



Wirkungskontrolle Tempo 30

Rechnerische und messtechnische Ermittlung der Lärm-
reduktion

Inhalt

1	Ausgangslage	4
2	Berechnungen.....	4
3	Messungen	6
4	Fazit	9
5	Beilagen: Emissionsberechnung mit sonROAD18, Inputdaten und Resultate.....	11

1 Ausgangslage

Die Stadt Zürich setzt bei der Strassenlärmsanierung auf Massnahmen an der Quelle, insbesondere Tempo 30. In diesem Zusammenhang wurde auf diversen kommunalen und überkommunalen Strassen die signalisierte Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h reduziert. Stadt und Kanton Zürich haben im Rahmen eines gemeinsamen Projekts die Wirkung von Tempo 30 auf Verkehr und Lärm an 10 verkehrlich eher übergeordneten Strecken untersucht.

Die Wirkungskontrolle von Tempo 30 – d.h. der Vergleich der Situation bei signalisiertem Tempo 50 bzw. Tempo 30 – in Bezug auf die Lärmreduktion kann entweder durch Berechnungen oder durch Messungen erfolgen (Art. 38 LSV). Die Durchführung von Messungen ist dabei erheblich aufwendiger und in Bezug auf die Interpretation schwieriger. In einem ersten Schritt sind Lärmmessungen bezüglich Störgeräuschen (nicht dem Strassenlärm zuzuordnende Geräusche) zu prüfen und allenfalls zu korrigieren. Witterungsbedingte Differenzen sind zu minimieren, indem die Messungen bei möglichst ähnlichen meteorologischen Bedingungen durchgeführt werden. Zudem ist darauf zu achten, dass bei den Messungen die Bereifung ähnlich ist (Sommerreifen). In einem zweiten Schritt sind die Lärmmessungen bezüglich Verkehrsmenge und -zusammensetzung für eine Vergleichbarkeit zu korrigieren d.h. zu normalisieren. In diese Normalisierung der Messungen fliesst das verwendete Strassenlärmrechnungsmodell ein. Je grösser die Verkehrsdifferenzen zwischen Vorher- und Nachhermessung sind, desto grösser ist auch der Einfluss des verwendeten Lärmrechnungsmodells auf das Ergebnis der Normalisierung und damit auf die ermittelte Wirkung. Weiter müssen die Messungen möglichst lagegenau erfolgen und Vandalismus ist vorzubeugen. Daher wird der Lärm normalerweise an der Gebäudefassade gemessen, was das Einverständnis des Liegenschaftseigentümers und unter Umständen auch die Koordination mit Bewohnern des Gebäudes bedingt. Angesichts all dieser Schwierigkeiten von Messungen wird der Lärm in der Regel allein auf Basis der Verkehrserhebungen (Geschwindigkeit/Verkehrsmenge/Verkehrszusammensetzung) berechnet. Vorliegend wurde beschlossen, bei der Hälfte der zu untersuchenden Strecken (bei 5 von 10) zusätzlich Lärmmessungen durchzuführen.

2 Berechnungen

Die EMPA hat ein neues Modell für die Ermittlung des Strassenverkehrslärms entwickelt, welches im Gegensatz zu älteren Lärmrechnungsmodellen auch für den Geschwindigkeitsbereich unterhalb 50 km/h einsetzbar ist und nicht nur zwischen Leichtverkehr und Schwerverkehr unterscheidet, sondern sämtliche SWISS 10-Fahrzeugkategorien abbilden kann. Mit dem neuen Modell sonROAD18 steht heute somit ein Modell zur Verfügung, mit welchem die Emissionen des Strassenverkehrs vor allem auch für niedrige Geschwindigkeiten viel genauer berechnet werden können. Die Publikation von sonROAD18 ist zwar erst im Jahr 2020 vorgesehen, es besteht jedoch ein Test-Webtool, welches erlaubt, das Modell schon zum jetzigen Zeitpunkt anzuwenden.

Das Modell lässt sich zudem um spezifische Fahrzeugtypen erweitern, sofern diese lärmtechnisch vermessen sind. Bei der SWISS 10-Kategorie 1 (Busse) handelt es sich um Reiseautos. Die Standardbusse bzw. Gelenkbusse des öffentlichen Verkehrs fallen bei der Erhebung der Fahrzeugtypen mit Seitenradar anhand von Fahrzeuglängen in der Regel in die SWISS 10-Kategorien 8 (Lastwagen) bzw. 9 (Lastenzüge). Die Vermessung von 12 verschiedenen Bus-Typen der VBZ hat gezeigt, dass zwischen den mit sonROAD18 berechneten Emissionen für repräsentative Fahrzeuge der SWISS 10-Kategorien 1 (Reiseautos), 8 (Lastwagen) sowie 9 (Lastenzüge) und den spezifisch für die VBZ-Busflotte ermittelten Emissionen (v.a. auch der Trolleybusse) erhebliche Unterschiede bestehen. Da die Busse des öffentlichen Verkehrs insbesondere in den Nachtstunden wesentlich zu den Gesamtemissionen beitragen können, wurde für das vorliegende Projekt das Test-Webtool von sonROAD18 nur für den MIV verwendet.

Für den Busverkehr der VBZ wurden die Emissionen in einer vom UGZ erstellten Anwendung mittels sonROAD18 berechnet. Die hierzu verwendeten repräsentativen Bustypen sind: Midi-bus MAN A35, Mercedes Citaro O 530 Standardbus, Neoplan Centroliner Gelenkbus und Hess Swisstrolley 3 (Geschwindigkeits-/Emissionsdiagramme vgl. Anhang 5).

Die Emissionsangaben für die Berücksichtigung des Tramverkehrs – dies betrifft nur den Abschnitt Rämi-/Universitätsstrasse – wurden dem Tramkataster der VBZ entnommen (Auszug aus dem Tramkataster vgl. Beilage S. 14).

