VÝZKUM, VÝVOJ A ZKUŠEBNICTVÍ KOLEJOVÝCH VOZIDEL
Bucharova 1314/8, CZ-158 00 Praha 5, Tschechische Republik

ZKUŠEBNA KOLEJOVÝCH VOZIDEL A KONTEJNERŮ

PRÜFBERICHT

14-C 076

Vergleichsmessung der Lärmausstrahlung bei Vorbeifahrt nach TSI 2011/229/EU Projekt HUPAC

Auftrag Nr.	4480
Anzahl Seiten	30
Anzahl Anlagen	23

	Vor- und Zuname	*Funktion*	*Unterschrift*
Erstellt und aktualisiert	Milan Richter, DiS.		
Mitwirkung	Dipl.-Ing. Lucie Phamová, Dip.-Ing. Jindřich Běťák		
Übersetzt	Dipl.-Ing. Jan Lutrýn		
Überprüft	Josef Žák	Technischer Leiter des Prüflabor	
Genehmigt	Dipl.-Ing. Zdeněk Malkovský	Direktor der Prüfstelle	

Änderung Nr.	0	1	2	3	4	5	6	7
Vom	2014-11-19							

Direktor Prüflabor: + 420 251 113 401
Technischer Leiter Prüflabor: + 420 251 113 436
Fax Prag: + 420 251 113 498 oder 499
E-Mail Prag: testing@vukv.cz
Internet: www.vukv.cz
Betrieb Prüflabor Cerhenice: + 420 321 792 460
+ 420 321 792 496
Fax Prüflabor Cerhenice: + 420 321 792 702
E-Mail Cerhenice: cerhenice@vukv.cz

Jede Veröffentlichung dieses Berichts oder der darin enthaltenen Angaben ist nur mit Genehmigung von VÚKV a. s. zulässig.
© VÚKV a. s.

INHALT

1 Allgemein ... 7
2 Angaben zum untersuchten Wagentyp ... 7
2.1 Gemeinsame Angaben ... 7
2.2 Beschreibung von Prüfvarianten ... 9
2.2.1 VAR. 1 – Zwei Containertragwagen, Drehgestelle Y25, Scheibenbremse, ohne Beschichtung ... 9
2.2.2 VAR. 2 – Zwei Taschenwagen, Drehgestelle Typ Niesky, Scheibenbremse, mit Beschichtung ... 9
2.2.3 VAR. 3 – Zwei Containertragwagen, Drehgestelle Y25, Scheibenbremse, mit Beschichtung ... 10
2.2.4 VAR. 4 – Zwei Taschenwagen, Drehgestelle Typ Niesky, Scheibenbremse, ohne Beschichtung 10
2.2.5 VAR. 5 – Zwei Taschenwagen, Drehgestelle Y25, Klotzbremse, ohne Beschichtung ... 10
2.2.6 VAR. 6 – Zwei Containertragwagen, Drehgestelle Y25, Klotzbremse, ohne Beschichtung ... 11
2.3 Technische Dokumentation ... 11
3 Prüfanforderungen ... 11
4 Messwerte und verwendete Geräte ... 13
4.1 Messwert ... 13
4.2 Verwendete Geräte ... 13
5 Beschreibung des Prüfungsablaufs ... 14
5.1 Messzugkomposition ... 14
5.2 Akustische Rauheit der Räder ... 14
5.3 Versuchsstrecke ... 15
5.3.1 Messungen nach TSI-Lärm ... 15
5.3.1 Messungen im Bogen von kleinem Radius R = 250 m ... 16
5.4 Messstelle und Mikrofonposition ... 17
5.4.1 Messungen nach TSI-Lärm ... 17
5.4.2 Messungen von Bogen mit kleinem Radius R = 250 m ... 20
5.5 Messintervall T_p ... 20
5.5.1 Messungen nach TSI-Lärm ... 20
5.5.2 Messungen im Bogen mit kleinem Radius R = 250 m ... 20
6 Prüfergebnisse ... 21
6.1 Schienenoberflächenrauheit ... 21
6.2 Abklingrate ... 21
6.3 Meteorologische Bedingungen ... 21
6.4 Messunsicherheit ... 22
6.5 Hintergrundschalldruckpegel ... 22
6.6 Überprüfen der akustischen Neutralität der benachbarter Wagen ... 23
6.7 Messungen nach TSI-Lärm ... 23
6.7.1 Messergebnisse bei der Vorbeifahrt in der ersten Messungskonfiguration (2014-08-24) ... 23
6.7.2 Messergebnisse bei der Vorbeifahrt in der zweiten Messungskonfiguration (2014-09-03/04) ... 25
6.8 Messergebnisse bei der Vorbeifahrt durch kleinen Bogenhalbmesser R = 250 m ... 27
7 Schlussfolgerung ... 30

ABBILDUNGEN

Abb. 1 – Typenskizze von Prüfgegenständen – Containertragwagen 8
Abb. 2 – Typenskizze von Prüfgegenständen – Taschenwagen 8
Abb. 3 – Bezeichnung von Prüfgegenständen 8
Abb. 4 – Containertragwagen Gattung Sgnss, Scheibenbremse, ohne Beschichtung 9
Abb. 5 – Taschenwagen Gattung Sdgnss, Scheibenbremse, mit Beschichtung 9
Abb. 6 – Taschenwagen Gattung Sdgnss, Klotzbreme, ohne Beschichtung 10
Abb. 7 – Containerwagen Gattung Sgnss, Klotzbremse, ohne Beschichtung 11
Abb. 8 – Art der Auswertung des ausgestrahlten Lärms bei der Durchfahrt des Bogens R = 250 m gemäß Kundenanforderung 12
Abb. 9 – Messstelle im km 1,3 im Streckenplan des Versuchszentrums Velim 16
Abb. 10 – Messstelle im km 0,6 im Streckenplan des Versuchszentrums Velim 17
Abb. 11 – Messstelle – TSI, Mikrofone $M1_{TSI}$, $M2_{TSI}$ und M3, optischer Sensor, Vibrationssensor, meteorologische Station 18
Abb. 12 – Messstelle – R 250 m, Mikrofone $M1_{TSI}$, $M2_{TSI}$, M3 und M4, optischer Sensor, meteorologische Station 19
Abb. 13 – Prinzipielle Darstellung der Lärmpegelüberprüfung benachbarter Wagen 23
Abb. 14 – Grafische Darstellungen der gemessenen Werte – erste Messungskonfiguration lt. TSI (2014-08-24) 24
Abb. 15 – Grafische Darstellungen der gemessenen Werte – zweite Messungskonfiguration lt. TSI (2014-09-03/04) 26
Abb. 16 – Grafische Darstellungen der gemessenen Werte 29

TABELLEN

Tab. 1 – Geometrische Parameter der Strecke - messungen nach TSI-Lärm 15
Tab. 2 – Bauparameter der Strecke – messungen nach TSI-Lärm 15
Tab. 3 – Geometrische Parameter der Strecke - messungen im Bogen R = 250 m 16
Tab. 4 – Bauparameter der Strecke - messungen im Bogen R = 250 m 16
Tab. 5 – Meteorologische Bedingungen während der Messung am 2014-08-24 21
Tab. 6 – Meteorologische Bedingungen während der Messung am 2014-09-03 21
Tab. 7 – Meteorologische Bedingungen während der Messung am 2014-09-04 22
Tab. 8 – Meteorologische Bedingungen während der Messung am 2014-08-29 22
Tab. 9 – Ergebniswerte des Lärms in der ersten Messungskonfiguration (2014-08-24), Referenzgeschwindigkeit 80 km/h 25
Tab. 10 – Ergebniswerte des Lärms in der ersten Messungskonfiguration (2014-08-24), Höchstgeschwindigkeit 120 km/h, umgerechnet auf 80 km/h 25
Tab. 11 – Ergebniswerte des Lärms in der zweiten Messungskonfiguration (2014-09-03/04), Referenzgeschwindigkeit 80 km/h 27
Tab. 12 – Ergebniswerte des Lärms in der zweiten Messungskonfiguration (2014-09-03/04), Höchstgeschwindigkeit 120 km/h, umgerechnet auf 80 km/h 27

ANLAGEN

Nr.	Benennung	Seiten
1	TEST CERTIFICATE VÚKV No. 14-D 049 + TEST REPORT VÚKV No. 14-P 049 VZZO Cerhenice Reference Track Section/Rail Acoustic Roughness Measurement according to EN 15610 – measurement on 2014-08-06 and 2014-09-21	20
2	TEST CERTIFICATE VÚKV No. 14-D 055 + TEST REPORT VÚKV No. 14-P 055 VZZO Cerhenice Reference Track Section / Track Decay Rate Measurement according to EN 15461:2008+A1:2010 – measurement on 2014-02-10 und 2014-10-17	22
3	TEST REPORT VÚKV No. 14-P 056 ZZO Cerhenice Track Section R = 250 m/Rail Acoustic Roughness Measurement taking account EN 15610 – measurement on 2014-10-07	12
4	TEST REPORT VÚKV No. 14-P 057 ZZO Cerhenice Track Section R = 250 m / Track Decay Rate Measurement taking account EN 15461:2008+A1:2010 – measurement on 2014-10-07 and 2014-10-30	17
5	Ergebnisse der Lärmmessungen gemäß TSI – Messungen am 2014-08-24	4
6	Ergebnisse der Lärmmessungen gemäß TSI - Messungen am 2014-09-03/04	4
7	Ergebnisse der Lärmmessungen im Bogen R = 250 m – Messungen am 2014-08-28	8
8	Messzugkomposition für die Prüfungen des ausgestrahlten Lärms bei der Vorbeifahrt nach TSI und Achsanordnung – Messung am 2014-08-24	1
9	Messzugkomposition für die Prüfungen des ausgestrahlten Lärms bei der Vorbeifahrt nach TSI und Achsanordnung – Messung am 2014-09-03/04	1
10	Messzugkomposition für die Prüfungen des ausgestrahlten Lärms bei der Vorbeifahrt R = 250 m und Achsanordnung – Messung am 2014-08-29	1
11	Demonstration einer Signalaufzeichnung + Kontrolle der akustischen Neutralität der benachbarten Wagen - Messung am 2014-08-24, Recording 063, Geschwindigkeit $V_{real.}$ = 81,7 km/h, L_{Aeq}	2
12	Demonstration einer Signalaufzeichnung + Kontrolle der akustischen Neutralität der benachbarten Wagen - Messung am 2014-08-24, Recording 059, Geschwindigkeit $V_{real.}$ = 120,6 km/h, L_{Aeq}	2
13	Demonstration einer Signalaufzeichnung + Kontrolle der akustischen Neutralität der benachbarten Wagen - Messung am 2014-09-03, Recording 008 (LOKO 109E), Geschwindigkeit $V_{real.}$ = 80,0 km/h, L_{Aeq}	2
14	Demonstration einer Signalaufzeichnung + Kontrolle der akustischen Neutralität der benachbarten Wagen - Messung am 2014-09-03, Recording 011 (LOKO 109E), Geschwindigkeit $V_{real.}$ = 119,8 km/h, L_{Aeq}	2
15	Demonstration einer Signalaufzeichnung + Kontrolle der akustischen Neutralität der benachbarten Wagen - Messung am 2014-09-03, Recording 018 (LOKO Br.124), Geschwindigkeit $V_{real.}$ = 83,0 km/h, L_{Aeq}	2
16	Demonstration einer Signalaufzeichnung + Kontrolle der akustischen Neutralität der benachbarten Wagen – Messung am 2014-09-03, Recording 019 (LOKO Br.124), Geschwindigkeit $V_{real.}$ = 121,5 km/h, L_{Aeq}	2

Nr.	Benennung	Seiten
17	Demonstration einer Signalaufzeichnung, Durchfahrt R = 250 m, Mikrofon M2 und M4 Messung am 2014-08-29, Recording 007, Geschwindigkeit $V_{jmen.}$ = 40 km/h, L_{Aeq}, Messzug gezogen Demonstration einer Signalaufzeichnung, Durchfahrt R = 250 m, Mikrofon M1 und M3 Messung am 2014-08-29, Recording 007, Geschwindigkeit $V_{jmen.}$ = 40 km/h, L_{Aeq}, Messzug gezogen	2
18	Demonstration einer Signalaufzeichnung, Durchfahrt R = 250 m, Mikrofon M2 und M4 Messung am 2014-08-29, Recording 008, Geschwindigkeit $V_{jmen.}$ = 40 km/h, L_{Aeq}, Messzug geschoben Demonstration einer Signalaufzeichnung, Durchfahrt R = 250 m, Mikrofon M1 und M3 Messung am 2014-08-29, Recording 008, Geschwindigkeit $V_{jmen.}$ = 40 km/h, L_{Aeq}, Messzug geschoben	2
19	Loco 124.601-6 wheel roughness, 1st and 3rd September 2014	3
20	Loco 380-007-7 wheel roughness, 3rd September 2014	3
21	Wheel roughness, 25th – 27th August 2014	21
22	Dimensionen des Wagens (nach der Typenzeichnung)	2
23	Meteorologische Bedingungen am 2014-08-24 – TSI Lärm Meteorologische Bedingungen am 2014-09-03 – TSI Lärm Meteorologische Bedingungen am 2014-09-04 – TSI Lärm Meteorologische Bedingungen am 2014-08-29 – R = 250 m	12

ÄNDERUNGSVERZEICHNIS

Änd. Nr.	Betrifft Seiten Nr./Änderungsbeschreibung
1	
2	

Verzeichnis benutzter Abkürzungen

$L_{pAeq,Tp}$	dB(A)	A-bewerteter äquivalenter Schalldruckpegel, gemessen im Zeitintervall T_p
L_{pA}	dB(A)	Schalldruckpegel
T_p	ms	Messintervall
l	m	Länge des geprüften Wagens über Puffer
$V_{skut.}$	km/h	tatsächliche Geschwindigkeit des am Mikrofonstandort vorbeifahrenden Wagens
T.K.	–	Schienenoberkante
VŽZO	–	Grosser Eisenbahn-Versuchsring
ŽZO	–	Eisenbahn-Versuchsring
VUZ	–	Eisenbahn-Forschungsinstitut
ID	–	Identifikationsnummer der Messung
TSI-Lärm	–	Beschluss der Kommission 2011/229/EU vom 4. April 2011 über die Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Fahrzeuge – Lärm“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems

1 Allgemein

Die Vergleichsmessung der Lärmausstrahlung bei der Vorbeifahrt hat die Firma VÚKV a.s., Bucharova 1314/8, CZ-158 00 Praha 5, Tschechische Republik (Auftragnehmer) hat die Prüfstelle für Schienenfahrzeuge und Container VÚKV a. s., akkreditiertes Prüflabor Nr. 1085, auf Grund der Bestellung FOG/JOH/SCEI-9MPJWS der Firma HUPAC Intermodal SA, Viale R. Manzoni 6, Chiasso, Schweiz (Auftraggeber) durchgeführt.

