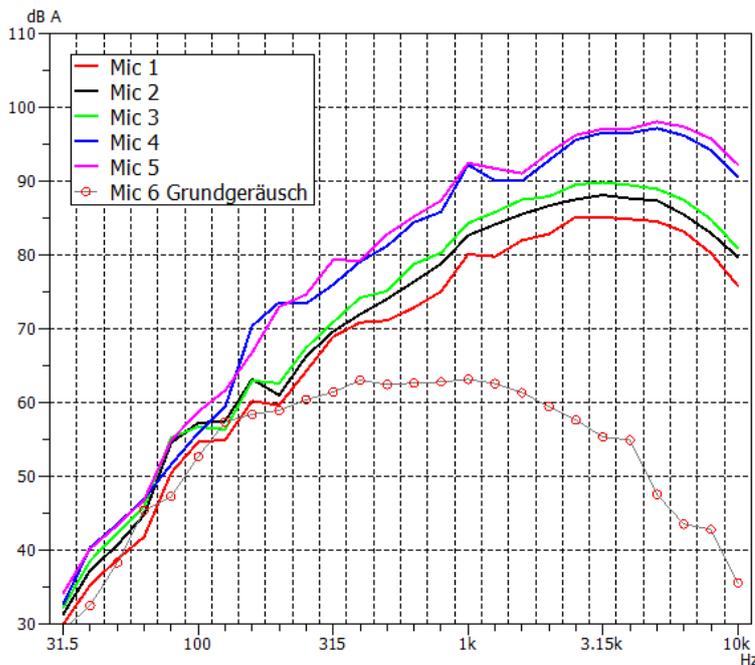
LEQ Mic 1	88.4	dB A
LEQ Mic 2	91.2	dB A
LEQ Mic 3	92.5	dB A
LEQ Mic 4	103.2	dB A
LEQ Mic 5	104.3	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/112/1, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32