Das Test-Webtool von sonROAD18 gibt als Berechnungsergebnis den energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} im Abstand von 7.5 m zur Lärmquelle aus. Für die energetische Summation von Tramlärm und übrigem Strassenverkehrslärm wurde der im VBZ-Tramkataster angegebene Beurteilungspegel L_{re} auf den L_{eq} in 7.5 m Abstand umgerechnet, d.h. die Pegelkorrektur K_2 (LSV Anhang 3 Ziff. 35 Abs. 2) von -5 dB(A) wurde eliminiert und die Abstandsdämpfung von 7.5 m wurde berücksichtigt.

Das 60%-Perzentil der Geschwindigkeit (v_{60}) – d.h. 60 % aller Fahrzeuge fahren mit dieser Geschwindigkeit oder langsamer – widerspiegelt die akustische Situation am besten. Dennoch ist auch die Verwendung der mittleren Geschwindigkeit (v_{\emptyset}) vertretbar, da die Abweichungen relativ gering sind.

Auf Basis der durch das Ingenieurbüro AKP ermittelten Verkehrsdaten ergeben die Berechnungen mit sonROAD18 die folgenden Resultate für die Wirkung der Massnahme Tempo 30 in Bezug auf die Lärmbelastung (Details vgl. Beilagen S. 12 – S. 15):

Strasse	Differenz v_{60} Tag	Differenz L_{eq} Tag	Differenz v_{60} Nacht	Differenz L_{eq} Nacht
Butzenstrasse	-12 km/h	-2.2 dB(A)	-13 km/h	-2.6 dB(A)
Gsteigstrasse	-11 km/h	-1.8 dB(A)	-11 km/h	-1.9 dB(A)
Hofackerstrasse	-6 km/h	-1.2 dB(A)	-7 km/h	-1.4 dB(A)
Hönggerstrasse	-13 km/h	-2.4 dB(A)	-13 km/h	-2.5 dB(A)
Nordstrasse/Nordbrücke	-6 km/h	-1.6 dB(A)	-8 km/h	-1.7 dB(A)
Rämi-/Universitätsstrasse	-2 (Tram -6) km/h	-1.1 dB(A)	-5 (Tram -6) km/h	-1.5 dB(A)
Regensdorferstrasse / Meierhofplatz	-7 km/h	-1.3 dB(A)	-10 km/h	-2.2 dB(A)
Steinstrasse	0 km/h	0 dB(A)	0 km/h	0 dB(A)
Wasserwerkstrasse	-15 km/h	-2.9 dB(A)	-15 km/h	-3.1 dB(A)
Zweierstrasse	-4 km/h	-0.6 dB(A)	-4 km/h	-1.1 dB(A)

Tabelle 1: Mit sonROAD18 berechnete Abnahmen der Gesamtemissionen, basierend auf den durch AKP ermittelten Temporeduktionen

3 Messungen

Das Ingenieurbüro Müller-BBM wurde mit den Lärmmessungen an der Gsteigstrasse, Hofackerstrasse und Wasserwerkstrasse beauftragt. Die Vorhermessungen fanden im Juni 2019 und die Nachhermessungen im September 2019 statt. Eine sehr kurzfristig anberaumte Baustelle in der Hegibachstrasse führte zum Zeitpunkt der Nachhermessung zu starkem Mehrverkehr auf der Hofackerstrasse bergabwärts in Richtung Hegibachplatz. Aufgrund der bereits erwähnten Reifen-Problematik war eine Wiederholung der Nachhermessung nach Aufhebung der Baustelle im November 2019 nicht zielführend. Die Verkehrsumlagerung von der Hegibachstrasse in die Hofackerstrasse bergabwärts während der Nachhermessung – inkl. zweier Trolleybuslinien 31 und 33, die normalerweise auf der Hegibachstrasse verkehren, wegen der Baustelle aber bergabwärts über die Hofackerstrasse umgeleitet wurden – führen zu einer höheren Unsicherheit bei der Wirkungsermittlung.

Die Normalisierung mit dem neuesten Lärmberechnungsmodell sonROAD18 ist umso genauer, je detaillierter die Verkehrszusammensetzung bekannt ist. Mittels Seitenradar kann via Längenmessung eine Kategorisierung in 4 bis 5 Kategorien erreicht werden (Motorräder, Personenwagen, Lastwagen, Lastenzüge und evtl. Lieferwagen). Müller-BBM wurde beauftragt mittels Videoerkennung des Nummernschildes eine Kategorisierung in sämtliche SWISS 10-Kategorien zu versuchen. Hierzu stand die Kennzeichendatenbank des ASTRA, in welcher sämtliche in der Schweiz eingelösten Fahrzeuge – inkl. Angabe der Fahrzeugart – enthalten sind, zur Verfügung. Infolge diverser Schwierigkeiten (Details vgl. Müller-BBM-Bericht, Anhang 6) konnten die Kennzeichen von rund 30% der Fahrzeuge nicht korrekt erkannt werden. Die Resultate aus der Kennzeichen-Erkennung wurden daher v.a. ergänzend verwendet, um die anhand des Seitenradars grob klassierten Fahrzeuge detaillierter in die SWISS 10-Kategorien aufzuteilen. Hierzu wurde die Erkennungsquote von über 60% als genügend grosse Stichprobe erachtet. Die Verkehrsmengen des ÖV wurden mittels Fahrplan der VBZ ermittelt.