Die Bestellung wurde am 2014-08-05 auf Grund der vorgelegten Bestellung VÚKV N1810a gesendet. Der Auftrag ist bei der VÚKV a.s. unter Nr. 4480/2014 geführt. Auf Grund der Anforderungen des Auftraggebers wurden die ergänzenden Prüfungen im erweiterten Umfang im Übereinstimmen mit dem vorgelegten Angebot Nr. 1850 durchgeführt.

Die Lärmprüfungen fanden am 2014-08-24, 2014-09-03/04 im Strecken-km 1,3 des Referenzabschnitts VŽZO Cerhenice, bestimmt für das Messen der akustischen Parameter der Fahrzeuge, statt. Die Prüfung des ausgestrahlten Lärms während der Durchfahrt des Bogens mit kleinem Halbmesser R = 250 m fand am 2014-09-29 statt.

Die Fahrzeuge wurden zur Prüfung am 2014-08-24 beigestellt und der Messzug wurde am gleichen Tag zusammengestellt.

Die Prüfung haben die Mitarbeiter der Prüfstelle für Schienenfahrzeuge und Container VÚKV a.s. Frau Dipl.-Ing. Lucie Phamová und Herren Dipl.-Ing. Jindřich Běťák und Petr Polívka unter der Leitung von Milan Richter, DiS. vorbereitet und durchgeführt.

Bei der Prüfung nahmen teil: Michael John (HUPAC), Detlef Kappler (WBN Waggonbau Niesky), Dott. Ing. Eugenio Moro (HUPAC)

2 Angaben zum untersuchten Wagentyp

2.1 Gemeinsame Angaben

Die Prüfgegenstände waren acht Güterwagen von zwei Typen – Containertragwagen (CT) 60’ und Taschenwagen (T) T4.2 mit verschiedenen Modifikationen des Fahrgestells; insgesamt wurden sechs Prüfvarianten, die im nachfolgenden Absatz definiert werden.

Gemeinsame Eigenschaften von zwei Wagengrundtypen – Auswahl von Angaben mit Rücksicht auf die durchgeführte Prüfung:

Containertragwagen (CT) 60’

Gattung	**Sgnss**
Höchstgeschwindigkeit – Wagen leer	120 km/h
Höchstgeschwindigkeit – max. Achslast 22,5 t	100 km/h
Wagenlänge über Puffer	20 000 mm
Drehzapfenabstand	14 460 mm
Drehgestellachsstand	1 800 mm
Höhe über SOK	1 155 mm
Raddurchmesser (Neuräder)	920 mm
Spurweite	1 435 mm
Druckluftbremse	DK-GP-A
Eigengewicht (Wagengewicht bei den Prüfungen)	ca. 17 600 kg
Max. Gewicht des beladenen Wagens	90 000 kg
Hersteller	JOSEF MAYER Transport Technology AG CH 4310 Rheinfelden

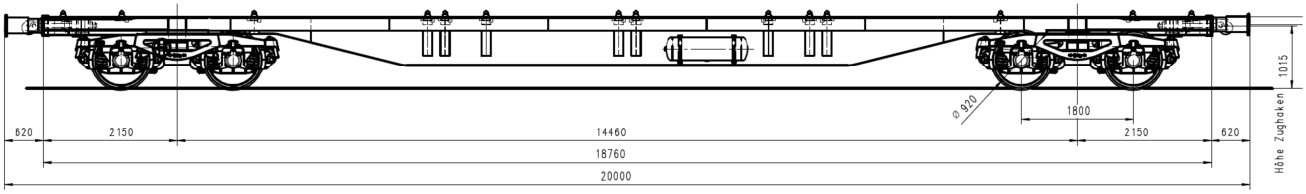


Abb. 1 – Typenskizze von Prüfgegenständen – Containertragwagen

Taschenwagen (T) T4.2

Gattung	**Sdgnss**
Höchstgeschwindigkeit – Wagen leer	120 km/h
Höchstgeschwindigkeit – max. Achslast 22,5 t	100 km/h
Wagenlänge über Puffer	20 000 mm
Drehzapfenabstand	14 200 mm
Drehgestellachsstand	1 800 mm
Höhe über SOK	1 155 mm
Raddurchmesser (Neuräder)	920 mm
Spurweite	1 435 mm
Druckluftbremse	DK-GP-A
Eigengewicht (Wagengewicht bei den Prüfungen)	ca. 22 000 kg
Max. Gewicht des beladenen Wagens	90 000 kg

Alle Wagen befanden sich während der Prüfung im Leerzustand.

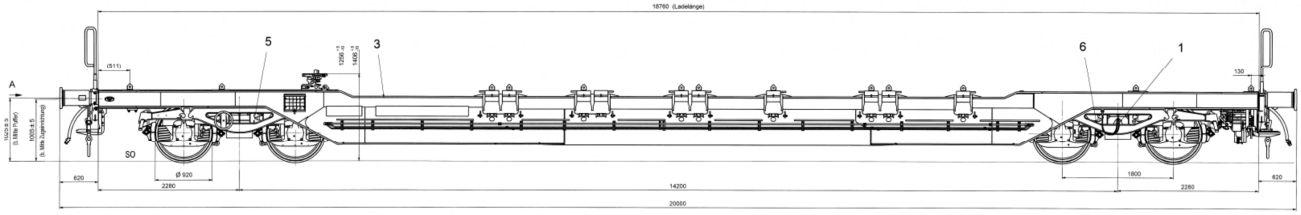


Abb. 2 – Typenskizze von Prüfgegenständen – Taschenwagen

Abb. 3 – Bezeichnung von Prüfgegenständen

2.2 Beschreibung von Prüfvarianten

Der Pegel des ausgestrahlten Lärms wurde immer für ein Paar gleicher Wagen in den folgenden Varianten festgestellt:

2.2.1 VAR. 1 – Zwei Containertragwagen, Drehgestelle Y25, Scheibenbremse, ohne Beschichtung

Abb. 4 – Containertragwagen Gattung Sgnss, Scheibenbremse, ohne Beschichtung

Nr. des ersten Wagens	33 85 4576 455-1
Herst.-Nr. des ersten Wagens	3903 (Baujahr 2008)
Herst.-Nr. der Drehgestelle des ersten Wagens	74790, 74791 (Baujahr 2014)
Nr. des zweiten Wagens	33 85 4576 335-5
Herst.-Nr. des zweiten Wagens	3699 (Baujahr 2008)
Herst.-Nr. der Drehgestelle des zweiten Wagens	74792, 74793
Drehgestelle	Y25Ls1 – Tatravagónka Poprad
Radsatz-Bauart	R60 von Lucchini DP_OT34_1
Tragfeder	Schraubenfeder

2.2.2 VAR. 2 – Zwei Taschenwagen, Drehgestelle Typ Niesky, Scheibenbremse, mit Beschichtung

Abb. 5 – Taschenwagen Gattung Sdgnss, Scheibenbremse, mit Beschichtung

Nr. des ersten Wagens	33 85 452 6 017-0
Herst.-Nr. des ersten Wagens	47432 (Baujahr 2007)
Herst.-Nr. der Drehgestelle des ersten Wagens	55326, 55329 (Baujahr 2014)
Nr. des zweiten Wagens	33 85 452 6 018-8
Herst.-Nr. des zweiten Wagens	47433 (Baujahr 2007)
Herst.-Nr. der Drehgestelle des zweiten Wagens	55327, 55328
Drehgestellbauart	DRRS25-LD – Waggonbau Niesky
Radsatz-Bauart	R60 von Lucchini DP_OT34_1
Tragfeder	Gummirollfeder

2.2.3 VAR. 3 – Zwei Containertragwagen, Drehgestelle Y25, Scheibenbremse, mit Beschichtung

Die Angaben zu den Wagen entsprechend der Variante 1 (siehe Abs. 2.2.1), bei der die Radsätze gegen Radsätze mit Beschichtung ausgetauscht wurden.

2.2.4 VAR. 4 – Zwei Taschenwagen, Drehgestelle Typ Niesky, Scheibenbremse, ohne Beschichtung

Die Angaben zu den Wagen entsprechend der Variante 2 (siehe Abs. 2.2.2), bei der die Radsätze gegen Radsätze ohne Beschichtung ausgetauscht wurden.

2.2.5 VAR. 5 – Zwei Taschenwagen, Drehgestelle Y25, Klotzbremse, ohne Beschichtung

Diese Variante wurde in den Messzug ohne Änderung sowohl in der ersten (am 2014-08-24) als auch der zweiten (2014-09-03/04) Konfiguration der Messung gleich eingereiht.

Abb. 6 – Taschenwagen Gattung Sdgnss, Klotzbreme, ohne Beschichtung

Nr. des ersten Wagens	33 85 4526 130-1
Herst.-Nr. des ersten Wagens	032 (Baujahr 2011)
Herst.-Nr. der Drehgestelle des ersten Wagens	59036, 59067 (Baujahr 2011)
Nr. des zweiten Wagens	33 85 4526 115-2
Herst.-Nr. des zweiten Wagens	017 (Baujahr 2011)
Herst.-Nr. der Drehgestelle des zweiten Wagens	59042, 59045
Drehgestellbauart	Y25 Lssi-K und Y25 Lssif-K
Bremssohle	K (Jurid 816M)
Tragfeder	Schraubenfeder

2.2.6 VAR. 6 – Zwei Containertragwagen, Drehgestelle Y25, Klotzbremse, ohne Beschichtung

Diese Variante wurde in den Messzug ohne Änderung sowohl in der ersten (am 2014-08-24) als auch der zweiten (2014-09-03/04) Konfiguration der Messung gleich eingereiht.

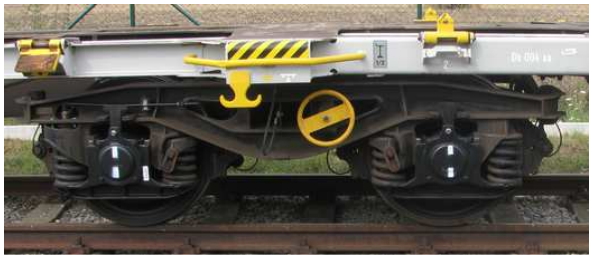


Abb. 7 – Containerwagen Gattung Sgnss, Klotzbremse, ohne Beschichtung

Nr. des ersten Wagens	33 85 4576 340-5
Herst.-Nr. des ersten Wagens	3701 (Baujahr 2008)
Herst.-Nr. der Drehgestelle des ersten Wagens	26532, 26337 (Baujahr 2008)
Nr. des zweiten Wagens	33 85 4576 428-8
Herst.-Nr. des zweiten Wagens	3832 (Baujahr 2008)
Herst.-Nr. der Drehgestelle des zweiten Wagens	30216, 30481 (Baujahr 2008)
Drehgestelle	Y25 Lssi-K und Y25 Lssif-K
Radsätze	Db11sa RSL 22,5 t
Bremssohle	K (Jurid 816M)
Tragfeder	Schraubenfeder

2.3 Technische Dokumentation

Typenzeichnung des Wagens	4achs. Taschenwagen, Zeichnung Nr.5.283-01.00.00:000/0, Ausgabedatum 2006-11-02
Typenzeichnung des Wagens	Containertragwagen Sgnss CTW 2004, Zeichnung Nr. 2-133 057 Ausgabedatum 2004-07-19

Die Typenzeichnungen sind in die **Anlage Nr. 22** einbezogen.

