

BELP, HOHLESTRASSE VERKEHRSVERSUCH TEMPO-30-REGIME

Wirkung von Massnahmen zu Lärmschutz und Verkehrssicherheit



B+S⁺
INGENIEURE UND PLANER

B+S AG
Weltpoststrasse 5 Postfach 313
CH-3000 Bern 15 +41 31 356 80 80
www.bs-ing.ch

verkehrsteiner

verkehrsteiner AG
Kasernenstrasse 27 / 3013 Bern
T 031 372 70 90
www.verkehrsteiner.ch

Titelbild: Verkehrsversuch Tempo-30-Regime an der Hohlestrasse, Belp

Belp, Hohlestrasse
Verkehrsversuch Tempo-30-Regime
Wirkung von Massnahmen zu Lärmschutz und Verkehrssicherheit
Bern, 14.08.2018

Auftraggeber:
Tiefbauamt des Kantons Bern,
Oberingenieurkreis II

Bearbeitung:
Samuel Gerber, verkehrsteiner AG (Teil I, III, IV und IV)
Bernhard Kindler, B+S AG (Teil I, II und V)

© 2018: OIK II, verkehrsteiner AG, B+S AG

Version	Datum	Kommentar
V 0.1	20.11.2017	Entwurf
V 0.2	23.11.2017	Entwurf, Ergänzung Teil II und V
V 0.3	15.12.2017	Überarbeiteter Entwurf, Korrekturen BK und SG
V 1.0	15.02.2018	Überarbeitung gemäss Rückmeldungen Auftraggeber
V 1.1	26.04.2018	Korrekturen gemäss Rückmeldungen Auftraggeber (Sitzung vom 18.04.18)
V 1.2	30.04.2018	Korrekturen B. Kindler / S. Gerber
V 2.0	14.08.2018	Bereinigung und Ergänzungen (Geschwindigkeitsreduktion und Wahrnehmbarkeit)

Inhalt

Belp, Hohlestrasse

Verkehrsversuch Tempo-30-Regime

Wirkung von Massnahmen zu Lärmschutz und Verkehrssicherheit

TEIL I. BELP, HOHLESTRASSE - VERKEHRSVERSUCH TEMPO-30-REGIME: ALLGEMEINES11

1 Einleitung	11
1.1 Ausgangslage	11
1.2 Verwaltungsgerichtsentscheid	12
1.3 Zielsetzung	13
1.4 Aufbau des Berichts	13
1.5 Grundlagen	13
2 Versuchsaufbau	14
2.1 Projektperimeter	14
2.2 Verkehrliche Rahmenbedingungen	16
2.3 Übersicht Phasen	18
2.4 Beschrieb der einzelnen Massnahmen	20

TEIL II. LÄRMSANIERUNG: AKUSTISCHE WIRKUNG DES TEMPO-30-REGIMES

AN DER HOHLESTRASSE23

1 Einleitung	23
1.1 Zielsetzungen und Untersuchungsschwerpunkte	23
1.2 Grundlagen	23
2 Methodik.....	24
2.1 Übersicht	24
2.2 Alternative Berechnungsmodelle.....	24
2.3 Messkonzept Lärmwirkung	25
3 Untersuchungsergebnisse	27
3.1 Alternative Berechnungsmodelle.....	27
3.2 Immissionsmessungen	32
3.3 Emissionsmessungen	35
3.4 Einfluss Einengung (Poller).....	40
3.5 Vergleich Pegel-Zeitverlauf T50 / T30	43
3.6 Forschungsauftrag Tempo 30.....	45
3.7 Zusammenfassung / Fazit.....	47
4 Folgerungen aus den Messungen.....	48
4.1 Auswirkungen Tempo-30-Regime auf Lärmsituation (IGW-Überschreitungen).....	48
4.2 Auswirkungen Einbahnregime auf Lärmsituation.....	50

<u>TEIL III. FAHRVERHALTEN: GESCHWINDIGKEITEN AN DER HOHLESTRASSE</u>	55
1 Einleitung	55
2 Methodik	56
3 Messergebnisse	57
3.1 Übersicht Kennwerte Geschwindigkeitsmessungen.....	57
3.2 Detailauswertungen – Vergleich Phase 2 / Phase 3.....	59
4 Zusammenfassung / Fazit Geschwindigkeiten	68
<u>TEIL IV. FAHRVERHALTEN: VERKEHRSSICHERHEIT AN DER HOHLESTRASSE</u>	69
1 Einführung	69
2 Methodik	69
2.1 Allgemeines Vorgehen	69
2.2 Grundlagen.....	69
2.3 Videoerhebung.....	70
3 Unfallanalyse	71
3.1 Grundlagen.....	71
3.2 Unfallhäufigkeit.....	72
3.3 Unfallstellen	72
3.4 Zeitliche Betrachtung	72
3.5 Zusammenfassung Unfallanalyse	72
4 Überprüfung der Verkehrsanlage	73
4.1 Infrastruktur	73
4.2 Sichtverhältnisse der privaten Zufahrten auf der nordwestlichen Seite der Hohlestrasse ...	75
4.3 Beobachtungen aus der Videoanalyse	78
4.4 Überprüfung bestehende Fussgängerstreifen	84
4.5 Erscheinungsbild der Strasse.....	86
5 Wirkung der Massnahmen auf die Verkehrssicherheit	87
<u>TEIL V. BELP, HOHLESTRASSE - VERKEHRSVERSUCH TEMPO-30-REGIME:</u>	
<u>ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE</u>	89

Anhang

- Anhang 1** Messtechnische Erhebungen zur Bestimmung der akustischen Wirkung von Tempo 30 auf einem Strassenabschnitt mit starker Steigung
Grolimund & Partner Bern, 21. August 2017
- Anhang 2** Tempo 30 Emissionsberechnungen mit sonRoad und CNOSSOS
Empa, 29. September 2016
- Anhang 3** Übersicht / Zusammenfassung Auswertungen Geschwindigkeitsmessungen
- Anhang 4** 4.1 Messprotokolle Kurzzeitmessungen
4.2 Normalisierung Messungen, Vergleich der Berechnungen
- Anhang 5** Pegelschriebe Einzeldurchfahrten $v = 30$ km/h und 50 km/h in Steigungen
- Anhang 6** 6.1 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 50 (Modell StL-86+)
6.2 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 30 (Modell StL-86+)
6.3 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 30 (Modell sonRoad)
6.4 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 30 (Modell CNOSSOS)
6.5 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 30 (Lärmmessungen)
- Anhang 7** Übersicht der Versuchsphasen zum Ausklappen
- Anhang 8** Plandossier
Situationsplan 1:500, Belp, Hohlestrasse – Massnahmen A: Demarkierung Leitlinien, Bodenmarkierung „30“; Ausführungsplan
Situationsplan 1:500, Belp, Hohlestrasse – Massnahmen B: Seitliche Einengungen; Ausführungsplan

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersicht örtliche Situation. Projektperimeter (rot) (eigene Darstellung, Grundlagenkarte@geoportal Kanton Bern).....	14
Abb. 2: Übersicht Projektperimeter (eigene Darstellung, Grundlagenkarte@geoportal Kanton Bern).....	15
Abb. 3: Typische Tagesganglinie an der Hohlestrasse, Belp.	16
Abb. 4: Verkehrsaufkommen (in 15h) gemäss teilautomatisierter Auswertung der Videoaufnahmen vom 13.09.2016	17
Abb. 5: Planausschnitt Massnahme Demarkierung Leitlinie und Markierung «30».....	20
Abb. 6: Planausschnitt Massnahme «seitliche Einengungen»	21
Abb. 7: Planausschnitt Massnahme Anpassung Einfahrt Hohlestrasse	22
Abb. 8: sonRoad Maximalpegel bei unterschiedlichen Strassensteigungen	30
Abb. 9: CNOSSOS Maximalpegel bei unterschiedlichen Strassensteigungen	30
Abb. 10: Übersicht Messstandorte Immissionsmessungen	32
Abb. 11: Pegelschrieb.....	33
Abb. 12: Pegelschrieb.....	33
Abb. 13: Messanordnung SPB-Messungen	35
Abb. 14: Lärmwirkung Tempo-30-Regime gegenüber Tempo-50-Regime gemäss SPB-Messungen	36
Abb. 15: Messanordnung SEM-Messungen	38
Abb. 16: Lärmwirkung Tempo-30-Regime gegenüber Tempo-50-Regime gemäss SEM-Messung	39
Abb. 17: Messanordnung Messungen Einfluss Einengungen	40
Abb. 18: Situation mit Messanordnung Messposition "Poller" und Messposition "freie Fahrt"	40
Abb. 19: Pegelschrieb Mischverkehr "Poller" oben und Mischverkehr "freie Fahrt" unten	41
Abb. 20: Messanordnung Messung "ungestörte" Durchfahrtspegel.....	43
Abb. 21: Pegel-Zeitverlauf von zwei PW-Vorbeifahrten mit 50 bzw. 30 km/h Die gestrichelte Linie markiert 10 dB(A) unter dem Maximalpegel.	44
Abb. 22: Pegel-Zeitverlauf von zwei PW-Vorbeifahrten mit 50 bzw. 30 km/h Die gestrichelte Linie markiert 10 dB(A) unter dem Maximalpegel.	44
Abb. 23: Prognostizierte Wirkung bei Tempo 30 gegenüber Ausgangssituation gemäss VSS 2012/214 [5]	46
Abb. 24: Situation 2029 gemäss Lärmsanierungsprojekt und Tempo-50-Regime und dem Berechnungsmodell StL-86+.	48
Abb. 25: Übersicht Verkehrsumlagerungen Szenario 1+2 und Bezeichnung Strassenteilstücke ...	52
Abb. 26: Zusammenfassung Kennwerte v85 und v50 der Geschwindigkeitsmessungen	57
Abb. 27: Übersicht Phase 3 mit Nummerierung der seitlichen Einengungen.....	59
Abb. 28: Einengung 1: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 1 Richtung Thun Seftigenstr.....	61
Abb. 29: Einengung 1: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 2 Richtung Belp Bhf.....	61
Abb. 30: Einengung 2: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 1 Richtung Belp Bhf.....	63