In der folgenden Tabelle sind die Differenzen des v_{60} sowie der gemessenen Leq – nach Normalisierung – ersichtlich (Details vgl. Müller-BBM-Bericht, Anhang 5):

Strasse	Differenz v_{60} Tag	Differenz Leq Tag	Differenz v_{60} Nacht	Differenz Leq Nacht
Gsteigstrasse	Ri Höneggerberg: -5 km/h	-1.5 dB(A)	Ri Höneggerberg: -6 km/h	-1.7 dB(A)
	Ri Meierhofplatz: -11 km/h		Ri Meierhofplatz: -11 km/h	
Hofackerstrasse	Ri Hegibachplatz: -8 km/h	-1.4 dB(A)	Ri Hegibachplatz: -10 km/h	-1.6 dB(A)
	Ri Witikonstrasse: -6 km/h		Ri Witikonstrasse: -8 km/h	
Wasserwerkstrasse	Ri Wipkingerplatz: -7 km/h	-2.3 dB(A)	Ri Wipkingerplatz: -8 km/h	-2.6 dB(A)
	Ri Kornhausbrücke: -11 km/h		Ri Kornhausbrücke: -11 km/h	

Tabelle 2: Durch Müller-BBM gemessene Lärmreduktionen, normalisiert auf den Verkehr der Vorhermessung unter Berücksichtigung sämtlicher SWISS 10-Kategorien

Müller-BBM hat neben den Lärmmessungen ebenfalls Berechnungen mit sonROAD18 auf Basis der durch Müller-BBM durchgeführten Verkehrserhebungen angestellt. Die aufgrund der Messungen ermittelten Wirkungen liegen bei allen drei Strassenabschnitten 0.1 dB(A) bis 0.6 dB(A) über den mit sonROAD18 berechneten Erwartungen (vgl. Bericht Müller-BBM S. 17/18, Anhang 6). Diese Differenzen liegen im Bereich der Genauigkeit des Berechnungsmodells bzw. des Messfehlers.

Die zu untersuchenden Strassenabschnitte der Butzenstrasse und der Nordstrasse waren bereits in einem früheren Messprogramm enthalten. Im August 2013 fand die öffentliche Publikation zu Geschwindigkeitsreduktionen an rund 30 Streckenabschnitten – die meisten davon kommunal – statt. Vor 6 Jahren waren Lärmmessungen zu Tempo 30 noch nicht zahlreich vorhanden, weshalb der UGZ das Ingenieurbüro Basler & Hofmann mit der Wirkungskontrolle an 8 dieser Strassenabschnitte beauftragte. Die Vorhermessungen wurden im Herbst 2013 durchgeführt und beinhalteten auch die Abschnitte Butzenstrasse und Nordstrasse. Infolge des langjährigen Rechtsmittelverfahrens – die Einführung von Tempo 30 wurde schliesslich vor Bundesgericht im Frühling 2017 entschieden – konnte Tempo 30 bei 3 Strecken erst 4 Jahre später, bei 4 Strecken erst 6 Jahre später und bei einer Strecke noch gar nicht umgesetzt werden. Aus dem Auftrag an Basler & Hofmann resultierten zwei Berichte. Der Bericht vom 26. März 2019 untersucht die Wirkung von Tempo 30 auf der Hegibachstrasse, der Schaufelbergerstrasse und am Letzigraben, der Bericht vom 26. November 2019 beinhaltet zwei Abschnitte der Nordstrasse, die Butzenstrasse sowie die Saatlenstrasse. Auf die Nachher-Messung zur Leimbachstrasse wird aufgrund immer noch nicht vorliegender Umsetzung – diese ist erst nach erfolgtem Strassenumbau vorgesehen – verzichtet. Die im Rahmen des vorliegenden Projekts zu untersuchenden Strassenabschnitte der Butzenstrasse und der Nordstrasse sind im Basler & Hofmann-Bericht vom 26. November 2019 enthalten (vgl. Anhang 7).

In der folgenden Tabelle sind die Differenzen des v_{\emptyset} sowie der gemessenen Leq – nach Normalisierung – ersichtlich (Details vgl. Basler & Hofmann-Bericht, Anhang 7):

Strasse	Differenz v_{\emptyset} Tag	Differenz Leq Tag	Differenz v_{\emptyset} Nacht	Differenz Leq Nacht
Butzenstrasse	-8 km/h	-2.5 dB(A)	-10 km/h	-2.9 dB(A)
Nordstrasse/Nordbrücke	-6 km/h	-1.0 dB(A)	-8 km/h	-1.1 dB(A)

Tabelle 3: Durch Basler & Hofmann gemessene Lärmreduktionen, normalisiert auf den Verkehr der Vorhermessung unter Berücksichtigung der SWISS 10-Kategorien Motorräder (cat. 2), Personenwagen (cat. 3) und Lastwagen (cat. 8)

Basler & Hofmann hat mittels Seitenradar die Fahrzeugkategorien Motorräder, Personenwagen, Lieferwagen und Lastwagen erfasst. Für die Normalisierung wurden die Trolleybusse den Personenwagen zugeordnet, die Dieselmotoren den Lastwagen und die Lieferwagen je hälftig den PWs bzw. den LWs. Wie bereits erwähnt, bestehen deutliche Unterschiede zwischen den mit sonROAD18 berechneten Emissionen für repräsentative Fahrzeuge der SWISS 10-Kategorie 8 (LW) und den spezifisch für die Dieselmotorenflotte der VBZ ermittelten Emissionen, ebenso zwischen den Emissionsansätzen der SWISS 10-Kategorie 3 (PW) und denjenigen der Trolleybusse. Die Lieferwagen sind im Berechnungsmodell sonROAD18 einer eigenen Kategorie zugeordnet (cat. 5), welche sich ebenfalls deutlich von cat. 3 bzw. cat. 8 unterscheidet (Geschwindigkeits-/Emissionsdiagramme vgl. Anhang 5). Auf der Linie 46 – dies betrifft die Nordstrasse – gab es zudem eine Fahrplanänderung zwischen den Jahren 2013 und 2019, was die Ungenauigkeit der Normalisierung bzw. der ermittelten Wirkung erhöht.