3 Prüfanforderungen

Die Prüfung wurde im Übereinstimmen mit dem Vorgang, abgestimmt zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer, erstellt auf Grund der Anforderungen von TSI-Lärm 2011/229/EU „Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems“ und EN ISO 3095:2013 „Bahnanwendungen – Akustik – Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen“ durchgeführt.

<u>Die Prüfung ist unter den folgenden Bedingungen durchzuführen:</u>

- die Mikrophonachse muss jeweils horizontal liegen und zum Gleis gerichtet sein, die Positionen der Mikrophone befinden sich auf beiden Wagenseiten im Abstand von 7,5 m zur Längsachse des Gleises in (1,2 ±0,2) m Höhe über SOK;
- die Messungen sind von beiden Seiten entlang der Wagenlängsachse durchzuführen;

- die Radlaufflächen von allen geprüften Wagen werden in der Zeit von mindestens 1 000 km einzufahren;
- den äquivalente Schalldruckpegel $\mathbf{L_{pAeq,Tp}}$ [dB(A)] ist als Deskriptor des Messungen anzuwenden;
- Lärmprüfungen in der ersten Konfiguration des Messzuges (VAR. 1, 2 ,5 und 6);
- Lärmprüfungen in der zweiten Konfiguration des Messzuges (VAR. 3, 4, 5 und 6);
- die Messungen sind bei der Vorbeifahrt des Wagens (es sind die Lärmemissionen jedes Wagentyps für alle Variante zu messen) mit einer Referenzgeschwindigkeit von 80 km/h und mit der Höchstgeschwindigkeit des Wagens, im vorliegenden Fall 120 km/h ±3 %, durchzuführen;
- für jeden Messort sind mindestens drei Messungen mit arithmetischem Mittelwert von diesen Messungen, durchzuführen;
- es sind die Terzoktavanalysen zu messen.

Zustand der Fahrzeuge:

- alle Fahrzeuge müssen bei der Prüfung im Leerzustand sein;
- die Radlaufflächen der Fahrzeuge sollen im guten Zustand und frei von jeder Unregelmäßigkeit wie Beschädigungen oder Flachstellen.

Prüfbedingungen:

- die Messungen sind auf der Strecke mit Freischallfeld durchzuführen;
- der Prüfabschnitt muss gut gewartet werden, die Neigung darf höchstens 3:1000 und der Bogenhalbmesser R ≥ 3000 m sein;
- die Messungen sind nur bei der Windgeschwindigkeit von weniger als 5 m/s, ohne Regen oder Schneefall durchzuführen;
- der Raum zwischen dem Fahrzeug und den Mikrofons darf nicht überschwemmt sein und muss maximal wie möglich frei von den schallschluckenden Stoffen (z. B. Schnee, hohe Vegetation, andere Gleise) oder mit reflektierender Oberfläche (z. B. Wasser, Eis) sein;
- von jeder Variante werden zwei Fahrzeuge bereitgestellt und das Messen der Schalldruckpegel bei der Vorbeifahrt wird im Intervall T_p entsprechend TSI Lärm (von der Hälfte des ersten zur Hälfte des zweiten Fahrzeugs) durchgeführt;
- die Prüfung wird auf dem Referenzabschnitt für die Lärmmessung auf dem großen Testring in der Tschechischen Republik, der für das Messen der akustischen Parameter der Fahrzeuge bestimmt ist.

Auf Kundenanforderung wurden weitere Prüfungen und zusammenhängende Tätigkeiten durchgeführt:

- die erste Orientierungsmessung der akustischen Rauigkeit der Räder auf einer gewählten Wagenseite (links/rechts) der zu prüfenden Wagen;
- Messung der akustischen Rauheit der Räder nach Messung der ersten Konfiguration (die Messung der akustischen Rauheit wird im Stillstand auf den abgestellten Wagen durchgeführt);
- Radsatztausch von insgesamt 8 Stk. Radsätze (4 Stk. Radsätze ohne Beschichtung aus zwei Containertragwagen gegen 4 Stk. Radsätze mit Beschichtung aus den Taschenwagen);
- Messung bei der Durchfahrt von Bogen mit kleinem Radius R = 250 m;
- Ermittlung der Parameter des Lärmreferenzabschnitts des Testrings:
  - Messen der Schienenoberflächenrauigkeit nach EN 15610,
  - Messen Abklingrate (der Stufe der dynamischen Dämpfung) nach EN 15461;
- Messung des ausgestrahlten Lärms bei der Durchfahrt von Bogen mit kleinem Radius R = 250 bei den Geschwindigkeiten 15, 20 u. 40 km/h

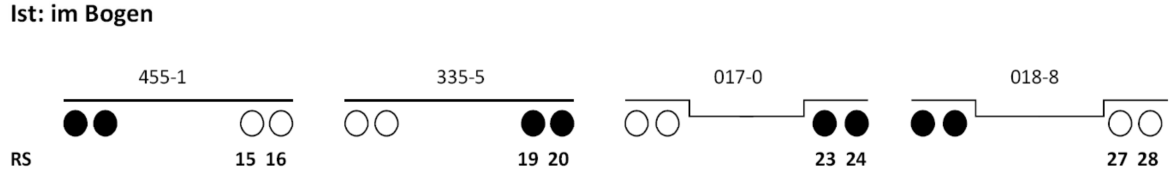


Abb. 8 – Art der Auswertung des ausgestrahlten Lärms bei der Durchfahrt des Bogens R = 250 m gemäß Kundenanforderung

4 Messwerte und verwendete Geräte

4.1 Messwert

Der äquivalente Schalldruckpegel $\mathbf{L_{pAeq,Tp}}$, ist durch folgende Formel definiert:

$$L_{pAeq,Tp} = 10\log\left[\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t1}^{t2}\frac{p_A^2(t)}{p_0^2}dt\right]$$

mit	$\mathbf{L_{pAeq,Tp}}$	A-bewerteter äquivalenter Schalldruckpegel [dB(A)]
	$\mathbf{t_2\text{-}t_1}$	gemessenes Messintervall T [s]
	$\mathbf{p_A(t)}$	A-bewerteter augenblicklicher Schalldruck [Pa]
	$\mathbf{p_o}$	Referenzschwellenwert p_0 = 20 µPa

Die Prüfungen wurden bei der Vorbeifahrt des Messzuges am Messort für die folgenden Nenngeschwindigkeiten durchgeführt:

- Referenzgeschwindigkeit 80 km/h;
- Höchstgeschwindigkeit 120 km/h.

4.2 Verwendete Geräte

Zur Messung des Schalldruckpegels wurde die Apparatur Modular Precision Sound Analyzer Type 2260 der Firma Brüel & Kjaer herangezogen.

- als Schallpegelmesser wurde Investigator 2260 Herst.-Nr. 1875604, ausgerüstet mit der Firmware BZ 7202 und BZ 7203, verwendet;
- um den Lärm zu erfassen, wurde ein Kondensator-Mikrophon der Firma Brüel & Kjaer Typ Falkon 4189 Herst.-Nr. 1869200, für freies Schallfeld, Empfindlichkeit 50 mV/V, Polarisation 0 V, Frequenzbereich 6 Hz – 20 kHz, herangezogen;
- zur Kalibrierung der Messkette wurde ein Pistonfon der Firma Brüel & Kjaer Typ 4220, Herst.-Nr. 1048898, verwendet;
- der atmosphärische Druck wurde mit Hilfe des Luftdruckmessers Brüel & Kjaer UZ 003 gemessen;
- zur Abstandsbestimmung wurde ein 30 m langes Stahlmessband, Richter, Herst.-Nr. 749/10 verwendet;
- für das Messen und Aufzeichnen der Temperatur, relativen Luftfeuchtigkeit und des absoluten Luftdrucks wurde die meteorologische Station Davis Vantage Pro 2, Herst.-Nr. A110504A060 benutzt;
- zur Synchronisierung wurden Aufnahmen der digitalen Videokamera CANON, Typ XA 25, verwendet.

Für das Messen des akustischen Drucks und der Vibrationen am Schienenfuß wurde eine weitere Apparatur des Herstellers Brüel & Kjaer herangezogen. Die Messkette setzte sich aus:

- der Messapparatur PULSE für die Mehrkanalmessung PULSE, Typ LAN-XI 51,2 kHz, 6 Kanäle;
- drei Mikrophonen vom Typ 2671 für akustisches Freifeld, TEDS;
- Aufnehmer von Vibrationen, angebracht am Schienenfuß, Hersteller Brüel & Kjaer, Typ 4534-B-001, Herst.-Nr. 30030, Messumfang bis 12,8 kHz;
- Kalibrator zum Nachweis der Kalibrationswerten einzelner Kanäle, Typ 4231, Herst.-Nr. 3000253.

Zum Synchronisieren mit der Schallaufzeichnung und zum unabhängigen Feststellen der Fahrgeschwindigkeit wurde das Paar optischer Sensoren Typ IDEC SA1U-B02MW, die die vorbeifahrenden Räder detektieren, benutzt; ein davon wurde in der Ebene des Mikrofons, der zweite 21 m weiter in der Fahrtrichtung (außer des Messens im Bogen R = 250 m) untergebracht.

Alle mit dem Schallpegelmesser erfassten Werte wurden mit A-bewertetem Filter mit der Zeitbewertung verarbeitet und in dB(A) ausgedrückt.

Die ganze Messapparatur erfüllt die Anforderungen der EN 60804 für die Einrichtungen des Typs 1.

5 Beschreibung des Prüfungsablaufs

5.1 Messzugkomposition

Der Messzug wurde aus den folgenden Fahrzeugen zusammengestellt:

Messung am 2014-08-24 – TSI Lärm – die erste Konfiguration des Messzuges

- Lokomotive CZ-VUZ 91 54 7 124 601-6, Länge über Puffer 17 210 mm
- 1 – akustischer Rahmenwagen: Sgnss Nr. 33 85 **4576 362-9**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 2 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 **4576 455-1**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 3 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 **4576 335-5**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 4 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 **4526 017-0**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 5 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 **4526 018-8**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 6 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 **4526 130-1**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 7 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 **4526 115-2**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 8 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 **4576 340-5**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 9 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 **4576 428-8**, Länge über Puffer 20 000 mm

Messzugkomposition für die Prüfungen des ausgestrahlten Lärms bei der Vorbeifahrt gemäß TSI und Achsanordnung – siehe **Anlage 8.**

Messung am 2014-09-03/04 – TSI Lärm – die zweite Konfiguration des Messzuges

- Lokomotive CZ-VUZ 91 54 7 124 601-6, Länge über Puffer 17 210mm, später ersetzt mit
- *Lokomotive ŠKODA Typ 109E (380) Nr. 380 007-5, Länge über Puffer 18 000 mm*
- 1 – akustischer Rahmenwagen: Sgnss Nr. 33 85 **4576 362-9**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 2 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 **4576 340-5**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 3 - geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 **4576 428-8**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 4 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 **4576 335-5**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 5 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 **4576 455-1**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 6 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 **4526 018-8**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 7 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 **4526 017-0**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 8 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 **4526 130-1**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 9 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 **4526 115-2**, Länge über Puffer 20 000 mm

Messzugkomposition für die Prüfungen des ausgestrahlten Lärms bei der Vorbeifahrt gemäß TSI-Lärm und Achsanordnung – siehe **Anlage 9.**

Messung am 2014-08-29 – R = 250 m

- Lokomotive CZ VUZ 92 54 2 740 420-5, Länge über Puffer 13 600 mm
- 1 – akustischer Rahmenwagen: Sgnss Nr. 33 85 4576 **362-9**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 2 – akustischer Rahmenwagen: Sgnss Nr. 33 85 4576 **362-9**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 3 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 4576 **455-1**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 4 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 4576 **335-5**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 5 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 452 6 **017-0**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 6 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 452 6 **018-8**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 7 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 452 6 **130-1**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 8 – geprüfter Wagen Sdgnss Nr. 33 85 452 6 **115-2**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 9 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 4576 **340-5**, Länge über Puffer 20 000 mm
- 10 – geprüfter Wagen Sgnss Nr. 33 85 4576 **428-8**, Länge über Puffer 20 000 mm

Messzugkomposition für die Prüfungen des ausgestrahlten Lärms bei der Vorbeifahrt R = 250 m und Achsanordnung – siehe **Anlage 10.**

Die Radlaufflächen der Wagen wurden im Voraus begutachtet.

5.2 Akustische Rauheit der Räder

Die Prüfung wurde mit Einfahren von Radlaufflächen begonnen um Radlaufflächen von allen Radsätzen, die 1 000 km schon gelaufen sind, auf gleichen Stand zu bringen.

Die Wagen des Messzuges wurden unter den im Betrieb auftretenden Bedingungen eingefahren, die Bedingungen der TSI-Lärm wurden erfüllt.

Nach der Beistellung der Fahrzeuge in das Prüflabor wurde vor der Prüfung die visuelle Kontrolle der Radlaufflächen bei allen Fahrzeugen durchgeführt. Ebenfalls wurde auch die erste Orientierungsmessung der akustischen Rauheit der Räder auf einer gewählten Wagenseite (rechts) der zu prüfenden Wagen – gemessen 2014-08-21, siehe **Anlage 21** (entspricht den blauen Linien in den grafischen Darstellungen) – durchgeführt.

