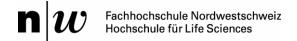
MAS Umwelttechnik und -management Master Thesis 2013

Lärmsanierung an der Quelle durch Tempo 30

Beat Obrist





MAS Umwelttechnik und -management Master Thesis 2013

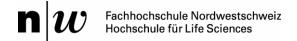
Lärmsanierung an der Quelle durch Tempo 30

Autor Beat Obrist

Begleitdozent Markus Ringger, FHNW, Muttenz

Experte Roger Schürmann, Tiefbauamt, Stadt Luzern

Ort, Datum Luzern, 4.12.2013

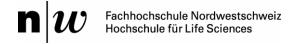


© FHNW Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Life Sciences Gründenstrasse 40 CH-4132 Muttenz

Telefon +41 61 467 42 42

E-Mail weiterbildung.lifesciences@fhnw.ch

Web <u>www.fhnw.ch/lifesciences</u>



Zusammenfassung

In der Schweiz sind rund 1.2 Millionen Personen tagsüber Opfer von übermässigem Strassenverkehrslärm. Liegen Grenzwertüberschreitungen vor, müssen Strassen von Gesetzes wegen gegen Lärm saniert werden, wobei gemäss Umweltschutzgesetz und Lärmschutzverordnung Emissionsbegrenzungen, also Massnahmen an der Quelle, erste Priorität haben.

Die Einführung von Tempo-30 innerorts ist eine mögliche Sanierungsmassnahme an der Quelle. Das Lärmreduktionspotential von Tempo-30 ist jedoch umstritten. Vorliegende Studien weisen bei der Einführung von Tempo-30 Reduktionen der Lärmbelastung im Bereich von 0.5-4.5 dB(A) aus. Die grosse Spannweite der Studienresultate zeigt, dass ein Bedarf für weitere Abklärungen besteht.

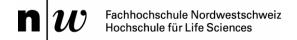
Der Geissensteinring in der Stadt Luzern diente als Versuchsstrecke, um den Effekt bezüglich Lärm und Verkehr bei der Einführung von Tempo-30 weiter zu untersuchen. Das Fahrverhalten des motorisierten Verkehrs sowie die daraus resultierenden Lärmbelastungen bei Tempo-50 und Tempo-30 wurden erfasst und mit Modellrechnungen verglichen. Der Geissensteinring war für die Studie während insgesamt vier Wochen mit Tempo-30 signalisiert. Die ersten drei Wochen waren lediglich Tempo-30 Signalisationstafeln aufgestellt, in der vierten Wochen sollten bauliche Massnahmen die Umsetzung des Tempo-30 Regimes unterstützen.

Durch die Einführung von Tempo-30 und den teilweise eingesetzten Massnahmen hat sich weder das Verkehrsaufkommen noch dessen Zusammensetzung wesentlich verändert. Eine Verlagerung des Verkehrs konnte nicht festgestellt werden. Durch die reine Signalisationsänderung reduzierte sich die mittlere Geschwindigkeit um knapp 3.5 km/h auf 34.7 km/h bzw. das v-85 um 3 km/h auf 42 km/h. Mit den baulichen Massnahmen erfolgte ein zusätzlicher Rückgang der Durchschnittsgeschwindigkeit um 1.2 km/h auf 33.5 km/h bzw. um weitere 2 km/h auf 40 km/h beim v-85. Insgesamt resultierte eine Reduktion der gefahrenen Geschwindigkeit um rund 5 km/h.

Die effektive Reduktion der Lärmbelastung ist messtechnisch erfasst worden. Die nach der verkehrsbedingten Korrektur resultierende Reduktion des mittleren Immissionspegels beträgt tags 0.4 dB(A) und nachts 0.5 dB(A). Der mittlere Maximalpegel reduzierte sich tags um 1.0 dB(A) und nachts um 2.7 dB(A).

Der Vergleich der Resultate aus dem Versuch am Geissensteinring mit den bereits vorliegenden Studienergebnissen zeigt, dass der Effekt von Tempo-30 nur schwierig zu verallgemeinern ist. Sowohl die örtlichen Gegebenheiten, der Verkehr in der Ausgangssituation (Verkehrsmenge, effektive Geschwindigkeiten), wie auch die effektiv erzielte Geschwindigkeitsreduktion sind wesentliche Faktoren, die bei der Beurteilung mitberücksichtigt werden müssen.

Bei der Realisierung von Projekten sind die Ausgangsgrössen zu erheben und die Sanierungsziele zu definieren. Mit den gängigen Berechnungsmodellen (STL-86+, Empa₉₇) sind dann genügend genaue Abschätzungen des zu erwartenden Reduktionspotentials möglich.

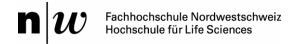


Inhalt

1	Einleitung	10
2	Ziel	12
3	Grundlagen	13
3.1	Fachtechnische Grundlagen	13
3.1.1	Pilotversuch an der Kalchbühlstrasse Zürich [2]	13
3.1.2	Analyse der Wirkungen von Tempo 30 Berlin [3]	13
3.1.3	Tempo-30 auf Hauptstrassen – der Fall Köniz [5]	14
3.1.4	Auswirkungen der Geschwindigkeitsreduktion auf die Lärmimmissionen in Jena [6]	14
3.1.5	Lärmaktionsplan der Stadt Freiburg i.Br. [7]	14
3.2	Gesetzliche Grundlagen	15
3.2.1	Umweltschutzgesetz (USG)	15
3.2.2	Lärmschutzverordnung (LSV)	16
3.2.3	Signalisationsverordnung (SSV)	16
3.2.4	Bundesgerichtsentscheide	17
4	Versuchs -und Messanordnung	19
4.1	Allgemeine Anordnung	19
4.2	Versuchsstrecke	19
4.3	Versuchsphasen und Massnahmenübersicht	20
4.4	Messanordnung Schallpegelmesser	22
4.5	Verkehrszählung - Verkehrsstatistikgeräte	23
5	Verkehrsdaten	25
5.1	Allgemeines	25
5.2	Klassierung der Fahrzeuge	25
5.3	Verkehrsaufkommen	27
5.4	Verkehrszusammensetzung	29
5.5	Geschwindigkeiten	31
5.6	Diskussion der Verkehrsdaten	34
6	Resultate Lärmbetrachtungen	37
6.1	Allgemeines	37
6.2	Messresultate Lärmimmissionen	37

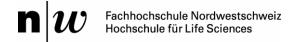


6.3	Berechnungsmodelle	41
6.3.1	Allgemeines	41
6.3.2	Berechnungsmodell STL86+	42
6.3.3	Emissionsmodell EMPA ₉₇	44
6.3.4	CadnaA Modell	45
6.3.5	Prognose Unsicherheiten	46
6.4	Diskussion	46
7	Schlussbetrachtung	50
8	Literaturliste	51
9	Anhang	52



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1: Übersicht Versuchsstrecke Geissensteinring (Quelle: www.geo.lu.ch)	20
Abbildung 4-2: Massnahmen eingangs (links) und im Mittelteil (rechts) Richt. Steghof	22
Abbildung 4-3: Massnahmen eingangs (links) und im Mittelteil (rechts) Richt. Weinbergli	22
Abbildung 4-4: Messanordnung Schallpegelmesser	23
Abbildung 4-5: SRA 1 - Geissensteinring 46	24
Abbildung 4-6: SRA 2 - Geissensteinring 38	24
Abbildung 4-7: SRA 3 - Geissensteinring 40	24
Abbildung 5-1:Häufigkeitsverteilung Länge und Geschwindigkeit (Richt. Steghof T50)	26
Abbildung 5-2: Häufigkeitstabelle Geschwindigkeit vs. Länge (Bsp. Richt. Steghof T50)	26
Abbildung 5-3: Geschwindigkeitsverteilung in Richt. Steghof bei T50 und T30	27
Abbildung 5-4: Verkehrsmenge beim Geissensteinring 46 (ohne Fahrräder)	28
Abbildung 5-5: Vergleich der Tagesganglinien den Versuchsphasen	28
Abbildung 5-6: Verkehrszusammensetzung während der Versuchsphase	29
Abbildung 5-7: Anz. einspurige Fahrzeuge (/100) im Vergleich mit den Wetterdaten	30
Abbildung 5-8: Box-Plot der gemessenen Geschwindigkeiten pro Richtung	31
Abbildung 5-9: Entwicklung des v-85 und v-Mittel	32
Abbildung 5-10: Boxplot v-effektiv tags und nachts	33
Abbildung 5-11: v-85 bei den drei Messpunkten im Vergleich	34
Abbildung 6-1: Beispiel 30-sec Leq(A) T50 Montag 19.11.2012	38
Abbildung 6-2: Beispiel 30-sec Leq(A) T30 Montag 25.3.2013	38
Abbildung 6-3: Leq(A) tags und nachts T50 und T30 mit Massnahmen (korrigiert)	40



Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Übersicht der Versuchsphasen	21
Tabelle 5-1: Durchschnittliches Verkehrsaufkommen während den drei Versuchsphasen	29
Tabelle 5-2: Anteil lärmiger Verkehr während den drei Versuchsphasen	30
Tabelle 5-3: Gemessene Geschwindigkeiten pro Fahrtrichtung (ohne Fahrräder)	32
Tabelle 5-4: Geschwindigkeiten beim Geissensteinring 46 pro Woche tags und nachts	33
Tabelle 5-5: Relevante Verkehrsdaten für die Lärmberechnung	34
Tabelle 6-1: Leq bei Tempo 50	37
Tabelle 6-2: Leq bei Tempo 30 mit Massnahmen	37
Tabelle 6-3: Korrektur Verkehrsmenge (c1) und Anteil lärmiger Fz. (c2) tags und nachts	39
Tabelle 6-4: Reduktion Lärmimmission inkl. Korrekturen (alle Werte in dB(A))	40
Tabelle 6-5: Beurteilungspegel der Messung mit Korrektur K1 gem. LSV	41
Tabelle 6-6: Emissionsberechnung nach STL86+	43
Tabelle 6-7: Dämpfung und Beurteilungspegel nach STL86+ (alle Wert in dB(A))	43
Tabelle 6-8: Emissionsberechnung nach EMPA ₉₇	45
Tabelle 6-9: Dämpfung und Immissionberechnung nach EMPA ₉₇ (alle Werte in dB(A))	45
Tabelle 6-10: Vergleich der Messresultate und Modellrechnungen	47



1 Einleitung

In Zeitungen, Umweltjournalen, Fernsehsendungen und natürlich auch im Internet wird aktuell rege über das Thema Lärm bzw. speziell Strassenlärm diskutiert. Das Bundesamt für Umwelt (bafu) hat z.B. dem Thema Lärm in diesem Jahr die erste Ausgabe des Umweltjournals [1] "gewidmet". Die negativen Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit und die Lebensqualität sind gross, die damit verbundenen Kosten sind erheblich.

Gemäss einem Artikel im Umweltjournal [1b] stellt der Strassenlärm die bedeutendste Lärmquelle in der Schweiz dar. Rund 1.2 Millionen Personen sind tagsüber von übermässigem Strassenverkehrslärm betroffen. Als Hauptgründe, warum trotz Fortschritten bei der Bekämpfung des Strassenlärms die Bevölkerung heute oftmals grösseren Lärmbelastungen ausgesetzt ist als vor 20 Jahren, werden die immer schwereren Motorfahrzeuge und das immer noch steigende Verkehrsaufkommen genannt. In dicht besiedelten Städten und Agglomerationen ist die Anzahl der Betroffenen am grössten, doch treten auch entlang von stark befahrenen Strassen in ländlichen Gebieten erhöhte Lärmbelastungen auf. Während am Tag schweizweit jede 6. bis 7. Person von lästigem Strassenlärm betroffen ist, so wird in der Nacht immer noch rund jede 11. Person in der nächtlichen Ruhephase durch Strassenlärm gestört.

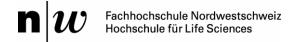
Das Umweltschutzgesetz (USG) und die seit 1987 geltende Lärmschutz-Verordnung (LSV) nehmen die Anlageneigentümer, also im Falle des Strassenlärms meist den Staat, die Kantone und Gemeinden, in die Pflicht. Strassenabschnitte, welche übermässigen Lärm verursachen, müssen entsprechend gegen Lärm saniert werden.

Die Sanierung von Nationalstrassen wird durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA) gemäss LSV bis 2015 abgeschlossen, die Sanierung der übrigen Strassen liegt in der Verantwortung der Kantone bzw. Gemeinden und soll bis 2018 abgeschlossen sein. Der aktuelle Stand der Lärmsanierungsprojekte (LSP) in den Kantonen und Gemeinden ist unterschiedlich.

Gemäss dem Grundsatz des USG und der LSV hat die Emissionsbegrenzung erste Priorität. Bei der Lärm-Sanierung von Strassen sind somit Massnahmen an der Quelle wie der Einsatz von lärmarmen Belägen, Reduktion der signalisierten Geschwindigkeit oder andere verkehrsberuhigende Massnahmen zu bevorzugen. Gestützt auf die Signalisationsverordnung ist Tempo-30¹ innerorts und primär auf Nebenstrassen vorgesehen, jedoch lässt die Verordnung Tempo-30 unter gewissen Umständen auch auf Hauptstrassen innerorts ebenfalls explizit zu. Die gesetzliche Grundlage für Tempo-30 als Lärmsanierungsmassnahme ist gegeben.

Die lärmtechnische Wirkung von Tempo-30 ist jedoch umstritten, verschiedene Studien zeigen sehr unterschiedliche Resultate, wie die folgenden Beispiele zeigen. Bei einer Pilotstudie in Zürich [2] resultierte mit Tempo-30 innerorts eine Abnahme der Lärmimmission von 2.5 – 4.5 dB(A). Bei einer ähnlichen Studie in Berlin Deutschland [3] resultierte bei

¹ Mit Tempo-30 oder kurz T30 ist in diesem Bericht die signalisierte Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h gemeint, unabhängig davon, ob Tempo-30-Zone oder Tempo-30 als streckenbezogene Höchstgeschwindigkeit



Nachmessungen eine Lärmreduktion von 0.6-2.1~dB(A). Der Verkehrsclub Schweiz (VCS) zitiert auf seiner Homepage 2-3~dB(A) Reduktion [4]. Eine Abnahme von 3~dB(A) (was als eine Halbierung des Verkehrs wahrgenommen wird) bei der Einführung von Tempo-30 wird auch immer wieder in Zeitungen und anderen Medien erwähnt, ohne dabei klare Quellen zu zitieren. Die Spannweite der Resultate in den genannten Beispielen macht deutlich, dass ein Bedarf für weitere Abklärungen besteht.

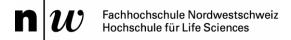
Der Effekt bezüglich der Reduktion der Lärmbelastung bei der Einführung von Tempo-30 kann basierend auf den bereits vorliegenden Studien nicht pauschal beziffert werden bzw. beinhaltet eine grosse Unsicherheit und soll im Rahmen dieser Arbeit mit einer versuchsweisen Tempo-30 Signalisation weiter untersucht werden. Es sollen Argumente und Empfehlungen erarbeitet werden, welche die Diskussion um Tempo-30 als Massnahme an der Quelle im Rahmen von Lärmsanierungsprojekten unterstützen.

2 Ziel

Der Verkehr und das Fahrverhalten bei der Einführung von Tempo-30 werden auf einer Versuchsstrecke, dem Geissensteinring in Luzern, untersucht. Dazu wird das Verkehrsaufkommen, dessen Zusammensetzung sowie die effektiv gefahrene Geschwindigkeit zuerst im Ausgangszustand mit einer signalisierten Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h, dann bei der versuchsweisen Signalisation von 30 km/h erhoben. Die Studie soll aufzeigen, wie sich Motorfahrzeuglenker der Signalisationsänderung anpassen, dies sowohl unmittelbar nach der Änderung wie auch längerfristig.

Die effektive Reduktion der Lärmbelastung durch die Herabsetzung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h wird analysiert. Die Resultate werden mit bereits vorhandenen Studienresultaten verglichen. Der Vergleich soll zeigen, inwiefern sich die Studienresultate verallgemeinern bzw. auf andere Strassensituationen übertragen lassen.

Basierend auf den Resultaten der Analysen werden Empfehlungen zum Vorgehen bei der Überprüfung von Tempo-30 als Massnahme im Rahmen von Lärmsanierungsprojekten bzw. des gemäss Art. 108 Abs. 4 SSV geforderten Gutachten erarbeitet.



3 Grundlagen

3.1 Fachtechnische Grundlagen

Bezüglich des Effektes von T30 Signalisationen sind bereits mehrfach Studien im In- und Ausland durchgeführt worden. Einige Auszüge daraus sollen im Folgenden beispielhaft die daraus hervorgehenden Resultate bzw. Unterschiede aufzeigen.

3.1.1 Pilotversuch an der Kalchbühlstrasse Zürich [2]

Auf der Kalchbühlstrasse in Zürich wurde im September 2009 im Rahmen eines Pilotversuchs während drei Wochen Tempo-30 (statt Tempo-50) signalisiert. Dabei wurden provisorische Signalisationsänderungen vorgenommen und Bodenmarkierungen eingesetzt, auf bauliche Massnahmen wurde verzichtet. Jedoch war während ca. der Hälfte Zeit eine s.g. "Speedy" Geschwindigkeitsanzeige im Einsatz, um die Umsetzung von Tempo-30 zu unterstützen.

Die gemessene Geschwindigkeit nahm während der Pilotphase auf 37 - 39 km/h ab, lag damit aber gemäss den Studienverantwortlichen noch deutlich zu hoch. Der zusätzliche Effekt durch den Einsatz der "Speedy"-Geschwindigkeitsanzeige wird mit 3 km/h beziffert. Aus der Studie resultiert ein Rückgang der Lärmimmissionen von 3.3 dB(A) tags und 4.3 dB(A) nachts ohne "Speedy" bzw. 2.4 dB(A) tags und 4.5 dB(A) nachts mit "Speedy".

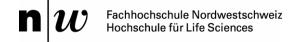
Mit bis zu 4.5 dB(A) erzielter Reduktion der Lärmimmissionen liegen die Studienresultate über den Erwartungen aufgrund von Modellrechnungen und übertreffen damit auch die Effekte, welche in den meisten anderen Studien ausgewiesen werden können.

3.1.2 Analyse der Wirkungen von Tempo 30 Berlin [3]

In Berlin (Deutschland) wurde 2006 auf verschiedenen Teilen des Stadtgebietes nachts Tempo-30 angeordnet und entsprechend umgesetzt. Im Rahmen einer Studie wurden 2008 die Verkehrsdaten (Detektordaten) vor und nach der Signalisationsänderung auf zwei Strassenabschnitten ausgewertet. Basierend auf diesen Analysen wurden die Auswirkungen auf Lärmbelastung ermittelt.

Aus dieser Studie resultierten keine nennenswerten Verkehrsverlagerungen und auch die Abweichungen beim Verkehrsaufkommen konnten in keinen Zusammenhang mit dem Tempo-30 Regime gebracht werden. Die Abnahme der mittleren Geschwindigkeiten betrug lediglich 2 bis 4 km/h, was sich in der kleinen Immissionsabnahme von 0.6 dB(A) wiederspiegelte. Insgesamt hält die Studie fest, dass die Lärmminderungen im Bereich von 0.6 dB(A) bei guter Fahrbahnoberfläche bis 2.1 dB(A) bei schlechter Oberfläche liegen.

Im Bericht wird ein weiterer Modellversuch des Verkehrslärmschutzes genannt (ohne genaue Quellenangabe), aus dem aufgrund von Lärmmessungen bei nächtlichem Tempo-30 "trotz



eines eingeschränkten Befolgungsgrades" Pegelminderungen zwischen 1 und 2.7 dB(A) resultieren.

3.1.3 Tempo-30 auf Hauptstrassen – der Fall Köniz [5]

Die Einführung von Tempo-30-Zonen auf einer Hauptstrasse wurde im oft zitierten Entscheid "Münsingen" des Verwaltungsgerichtes des Kantons Bern (vgl. Abschnitt 3.2.4) als rechtens erklärt. Die Gemeinde Köniz setzte Tempo-30 auf der Kantonsstrasse im Rahmen der Umgestaltung des Dorfzentrums ebenfalls um.

Die Anzahl Verkehrsunfälle ist seit der Umgestaltung des Dorfzentrums um ein Drittel gesunken, während sich die gefahrene Geschwindigkeit (v-85) um 2.5 km/h reduziert hat. Interessant ist, dass die Durchfahrtszeit aufgrund einer Verstetigung des Verkehrs trotz Reduktion der signalisierten Geschwindigkeit von über 2.5 Minuten auf unter 2 Minuten gesunken ist.

3.1.4 Auswirkungen der Geschwindigkeitsreduktion auf die Lärmimmissionen in Jena [6]

In der Stadt Jena (Deutschland) wurde 2010 als Massnahme zur Reduktion der nächtlichen Lärmimmissionen auf der Bundesstrasse Tempo-30 eingeführt. Unter den betroffenen Autofahrern löste dies Unmut aus und die Wirkung der Massnahme wurde grundsätzlich in Frage gestellt. Die Fachhochschule Jena führte daraufhin 2010 und 2011 Vorbeifahrtsmessungen von verschiedenen Einzelvorbeifahrten und Schallpegelmessungen nachts im realen Strassenverkehr durch, um die Wirksamkeit der Geschwindigkeitsreduktion auf die Lärmimmissionen im spezifischen Fall zu untersuchen.

Die Studie kam zum Schluss, dass die Reduktion von 50 km/h auf 30 km/h den Einzelereignispegel um ca. 5 dB(A) absenkt (Einzelereignispegel L_{T0} nach DIN 45642 aus Pegelzeitverlauf $L_{AF}(t)$ berechnet). Die in den Versuchen festgestellte Reduktion der durchschnittlichen nächtlichen Geschwindigkeit betrug 10 km/h, was in einer Verminderung der gemessenen Lärmimmissionen um 2 dB(A) resultierte. Weiter folgt aus der Studie, dass sich die Häufigkeit hoher Schalldruckpegel (> 65 dB(A)) um etwa die Hälfte reduzierte.

3.1.5 Lärmaktionsplan der Stadt Freiburg i.Br. [7]

In Deutschland sind zur Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz Lärmaktionspläne aufzustellen, mit denen Lärmprobleme und Lärmauswirkungen geregelt werden. In einem solchen Aktionsplan der Stadt Freiburg i.Br. sind verschiedenen Massnahmen zur Lärmreduktion vorgesehen. Unter anderem sind darin nachts T30-Signalisationen anstelle von Tempo-50 vorgesehen. Der Effekt bezüglich der Lärmreduktion wird darin mit 2.4 – 2.6 dB(A) beziffert und basiert auf Modellrechnungen.