Die Normalisierung mit separater Berücksichtigung der Lieferwagen (cat. 5) und unter Verwendung der spezifischen Emissionsansätze für die VBZ-Busflotte ergibt die folgenden – von obiger Tabelle 3 abweichenden – Lärmabnahmen (Berechnungsdetails vgl. Anhang 4):

Strasse	Differenz v_{\emptyset} Tag	Differenz Leq Tag	Differenz v_{\emptyset} Nacht	Differenz Leq Nacht
Butzenstrasse	-8 km/h	-1.7 dB(A)	-10 km/h	-2.0 dB(A)
Nordstrasse/Nordbrücke	-6 km/h	-0.4 dB(A)	-8 km/h	-2.0 dB(A)

Tabelle 4: Durch Basler & Hofmann gemessene Lärmreduktionen, normalisiert auf den Verkehr der Vorhermessung unter Berücksichtigung der SWISS 10-Kategorien Motorräder (cat. 2), Personenwagen (cat. 3), Lieferwagen (cat. 5), Lastwagen (cat. 8) sowie der spezifischen Emissionsansätze für die VBZ-Busflotte

Die Differenzen zwischen den Tabellen 3 und 4 machen den Einfluss deutlich, die die Normalisierung von Lärmmessungen auf die Wirkungsermittlung hat.

Die Ingenieurbüros Müller-BBM und Basler & Hofmann wurden neben der messtechnischen Ermittlung des Mittelungspegels (Leq) auch mit Untersuchungen zur Auswirkung von Tempo 30 auf den Spitzenpegel (Lmax) während der Nachtstunden beauftragt. Die ermittelten statistischen Vergleiche zum Lmax – ohne Auswertung von Einzelvorbeifahrten – sind dabei nur aussagekräftig, wenn der Anteil lauter Fahrzeuge bei Vorher- und Nachhermessung etwa gleich gross ist. In der folgenden Tabelle sind die Resultate zusammengefasst.

Strasse	Resultat
Gsteigstrasse	Abnahme der Häufigkeit von hohen Lmax (vgl. Bericht Müller-BBM Abb. 4 (S. 19), Anhang 6).
Hofackerstrasse	Keine Aussage möglich, wegen baustellenbedingtem Mehrverkehr inkl. Bussen (vgl. Bericht Müller-BBM Abb. 6 (S. 20) und Kap. 5.3 (S. 21), Anhang 6).
Wasserwerkstrasse	Abnahme der Häufigkeit von hohen Lmax (vgl. Bericht Müller-BBM Abb. 5 (S. 19), Anhang 6).
Butzenstrasse	Keine Aussage möglich, wegen grosser Differenz des Anteils lauter Fahrzeuge (vgl. Bericht Basler & Hofmann Abb. 2 (S. 4) und Tabelle (S. 10), Anhang 7).
Nordstrasse	Abnahme der Häufigkeit von hohen Lmax (vgl. Bericht Basler & Hofmann Abb. 1 (S. 3), Anhang 7).

Tabelle 5: Auswirkungen von Tempo 30 auf die Häufigkeit hoher Spitzenpegel (Lmax)

4 Fazit

Die Verkehrserhebungen des Büros AKP und die darauf basierenden Berechnungen mit sonROAD18 ergeben bei 8 von 10 untersuchten Strassenabschnitten um 6 km/h bis 15 km/h geringere Geschwindigkeiten sowie Lärmreduktionen von ca. 1 dB(A) bis 3 dB(A) durch die Einführung von Tempo 30. An der Zweierstrasse sind die Geschwindigkeitsreduktionen mit 4 km/h gering, da schon bei signalisiertem Tempo 50 sehr langsam gefahren wird. Entsprechend fällt an diesem Abschnitt auch die Lärmreduktion geringer aus (0.6 dB(A) am Tag und 1.1 dB(A) nachts)). An der Steinstrasse wird Tempo 30 durch die Automobilisten nicht eingehalten. Die Geschwindigkeiten (v_{60}) haben sich nicht verringert, entsprechend ist auch keine Reduktion des Leq durch Tempo 30 zu verzeichnen. Die Reduktion des Lmax kann aber auch in dieser Situation zu einer wahrnehmbaren Verbesserung der Lärmsituation führen.

An fünf Strassenabschnitten wurden durch die Büros Müller-BBM bzw. Basler & Hofmann auch Lärmmessungen in Kombination mit Verkehrserhebungen durchgeführt. Die Lärmreduktionen liegen bei Geschwindigkeitsabnahmen von 5 km/h bis 11 km/h mit einer Ausnahme zwischen 1.4 dB(A) und 2.9 dB(A). Der Ausreisser Nordstrasse – auf diesem Abschnitt wurden am Tag bei einer Geschwindigkeitsreduktion von 6 km/h lediglich 0.4 dB(A) Lärmreduktion ermittelt – ist wahrscheinlich auf stark unterschiedliche Verkehrszusammensetzungen vor und nach der Einführung von Tempo 30 zurück zu führen. Zwischen Vorher- und Nachhermessungen liegen 6 Jahre und in dieser Zeit hat zudem der Fahrplan der Buslinie 46 geändert. Eine zuverlässige Normalisierung ist unter diesen Voraussetzungen nicht mehr möglich.

Die Verkehrserhebungen des Büros AKP wurden nicht zum selben Zeitpunkt, nicht über dieselbe Messdauer und nicht am gleichen Strassenquerschnitt durchgeführt wie die Lärmmessungen (inkl. Verkehrserhebungen) der Büros Müller-BBM bzw. Basler & Hofmann. Insbesondere basieren Berechnungen und Messungen nicht auf den gleichen Geschwindigkeitsabnahmen, weshalb ein direkter Vergleich nicht möglich ist. Trotzdem zeigen Messungen und Berechnungen Lärmreduktionen in derselben Grössenordnung (vgl. Tabelle 6).

Strasse	Lärmreduktion Tag berechnet	Lärmreduktion Tag gemessen	Lärmreduktion Nacht berechnet	Lärmreduktion Nacht gemessen
Gsteigstrasse	-1.8 dB(A)	-1.5 dB(A)	-1.9 dB(A)	-1.7 dB(A)
Hofackerstrasse	-1.2 dB(A)	-1.4 dB(A)	-1.4 dB(A)	-1.6 dB(A)
Wasserwerkstrasse	-2.9 dB(A)	-2.3 dB(A)	-3.1 dB(A)	-2.6 dB(A)
Butzenstrasse	-2.2 dB(A)	-1.7 dB(A)	-2.6 dB(A)	-2.0 dB(A)
Nordstrasse	-1.6 dB(A)	-0.4 dB(A)	-1.7 dB(A)	-2.0 dB(A)

Tabelle 6: Berechnete und gemessene Lärmreduktionen (mit detaillierterer Normalisierung bei Butzen- und Nordstrasse vgl. Tab. 4), wobei die Ergebnisse nicht direkt vergleichbar sind, da die Standorte der in die Lärmberechnungen eingeflossenen Verkehrserhebungen mit den Standorten der Lärmmessungen nicht identisch sind.