Der Zustand der Radlaufflächen wurde nach der Prüfung fotografisch dokumentiert und auf allen Radlaufflächen der zu prüfenden Wagen wurde die Messung der akustischen Rauheit – gemessen am 2014-08-26/27 – siehe **Anlage 21** (entspricht den grünen Linien in den grafischen Darstellungen) durchgeführt.

Die akustische Rauheit der Radlaufflächen wurde für Orientierung auch auf den beiden während der Prüfung im Referenzabschnitt für das Messen der Lärmprüfungen gemäß TSI verwendeten Lokomotiven gemessen:

- Lokomotive Nr. 124 601-6 – siehe **Anlage 19**

Die Messung wurde am 2014-09-01 (entspricht den grünen Linien in den grafischen Darstellungen) und am 2014-09-03 (entspricht den Magenta-Linien in den grafischen Darstellungen) durchgeführt:

- Lokomotive Nr. 380 007-7 – siehe **Anlage 20**

Die Messung wurde am 2014-09-03 (entspricht den Magenta-Linien in den grafischen Darstellungen)

Die akustische Rauheit der Räder der Lokomotive mit der Bezeichnung 21 u. 31 konnte auf Grund des Zutritts zu den Radlaufflächen nicht gemessen werden (es war technisch nicht durchführbar, die festgelegte Minimallänge des Radausschnitts für die Berechnung der akustischen Rauheit zu messen).

Die akustische Rauheit der Radlaufflächen wurde immer auf den stehenden Fahrzeugen (Lokomotiven) gemessen. Es war technisch nicht durchführbar, die Hebeeinrichtung anzuwenden und die Messung auf den frei drehbaren Rädern durchzuführen.

5.3 Versuchsstrecke

5.3.1 Messungen nach TSI-Lärm

Für die Messungen wurde der Abschnitt der Versuchsstrecke VŽZO verwendet, der die Anforderungen der TSI-Lärm in Bezug auf Rauheit (siehe **Anlage 1;** gemessen am 2014-08-06 und wiederholt auf Kundenwunsch am 2014-09-21) und dynamische Dämpfung erfüllt (siehe **Anlage 2;** gemessen am 2014-02-10 und wiederholt auf Kundenwunsch am 2014-10-17). Es handelt sich um einen geraden Abschnitt der Versuchsstrecke VŽZO zwischen den Kilometern 0,1…2,0. Die Messstelle befand sich auf dem VŽZO im km 1,3 – siehe **Abb. 9**. Die geometrischen Parameter der Strecke mit dem Referenzabschnitt sind der **Tabelle 1,** die Bauparameter der Strecke der **Tabelle 2** zu entnehmen.

Tab. 1 – Geometrische Parameter der Strecke - messungen nach TSI-Lärm

Strecke	Gleis	Überhöhung [mm]	Streckensteigung [‰]	Spurweite [mm]	Schieneneinbauneigung	Messort [km]
VŽZO	gerade	0	0,00	1 435	1:40	1,300

Die Bauparameter der Strecke sind der **Tab. 3** zu entnehmen.

Tab. 2 – Bauparameter der Strecke – messungen nach TSI-Lärm

Gleisunterbau	Schotterbetthöhe	Schwellentyp	Schienentyp	Schienenunterlageplatte	Befestigung
Erdmaterial	0,8…1,0 m	Beton, B 91	UIC 60	EVA Zw 687a	SKL 14 W14

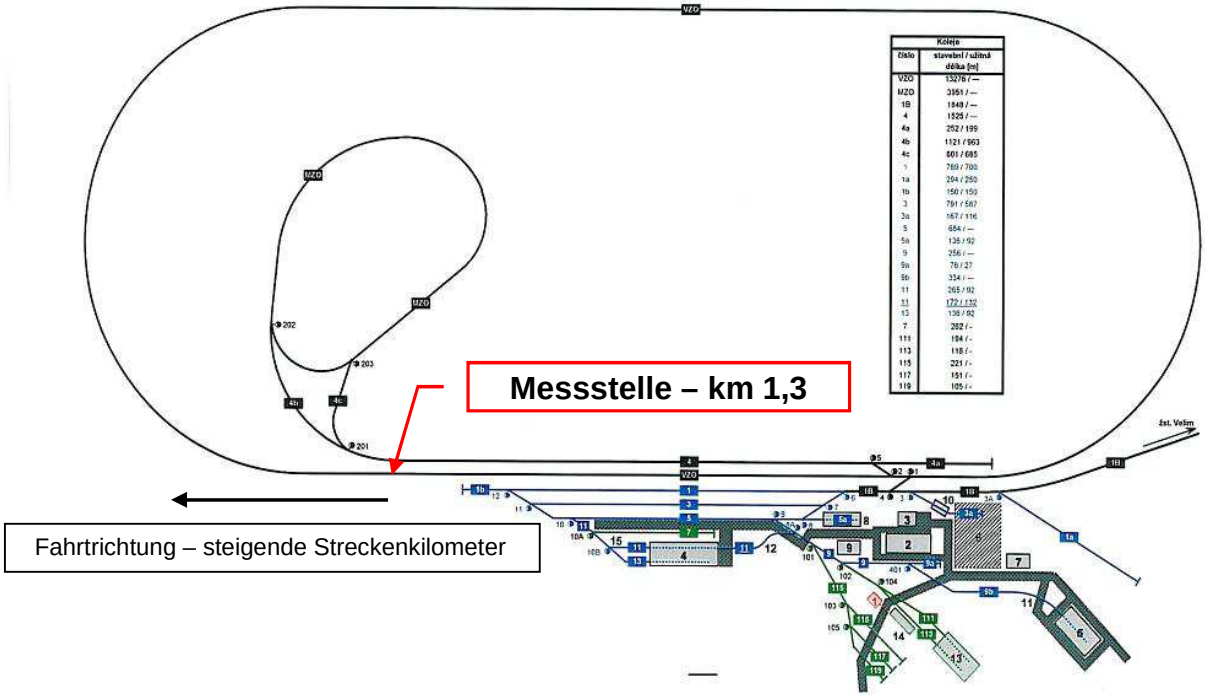


Abb. 9 – Messstelle im km 1,3 im Streckenplan des Versuchszentrums Velim

5.3.1 Messungen im Bogen von kleinem Radius R = 250 m

Für die Messungen wurde ein Bogen mit kleinem Radius von R = 250 m verwendet, der die Anforderungen der TSI-Lärm in Bezug auf Rauheit (siehe **Anlage 3;** gemessen auf Kundenwunsch am 2014-10-07) und dynamische Dämpfung erfüllt (siehe **Anlage 4;** gemessen auf Kundenwunsch an der ersten Messstelle am 2014-10-07 und an der zweiten Messstelle am 2014-10-30). Es geht um einen Bogen R = 250 m, der als Verbindungsgleis zum kleinen Testring dient. Die Messstelle befand sich im km 0,600 – siehe **Abb. 10**. Die geometrischen Parameter der Strecke mit dem Referenzabschnitt sind der **Tabelle 3,** die Bauparameter der Strecke der **Tabelle 4** zu entnehmen.

Tab. 3 – Geometrische Parameter der Strecke - messungen im Bogen R = 250 m

Strecke	Gleis	Überhöhung [mm]	Streckensteigung [‰]	Spurweite [mm]	Schieneneinbau-neigung	Messort [km]
MŽZO	R = 250 m	0	0,00	1 435	1:40	0,600

Die Bauparameter der Strecke sind der **Tab. 3** zu entnehmen.

Tab. 4 – Bauparameter der Strecke - messungen im Bogen R = 250 m

Gleisunterbau	Schotterbetthöhe	Schwellentyp	Schienentyp	Schienen-unterlageplatte	Befestigung
Erdmaterial	0,8	Beton, B91S	S49	Wfp14k	14 V12

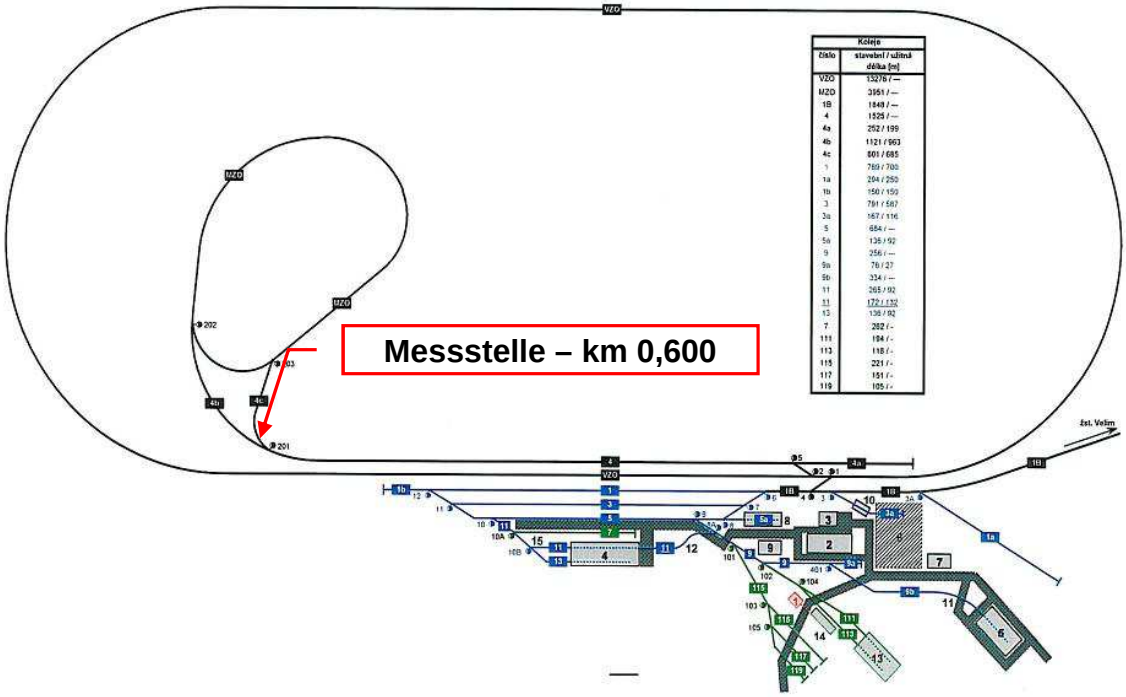


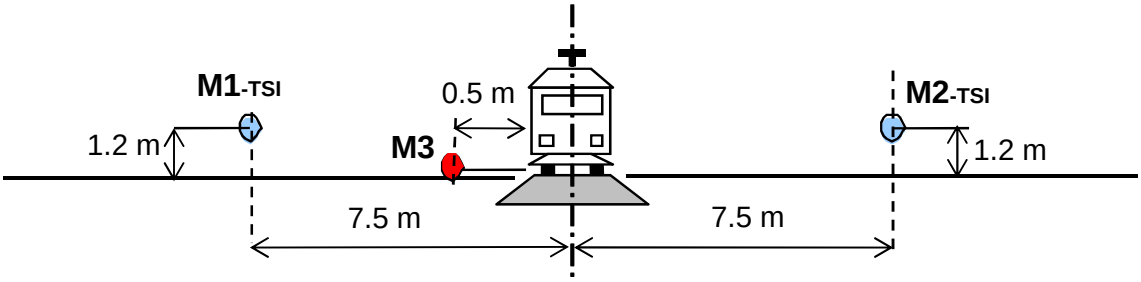
Abb. 10 – Messstelle im km 0,6 im Streckenplan des Versuchszentrums Velim

5.4 Messstelle und Mikrofonposition

5.4.1 Messungen nach TSI-Lärm

Die Anordnung des Mikrofons – siehe **Abb. 11** – die genannte Stelle des Versuchsrings erfüllt die Freifeldbedingungen.

Die Mikrofonachse lag horizontal und war zum Gleis gerichtet, die Positionen des Mikrofons befanden sich auf beiden Wagenseiten im Abstand von 7,5 m zur Gleisachse in einer Höhe über SOK von (1,2 ±0,2) m. Der Mikrofon M3, ergänzt über den Rahmen der Anforderungen von TSI-Lärm, wurde auf der Seite des Mikrofons M1 in der Höhe von SOK in der Entfernung 0,5 m vom Innenschienen-strang untergebracht.