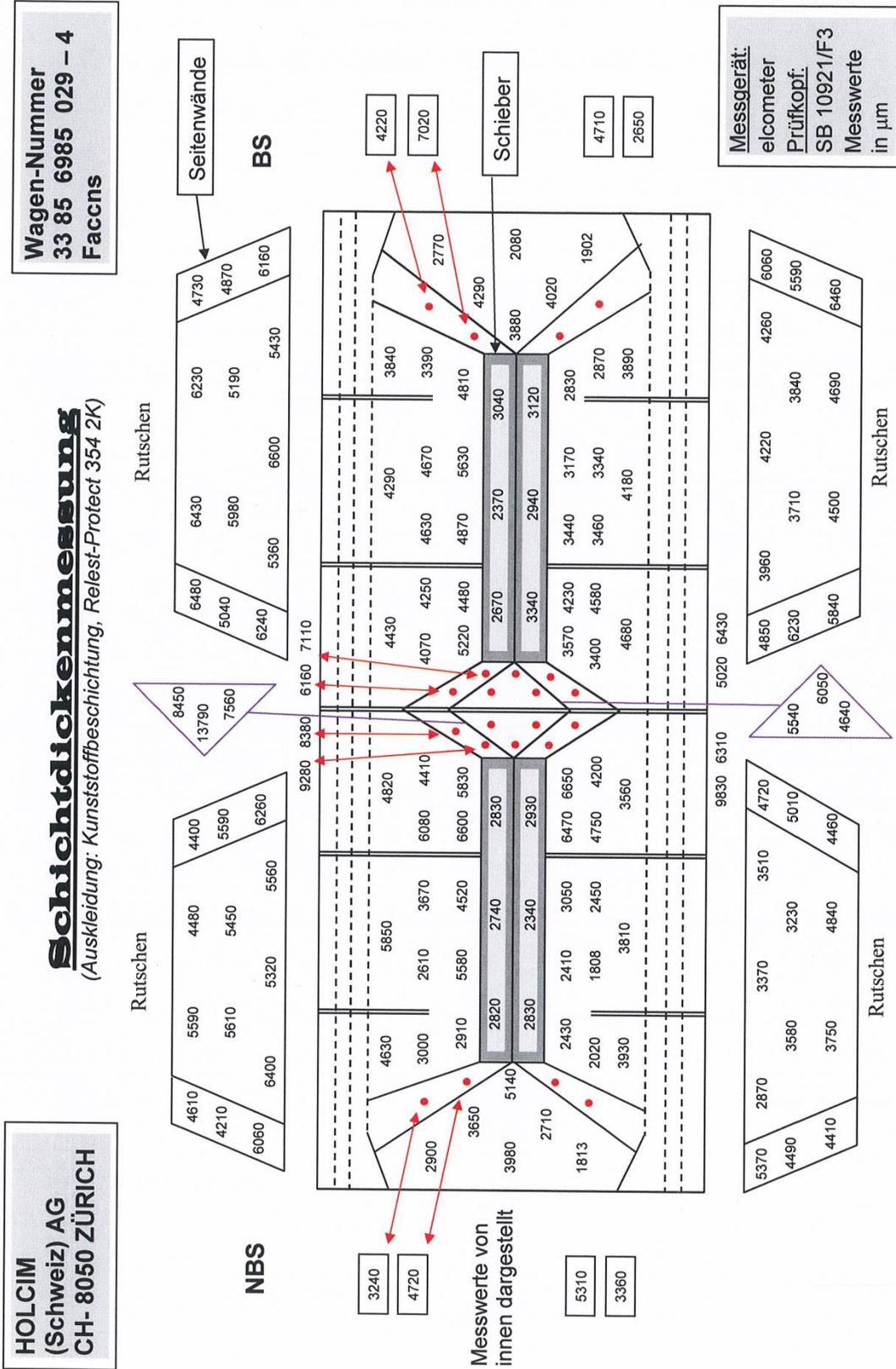


LEQ Mic 1	92.6	dB A
LEQ Mic 2	95.7	dB A
LEQ Mic 3	97.6	dB A
LEQ Mic 4	104.4	dB A
LEQ Mic 5	105.5	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A

Josef Meyer Rail/112/2, 19.09.2017
 Messung Schalldruckpegel Kies Entladegeräusche
 A- bewerteter Schalldruckpegel in Terzbändern, 30s Messzeit
 Schüttgut: Kies 16-32



LEQ Mic 1	95.7	dB A
LEQ Mic 2	98.2	dB A
LEQ Mic 3	100	dB A
LEQ Mic 4	106.2	dB A
LEQ Mic 5	106.7	dB A
LEQ Mic 6	72.9	dB A