Schalltechnische Nachmessungen zeigten Pegelreduzierungen im Bereich von 3.1 dB(A), womit die prognostizierten Werte mehr als bestätigt werden konnten. Die Verantwortlichen der Studie halten fest, dass zur Akzeptanz der reduzierten Geschwindigkeit und damit zur erfolgreichen Durchsetzung des Tempo-30 Regimes, die Rahmenbedingungen wie Anpassung der Signalanlagen (grüne Welle) und Geschwindigkeitsüberwachungen erforderlich sind.

3.2 Gesetzliche Grundlagen

- Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG) vom 7. Oktober 1983 (Stand am 1. August 2010)
- Strassenverkehrsgesetz (SVG) vom 19. Dezember 1958 (Stand am 1. Juli 2013)
- Bundesgesetz über die Nationalstrassen (NSG) vom 8. März 1960 (Stand am 1. Januar 2011)
- Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986 (Stand am 1. August 2010)
- Signalisationsverordnung (SSV) vom 5. September 1979 (Stand am 1. Juli 2012)
- Verordnung über die Tempo-30-Zonen und die Begegnungszonen vom 28. September 2001 (Stand am 22. Januar 2002)

3.2.1 Umweltschutzgesetz (USG)

Das Umweltschutzgesetz verfolgt den Zweck, "Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche oder lästige Einwirkungen zu schützen…" (Art. 1 Abs. 1 USG). Gemäss Art. 7 Abs. 2 USG sind Lärmemissionen von Verkehrsanlagen explizit diesen "Einwirkungen" zugeteilt.

Gemäss dem Grundsatz aus Art. 11 gilt:

¹Luftverunreinigungen, Lärm, Erschütterungen und Strahlen werden durch Massnahmen bei der Quelle begrenzt (Emissionsbegrenzungen)

²Unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung sind Emissionen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

³Die Emissionsbegrenzungen werden verschärft, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass die Einwirkungen unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung schädlich oder lästig werden.

Das USG liefert somit die gesetzliche Basis, dass Massnahmen an der Quelle (u.a. Tempo-30) grundsätzlich zulässig bzw. sogar prioritär sind.

3.2.2 Lärmschutzverordnung (LSV)

Die Lärmschutzverordnung konkretisiert in Art. 2 Abs. 3 den Grundsatz aus Art. 11 Abs. 1 USG: "Emissionsbegrenzungen sind technische, bauliche, betriebliche, verkehrslenkende, -beschränkende oder -beruhigende Massnahmen an Anlagen sowie bauliche Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg der Emissionen. Sie sind geeignet, die Erzeugung oder Ausbreitung des Aussenlärms zu verhindern oder zu verringern". Die LSV konkretisiert auch das Verursacherprinzip aus Art. 2 USG und regelt die Kostenverteilung bei Sanierungsmassnahmen. Weiter sind im Anhang der der LSV Grenzwerte der verschiedenen Anlagentypen und Empfindlichkeitsstufen festgelegt.

3.2.3 Signalisations verordnung (SSV)

Gestützt auf das Bundesgesetz über die Nationalstrassen und das Strassenverkehrsgesetz regelt die SSV, wo Tempo-30 Signalisationen zugelassen sind.

Die Herabsetzung bzw. die Abweichung der allgemeinen Höchstgeschwindigkeit hat grundsätzlich aufgrund eines Gutachtens zu erfolgen (Art. 32 Abs. 3 SVG; Art. 108 Abs. 4 SSV). Es ist zu überprüfen, ob die Massnahmen nötig, zweck- sowie verhältnismässig sind oder ob nicht andere Massnahmen vorzuziehen sind. Insbesondere ist zu prüfen, ob die Massnahmen auf die Hauptverkehrszeiten beschränkt werden können.

Die möglichen Gründe für eine Herabsetzung der signalisierten Geschwindigkeit sind in Art. 108 Abs. 2 SSV abschliessend aufgezählt:

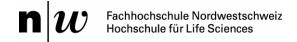
²Die allgemeinen Höchstgeschwindigkeiten können herabgesetzt werden, wenn:

- a. eine Gefahr nur schwer oder nicht rechtzeitig erkennbar und anders nicht zu beheben ist:
- b. bestimmte Strassenbenützer eines besonderen, nicht anders zu erreichenden Schutzes bedürfen:
- c. auf Strecken mit grosser Verkehrsbelastung der Verkehrsablauf verbessert werden kann:
- d. dadurch eine im Sinne der Umweltschutzgesetzgebung übermässige Umweltbelastung (<u>Lärm</u>, Schadstoffe) vermindert werden kann. Dabei ist der Grundsatz der Verhältnismässigkeit zu wahren.

Es gibt zwei verschiedene Arten einer Herabsetzung der Höchstgeschwindigkeit auf Tempo-30:

- einfache Herabstufung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h gemäss Art. 108 Abs. 5 lit. d SSV
- Tempo-30-Zonen Signalisation gemäss Art. 108 Abs. 5 lit. e SSV

Es ist also zwischen Tempo-30-Strecken und Tempo-30-Zonen zu unterscheiden.



Tempo-30-Zonen sind grundsätzlich auf siedlungsorientierten Strassen innerorts vorgesehen (Art. 2a Abs. 5 SSV; Art. 22a SSV) und sind in der Verordnung über Tempo-30-Zonen und Begegnungszonen des UVEK im Detail geregelt.

Sind die Voraussetzungen aufgrund des Gutachtens für eine Tempo-30-Signalisation auf einer verkehrsorientierten Strasse gegeben, so erfolgt diese als Tempo-30-Strecke nach Art. 108 Abs. 5 lit. D. Die Verordnung über Tempo-30-Zonen und Begegnungszonen des UVEK kommt dabei nicht zur Anwendung.

Nach Art. 2a Abs. 6 SSV kann eine verkehrsorientierte Strasse bzw. ein Hauptstrassenabschnitt "...ausnahmsweise bei besonderen örtlichen Gegebenheiten (z. B. in einem Ortszentrum oder in einem Altstadtgebiet) in eine Tempo-30-Zone einbezogen werden." Auch hier kommt die Verordnung über Tempo-30-Zonen nicht zur Anwendung, da sich diese auf siedlungsorientierte Strassen bezieht (Art. 2a Abs. 5 SSV; Art. 22a SSV; Art. 108 Abs. 5 lit. d SSV).

3.2.4 Bundesgerichtsentscheide

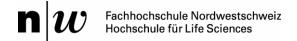
Das Bundesgericht hat sich in verschieden Fällen zum Thema Tempo-30 Signalisationen geäussert. Drei wichtige Entscheide werden an dieser Stelle kurz aufgeführt, im Detail wird jedoch auf die vollständigen Urteile verwiesen.

Im Entscheid "Münsingen" (BGE 1C_17/2010) bestätigt das Bundesgericht, dass Tempo-30-Zonen auf Hauptstrassen bzw. Durchgangsstrassen unter Voraussetzung von Art. 108 Abs. 2 SSV zulässig sind. Für als Durchgangsstrassen bezeichnete Hauptstrassen bzw. Kantonsstrassen, die in Anhang 2 der Durchgangsstrassenverordnung aufgeführt sind, gilt gemäss diesem Urteil ebenfalls keine abweichende Regelung.

In einem anderen Fall "Zug" (BGE 1C_45/2010) hat das Bundegericht eine Beschwerde gutgeheissen, wonach in einem Lärmsanierungsprojekt in der Stadt Zug Tempo-30 auf einer Hauptstrasse als Massnahme an der Quelle ungenügend geprüft worden ist. Im Rahmen dieser Sanierungsprojektes sind Erleichterungen nach Art. 17 USG und Art. 14 LSV gewährt worden, ohne vorher die Möglichkeit von Tempo-30 im Sinne eines Verkehrsgutachtens nach Art. 108 SSV zu überprüfen.

Ein weiterer Bundesgerichtsfall betrifft die Gemeinde "Sumvitg" (BGE 1C_160/2012). Der Einbezug einer Hauptstrasse in eine Tempo-30-Zone in der Bündner Gemeinde Sumvitg (gestützt auf ein entsprechendes Gutachten) wurde vom Verwaltungsgericht auf Beschwerde von Einwohnern angeordnet und zwar gegen den Willen der zuständigen kantonalen Behörde. Dieser Entscheid des Verwaltungsgerichtes wurde beim Bundesgericht angefochten. Dieses hat dem Beschwerdeführer jedoch eine Absage erteilt und den Kanton angewiesen, Tempo-30 zu signalisieren.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Tempo-30-Zonen primär auf siedlungsorientierten Nebenstrassen mit möglichst gleichem Charakter vorgesehen sind. Auf verkehrsorientierten Strassen erfolgt die Herabsetzung der Höchstgeschwindigkeit



grundsätzlich ohne Anordnung einer Zone, jedoch kann der Einbezug in eine T30-Zone ausnahmsweise dennoch erfolgen (z.B. Ortszentrum oder Altstadtgebiet). Die Herabsetzung der signalisierten Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h verlangt in jedem Falle ein entsprechenden Gutachten (Art. 108 Abs. 4 SSV)

4 Versuchs -und Messanordnung

4.1 Allgemeine Anordnung

In der Stadt Luzern zwischen der Keller- und Weinberglistrasse liegt der Geissensteinring. Auf dieser Strecke besteht heute (2013) eine signalisierte Höchstgeschwindigkeit von maximal 50 km/h. Für die vorliegende Arbeit, war die Versuchsstrecke temporär während vier Wochen mit Tempo-30 (T30) signalisiert.

Vorgängig der Signalisationsänderung wurde der Ist-Zustand bezüglich Lärmimmission, gefahrener Geschwindigkeit und Verkehrsmix erhoben. Die gleichen Verkehrserhebungen sind dann während der vier wöchigen Versuchszeit mit temporärer streckenbezogener Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h (ohne Zonensignalisation) erfasst worden. In der vierten Versuchswoche sind zusätzlich (bauliche) Massnahmen eingesetzt worden, mit dem Ziel, die Umsetzung des Tempo-30 Regimes zu unterstützen. In dieser letzten Versuchswoche ist analog den Messungen zu Beginn der Untersuchungen die Lärmbelastung unter den veränderten Bedingungen nochmals aufgezeichnet worden.

4.2 Versuchsstrecke

Der Geissensteinring ist eine verkehrsorientierte Gemeindestrasse 1. Klasse der Stadt Luzern, welche stark durch ihren Durchgangsverkehr geprägt ist. Häufig wird sie von quartierfremden Personen aus den umliegenden Stadtteilen (z.B. aus dem Tribschen- oder Schönbühlquartier) als Verbindungsstrasse zum bzw. vom Autobahnanschluss Luzern-Süd genutzt. Weiter befinden sich im Tribschenquartier zahlreiche Arbeitsplätze, welche bequem über den Geissensteinring erreicht werden können.

Neben dem motorisierten Verkehr, bilden auch die Velofahrer eine wesentliche Gruppe am Verkehrsgeschehen. Dies nicht zuletzt durch die Schüler, welche mit dem Velo zur Kantonsschule Alpenquai bzw. von dort nach Hause fahren.

Auf dem Geissensteinring fahren keine Linienbusse des öffentlichen Verkehrs.

Im Westen wird der Versuchsabschnitt Geissensteinring entweder über den Geissensteinring selbst (Strassen Fortsetzung) oder über die Kellerstrasse erreicht. Im Osten erfolgt der Zugang von der Tribschenstrasse via Weinberglistrasse auf den Versuchsabschnitt (vgl. Abbildung 4-1).

Entlang der Versuchsstrecke befinden sich südlich sieben ältere Mehrfamilienhäuser (teilweise aneinandergebaut) und markierte Längs-Parkfelder entlang der Strasse. Auf der nördlichen Seite befinden sich Gewerbegebäude und eine Zufahrt zu einem Wohn- und Arbeitsquartier. Es ist keine ausgeprägte Beziehung zwischen den Gebäude bzw. dem Siedlungsraum und dem Strassenraum erkennbar. Der Charakter des gesamten Strassenabschnittes ist relativ deutlich verkehrsorientiert (vgl. Abbildung 4-2).

Die Fahrbahn auf der Versuchsstrecke ist zwischen 8 m und 10 m breit, teilweise werden davon jedoch ca. 2 m für die markierten Parkfelder benutzt. Bei der Einfahrt in die Versuchsstrecke von Osten sind keine Parkfelder markiert. Im mittleren Bereich bei der Abzweigung zum genannten Gewerbegebäude wird die Strasse optisch aufgrund der Anordnung des Trottoirs und der Markierung noch deutlich breiter wahrgenommen. Trotz der vorhandenen "Überbreite" ist die Strasse aufgrund teilweisen Anordnung von Parkfeldern entlang der Strasse als eher unübersichtlich einzustufen.

Bei der Einfahrt von der Seite Weinberglistrasse (im Osten) ist für die Radfahrer eine separate Abbiegespur (getrennt durch einen kurzen Grünstreifen) angelegt, welche sich dann als Radstreifen bis in den mittleren Bereich der Versuchsstrecke fortsetzt. Ebenfalls ein Radstreifen ist ausgangs Geissensteinring in Fahrtrichtung Weinbergli markiert (ca. 25 m).

Der DTV auf dem Geissensteinring beträgt gemäss den Verkehrserhebungen im Rahmen dieses Projektes ca. 4'120 Fahrzeuge mit einem Anteil "lärmigen Verkehr" gemäss LSV von ca. 4.2%.



Abbildung 4-1: Übersicht Versuchsstrecke Geissensteinring (Quelle: www.geo.lu.ch)

4.3 Versuchsphasen und Massnahmenübersicht

Die Untersuchungen in den drei Messphasen sollen die Auswirkungen auf den Verkehr und die Strassenlärmimmissionen bei einer Reduktion der signalisierten Höchstgeschwindigkeit

von 50 km/h auf 30 km/h zeigen. In der ersten Phase wird dazu der Ausgangszustand mit einer signalisierten Geschwindigkeit von 50 km/h erhoben. In einer zweiten Phase war die Versuchsstrecke während drei Wochen in beiden Richtungen durchgehend mit Tempo-30 signalisiert, jedoch ohne ergänzende gestalterische oder bauliche Massnahmen. In der dritten Versuchsphase sind dann fahrbahnverengende Einrichtungen (s.g. Leitbaken) und Bodenmarkierungen eingesetzt worden, um die Umsetzung bzw. die Einhaltung von Tempo-30 zu unterstützen (vgl. Abbildung 4-2 ff).

Eine Übersicht der Versuchsphasen ist in der Tabelle 4-1 dargestellt.

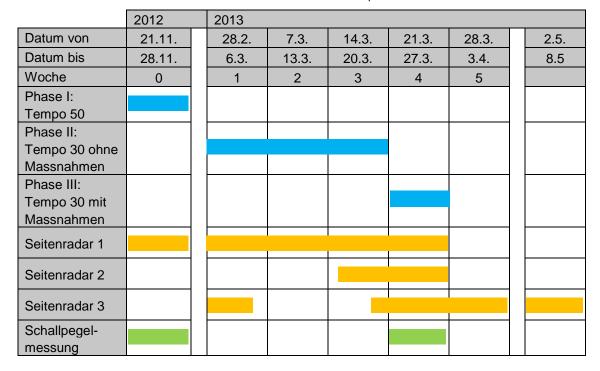


Tabelle 4-1: Übersicht der Versuchsphasen

Die Bilder in Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3 zeigen die Massnahmen in Versuchsphase III (Woche 4). Jeweils bei der Einfahrt in die Versuchsstrecke von beiden Seiten sowie im mittleren Bereich war die Fahrbahn durch Leitbaken verengt und es sind Bodenmarkierungen angebracht worden. Die Massnahmen sind so geplant worden, dass sich die Fahrspur vor der Wohnung am Geissensteinring 46, wo jeweils die Lärmmessungen durchgeführt wurden, nicht verändert.

Die in den genannten Abbildungen gezeigte Anordnung der Tempo-30 Signalisationsschilder auf beiden Seiten eingangs der Versuchsstrecke entspricht jener in der Phase II, wo lediglich diese Schilder aufgestellt waren.

Die markierten Parkfelder vor dem Geissensteinring 46 sind in Woche 0 und 4, also während den beiden Wochen mit Lärmmessungen, polizeilich abgesperrt worden. Der wiederholte Augenschein vor Ort hat jedoch gezeigt, dass Parkverbotstafeln und Absperrbänder nicht

effektiv sind. Das Parkverbot wurde in der Phase I wiederholt ignoriert. Während der zweiten Lärmmessung sind zusätzliche Absperrgitter zur Durchsetzung des Parkverbotes eingesetzt worden. Auch diese Massnahmen konnten das Parkverbot nicht konsequent durchsetzen, jedoch wurden deutlich weniger häufig Autos parkiert.



Abbildung 4-2: Massnahmen eingangs (links) und im Mittelteil (rechts) Richt. Steghof



Abbildung 4-3: Massnahmen eingangs (links) und im Mittelteil (rechts) Richt. Weinbergli

Ein Übersichtsplan mit den temporär umgesetzten Massnahmen befindet sich in Anhang 1.

4.4 Messanordnung Schallpegelmesser

Zur Messung der Lärmimmissionen diente die Wohnung im 1.OG am Geissensteinring 46. Diese weist zur Beurteilung ein Wohnzimmerfenster auf und auf dem Balkon fand sich ein idealer Platz, um die Langzeitmessungen durchzuführen. Geeignet erwies sich dieser

Standort auch, weil direkt vor dem Haus die Fahrspur der Fahrzeuge durch den Einsatz der beschriebenen Massnahmen in der Phase III nicht verschoben werden musste.

Für die Langzeitmessungen (Phase I und III) war das Mikrophon des Schallpegelmessers jeweils während einer Woche mit einem Stativ auf dem Balkon installiert.

Für beide Langzeitmessungen ist die Aufstellungskorrektur zum Beurteilungsfenster jeweils mit einer Kurzzeitmessung während einer Stunde (mit gleichzeitiger Verkehr Querschnittszählung) erhoben worden. Das Mikrophon im Beurteilungsfenster (Wohnzimmer) war dazu jeweils in der Mitte des offenen Fensters aufgestellt.

Das Wohnzimmerfenster wird nicht durch irgendwelche Hindernisse vom Strassenlärm abgeschirmt.



Abbildung 4-4: Messanordnung Schallpegelmesser

Die Datenblätter der Kurzzeitmessung befinden sich im Anhang 2.

4.5 Verkehrszählung - Verkehrsstatistikgeräte

Zur Erhebung der Verkehrsdaten kamen drei Verkehrsstatistikgeräte (Seitenradaranlagen, kurz SRA) zum Einsatz. Geräte wie sie hier im Einsatz standen, dienen zur Erfassung des Strassenverkehrs. Neben der Anzahl Fahrzeuge wird auch deren Länge, Geschwindigkeit und Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug erfasst. In den gängigen Auswertungsprogrammen werden die Fahrzeuge über die erfasste Länge in die Fahrzeugklassen (Einspurige Fahrzeuge, Personenwagen, LKW) eingeteilt.

Ein Verkehrsstatistikgerät (Typ SR4) war während allen Versuchsphasen gegenüber dem Standort am Geissensteinring 46 (wo zeitweise das Schallpegelmessgerät installiert war) an einem Baum installiert. Ein zweites Verkehrsstatistikgerät war zeitweise am Eingang der Versuchsstrecke von Seite Steghof angebracht (Geissensteinring 38). Zusätzlich hat das Tiefbauamt Stadt Luzern (TBA) temporär an der Strassenlaterne beim Geissensteinring 40 ein Verkehrsstatistikgerät eingesetzt (viacount II). Die drei Standorte sind in der Abbildung 4-5 ff ersichtlich.



Abbildung 4-5: SRA 1 - Geissensteinring 46



Abbildung 4-6: SRA 2 - Geissensteinring 38



Abbildung 4-7: SRA 3 - Geissensteinring 40

5 Verkehrsdaten

5.1 Allgemeines

Eines der Ziele der vorliegenden Arbeit liegt in der Untersuchung der Verkehrsmenge, dessen Zusammensetzung sowie der gefahrenen Geschwindigkeit vor und während des Tempo-30 Regimes. Dies sind zentrale Grössen für die Beurteilung bzw. für die Berechnung der durch den Strassenverkehr verursachten Lärmbelastung.

Die während den Versuchsphasen erhobenen Verkehrsdaten werden im Folgenden beschrieben und basieren auf der in Abschnitt 4.5 beschrieben Messanordnung der Verkehrsstatistikgeräte. Primär, wo nicht anderes erwähnt, werden dabei die Daten vom Seitenradar 1 vor dem Haus Geissensteinring 46 ausgewertet. Dieser Messpunkt erfasst die relevanten Informationen für den Vergleich mit den Lärmimmissionsmessungen.

5.2 Klassierung der Fahrzeuge

Die Klassierung der Fahrzeuge in Zweiräder, Personenwagen und LKW erfolgt üblicherweise basierend auf den mit den Verkehrsstatistikgeräten erfassten Fahrzeuglängen. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass diese Klassierung, im Gegensatz zur Anzahl Fahrzeuge, fehleranfällig ist:

- Kurze Personenwagen (z.B. Smart) können nicht eindeutig von Motorrädern unterschieden werden
- Unterscheidung Fahrräder und Motorräder ist kritisch
- Velofahrer in Gruppen (z.B. Schüler) werden nicht korrekt erfasst
- In dicht besiedelten Gebieten, bei Parkfeldern, Mauerwerken und Zäunen entlang der Strasse können Reflexionen zu Fehler führen.

Der Anteil Schwerverkehr bzw. des lärmigen Verkehrs am Gesamtverkehr gemäss LSV ist eine wichtige Information zur rechnerischen Bestimmung der Lärmemissionen bzw. Immissionen. Speziell beim geringen Verkehrsaufkommen nachts, können bereits wenige falsch klassierte Fahrzeuge einen relevanten Einfluss auf den berechneten Anteil Schwerverkehr und damit auf die Modellresultate haben. Im Gegensatz zur gängigen Methode der Klassierung, ausschliesslich über die Fahrzeuglänge, wurde in der vorliegenden Arbeit zusätzlich die Geschwindigkeit mitberücksichtigt.

