MÜLLER-BBM
SCHWEIZ AG

Müller-BBM Schweiz AG
Bahnhofstrasse 48
4132 Muttenz

Telefon +41 (61) 690 26 00
Telefax +41 (61) 690 26 09

www.MuellerBBM.ch

Barbara Locher
Telefon +41 (61) 690 26 07
Barbara.Locher@mbbm.com

6. März 2019
C90391/01 LCR/BEC2

Tempo 30 nachts: Verkehrserhebungen und Lärmmessungen

Einfluss Tramlärm an der Dübendorfstrasse

Bericht Nr. C90391/02

Auftraggeber:	Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ), Fachbereich Lärmschutz Walchestrasse 31 Postfach 3251 8021 Zürich
Bearbeitet von:	Barbara Locher, Dipl.-Geogr. UniBE Thomas Beckenbauer, Dr.-Ing.
Berichtsumfang:	Insgesamt 19 Seiten, davon 12 Seiten Textteil, 7 Seiten Anhang

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX : 06. 03. 2019

Inhaltsverzeichnis

1	**Situation und Aufgabenstellung**	**3**
2	**Messungen**	**3**
2.1	Messkonzept, Messzeiträume und Messbedingungen	3
2.2	Messort	3
2.3	Tramtypen und Trassee	4
2.4	Messzeiträume	5
3	**Ergebnisse**	**6**
3.1	Geschwindigkeiten Tram	6
3.1	Dauerschallpegel L_{Aeq}	6
3.2	Einzelereignisse	7
4	**Diskussion**	**10**
5	**Grundlagen**	**12**

Anhang A Plan und Fotos

Anhang B Maximal- und Ereignispegel in Abhängigkeit der Geschwindigkeit für N1

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

1 Situation und Aufgabenstellung

In einem Pilotversuch wurde an vier Hauptverkehrsstrassenabschnitten im Stadtgebiet Zürich als Lärmschutzmassnahme an der Quelle eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h während der Nachtzeit (22 – 6 Uhr) für drei Monate (8. Juli bis 8. Oktober 2018) eingeführt.

Um die Auswirkungen von „Tempo 30 nachts“ auf den Verkehr und die Lärmbelastungssituation analysieren zu können, wurden vor und während des Versuchs Verkehrserhebungen und Lärmmessungen durchgeführt. Die Messungen sollen Aufschluss über die Verkehrsmenge, Verkehrszusammensetzung und Geschwindigkeit sowie die Lärmbelastung, gekennzeichnet durch Dauer- und Maximalschalldruckpegel, geben.

In der Dübendorfstrasse gibt es neben dem Strassenverkehr auch ein Tram. Dieses verkehrt dort auf einem Eigentrassee und gilt somit gemäss Lärmschutz-Verordnung LSV [1] nicht als Strassenlärm, sondern als Eisenbahnlärm (Anh. 4, LSV). Die Tramdurchfahrten wurden deshalb in einer ersten Phase gemäss Ausschreibung vom Datensatz entfernt und nicht weiter ausgewertet. Die Resultate der Studie sind im Bericht Nr. C90391/01 [2] zu finden.

Nachträglich sollen nun die Tramdurchfahrten und deren Einfluss auf die Lärmbelastung an der Dübendorfstrasse 184 ausgewertet werden. Diese Auswertungen und Resultate sind in vorliegendem Bericht dargestellt.

2 Messungen

2.1 Messkonzept, Messzeiträume und Messbedingungen

Das Messkonzept, Messverfahren, die Messbedingungen, die Verkehrserhebung sowie die Messunsicherheiten sind ausführlich im Bericht Nr. C90391/01 [2] beschrieben.

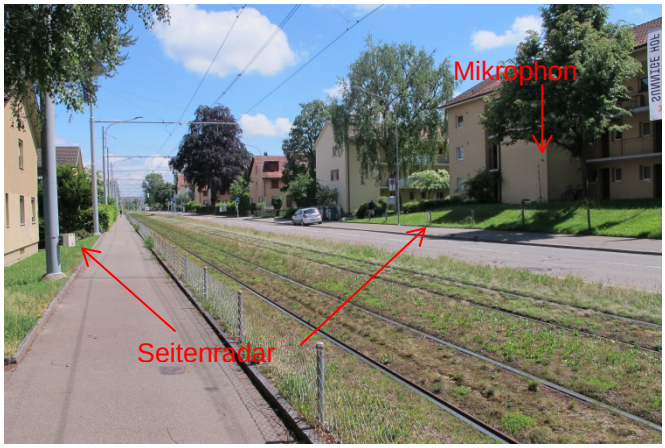
2.2 Messort

Die Messungen wurden an der Dübendorfstrasse 184 durchgeführt. In Tabelle 1 sind die Adresse, Koordinaten sowie die genaue Lage relativ zu den Gleisen aufgeführt. In Abbildung 1 sind Kartenausschnitte und Fotos des Messpunkts dargestellt. Das Mikrophon wurde in Grenzflächenmontage auf der Fassade nach [3] platziert (sh. Details in Bericht C90391/01 [2]).

Tabelle 1. Übersicht über den Messpunkt Dübendorfstrasse 184.