JOSEF MEYER RAIL AG

Prüfer : E. Schreiber
E. Schreiber
Inr Sr

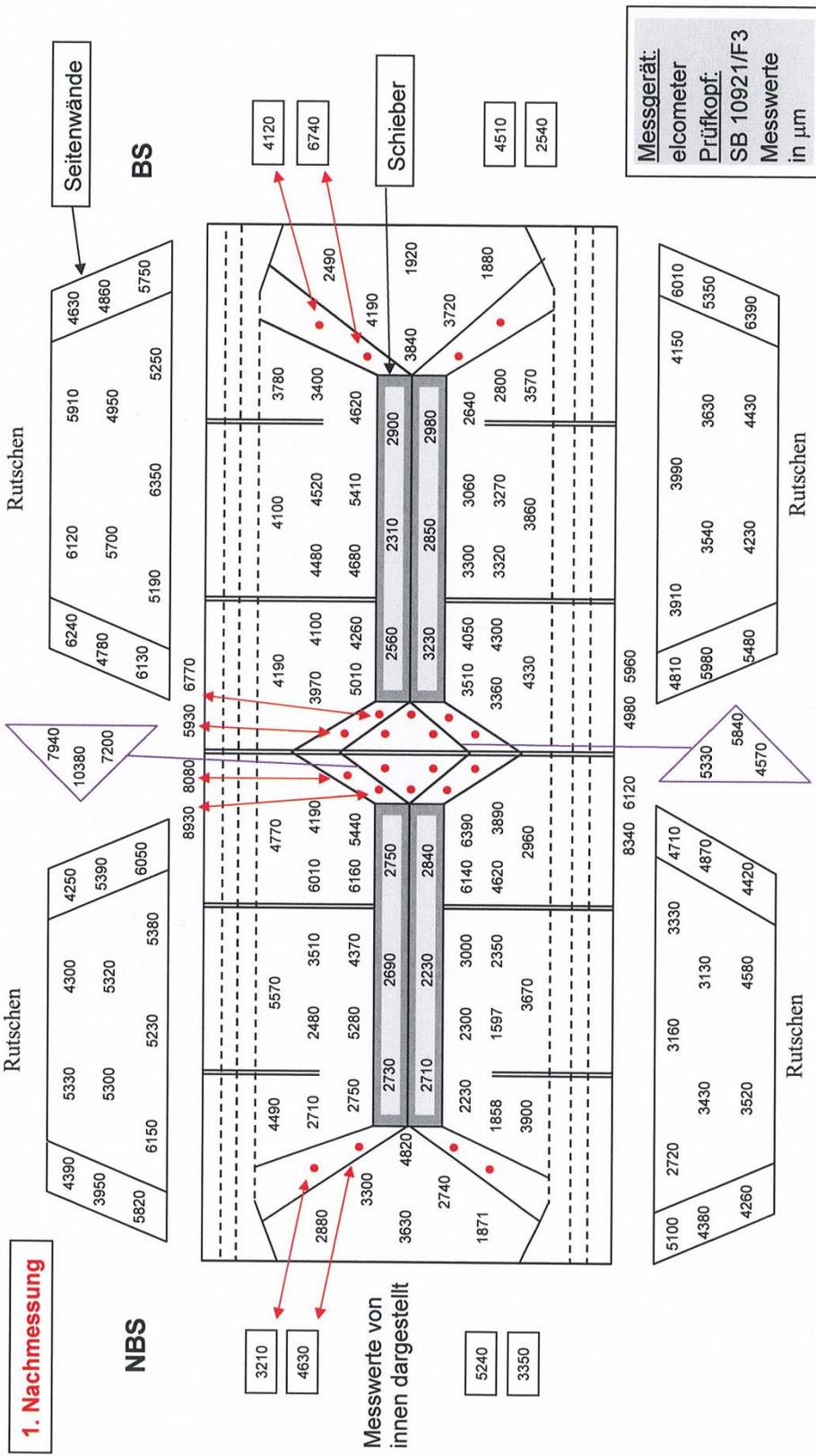
Datum : 06.04.2016

Kom: RM 21171

**HOLCIM
(Schweiz) AG
CH- 8050 ZÜRICH**

**Wagen-Nummer
33 85 6985 029 – 4
Faccns**

Schichtdickenmessung
(Auskleidung: Kunststoffbeschichtung, Relest-Protect 354 2K)