Abb. 31: Einengung 2: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 2 Richtung Thun Seftigenstr.....	63
Abb. 32: Einengung 3: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 1 Richtung Thun Seftigenstr.....	65
Abb. 33: Einengung 3: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 2 Richtung Belp Bhf.....	65
Abb. 34: Einengung 4: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 1 Richtung Belp Bhf.....	67
Abb. 35: Einengung 4: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 2 Richtung Thun Seftigenstr.....	67
Abb. 36: Übersicht der Kamerastandorte während der Erhebung Phase 3. Die Standorte entsprechen ziemlich genau den Standorten der Erhebung in Phase 1.....	70
Abb. 37: Registrierte Unfälle an der Hohlestrasse in Belp vom 01.08.2007 bis 31.07.2017	71
Abb. 38: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse südwestlichste Einfahrt (Seftigenstrasse 127).....	75
Abb. 39: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse 34	75
Abb. 40: Sichtverhältnisse privater Fussweg gegenüber Belp, Hohlestrasse 21.....	76
Abb. 41: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse 22 und weitere.....	76
Abb. 42: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse 18	77
Abb. 43: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse 16 (bei dieser Zufahrt ist gegenüber ein Spiegel montiert).....	77
Abb. 44: Grosszügig dimensionierte Einfahrt in die Hohlestrasse aus südlicher Blickrichtung der Seftigenstrasse.....	78
Abb. 45: Beobachtungen von Velofahrenden auf dem Trottoir	79
Abb. 46: Beobachtetes Verhalten von Velofahrenden bei Rückstau aufgrund geschlossener Bahnschranke.....	79
Abb. 47: Beobachtetes Verhalten von Motorfahrzeuglenkenden bei Rückstau aufgrund geschlossener Bahnschranke. Querende Zufussgehende sind schwer erkennbar und diese erwarten auf der Gegenseite keinen Verkehr von links.....	80
Abb. 48: Fahrzeuge müssen einem ausfahrenden Fahrzeug ausweichen.....	80
Abb. 49: Anpassung Einfahrt von der Seftigenstrasse in die Hohlestrasse.....	81
Abb. 50: Fahrbeziehung Seftigenstrasse-West in Richtung Hohlestrasse ist für LW nicht geeignet.	82
Abb. 51: Begegnungsfall PW – PW im Bereich der seitlichen Einengung. Nicht Abwarten des entgegenkommenden Fahrzeuges führt zu knapper Begegnung. Die Fahrzeuge müssen die Geschwindigkeit deutlich anpassen.....	82
Abb. 52: Vortrittsberechtigtes Fahrzeug von oben muss den Lastenzug abwarten, welcher an der seitlichen Einengung durchfährt.....	82
Abb. 53: Ausfahrendes Fahrzeug nach der nordwestlichen Einengung nutzt diese um langsam vorzufahren und damit bessere Sicht auf die Hohlestrasse zu erhalten.....	83
Abb. 54: Ausfahrendes Fahrzeug nach der südwestlichen Einengung nutzt diese um langsam vorzufahren und damit bessere Sicht auf die Hohlestrasse zu erhalten.....	83
Abb. 55: Ruhiges und gemütliches Querungsverhalten zwischen den seitlichen Einengungen.....	83
Abb. 56: Zufussgehende warten hinter der seitlichen Einengung, bis sie queren können.....	83

Abb. 57: FG-Querungen FGS Krankenhausweg (Zeitraum 06:37 – 12:57 und 16:19 – 20:32).....	84
Abb. 58: Sichtverhältnisse FGS, Hohlestrasse Höhe Krankenhausweg in Richtung Bahnhof	84
Abb. 59: FG-Querungen beim FGS Höhe Grubenstrasse (Zeitraum 06:32 – 11:10 und 16:25 – 18:10); Zusätzlich 19 FG von der Seite Bahnhof und 14 FG von der Seite Grubenstrasse bei geschlossener Schranke	85
Abb. 60: Vergleich der Anlage von Phase 3 (Bild oben) zu Phase 1 (Bild unten)	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der einzelnen Phasen	19
Tabelle 2: Messkonzept Lärmwirkung	25
Tabelle 3: Emissionspegel und Differenzen für v = 50 km/h und v = 30 km/h mit dem Berechnungsansatz StL-86+	29
Tabelle 4: Emissionspegel und Differenzen für v = 50 km/h und v = 30 km/h mit dem Berechnungsansatz sonRoad	29
Tabelle 5: Emissionspegel und Differenzen für v = 50 km/h und v = 30 km/h mit dem Berechnungsansatz CNOSSOS.....	29
Tabelle 6: Normalisierte Pegel und Pegeldifferenzen Messungen im Mischverkehr (N1+N2)	34
Tabelle 7: Zusammenfassung der Messergebnisse der SEM-Messungen.....	38
Tabelle 8: Mittelungspegel und Pegeldifferenzen.....	42
Tabelle 9: Auswirkungen auf die Lärmsituation aufgrund der prognostizierten Lärmwirkungen der verschiedenen Methoden.....	49
Tabelle 10: Auswirkungen auf die Lärmsituation aufgrund Temporegime 50 mit Einbahnverkehr	50
Tabelle 11: Auswirkungen auf die Lärmsituation aufgrund der prognostizierten Lärmwirkungen der verschiedenen Methoden	51
Tabelle 12: Lärmpegelzunahmen infolge Verkehrsumlagerungen (Szenario 1).....	53
Tabelle 13: Lärmpegelzunahmen infolge Verkehrsumlagerungen (Szenario 2).....	53

Abkürzungsverzeichnis

ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BGer	Bundesgericht
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, heutiges BAFU
CNOSSOS	Common Noise Assessment Methods in Europe (Lärmberechnungs-Modell)
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
DWV	Durchschnittlicher Werktagsverkehr
EKLB	Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung
Empa	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
FG	Fussgänger / Zufussgehende
FGS	Fussgängerstreifen
G+P	Grolimund und Partner AG
i	Steigung / Gefälle in %
IGW	Immissionsgrenzwert
ISO	International Organization for Standardization
Leq	Energieäquivalenter Dauerschallpegel (Mittelungspegel)
LE	Ereignispegel / Schallexpositionspiegel
Lmax	Maximalpegel
LSV	Lärmschutz-Verordnung
LW	Lastwagen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Nt	Stündlicher Motorfahrzeugverkehr tags
Nn	Stündlicher Motorfahrzeugverkehr nachts
N1	PW
N2	Laute Fahrzeuge (gemäss LSV: LW, Motorrad)
Nt2	Teilverkehrsmenge Tags für Lastwagen, Sattelschlepper, Gesellschaftswagen, Motorräder und Traktoren
Nn2	Teilverkehrsmenge nachts für Lastwagen, Sattelschlepper, Gesellschaftswagen, Motorräder und Traktoren
PW	Personenwagen
sonROAD	Berechnungsmodell zur Ermittlung der Lärmimmission des Strassenverkehrs
SSV	Signalisationsverordnung
StL86+	Berechnungsmodell zur Ermittlung der Lärmimmission des Strassenverkehrs
T30	Tempo-30, 30 km/h
T50	Tempo-50, 50 km/h
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
V50	Geschwindigkeit, die von 50 % der Fahrzeuge nicht überschritten wird
V85	Geschwindigkeit, die von 85 % der Fahrzeuge nicht überschritten wird
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute

TEIL I. BELP, HOHLESTRASSE - VERKEHRSVERSUCH TEMPO-30-REGIME: ALLGEMEINES

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis II hat im Jahr 2010 ein Lärmsanierungsprojekt für die Hohlestrasse in Belp ausarbeiten lassen: Lärmsanierung Kantonsstrasse Belp, Abschnitt Dorfstrasse bis Hohlestrasse (km 0.000-0.905). Gegen einen Entscheid zu einer Erleichterungsverfügung erhoben Anwohnende Beschwerde an die Bau-, und Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern (BVE). Diese wies die Beschwerde mit Entscheid vom 25. Juni 2014 ab und bestätigte die vorinstanzliche Verfügung.

Gegen diesen Entscheid wiederum haben Anwohnende am 22. Juli 2014 eine Beschwerde beim Verwaltungsgericht erhoben. Mit Urteil vom 23. Mai 2016 entschied das Verwaltungsgericht, dass die Beschwerde gutgeheissen und der Entscheid der BVE vom 25. Juni 2014 aufgehoben wird. Das Tiefbauamt wurde angewiesen, die Anordnung von Tempo 30 sowie den Einbau eines lärm mindernden Belags unter Berücksichtigung des Verhältnismässigkeitsprinzips zu prüfen.

1.2 Verwaltungsgerichtsentscheid

Gemäss Verwaltungsgerichtsentscheid ist bei den Abklärungen betreffend Tempo 30 unter Berücksichtigung der neusten bundesgerichtlichen Rechtsprechung Folgendes zu beachten:

Ziffer 7.2.1

Bei Zweifeln an der Wirksamkeit einer Massnahme, wie namentlich der Einführung von Tempo 30, kann sich ein zeitlich begrenzter Versuch aufdrängen. Dabei darf der Versuchszeitraum nicht zu kurz gewählt werden, nimmt doch der Einhaltunggrad von tiefen Geschwindigkeiten erfahrungsgemäss mit der Dauer und dem Bekanntheitsgrad der Massnahme zu. Ein Versuch hat den Vorteil, dass die (allfällige) Lärmreduktion gemessen werden kann. Sollte ein Versuch aus wichtigen Gründen (wie z.B. aus Gründen der Verkehrssicherheit) nicht möglich sein, wäre ein Verkehrsgutachten zur Berechnung der Lärmauswirkungen von Tempo 30 in Auftrag zu geben. Dieses müsste sich zum gegebenen Zeitpunkt auf ein vom BAFU als geeignet erachtetes Berechnungsprogramm stützen; im Zweifelsfall sollte die Abteilung Umweltakustik der EMPA konsultiert werden (zum Ganzen BGer 1C_589/2014 vom 3.2.2016, E. 5.1 und 5.5). Ausserdem liegen die Resultate des Forschungsprojekts des VSS zu den Lärmprognosen bei Geschwindigkeiten von unter 50 km/h möglicherweise bereits vor (vgl. Grundlagenpapier Tempo 30 als Lärmschutzmassnahme, S. 15 Ziff. 4.2) und könnten in einem allfälligen Gutachten ebenfalls berücksichtigt werden. Entsprechende Entwicklungen sind zu berücksichtigen.