Die Abbildung 5-1 zeigt links die Häufigkeitsverteilung nach Fahrzeuglänge und rechts nach gefahrener Geschwindigkeit am Beispiel der Ausgangssituation mit Tempo-50 in Fahrtrichtung Steghof. Die beiden Verteilungen zeigen jeweils zwei überlagerte Häufigkeitsfunktionen, welche näherungsweise einer Normalverteilung gleichen. Auf dem betrachteten Strassenabschnitt sind es die Personenwagen sowie die Fahrräder, welche den wesentlichen Anteil am Gesamtverkehr ausmachen. Dies wiederspiegelt sich in den zwei deutlichen Maxima in den beiden Diagrammen.

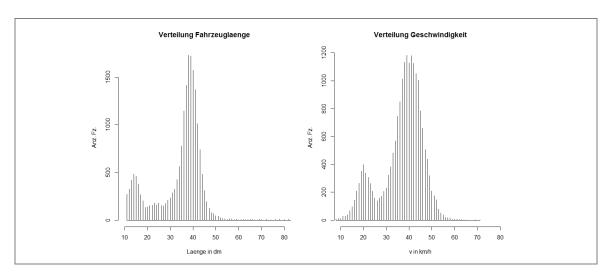


Abbildung 5-1:Häufigkeitsverteilung Länge und Geschwindigkeit (Richt. Steghof T50)

Würde nur die Fahrzeuglänge zur Klassierung der Fahrzeuge betrachtet, so ist nicht klar, wo die Grenze zwischen Fahrrad und Motorrad (bzw. kurzen PW) angesetzt werden soll. Aus der Kombination dieser zwei Betrachtungen lassen sich die Fahrräder, also die "kurzen" und "langsamen" Fahrzeuge relativ eindeutig von den Motorrädern unterscheiden.

Die Abbildung 5-2 zeigt die Häufigkeitstabelle aus der Kombination der obigen Abbildung 5-1 bzw. die Gegenüberstellung der gemessenen Geschwindigkeit (vertikal) vs. erfasste Fahrzeuglänge (horizontal) und die Anzahl Fahrzeuge (Werte in der Tabelle). Es sind deutliche Anhäufungen erkennbar, aus denen die Klassierung der Fahrzeuge abgeleitet werden kann. Die Motorräder lassen sich mit der gewählten Methode relativ zuverlässig von den Fahrrädern trennen.

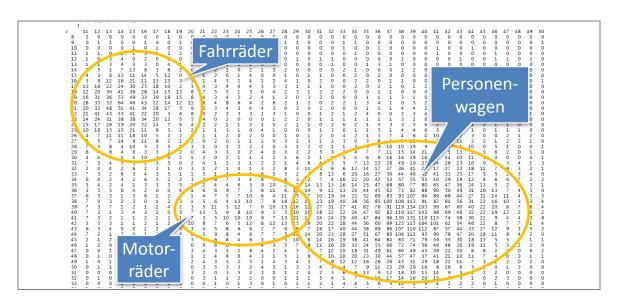


Abbildung 5-2: Häufigkeitstabelle Geschwindigkeit vs. Länge (Bsp. Richt. Steghof T50)

Die Tabelle ist übersichtshalber nur bis 5 m Fahrzeuglänge gezeigt.

Für alle Messphasen der Verkehrsstatistikgeräte ist die Einteilung in die Fahrzeugkategorien pro Fahrtrichtung separat vorgenommen worden. Dazu wurden jeweils die obigen Auswertungen durchgeführt und die Grenzen (Länge und Geschwindigkeit) pro Kategorie definiert. Durch den Vergleich der Resultate der drei eingesetzten Verkehrsstatistikgeräte konnte die Klassierung der Fahrzeuge basierend auf dem beschriebenen Verfahren validiert werden.

Dass es sich bei den langsamen Fahrzeugen primär um Fahrräder handelt, wird auch durch die Abbildung 5-3 bestätigt. Die Abbildung zeigt die Häufigkeitsverteilung der Fahrzeuge nach gemessener Geschwindigkeit bei Signalisation T50 (links) und T30 (rechts) am Messpunkt Geissensteinring 46 (Fahrtrichtung Steghof). Die Geschwindigkeit beim ersten Maximum (blaue Linie) verändert sich beim Vergleich T50 mit T30 nicht wesentlich, während sich das zweite Maximum (gelbe Linie) ca. 6 km/h nach links verschiebt. Dadurch wird die Vermutung bestätigt, dass die Personenwagen ihre Geschwindigkeiten entsprechend der Signalisationsänderung anpassen, während die Radfahrer weiterhin im gleichen Tempo unterwegs sind.

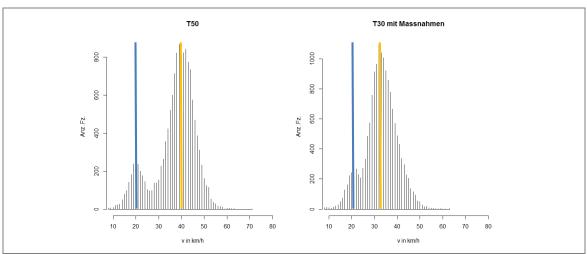


Abbildung 5-3: Geschwindigkeitsverteilung in Richt. Steghof bei T50 und T30

5.3 Verkehrsaufkommen

Der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) auf dem Geissensteinring beträgt gemäss den Messungen in den verschieden Versuchsphasen ca. 4'120 Fahrzeuge. Der durchschnittliche Werktagverkehr (DWV) beträgt 4'590 Fahrzeuge. Das Verkehrsaufkommen bleibt insgesamt auf einem relativ stabilen Niveau.

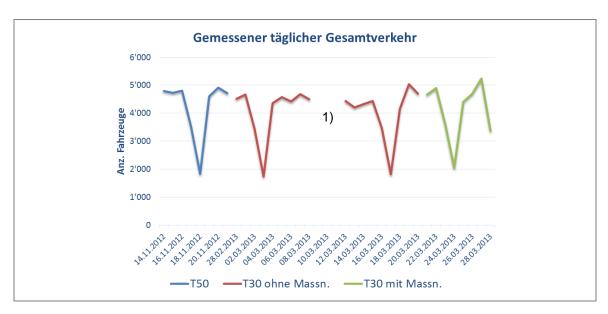


Abbildung 5-4: Verkehrsmenge beim Geissensteinring 46 (ohne Fahrräder)

¹⁾ Vom 10.3. 14:00 Uhr bis 11.3.2013 22:00 war die SRA 1 ausser Betrieb aufgrund eines technisches Problems, daher fehlen in dieser Zeit die Messdaten

Ein Vergleich des stündlichen Verkehrs im Tagesverlauf ist in der Abbildung 5-5 dargestellt. In der Ausgangsmessung im November ist die Morgenspitze etwas "flacher" als bei den Messphasen mit T30. Im Gegensatz dazu ist der Abendspitzenverkehr (17:00 Uhr) während der T30-Signalisation nicht mehr ganz so ausgeprägt wie in der Ausgangsmessung. Ansonsten zeigen die Tagesganglinien ein relativ einheitliches Bild.

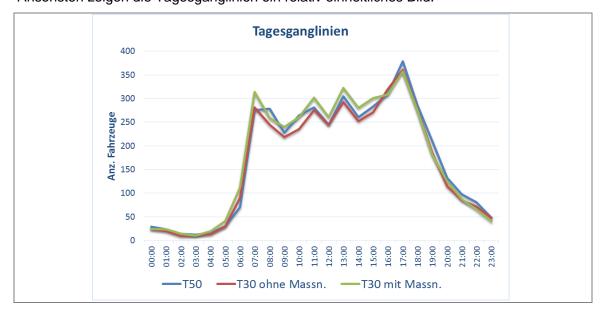


Abbildung 5-5: Vergleich der Tagesganglinien den Versuchsphasen

Eine Zusammenfassung des Verkehrsaufkommens in den verschiedenen Messphasen inklusive des stündlichen Verkehrs tags und nachts ist in Tabelle 5-1 dargestellt.

Tabelle 5-1: Durchschnittliches Verkehrsaufkommen während den drei Versuchsphasen

	T50	T30 ohne Massnahmen	T30 mit Massnahmen	Durchschnitt (ungewichtet)
DTV	4'160	3'976	4'226	4'121
DTW	4'534	4'450	4'785	4'590
Nt	244.2	234.1	248.6	240.3
Nn	31.5	28.8	31.1	30.1

- DTV: Durchschnittlicher täglicher Verkehr
- DTW: Durchschnittlicher täglicher Werktagverkehr
- Nt: Durchschn. Anzahl Fahrzeuge pro Stunde tags (6:00-22:00 Uhr) gem. LSV
- Nn: Durchschn. Anzahl Fahrzeuge pro Stunde nachts (22:00-06:00 Uhr) gem. LSV

5.4 Verkehrszusammensetzung

Der Anteil Personenwagen am Gesamtverkehr auf dem untersuchten Streckenabschnitt liegt bei knapp 90%. Der LKW- und Motorradanteil liegt zwischen 2 - 3%, während die Zweiräder ca. 6% des Gesamtverkehrs ausmachen (vgl. Abbildung 5-6).

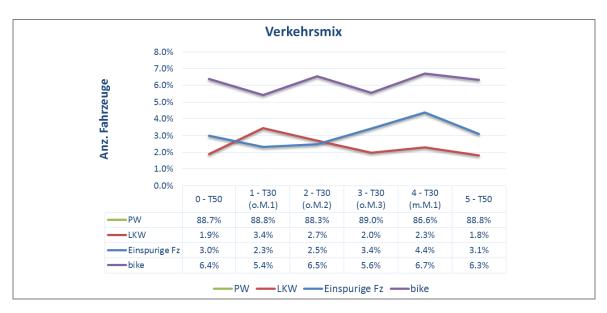


Abbildung 5-6: Verkehrszusammensetzung während der Versuchsphase

Aus der obigen Abbildung und der dazugehörigen Datentabelle, lässt sich erkennen, dass der Anteil einspuriger Fahrzeuge (ohne Fahrräder) in der Woche 4, in der die Lärmbelastung das zweite Mal gemessen wurde, 1.4% höher ist, als im Ausgangszustand (Woche 0). Der Anteil Personenwagen sank im Vergleich um 2.1%. Sowohl der Anteil LKW wie auch der Anteil der Fahrräder ist während der zweiten Messung nur minimal höher (0.4% bzw. 0.3%).

Der Vergleich der Anzahl Motorräder mit den Wetterdaten (Quelle: meteoschweiz.ch) ist in Abbildung 5-7 gezeigt. Die Zunahme des Anteils einspuriger Fahrzeuge in Woche 4 lässt sich nicht direkt durch die durchschnittliche Tagestemperatur oder die Regenmenge erklären.

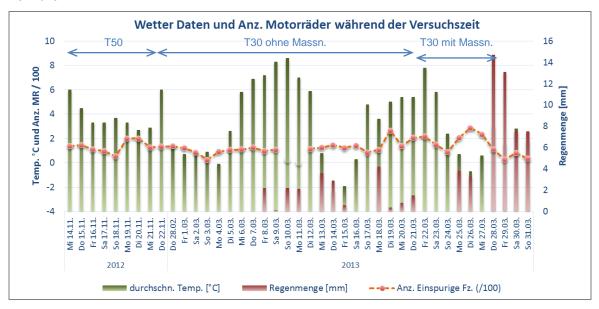


Abbildung 5-7: Anz. einspurige Fahrzeuge (/100) im Vergleich mit den Wetterdaten

Die für die Lärmberechnungen relevanten Anteile des lärmigen Verkehrs tags und nachts (Nt2 und Nn2 gemäss LSV) sind in Tabelle 5-2 dargestellt. Dabei werden 50% der Motorräder dem lärmigen Verkehr (LKW-Verkehr) und 50% dem PW-Verkehr zugeteilt.

Tabelle 5-2: Anteil lärmiger Verkehr während den drei Versuchsphasen

	T50	T30 ohne Massnahmen	T30 mit Massnahmen	Durchschnitt (ungewichtet)
Nt2	3.6%	4.4%	4.7%	4.3%
Nn2	3.6%	4.4%	6.5%	4.7%

- Nt2: Anteil lärmiger Verkehr tags gem. LSV

- Nn2: Anteil lärmiger Verkehr nachts gem. LSV

5.5 Geschwindigkeiten

Während der Ausgangszustandsmessung beim Geissensteinring 46 betrug die durchschnittlich gefahrene Geschwindigkeit 40 km/h Richtung Steghof und 37 km/h Richtung Weinbergli. 85% der Fahrzeuge fuhren in der gleichen Woche mit 46 km/h oder weniger Richtung Steghof bzw. 45 km/h Richtung Weinbergli (v-85²). Die signalisierte Höchstgeschwindigkeit wird demnach im Ausgangszustand grösstenteils eingehalten.

In der ersten Woche der Tempo-30 Signalisation, in der neben der Signalisationstafel keine weiteren Massnahmen vollzogen wurden, reduzierte sich die mittlere gefahrene Geschwindigkeit im Vergleich zu Tempo-50 der Fahrzeuge je nach Richtung um 2 bis 4 km/h, dies sowohl bei der Betrachtung der durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeit also auch beim v-85 (vgl. Abbildung 5-8 und Tabelle 5-3). Die Reduktion in den zwei Folgewochen beträgt weitere 1 bis 2 km/h sowohl beim v-85 wie auch beim Mittelwert. Insgesamt beträgt die Geschwindigkeitsreduktion mit der reinen Signalisation knapp 4 km/h.

Nach drei Wochen Tempo-30 ohne Massnahmen, sind dann in der vierten Woche Fahrbahn verengende Massnahmen installiert und Bodenmarkierungen angebracht worden (vgl. Kapitel 4.3). Mit diesen zusätzlichen Massnahmen reduzierte sich die mittlere gefahrene Geschwindigkeit nochmals um ca. 1 km/h, womit im Vergleich zur Ausgangsmessung insgesamt eine Reduktion von 4.5 km/h bei der durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeit und 5 km/h bei der v-85-Betrachtung festgehalten werden kann.

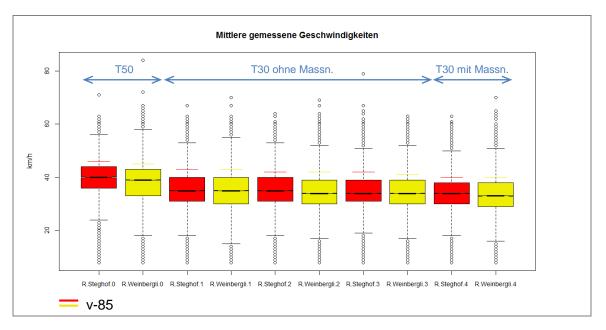


Abbildung 5-8: Box-Plot der gemessenen Geschwindigkeiten pro Richtung

² v-85 ist ein Standardmass bei verkehrstechnischen Analysen

						. 3				,	
		Woche 0		Woche 0 Woche 1		Woche 2		Woche 3		Woche 4	
	[km/h]	R. Steg.	R. Weinb.	R. Steg.	R. Weinb.	R. Steg.	R. Weinb.	R. Steg.	R. Weinb.	R. Steg.	R. Weinb.
	v-85	46	45	43	43	42	42	42	41	40	40
	v-50	40	39	35	35	35	34	34	34	34	33
	v-Ø	39.6	37.0	35.4	35.0	35.3	34.2	34.5	34.0	33.8	33.2

Tabelle 5-3: Gemessene Geschwindigkeiten pro Fahrtrichtung (ohne Fahrräder)

Der Verlauf der gemessenen Geschwindigkeiten tags und nachts ist in der Abbildung 5-9 gezeigt. Die Tag - Nacht Unterscheidung entspricht dabei der Definition der LSV für die Beurteilung von Strassenlärm, somit gilt ab 22:00 Uhr bis 06:00 als Nacht.

Sowohl beim v-85 als auch bei der durchschnittlichen Geschwindigkeit liegen die nachts gemessenen Geschwindigkeiten meist leicht über den Tageswerten. Dies wird bei der Betrachtung der Box-Plots in der Abbildung 5-10 und der dazugehörigen Tabelle 5-4 verdeutlicht. Die Nachtwerte liegen jeweils zwischen 0 und 2 km/h über den Tageswerten, die Differenz ist in der Woche 4 (T30 mit Massnahmen) am ausgeprägtesten. Im Boxplot sind Fahrzeuge mit deutlicher Geschwindigkeitsübertretung (s.g. Ausreisser) als Punkte am oberen Rand erkennbar.

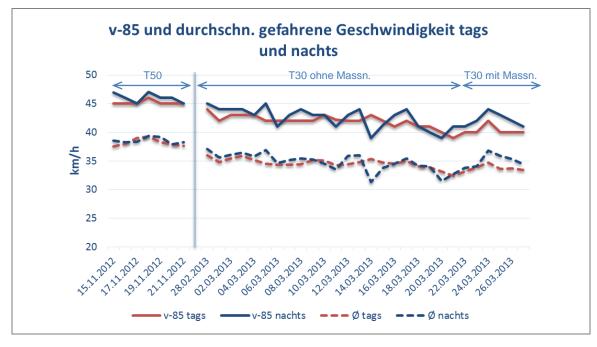


Abbildung 5-9: Entwicklung des v-85 und v-Mittel

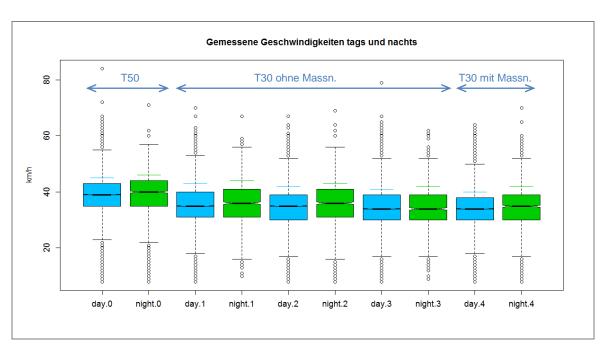


Abbildung 5-10: Boxplot v-effektiv tags und nachts

Tabelle 5-4: Geschwindigkeiten beim Geissensteinring 46 pro Woche tags und nachts

	Woche 0		Woche 1		Woche 2		Woche 3		Woche 4	
[km/h]	Tag	Nacht								
v-85	45	46	43	44	42	43	41	42	40	42
v-50	39	40	35	36	35	36	34	34	34	35
v-Ø	38.1	38.5	35.1	36.1	34.6	35.3	34.3	33.6	33.4	34.6

Die Verkehrsdaten sind neben dem oben beschriebenen Messpunkt beim Geissensteinring 46 auch beim Geissensteinring 40 und 38, also eher eingangs von der Seite Steghof, erhoben worden (vgl. Abschnitt 4.5). Der Vergleich der obigen Daten mit dem Messpunkt beim Geissensteinring 40 zeigt, dass beim Geissensteinring 40 das v-85 in der Phase T30 mit Massnahmen 6 km/h unter dem Wert in der ersten Woche T30 (ohne Massnahmen) von 41 km/h liegt.

Nach Abschluss des Versuchs sind bei diesem Messpunkt mit Tempo-50 Signalisation auch wieder Daten erfasst worden. Das v-85 lag in der Anschlusswoche auf dem Niveau der ersten Woche T30 (41 km/h). Bei einer späteren Nachmessung im Mai 2013 lag das v-85 bei 40 km/h, also sogar 1 km/h unter dem Wert der ersten Woche T30.

Die beiden Messpunkte Geissensteinring 38 und 40 liefern während der vergleichbaren Zeit bis auf ein paar Zehntel km/h identische Resultate.

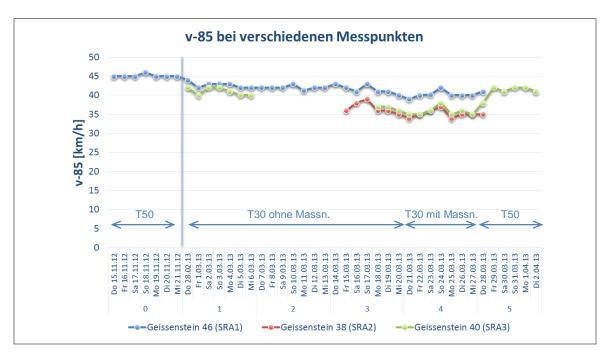


Abbildung 5-11: v-85 bei den drei Messpunkten im Vergleich

5.6 Diskussion der Verkehrsdaten

Die oben beschriebenen Verkehrsdaten sind in der Tabelle 5-5 im Hinblick auf die Lärmbetrachtungen nochmals zusammengefasst.

DTV Nt Nt_2 Nn Nn_2 v-85 V-Ø Phase I: 4'160 244.2 3.6% 31.5 3.6% 45 38.1 T50 Phase II: 3'976 234.1 28.8 4.4% 34.7 4.4% 42 T30-ohne Massn. Phase III: T30 mit 4'226 248.6 4.7% 31.1 6.5% 40 33.5 Massnahmen

Tabelle 5-5: Relevante Verkehrsdaten für die Lärmberechnung



Das Verkehrsaufkommen hat sich während den verschiedenen Versuchsphasen nicht wesentlich verändert. Die durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag (DTV) liegt in der Phase II unter dem DTV in Phase I und Phase III, jedoch dürften diese Unterschiede eher auf saisonale bzw. zufällige Effekte zurückzuführen sein als auf die T30-Signalisation. Ansonsten wäre der DTV in Phase III (mit den realisierten Massnahmen) auf dem Niveau von Phase II oder tiefer zu erwarten. Eine Verlagerung des Verkehrs auf andere Strassen kann somit während den jeweils kurzen Versuchsphasen nicht festgestellt werden. Diese Erkenntnisse decken sich mit jenen der Pilotversuche in Zürich [2] und Berlin [3], wo signifikante Verkehrsverlagerungen ebenfalls ausblieben.

Inwiefern sich das Verkehrsaufkommen bei einer langfristigen T30-Signalisation, im Speziellen unter Einbezug baulicher Massnahmen, verändern bzw. verlagern würde, kann aufgrund dieser Arbeit nicht abschliessend beurteilt werden. Dies hängt vermutlich u.a. von den umgesetzten Massnahmen ab. Die Erfahrung (z.B. Köniz) zeigt, dass nur drastische bzw. effektive Massnahmen zu einer wesentlichen Verlagerung des Verkehrs führen.

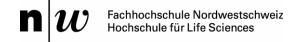
Der Vergleich des Verkehrsaufkommens im täglichen Verlauf während den drei Versuchsphasen zeigt ein einheitliches Bild. In allen Phasen sind deutliche Morgen- und Abendspitzen erkennbar. Insgesamt liegt der Nachtanteil des Verkehrs in allen drei Phasen zwischen 5.9% und 6.1%.