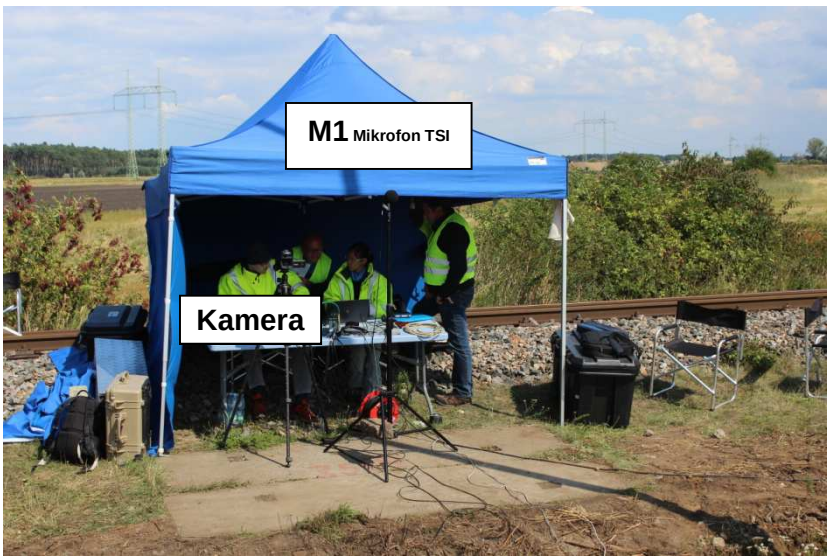
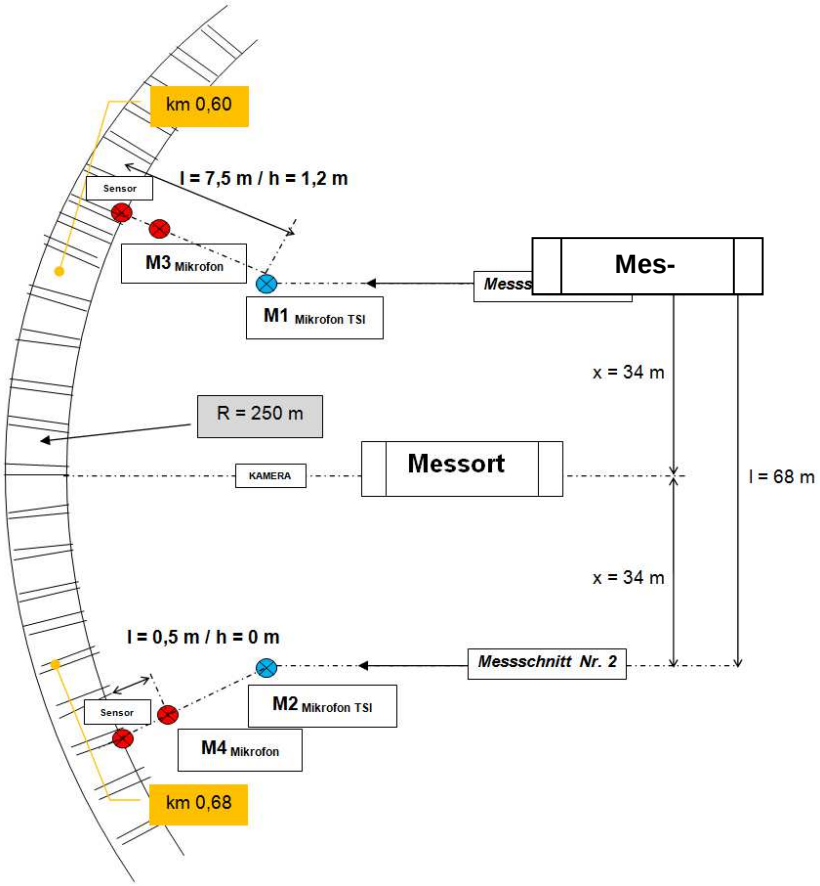
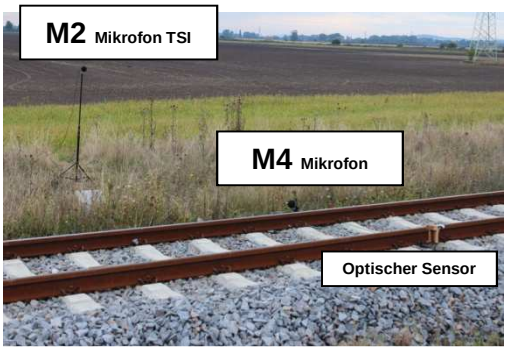


Abb. 11 – Messstelle – TSI, Mikrofone $M1_{TSI}$, $M2_{TSI}$ und M3, optischer Sensor, Vibrationssensor, meteorologische Station





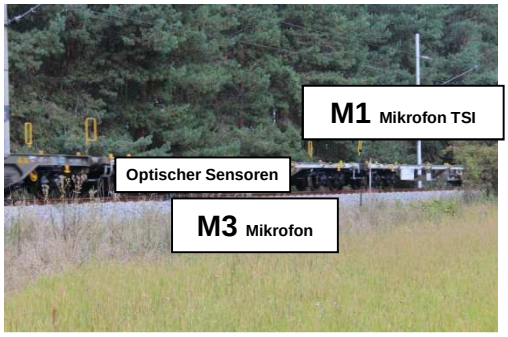


Abb. 12 – Messstelle – R 250 m, Mikrofone $M1_{TSI}$, $M2_{TSI}$, M3 und M4, optischer Sensor, meteorologische Station

5.4.2 Messungen von Bogen mit kleinem Radius R = 250 m

Die Anordnung des Mikrofons – siehe **Abb. 12** – die genannte Stelle des Testrings erfüllt die Freifeldbedingungen. Die Messung verlief in zwei Querschnitten senkrecht zur Gleisachse.

Während der Prüfung im Bogen R = 250 m wurden zwei Messschnitte in der Entfernung 76 m voneinander festgelegt. In jeder Schnittebene wurden 2 Mikrofons und Sensor der Raddurchfahrt untergebracht. Die tatsächliche Durchfahrtsgeschwindigkeit wurde auf Grund des bekannten Drehzapfenabstands der Fahrzeuge festgestellt.

Die Mikrofonachse lag horizontal und war zum Gleis gerichtet, die Positionen des Mikrofons befanden sich auf einer Wagenseite (Bogeninnenseite) im Abstand von 7,5 m zur Achse des Gleises in einer Höhe über SOK von (1,2 ±0,2) m. Ein weiterer Mikrofon wurde im jeden Schnitt in der Entfernung 0,5 m vom Innenschienenstrang in der Höhe von SOK untergebracht.

5.5 Messintervall T_p

5.5.1 Messungen nach TSI-Lärm

Die Messzeit $\mathbf{T_p}$ [ms] beginnt im Zeitpunkt, in dem die Mitte des ersten zu prüfenden Fahrzeugs (Wagen I) vor dem Mikrofonstandort vorbeifährt, und endet im Zeitpunkt, in dem die Mitte des zweiten in Prüfung befindlichen Fahrzeuges (Wagen II) vor dem Mikrofon vorbeifährt – siehe **Anlage 8 und 9** (gültig für alle Messvarianten).

Die schematische Darstellung des Messintervalls T_p mit einem Signal des äquivalenten Schalldruckpegels L_{pAeq} für die Geschwindigkeiten 80 und 120 km/h (Messungen am 2014-08-24 und am 2014-09-03/04) – siehe **Anlagen 11, 12, 13, 14, 15** und **16**.

Dieses geforderte Messintervall T_p wurde anhand eines Paares der optischen Sensoren genau festgelegt, die mit der Aufzeichnung des A-bewerteten äquivalenten Schalldruckpegels zeitlich synchronisiert wurde.

Theoretisches Messintervall T_p für die Vorbeifahrt des Versuchszuges am Messort, auf die Länge des Versuchswagens über Puffer bezogen, gemäß Formel:

$$T_p = \frac{l * 3.6}{v} * 1000$$

$$\underline{T_{p_80\ km/h} = 900\ ms}$$

$$\underline{T_{p_120\ km/h} = 601\ ms}$$

mit

T_p Messintervall für die Auswertung des Lärmpegels bei Vorbeifahrt des Wagens [ms]
l Länge des Wagens über Puffer [m] *(20 000 mm)*
v tatsächliche Geschwindigkeit des Wagens bei Vorbeifahrt am Messort [km/h]

5.5.2 Messungen im Bogen mit kleinem Radius R = 250 m

Die Messzeit $\mathbf{T_p}$ [ms] ist auf die Durchfahrt des konkreten Drehgestells bezogen. Der Anfang des Intervalls entspricht der Einfahrt des Drehgestells und endet im Augenblick des gleichen Drehgestells nach dem Anschnitt der Mikrofonachse.

Die Messung wurde für die Geschwindigkeitsregimes 15, 30, 40 km/h für die Varianten der gezogenen und geschobenen Zuggarnitur mit Auswertung einer jeden Durchfahrt für die beiden Mikrofonschnitte durchgeführt.

Dieses geforderte Messintervall T_p wurde anhand eines optischen Sensors und Radsatzabstandes des Wagens genau festgelegt, die mit der Aufzeichnung des Schalldrucks zeitlich synchronisiert wurde.

Die schematische Darstellung des Messintervalls T_p mit einem Signal des äquivalenten Schalldruckpegels L_{pAeq} für die Geschwindigkeit von 40 km/h (Messungen am 2014-08-29) – siehe **Anlage 17** (Messzug gezogen) und **18** (Messzug geschoben). Die Auswertung wurde für alle Durchfahrten für die beiden Messschnitte durchgeführt.

Das theoretische Messintervall T_p für die Vorbeifahrt des Drehgestelles unter dem Versuch an der Messstelle, auf den Achsabstand des Drehgestelles bezogen, gemäß Formel:

$$T_p = \frac{l * 3.6}{v} * 1000,$$

mit

T_p Messintervall für die Auswertung des Lärmpegels bei Vorbeifahrt des Wagens [ms]
l Achsabstand des Drehgestelles [m] (1 800 mm)
v tatsächliche Geschwindigkeit [km/h].

Für die nominalen Werte wird $T_{p_15\ km/h} = 432$ ms
$T_{p_30\ km/h} = 216$ ms
$T_{p_45\ km/h} = 144$ ms
sein.

6 Prüfergebnisse

6.1 Schienenoberflächenrauheit

Ergebnisse des Messens der Schienenoberflächenrauheit gemäß EN 15610:

1) Referenzabschnitt VŽZO – gemessen am 2014-08-06 und 2014-09-21 – siehe **Anlage 1**;

2) Bogenabschnitt R = 250 m – gemessen am 2014-10-07 – siehe **Anlage 2**.

6.2 Abklingrate

Ergebnisse der Abklingrate des Messens (der Stufe der dynamischen Dämpfung) gemäß EN 15461:2008+A1:2010:

1) Referenzabschnitt VŽZO – gemessen am 2014-02-10 und 2014-10-17 – siehe **Anlage 3**;

2) Bogenabschnitt R = 250 m – am 2014-10-07 und 2014-10-30 – siehe **Anlage 4**.

6.3 Meteorologische Bedingungen

Die Lärmversuche fanden statt:

am 2014-08-24 von 07:00 bis 19:00 (Messung lt. TSI in der ersten Konfiguration)

am 2014-09-03/04 von 21:00 bis 01:00 (Messung lt. TSI in der zweiten Konfiguration)

am 2014-09-29 von 09:00 bis 12:00 (Messung im Bogen R = 250 m)

Die Zeitverläufe der Größen der meteorologischen Bedingungen (Lufttemperatur, absoluter Luftdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Windrichtung) sind für die Tage, in den die Lärmmessungen durchgeführt worden waren, sind der **Anlage 23** zu entnehmen.

Während der Prüfung wurden die folgenden meteorologischen Bedingungen aufgezeichnet:

Tab. 5 – Meteorologische Bedingungen während der Messung am 2014-08-24

Wetter –	Temperatur [°C]	Relative Luftfeuchtigkeit [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Absoluter Luftdruck [hPa]
halb bedeckt	11,9...19,3	44...93	1,3...4,9	991,2...994,5

Tab. 6 – Meteorologische Bedingungen während der Messung am 2014-09-03

Wetter –	Temperatur [°C]	Relative Luftfeuchtigkeit [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Absoluter Luftdruck [hPa]
halb bedeckt	12,1...15,6	88...96	0,0...0,4	998,4...998,6

Tab. 7 – Meteorologische Bedingungen während der Messung am 2014-09-04

Wetter	Temperatur	Relative Luftfeuchtigkeit	Windgeschwindigkeit	Absoluter Luftdruck
–	[°C]	[%]	[m/s]	[hPa]
halb bedeckt	12,0...12,8	96...97	0,0...0,4	998,5...998,6

Tab. 8 – Meteorologische Bedingungen während der Messung am 2014-08-29

Wetter	Temperatur	Relative Luftfeuchtigkeit	Windgeschwindigkeit	Absoluter Luftdruck
–	[°C]	[%]	[m/s]	[hPa]
halb bedeckt	13,6...19,3	53...69	0,0...0,9	1016,8...1017,6

Die Messung wurde beim halb bedeckten Wetter durchgeführt, das Gleis und die Umgebung der Messstelle waren trocken und die meteorologischen Bedingungen können aus Sicht der messtechnischen Ermittlung der Lärmemissionen als erfüllend von Anforderungen von TSI-Lärm angenommen werden.

6.4 Messunsicherheit

Bei den Prüfungen wurden alle festgelegten Anforderungen hinsichtlich Witterungsbedingungen eingehalten. Die erweiterte Messunsicherheit U_{AB} war:

$U = \pm 2{,}0$ dB

Die erweiterte Messunsicherheit ist gleich dem Produkt aus der Standardunsicherheit der Messung und dem Erweiterungsfaktor k = 2, was für die normale Verteilung einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von rund 95 % entspricht.