Ziffer 7.2.2

Ergeben die nötigen Abklärungen, dass die Geschwindigkeitsreduktion zu einer Abnahme des Beurteilungspegels führt, ist in einem nächsten Schritt zu beurteilen, ob eine Temporeduktion in Würdigung der gesamten konkreten Umstände auch verhältnismässig ist.....Dazu gehören alle zu erwartenden positiven oder negativen Auswirkungen einer Geschwindigkeitsbegrenzung in allen Bereichen (Lärm, Luft, Verkehrssicherheit, Verkehrsfluss usw.). In diesem Zusammenhang sind deshalb – neben der Reduktion des für den Beurteilungspegel massgeblichen Mittelungspegels – unter bestimmten Voraussetzungen auch Veränderungen der Maximalpegel oder der Anstiegsgeschwindigkeit bzw. der Flankensteilheit des Schallpegels zu berücksichtigen. Dies ist jedenfalls erforderlich, wenn mit einer Verbesserung der Schlafqualität oder -dauer zu rechnen ist. Es rechtfertigt sich deshalb, im Verkehrsgutachten bzw. bei der Versuchsanordnung (mit Messungen) neben dem Mittelungspegel auch eine Senkung der Maximalpegel zu beachten.....

1.3 Zielsetzung

Ziel der Untersuchung ist die Überprüfung der Wirkung von Lärmschutz- und Verkehrssicherheitsmassnahmen an der Hohlestrasse in Belp gemäss Verwaltungsgerichtsentscheid. Für die Überprüfung der Wirkung bezüglich Lärm wurde das Büro B+S AG beauftragt. Die verkehrsteiner AG wurde gleichzeitig mit der Massnahmenplanung zur Geschwindigkeitsreduzierung und der Überprüfung der Wirkung bezüglich Fahrverhalten und Verkehrssicherheit beauftragt. Die Untersuchungen werden in einem gemeinsamen Bericht dargelegt.

Nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen ist die akustische Wirkung eines lärmindernden Belags.

1.4 Aufbau des Berichts

Der Bericht ist wie folgt unterteilt:

TEIL I. BELP, HOHLESTRASSE - VERKEHRSVERSUCH TEMPO-30-REGIME: ALLGEMEINES

→ Teil I. fasst die Ausgangslage zusammen und beschreibt den Versuchsaufbau.

TEIL II. LÄRMSANIERUNG: AKUSTISCHE WIRKUNG DES TEMPO-30-REGIMES AN DER HOHLESTRASSE

→ Im Teil II. werden die Abklärungen und Untersuchungen zur akustischen Wirkung des Tempo-30-Regimes zusammengefasst und erläutert.

TEIL III. FAHRVERHALTEN: GESCHWINDIGKEITEN AN DER HOHLESTRASSE

→ Teil III. zeigt die Geschwindigkeitsanalysen.

TEIL IV. FAHRVERHALTEN: VERKEHRSSICHERHEIT AN DER HOHLESTRASSE

→ In Teil IV. werden die Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich Verkehrssicherheit aufgezeigt.

TEIL V. BELP, HOHLESTRASSE - VERKEHRSVERSUCH TEMPO-30-REGIME: ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

→ Teil V fasst die Untersuchungsergebnisse zusammen und setzt sie zueinander ins Verhältnis sowie beurteilt abschliessend die Erkenntnisse.

1.5 Grundlagen

Die Analysen, Auswertungen und Beurteilungen basieren auf den aktuell gültigen Gesetzen, Normen und Arbeitshilfen sowie dem aktuellen Stand der Forschung. Die Auflistung der konkret verwendeten und zitierten Grundlagen ist jeweils einleitend dem entsprechenden Teil des Berichts zu entnehmen.

Grundlagen Teil I.

- [1] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, Zürich (2002): SN 640 851, Besondere Markierungen, Anwendungsbereiche, Formen und Abmessungen.

2 Versuchsaufbau

2.1 Projektperimeter

Der untersuchte Projektperimeter umfasst die gesamte Strecke der Hohlestrasse in Belp (BE) vom Bahnübergang beim Bahnhof Belp bis hin zum Knoten Seftigenstrasse / Hohlestrasse. Bei der Hohlestrasse handelt es sich um eine Kantonsstrasse (KS 1224) der Kategorie C. Im nördlichen Abschnitt befinden sich mit der Grubenstrasse und dem Eichenweg zwei einmündende untergeordnete Strassen. Im restlichen Strassenabschnitt befinden sich beidseitig nur private Grundstückzufahrten sowie einmündende Fusswege aus den angrenzenden Quartieren. Entlang der Hohlestrasse hat es einseitig (ostseitig) ein Trottoir. Auf der anderen Seite gibt es keine Führung für den Fussverkehr längs. Die Strecke zeichnet sich insbesondere durch eine starke Steigung respektive ein starkes Gefälle (durchschnittlich 9 - 10%) aus. Beidseitig der Strasse befinden sich Gebäude mit Wohnnutzung. Diese sind allerdings zumeist durch Stützmauern und Bepflanzung sowie aufgrund der topographischen Verhältnisse zurückversetzt.

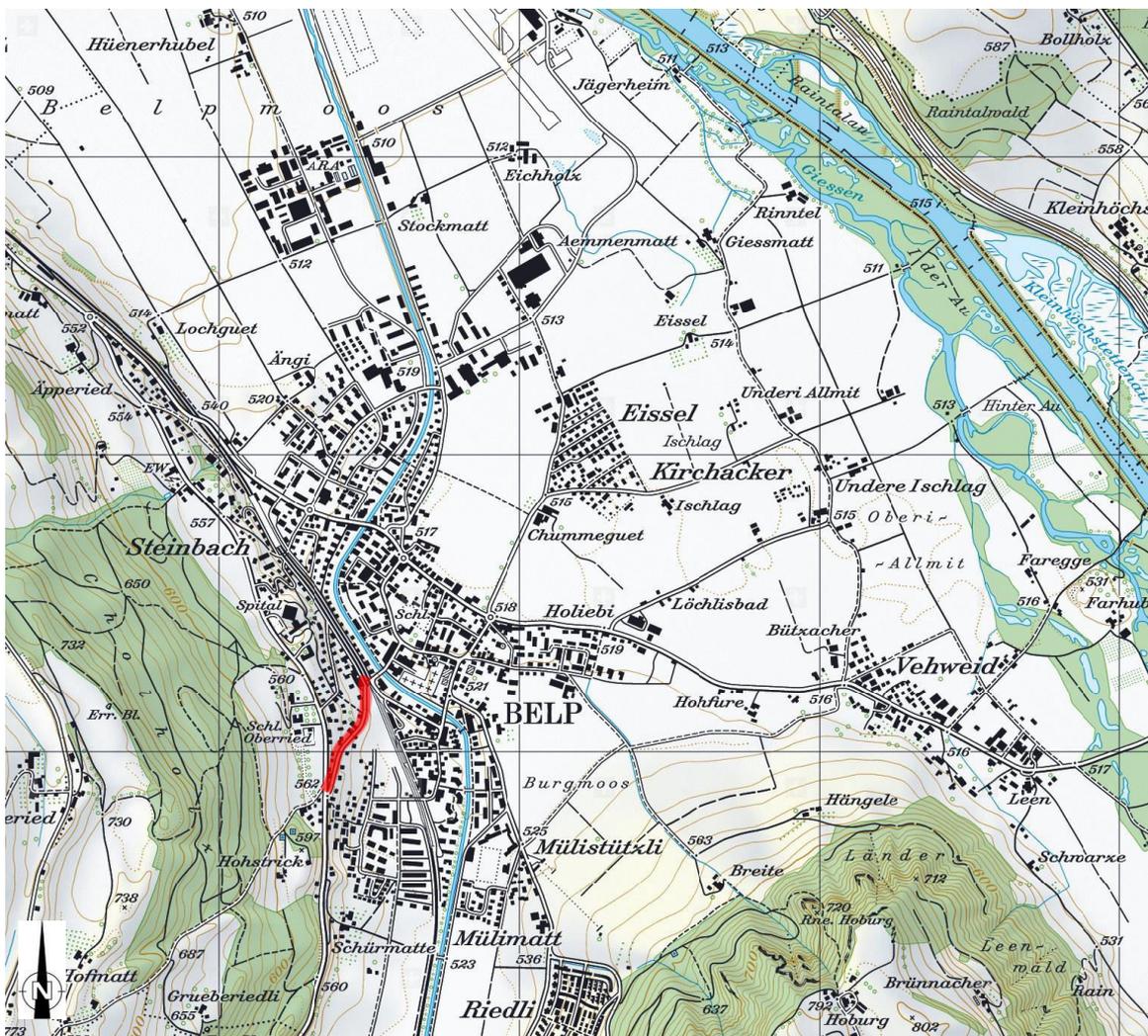


Abb. 1: Übersicht örtliche Situation. Projektperimeter (rot)
(eigene Darstellung, Grundlagenkarte@geoportal Kanton Bern)