An 8 der 10 untersuchten Strassenabschnitten führt Tempo 30 zu einer wahrnehmbaren bis deutlichen Reduktion der Mittelungspegel (Leq). Dies gilt nicht für die Zweierstrasse sowie die Steinstrasse. An diesen Strassenabschnitten fällt die Geschwindigkeitsreduktion gering aus oder sie ist gar nicht vorhanden, weil schon bei signalisiertem Tempo 50 relativ langsam gefahren wird bzw. weil Tempo 30 nicht eingehalten wird.

Die Reduktion des Leq gilt ab 1 dB(A) als wahrnehmbar (vgl. Leitfaden Strassenlärm, Vollzugshilfe für die Sanierung, ASTRA/BAFU, Dez. 2006, S. 42). Eine Reduktion des Leq um 3 dB(A) entspricht der Halbierung der Schallenergie, was mit einer Halbierung der Verkehrsmenge gleichgesetzt werden kann. (vgl. Tabelle 7).

Reduktion Leq	
1.0 dB(A)	Entspricht 21% weniger Verkehr.
1.5 dB(A)	Entspricht 29% weniger Verkehr.
2.0 dB(A)	Entspricht 37% weniger Verkehr.
2.5 dB(A)	Entspricht 44% weniger Verkehr.
3.0 dB(A)	Entspricht 50% weniger Verkehr.

Tabelle 7: Pegelreduktion und entsprechende Verkehrsmengenreduktion

Neben dem Mittelungspegel (Leq) sind aber auch die für die Belästigungswirkung – insbesondere während der empfindlichen Nacht- und Morgenstunden – relevanten Grössen Spitzenpegel sowie Flankensteilheit relevant. Denn der Spitzenpegel (Lmax) sowie auch die Flankensteilheit einer Vorbeifahrt (Schnelligkeit des Pegelanstiegs (engl.: "slope rise")) stehen in Zusammenhang mit den nächtlichen Aufwachreaktionen und der Belästigungswirkung. Geräusche mit einem plötzlichen oder schnellen Lautstärkeanstieg (Vorbeifahrt bei hoher Geschwindigkeit → steile Flanke des Pegelanstiegs) werden als viel unangenehmer wahrgenommen als Geräusche, deren Lautstärke relativ langsam ansteigt (Vorbeifahrt bei tiefer Geschwindigkeit → flache Flanke des Pegelanstiegs). Die durch die Büros Müller-BBM und Basler & Hofmann ermittelten Häufigkeitskurven zum Lmax zeigen, dass mit Tempo 30 eine Verschiebung des Lmax zu geringeren Pegeln stattfindet, was die Belästigungswirkung verringert und die Lärmsituation für die betroffene Bevölkerung verbessert.

5 Beilagen: Emissionsberechnung mit sonROAD18, Inputdaten und Resultate

- Emissionen MIV (SWISS-10-Kategorien Motorräder, PW, LW), Emissionsberechnung nach sonROAD18
- Emissionen Busse (Dieselbusse und Trolleybusse), Emissionsberechnung nach sonROAD18 Version UGZ
- Emissionen Tram (VBZ-Kataster)
- Gesamtemissionen (Σ MIV, Busse, Tram) und Differenzenberechnung

Emissionen MIV (SWISS-10-Kategorien Motorräder, PW, LW), Emissionsberechnung nach sonROAD18