Der LKW-Anteil variiert während den Messphasen zwischen 1.9% und 2.4%, der Anteil einspuriger Fahrzeuge (Motorräder) zwischen 2.3% und 4.4%. Im Ausganszustand T50 beträgt der LKW-Anteil 1.9%, während der T30-Signalisaiton mit Massnahmen (Woche 4) 2.3%. Der analoge Vergleich zeigt beim Anteil einspuriger Fahrzeuge 3.0% und 4.4%. Beide Grössen sind zentral für die späteren Lärmberechnungen, sind jedoch mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

Während die Anzahl Fahrzeuge und die gefahren Geschwindigkeiten mit den eingesetzten Seitenradaranlagen erfahrungsgemäss zuverlässig erfasst werden können (vgl. auch [8]), zeigen sich grössere Unsicherheiten bzw. Fehler bei der Fahrzeugklassierung. Speziell die Unterscheidung Personenwagen von Motorrädern ist aufgrund der ähnlichen Länge bei kurzen Personenwagen (z.B. Smart) und Geschwindigkeit fehleranfällig. Weiter ist bei T30 die Unterscheidung zwischen Motorrädern und Fahrrädern schwierig, da sich deren Längen nicht wesentlich unterscheiden und bei T30 auch der Geschwindigkeitsunterschied nicht mehr so deutlich ausfällt. Gestützt auf die verschiedenen Vergleiche der Verkehrsmengen und zeitlichen Verteilungen des Verkehrs, der Resultate der drei Messpunkte und der Unsicherheiten scheint Hypothese dass die zulässig, Verkehrszusammensetzung in Wirklichkeit während den verschiedenen Phasen nicht signifikant verändert hat. Die Lärmbetrachtungen der verschiedenen Messphasen werden daher unter folgenden zwei Hypothesen betrachtet:

- H1: Motorrad- und LKW-Anteil entspricht der erfassten Daten der jeweiligen Woche
- H2: Motorrad- und LKW-Anteil bleiben im Vergleich zur Ausgangsmessung unverändert (unveränderte Verkehrszusammensetzung)

Der tatsächliche Effekt der Immissionsreduktion liegt mit grosser Wahrscheinlichkeit zwischen den Resultaten, die aus den beiden Hypothesen hervorgehen.



Die im Ausgangszustand gemessenen Geschwindigkeiten (v-85: 45km/h; v-Mittel: 38km/h) zeigen, dass auf dem betrachteten Strassenabschnitt der signalisierten Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h gefolgt wird. Dies ist aus Sicht des Verfassers u.a. der Unübersichtlichkeit der Strasse mit den markierten Parkfeldern und dem relativ hohen Fahrradanteil zuzuschreiben.

Mit der T30-Signalisation ohne zusätzliche Massnahmen konnte eine Reduktion der gefahrenen Geschwindigkeit um 3 km/h auf 42 km/h beim v-85 bzw. um 3.4 km/h auf 34.7 km/h bei der mittleren Geschwindigkeit (v-Mittel) erreicht werden. Mit den baulichen Massnahmen in der letzten Versuchswoche sank das v-85 auf 40 km/h und das v-Mittel auf 33.5 km/h. Insgesamt zeigen die Massnahmen damit eine Reduktion von ca. 5 km/h. Die Reduktion liegt damit im "Mittelfeld" der Vergleichsstudien. Während in Berlin [3] (nur nachts) langfristig eine Reduktion von ebenfalls 4-5 km/h erzielt werden konnte, wurden beim Versuch in Jena [6] (nachts) im Durchschnitt 10 km/h weniger gemessen, bei der Nachkontrolle in Köniz [5] werden 2.5 km/h Reduktion festgehalten. Die Vergleiche zeigen einmal mehr die Vielfalt der (Studien-) Ergebnisse, welche wesentlich von den örtlichen Situationen und den ausgeführten Massnahmen abhängen dürften.

Die entlang der eher kurzen Versuchsstrecke mit den verschiedenen Messgeräten erfassten Geschwindigkeitsunterschiede im Bereich von 5 km/h (v-85) unterstreichen, dass die erzielten Effekte sehr "lokal" sein können und die Massnahmen den spezifischen Situationen entsprechend geplant werden müssen.

Die erfassten mittleren Geschwindigkeiten liegen nachts in allen Versuchsphasen über den Tageswerten. Während die v-85 Tag-Nacht-Differenz bei Tempo-50 und Tempo30 ohne Massnahmen bei rund 1 km/h liegt, so beträgt sie in der Woche Tempo-30 mit Massnahmen 2 km/h. Diese Zunahme der Differenz in der letzten Woche lässt sich teilweise dadurch erklären, dass die eingesetzten Leitbaken tags die bessere Wirkung zeigen. Die Fahrbahn war durch die Leitbaken soweit verschmälert, dass sich zwei Personenwagen auf dieser Höhe nur bei deutlich reduzierter Geschwindigkeit kreuzen konnten. Bei dichtem Verkehr (tagsüber), besonders in den Stosszeiten, zeigen deshalb diese Massnahmen ihre Wirkung deutlicher, als während der Nacht mit geringeren Verkehr. Für eine deutliche Verlangsamung des Verkehrs während der Nacht müssten effektivere Massnahmen bzw. eine stärkere oder häufigere Einengung der Fahrbahn umgesetzt werden.

Gemäss der Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) [9] wären bei einem v-85 zwischen 35 und 45 km/h aus dem Blickwinkel der Sicherheit zusätzliche gestalterische oder bauliche Massnahmen gemäss entsprechender VSS-Norm zu prüfen. Das Ziel innerhalb einer T30-Zone ist gemäss bfu ein v-85 von ≤ 35 km/h. Die SSV nennt keinen festen Zielwert für die Realisierung von T30-Massnahmen. Diese sind im Rahmen des Gutachtens nach Art. 108 Abs. 4 SSV vorgängig für den spezifischen Fall festzulegen.

Die Festlegung des Zielwertes für die zukünftige Geschwindigkeit und die sorgfältige Planung der notwendigen (z.B. baulichen) Massnahmen stellt im Rahmen der Umsetzung von Tempo-30 als Lärmsanierungsmassnahme an der Quelle einen wesentlichen Planungspunkt und Erfolgsfaktor dar. Mit den örtlichen Gegebenheiten angepassten Massnahmen und einer erfolgreichen Umsetzung dieser, lässt sich die Verhältnismässigkeit von Tempo-30 (aus Sicht des Lärmschutzes) erzielen. Die reine T30-Signalisation genügt dabei in den meisten Fällen nicht.

6 Resultate Lärmbetrachtungen

6.1 Allgemeines

Die Lärmimmissionsmessungen sind während den zwei Versuchsphasen Tempo-50 und Tempo-30 mit Massnahmen während jeweils einer Woche durchgeführt worden (vgl. Abschnitt 4.4). Als Messstandort diente der Balkon im 1. OG beim Gebäude am Geissensteinring 46. Die Messwerte werden zum Vergleich der beiden Phasen mit der jeweiligen Aufstellungskorrektur auf das Beurteilungsfenster umgerechnet. Damit werden Differenzen aufgrund von Reflexionen auf dem Balkon bzw. unterschiedlichen Positionen des Schallpegelmessers weitgehend eliminiert. Die Normalisierung des Verkehrs zur Bestimmung des Effektes der Temporeduktion erfolgt unter den in Abschnitt 5.6 aufgestellten Hypothesen, also unter Annahme eines veränderten (H1) bzw. gleichen Anteils lärmiger Fahrzeuge (H2).

6.2 Messresultate Lärmimmissionen

Die Messdaten (A-bewerteter Mittelungspegel Leq(A)) pro Tag während den zwei Versuchsphasen T50 und T30 mit Massnahmen sind in Tabelle 6-1 und Tabelle 6-2 ohne Berücksichtigung der Aufstellungskorrektur dargestellt. Die Berücksichtigung der Aufstellungskorrektur von -1.4 dB(A) in der Ausgangs-Messung und -1.1 dB(A) in der 2. Messung erfolgt bei der Angabe des korrigierten 7-Tage Leq.

Tabelle 6-1: Leq bei Tempo 50

dB(A)	Do 15.11.	Fr 16.11.	Sa 17.11.	So 18.11.	Mo 19.11.	Di 20.11.	Mi 21.11.	Do 22.11.	7-Tage Leq(A)	7-Tage korr.*
								62.5		60.1
Nacht	52.8	52.9	53.9	52.4	51.9	51.4	52.0	51.0	52.5	51.1

^{*} Aufstellungskorrektur = -1.4 dB(A)

Tabelle 6-2: Leq bei Tempo 30 mit Massnahmen

dB(A)	Do*	Fr	Sa	So	Мо	Di	Mi	Do*	7-Tage	7-Tage korr.**
UD(A)	21.3	22.3.	23.3.	24.3	25.3.	26.3.	27.3.	28.3.	Leq(A)	korr.**
Tag	56.9	59.7	57.7	55.3	62.9	63.2	60.9	63.1	61.0	59.8
Nacht	52.8	51.2	51.0	50.5	52.1	52.9	51.7	51.7	51.7	50.6

^{*} Messung dauerte vom 21.03.2013 18:00 Uhr bis 28.3.2013 16:30

^{**} Aufstellungskorrektur = -1.1 dB(A)

Beispielhaft sind im Folgenden (Abbildung 6-1 und Abbildung 6-2) die Pegelverläufe (30-sec. Leq) am Montag der jeweiligen Versuchsphase dargestellt. Die Pegelverläufe Leq, Lmin, Lmax sind für alle Messtage im Anhang 3 dargestellt. Aus den Abbildungen ist ersichtlich, dass nur wenige Ausreisser nach oben bzw. "extreme" Störgeräusche erkennbar sind. Sind solche vorhanden, welche nicht auf den Verkehr zurückzuführen sind, so werden sie für die Berechnungen ignoriert. Im oben genannten Anhang sind die eliminierten Werte entsprechend gekennzeichnet.

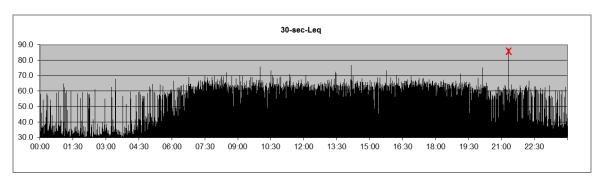


Abbildung 6-1: Beispiel 30-sec Leq(A) T50 Montag 19.11.2012

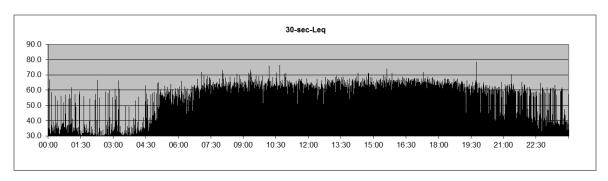


Abbildung 6-2: Beispiel 30-sec Leq(A) T30 Montag 25.3.2013

Für den Vergleich der Lärmbelastung während den oben beschriebenen Messphasen und damit dem eigentlichen Effekt der Temporeduktion, muss sowohl das effektive Verkehrsaufkommen, wie auch dessen Zusammensetzung während den Messungen mitberücksichtigt werden. Unterschiede im Verkehrsaufkommen und dessen Zusammensetzung werden durch eine Normalisierung korrigiert. Diese Korrektur erfolgt basierend auf dem EMPA-Strassenlärmmodell StL-86+ und der Mitteilung zur Lärmschutz-Verordnung Nr. 1 [10].

 $Verkehrsmengenkorrektur\ c1 = 10 imes \log\left(\frac{n_{T50}}{n_{T30}}\right)$

$$Korrektur\ Anteil\ l\"{a}rmiger\ Fahrzeuge\ c2 = 10 \times log \left[\frac{\left(1 + 0.2 \times n2_{T50} \left(1 - \frac{50}{150}\right)\right)}{\left(1 + 0.2 \times n2_{T30} \left(1 - \frac{30}{150}\right)\right)} \right]$$

n_{T50}=stündlicher Verkehr während Ausgangszustandsmessung T50

n_{T30}=stündlicher Verkehr während T30 Messung

n2_{T50}=Anteil lärmiger Fahrzeuge im Ausgangszustandsmessung T50

n2_{T30}= Anteil lärmiger Fahrzeuge während T30 Messung

Gemäss der obigen Formel und den in Abschnitt 5.6 dargestellten Verkehrsdaten ergeben sich folgende Korrekturen für die Normalisierung der Verkehrsmenge und des Anteils lärmiger Fahrzeuge. Dabei werden die Verkehrsdaten aus der Ausgangsmessung T50 als Basis betrachtet.

Tabelle 6-3: Korrektur Verkehrsmenge (c1) und Anteil lärmiger Fz. (c2) tags und nachts

	Nt	Nt ₂	Nn	Nn ₂	C1t	C2t	C1n	C2n
	[Fz/h]	[%]	[Fz/h]	[%]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
T50	244.2	3.6	31.5	3.6%				
T30 mit Massnahmen	248.6	4.7	31.1	6.5%	-0.1	-0.5	0.1	-1.4

Aufgrund der annähernd gleichen Verkehrsaufkommen in den beiden Versuchsphasen ist die Korrektur c1 für die Verkehrsmenge sowohl tags wie auch nachts sehr klein (+/- 0.1 dB(A)).

Wie bereits bei der Ausführungen über die Verkehrszusammensetzung in Kapitel 5.3 erwähnt, zeigte sich in der Phase III (T30 mit Massnahmen) ein Anstieg des Motorradverkehrs, welcher sich im Korrekturfaktor c2 für den Anteil lärmiger Fahrzeuge wiederspiegelt. Der gemessene Mittelungspegel Leq müsste damit tags um 0.5 dB(A) und nachts um 1.4 dB(A) nach unten korrigiert werden.

Diese Korrekturen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Untersuchungsresultate. Daher werden, wie bei der Diskussion der Verkehrsdaten im Kapitel 5.6 erläutert, zwei Hypothesen weiterverfolgt. Unter Hypothese 1 (H1) hat sich der Anteil lärmiger Fahrzeuge gemäss den erhobenen Messungen verändert, unter Hypothese 2 (H2) ist der Anteil gleich dem Ausgangszustand geblieben. Somit werden die Resultate einmal mit Korrektur c2 und einmal ohne Korrektur c2 betrachtet.

Unter Berücksichtigung dieser Korrekturen bzw. Hypothesen beträgt die gemessene Reduktion der Lärmimmission zwischen Tempo-50 und Tempo-30 mit Massnahmen 0.8 dB(A) tags bzw. 1.9 dB(A) nachts unter Hypothese 1 bzw. 0.4 dB(A) tags und 0.5 dB(A) nachts unter Hypothese 2.

		Tempo 50 Leq	Tempo 30 Leq	Tempo 30 Leq norm. H1	Tempo 30 Leq norm. H2
Leq	Tag	60.1	59.8	59.3 (-0.8)	59.7 (-0.4)
	Nacht	51.1	50.6	49.2 (-1.9)	50.6 (-0.5)
L _{max}	Tag	62.0	61.2		
(Mittelwert)	Nacht	54.9	52.2		
L _{min}	Tag	58.7	58.6		
(Mittelwert)	Nacht	49.5	48.8		

Tabelle 6-4: Reduktion Lärmimmission inkl. Korrekturen (alle Werte in dB(A))

Die Temporeduktion hat auch einen Einfluss auf den Maximalpegel L_{max} . Dieser nimmt im Mittel tags um knapp 1 dB(A) ab, nachts 2.7 dB(A) ab.

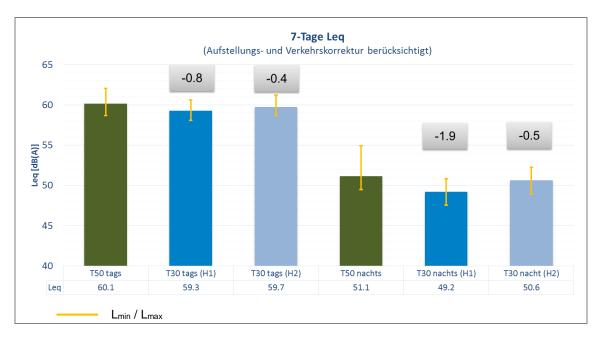
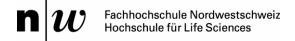


Abbildung 6-3: Leq(A) tags und nachts T50 und T30 mit Massnahmen (korrigiert)

Für den Vergleich mit den Berechnungsmodellen im folgenden Kapitel wird der Beurteilungspegel Lr bestimmt. Dieser basiert auf dem von Motorfahrzeugen verursachten



A-bewerteten Mittelungspegel Leq und der Pegelkorrektur K1 gemäss LSV basierend auf dem stündlichen Verkehrsaufkommen (N).

K1 = -5 für N < 31.6

 $K1 = 10 \times \log(N/100)$ für $31.6 \le N \le 100$

K1 = 0 für N > 100

Daraus errechnet sich der Beurteilungspegel Lr' für die zwei Zustände und den beiden Hypothesen gemäss Tabelle 6-5.

K1 Lr Leq Nt Nt_2 Nn Nn_2 [dB(A)][dB(A)][dB(A)][Fz/h] [%] [Fz/h] [%] tags nachts tags nachts tags nachts T50 244.2 3.6 31.5 3.6 60.1 51.1 0 -5 60.1 46.1 244.2 31.5 4.7 6.5 59.3 49.2 T30 (H1) 0 -5 59.3 44.2 244.2 31.5 T30 (H2) 3.6 3.6 59.7 50.6 0 -5 59.7 45.6

Tabelle 6-5: Beurteilungspegel der Messung mit Korrektur K1 gem. LSV

6.3 Berechnungsmodelle

6.3.1 Allgemeines

Im Folgenden werden die Berechnungsmodelle STL-86+ und EMPA₉₇, sowie die Modellrechnung mit CadnaA (Computer Berechnungsmodell) kurz beschrieben und die Beurteilungspegel beim relevanten Empfangspunkt im Fenster des 1. OG am Geissensteinring 46 berechnet. Damit die Resultate der verschiedenen Modelle mit den Messresultaten der verschiedenen Versuchsphasen vergleichbar sind, werden die Verkehrszahlen (nt, nt2, nn, nn2) aus der Ausgangsmessung mit Tempo-50 Signalisation unter Berücksichtigung der zwei Hypothesen in den Modellen verwendet. Für die Geschwindigkeit wird das gemessene v-85 der jeweiligen Phase eingesetzt. Die Verwendung der signalisierten Geschwindigkeiten würden die Abnahme der Immissionen überschätzen, liegt die gemessene Reduktion bei lediglich 5 km/h im Vergleich zu den 20 km/h Differenz der signalisierten Geschwindigkeit.

Die verwendete Nomenklatur beim STL-86+ und EMPA $_{97}$ Modell ist den Unterlagen des Ausund Weiterbildungskurses "Lärmschutz" von W. Stalder entnommen [11].

6.3.2 Berechnungsmodell STL86+

Das Strassenlärmmodell STL86+ ist in der Schweiz eine der am häufigsten verwendeten Methode zur Berechnung von Strassenlärm. Dabei wird der Emissionswert in dB(A) für 0.8 m über der Strassenoberfläche berechnet und dann die verschiedenen Dämpfungsfaktoren abgezogen bzw. eine Reflexionszuschlag vorgenommen.

Der Emissionswert L_E setzt sich zusammen aus dem Grundwert L_G , Zuschlägen für die Menge L_M , die Steigung L_i und den Belag L_b , sowie einer Pegelkorrektur K1 für die Verkehrsmenge.

$$Lr'_E = L_G + L_M + L_i + L_b + K_1$$

$$L_G = 43 + 10 \times \log \left[\left(1 + \left(\frac{v}{50} \right)^3 \right) \times (1 + 0.2 \times n2 \left(1 - \frac{v}{150} \right) \right]$$

$$L_M = 10 \times \log(N)$$

$$Li = 0 \text{ für } i < 3\%$$

$$(i - 3)$$

$$Li = \left(\frac{i-3}{2}\right) f \ddot{\mathbf{u}} r \ i \ge 3\%$$

$$K1 = 0 \text{ für } N \ge 100$$

 $K1 = 10 \times \log(\frac{N}{100}) \text{ für } 31.6 \le N < 100$

v: Geschwindigkeit [km/h]

K1 = -5 für N < 31.6

N: Verkehrsmenge [Fz/h]

n2: Anteil lärmiger Fahrzeuge am Gesamtverkehr [%]

i: Steigung der Strasse in [%]

Die Steigung auf dem betrachteten Strassenabschnitt ist kleiner als 3%, der Steigungszuschlag L_i beträgt somit 0. Beim Belag handelt es sich um "normalen Asphaltbelag", welcher unterhaltstechnisch in Ordnung ist (vgl. Anhang 4). Ein Zuschlag L_B drängt sich hier demnach nicht auf. Nachts ergibt sich eine Korrektur K_1 aufgrund des eher geringen Verkehrsaufkommens. Die resultierenden Emissionspegel Lr^{ϵ}_E sind in der Tabelle 6-6 dargestellt.

Nt Nt₂ Nn Nn_2 L_G+L_M Li LB K1 Lr'_E [Fz/h] [%] [Fz/h] [%] [dB(A)][dB(A)] [dB(A)][dB(A)][dB(A)] tags nachts tags nachts tags nachts T50 244.2 3.6 31.5 3.6 71.0 62.2 0 0 0 -5 71.0 57.2 T30 (H1) 244.2 4.7 31.5 6.5 71.0 62.9 0 0 0 -5 71.0 57.9 T30 (H2) 244.2 3.6 31.5 3.6 70.5 61.8 0 0 0 -5 70.5 56.8

Tabelle 6-6: Emissionsberechnung nach STL86+

Die Gesamtdämpfung L_D (nach STL86+) setzt sich zusammen aus der Abstandsdämpfung ΔL_S , der Aspektwinkeldämpfung ΔL_{ϕ} , dem Bodeneffekt ΔL_{Bo} und der Luftdämpfung ΔL_L sowie theoretisch einem Zuschlag ΔL_R für Reflexionen an Reflexionsflächen und die Hindernisdämpfung ΔL_H , welche im vorliegenden Fall beide nicht relevant sind.

$$\begin{split} \Delta L_S &= 10 \times \log(S) \\ \Delta L_{Bo} &= \frac{20}{1+h_m} \Big\{ 1 - e^{-\frac{r}{300}} \Big\} \\ \Delta L_L &= 0.005 \times r \end{split}$$

S: Senkrechter Abstand Strasse zu Empfangspunkt [m]

h_m: mittlere Höhe des Schallstrahls über Terrain [m]

r: Räumlicher Abstand EP zur Strassenachse [m]

Die Dämpfungszusammensetzung und der darauf basierende Beurteilungspegel Lr' ist in der Tabelle 6-7 dargestellt.