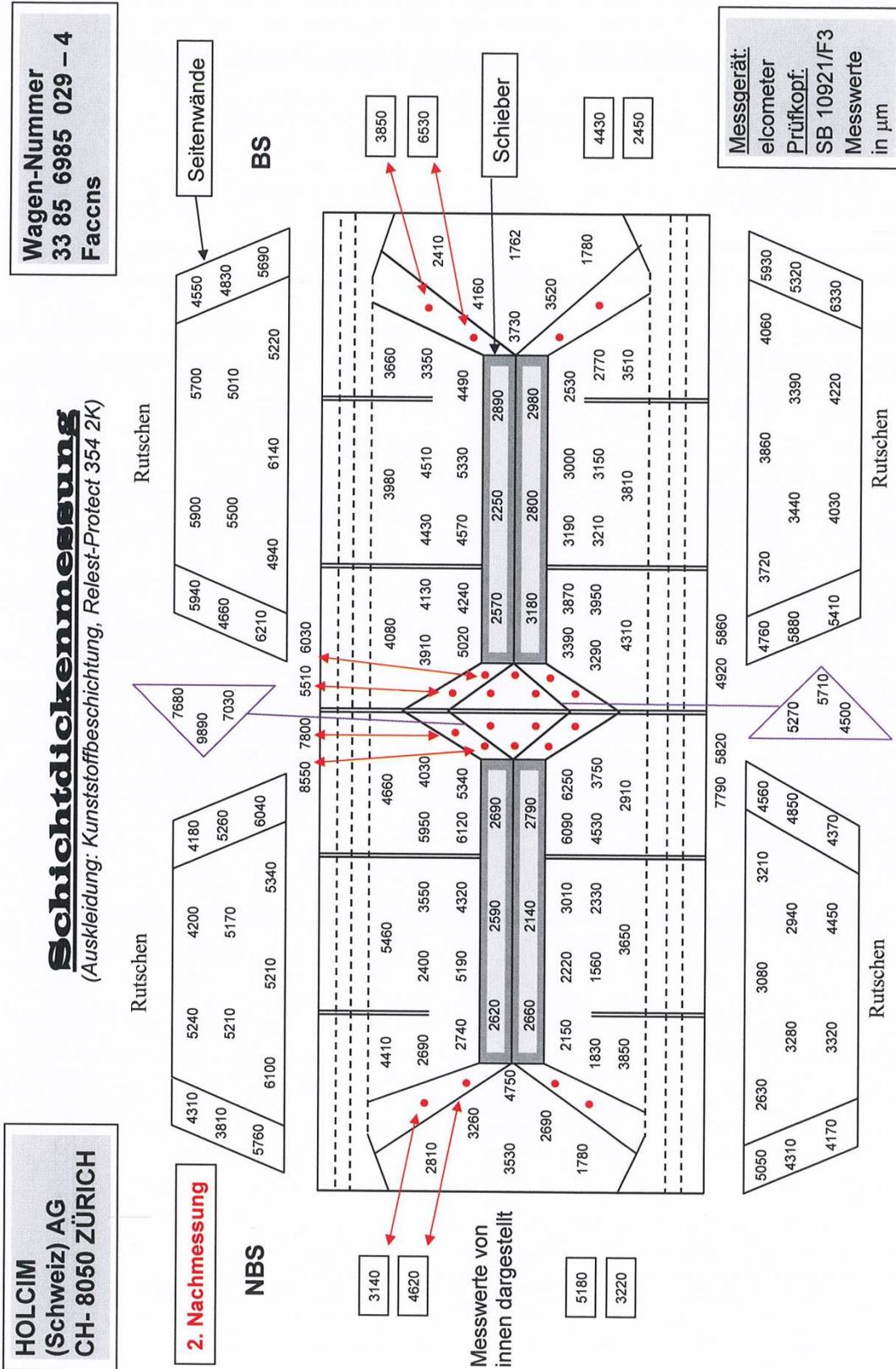


Kom: RM 21171

Datum : 27.06.2016

Prüfer : E. Schreiber,
E. Schreiber

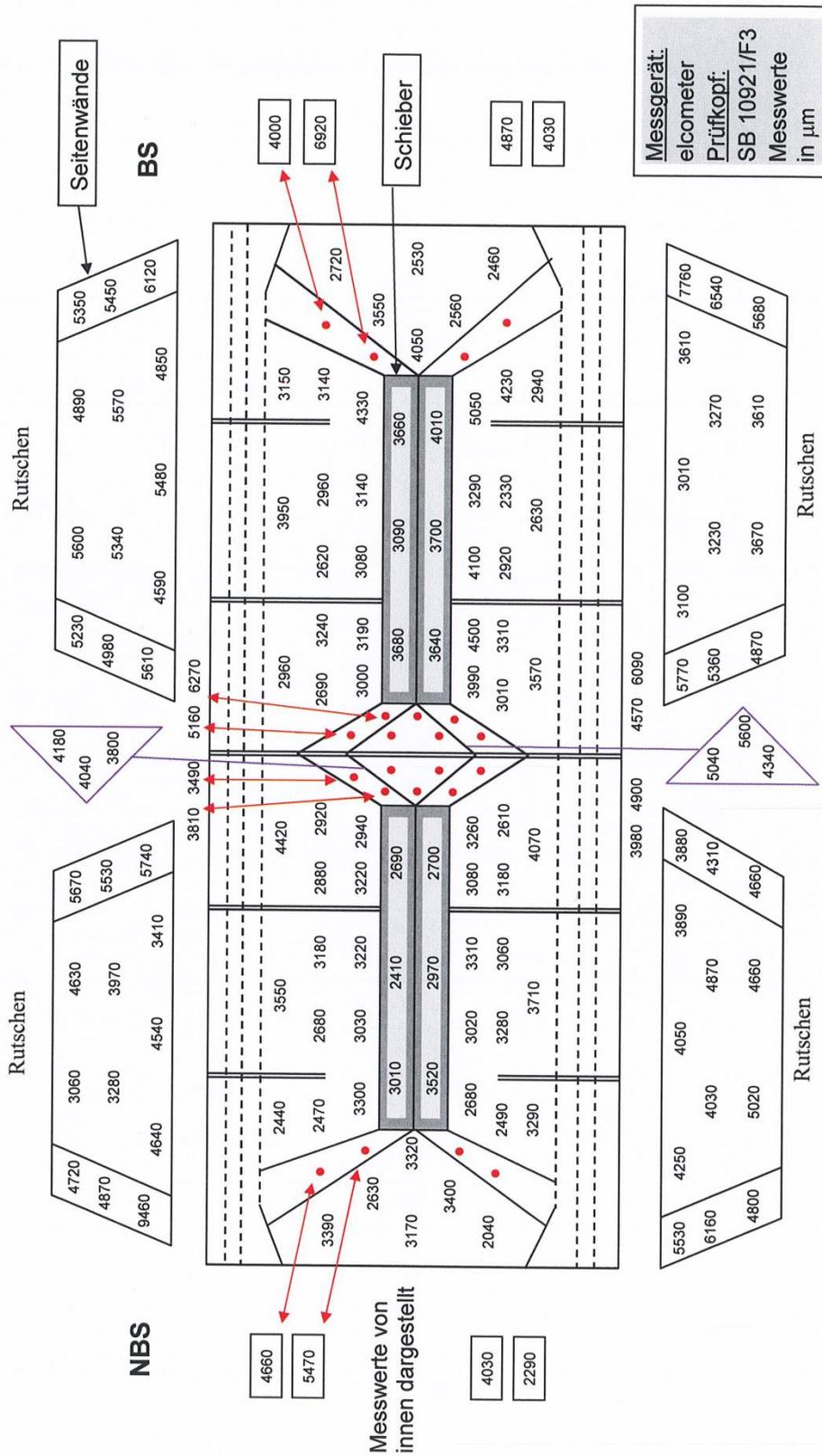
JOSEF MEYER RAIL AG



Wagen-Nummer
33 85 6985 037 - 7
Faccns

Schichtdickenmessung
(Auskleidung: Kunststoffbeschichtung, Relest-Protect 354 2K)