Koordinaten		horizontaler Abstand des Messpunktes zur Mitte				Höhe über Fahrbahn
X	Y	Tramgleis Süd (nah)	Tramgleis Nord (fern)	naher Fahrstreifen	ferner Fahrstreifen	
2‘686‘456	1‘250‘624	20.5 m	23.3 m	10.7 m	14.4 m	4.0 m

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019



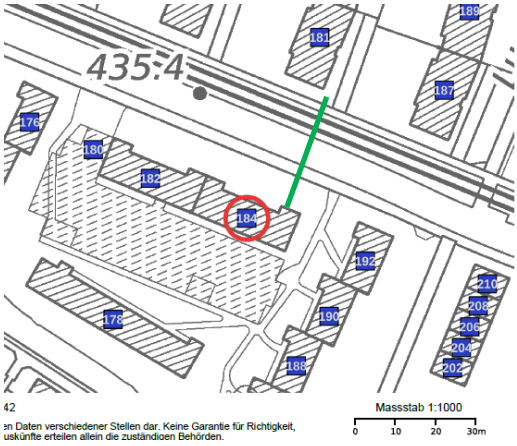


Abbildung 1. Links: Kartenausschnitt Messpunkt Dübendorfstrasse 184, Messquerschnitt in grün eingezeichnet. Rechts: Fotos Messpunkt Dübendorfstrasse 184.

2.3 Tramtypen und Trassee

Das Tram fährt beim Messort an der Dübendorfstrasse 184 auf einem Eigentrassee und gilt somit als Eisenbahnlärm (Anh. 4, LSV [1]). Es handelt sich um ein Rasentrassee, was einem teilschallabsorbierenden Bodenbelag entspricht (sh. Abbildung 1 und weitere Fotos in Anhang A). Der Messpunkt befindet sich zwischen den Tramhaltestellen Glattwiesen und Probstei (sh. Übersichtsplan Anhang A). Befahren wird die Strecke durch die Tramlinie 7. Da das Tram hier auf Eigentrassee fährt, kann die Geschwindigkeit von der auf der Strasse signalisierten Geschwindigkeit abweichen, was hier auch der Fall ist. Die für das Tram erlaubte Maximalgeschwindigkeit beträgt 60 km/h und zwar vor und während dem Tempo 30 Versuch auf der Strasse. Auf dieser Linie fahren die beiden Tramtypen Tram 2000 (Kompositionen Sänfte-Pony und Doppeltraktion) sowie Cobra, letztere aber deutlich weniger häufig. Die Tramzahlen nach Tramtypen und aufgeteilt für Tag und Nacht sowie die Emissionen aus dem Tram-Lärmkataster sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

Tabelle 2. Übersicht Anzahl Tramfahrten, Tramtypen und Emissionen am Messpunkt Dübendorfstrasse 184 für das Jahr 2018.

	Anzahl Tram 2000 / h	Anzahl Cobra / h	Emissionen
Tag	11.1	4.6	75.6 dB(A)
Nacht	3.8	1.0	67.6 dB(A)

2.4 Messzeiträume

Der Messaufbau der Vorhermessungen erfolgte am Dienstag, 22.05.2018, mit Messbereitschaft ab ca. 17 Uhr. Da es an diesem Abend und in der ganzen Nacht Gewitter mit Regen gab, wurde der Messbeginn erst auf den Mittwoch 23.05.2018, Mittag gelegt. Zu dieser Zeit waren die Strassen an allen Messorten wieder trocken. Die Messungen liefen bis am 29.05.2018.

Der Messaufbau der Messungen während des Versuchs Tempo 30 nachts erfolgte am Mittwoch 19.09.2018. Da es am Wochenende vom 22. bis 23.09. teilweise regnete und stürmte (starke Windböen) wurden die Messungen bis und mit Wochenende vom 29./30.09. verlängert. Der Abbau erfolgte am 01.10.2018.

Zeiträume mit ungünstigen meteorologischen Bedingungen (sh. Bericht Nr. C90391/01 [2]) wurden ausgeschlossen. Ebenfalls wurden Zeiträume mit länger anhaltenden Störungen durch Fremdgeräusche (z.B. Rasenmäher, etc.) sowie kurze, sehr laute Störungen (z.B. Blaulichtfahrten) von den Auswertungen ausgeschlossen. Am 25.09. und 28.09. gab es zwischen 22 und 24 Uhr an der Dübendorfstrasse Fluglärmereignisse aufgrund von Landungen von Süden. Diese vier Stunden wurden von den Auswertungen ausgeschlossen. Die jeweils kurzen Stauphasen wurden nicht ausgeschlossen. Diese haben keinen relevanten Einfluss auf das Ergebnis.

Nach Phasen mit Regen wurden die nächsten 4 Stunden, als geschätzte Zeit bis die Strassen abgetrocknet sind, ebenfalls ausgeschlossen.

Die Auswertungen des Dauerschallpegels wurden für die zwei Messperioden jeweils für drei möglichst störungsfreie Werktage und zwei störungsfreie Wochenendtage durchgeführt. In der Tabelle 3 sind die ausgewerteten Messzeiträume zusammengestellt.

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

Tabelle 3. Ausgewertete Messzeiträume für die Messungen des Dauerschallpegels.

	Auswertungszeitraum (kurze Zeiträume mit Störungen resp. Regen/Wind sind hier nicht aufgeführt, wurden aber bei den Auswertungen ausgeschlossen)	**Anz. h Werktage** ohne Störungen / (total)	**Anz. h Wochenende** ohne Störungen / (total)
Vorhermessung Tempo 50[1]	Do. 24.05., 6 Uhr bis Di. 29.05., 6 Uhr	66 / (72)	46 / (48)
Währendmessung Tempo 30 nachts[1]	Do. 20.09., 6 Uhr bis Fr. 21.09., 6 Uhr; Di. 25.09., 6 Uhr bis Do. 27.09., 6 Uhr; Fr. 28.09., 22 Uhr bis So. 30.09., 21 Uhr	64 / (72)	42 / (48)

Für die statistischen Auswertungen der Einzelereignisse ist es wichtig, möglichst viele gültige Ereignisse zu haben. Deshalb wurden für die Einzelereignisauswertungen sämtliche gültigen Ereignisse der gesamten Messzeiträume (23.05. – 29.05.2018 und 19.09. – 30.09.2018) während dem Tag und der Nacht verwendet. Zeiträume mit Störungen wurden ausgeschlossen.