Tabelle 6-7: Dämpfung und Beurteilungspegel nach STL86+ (alle Wert in dB(A))

	ΔL_S	ΔL_{ϕ}	ΔL_{H}	ΔL_{Bo}	ΔL_{L}	L_D	ΔL_R	L	r' _E	L	r'
								tags	nachts	tags	nachts
T50	10.9	0.0	0.0	0.2	0.1	11.2	0	71.0	57.2	59.9	46.1
T30 (H1)	10.9	0.0	0.0	0.2	0.1	11.2	0	71.0	57.9	59.8	46.7
T30 (H2)	10.9	0.0	0.0	0.2	0.1	11.2	0	70.5	56.8	59.4	45.6

Die Details zu den obigen Berechnungen befinden sich im Anhang 5.

6.3.3 Emissionsmodell EMPA₉₇

Beim Emissionsmodell EMPA₉₇ werden die Emissionen getrennt für Personenwagen und den Schwerverkehr berechnet, jeweils aufgeteilt in Antriebs- und Rollgeräusch. Ein weiterer Unterschied im Vergleich zum STL-86+ besteht darin, dass pro Fahrzeugkategorie die gefahrenen Geschwindigkeiten berücksichtigt können.

$$Lr'_E = Leq_{LKW+PW} + L_M + K_1$$

$$LR_{PW} = 9.5 + 35 \times \log(v)$$

$$LA_{PW} = 62.7 + 10 \times log \left\{ 1 + \left(\frac{v}{44}\right)^{3.5} \right\}$$

$$L_{PW} = 10 \times log (10^{0.1(LR_{PW} + \Delta L_{Belag})} + 10^{0.1(LA_{PW} + \Delta L_{Steigung})})$$

$$Leq_{PW} = L_{PW} - 7.5 - 10 \times \log(v) - 10 \times \log(S)$$

$$LR_{LKW} = 18.5 + 35 \times \log(v)$$

$$LA_{LKW} = 76.9 + 10 \times log \left\{ 1 + \left(\frac{v}{56} \right)^{3.5} \right\}$$

$$L_{LKW} = 10 \times log \left(10^{0.1(LR_{LKW} + \Delta L_{Belag})} + 10^{0.1(LA_{LKW} + \Delta L_{Steigung})}\right)$$

$$Leq_{LKW} = L_{LKW} - 7.5 - 10 \times \log(v) - 10 \times \log(S)$$

$$\Delta L_{Steigung} = 0.8 \times i$$

L_M und K1 gemäss Abschnitt 6.3.2

Lpw, Llkw: Gesamtgeräusch PW / LkW in 7.5 m Abstand zur Fahrzeugachse [dB(A), F]

LR_{PW}, LR_{LKW}: Rollgeräusch PW / LKW [dB(A), F]

 ΔL_{Belag} : Belagszuschlag = 0 für normalen Asphaltbelag [dB(A), F]

LAPW, LALKW: Antriebsgeräusch PW / LKW [dB(A), F]

Leq_{PW}, Leq_{LKW}: Mittelungspegel für eine Vorbeifahrt PW / LW pro Stunde im Abstand S [dB(A)]

v: gefahrene Geschwindigkeit [km/h]

S: Abstand Empfangspunkt zur Fahrbahnachse [m]

i: Strassenlängsneigung [%]

Leq_{LKW+PW} L_{M} K1 Lr'E Nt Nt_2 Nn Nn_2 [dB(A)] [dB(A)] [dB(A)] [dB(A)] [Fz/h] [%] [Fz/h] [%] nachts nachts nachts nachts tags tags tags T50 244.2 3.6 31.5 3.6 47.4 47.5 23.9 15.0 0 -5 71.2 57.5 T30 (H1) 244.2 4.7 31.5 6.5 47.1 47.3 23.9 15.0 0 -5 70.9 57.3 T30 (H2) 244.2 3.6 31.5 3.6 46.7 46.9 23.9 15.0 0 -5 70.5 56.9

Tabelle 6-8: Emissionsberechnung nach EMPA₉₇

Die Dämpfung und die Reflexionen zur Berechnung der Immissionswerte werden analog dem Modell STL-86+ aus dem letzten Kapitel berechnet.

							ΔL_R	Lı	r'E	L	r'
	ΔL _S	ΔL_{ϕ}	ΔL_{H}	ΔL_Bo	ΔLL	LD	Reflexionsz uschlag	tags	nachts	tags	nachts
T50	10.9	0.0	0.0	0.2	0.1	11.2	0	71.2	57.5	60.1	46.3
T30 (H1)	10.9	0.0	0.0	0.2	0.1	11.2	0	70.9	57.3	59.8	46.1

Tabelle 6-9: Dämpfung und Immissionberechnung nach EMPA₉₇ (alle Werte in dB(A))

Die Abnahme der Immissionbelastung beim untersuchten Empfangspunkt beträgt tags 0.3 dB(A) und nachts 0.2 dB(A) unter H1 bzw. 0.7 dB(A) nachts und 0.5 dB(A) nachts unter H2...

11.2

0

70.5

56.9

59.4

45.8

0.1

6.3.4 CadnaA Modell

T30 (H2)

10.9

0.0

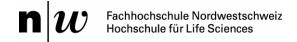
0.0

0.2

Als drittes Modell, wurde CadnaA³, eine weit verbreitete Software zur Berechnung, Darstellung, Beurteilung und Prognose von Umgebungslärm, für den Vergleich beigezogen. Für die Berechnung von Strassenlärm wird in CadnaA die Methode STL-86+ zugrunde gelegt. Abschirmungen und Reflexionen können mit CadnaA jedoch deutlich einfacher und genauer abgeschätzt werden als mit den "einfachen" Rechenmodellen aus den vorherigen

-

³ Version 3.6 Datakustik GmbH



Kapiteln. Das CadnaA Modell wird hier primär zur Überprüfung der obigen Resultate und zur Abschätzung der Reflexionen und Abschirmung aufgrund der Balkone genutzt.

Die Annahmen bezüglich Verkehrsmenge und -zusammensetzung wurden für beide Geschwindigkeiten analog der obigen Modell-Rechnungen für T50, T30 (H1) und T30 (H2) angenommen.

Gemäss den Modellrechnungen in CadnaA beträgt der Effekt der Reflexionen an den Balkonen 0.1 dB(A) beim untersuchten Empfangspunkt. Dieser "negative" Effekt wird jedoch durch die Abschirmung des Empfangspunktes von seitlichen Schallwellen durch die Balkone wieder neutralisiert. Die Resultate aus CadnaA sind identisch (+/- 0.1 dB(A)) mit den Resultaten bei der "einfachen" STL-86+ Rechnung beschrieben in Abschnitt 6.3.2 und werden hier nicht weiter aufgeführt. Details sind im Anhang 6 ersichtlich.

6.3.5 Prognose Unsicherheiten

Berechnungsmodelle wie auch Messresultate weisen immer eine gewisse Unsicherheit auf.

Toleranzen bei Messgeräten und des Kalibrierungsvorgangs liegen erfahrungsgemäss bei +/- 0.5 dB(A).

Die Messungen selbst bzw. die daraus abgeleiteten Ergebnisse, sind ebenfalls mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Neben der erwähnten messtechnischen Unsicherheit, können die Ausbreitungsbedingungen ändern (z.B parkierte Autos), Umgebungsgeräusche (z.B. Bau- oder Parkierlärm) oder auch Wettereinflüsse die Langzeitmessung unerkannt beeinflussen. Dadurch ist die Umrechnung auf den durchschnittlichen Verkehr mit einem gewissen Fehler behaftet.

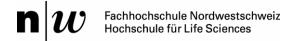
Die Verkehrsdatenerhebung mit Seitenradaranlagen stellt innerorts bzw. innerstädtisch eine Herausforderung dar. Reflexionen, z.B. an parkierten Autos oder keine langen geraden Fahrspuren, können die Messung negativ beeinflussen. Eine sorgfältige Betrachtung der "Rohdaten" ist daher dringend zu empfehlen.

Wie bereits bei der Diskussion der Verkehrsdaten erwähnt, bildet die Klassierung der Fahrzeuge, basierend auf den mit Seitenradaranlagen erhobenen Verkehrsdaten, eine gewisse Unsicherheit. Mit der Berücksichtigung der zwei Hypothesen kann diesem Effekt jedoch weitgehend Rechnung getragen werden.

Insgesamt wird in der Praxis die Unsicherheit auf die ausgewiesenen Pegel mit +/- 1 dB(A) beziffert (im Sinne einer Standardabweichung) [11].

6.4 Diskussion

Die in den vorangehenden Abschnitten erläuterten Mess- und Modellresultate sind in der Tabelle 6-10 nochmals zusammengefasst. Die Diskussion der Resultate hat unter



Berücksichtigung der im vorangehenden Abschnitt 6.3.5 genannten Prognose-Unsicherheit von +/- 1 dB(A) zu erfolgen.

Tabelle 6-10: Vergleich der Messresultate und Modellrechnungen

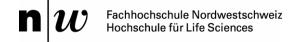
		essene vindigkeit	Messresultate normalisiert Leq(A) [dB(A)]		STL-86+ Lr' [dB(A)]		Empa97 Lr' [dB(A)]	
	[kn	n/h]						
	v-85	Øv	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
T50	45	38.1	60.1	46.1	59.9	46.1	60.1	46.3
T30 (H1)	40	33.5	59.3	44.2	59.8	46.7	59.8	46.1
T30 (H2)	40	33.5	59.7	45.6	59.4	45.6	59.4	45.8
ΔT50-T30 (H1)	-5	-4.6	-0.8	-1.9	-0.1	0.6	-0.3	-0.2
ΔT50-T30 (H2)	-5	-4.6	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.7	-0.6

H1: Normalisierung der Messresultate bezüglich Verkehrsmenge und -zusammensetzung

H2: Normalisierung der Messresultate nur bezüglich Verkehrsmenge

Die normalisierten Messresultate bei Tempo-50 liegen im Bereich von +/- 0.2 dB(A) um die Resultate der Modellrechnungen. Daraus kann geschlossen werden, dass die Modellrechnungen keinen relevanten systematischen Fehler enthalten z.B. durch vernachlässigte Reflexionen.

Unter der Hypothese 1, wenn die gemessenen Immissionspegel bei T30 bezüglich Verkehrsmenge und Anteil lärmiger Fahrzeuge normalisiert werden, beträgt die Differenz der Messwerte zu den Modellrechnungen tags 0.5 dB(A), nachts bis 2.5 dB(A). Unter Hypothese 2 erfolgt die Normalisierung nur bezüglich der Verkehrsmenge. Die dadurch resultierenden Immissionspegel bei T30 stimmen +/- 0.3 dB(A) mit den Modellresultaten überein. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass sich der Anteil lärmiger Fahrzeuge nicht so deutlich wie ausgewiesen (+1.1% Nt2, +2.9% Nn2) verändert hat und die Hypothese 1 mit grosser Wahrscheinlichkeit verworfen werden kann. Der Anstieg, der in Abschnitt 5.4 ausgewiesenen Zunahme der Motorräder bzw. LKW in der Woche T30 mit Massnahmen, muss daher im Wesentlichen der Unsicherheit bzw. Fehleranfälligkeit der Fahrzeugklassierung zugeschrieben werden. Eine leichte Veränderung des Anteils lärmiger Fahrzeuge kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht ausgeschlossen werden. Der Effekt dürfte aber innerhalb der Prognoseunsicherheiten liegen.



Die Problematik der Fahrzeugklassierung mit Hilfe von Längendaten aus Seitenradaranlagen wurde in einer Studie des Kantons Zürich [8] ebenfalls aufgegriffen. Die hier genannten diesbezüglichen Unsicherheiten werden darin bestätigt.

Die am Geissensteinring 46 gemessene Lärmreduktion aufgrund der Signalisationsänderung von Tempo-50 auf Tempo-30 liegt zwischen 0.5 dB(A) und 2 dB(A). Unter Hypothese 1, wenn die Messdaten sowohl bezüglich Verkehrsmenge als auch dem Anteil lärmiger Fahrzeuge normalisiert werden, so liegt die Abnahme des Beurteilungspegels bei knapp 1 dB(A) tags und 2 dB(A) nachts. Werden die Messdaten nur bezüglich der Verkehrsmenge normalisiert, so liegt die Abnahme tags und nachts bei ca. 0.5 dB(A).

Der Vergleich Pegeldifferenzen bei Tempo-50 und Tempo-30 unter den beiden Hypothesen zeigt nochmals, dass die Hypothese 1 mit grosser Wahrscheinlichkeit verworfen werden kann. Die Normalisierung der Messresultate zeigt unter Hypothese 1 aufgrund der Fehlklassierung der Fahrzeuge ein falsches Bild. Die Differenzen der Messungen unter H1 zeigen deutlich andere Resultate als die Modelle. Die folgenden Vergleiche werden daher unter Berücksichtigung der Hypothese 2 ausgeführt.

Aus dem STL-86+ Modell resultiert eine Reduktion von ca. 0.5 dB(A), während das EMPA97 Modell eine leicht höhere Reduktion von ca. 0.7 dB(A) zeigt. Somit unterscheiden sich die Resultate der beiden Modelle untereinander nur unwesentlich. Die Differenz zu den Messresultaten ist ebenfalls klein (\leq 0.3 dB(A)).

Die in dieser Studie erreichte Reduktion der Immissionsbelastung kann tags und nachts mit rund 0.5 dB(A) beziffert werden. Eine Reduktion von 2.5 dB(A) bis 4.5 dB(A) wie im Versuch in Zürich [2] konnte hier nicht erzielt werden. Aus dem Versuch in Jena [6] folgt eine Reduktion um 2 dB(A), jedoch liegt diesem Wert eine Abnahme der durchschnittlichen Geschwindigkeit von 10 km/h zugrunde. Ähnliche Resultate wie im vorliegenden Versuch folgen aus den Untersuchungen in Berlin [3]. Je nach Fahrbahnzustand wurden dort Lärmminderungen von 0.6 dB(A) (guter Zustand) bis 2.1 dB(A) (schlechter Zustand) ausgewiesen.

Eine Unsicherheit bei den Messresultaten basiert auf den Parkfeldern vor dem untersuchten Gebäude. Die Parkfelder waren in allen Versuchsphasen durch die Polizei abgesperrt, jedoch zeigte der Augenschein vor Ort, dass die Parkfelder zeitweise (primär während T50) trotzdem benutzt wurden. Gemäss Berechnungen in CadnaA ergeben sich, je nach Anzahl und Standort von parkierten Autos, deutliche Abschirmeffekte und damit eine Reduktion der Lärmbelastung von bis zu 1 dB(A). Der Effekt der T30-Signalisation könnte demnach ein paar Zehntel Dezibel grösser sein als oben genannt.

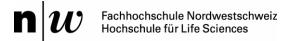
Bei der Beurteilung der "Lärmbelästigung" ist neben dem Mittelungspegel (Leq) auch der Maximalpegel (Lmax) von Interesse. Speziell nachts können schwankende Geräusche oder laute "Peaks" sehr störend wirken. Der über 7-Tage gemittelte Maximalpegel nahm tags um knapp 1 dB(A), nachts um 2.7 dB(A) ab. Der Anteil sehr lauter Ereignisse nachts (Lmax>70dB(A)) reduzierte sich um ca. 40% aufgrund der Signalisationsänderung. Die nächtliche "Lästigkeit" des Lärms dürfte sich demnach spürbar reduziert haben, eine Befragung der Anwohner wurde jedoch nicht durchgeführt.

Wie gross und wahrnehmbar die effektive Lärmreduktion aufgrund der Einführung von Tempo-30 tatsächlich ist, hängt von der jeweiligen (Ausgangs-) Situation und der erreichten



Temporeduktion ab. Die aus dieser Arbeit hervorgehenden Resultate und Vergleiche mit anderen Studien zeigen, dass die gefahrenen Geschwindigkeiten in der Ausgangssituation unbedingt in die Diskussion um den Effekt von Tempo-30 miteinbezogen werden müssen. Die konsequente Umsetzung der geplanten Temporeduktion ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Sind die Verkehrsdaten im Ausgangszustand bekannt und die "Zielgeschwindigkeit" für die Zukunft definiert, so liefern die gängigen Modelle eine genügend genaue Abschätzung der zu erwartenden Lärmimmissionen.

Ein pauschaler Effekt der Lärmreduktion bei der Einführung von Tempo-30 kann aufgrund der vorliegenden Studie nicht abgeschätzt werden. Basierend auf den vorliegenden Informationen kann für die Lärmreduktion ein Bereich von 0.5 – 4 dB(A) angegeben werden, einer Spannweite, die im Allgemeinen für Lärmsanierungsprojekte und andere spezifische Fragestellungen zu gross sein dürfte.



7 Schlussbetrachtung

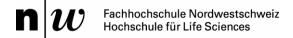
Mit dieser Arbeit kann die oft zitierte Annahme, dass die Einführung einer Tempo-30-Zone anstelle einer signalisierten Geschwindigkeit von 50 km/h ein Reduktion der Lärmbelastung von 3 dB(A) bringt und damit als Halbierung des Verkehrs wahrgenommen wird, nicht als allgemein gültig bestätigt werden. Der Vergleich mit anderen Studien zeigt, dass eine Verallgemeinerung des Effekts grundsätzlich schwierig ist. Die Reduktion der Lärmbelastung hängt im Wesentlichen von der Ausgangssituation, der sorgfältigen Planung und effektiven Umsetzung von Massnahmen zur Reduktion der gefahrenen Geschwindigkeit ab.

Aufgrund der Erkenntnisse aus dieser Studie, empfiehlt es sich beim Erstellen von Tempo-30 Gutachten nach Art. 108 Abs. 4 SSV oder der Realisierung von Strassenlärm-Sanierungsprojekten in einem ersten Schritt die Ausgangssituation bezüglich Verkehrsaufkommen, Verkehrszusammensetzung und Geschwindigkeit zu erheben (z.B. durch Seitenradaranlagen oder Zählungen). In einem zweiten Schritt lassen sich je nach Fragestellung die zur Ziel-Lärmreduktion nötige Temporeduktion, bzw. die Lärmreduktion bei der geplanter Temporeduktion, mit den gängigen Modellen (STL-86+, Empa₉₇ etc.) zuverlässig abschätzen. Die verkehrstechnischen Massnahmen sind gezielt und effektiv umzusetzen und entsprechende Nachkontrollen durchzuführen.

Mit der Realisierung der Lärmsanierungsprojekte in den Gemeinden wird die Zahl der Tempo-30-Zonen bzw. Tempo-30-Strecken weiter zunehmen. Die daraus entstehende Datenbasis kann zu einem späteren Zeitpunkt für weitere Vergleiche und Analysen über den Effekt von Tempo-30 herangezogen werden.

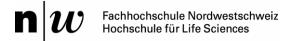
8 Literaturliste

- [1] Bundesamt für Umwelt (bafu): Umwelt Magazin 1/13. Februar 2013.
 [1a] Hoehn, S.: Mehr Lebensqualität für 1.4 Millionen Menschen. Umwelt Magazin 1/13. Februar 2013
- [2] Bosshard, M.; Zeller, E.: Tempo 30 als Sanierungsmassnahme an der Quelle. Präsentation ERFA-Tagung 2010. 22. April 2010
- [3] Verkehrsmanagement Zentrale (VZM) Berlin: Analyse der Wirkungen von Tempo 30 Ergebnisse zu AP 200 und AP 300. 11. März 2008.
- [4] VCS http://www.vcs-sgap.ch/dossiers/Tempo30/Tempo30.html. 19. September 2013
- [5] Gemeinde Köniz; Tiefbauamt des Kantons Bern Oberingenieurkreis II: Zufrieden mit dem neuen Zentrum? Erfolgskontrollen Zentrumsumgestaltung Köniz und Umgestaltung Köniz-/Schwarzburgstrasse. Mai 2007
- [6] Spessert, B.; Kühn, B.; Stiebritz, M.; Leisker, C.: Vergleichende messtechnische Untersuchungen zum Einfluss einer nächtlichen Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h auf 30 km/h auf die Lärmimmissionen durch den Strassenverkehr. FH Jena 2010. http://www.jena.de/fm/41/Bericht_Tempo_30_W03_101111.pdf
- [7] Stadt Freiburg i.Br.: Lärmaktionsplan der Stadt Freiburg. Dezember 2009
- [8] Baudirektion Kanton Zürich, George Eisler: Seitenradar was können sie? Was muss man wissen?. 12. April 2012
- [9] Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu): Fachbroschüre Tempo 30 Zonen. 2008
- [10] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (heute Bafu): Mitteilung zur LSV Nr. 1 Strassenverkehrslärm: Umrechnung von Lärmmessungen auf durchschnittliche Verkehrsmengen. 1989
- [11] Stalder, W.: Aus- und Weiterbildungskurs "Lärmschutz". 12. Juni 200
- [12] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (heute Bafu): Mitteilung zur LSV Nr. 6 Strassenverkehrslärm: Korrekturen zum Strassenlärm-Berechnungsmodell