HOLCIM
(Schweiz) AG
CH- 8050 ZÜRICH

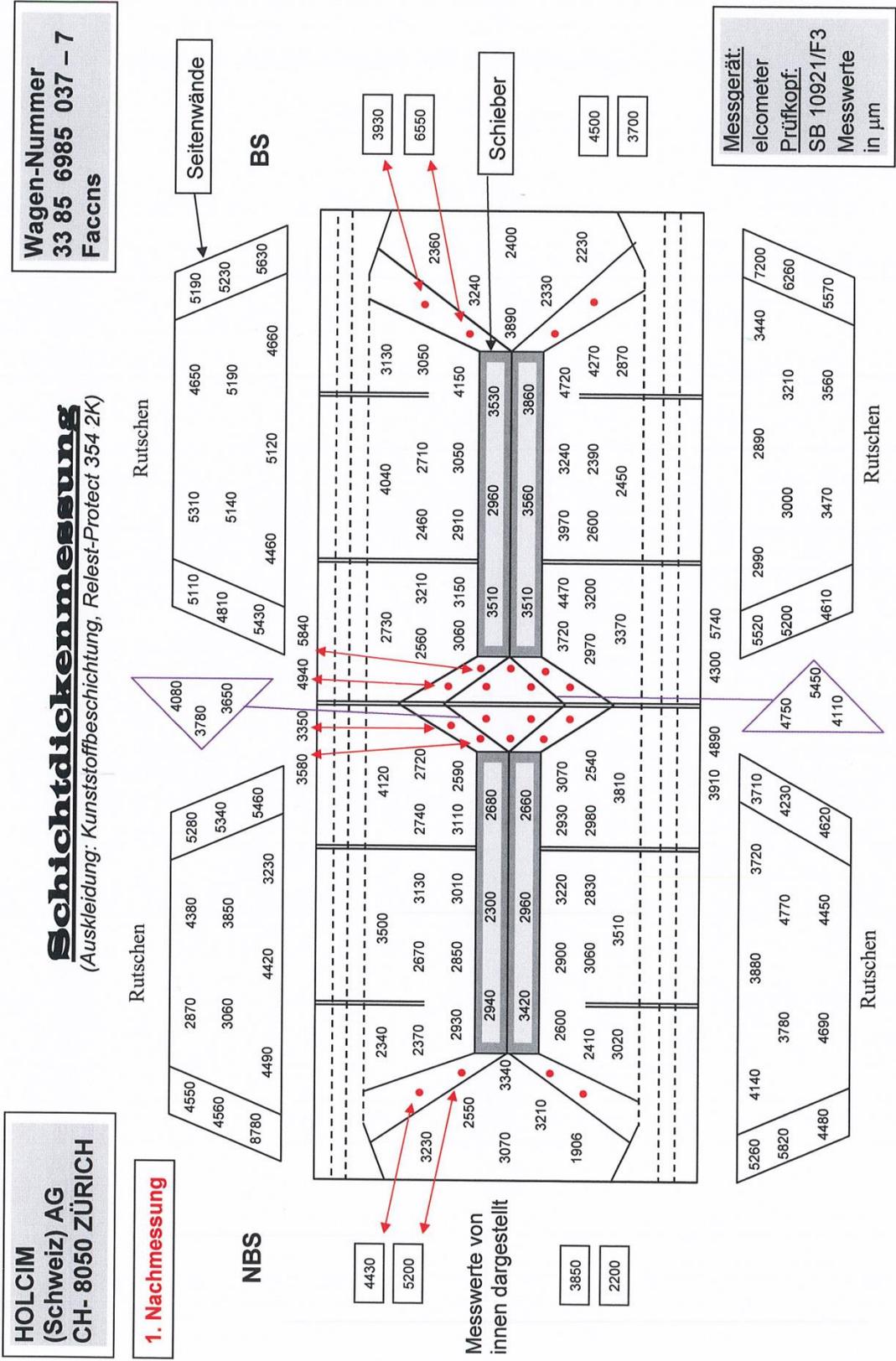


Kom: RM 21171

Datum : 06.04.2016

Prüfer : E. Schreiber
E. Schreiber
ITP
St

JOSEF MEYER RAIL AG



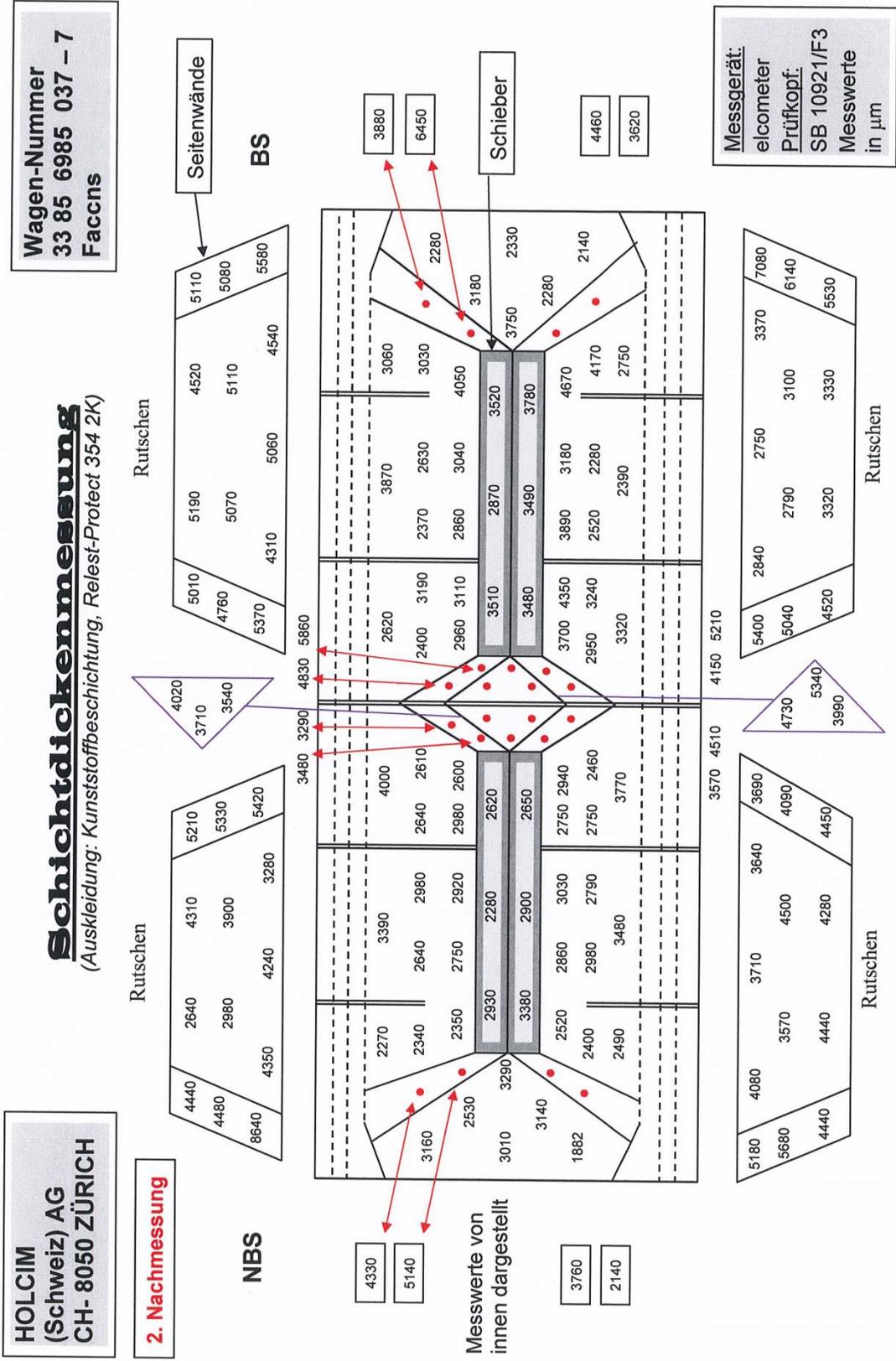
Kom: RM 21171

Datum : 28.06.2016

Prüfer : E. Schreiber

JOSEF MEYER RAIL AG





JOSEF MEYER RAIL AG

E. Schreiber
E. Schreiber

Prüfer : E. Schreiber

Datum : 15.05.2017

Kom: RM 21171