6.5 Hintergrundschalldruckpegel

Der Hintergrundschalldruckpegel, kontrolliert mit Hilfe des Deskriptors des A-bewerteten Schalldruckpegels, hat nicht überschritten:

Messungen am 2014-08-24 (TSI)
- für den Messort M1 L_{pAeq} = **43 dB(A)**
- für den Messort M2 L_{pAeq} = **44 dB(A)**
- für den Messort M3 L_{pAeq} = **43 dB(A)**

Messungen am 2014-09-03/04 (TSI)
- für den Messort M1 L_{pAeq} = **40 dB(A)**
- für den Messort M2 L_{pAeq} = **41 dB(A)**
- für den Messort M3 L_{pAeq} = **39 dB(A)**

Messungen am 2014-09-29 (R = 250 m)
- für den Messort M1 L_{pAeq} = **46 dB(A)**
- für den Messort M2 L_{pAeq} = **47 dB(A)**
- für den Messort M3 L_{pAeq} = **47 dB(A)**
- für den Messort M3 L_{pAeq} = **48 dB(A)**

Die Hintergrundschalldruckpegel an den beiden Messstellen wurden nach der Kalibrierung gemessen und lagen immer bei 40 dB (A). Damit ist sichergestellt, dass der Hintergrundschalldruckpegel mehr als 10 dB unter den bei der Vorbeifahrt gemessenen Pegeln lag. Die Ergebnisse müssen nicht korrigiert werden.

6.6 Überprüfen der akustischen Neutralität der benachbarter Wagen

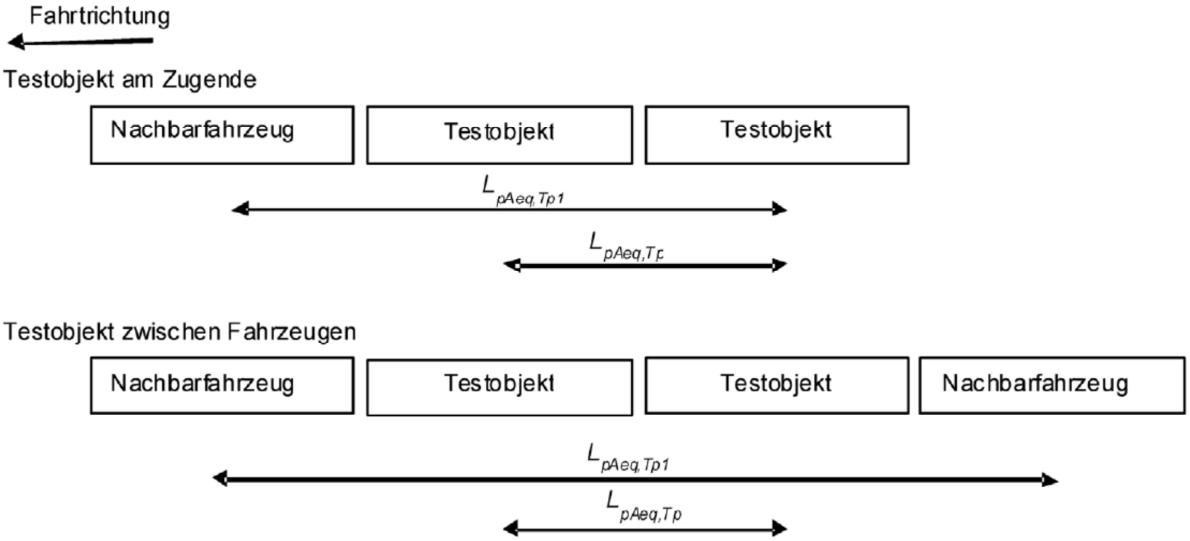


Abb. 13 – Prinzipielle Darstellung der Lärmpegelüberprüfung benachbarter Wagen

Die Erfüllung der Anforderung auf die akustische Neutralität der benachbarter Fahrzeuge im Übereinstimmen mit TSI-Lärm, Abs. E.3.4, wurde durch Gegenüberstellen der Schalldruckpegel $\mathbf{L_{pAeq,T1,\ T2,\ T3,\ T4,\ T5,\ T6}}$ / $\mathbf{L_{pAeq,TP,\ VAR.\ 1,\ VAR.\ 2,\ VAR.\ 3,\ VAR.\ 4,\ VAR.\ 5,\ VAR.\ 6}}$ für die Zeitintervalls T1, T2, T3, T4, T5, T6 u. T_p nachgewiesen.

Der Unterschied der Schalldruckpegel $L_{pAeq,T1}$ im Messintervall T1 in der Gegenüberstellung mit dem Schalldruckpegel $L_{pAeq,TP}$ im Intervall T_p hat <u>im keinen</u> der einzelnen messtechnischen Ermittlungen (gültig für die beiden Geschwindigkeitsregimes 80 u. 120 km/h) <u>den Wert 2,0 dB(A) überschritten.</u>

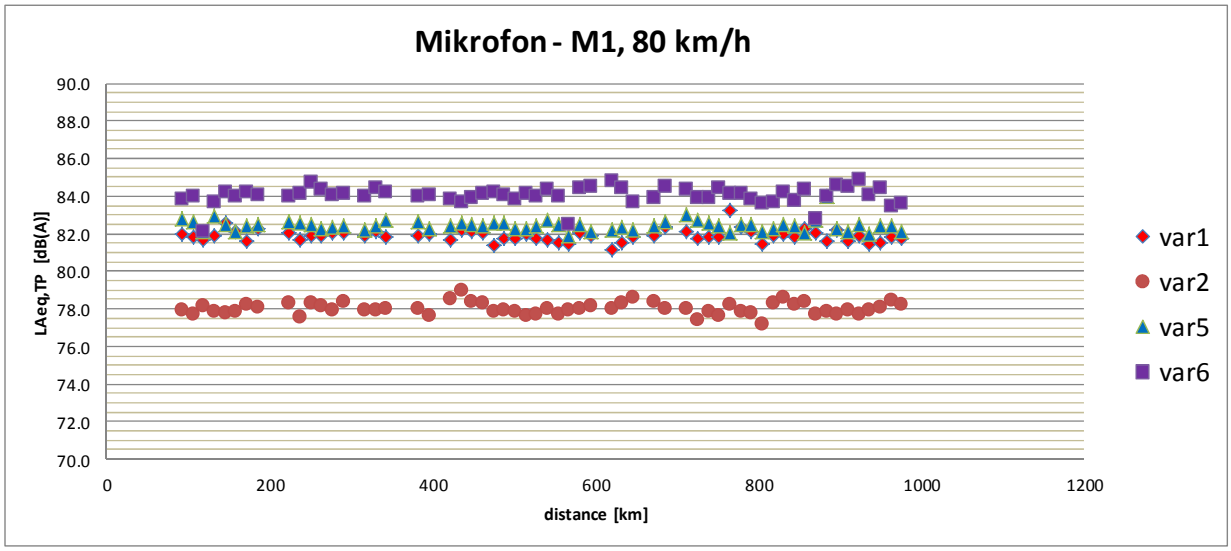
Demonstration der Kontrolle der akustischen Neutralität benachbarter Wagen s. in **Anlagen 11, 12, 13, 14, 15** und **16.**

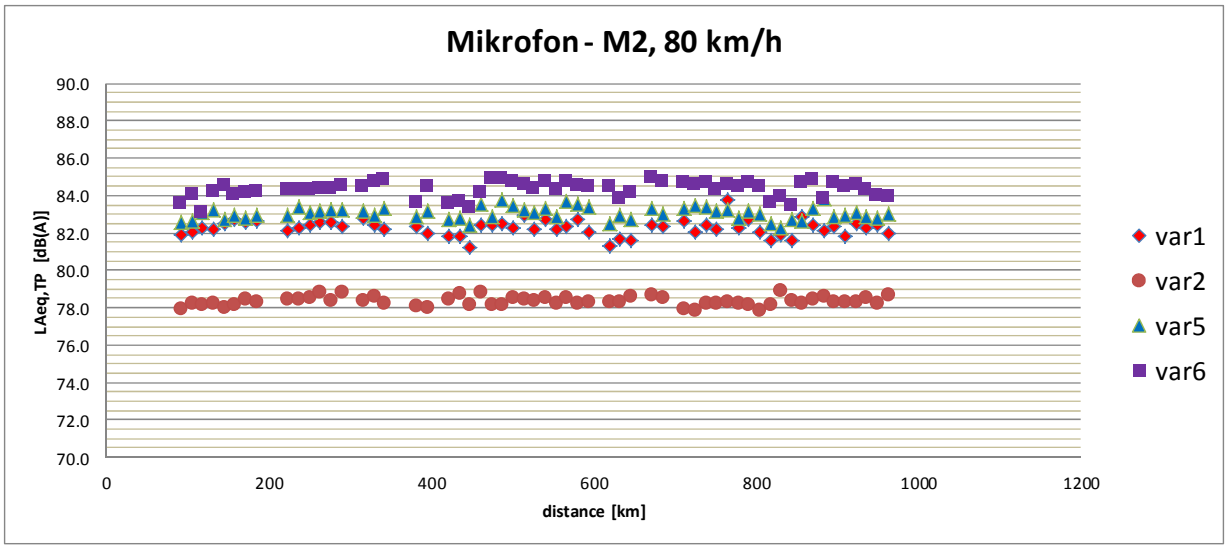
6.7 Messungen nach TSI-Lärm

6.7.1 Messergebnisse bei der Vorbeifahrt in der ersten Messungskonfiguration (2014-08-24)

Die Ergebniswerte aus allen durchgeführten Lärmmessungen sind in **Anlage 5** aufgeführt.

Die grafischen Darstellungen aus allen gemessenen Werten, bezogen auf die Referenzgeschwindigkeit 80 km/h sind in **Abb. 14** aufgeführt.





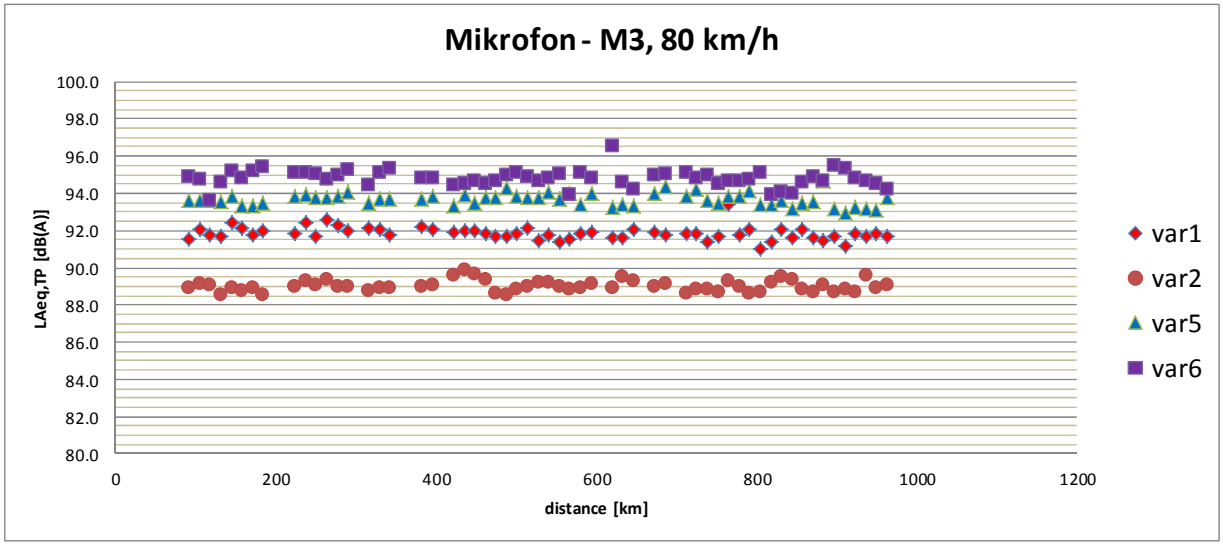


Abb. 14 – Grafische Darstellungen der gemessenen Werte – erste Messungskonfiguration lt. TSI (2014-08-24)

6.7.1.1 Fahrt mit der konstanten Geschwindigkeit 80 km/h (Referenzgeschwindigkeit)

Tab. 9 – Ergebniswerte des Lärms in der ersten Messungskonfiguration (2014-08-24), Referenzgeschwindigkeit 80 km/h

Ergebnisse des A-bewerteten äquivalenten Lärmpegels $L_{pAeq,Tp}$ bei der Vorbeifahrt mit Referenzgeschwindigkeit 80 km/h												
$L_{Aeq,Tp}$ dB (A) Arithmetischer Mittelwert	Var. 1 Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			Var. 2 Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			Var. 5 Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			Var. 6 Referenzgeschwindigkeit 80 km/h		
	$M1_{TSI}$	$M2_{TSI}$	*M3*	$M1_{TSI}$	$M2_{TSI}$	*M3*	$M1_{TSI}$	$M2_{TSI}$	M3	$M1_{TSI}$	$M2_{TSI}$	M3
	82	82	*92*	78	78	*90*	82	83	93	84	84	94