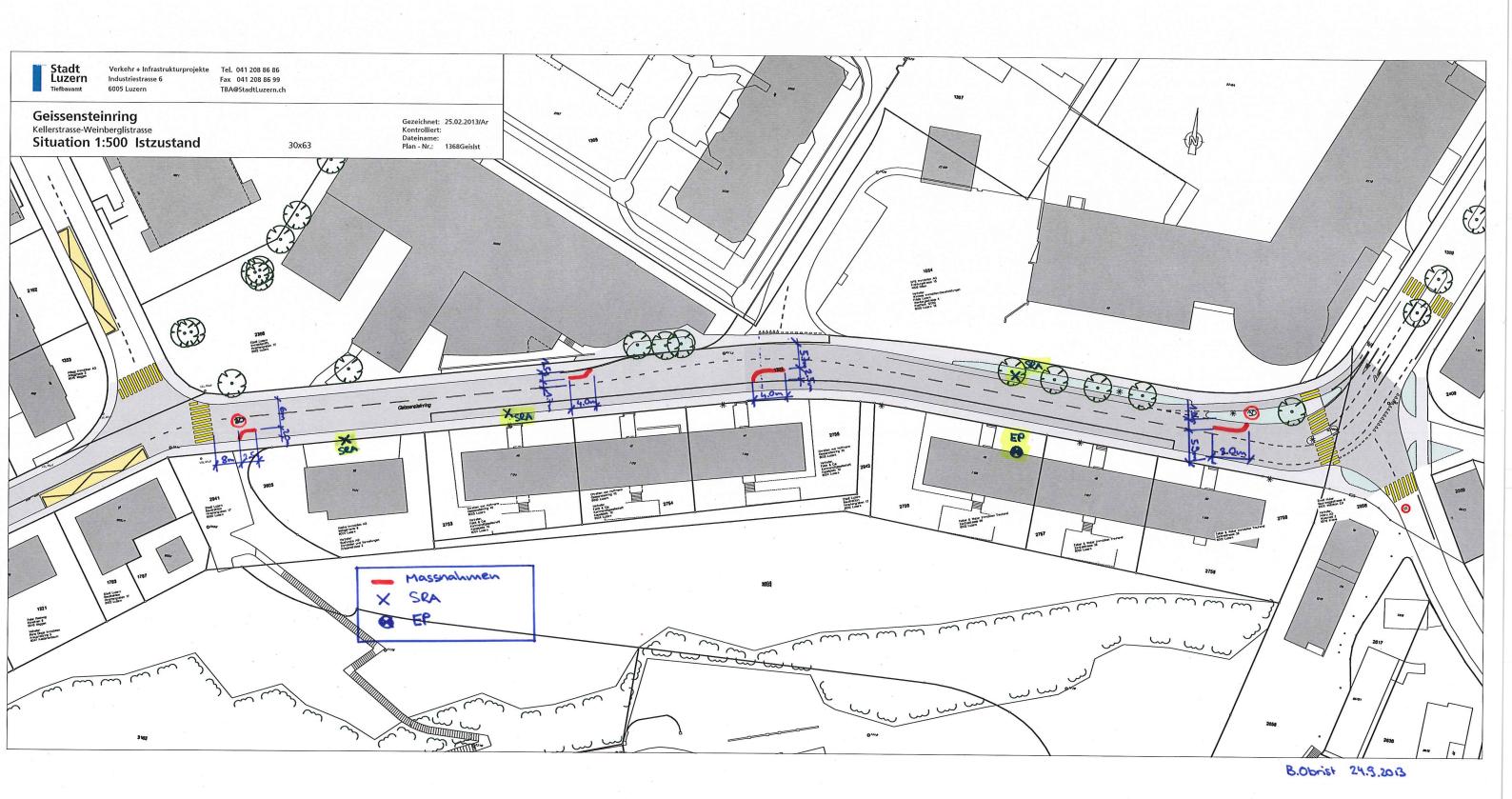


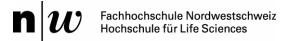
9 Anhang

Anhang 1	Plan der umgesetzten Massnahmen zur Temporeduktion
Anhang 2	Messprotokolle
Anhang 3	Pegelverläufe
Anhang 4	Fahrbahnzustand
Anhang 5	Details Modell Berechnungen
Anhang 6	CadnaA



Anhang 1 Plan der umgesetzten Massnahmen zur Temporeduktion





Anhang 2 Messprotokolle

Ausgangszustand T50 Geissensteinring 46:

- Messprotokoll LZM vom 15.11.-21.11.2012
- Messprotokoll KZM vom 22.11.2012
- Protokoll SRA vom 15.11.-21.11.2012

Tempo-30 Geissensteinring 46:

- Messprotokoll LZM vom 21.3.-28.3.2013
- Messprotokoll KZM vom 21.3.2013
- Protokoll SRA vom 27.2.-28.3.2013

Tempo-30 Geissensteinring 38:

- Protokoll SRA vom 15.3.-28.3.2013

Messberichte Tiefbauamt Luzern (TBA) Geissensteinring 40

- Messbericht 28.2.-5.3.2013
- Messbericht 19.3.-2.4.2013
- Messbericht 2.5.-8.5.2013



Version 1.0 / 05.04.2013

Lärmsanierung an der Quelle durch T30 Messresultate Ausgangszustand Geissensteinring 46 Luzern

Auftraggeber
Tiefbauamt Stadt Luzern
Industriestrasse 6
CH-6005 Luzern





Version 1.0 / 05.04.2013

Lärmsanierung an der Quelle durch T30 Messresultate Ausgangszustand Geissensteinring 46 Luzern

Auftraggeber

Tiefbauamt Stadt Luzern Industriestrasse 6 CH-6005 Luzern

Verfasser

Roos+Partner AG CH-6000 Luzern 7

Bech Os

Beat Obrist



1 T50 Protokoll Langzeitlärmmessung (LZM)



Messpunkt	Bezeichnung		Gei46_1OG_Mitt	е					
	Parzellen-Nr.		2756						
	Geb.Versiche	rungs-Nr.:	1166						
	Empfindlichke	eitsstufe ES:	II	II					
	Adresse:		Geissensteinring 46, 6003 Luzern, Herr Durrer						
	Messort:		1. OG, Wohnen						
Messung	Messbeginn	Datum:	Donnerstag, 15. November 2012						
		Zeit:	00:00 Uhr						
	Messende	Datum:	Mittwoch, 21. November 2012						
		Zeit:	24:00 Uhr						
Messgeräte	Schallpegelm	esser:	Norsonic Nor 140	Norsonic Nor 140					
	Mikrofon:		½" mit Vorverstär	rker					
	Kalibrator:		Norsonic Nor 125	51					
Anordnung	Messposition		Mikrofon auf Balk	kon, bei geschlossener E	Balkontüre				
	Beurteilungso	ort:	Mitte des offenen	Fensters					
	Aufstellungsk	orrektur:	- 1.4 dB(A), mess	stechnisch ermittelt und	berücksichtigt				
Resultate			Leq	Lmaxø / Lmax _{max}	Lminø / Lmin _{min}				
(korrigiert)	tags		60.5	63.6 / 109.7	58.6 / 28.5				
	nachts		53.0	59.1 / 108.9	49.4 / 26.1				
Bemerkungen	Verkehrsdate	n während de	der Messung automatisch erfasst						
	$v_{sign} = 50 \text{ km/}$	h							
	Graues Autos	s (vgl. Bild) sta	and während der gesamten Messdauer vor dem Gebäude						



2 T50 Protokoll Kurzzeitlärmmessung (KZM)



Messpunkt	Pozoichouna:	Gei46_1OG_Mitte						
wesspunkt	Bezeichnung:							
	Parzellen-Nr.:	2756						
	Geb.Versicherungs-Nr.:	1166						
	Empfindlichkeitsstufe ES:	II						
	Adresse:	Geissensteinring 46, 6003 Luzern, Herr Durrer						
	Messort:	1. OG, Wohnen						
Messung	Datum:	Dienstag, 22. November 2012						
	Zeit:	16:41 – 17:41 Uhr						
Messgeräte	Schallpegelmesser:	Norsonic Nor 110						
	Mikrofon:	½" mit Vorverstärker						
	Kalibrator:	Norsonic Nor 1251						
Resultate		Leq Lmaxø / Lmax _{max} Lminø / Lmin _{min}						
	Messung dB(A)	61.3 62.7 / 78.9 59.9 / 40.4						
Verkehrsdaten ¹	während der Messung:	Nt = 399 Fz/h						
Bemerkungen	Fliessender, langsamer	Verkehr während der Messung, keine relevanten						
	Störgeräusche bemerkbar,	zwei Autos vor dem Gebäude parkiert						
	1-Sekund	len Leq, dB(A), fast						
90	1-Oekullu	leii Leq, ub(A), iast						
80								
70								
60	da kilo dikali dha abada kali ilimba a sahat biba bilo ak	AD NOTE OF THE REPORT OF THE PARTY OF THE PA						
50 + 111								
40 -								
30 + 16:46	16:51 16:56 17:01 17:06	3 17:11 17:16 17:21 17:26 17:31 17:36						
10.41 10.40	10.51 10.50 17.01 17.00	17.11 17.10 17.21 17.20 17.31 17.30						



3 T50 Protokoll Verkehrszählung



Messpunkt	Ort:	Vis à vis Geissensteinring 46						
		Seitenradaranlage	e am Baum befestigt					
	Richtung:	+ Richtung Keller	strasse					
		- Richtung Tribschenstrasse						
Messung	ung Datum: Donnerstag, 15.11.2012 – Mittwoch 2							
Resultate			% Schwerverkehr					
	Ø Tagesverkehr (Nt)	256	4.3%					
	Ø Nachtverkehr (Nn)	43	5.2%					
Klassierung:	+: 1-spurige Fz ≤ 2.0 m, PW ≤ 5.6 m (Velos v ≤ 35km/h)							
	-: 1-spurige Fz ≤ 1.4 m, PW ≤ 8.0 m (Velos v ≤ 30km/h)							





Version 1.0 / 05.04.2013

Lärmsanierung an der Quelle durch T30 Messresultate T30 Signalisation Geissensteinring 46 Luzern

Auftraggeber
Tiefbauamt Stadt Luzern
Industriestrasse 6
CH-6005 Luzern





Version 1.0 / 05.04.2013

Lärmsanierung an der Quelle durch T30 Messresultate T30 Signalisation Geissensteinring 46 Luzern

Auftraggeber

Tiefbauamt Stadt Luzern Industriestrasse 6 CH-6005 Luzern

Verfasser

Roos+Partner AG CH-6000 Luzern 7

Beel On

Beat Obrist



1 T30 Protokoll Langzeitlärmmessung (LZM) T30



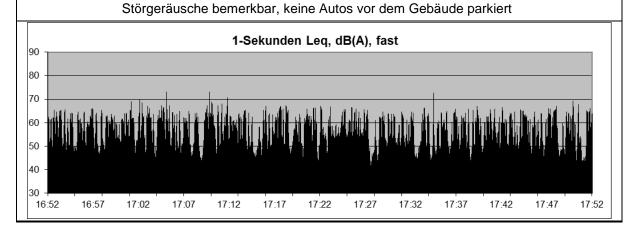
Messpunkt	Bezeichnung	hnung: Gei46 1OG Mitte							
шосоранна	Parzellen-Nr.		2756	.•					
		•							
	Geb.Versiche	· ·	1166						
	Empfindlichk	eitsstufe ES:	II						
	Adresse:		Geissensteinring 46, 6003 Luzern, Herr Durrer						
	Messort:		1. OG, Wohnen						
Messung	Messbeginn	Datum:	Donnerstag, 21. März 2013						
		Zeit:	18:00 Uhr						
	Messende	Datum:	Donnerstag, 28. März 2013						
		Zeit:	16:30 Uhr						
Messgeräte	Schallpegelm	nesser:	Norsonic Nor 140	Norsonic Nor 140					
	Mikrofon:		½" mit Vorverstä	rker					
	Kalibrator:		Norsonic Nor 125	51					
Anordnung	Messposition	:	Mikrofon auf Ball	kon, bei geschlossener E	Balkontüre				
	Beurteilungso	ort:	Mitte des offener	n Fensters					
	Aufstellungsk	orrektur:	- 1.1 dB(A), mess	stechnisch ermittelt und	berücksichtigt				
Resultate			Leq	Lmaxø / Lmax _{max}	Lminø / Lmin _{min}				
(korrigiert)	tags		59.8	61.2 / 101.0	58.6 / 30.2				
	nachts		50.6	52.2 / 83.2	48.8 / 25.1				
Bemerkungen	Verkehrsdate	en während de	d der Messung automatisch erfasst						
	$v_{sign} = 30 \text{ km/}$	'h							
	Im Gegensat	z zur Ausganç	gsmessung, keine <i>i</i>	Autos vor dem Haus par	kiert				



2 T30 Protokoll Kurzzeitlärmmessung (KZM)



Messpunkt Bezeichnung: Gei46_1OG_Mitte Parzellen-Nr.: 2756 Geb. Versicherungs-Nr.: 1166 Empfindlichkeitsstufe ES: Adresse: Geissensteinring 46, 6003 Luzern, Herr Durrer Messort: 1. OG, Wohnen Messung Datum: Donnerstag, 21. März 2013 16:53 - 17:53 Uhr Zeit: Schallpegelmesser: Norsonic Nor 110 Messgeräte Mikrofon: ½" mit Vorverstärker Kalibrator: Norsonic Nor 1251 Resultate Lmaxø / Lmaxmax Lminø / Lmin_{min} Leq 59.2 60.5 / 76.9 57.8 / 40.4 Messung dB(A) Verkehrsdaten während der Messung: Nt = 397 Fz/hNt2 = 5.0 % $v_{sign} = 30 \text{ km/h}$ Bemerkungen Fliessender, langsamer Verkehr während der Messung, keine relevanten

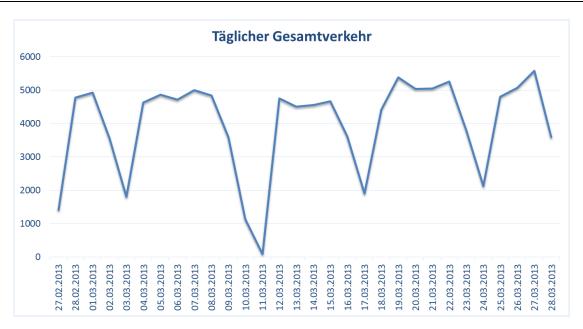




3 T30 Protokoll Verkehrszählung SRA 1



Messpunkt	Ort:	Vis à vis Geissensteinring 46				
		Seitenradaranlag	Seitenradaranlage am Baum befestigt			
	Richtung:	+ Richtung Kellerstrasse				
		- Richtung Tribs	- Richtung Tribschenstrasse			
Messung	Datum:	Donnerstag, 27.02.2013 – Donnerstag 28.0				
Resultate			% Schwerverkehr			
. Rooming	Ø Tagesverkehr (Nt)	240	4.3%			
	Ø Nachtverkehr (Nn)	30	4.7%			
Klassierung:	+: 1-spurige Fz ≤ 2.0 m, PW ≤ 6.5 m (Velos v ≤ 35km/h)					
	-: 1-spurige Fz ≤ 1.5 m, PW ≤ 17.0 m (Velos v ≤ 30km/h)					

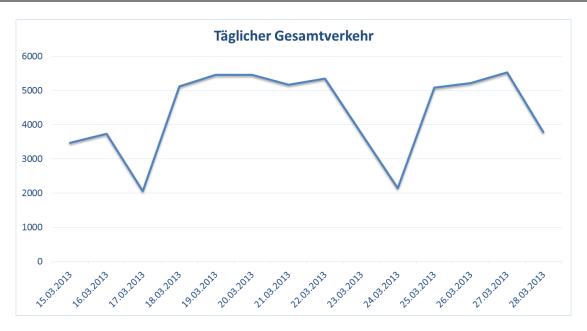




4 T30 Protokoll Verkehrszählung SRA 2



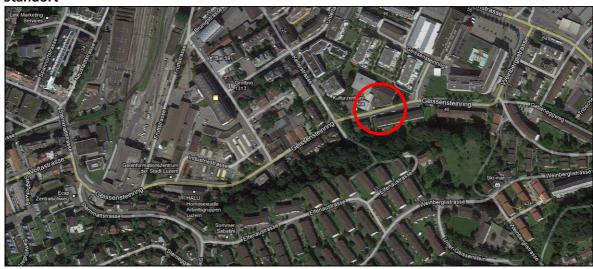
Messpunkt	Ort:	Vis à vis Geissensteinring 46					
		Seitenradaranlag	Seitenradaranlage am Baum befestigt				
	Richtung:	+ Richtung Tribschenstrasse					
		- Richtung Kelle	- Richtung Kellerstrasse				
Messung	Datum:	Freitag, 15.03.20	Freitag, 15.03.2013 – Donnerstag 28.03.2013				
Resultate			% Schwerverkehr				
	Ø Tagesverkehr (Nt)	231	5.3%				
	Ø Nachtverkehr (Nn)	34	3.1%				
Klassierung:	+: 1-spurige Fz ≤ 1.7 m, PW ≤ 14.9 m (Velos v ≤ 26 km/h)						
	-: 1-spurige Fz ≤ 2.5 m, PW ≤ 12.0 m (Velos v ≤ 22 km/h)						





Viacount II Messbericht Geissensteinring, Januar 2013 Geissensteinring 40, Luzern 28. Februar – 05. März 2013

Standort





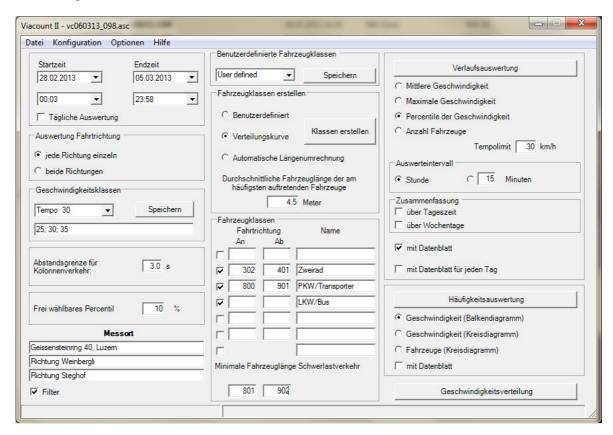
Stadt Luzern Tiefbauamt Verkehr und Infrastrukturprojekte Industriestrasse 6 6005 Luzern

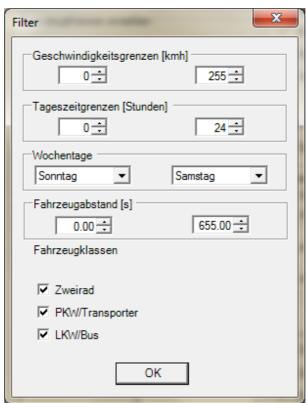
Telefon: 041 208 85 53 Fax: 041 208 86 99

E-Mail: martin.luternauer@stadtluzern.ch

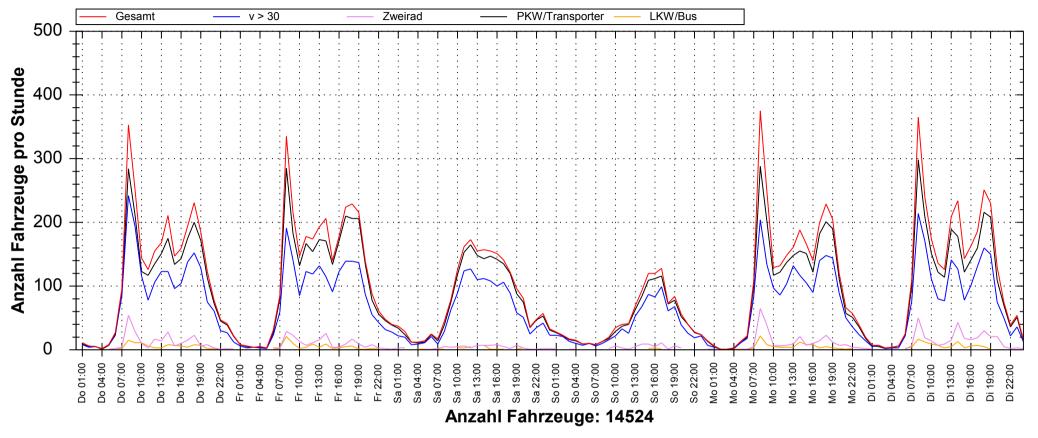
www.tiefbauamt.stadtluzern.ch

Einstellungen



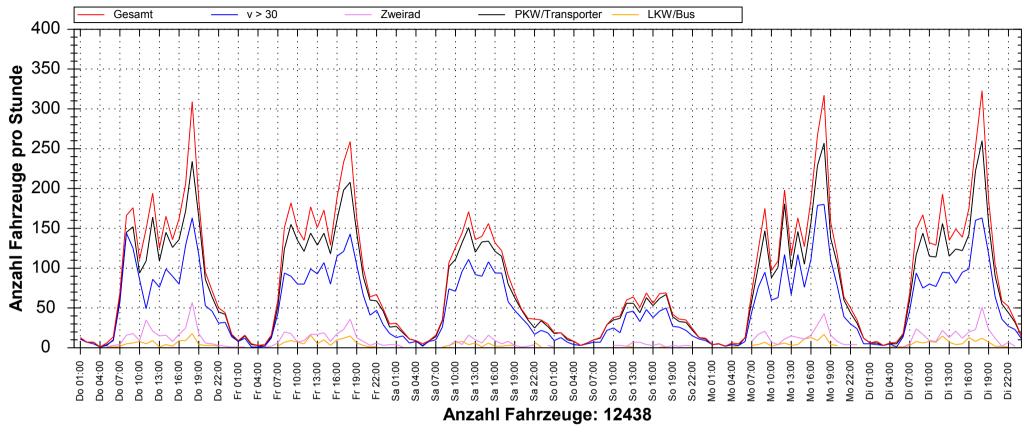


Verlauf Anzahl Fahrzeuge



Auswertezeit: Donnerstag, 2 Tempolimit	28. Februar 2013 30 km	, 00:03 Uhr bis Dienstag,	5. März 201 Anzahl	13, 23:58 Uh Vd[km/h]	r Vmax[km/h]	V85[km/h]
Geschwindigkeitsübertretung:	66.97 %	Zweirad	1134	24.70	51	30
Durchschnittl. Abstand:	31.54 s	PKW/Transporter	12963	34.24	69	41
Kolonnenverkehr:	21.91 %	LKW/Bus	427	32.14	55	39
DTV:	2422	Gesamt	14524	33.44	69	41
Schwerlastverkehrsanteil:	2.94 %					
Messort: Geissensteinring 40, Luzern - Richtung Weinbergli						

Verlauf Anzahl Fahrzeuge

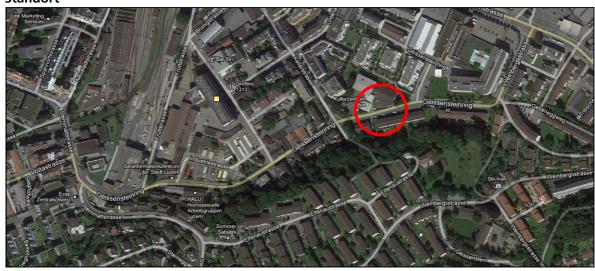


Auswertezeit: Donnerstag,	28. Februar 2013,	00:03 Uhr bis Dienstag	, 5. März 201	3, 23:58 Uh	r	
Tempolimit	30 km	h	Anzahl	Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85[km/h]
Geschwindigkeitsübertretung:	61.55 %	Zweirad	1184	23.41	54	35
Durchschnittl. Abstand:	36.29 s	PKW/Transporter	10775	33.70	65	42
Kolonnenverkehr:	15.80 %	LKW/Bus	479	30.15	52	37
DTV:	2074	Gesamt	12438	32.58	65	41
Schwerlastverkehrsanteil:	3.85 %					
Messort: Geissensteinring 40, Luzern - Richtung Steghof						