TAG (06:00 - 22:00)				Erhebung AKP Mai 2019				Messungen AKP									
Strasse	Klassierung (gemäss TAZ-GIS)	Steigung [%]	Belag (Angaben TAZ)	KB-Wert (gemäss KB-Tab. BAFU)	# Autos (DTV) Tg	# Motorräder (DTV)Tg	# Lastwagen (DTV)Tg	# Lastzüge (DTV)Tg	Buslinien (gemäss Fahrplan)	Busse (DTV)	SWISS-10 cat. 2 (MR) / Std. Tg	SWISS-10 cat. 3 (PW) / Std. Tg	SWISS-10 cat. 8 (LKW) / Std. Tg	V60 Tg vorher [km/h]	V60 Tg nachher [km/h]	Leq (7.5 m) Tg vorher [dB(A)]	Leq (7.5 m) Tg nachher [dB(A)]
Butzenstrasse	RVS	7.2	AC 11 S	1	2937	321	72	199	Nr. 70 (Gelenkbus)	179	20	184	6	42	30	61.7	59.5
Gsteigstrasse	RVS	10.6	AB 11 / AC 8	0	6702	626	126	297	Nr. 80 (Gelenkbus)	256	39	419	10	42	31	64.8	63.0
Hofackerstrasse	RVS	4.5	kA	1	2744	243	44	28	-	-	15	172	5	39	33	60.3	59.1
Hönggerstrasse	RVS	0.1	AC 8 H	0	5908	446	137	31	-	-	28	369	11	43	30	63.4	61.0
Nordstrasse / Nordbrücke	RVS	0.9	SMA 8	1	8956	844	420	600	Nr. 33 (Trolley), Nr. 46 (Trolley)	498	53	560	33	35	29	65.5	64.0
Rämi- / Universitätstrasse	HVS	1.7	AC 8 H	0	11661	1079	181	66	Tram Nr. 6 + 9	-	67	729	15	35	33	64.7	64.3
Regensdöferstrasse / Meierhofplatz	RVS/SS	1.5	SMA 16	0	6545	608	163	279	Nr. 46 (Trolley), Nr. 38 (Midi)	328	38	409	7	33	26	61.6	60.4
Steinstrasse	SS	0.2	kA	1	11093	1090	319	216	Nr. 72 (Trolley), Nr. 76 (Standard)	359	68	693	11	36	36	65.1	65.1
Wasserwerkstrasse	RVS	0.1	AB 11	1	6121	474	160	42	-	-	30	383	13	48	33	65.4	62.5
Zweierstrasse	HVS	0.7	AC 8 H	0	4539	495	130	21	Nr. 76 (Standard), nur stadtauswärts	65	31	284	5	31	27	59.8	59.2
NACHT (22:00 - 06:00)				Erhebung AKP Mai 2019				Messungen AKP									
Strasse	Klassierung (gemäss TAZ-GIS)	Steigung [%]	Belag (Angaben TAZ)	KB-Wert (gemäss KB-Tabelle BAFU)	# Autos Na (DTV) vorher	# Motorräder Na (DTV) vorher	# Lastwagen Na (DTV) vorher	# Lastzüge Na (DTV) vorher	Buslinien (gemäss Fahrplan)	Busse (DTV)	SWISS-10 cat. 2 (MR) / Std. Na	SWISS-10 cat. 3 (PW) / Std. Na	SWISS-10 cat. 8 (LKW) / Std. Na	V60 Na vorher [km/h]	V60 Na nachher [km/h]	Leq (7.5 m) Na vorher [dB(A)]	Leq (7.5 m) Na nachher [dB(A)]
Butzenstrasse	RVS	7.2	AC 11 S	1	252	22	2	41	Nr. 70 (Gelenkbus), N12 (Standard)	43	3	32	0	43	30	52.8	50.0
Gsteigstrasse	RVS	10.6	AB 11 / AC 8	0	731	31	12	43	Nr. 80 (Gelenkbus), N8 (Standard)	40	4	91	2	43	32	58.1	56.2
Hofackerstrasse	RVS	4.5	kA	1	285	22	2	3	-	-	3	36	1	41	34	53.8	52.4
Hönggerstrasse	RVS	0.1	AC 8 H	0	613	49	9	7	-	-	6	77	2	45	32	56.9	54.4
Nordstrasse / Nordbrücke	RVS	0.9	SMA 8	1	1172	85	47	88	Nr. 33 (Trolley), Nr. 46 (Trolley)	73	11	147	8	39	31	60.2	58.7
Rämi- / Universitätstrasse	HVS	1.7	AC 8 H	0	1535	79	11	13	-	-	10	192	3	42	37	59.8	58.8
Regensdöferstrasse / Meierhofplatz	RVS/SS	1.5	SMA 16	0	661	36	6	41	Nr. 46 (Trolley)	38	5	83	1	39	29	55.4	53.4
Steinstrasse	SS	0.2	kA	1	1096	91	14	32	Nr. 72 (Trolley), Nr. 76 (Standard), N5 (Standard)	47	11	137	0	38	38	57.8	57.8
Wasserwerkstrasse	RVS	0.1	AB 11	1	665	55	7	2	-	-	7	83	1	49	34	58.4	55.3
Zweierstrasse	HVS	0.7	AC 8 H	0	604	58	9	2	Nr. 76 (Standard), nur stadtauswärts	3	7	76	1	35	29	54.5	53.4

Tab. 1: Input-Daten für Test-Webtool sonROAD18 und Resultate gemäss Anhang 3 (Tag und Nacht)

Emissionen Busse (Dieselbusse und Trolleybusse), Emissionsberechnung nach sonROAD18 Version UGZ