6.7.1.2 Fahrt mit der konstanten Geschwindigkeit 120 km/h (Höchstgeschwindigkeit)

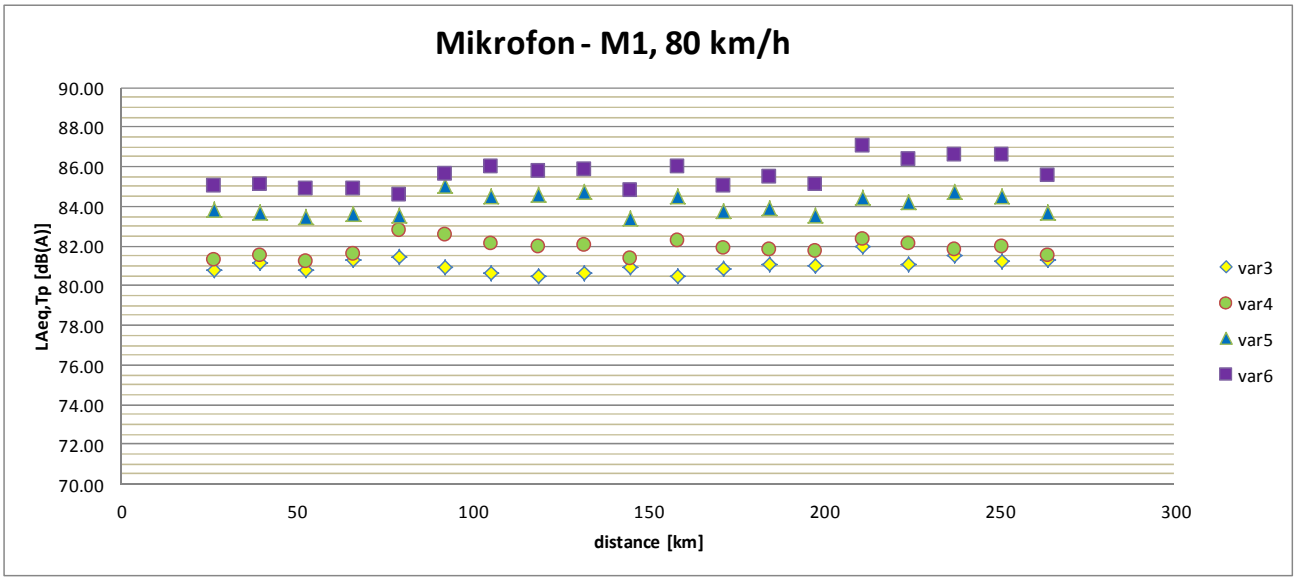
Tab. 10 – Ergebniswerte des Lärms in der ersten Messungskonfiguration (2014-08-24), Höchstgeschwindigkeit 120 km/h, umgerechnet auf 80 km/h

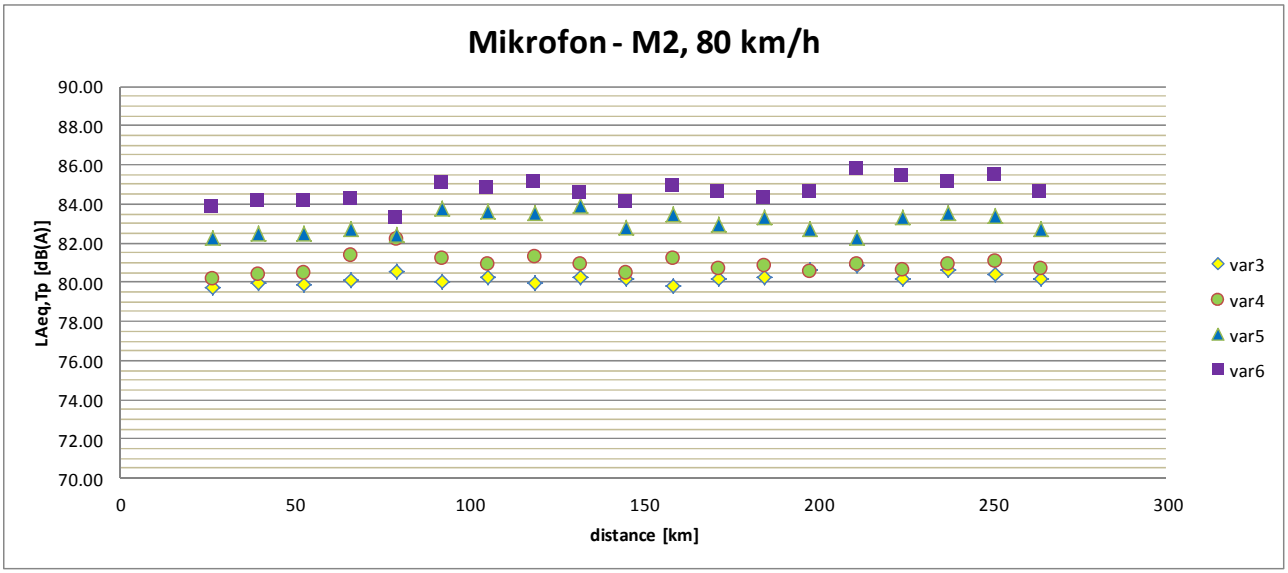
Ergebnisse des A-bewerteten äquivalenten Lärmpegels $L_{pAeq,Tp}$ bei der Vorbeifahrt mit Höchstgeschwindigkeit 120 km/h nach Umrechnung auf die Referenzgeschwindigkeit 80 km/h												
$L_{Aeq,Tp}$ dB (A) Arithmetischer Mittelwert	Var. 1 Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			Var. 2 Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			Var. 5 Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			Var. 6 Referenzgeschwindigkeit 80 km/h		
	$M1_{TSI}$	$M2_{TSI}$	*M3*	$M1_{TSI}$	$M2_{TSI}$	*M3*	$M1_{TSI}$	$M2_{TSI}$	M3	$M1_{TSI}$	$M2_{TSI}$	M3
	82	82	*92*	78	78	*89*	82	83	93	84	84	95

6.7.2 Messergebnisse bei der Vorbeifahrt in der zweiten Messungskonfiguration (2014-09-03/04)

Die Ergebniswerte aus allen durchgeführten Lärmmessungen sind in **Anlage 6** aufgeführt.

Die grafischen Darstellungen aus allen gemessenen Werten, bezogen auf die Referenzgeschwindigkeit 80 km/h sind in Abb. 15 aufgeführt.





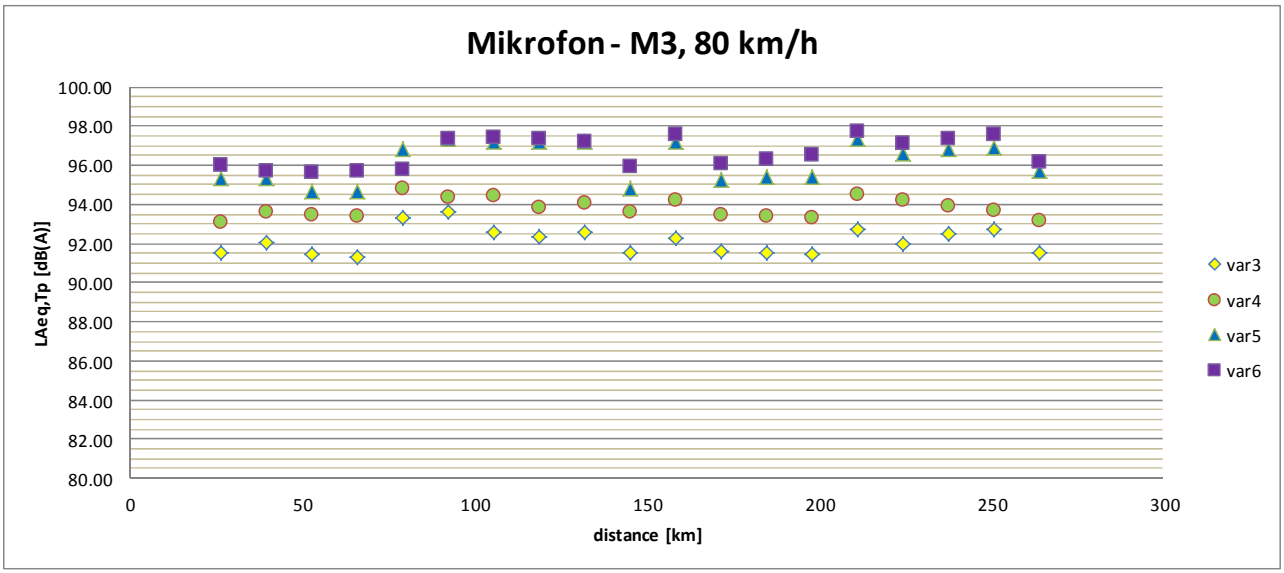


Abb. 15 – Grafische Darstellungen der gemessenen Werte – zweite Messungskonfiguration lt. TSI (2014-09-03/04)

6.7.2.1 Fahrt mit der konstanten Geschwindigkeit 80 km/h (Referenzgeschwindigkeit)

Tab. 11 – Ergebniswerte des Lärms in der zweiten Messungskonfiguration (2014-09-03/04), Referenzgeschwindigkeit 80 km/h

Ergebnisse des A-bewerteten äquivalenten Lärmpegels $L_{pAeq,Tp}$ bei der Vorbeifahrt mit Referenzgeschwindigkeit 80 km/h												
$L_{Aeq,Tp}$ dB (A) Arithmetischer Mittelwert	**Var. 6** Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			**Var. 3** Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			**Var. 4** Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			**Var. 5** Referenzgeschwindigkeit 80 km/h		
	$M1_{TSI}$	**$M2_{TSI}$**	***M3***	**$M1_{TSI}$**	**$M2_{TSI}$**	***M3***	**$M1_{TSI}$**	**$M2_{TSI}$**	***M3***	**$M1_{TSI}$**	**$M2_{TSI}$**	***M3***
	85	**84**	***96***	**81**	**80**	***92***	**82**	**81**	**93**	**84**	**83**	**95**

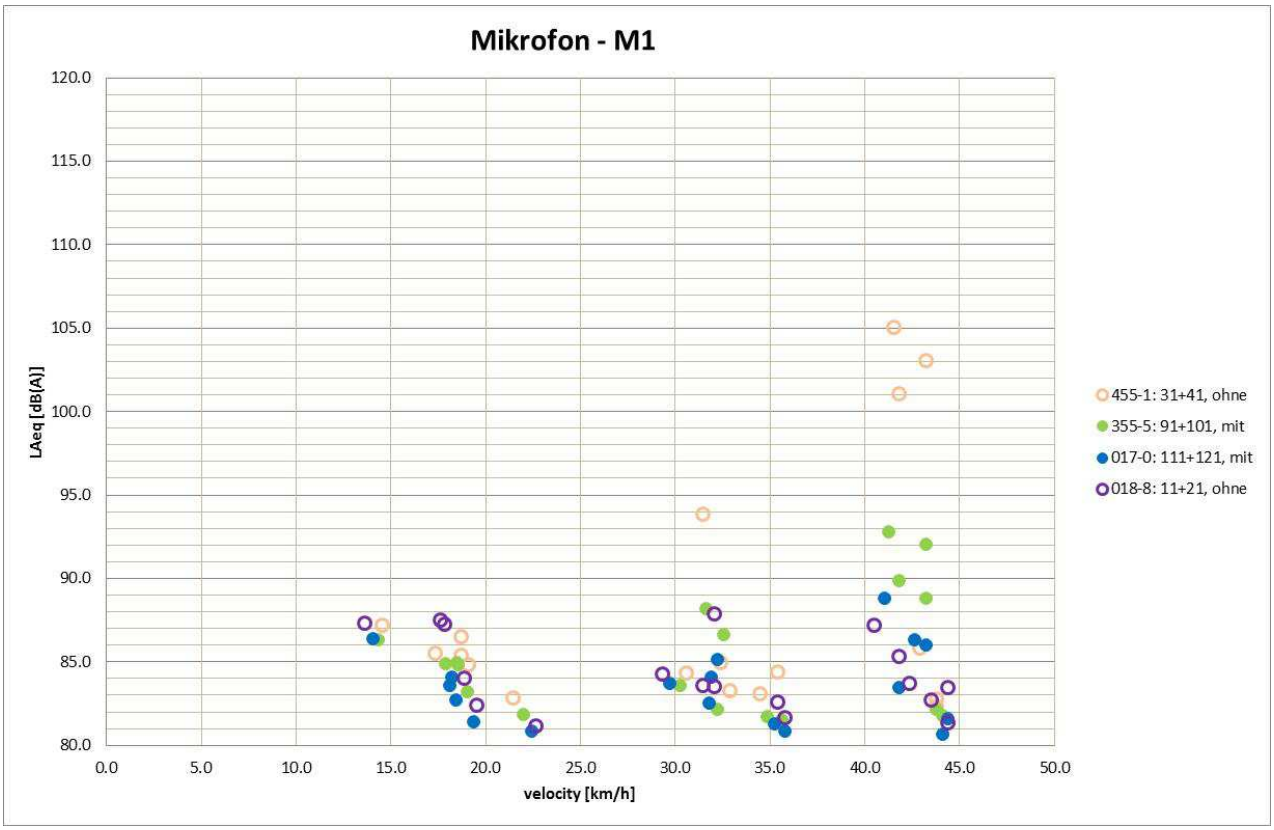
6.7.2.2 Fahrt mit der konstanten Geschwindigkeit 120 km/h (Höchstgeschwindigkeit)