Viacount II Messbericht Geissensteinring, Januar 2013 Geissensteinring 40, Luzern 19. März – 02. April 2013

Standort





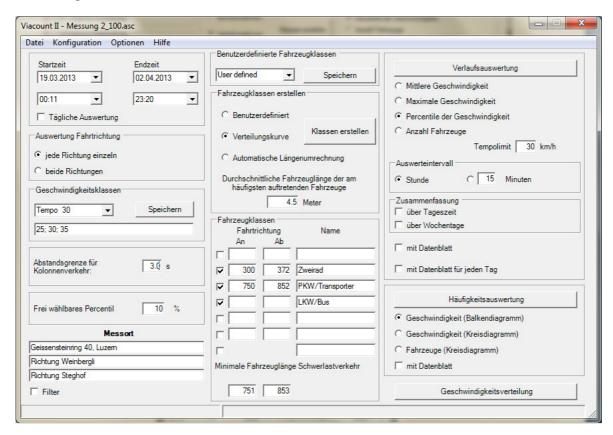
Stadt Luzern Tiefbauamt Verkehr und Infrastrukturprojekte Industriestrasse 6 6005 Luzern

Telefon: 041 208 85 53 Fax: 041 208 86 99

E-Mail: martin.luternauer@stadtluzern.ch

www.tief bauamt.stadtluzern.ch

Einstellungen



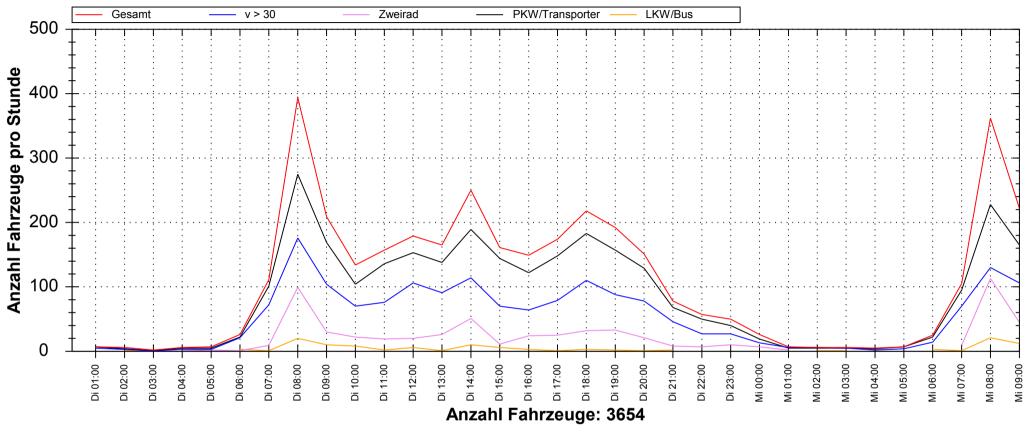


#1

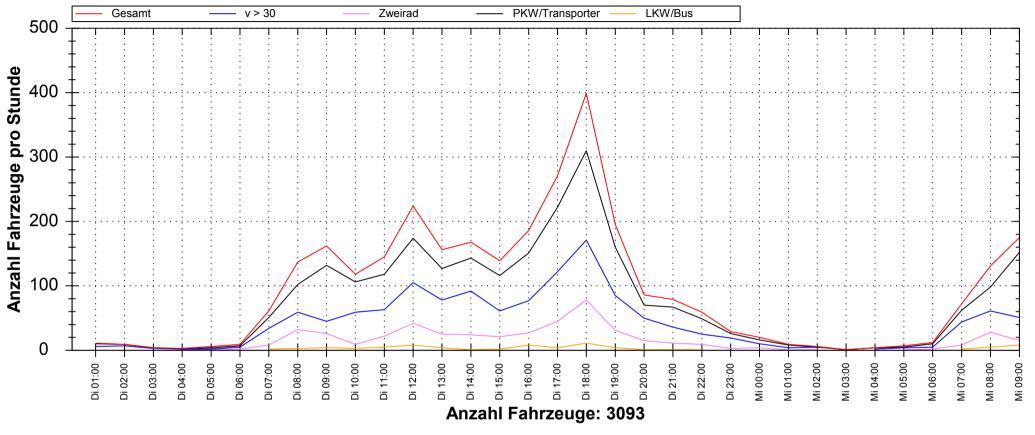
19. März 2013 00:00 Uhr

bis

20. März 2013 09:00 Uhr



Auswertezeit: Dienstag, 1	9. März 2013, 00:	:11 Uhr bis Mittwoch, 20	0. März 2013,	09:00 Uhr			
Tempolimit	30 k	km/h	Anzahl	Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85[km/h]	
Geschwindigkeitsübertretung:	48.99 %		629	24.89	56	30	
Durchschnittl. Abstand:	27.17 s	PKW/Transporte	er 2905	31.81	59	37	
Kolonnenverkehr:	25.40 %	6 LKW/Bus	120	30.50	47	38	
DTV:	2672	Gesamt	3654	30.57	59	37	
Schwerlastverkehrsanteil:	3.28 %	, 0					
Messort: Geissensteinring 40, Lu	zern - Richtung Wein	nbergli					



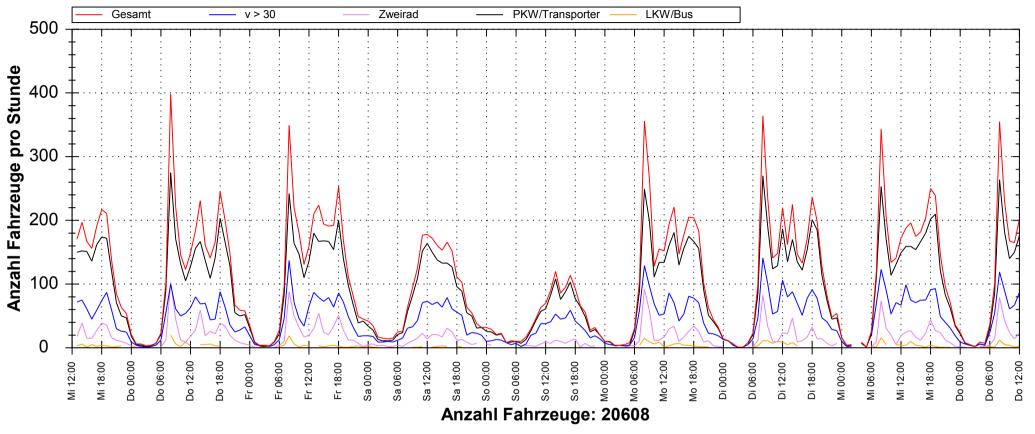
45.00 % 31.36 s	Zweirad PKW/Transporter	493 2521	22.20 31.12	49 60	32 38
	PKW/Transporter	2521	31.12	60	38
40.70 0/					30
19.72 %	LKW/Bus	79	28.49	47	35
2262	Gesamt	3093	29.63	60	37
2.55 %					
Richtung Steghof					
3 3 3 3					
	2262 2.55 %	2262 Gesamt	2262 Gesamt 3093 2.55 %	2262 Gesamt 3093 29.63 2.55 %	2262 Gesamt 3093 29.63 60 2.55 %

#2

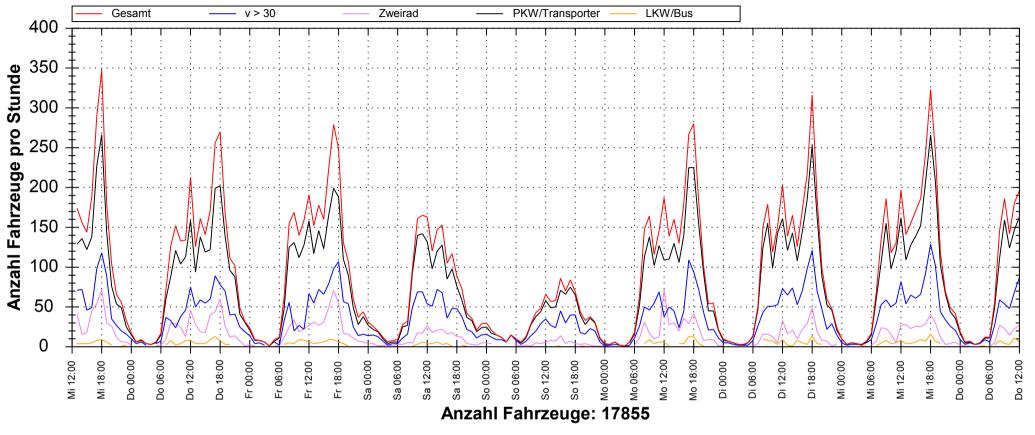
20. März 2013 12:00 Uhr

bis

28. März 2013 12:00 Uhr



Auswertezeit: Mittwoch, 20. N Tempolimit	•	:00 Uhr b km/h	ois Donnerstag, 28	März 2013, Anzahl	12:00 Uhr Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85[km/h]
Geschwindigkeitsübertretung:	40.22 %		Zweirad	2952	23.61	57	29
Durchschnittl. Abstand:	29.62 s	;	PKW/Transporter	17219	30.20	61	35
Kolonnenverkehr:	23.13 %	%	LKW/Bus	437	27.46	46	33
DTV:	2576		Gesamt	20608	29.20	61	35
Schwerlastverkehrsanteil:	2.12 %	%					
Messort: Geissensteinring 40, Luzern	- Richtung Weir	nbergli					



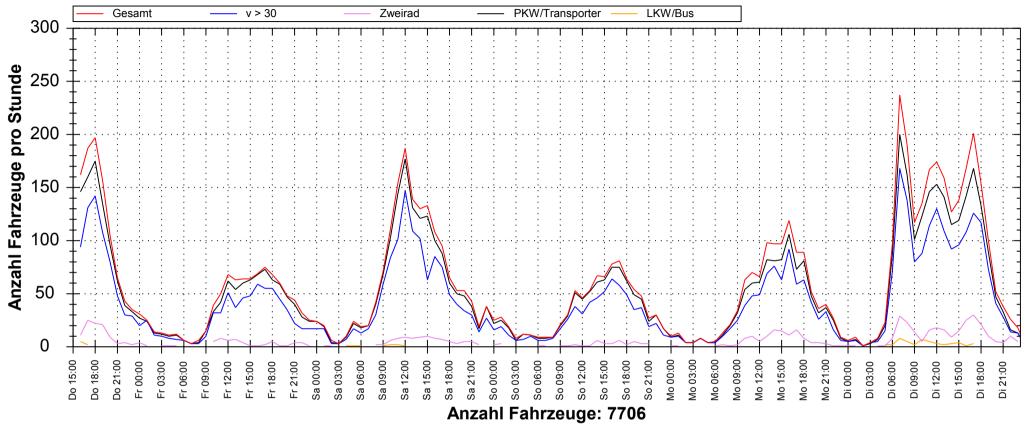
Tempolimit	30 km/h		Anzahl	Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85[km/h]
Geschwindigkeitsübertretung:	38.69 %	Zweirad	2656	21.20	56	30
Durchschnittl. Abstand:	33.16 s	PKW/Transporter	14669	29.95	61	36
Kolonnenverkehr:	18.81 %	LKW/Bus	530	26.56	44	32
DTV:	2232	Gesamt	17855	28.55	61	35
Schwerlastverkehrsanteil:	2.97 %					
Messort: Geissensteinring 40, Luzern	- Richtung Steghof					

#3

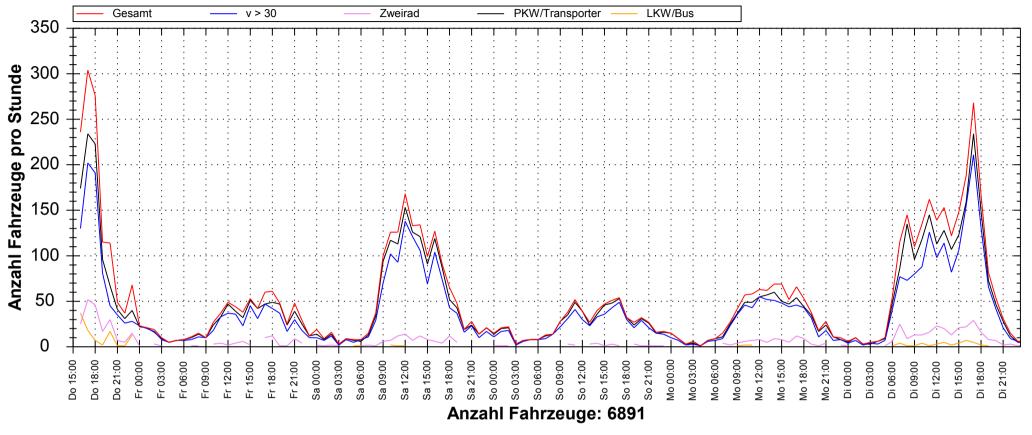
28. März 2013 15:00 Uhr

bis

02. April 2013 23:20 Uhr



Auswertezeit: Donnerstag, Tempolimit	28. März 2013 30	, 15:00 km/h	Uhr bis Dienstag, 2.	April 2013, Anzahl	23:20 Uhr Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85[km/h]	
Geschwindigkeitsübertretung:	71.55	%	Zweirad	682	25.04	54	33	
Durchschnittl. Abstand:	53.30	s	PKW/Transporter	6938	34.63	75	40	
Kolonnenverkehr:	14.04	%	LKW/Bus	86	31.50	57	38	
DTV:	1441		Gesamt	7706	33.75	75	40	
Schwerlastverkehrsanteil:	1.12	%						
Messort: Geissensteinring 40, Luze	ern - Richtung We	inbergli						

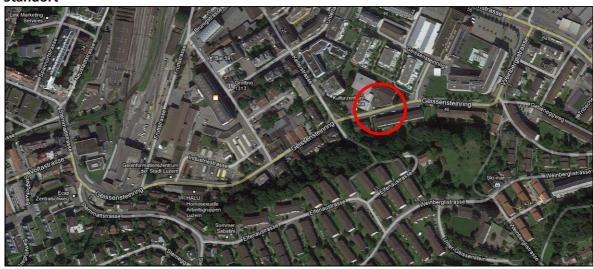


Auswertezeit: Donnerstag, 2 Tempolimit	8. März 2013 30	3, 15:00 km/h	Uhr bis Dienstag, 2.	April 2013, Anzahl	23:20 Uhr Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85[km/h]	
Geschwindigkeitsübertretung:	73.84	%	Zweirad	737	23.67	55	39	
Durchschnittl. Abstand:	57.78	s	PKW/Transporter	5977	35.60	63	42	
Kolonnenverkehr:	11.96	%	LKW/Bus	177	27.82	44	38	
DTV:	1289		Gesamt	6891	34.12	63	42	
Schwerlastverkehrsanteil:	2.57	%						
Messort: Geissensteinring 40, Luzer	Messort: Geissensteinring 40, Luzern - Richtung Steghof							



Viacount II Messbericht Geissensteinring, Mai 2013 Geissensteinring 40, Luzern 2. – 8. Mai 2013

Standort





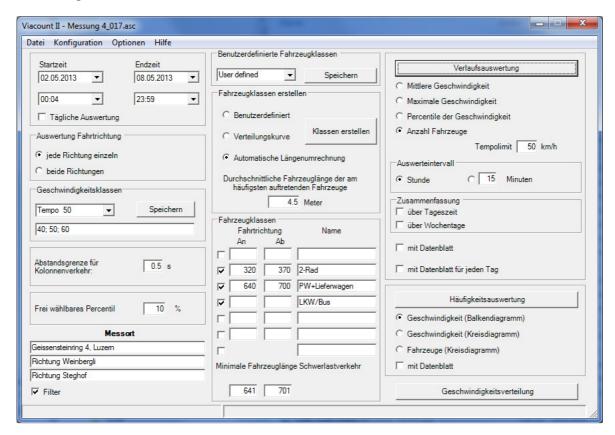
Stadt Luzern Tiefbauamt Industriestrasse 6 6005 Luzern

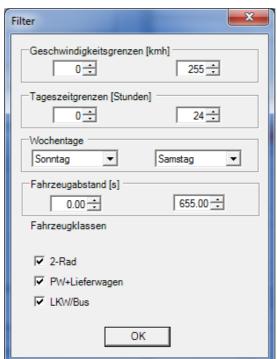
Telefon: 041 208 85 48 Fax: 041 208 86 86

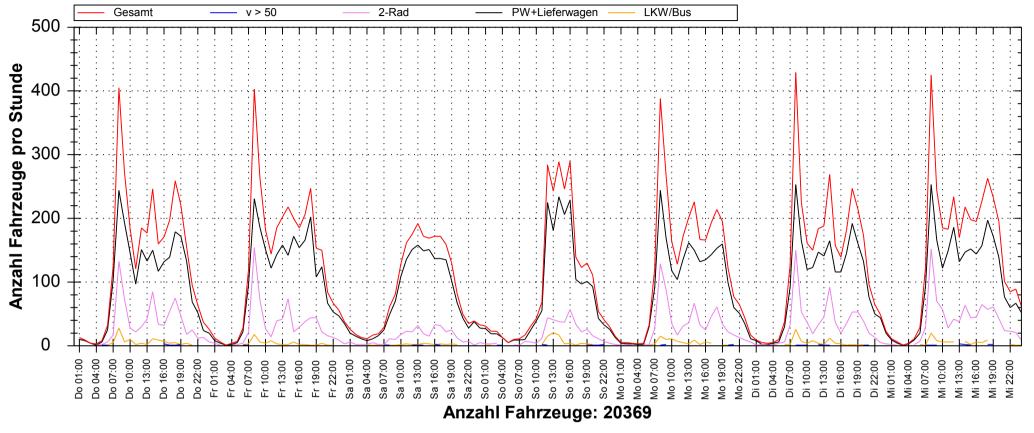
E-Mail: thomas.karrer@stadtluzern.ch

www.tief bauamt.stadtluzern.ch

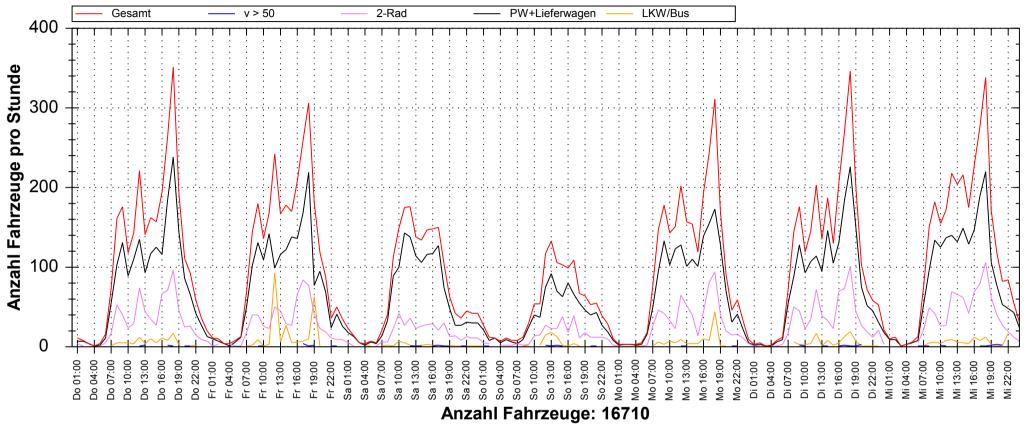
Einstellungen



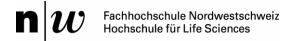




Tempolimit	50 km/h		Anzahl	Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85[km/h]
Geschwindigkeitsübertretung:	0.37 %	2-Rad	4489	26.27	60	35
Durchschnittl. Abstand:	26.30 s	PW+Lieferwagen	15335	33.65	69	39
Kolonnenverkehr:	1.77 %	LKW/Bus	545	29.81	54	37
DTV:	2911	Gesamt	20369	31.92	69	39
Schwerlastverkehrsanteil:	2.68 %					
Messort: Geissensteinring 4, Luzer	n - Richtung Weinbergli					



Tempolimit	50	km/h		Anzahl	Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85[km/h]
Geschwindigkeitsübertretung:	0.52	%	2-Rad	4252	25.73	62	39
Durchschnittl. Abstand:	31.08 s	3	PW+Lieferwagen	11721	34.48	59	40
Kolonnenverkehr:	1.60	%	LKW/Bus	737	26.15	52	35
DTV:	2388		Gesamt	16710	31.89	62	40
Schwerlastverkehrsanteil:	4.41 %	%					
Messort: Geissensteinring 4, Luzern	- Richtung Stegh	nof					



Anhang 3 Pegelverläufe

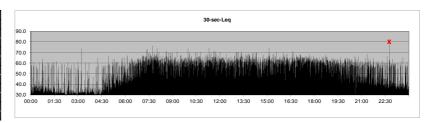
Pegelverläufe beim Messpunkt Geissensteinring 46 (1. OG)

- T50 Leq vom 15.11. 22.11.2012
- T50 Lmax, Lmin vom 15.11. 22.11.2012
- T30 Leq vom 21.03. 28.03.2013
- T30 Lmax, Lmin vom 21.03. 28.03.2013

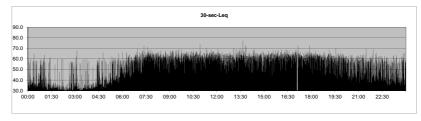


Messprotokoll, ohne Aufstellungskorrektur (-1.4 db(A)) Messort: Geissensteinring 46 (1. OG)

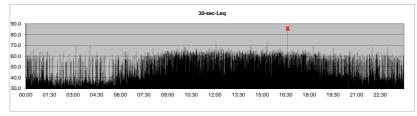
Donnerstag, 15. Novem	Der 2012	
		dB(A)
Leq	Tag	62.4
	Nacht	52.8
Lmax (Mittelwert)	Tag	63.9
	Nacht	60.9
Lmax (Maximalwert)	Tag	95.8
	Nacht	104.4
Lmin (Mittelwert)	Tag	60.9
	Nacht	51.1
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.4
	Nacht	27.5



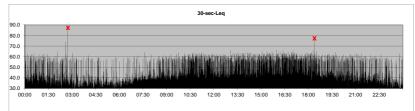
		dB(A)
Leq	Tag	62.3
	Nacht	52.9
Lmax (Mittelwert)	Tag	63.9
	Nacht	54.5
Lmax (Maximalwert)	Tag	96.1
	Nacht	86.1
Lmin (Mittelwert)	Tag	60.8
	Nacht	51.3
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.5
	Nacht	27.7