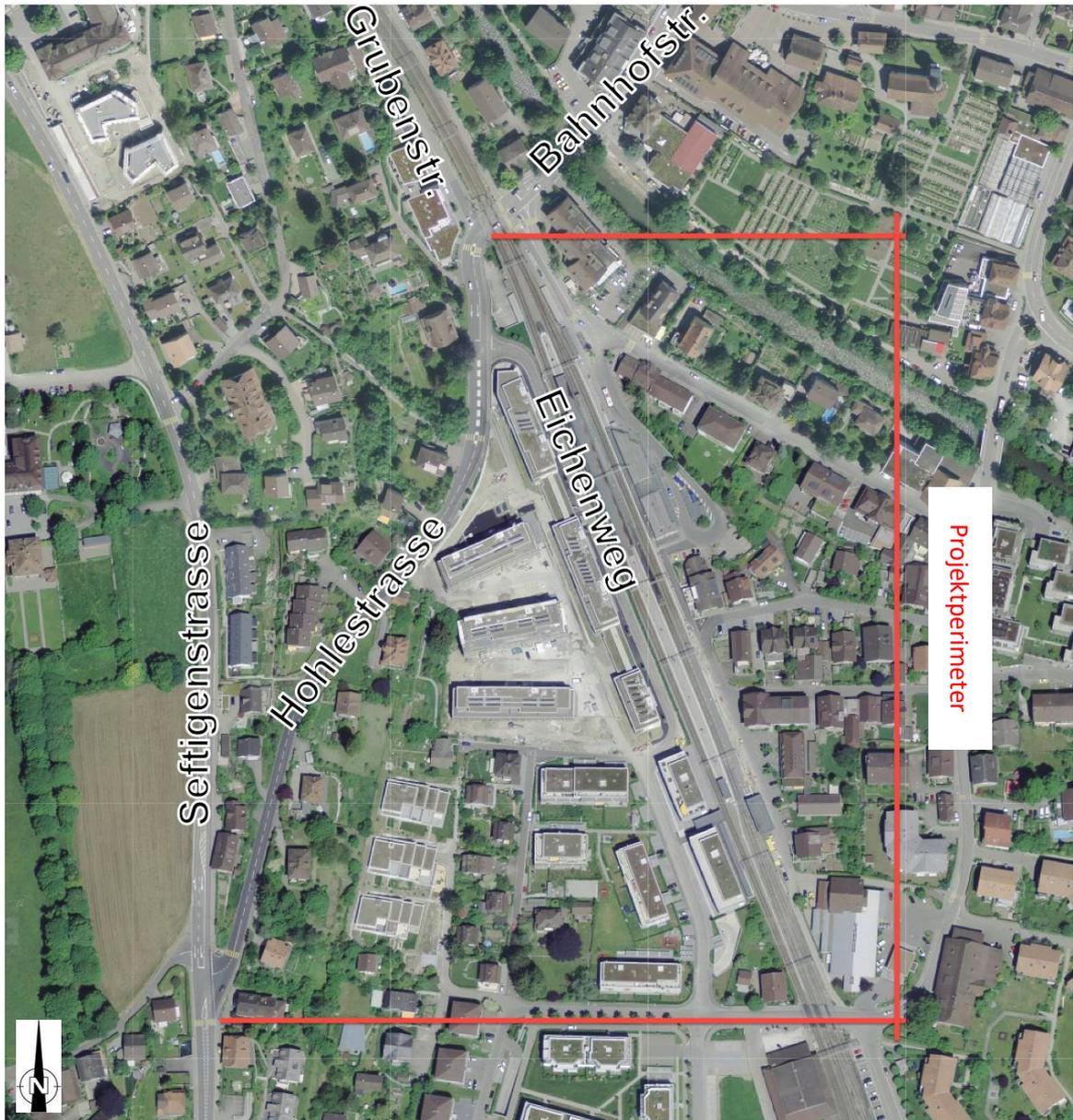


Abb. 2: Übersicht Projektperimeter
(eigene Darstellung, Grundlagenkarte@geoportal Kanton Bern)

2.2 Verkehrliche Rahmenbedingungen

Anhand von Radarmessungen wurden die Mengen des Fahrverkehrs ermittelt. Zusätzlich wurde das Verkehrsaufkommen (MIV sowie Fuss- und Veloverkehr) mittels teilautomatisierter Auszählung aufgrund ausgewählter Videoaufnahmen bestimmt.

Gemäss den durchgeführten Erhebungen und Auswertungen beträgt der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) auf der Hohlestrasse ca. 4'500 Motorfahrzeuge, wobei Unterschiede in der Belastung der Fahrtrichtungen bestehen. In Richtung Belp Bahnhof sind im Schnitt ca. 2'500 Fahrzeuge pro Tag unterwegs. In Richtung Thun Seftigenstrasse sind es rund 2'000 Fahrzeuge. An Werktagen (DWV) ist das Verkehrsaufkommen mit einer Querschnittsbelastung von ca. 4'700 Fz etwas höher. Die werktägliche Morgenspitze (zwischen 7 und 8 Uhr) ist kaum ausgeprägt. Die Abendspitze (zwischen 17 und 18 Uhr) weist hingegen deutlichen Mehrverkehr auf.

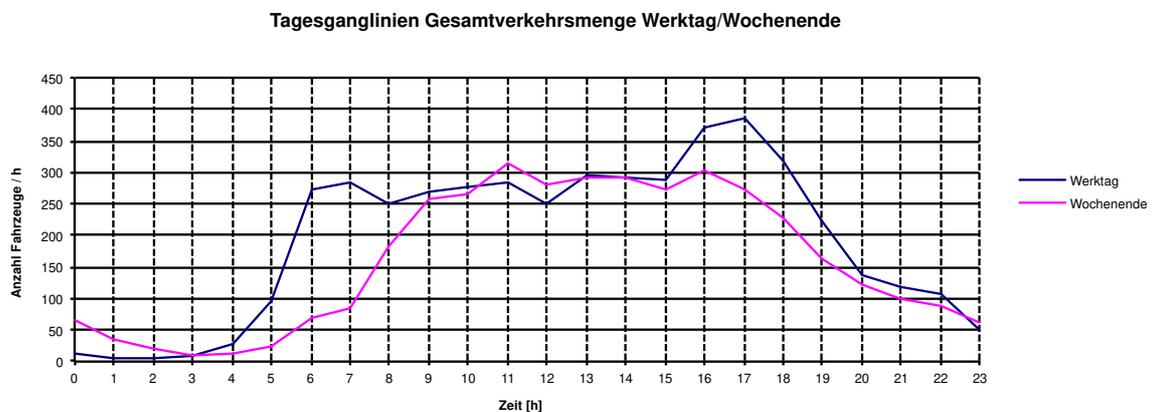


Abb. 3: Typische Tagesganglinie an der Hohlestrasse, Belp.

Aus der teilautomatisierten Auszählung der Videoaufnahmen vom 13.09.2016 geht hervor, dass innerhalb von 15 Stunden etwas mehr als 100 Zufussgehende sowie knapp 100 Velofahrende entlang der Hohlestrasse unterwegs waren. Von etwa einem Viertel der Velofahrenden wurde das Trottoir benutzt (vgl. Abb. 4).

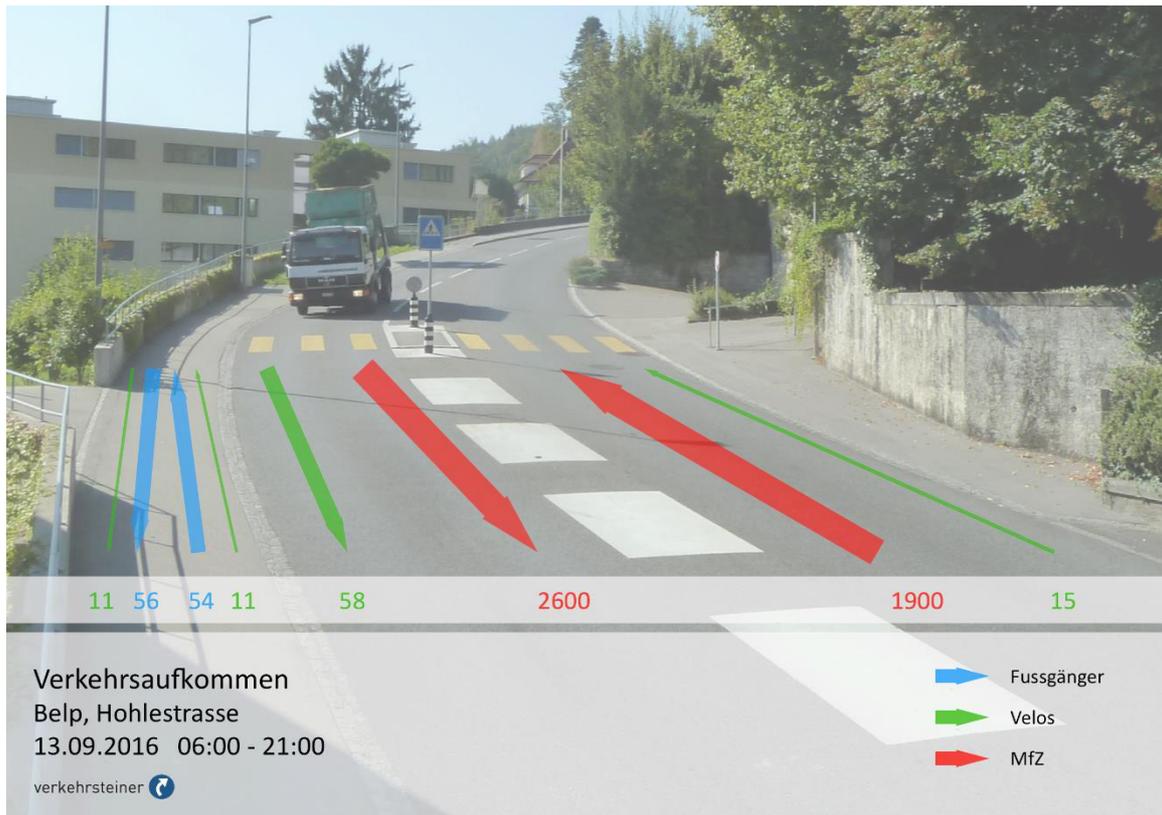


Abb. 4: Verkehrsaufkommen (in 15h) gemäss teilautomatisierter Auswertung der Videoaufnahmen vom 13.09.2016

2.3 Übersicht Phasen

Für den Verkehrsversuch «Tempo-30-Regime» wählte das Tiefbauamt des Kantons Bern ein phasenweises Vorgehen. Dadurch konnten die jeweiligen Wirkungen der einzelnen Massnahmen untersucht werden. Nach jedem Einrichten einer neuen Phase wurde mittels Geschwindigkeitsmessungen die Wirkung (Geschwindigkeitsreduktion) überprüft.