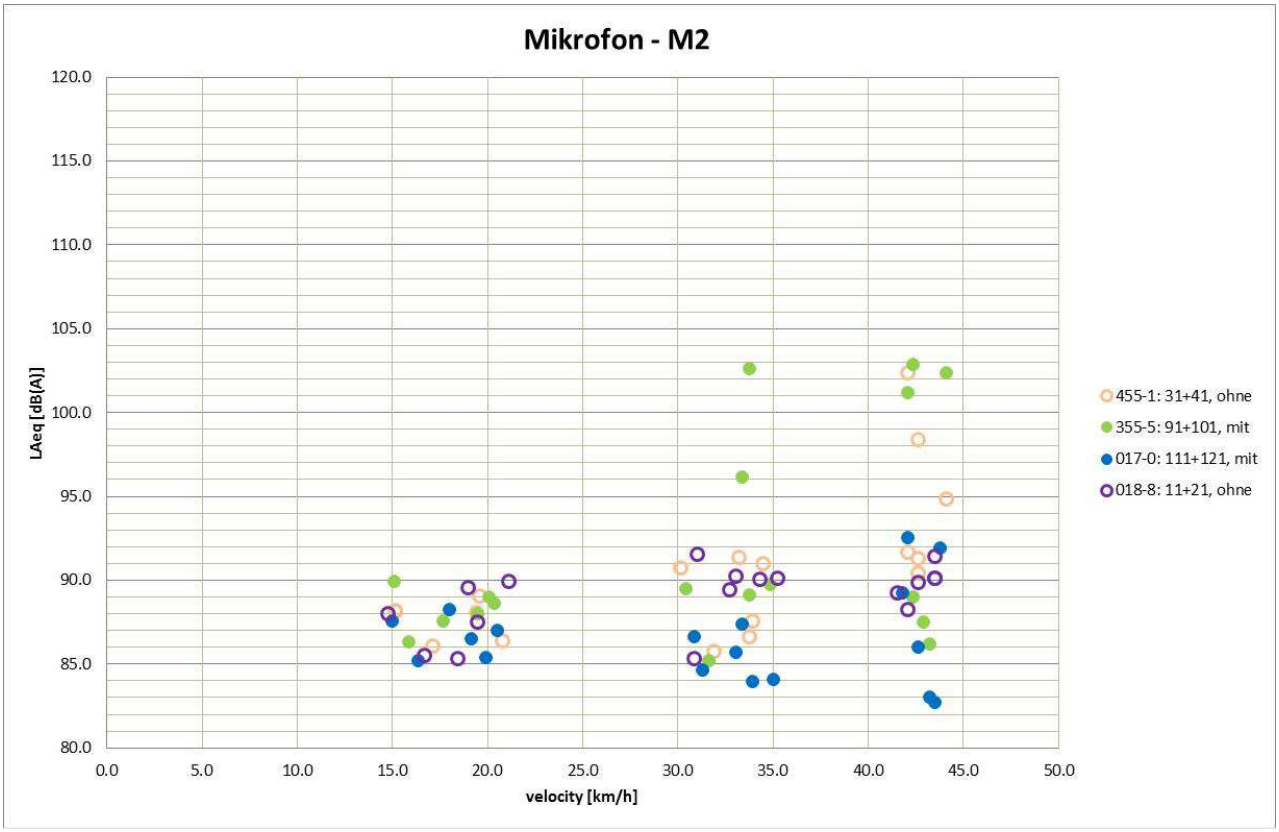
Tab. 12 – Ergebniswerte des Lärms in der zweiten Messungskonfiguration (2014-09-03/04), Höchstgeschwindigkeit 120 km/h, umgerechnet auf 80 km/h

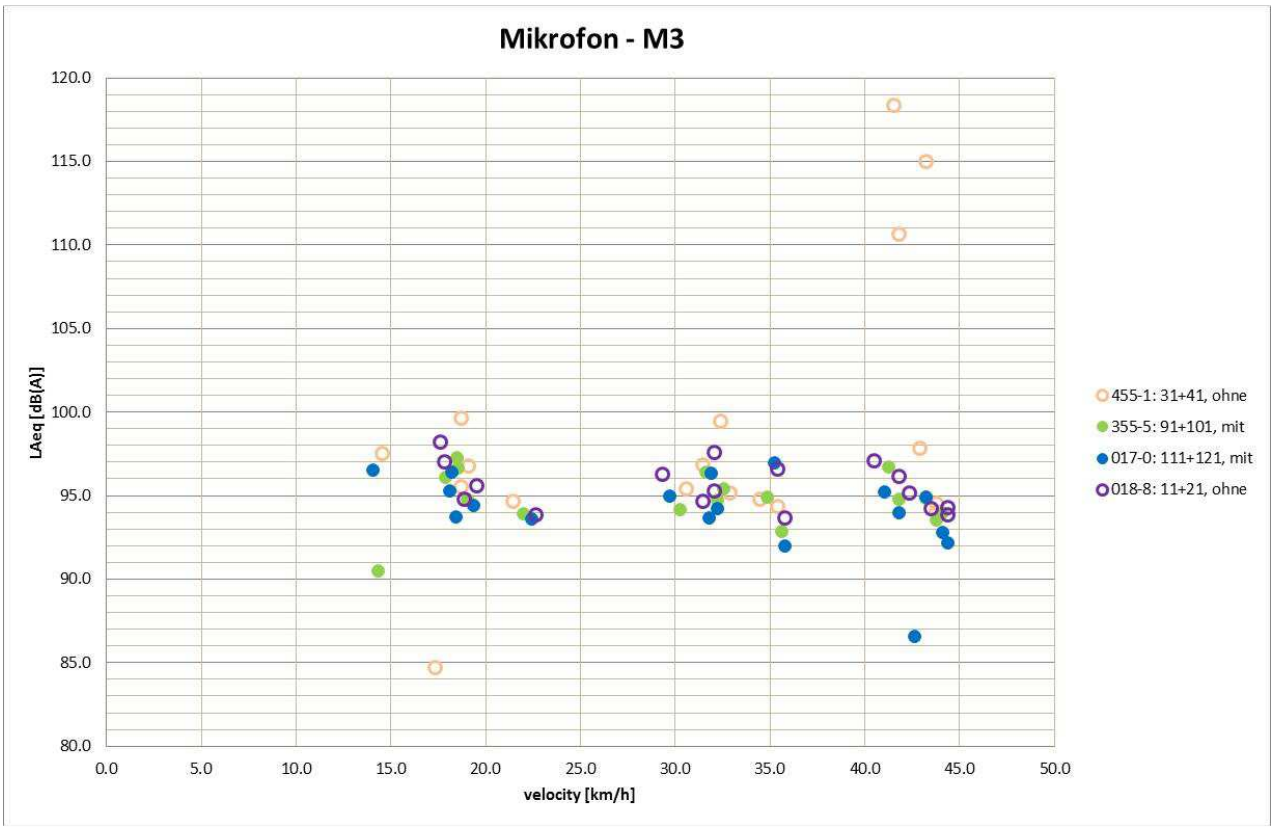
Ergebnisse des A-bewerteten äquivalenten Lärmpegels $L_{pAeq,Tp}$ bei der Vorbeifahrt mit Höchstgeschwindigkeit 120 km/h nach Umrechnung auf die Referenzgeschwindigkeit 80 km/h												
$L_{Aeq,Tp}$ dB (A) Arithmetischer Mittelwert	**Var. 6** Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			**Var. 3** Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			**Var. 4** Referenzgeschwindigkeit 80 km/h			**Var. 5** Referenzgeschwindigkeit 80 km/h		
	$M1_{TSI}$	**$M2_{TSI}$**	***M3***	**$M1_{TSI}$**	**$M2_{TSI}$**	***M3***	**$M1_{TSI}$**	**$M2_{TSI}$**	***M3***	**$M1_{TSI}$**	**$M2_{TSI}$**	***M3***
	86	**85**	***97***	**81**	**80**	***93***	**82**	**81**	**94**	**84**	**83**	**97**

6.8 Messergebnisse bei der Vorbeifahrt durch kleinen Bogenhalbmesser R = 250 m

Die Ergebniswerte der Lärmmessung bei der Vorbeifahrt durch den kleinen Bogenhalbmesser R = 250 m sind der **Anlage 7** zu entnehmen.


Mikrofon - M1
LAeq [dB(A)]
velocity [km/h]
455-1: 31+41, ohne
355-5: 91+101, mit
017-0: 111+121, mit
018-8: 11+21, ohne


Mikrofon - M2
LAeq [dB(A)]
velocity [km/h]
455-1: 31+41, ohne
355-5: 91+101, mit
017-0: 111+121, mit
018-8: 11+21, ohne



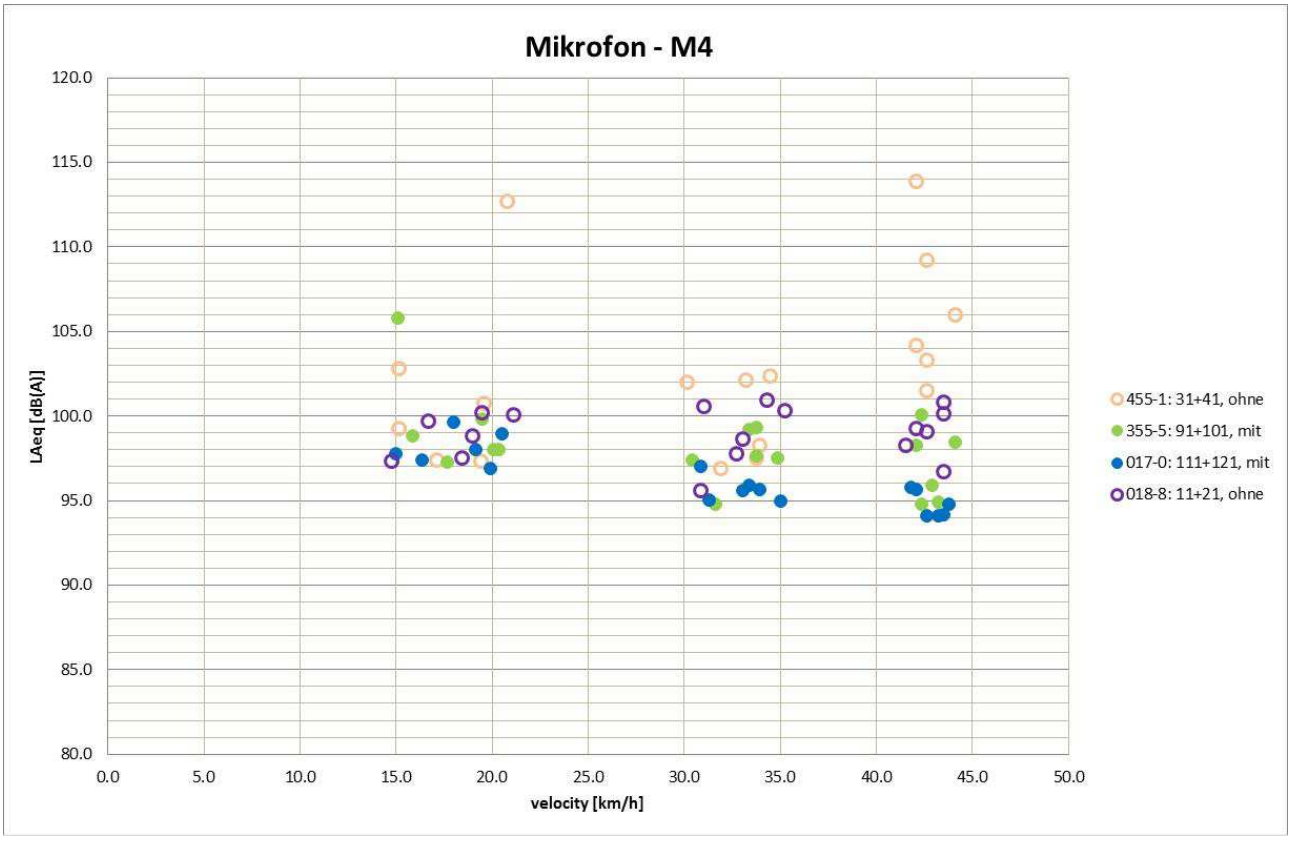


Abb. 16 – Grafische Darstellungen der gemessenen Werte

7 Schlussfolgerung

In diesem Bericht sind das Verfahren, die Ausführung und die Ergebnisse der Vergleichsmessungen des ausgestrahlten Lärms aufgeführt.

Die Prüfungen wurden in Übereinstimmung mit den geltenden Standards und unter Beachtung der im Werkvertrag festgelegten Anforderungen des Auftraggebers durchgeführt.

Die im Bericht aufgeführten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Wagen.