TAG (06:00 - 22:00)		Fahrplan			Messungen AKP									
Strasse	Steigung [%]	Belagstyp / KB-Wert	# Busse (DTV) Tg	# Busse/h Tg	V60 Tg vorher [km/h]	V60 Tg nachher [km/h]	Bus-Linien	in sonROAD18 eingesetzter Bustyp (Angaben VBZ)	Leq Tg vorher [dB(A)]	Leq Tg nachher [dB(A)]	Leq (7.5 m) Tg vorher [dB(A)]	Leq (7.5 m) Tg nachher [dB(A)]		
Butzenstrasse	7.2	AC 11 S / 1	179	11.2	42	30	Nr. 70	Gelenkbus Diesel (Neoplan Centroliner)	64.3	62.1	55.5	53.3		
Gsteigstrasse	10.6	AB 11 / 1, AC 8 / 0	256	16.0	42	31	Nr. 80	Gelenkbus Diesel (Neoplan Centroliner)	66.2	64.2	57.4	55.5		
Hofackerstrasse	4.5	kA / 1	0	0.0	39	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0		
Hönggerstrasse	0.1	AC 8 H / 0	0	0.0	43	30	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0		
Nordstrasse / Nordbrücke	0.9	SMA 8 / 1	498	31.1	35	29	Nr. 33 / Nr. 46	Gelenktrolleybus Elektro (Swisstrolley 3)	68.2	66.3	59.4	57.5		
Rämi- / Universitätstrasse	1.7	AC 8 H / 0	0	0.0	35	33	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0		
Regensdorferstrasse / Meierhofplatz	1.5	SMA 16 / 0	56	3.5	33	26	Nr. 38	Standardbus Diesel (MIDI-Bus MAN A 35)	54.4	53.8	45.6	45.0		
Regensdorferstrasse / Meierhofplatz	1.5	SMA 16 / 0	272	17.0	33	26	Nr. 46	Gelenktrolleybus Elektro (Swisstrolley 3)	64.1	62.0	55.4	53.3		
Steinstrasse	0.2	kA / 1	130	8.1	36	36	Nr. 72	Gelenktrolleybus Elektro (Swisstrolley 3)	62.6	62.6	53.9	53.9		
Steinstrasse	0.2	kA / 1	229	14.3	36	36	Nr. 76	Standardbus Diesel (Mercedes O 530)	64.9	64.9	56.1	56.1		
Wasserwerkstrasse	0.1	AB 11 / 1	0	0.0	48	33	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0		
Zweierstrasse	0.7	AC 8 H / 0	65	4.1	31	27	Nr. 76 , nur stadtauswärts	Standardbus Diesel (Mercedes O 530)	58.2	57.8	49.4	49.0		
NACHT (22:00 - 06:00)		Fahrplan			Messungen AKP									
Strasse	Steigung [%]	Belagstyp / KB-Wert	# Busse (DTV) Na	# Busse/h Na	V60 Na vorher [km/h]	V60 Na nachher [km/h]	Bus-Linien	in sonROAD18 eingesetzter Bustyp (Angaben VBZ)	Leq Na vorher [dB(A)]	Leq Na nachher [dB(A)]	Leq (7.5 m) Na vorher [dB(A)]	Leq (7.5 m) Na nachher [dB(A)]	Leq (7.5 m) Na Summe Diesel-Busse vorher [dB(A)]	Leq (7.5 m) Na Summe Diesel-Busse nachher [dB(A)]
Butzenstrasse	7.2	AC 11 S / 1	40	5.0	43	30	Nr. 70	Gelenkbus Diesel (Neoplan Centroliner)	60.9	58.6	52.2	49.8		
Butzenstrasse	7.2	AC 11 S / 1	3	0.4	43	30	Nachtbus N12	Standardbus Diesel (Mercedes O 530)	51.7	49.6	42.9	40.8	52.7	50.4
Gsteigstrasse	10.6	AB 11 / 1, AC 8 / 0	37	4.6	43	32	Nr. 80	Gelenkbus Diesel (Neoplan Centroliner)	61.0	59.0	52.2	50.2		
Gsteigstrasse	10.6	AB 11 / 1, AC 8 / 0	3	0.4	43	32	Nachtbus N8	Standardbus Diesel (Mercedes O 530)	52.3	50.5	43.5	41.7	52.8	50.8
Hofackerstrasse	4.5	kA / 1	0	0.0	41	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0		
Hönggerstrasse	0.1	AC 8 H / 0	0	0.0	45	32	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0		
Nordstrasse / Nordbrücke	0.9	SMA 8 / 1	73	9.1	39	31	Nr. 33 / Nr. 46	Gelenktrolleybus Elektro (Swisstrolley 3)	64.0	61.6	55.3	52.8		
Rämi- / Universitätstrasse	1.7	AC 8 H / 0	0	0.0	42	37	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0		
Regensdorferstrasse / Meierhofplatz	1.5	SMA 16 / 0	38	4.8	39	29	Nr. 46	Gelenktrolleybus Elektro (Swisstrolley 3)	60.3	57.4	51.6	48.7		
Steinstrasse	0.2	kA / 1	38	4.8	38	38	Nr. 72	Gelenktrolleybus Elektro (Swisstrolley 3)	60.9	60.9	52.2	52.2		
Steinstrasse	0.2	kA / 1	9	1.1	38	38	Nr. 76 / Nachtbus N5	Standardbus Diesel (Mercedes O 530)	54.1	54.1	45.3	45.3		
Wasserwerkstrasse	0.1	AB 11 / 1	0	0.0	49	34	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0		
Zweierstrasse	0.7	AC 8 H / 0	3	0.4	35	29	Nr. 76 , nur stadtauswärts	Standardbus Diesel (Mercedes O 530)	48.7	47.9	39.9	39.1		

Tab. 2: Input-Daten und Resultate, Emissionsberechnung der lärmtechnisch vermessenen VBZ-Bustypen, sonROAD18 Version UGZ (Tag und Nacht)

Emissionen Tram (VBZ-Kataster)

TAG (06:00 - 22:00)	VBZ-Kataster 2018								Leq Cobra, Ansatz: 0.3*1.1*v + 43 + 10*log(#) [dB(A)]		Leq Tram-2000, Ansatz: 0.3*1.5*v + 46 + 10*log(#) [dB(A)]		Leq Cobra, Ansatz: 0.3*1.1*v + 43 + 10*log(#) [dB(A)]		Leq Tram-2000, Ansatz: 0.3*1.5*v + 46 + 10*log(#) [dB(A)]				
	Strasse	Trassectyp / Belag	Steigung [%]	Steigungs-Zuschlag [dB(A)]	#Cobra Tg	#Tram-2000 Tg	#Cobra/h Tg	#Tram-2000/h Tg	V vorher [km/h]	V nachher [km/h]	Cobra Vorher-Messung bergauf Tg	Cobra Vorher-Messung bergab Tg	T-2000 Vorher-Messung bergauf Tg	T-2000 Vorher-Messung bergab Tg	Leq (7.5 m) gesamt vorher Tg [dB(A)]	Cobra Nachher-Messung bergauf Tg	Cobra Nachher-Messung bergab Tg	T-2000 Nachher-Messung bergauf Tg	T-2000 Nachher-Messung bergab Tg
Rämi- / Universitätstrasse	MTBE (Mischtrasse / Hartbelag)	4	0.5	416	98	26.0	6.1	36	30	65.4	64.9	67.6	67.1	63.7	63.6	63.1	64.9	64.4	61.3
NACHT (22:00 - 06:00)	VBZ-Kataster 2018								Leq Cobra, Ansatz: 0.3*1.1*v + 43 + 10*log(#) [dB(A)]		Leq Tram-2000, Ansatz: 0.3*1.5*v + 46 + 10*log(#) [dB(A)]		Leq Cobra, Ansatz: 0.3*1.1*v + 43 + 10*log(#) [dB(A)]		Leq Tram-2000, Ansatz: 0.3*1.5*v + 46 + 10*log(#) [dB(A)]				
Strasse	Trassectyp / Belag	Steigung [%]	Steigungs-Zuschlag [dB(A)]	#Cobra Na	#Tram-2000 Na	#Cobra/h Na	#Tram-2000/h Na	V vorher [km/h]	V nachher [km/h]	Cobra Vorher-Messung bergauf Na	Cobra Vorher-Messung bergab Na	T-2000 Vorher-Messung bergauf Na	T-2000 Vorher-Messung bergab Na	Leq (7.5 m) gesamt vorher Na [dB(A)]	Cobra Nachher-Messung bergauf Na	Cobra Nachher-Messung bergab Na	T-2000 Nachher-Messung bergauf Na	T-2000 Nachher-Messung bergab Na	Leq (7.5 m) gesamt nachher Na [dB(A)]
Rämi- / Universitätstrasse	MTBE (Mischtrasse / Hartbelag)	4	0.5	68	14	8.5	1.8	36	30	60.6	60.1	62.1	61.6	58.4	58.8	58.3	59.4	58.9	56.1