3 Ergebnisse

3.1 Geschwindigkeiten Tram

Die Trams fuhren im Bereich des Messpunktes mehrheitlich zwischen 35 und 60 km/h (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3 auf Seite 8). Wie diesen Abbildungen entnommen werden kann, gibt es keine grösseren Geschwindigkeitsveränderungen zwischen den Messungen im Mai und September. Die durchschnittlich gefahrene Geschwindigkeit der Tramvorbeifahrten beträgt 48 km/h.

3.1 Dauerschallpegel L_{Aeq}

Die Tramfahrten wurden in einem ersten Schritt bei der Auswertung des energieäquivalenten Dauerschallpegels L_{Aeq} der verschiedenen Zeitphasen miteinbezogen. In einem zweiten Schritt wurden die Tramvorbeifahrten aus der Auswertung ausgeschlossen (Kriterium für die Zeitspanne einer Tramfahrt: vom Maximalpegel aus betrachtet ein Pegelanstieg bzw. Pegelabfall von 10 dB(A)). In der Tabelle 4 sind die Dauerschallpegel L_{Aeq} an der Dübendorfstrasse 184 für die verschiedenen Zeitphasen mit und ohne Tramdurchfahrten zusammengestellt. Die Differenzen mit und ohne Tram zeigen, dass die Dauerschallpegel durch das Tram in der Regel je nach Zeitphase um 0.2 bis 0.6 dB(A) erhöht sind. Einzig am Wochenende in der frühen Morgenstunde (5 – 6 Uhr) ist der Einfluss des Trams mit einer Erhöhung des L_{Aeq} um 1.1 dB(A) etwas grösser.

An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass bei der Angabe der Absolutwerte der energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} keine Korrektur für die Differenz zwischen Anordnung des Mikrofons an der Fassade und dem gemäss Lärmschutz-

[1] Die Tempolimite für das Tram war vor und während des Versuchs identisch (60 km/h).

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

Verordnung massgeblichen Empfangspunkt in der Mitte des geöffneten Fensters vorgenommen wurde. Die Dauerschallpegel können also nicht zu Vergleichen mit den Anforderungswerten für den Strassenlärm nach Lärmschutz-Verordnung herangezogen werden.

Tabelle 4. Energetische Mittelwerte des Schalldruckpegels L_{Aeq} über verschiedene Zeitphasen (ausgenommen wurden Phasen mit Störungen) für den Standort Dübendorfstrasse[2]. Die Tempolimite für das Tram war vor und während des Versuchs identisch.

Messzeitraum	**L_{Aeq} in dB(A)**				
	Tag	Nacht	22 - 24 h	24 - 5 h	5 - 6 h
Ohne Berücksichtigung der Trams (MIV allein)					
Werktage Tempo 50	70.0	62.7	65.5	59.1	65.7
Wochenende Tempo 50	69.0	64.5	67.2	63.4	61.3
Werktage Tempo 30 nachts	71.0	60.8	64.4	57.8	63.9
Wochenende Tempo 30 nachts	69.8	61.9	65.3	61.4	59.3
Mit Berücksichtigung der Trams (MIV + Tram)					
Werktage Tempo 50	70.5	63.2	66.0	59.6	66.1
Wochenende Tempo 50	69.5	64.9	67.7	63.6	62.4
Werktage Tempo 30 nachts	71.2	61.3	64.9	58.2	64.5
Wochenende Tempo 30 nachts	70.0	62.4	65.9	61.8	60.4
Differenz mit – ohne Tram					
Werktage Tempo 50	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
Wochenende Tempo 50	0.4	0.4	0.5	0.3	1.1
Werktage Tempo 30 nachts	0.2	0.5	0.4	0.4	0.6
Wochenende Tempo 30 nachts	0.2	0.5	0.5	0.4	1.1

3.2 Einzelereignisse

Insgesamt wurden während den Messungen im Mai resp. im September 288 resp. 458 gültige Einzelereignisse von Tramvorbeifahrten erfasst (sh. Tabelle 5).

Tabelle 5. Tramvorbeifahrten: Anzahl der gültigen Einzelereignisse. Fz = Fahrzeuge.

Messort	**Tag Anz. Fz.**	**Nacht Anz. Fz.**	**Total**
Tramverkehr			
Dübendorfstr. Mai (T50)	214	74	288
Dübendorfstr. Sep. (T30 nachts)	344	114	458

[2] Es wurden keine Normalisierungen bezüglich Verkehrsmengen durchgeführt, deshalb sind die Pegel Tempo 50 – Tempo 30 nachts nicht vergleichbar.

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

In der Abbildung 2 sind die Maximalpegel L_{Amax}[3] in Abhängigkeit der Geschwindigkeit dargestellt. Es ist gut erkennbar, dass darin zwei Tramtypen mit unterschiedlichen Pegeln verkehren. Gemäss einiger Videoanalysen haben die deutlich weniger häufig verkehrenden Cobra-Trams wie erwartet tiefere Maximalpegel (Punkte unterhalb rot gestrichelter Linie) als die Tram 2000 (Punkte oberhalb rot gestrichelter Linie). In der Abbildung 3 zeigt sich das gleiche Bild für die Ereignispegel.