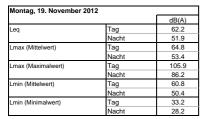


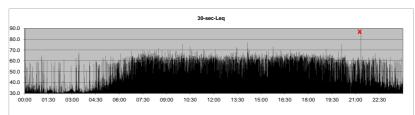




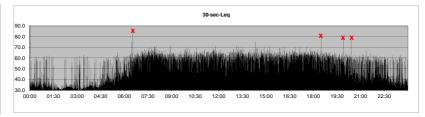




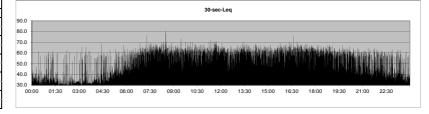




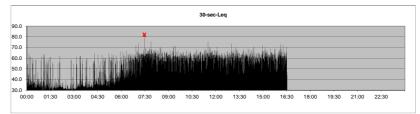
Dienstag, 20. November 2012					
<u>.</u>		dB(A)			
Leq	Tag	62.1			
	Nacht	51.4			
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.5			
	Nacht	52.8			
Lmax (Maximalwert)	Tag	104.2			
	Nacht	74.9			
Lmin (Mittelwert)	Tag	60.6			
	Nacht	49.9			
Lmin (Minimalwert)	Tag	32.5			
	Nacht	28.0			



Mittwoch, 21. November 2012		
		dB(A)
Leq	Tag	62.4
	Nacht	52.0
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.2
	Nacht	53.3
Lmax (Maximalwert)	Tag	99.5
	Nacht	77.4
Lmin (Mittelwert)	Tag	60.9
	Nacht	50.5
Lmin (Minimalwert)	Tag	34.1
1	Nacht	27.9



Donnerstag, 22. November 2012		
		dB(A)
Leq	Tag	62.5
	Nacht	51.0
Lmax (Mittelwert)	Tag	63.8
	Nacht	52.4
Lmax (Maximalwert)	Tag	85.9
	Nacht	77.4
Lmin (Mittelwert)	Tag	61.2
	Nacht	49.4
Lmin (Minimalwert)	Tag	36.6
	Nacht	28.2





Messprotokoll, ohne Aufstellungskorrektur (-1.4 db(A)) Messort: Geissensteinring 46 (1. OG)

Donnerstag, 15. November 2012		
=-		dB(A)
Leq	Tag	62.4
	Nacht	52.8
Lmax (Mittelwert)	Tag	63.9
	Nacht	60.9
Lmax (Maximalwert)	Tag	95.8
	Nacht	104.4
Lmin (Mittelwert)	Tag	60.9
	Nacht	51.1
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.4
	Nacht	27.5

Freitag, 16. November 2012		
		dB(A)
Leq	Tag	62.3
	Nacht	52.9
Lmax (Mittelwert)	Tag	63.9
	Nacht	54.5
Lmax (Maximalwert)	Tag	96.1
	Nacht	86.1
Lmin (Mittelwert)	Tag	60.8
	Nacht	51.3
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.5
	Nacht	27.7

Samstag, 17. November 2012		
i		dB(A)
Leq	Tag	60.3
	Nacht	53.9
Lmax (Mittelwert)	Tag	61.8
	Nacht	55.2
Lmax (Maximalwert)	Tag	95.7
	Nacht	78.9
Lmin (Mittelwert)	Tag	58.9
	Nacht	52.3
Lmin (Minimalwert)	Tag	30.5
	Nacht	29.1

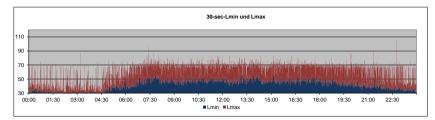
Sonntag, 18. November 2012		
		dB(A)
Leq	Tag	56.7
	Nacht	52.4
Lmax (Mittelwert)	Tag	58.1
	Nacht	57.3
Lmax (Maximalwert)	Tag	79.0
	Nacht	97.6
Lmin (Mittelwert)	Tag	55.2
	Nacht	50.1
Lmin (Minimalwert)	Tag	29.9
·	Nacht	27.7

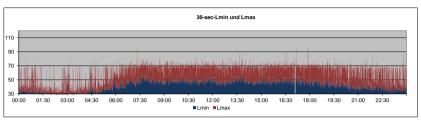
Montag, 19. November 2	Montag, 19. November 2012		
="		dB(A)	
Leq	Tag	62.2	
	Nacht	51.9	
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.8	
	Nacht	53.4	
Lmax (Maximalwert)	Tag	105.9	
	Nacht	86.2	
Lmin (Mittelwert)	Tag	60.8	
	Nacht	50.4	
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.2	
	Nacht	28.2	

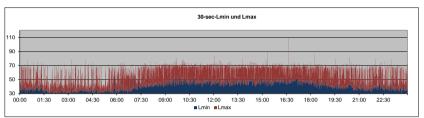
Dienstag, 20. November 2012		
		dB(A)
Leq	Tag	62.1
	Nacht	51.4
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.5
	Nacht	52.8
Lmax (Maximalwert)	Tag	104.2
	Nacht	74.9
Lmin (Mittelwert)	Tag	60.6
	Nacht	49.9
Lmin (Minimalwert)	Tag	32.5
	Nacht	28.0

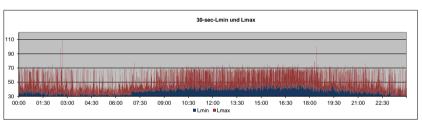
Mittwoch, 21. Novembe	r 2012	•
		dB(A)
Leq	Tag	62.4
	Nacht	52.0
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.2
	Nacht	53.3
Lmax (Maximalwert)	Tag	99.5
	Nacht	77.4
Lmin (Mittelwert)	Tag	60.9
	Nacht	50.5
Lmin (Minimalwert)	Tag	34.1
1	Nacht	27.9

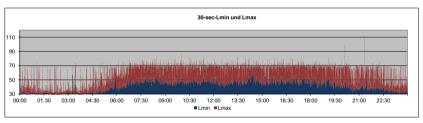
Donnerstag, 22. November 2012		
<u>-</u> -		dB(A)
Leq	Tag	62.5
	Nacht	51.0
Lmax (Mittelwert)	Tag	63.8
	Nacht	52.4
Lmax (Maximalwert)	Tag	85.9
	Nacht	77.4
Lmin (Mittelwert)	Tag	61.2
	Nacht	49.4
Lmin (Minimalwert)	Tag	36.6
	Nacht	28.2

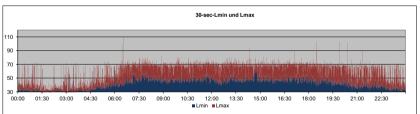


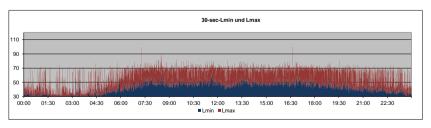


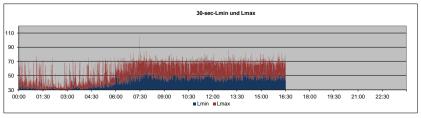








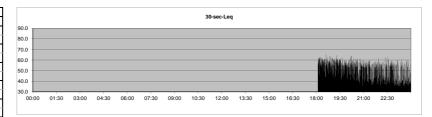




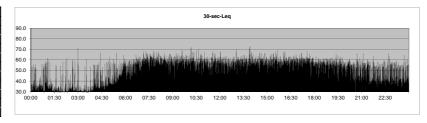


Messprotokoll, ohne Aufstellungskorrektur (-1.1 db(A)) Messort: Geissensteinring 46 (1. OG)

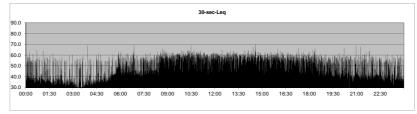
Donnerstag, 21. März 20	113	
		dB(A)
Leq	Tag	56.9
	Nacht	52.8
Lmax (Mittelwert)	Tag	58.2
	Nacht	54.2
Lmax (Maximalwert)	Tag	78.6
	Nacht	77.9
Lmin (Mittelwert)	Tag	55.5
	Nacht	51.3
Lmin (Minimalwert)	Tag	32.7
	Nacht	30.5



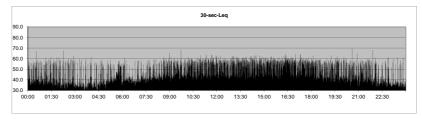
		dB(A)
Leq	Tag	59.7
	Nacht	51.2
Lmax (Mittelwert)	Tag	61.0
	Nacht	52.7
Lmax (Maximalwert)	Tag	83.5
	Nacht	84.3
Lmin (Mittelwert)	Tag	58.4
	Nacht	49.6
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.1
	Nacht	27.0



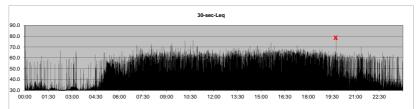




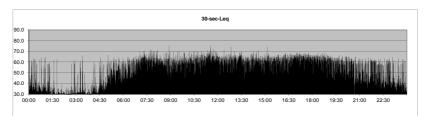
Sonntag, 24. März 2013		
		dB(A)
Leq	Tag	55.3
	Nacht	50.5
Lmax (Mittelwert)	Tag	56.5
	Nacht	52.0
Lmax (Maximalwert)	Tag	79.3
	Nacht	76.7
Lmin (Mittelwert)	Tag	53.9
	Nacht	48.8
Lmin (Minimalwert)	Tag	31.3
	Nacht	28.7



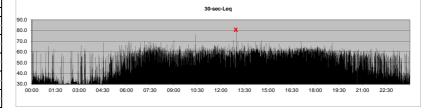
		dB(A)
Leq	Tag	62.9
	Nacht	52.1
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.6
	Nacht	54.0
Lmax (Maximalwert)	Tag	102.1
	Nacht	77.5
Lmin (Mittelwert)	Tag	61.8
	Nacht	50.1
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.4
	Nacht	27.2



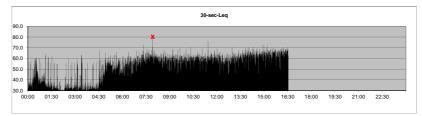
Dienstag, 26. März 2013		
-		dB(A)
Leq	Tag	63.2
	Nacht	52.9
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.3
	Nacht	54.4
Lmax (Maximalwert)	Tag	86.9
	Nacht	75.8
Lmin (Mittelwert)	Tag	62.0
	Nacht	51.4
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.0
	Nacht	27.3



Mittwoch, 27. März 2013		
		dB(A)
Leq	Tag	60.9
	Nacht	51.7
Lmax (Mittelwert)	Tag	62.1
	Nacht	53.1
Lmax (Maximalwert)	Tag	89.9
	Nacht	79.0
Lmin (Mittelwert)	Tag	59.6
	Nacht	50.2
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.0
	Nacht	26.2



		dB(A)
Leq	Tag	63.1
	Nacht	51.7
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.3
	Nacht	53.8
Lmax (Maximalwert)	Tag	89.8
	Nacht	77.2
Lmin (Mittelwert)	Tag	61.8
	Nacht	49.6
Lmin (Minimalwert)	Tag	36.6
	Nacht	28.0





Messprotokoll, ohne Aufstellungskorrektur (-1.1 db(A)) Messort: Geissensteinring 46 (1. OG)

Donnerstag, 21. März 2013		
		dB(A)
Leq	Tag	56.9
	Nacht	52.8
Lmax (Mittelwert)	Tag	58.2
	Nacht	54.2
Lmax (Maximalwert)	Tag	78.6
	Nacht	77.9
Lmin (Mittelwert)	Tag	55.5
	Nacht	51.3
Lmin (Minimalwert)	Tag	32.7
	Nacht	30.5

		dB(A)
Leq	Tag	59.7
	Nacht	51.2
Lmax (Mittelwert)	Tag	61.0
	Nacht	52.7
Lmax (Maximalwert)	Tag	83.5
	Nacht	84.3
Lmin (Mittelwert)	Tag	58.4
	Nacht	49.6
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.1
	Nacht	27.0

Samstag, 23. März 2013		
		dB(A)
Leq	Tag	57.7
	Nacht	51.0
Lmax (Mittelwert)	Tag	59.3
	Nacht	52.6
Lmax (Maximalwert)	Tag	92.0
	Nacht	80.5
Lmin (Mittelwert)	Tag	56.3
	Nacht	49.4
Lmin (Minimalwert)	Tag	31.6
	Nacht	27.8

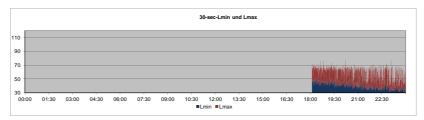
Sonntag, 24. März 2013		
		dB(A)
Leq	Tag	55.3
	Nacht	50.5
Lmax (Mittelwert)	Tag	56.5
	Nacht	52.0
Lmax (Maximalwert)	Tag	79.3
	Nacht	76.7
Lmin (Mittelwert)	Tag	53.9
	Nacht	48.8
Lmin (Minimalwert)	Tag	31.3
	Nacht	28.7

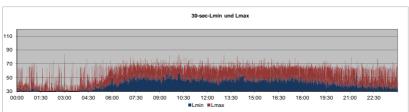
Montag, 25. März 2013		
		dB(A)
Leq	Tag	62.9
	Nacht	52.1
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.6
	Nacht	54.0
Lmax (Maximalwert)	Tag	102.1
	Nacht	77.5
Lmin (Mittelwert)	Tag	61.8
	Nacht	50.1
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.4
	Nacht	27.2

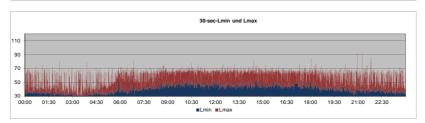
Dienstag, 26. März 2013		
=-		dB(A)
Leq	Tag	63.2
	Nacht	52.9
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.3
	Nacht	54.4
Lmax (Maximalwert)	Tag	86.9
	Nacht	75.8
Lmin (Mittelwert)	Tag	62.0
	Nacht	51.4
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.0
	Nacht	27.3

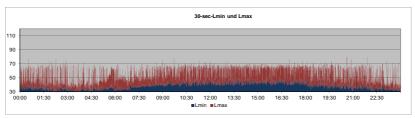
Mittwoch, 27. März 2013		
		dB(A)
Leq	Tag	60.9
	Nacht	51.7
Lmax (Mittelwert)	Tag	62.1
	Nacht	53.1
Lmax (Maximalwert)	Tag	89.9
	Nacht	79.0
Lmin (Mittelwert)	Tag	59.6
	Nacht	50.2
Lmin (Minimalwert)	Tag	33.0
	Nacht	26.2

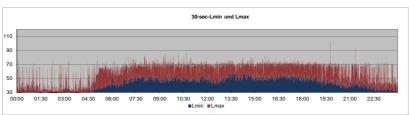
Donnerstag, 28. März 20	113	
		dB(A)
Leq	Tag	63.1
	Nacht	51.7
Lmax (Mittelwert)	Tag	64.3
	Nacht	53.8
Lmax (Maximalwert)	Tag	89.8
	Nacht	77.2
Lmin (Mittelwert)	Tag	61.8
	Nacht	49.6
Lmin (Minimalwert)	Tag	36.6
	Nacht	28.0

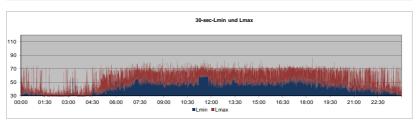


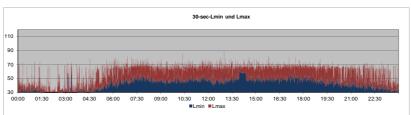


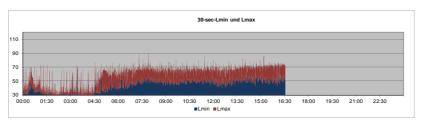


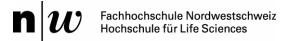




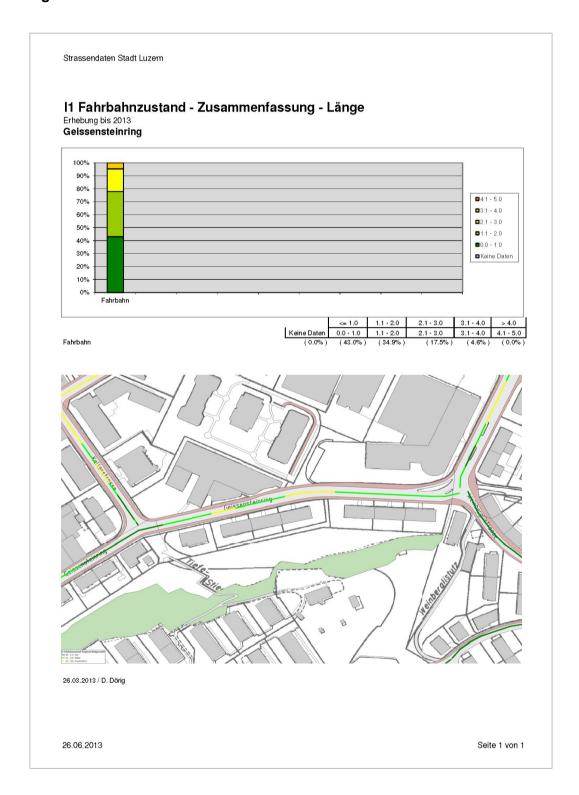


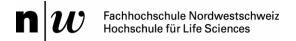






Anhang 4 Fahrbahnzustand





Anhang 5 Details Modell Berechnungen

Berechnungsmodelle STL86+ und Empa97



Modelle und Formeln gemäss Kapitel 6.3.2 und 6.3.3 im Bericht

Berechnungsparameter	
Höhe Fenster h [m]	4.7
Abstand Fassade - Fahrbahnmitte [m]	11.55
S [m]	12.2
Räumlicher Abstand EP zur Strassenachse r [m]	12.5
mittlere Höhe	2.35
Aspektwinkel phi	180
Steigung i	0.50
Belagskorrektur Gesamtgeräusch	0
Belagskorrektur Rollgeräusch	0

v-sign.		-85	v-N	1ittel				
	tag nacht		tag nacht			nt2		nn2
50	45	46	38	39	244.2	3.6%	31.5	3.6%
30	40	42	33	35	244.2	4.7%	31.5	6.5%
30	40	42	33	35	244.2	3.6%	31.5	3.6%

Stl-86+

						Pegelkorrek				Aspekt-								Beuteilungs
			Korrektur	Belagszusch	Pegelkorrek	tur K1			Abstands-	winkel-	Hi	ndernis- B	oden-	Luft-	Total	Reflexions-	Beuteilungs	pegel Lr
Woche	Leq Tag	Leq Nacht	Steigung	lag	tur K1 Tag	Nacht	Lre' Tag	Lre' Nacht	dämpfung	verlust	dä	impfung e	ffekt	dämpfung	Dämpfung	zuschlag	pegel Lr Tag	Nacht
0 T50	71.	0 62.	2 0.	.0 0.0	0.0	-5.0	71.0	57.2	10.	9	0.0	0.0	0.2	. 0.:	1 11.2	0.0	59.9	46.1
4 T30 (H1)	71.	0 62.9	9 0.	.0 0.0	0.0	-5.0	71.0	57.9	10.	9	0.0	0.0	0.2	. 0.:	1 11.2	0.0	59.8	46.7
4 T30 (H2)	70.	5 61.8	3 0.	.0 0.0	0.0	-5.0	70.5	5 56.8	10.	9	0.0	0.0	0.2	. 0.:	1 11.2	0.0	59.4	45.6

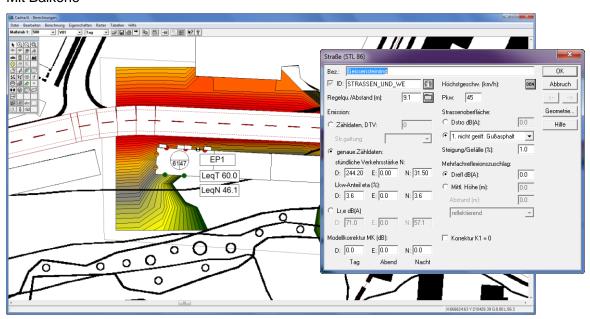
Empa-97

					Leq	Leq	1					Pegelkorrek		Aspekt-						- 6 .		Beuteilungs
	Leq_PW_Ta Leq_I	PW_N	Leq_LKW_T Le	q_LKW_N	PW+LKW	PW+LKW	delta LM	delta LM			Pegelkorrek	tur K1	Abstands-	winkel-	Hindernis	- Boden-	· Luft-		Total	Reflexions-	Beuteilungs	pegel Lr
Woche	g acht		ag acl	ht	tags	nachts	tags	nachts	Lre' tags	Lre' nachts	tur K1 Tag	Nacht	dämpfung	verlust	dämpfun	g effekt	dämp	ofung I	Dämpfung	zuschlag	pegel Lr Tag	Nacht
0 T50	69.9	70.1	80.9	81.1	47.	4 47.	5 2	3.9 15.	0 71	.2 57.5	0.0	-5.0	10.	9	0.0	0.0	0.2	0.1	11.2	2 0.0	60.1	46.3
4 T30 (H1)	68.5	69.1	80.0	80.3	47.	1 47.3	3 2	3.9 15.	0 70	.9 57.3	0.0	-5.0	10.	9	0.0	0.0	0.2	0.1	11.2	2 0.0	59.8	46.1
4 T30 (H2)	68.5	69.1	80.0	80.3	46.	7 46.9	9 2	3.9 15.	0 70	.5 56.9	0.0	-5.0	10.	9	0.0	0.0	0.2	0.1	11.2	2 0.0	59.4	45.8

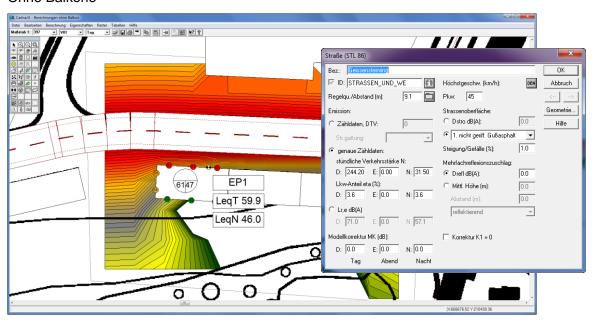


Anhang 6 CadnaA

Mit Balkone



Ohne Balkone



T30 unter Hypothese H2