Theoretische und effektive Geschwindigkeitsreduktion

Im vorliegenden Versuch wurde die signalisierte Geschwindigkeit von Tempo-50 auf Tempo-30 reduziert. Es handelt sich dabei um eine Anordnung gemäss Signalisationsverordnung (SSV). Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt somit 50 km/h (Phase 0), respektive 30 km/h (Phasen 1 - 3). Wie aber die Geschwindigkeitsmessungen zeigten (vgl. Teil III, Kap.3), lagen die effektiv gefahrenen Geschwindigkeiten (v_{85} und v_{50}) gemäss Messungen in allen Phasen teilweise über den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten. Zur Beurteilung der Wirkung von Massnahmen ist dabei jeweils die effektive Geschwindigkeitsdifferenz zu berücksichtigen, sofern die Beurteilung in Abhängigkeit zur Geschwindigkeit steht. Die Wirkung der Massnahmen basiert folglich nicht auf der Geschwindigkeitsdifferenz von theoretischen 20 km/h, sondern der tatsächlichen Geschwindigkeitsdifferenz die allgemein tiefer liegt. Die effektiven Geschwindigkeitsdifferenzen sind der jeweiligen Phase zu entnehmen.

In den Formulierungen wurde jeweils darauf geachtet, dass klar ist, ob es sich um eine Berechnung unter der Annahme einer theoretischen Geschwindigkeitsreduktion von 20 km/h handelt, oder ob es sich um die Beurteilung der Wirkung unter der Berücksichtigung der effektiven erzielten Geschwindigkeitsreduktion handelt. Hierfür wurden häufig die Begriffe «Tempo-50-Regime», respektive «Tempo-30-Regime» verwendet, welche auf die gültige Höchstgeschwindigkeit hindeuten, allerdings die effektiven gefahrenen Geschwindigkeiten berücksichtigen.

Übersicht der einzelnen Phasen mit Zeitraum und Massnahmen		
Phase 0	Vorher-Zustand	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo-50 Signalisation - Zwei ca. 3.00m Fahrbahnen mit Mittelleitlinie - Einseitiges Trottoir
Phase 1	22.08.16 – 22.03.17	 <ul style="list-style-type: none"> - Neu: Tempo-30 Signalisation beidseitig zu Beginn des Perimeters
Phase 2	22.03.17 – 24.05.17	 <p>Zusätzlich zu der Massnahme aus Phase 1 wurden folgende Massnahmen ergänzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demarkierung der Mittellinie - Aufbringung von «30»- Markierungen in regelmässigen Abständen in beide Fahrtrichtungen - Einengung bei Einmündung von der Seftigenstrasse in Richtung Hohlestrasse durch Markierung und Pfosten - Signalisationsergänzung bei Einmündung von der Seftigenstrasse - "Hindernis rechts umfahren"- Signal bei Insel vor Bahnschranke
Phase 3	24.05.17 – Dez. 17	 <p>Zusätzlich zu der Massnahme aus Phase 2 wurden folgend Massnahmen ergänzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Insgesamt 4 seitliche Einengungen (2 in nördlicher Fahrtrichtung und 2 in südlicher Fahrtrichtung) jeweils mittels 2 Poller mit Abweislinie ausgestaltet

Tabelle 1: Übersicht der einzelnen Phasen

2.4 Beschrieb der einzelnen Massnahmen

2.4.1 Signalisation Tempo-30 (ab Phase 1)

Mit Verfügung vom 21.07.2016 wurde auf der Kantonsstrasse Nr. 1224 Belp (Bahnhofstrasse / Hohlestrasse), im Bereich der Hohlestrasse zwischen dem Bahnübergang und der Einmündung in die Kantonsstrasse Nr. 221 Wabern – Belp – Seftigen, eine Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h verfügt, für den Zeitraum ab 22.08.2016 bis 21.08.2017. Beidseitig zu Beginn des Projektperimeters wurde das Signal 2.30 (SSV) aufgestellt.

2.4.2 Demarkierung Mittelleitlinie und Markierung «30» (ab Phase 2)

Die bestehende Leitlinie wurde ab dem Fussgängerstreifen auf der Höhe des Krankenhauswegs bis zum Knoten Seftigenstrasse / Hohlestrasse demarkiert. In regelmässigen Abständen wurde gleichzeitig die Markierung „30“ gemäss Norm SN 640 851 [1] auf der Fahrbahn aufgebracht.

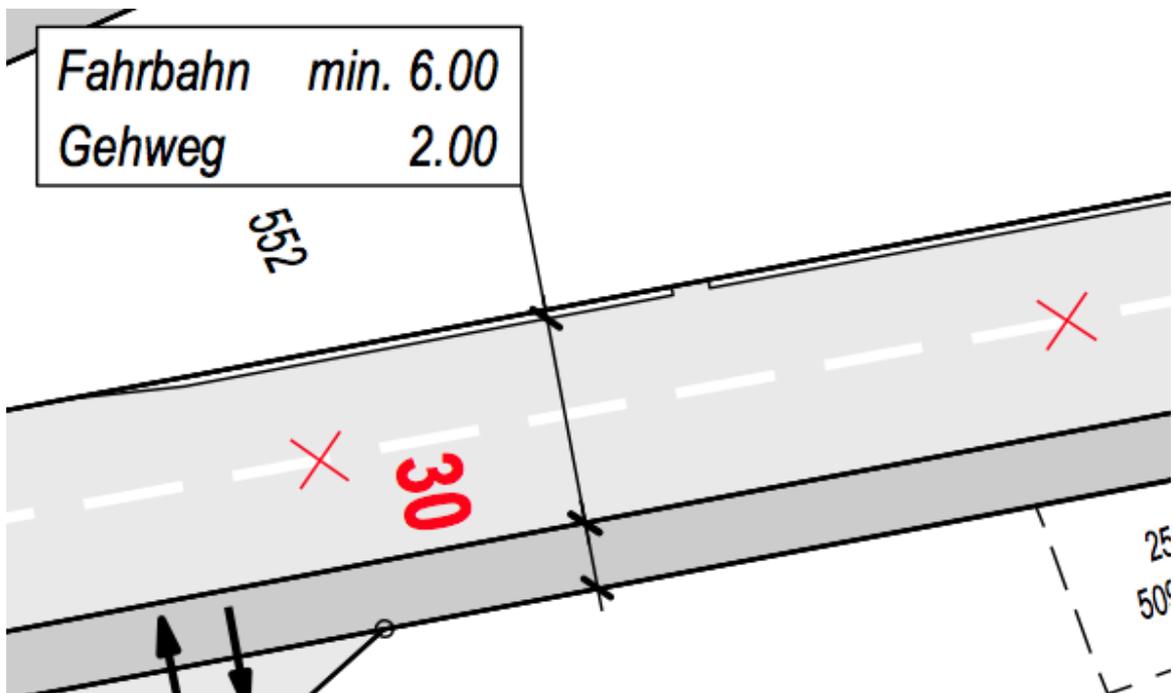


Abb. 5: Planausschnitt Massnahme Demarkierung Leitlinie und Markierung «30»

2.4.3 Seitliche Einengungen (ab Phase 3)

Insgesamt wurden 4 seitliche Einengungen realisiert, jeweils versetzt zwei pro Fahrtrichtung. Diese wurden mittels zwei Pfosten und einer Abweislinie ausgeführt. Die seitlichen Einengungen sind ca. 1.50m breit. Es bleibt jeweils eine Durchfahrtbreite bis zur Abweislinie von mindestens 4.50m.

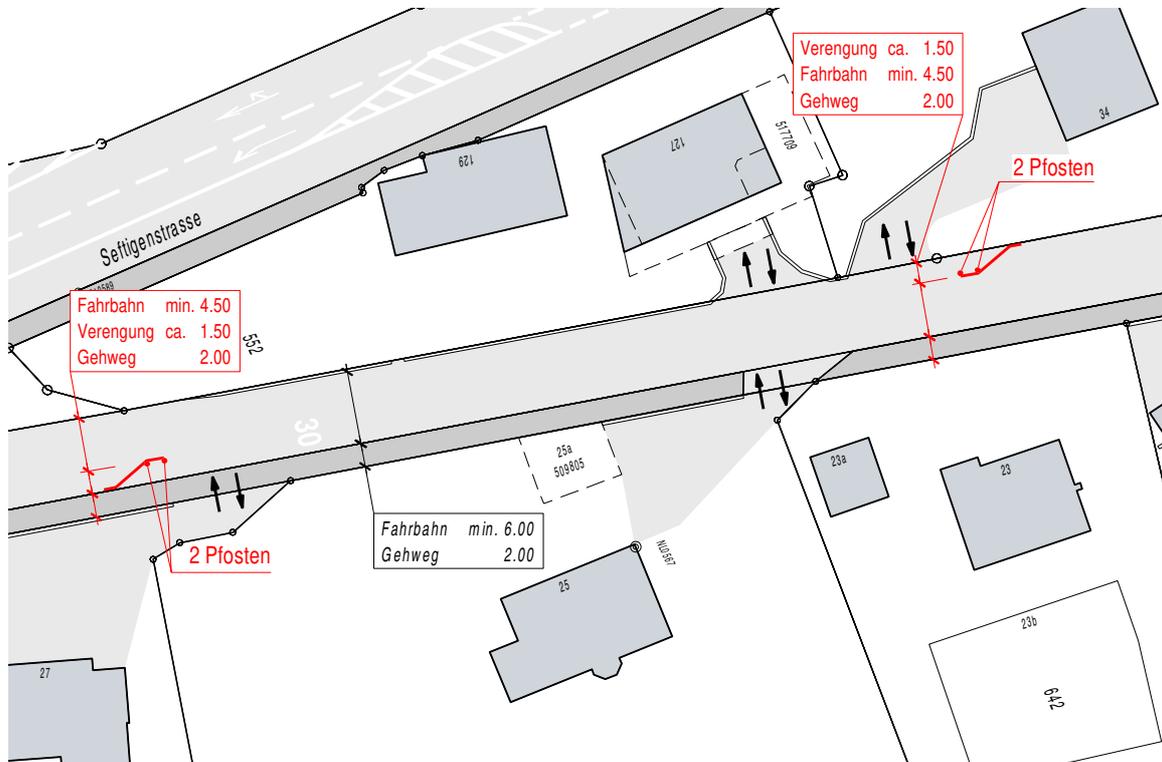


Abb. 6: Planausschnitt Massnahme «seitliche Einengungen»

2.4.4 Anpassung Einfahrt Hohlestrasse (ab Phase 2)

Zusätzlich wurde in der Phase 2 die Einfahrt in die Hohlestrasse von der Seftigenstrasse her kommend mittels Markierung und einem Pfosten angepasst. Damit ist ein weniger schnelles und schleifendes Einfahren möglich.