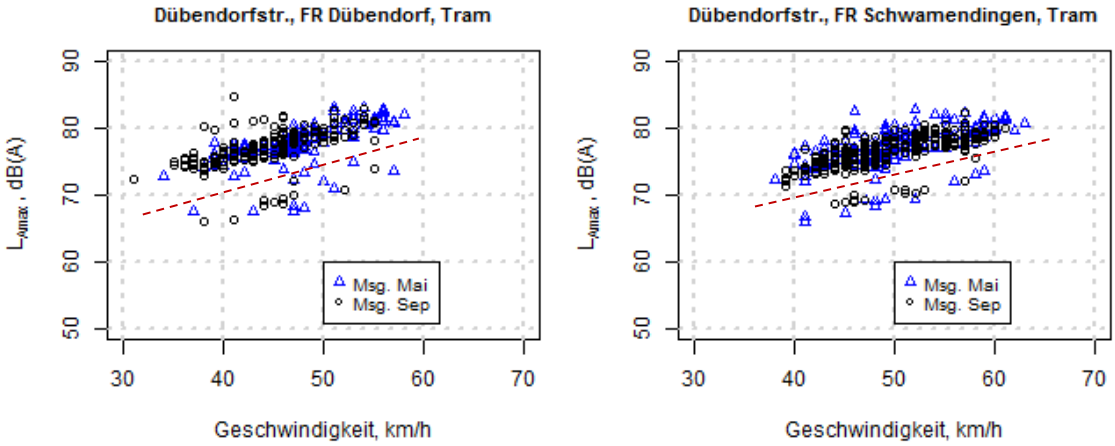


Abbildung 2. Maximalpegel L_{Amax} in Abhängigkeit der Geschwindigkeit für die Trams während des ganzen Tags (24 h). Es handelt sich um die gemessenen Immissionspegel in Grenzflächenmontage. Links: Fahrtrichtung Dübendorf; rechts: Richtung Schwamendingen.

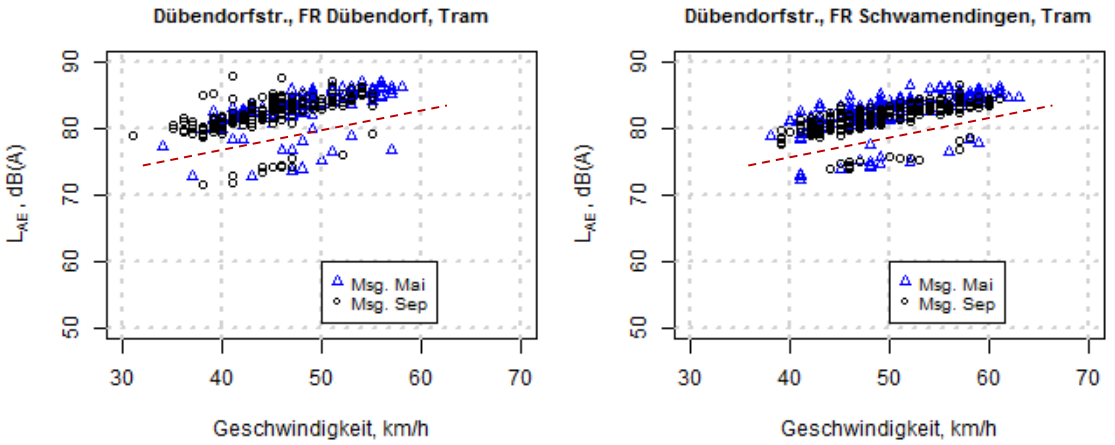


Abbildung 3. Ereignispegel L_{AE} in Abhängigkeit der Geschwindigkeit für die Trams während des ganzen Tags (24 h). Es handelt sich um die gemessenen Immissionspegel in Grenzflächenmontage. Links: Fahrtrichtung Dübendorf; rechts: Richtung Schwamendingen.

In Abbildung 4 bis Abbildung 7 sind die energetisch gemittelten Maximal- sowie Ereignispegel in Abhängigkeit der klassierten Geschwindigkeit für die zwei Tramtypen Tram 2000 und Cobra pro Richtung dargestellt. Diese geschwindigkeitsabhängigen

[3] Der höchste zu einem Ereignis gehörende $L_{Aeq,100\ ms}$ Wert.

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

Pegel beziehen sich auf die am Messpunkt Dübendorfstrasse in Grenzflächenmontage ermittelten Schalldruckpegel. Sie weisen alle hohe Bestimmtheitsmasse R^2 von 0.89 und mehr auf. Da nicht für alle Geschwindigkeitsklassen genügend Tramvorbeifahrten vorhanden waren, variieren die dargestellten Geschwindigkeitsklassen je nach Tramtyp und Fahrtrichtung. Bei den Cobra-Trams ist die Datenmenge mit meist weniger als 10 Tramdurchfahrten pro Geschwindigkeitskategorie etwas klein. Im Anhang B sind zum Vergleich die geschwindigkeitsabhängigen Maximal- und Ereignispegel für N1 dargestellt.