Tab. 3: Grundlagedaten und Emissionen gemäss VBZ-Kataster (Tag und Nacht), Umrechnung Lre → Leq (7.5 m)

Abb. 1: Ausschnitt aus VBZ-Kataster 2018

Gesamtemissionen (Σ MIV, Busse, Tram) und Differenzenberechnung

TAG (06:00 - 22:00)																		
Strasse	Klassierung (gemäss TAZ-GIS)	Steigung [%]	Belag (Angaben TAZ)	KB-Wert (gemäss KB-Tab. BAFU)	Messungen AKP			Leq (7.5 m) Tg vorher MIV	Leq (7.5 m) Tg vorher Trolley	Leq (7.5 m) Tg vorher Dieselbus	Leq (7.5 m) Tg vorher Tram	Leq (7.5 m) Tg vorher gesamt	Leq (7.5 m) Tg nachher MIV	Leq (7.5 m) Tg nachher Trolley	Leq (7.5 m) Tg nachher Dieselbus	Leq (7.5 m) Tg nachher Tram	Leq (7.5 m) Tg nachher gesamt	Leq (7.5 m) Tg Differenz
					V60 Tg vorher	V60 Tg nachher	V60 Tg Differenz											
Butzenstrasse	RVS	7.2	AC 11 S	1	42	30	-12	61.7		55.5		62.6	59.5		53.3		60.4	-2.2
Gsteigstrasse	RVS	10.6	AB 11 / AC 8	0	42	31	-11	64.8		57.4		65.5	63.0		55.5		63.7	-1.8
Hofackerstrasse	RVS	4.5	kA	1	39	33	-6	60.3				60.3	59.1				59.1	-1.2
Hönggerstrasse	RVS	0.1	AC 8 H	0	43	30	-13	63.4				63.4	61.0				61.0	-2.4
Nordstrasse / Nordbrücke	RVS	0.9	SMA 8	1	35	29	-6	65.5	59.4			66.5	64.0	57.5			64.9	-1.6
Rämi- / Universitätstrasse	HVS	1.7	AC 8 H	0	35	33	-2 (Tram -6)	64.7			63.7	67.2	64.3			61.3	66.1	-1.1
Regensdorferstrasse / Meierhofplatz	RVS/SS	1.5	SMA 16	0	33	26	-7	61.6	55.4	45.6		62.6	60.4	53.3	45.0		61.3	-1.3
Steinstrasse	SS	0.2	kA	1	36	36	0	65.1	53.9	56.1		65.9	65.1	53.9	56.1		65.9	0.0
Wasserwerkstrasse	RVS	0.1	AB 11	1	48	33	-15	65.4				65.4	62.5				62.5	-2.9
Zweierstrasse	HVS	0.7	AC 8 H	0	31	27	-4	59.8		49.4		60.2	59.2		49.0		59.6	-0.6
NACHT (22:00 - 06:00)																		
Strasse	Klassierung (gemäss TAZ-GIS)	Steigung [%]	Belag (Angaben TAZ)	KB-Wert (gemäss KB-Tab. BAFU)	Messungen AKP			Leq (7.5 m) Na vorher MIV	Leq (7.5 m) Na vorher Trolley	Leq (7.5 m) Na vorher Dieselbus	Leq (7.5 m) Na vorher Tram	Leq (7.5 m) Na vorher gesamt	Leq (7.5 m) Na nachher MIV	Leq (7.5 m) Na nachher Trolley	Leq (7.5 m) Na nachher Dieselbus	Leq (7.5 m) Na nachher Tram	Leq (7.5 m) Na nachher gesamt	Leq (7.5 m) Na Differenz
					V60 Na vorher	V60 Na nachher	V60 Na Differenz											
Butzenstrasse	RVS	7.2	AC 11 S	1	43	30	-13	52.8		52.7		55.8	50.0		50.4		53.2	-2.6
Gsteigstrasse	RVS	10.6	AB 11 / AC 8	0	43	32	-11	58.1		52.8		59.2	56.2		50.8		57.3	-1.9
Hofackerstrasse	RVS	4.5	kA	1	41	34	-7	53.8				53.8	52.4				52.4	-1.4
Hönggerstrasse	RVS	0.1	AC 8 H	0	45	32	-13	56.9				56.9	54.4				54.4	-2.5
Nordstrasse / Nordbrücke	RVS	0.9	SMA 8	1	39	31	-8	60.2	55.3			61.4	58.7	52.8			59.7	-1.7
Rämi- / Universitätstrasse	HVS	1.7	AC 8 H	0	42	37	-5 (Tram -6)	59.8			58.4	62.2	58.8			56.1	60.7	-1.5
Regensdorferstrasse / Meierhofplatz	RVS/SS	1.5	SMA 16	0	39	29	-10	55.4	51.6			56.9	53.4	48.7			54.7	-2.2
Steinstrasse	SS	0.2	kA	1	38	38	0	57.8	52.2	45.3		59.0	57.8	52.2	45.3		59.0	0.0
Wasserwerkstrasse	RVS	0.1	AB 11	1	49	34	-15	58.4				58.4	55.3				55.3	-3.1
Zweierstrasse	HVS	0.7	AC 8 H	0	35	29	-6	54.5		39.9		54.6	53.4		39.1		53.6	-1.1

Tab. 4: Differenzen Gesamtemissionen vor und nach Einführung von Tempo 30 (Tag und Nacht)