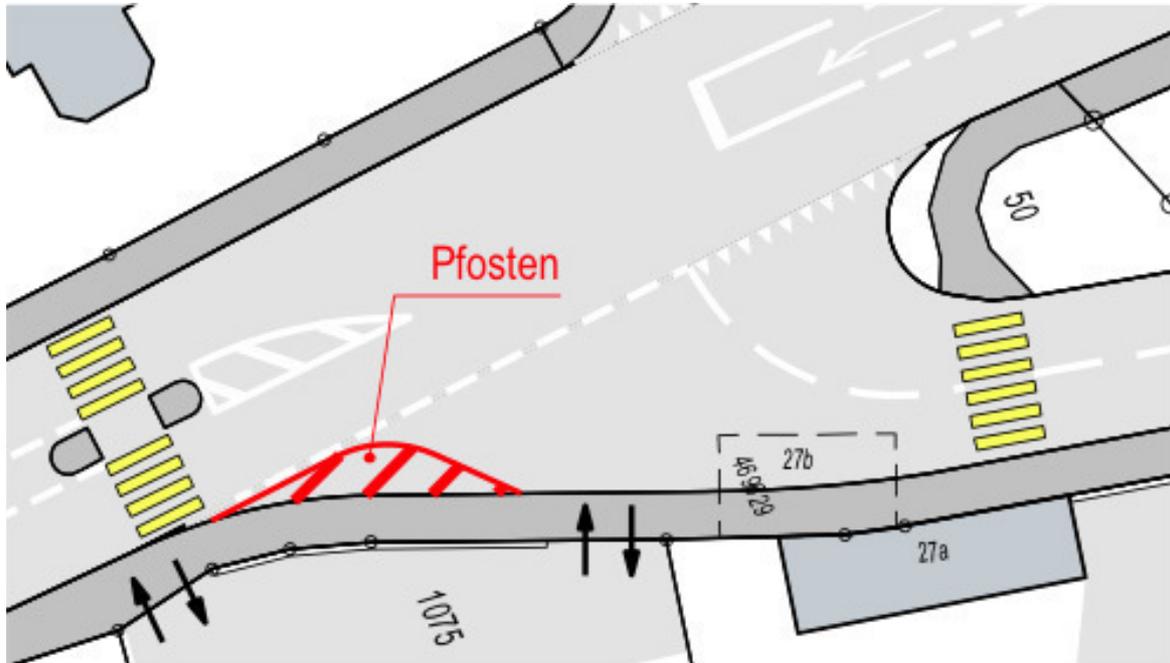


Abb. 7: Planausschnitt Massnahme Anpassung Einfahrt Hohlestrasse

TEIL II. LÄRMSANIERUNG: AKUSTISCHE WIRKUNG DES TEMPO-30-REGIMES AN DER HOHLESTRASSE

1 Einleitung

1.1 Zielsetzungen und Untersuchungsschwerpunkte

Anhand von Berechnungen mit alternativen Berechnungsmodellen und eines zeitlich begrenzten Versuchs an der Hohlestrasse sollen die Auswirkungen des Tempo-30-Regimes auf die Lärmemissionen respektive -immissionen aufgezeigt werden. Konkret ergeben sich aus dem Verwaltungsgerichtsentscheid (vergl. Teil I, Kap. 1.2) folgende Untersuchungsschwerpunkte:

- Zeitlich begrenzter Versuch «Tempo-30-Regime» mit Emissions- und Immissionsmessungen sowie Geschwindigkeitserhebungen. Dokumentation der Wirkung der Temporeduktion im Mittelungspegel sowie Veränderungen der Maximalpegel respektive Flankensteilheit der Schallpegel.
- Wirkungsprognosen anhand von alternativen Berechnungsprognosen unter Einbezug der Empa.
- Abgleich und Berücksichtigung Forschungsbericht "Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30"
- Dokumentation der Lärmwirkung auf die Lärmsituation an der Hohlestrasse (Anzahl IGW-Überschreitungen).

1.2 Grundlagen

- [2] Lärmsanierung Kantonsstrassen Belp, Abschnitt Dorfstrasse bis Hohlestrasse (km 0.000-0.905), Tiefbauamt des Kantons Bern / B+S AG, 1 März 2010
- [3] Verwaltungsgericht des Kantons Bern, Verwaltungsrechtliche Abteilung 100 2014 208 Lärmsanierung - Erleichterungen (Entscheid der Bau-, Verkehrs- und Energie-direktion des Kantons Bern vom 25. Juni 2014 - RA Nr. 140/2013/32), Entscheid vom 23.05.16
- [4] Tempo 30 als Lärmschutzmassnahme: Grundlagenpapier zu Recht – Akustik – Wirkung Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung EKL, Bern 2015
- [5] Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30 Forschungsprojekt VSS 2012/214 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Februar 2017
- [6] Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen Forschungsprojekt VSS 2000/467 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) November 2010

2 Methodik

2.1 Übersicht

Zur Erreichung der formulierten Zielsetzungen wurde wie folgt vorgegangen:

Alternative Berechnungsmodelle

StL-86+ ist das in der Schweiz gebräuchliche Berechnungsmodell zur Ermittlung der Lärmimmissionen des Strassenverkehrs. Das Lärmsanierungsprojekt Hohlestrasse [2] wurde mit diesem Modell berechnet.

Anhand der beiden Berechnungsmodelle sonRoad (Schweiz) und CNOSSOS (Europäisches Modell) sollen die (Pegel-) Differenzen zwischen theoretisch gefahrenem Tempo-50 und Tempo-30 aufgezeigt werden und die Veränderungen bzgl. der Lärmsituation dokumentiert werden.

Versuch und akustische Messungen

Anhand von akustischen Messungen (Emissions- und Immissionsmessungen) sollen die lärmtechnischen Auswirkungen der Temporeduktion erfasst und dokumentiert werden sowie die Veränderungen der Maximalpegel oder der Anstiegsgeschwindigkeit, bzw. der Flankensteilheit, des Schallpegels aufgezeigt werden.

2.2 Alternative Berechnungsmodelle

Durch die Empa wurden für eine Steigungsstrecke von $i = 9\%$, für die beiden Geschwindigkeiten 50 und 30 km/h, Berechnungen der Strassenlärmemissionen mit den Berechnungsmodellen sonRoad und CNOSSOS durchgeführt (vergl. Anhang 2).

Mit der so ermittelten Lärmwirkung wird anschliessend die Lärmsituation an der Hohlestrasse für das Tempo-30-Regime neu berechnet respektive prognostiziert.

Hinweis: Die Ausbreitungsberechnung (Dämpfung) erfolgt mittels dem Ansatz nach StL-86+ zwecks Vergleichbarkeit der effektiven Wirkung der Temporeduktion.

2.3 Messkonzept Lärmwirkung

Phase	Messungen
Phase 0	Geschwindigkeitsmessungen Immissionsmessungen SPB-Messungen SEM-Messungen
Phase 1	Geschwindigkeitsmessungen
Phase 2	Geschwindigkeitsmessungen SPB-Messungen SEM-Messungen
Phase 3	Geschwindigkeitsmessungen Immissionsmessungen Messungen Einfluss Poller (Lärmwirkung)

Tabelle 2: Messkonzept Lärmwirkung

Legende

- Geschwindigkeitsmessungen Ermittlung von v85 und v50
- Immissionsmessungen Kurzzeitmessungen im offenen Fenster
- SPB-Messungen Emissionsmessungen nach Statistical Pass-by-Methode (vergl. Kap. 3.3.2)
- SEM-Messungen Stichproben-Emissionsmessung (vergl. Kap.3.3.3)

Hinweis: Berücksichtige Geschwindigkeitsreduktion

(Theoretische und effektive Geschwindigkeitsreduktion)

Die im Bericht ausgewiesenen Pegeldifferenzen beziehen sich immer auf die effektiven, messtechnisch vor Ort erhobenen Geschwindigkeitsreduktionen und nicht auf die theoretische Reduktion von 20 km/h. Ausnahme bilden die Betrachtungen mit den alternativen Berechnungsmodellen, welche eine effektive Geschwindigkeitsreduktion von 20 km/h berücksichtigen.

Exkurs: Wahrnehmbare Lärmwirkung

Das Schallempfinden des menschlichen Gehörs ist einerseits stark frequenzabhängig andererseits von Mensch zu Mensch sehr unterschiedlich. Die subjektive Beurteilung von Schalldruckpegelveränderungen - basierend auf momentanen Schalldruckpegeln – wird gemäss Literatur oft wie folgt beschrieben:

Delta	Beschreibung der Wahrnehmung
< 2 dBA	nicht wahrnehmbar
2 – 4 dBA	gerade wahrnehmbar, kleine Veränderung
5 - 10 dBA	deutlich wahrnehmbare Veränderung
11 - 19 dBA	grosse und überzeugende Veränderung
> 20 dBA	überaus grosse und überzeugende Wahrnehmung

Gemäss aktueller Rechtsprechung gilt als wahrnehmbar die Veränderung des Beurteilungs-Immissionspegels um 1 dBA.

Die beschriebene Beurteilung kann jedoch nicht ohne weiteres auf die Differenzen beim Leq (Mittelungspegel) übertragen werden. Sind doch für die Wahrnehmbarkeit nebst der effektiven Leq-Differenz auch die Veränderungen des Maximalpegels sowie allfällige Verschiebungen des Frequenzbereichs massgebend. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass eine Leq-Veränderung < 1 dBA als nicht wahrnehmbar eingestuft werden kann.