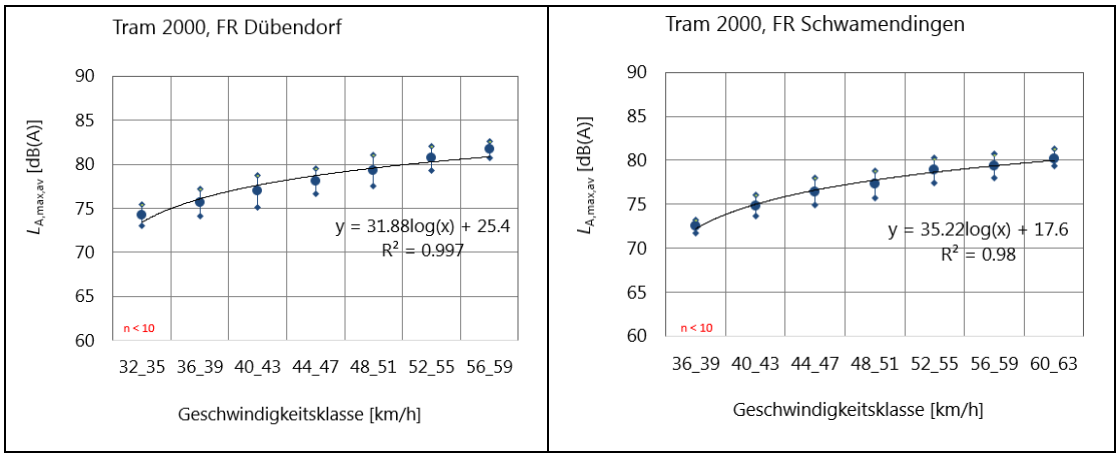


Abbildung 4. Energetische Mittelwerte der L_{Amax} Pegel[4] in Abhängigkeit der Geschwindigkeit (Klassen à 4 km/h) für die Tram 2000 während des ganzen Tags (24 h). Die Streuungen innerhalb einer Geschwindigkeitsklasse sind durch die Standardabweichung angegeben. Links: Fahrtrichtung Dübendorf; rechts: Fahrtrichtung Schwamendingen.

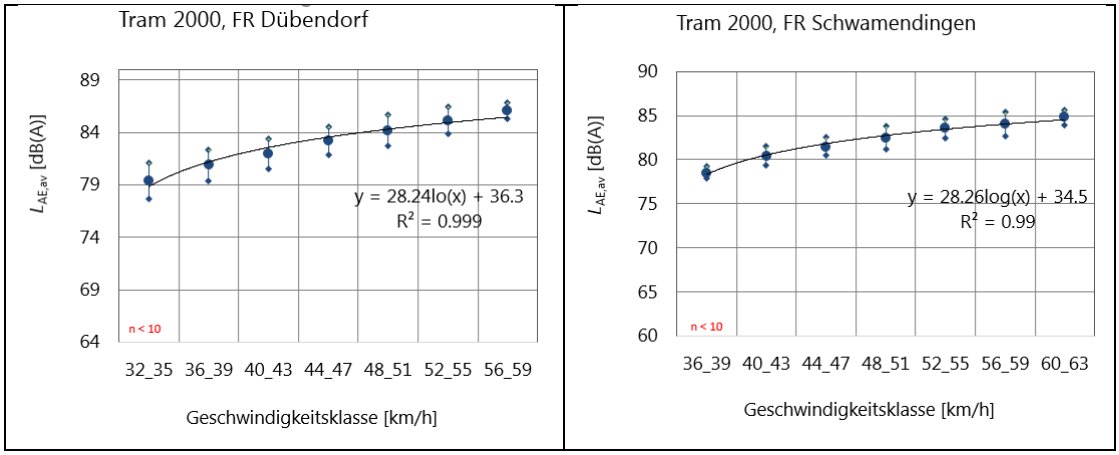


Abbildung 5. Energetische Mittelwerte der Ereignispegel[5] L_{AE} in Abhängigkeit der Geschwindigkeit (Klassen à 4 km/h) für die Tram 2000 während des ganzen Tags (24 h). Die Streuungen innerhalb einer Geschwindigkeitsklasse sind durch die Standardabweichung angegeben. Links: Fahrtrichtung Dübendorf; rechts: Fahrtrichtung Schwamendingen.

[4] Pegel gemessen in Grenzflächenmontage

[5] Pegel gemessen in Grenzflächenmontage

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

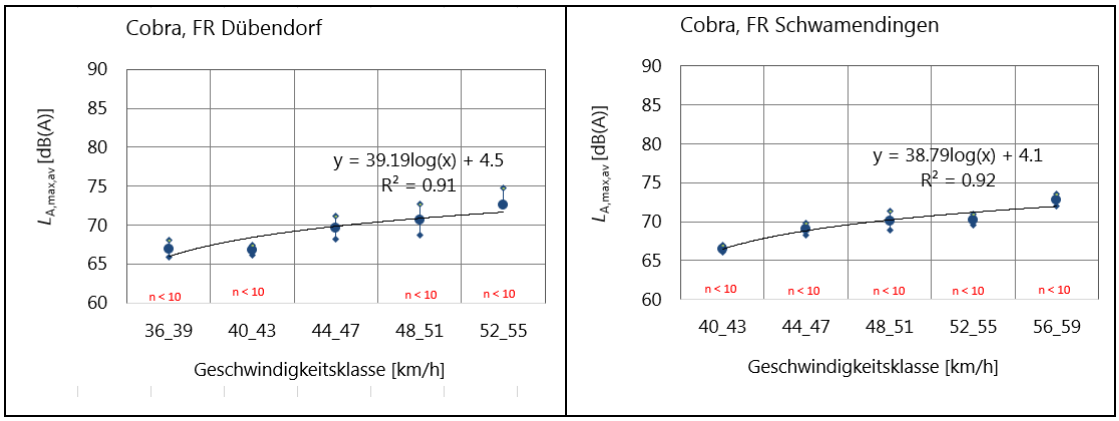


Abbildung 6. Energetische Mittelwerte der L_{Amax} Pegel[6] in Abhängigkeit der Geschwindigkeit (Klassen à 4 km/h) für die Cobra-Trams während des ganzen Tags (24 h). Die Streuungen innerhalb einer Geschwindigkeitsklasse sind durch die Standardabweichung angegeben. Links: Fahrtrichtung Dübendorf; rechts: Fahrtrichtung Schwamendingen.

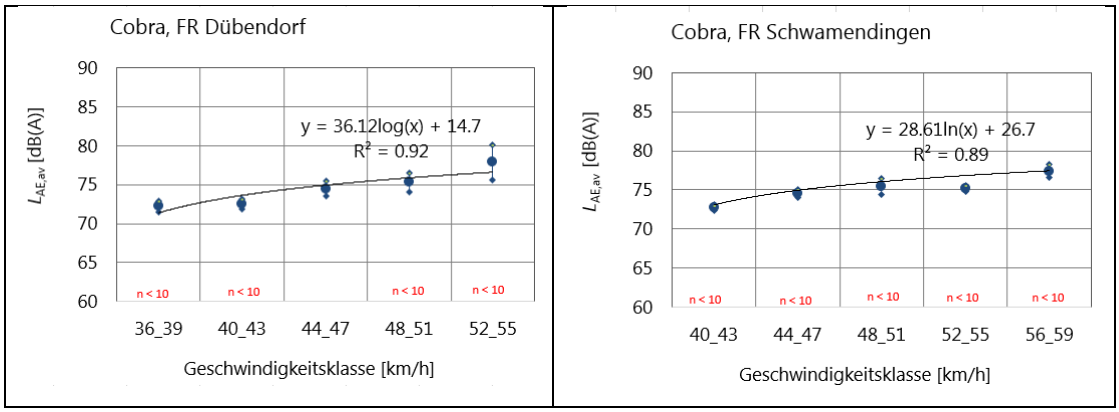


Abbildung 7. Energetische Mittelwerte der Ereignispegel[7] L_{AE} in Abhängigkeit der Geschwindigkeit (Klassen à 4 km/h) für die Cobra-Trams während des ganzen Tags (24 h). Die Streuungen innerhalb einer Geschwindigkeitsklasse sind durch die Standardabweichung angegeben. Links: Fahrtrichtung Dübendorf; rechts: Fahrtrichtung Schwamendingen.

4 Diskussion

Die energieäquivalenten Dauerschallpegel infolge des MIV erhöhen sich an der Dübendorfstrasse 184 als Folge des Tramverkehrs während des Tags und in der Nacht um lediglich 0.2 bis 0.5 dB(A). Eine solche Zunahme des L_{Aeq} bei gleichen Lärmquellen wird als nicht wahrnehmbar beurteilt. Vorliegend weicht die Lärmcharakteristik der Trams jedoch deutlich von derjenigen des MIV ab. Den geschwindigkeitsabhängigen Maximal- und Ereignispegel für das Tram 2000 und die Cobra (Abbildungen 4 - 7) ist zu entnehmen, dass das ältere Tram 2000 rund 8 dB(A) höhere Pegel aufweist. Der

[6] Pegel gemessen in Grenzflächenmontage

[7] Pegel gemessen in Grenzflächenmontage

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

Maximalpegel wie auch der Energieinhalt der Vorbeifahrten des Trams 2000 bei 48 km/h sind dabei insbesondere beim Vergleich mit Personenwagenvorbeifahrten bei Tempo 30 nachts wesentlich höher. (Die geschwindigkeitsabhängigen Maximal- und Ereignispegel an der Dübendorfstrasse für Personenwagen [2] sind in Anhang B zu finden). Diese Grössen liegen hingegen bei den Cobra-Trams in derselben Grössenordnung wie Personenwagenvorbeifahrten. Insbesondere das Tram 2000 hebt sich damit an der Dübendorfstrasse 184 sowohl bei signalisiertem Tempo 50 und vermehrt noch bei signalisiertem Tempo 30 nachts für den MIV trotz nur geringfügiger Erhöhung des Dauerschallpegels wahrnehmbar vom Strassenlärm ab.

Es gilt bei dieser Diskussion der Ergebnisse zu beachten, dass Tramlärm auf Eigentrassee - wie hier vorliegend - als Eisenbahnlärm gilt und somit nicht als Strassenlärm zu beurteilen ist. Die Addition von Strassen- und Eisenbahnlärm ist für die Beurteilung der Übermässigkeit von Immissionen unzulässig. Die Gesamtbetrachtung gibt aber Hinweise auf die Belästigungssituation an der Dübendorfstrasse 184, die zusätzlich zum Strassen- und Eisenbahnlärm (Tram) auch durch Fluglärm gekennzeichnet ist.

Barbara Locher

Thomas Beckenbauer

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

5 Grundlagen

[1] Lärmschutz-Verordnung (LSV) 814.41, 15. Dezember 1986 (Stand am 1. April 2018)

[2] Müller-BBM Schweiz AG: Tempo 30, Verkehrserhebungen und Lärmmessungen an vier Pilotstrecken, Bericht Nr. C90391/01 V2, 30.01.2019