Im Folgenden werden (unter Berücksichtigung der aktuellen Rechtsprechung) für die Beschreibung der Wahrnehmbarkeit, folgende Begrifflichkeiten verwendet:

Delta	Beschreibung der Wahrnehmung
< 1 dBA	nicht wahrnehmbar
1 - 2 dBA	knapp wahrnehmbar
3 - 4 dBA	wahrnehmbar
5 - 10 dBA	deutlich wahrnehmbar

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Alternative Berechnungsmodelle

3.1.1 Übersicht

Mittels der folgenden 3 Berechnungsmodelle für Strassenlärm-berechnungen wird der Einfluss einer Temporeduktion (Pegeldifferenzen) aufgezeigt sowie der Einfluss auf die Lärmsituation an der Hohlestrasse dokumentiert:

StL-86+

StL-86+ ist das in der Schweiz gebräuchliche Berechnungsmodell zur Ermittlung der Lärmimmissionen des Strassenverkehrs. Es wurde in den 1980-er Jahren durch die Empa entwickelt und Mitte der 1990-er Jahre leicht modifiziert. Das Lärmsanierungsprojekt Hohlestrasse [2] wurde mit diesem Ansatz berechnet (Szenario Tempo-50-Regime: Ausgehend von gefahrenen 50km/h).

sonRoad

sonRoad wurde ebenfalls von der Empa entwickelt und 2004 durch das BUWAL (heute: BAFU) publiziert. Gegenüber dem Modell StL-86+ wurde die Quellenbeschreibung wesentlich verfeinert, indem die Antriebs- und Rollgeräuschkomponenten getrennt für Personenwagen (PW) und Lastwagen (LW) beschrieben werden.

CNOSSOS

Das Projekt CNOSSOS ging aus den EU-Projekten imagine und HARMONOISE hervor und wurde 2009 gestartet. Mit dem neuen Projekt CNOSSOS soll eine Harmonisierung der Berechnungsverfahren für sämtliche Lärmarten erreicht werden, damit die Ergebnisse der Lärmaktionspläne und -kartierungen der einzelnen EU Mitgliedstaaten vergleichbar werden. CNOSSOS beschreibt im Strassenlärmemissionsmodell die von einem einzelnen Fahrzeug abgestrahlte Schalleistung als Summe eines Antriebs- und Rollgeräuschanteils. Für die Modellrechnungen werden drei Fahrzeugkategorien unterschieden.

3.1.2 Emissionen und Pegeldifferenzen Mittelungspegel

Berechnungsannahmen

Sämtliche Quellenwerte basieren auf den Verkehrsgrundlagen gemäss Lärmsanierungsprojekt [2], Horizont 2029 und den Angaben gemäss Empa (vergl. Anhang 2):

DTV	=	7'000 Fz./Tag			
Nt	=	406 Fz./Std.	Nt2	=	5%
Nn	=	63 Fz./Std	Nn2	=	6%
K1	=	-2.0 (Nacht)			
i	=	9% ¹			

Legende

DTV	Tägliche Verkehrsmenge im Jahresdurchschnitt
Nt	Anzahl Motorfahrzeuge pro Stunde am Tag (06 - 22Uhr)
Nn	Anzahl Motorfahrzeuge pro Stunde in der Nacht (22 - 06 Uhr)
Nt2	Anteil lärmintensiver Fahrzeuge in Prozent am Tag (06 - 22 Uhr)
Nn2	Anteil lärmintensiver Fahrzeuge in Prozent in der Nacht (22 - 06 Uhr)
Pegelkorrektur K1	Korrektur für den durchschnittlichen Tages- und Nachtverkehr; wird aus der stündlichen Fahrzeuganzahl berechnet
i	Steigung

¹ Im Lärmsanierungsprojekt [2] wurde im Projektperimeter (Abb. 2) eine durchschnittliche Steigung von 9% angenommen.

Modell StL-86+ (Mischverkehr N1+N2; Geschwindigkeitsdifferenz = 20 km/h)

Steigung	StL-86+ 50 km/h		StL-86+ 30 km/h		Pegeldifferenz T30-T50	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
i = 9%	77.3	67.5	75.5	65.8	-1.8	-1.7
i = 0%	74.3	64.5	72.5	62.8	-1.8	-1.7

Tabelle 3: Emissionspegel und Differenzen für v = 50 km/h und v = 30 km/h mit dem Berechnungsansatz StL-86+

Modell sonRoad (Mischverkehr N1+N2; Geschwindigkeitsdifferenz = 20 km/h)

Steigung	sonRoad 50 km/h		sonRoad 30 km/h		Pegeldifferenz T30-T50	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
i = 9%	77.3	67.6	76.2	66.5	-1.2	-1.1
i = 0%	74.4	64.6	72.1	62.4	-2.3	-2.3

Tabelle 4: Emissionspegel und Differenzen für v = 50 km/h und v = 30 km/h mit dem Berechnungsansatz sonRoad

Modell CNOSSOS (Mischverkehr N1+N2; Geschwindigkeitsdifferenz = 20 km/h)

Steigung	CNOSSOS 50 km/h		CNOSSOS 30 km/h		Pegeldifferenz T30-T50	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
i = 9%	75.0	65.2	72.7	63.0	-2.3	-2.2
i = 0%	73.2	63.3	70.9	61.1	-2.3	-2.1

Tabelle 5: Emissionspegel und Differenzen für v = 50 km/h und v = 30 km/h mit dem Berechnungsansatz CNOSSOS

Kommentar

- sonRoad erwartet die effektiv gefahrene Geschwindigkeit. An Steigungen liegt diese etwas tiefer, dies wurde hier aber ignoriert².
- Bei sonRoad und CNOSSOS wurde angenommen, dass sich der Verkehr hälftig auf- und abwärts aufteilt.
- Die erwartete Pegelreduktion von 50 km/h auf 30 km/h beträgt je nach Modell zwischen 1.1 dB bis 2.3 dB.
- Das Berechnungsmodell CNOSSOS zeigt ein um ca. 2-3 dB tieferes "Emissionsniveau" im Vergleich zu sonRoad und StL-86+.

² Die Geschwindigkeitsmessungen an der Hohlestrasse zeigen keine signifikanten Abweichungen zwischen abwärts- und aufwärtsfahrenden Fahrzeugen (vgl. Anhang 3).

3.1.3 Einfluss Strassensteigung auf die Maximalpegeldifferenzen

Quelle: Grundlagenpapier Tempo 30 EKL B [4]

Modell sonRoad

Einfluss Strassensteigung Auf die Maximalpegeldifferenz

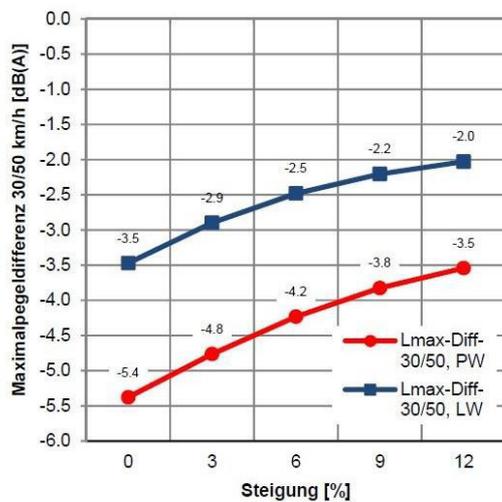


Abb. 8: sonRoad Maximalpegel bei unterschiedlichen Strassensteigungen .

Modell CNOSSOS

Einfluss Strassensteigung Auf die Maximalpegeldifferenz

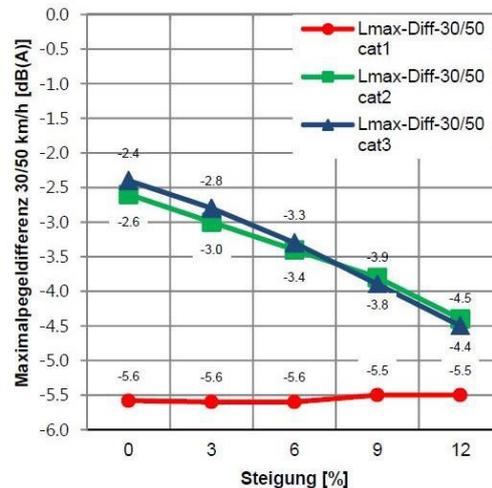


Abb. 9: CNOSSOS Maximalpegel bei unterschiedlichen Strassensteigungen

Kommentar

Im Gegensatz zu StL-86+ berücksichtigt sonRoad den Einfluss der Strassensteigung durch Anpassung der Antriebsgeräuschkomponente. Da diese Komponente eine andere Geschwindigkeitsabhängigkeit als das Rollgeräusch zeigt, verändern sich die Tempo 50/30 Differenzen für PW und LW in Abhängigkeit der Steigung.

⇒ sonRoad zeigt bei einer Steigung von 9% eine Differenz des L_{max} von -2.2 dB (LW) respektive -3.8 (PW) im Vergleich T30/50.

CNOSSOS berücksichtigt den Einfluss der Steigung durch einen Zuschlag auf das Antriebsgeräusch. Implizit ist darin aber auch der Effekt enthalten, dass an Steigungsstrecken die Geschwindigkeit abnehmen kann und sich damit auch das Rollgeräusch verringert. Im Unterschied zu sonRoad ist in CNOSSOS für Cat-1-Fahrzeuge (PW) der Steigungseinfluss auf die T50/T30 Pegeldifferenz vernachlässigbar. Für Cat-2- und Cat-3- Fahrzeuge wird die T50/T30-Pegeldifferenz mit zunehmender Steigung sogar bedeutender.

⇒ CNOSSOS zeigt bei einer Steigung von 9% eine Differenz des L_{max} von -3.8 dB (LW) respektive -5.5 (PW) im Vergleich T30/T50.

3.1.4 Zusammenfassung / Fazit

- Die erwartete Pegelreduktion von gefahrenen 50 km/h auf gefahrene 30 km/h beträgt je nach Modell für den Mittelungspegel L_{eq} zwischen 1.1 dB bis 2.3 dB und für den Maximalpegel L_{max} zwischen 3.8 bis 5.5 dB für PW respektive 2.2 dB bis 3.8 dB für LW.
- Die Modelle StL-86+ und CNOSSOS zeigen keine Unterschiede bzgl. Pegelreduktion von gefahrenen 50 km/h auf gefahrene 30 km/h in Steigungen im Vergleich zu einer flachen Strecke.
- Das Modell sonRoad zeigt divergierende Pegelreduktionen von gefahrenen 50 km/h auf gefahrene 30 km/h für eine Steigungsstrecke im Vergleich zu einer horizontalen Strecke.