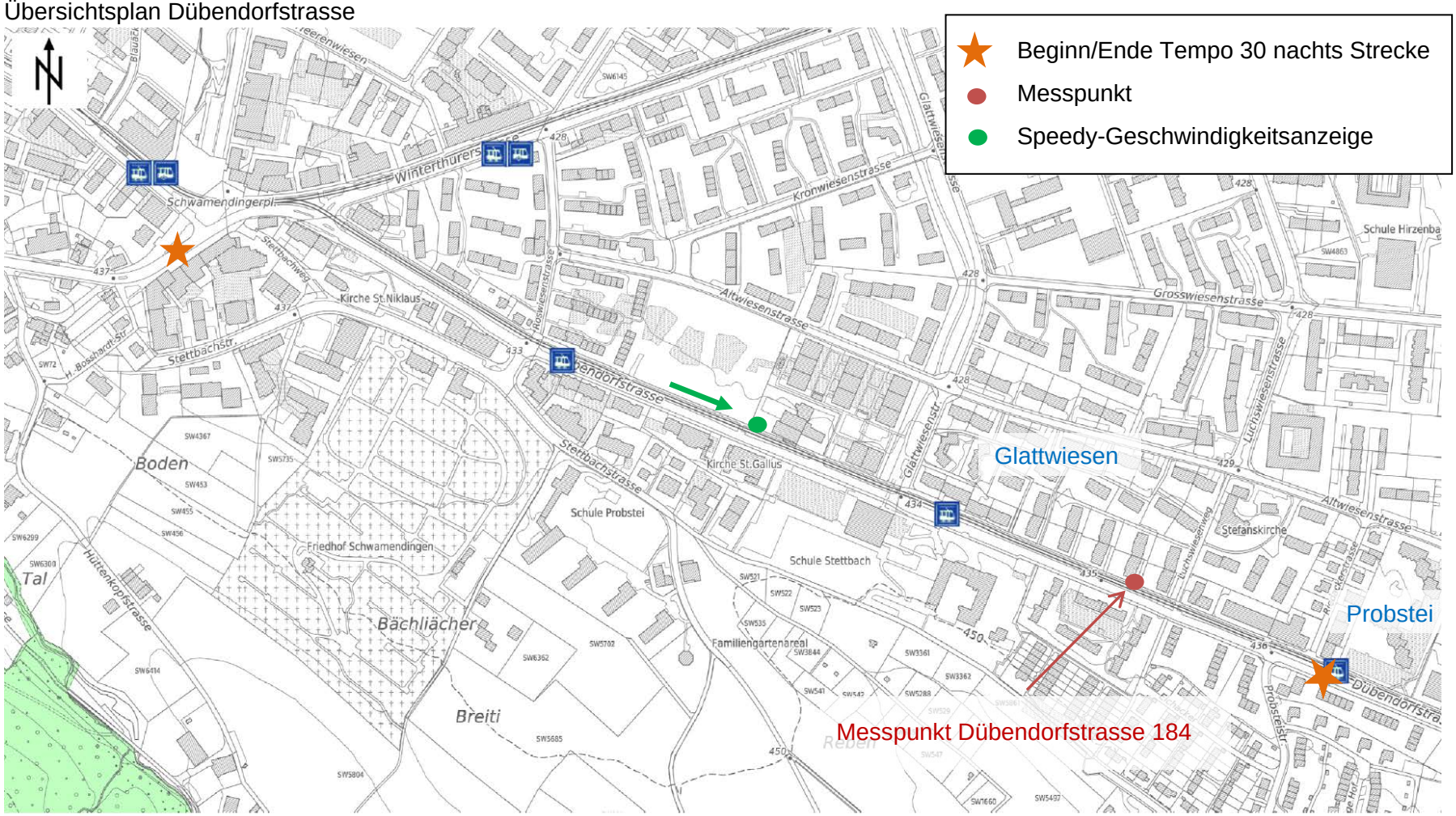
[3] Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg., 2015), „Methode zur Ermittlung der Aussenlärm-Immissionen bei geschlossenem Fenster“, Vollzugshilfe zur Lärmschutzverordnung (LSV), Aktualisierung der Mitteilung zur LSV Nr. 7 von 1995.

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

Anhang A
Plan und Fotos

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

Übersichtsplan Dübendorfstrasse



© GIS-ZH, Kanton Zürich, 28.01.2019 13:33:26

Diese Karte stellt einen Zusammenzug von amtlichen Daten verschiedener Stellen dar. Keine Garantie für Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität. Rechtsverbindliche Auskünfte erteilen allein die zuständigen Behörden.

Massstab 1:5000

0 50 100 150m

Zentrum: [2686077.52,1250804.37]

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

Fotos Messpunkt Dübendorfstrasse 184

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

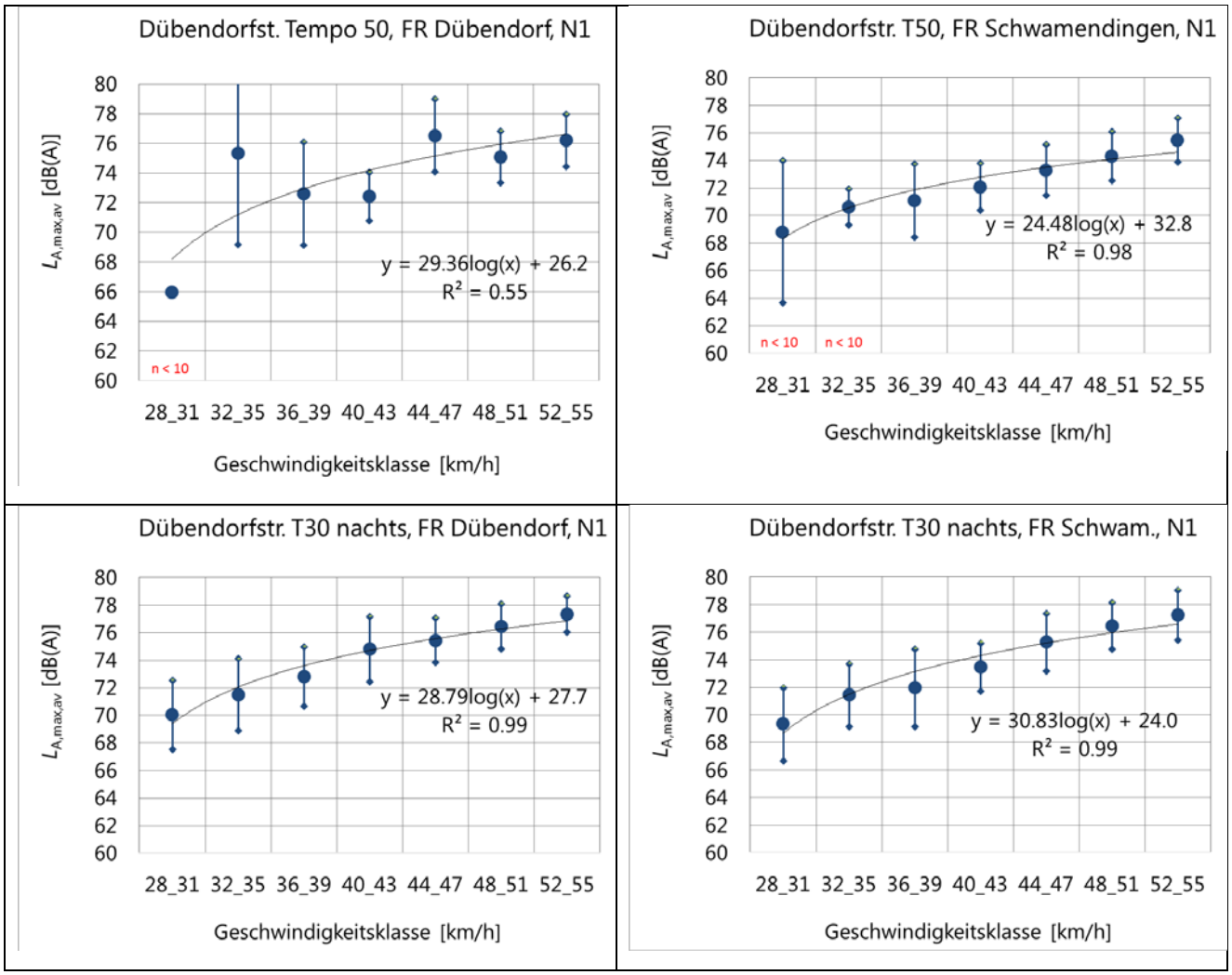
S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

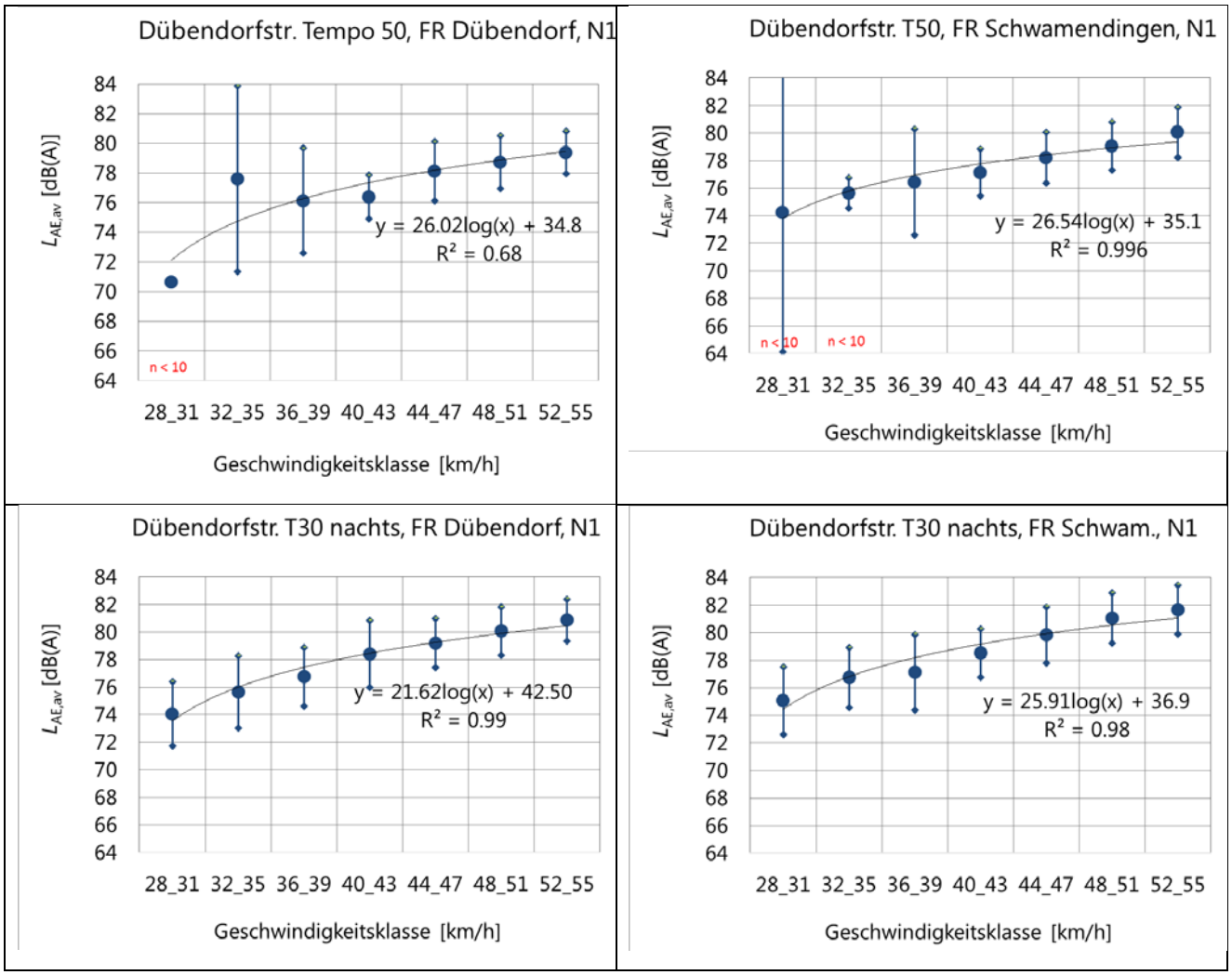
Anhang B
Maximal- und Ereignispegel in Abhängigkeit der Geschwindigkeit für N1

S:\C\Proj\090\C90391\C90391_02_Ber_3D.DOCX:06. 03. 2019

Dübendorfstrasse Maximalpegel am Immissionsort in Grenzflächenmontage

(N1 während der Nacht 22 – 6 Uhr, Streuung = Standardabweichung)



Dübendorfstrasse Ereignispegel am Immissionsort in Grenzflächenmontage

(N1 während der Nacht 22 – 6 Uhr, Streuung = Standardabweichung)