Gemäss den verschiedenen Berechnungsmodellen wird bei einer Temporeduktion von heute theoretischen $v = 50$ km/h auf neu angestrebte 30 km/h eine knapp wahrnehmbare Pegelreduktion von 1-2 dB im Mittelungspegel (L_{eq}) erwartet.

3.2 Immissionsmessungen

3.2.1 Ausgangslage

Zur Bestimmung der akustischen Wirkung der Temporeduktion wurden bei an die Hohlestrasse angrenzenden Liegenschaften Immissionsmessungen (Mitte offenes Fenster) vorgenommen.

Im Juni 2016 wurden bei 4 Liegenschaften entlang der Hohlestrasse bei 5 Messpunkten sogenannte Nullmessungen des Ist-Zustandes (Tempo-50-Regime, Phase 0) vorgenommen (siehe Anhang 4 Messprotokolle).

Im Juli 2017 wurden an den identischen Standorten³ Nachhermessungen (Tempo-30-Regime, Phase 3) vorgenommen. Die Messungen Phase 3 wurden somit rund 2 Monate nach der Erstellung der Einengungen / Poller durchgeführt.

3.2.2 Messstandorte

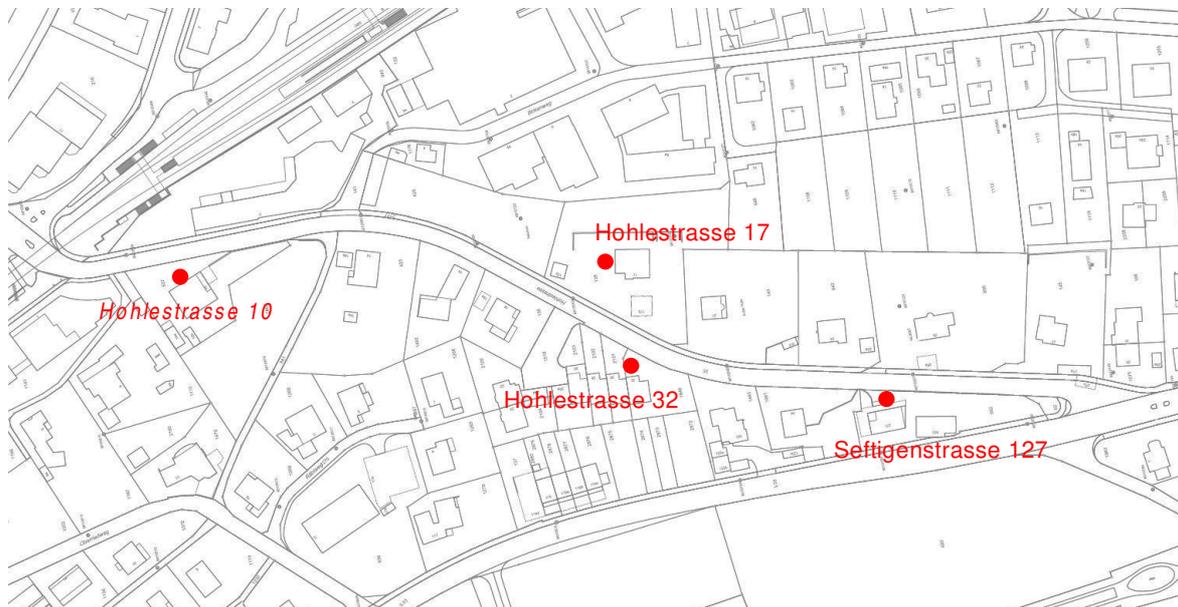


Abb. 10: Übersicht Messstandorte Immissionsmessungen

³ Bei einer Liegenschaft konnten keine Nachhermessungen gemacht werden, da diese zwischenzeitlich unbewohnt ist.

3.2.3 Auswertungen und Vergleich

Bsp. Pegelschrieb (Liegenschaft Seftigenstrasse 127), Tempo-50-Regime (Phase 0)

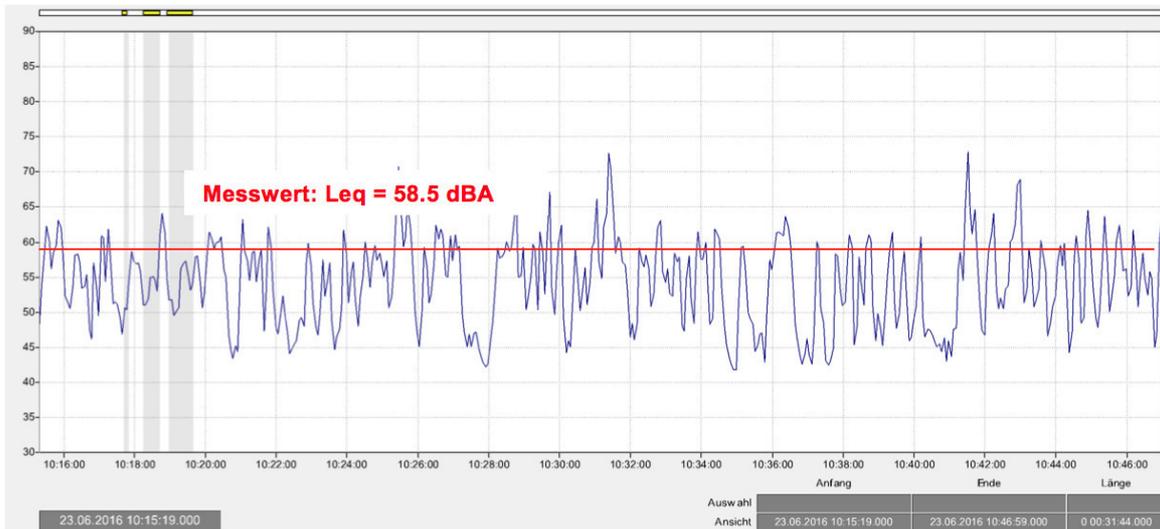


Abb. 11: Pegelschrieb

Bsp. Pegelschrieb (Liegenschaft Seftigenstrasse 127) Tempo-30-Regime (Phase 3)

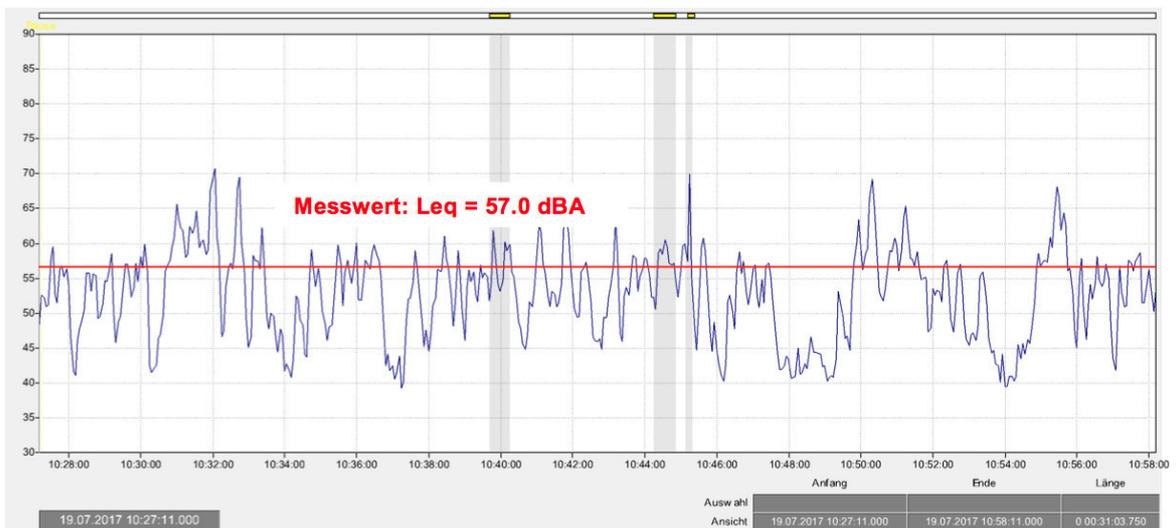


Abb. 12: Pegelschrieb

Übersicht und Vergleich

Die Messungen wurden zwecks Vergleichbarkeit auf den jahresdurchschnittlichen Verkehr 2029 (siehe Kap. 3.1.2) normalisiert (Methode StL-86+). Normalisierte Pegel und Pegeldifferenzen im Mischverkehr (N1+N2) sowie unter Berücksichtigung der effektiven Geschwindigkeitsdifferenz von 13 km/h.

Adresse	Name	Messwert		Lr normalisiert 2029		Pegeldifferenz
		Phase 0 Tempo-50- Regime	Phase 3 Tempo-30- Regime	Phase 0 Tempo-50- Regime	Phase 3 Tempo-30- Regime	
				[dB]	[dB]	[dB]
Hohlestrasse 32	Hadorn	55.8	52.6	57.8	54.2	-3.6
Seftigenstr. 127	Wenger	58.5	57.0	57.9	56.2	-1.7
	Wenger	63.5	60.6	62.8	59.8	-3.0
Hohlestrasse 17	Bärlocher	54.8	52.0	55.8	53.6	-2.2
				Mittel arithmetisch		-2.6
				Mittel energetisch		-2.7

Tabelle 6: Normalisierte Pegel und Pegeldifferenzen Messungen im Mischverkehr (N1+N2)

Kommentar

Die Immissionsmessungen zeigen im Mittel eine Wirkung von ca. 2.5 dB, schwanken jedoch von min. 1.7 dB bis max. 3.6 dB, bei einer effektiven Geschwindigkeitsreduktion von ca. 13 km/h. Es ist davon auszugehen, dass die Schwankungen primär durch die N2-Anteile entstehen, da diese die Messungen massgebend beeinflussen (vergl. hierzu auch Erläuterungen Kap. 3.3.2).

3.2.4 Zusammenfassung / Fazit

- Die Pegelreduktion vom Tempo-50-Regime auf das Tempo-30-Regime beträgt je nach Messort zwischen 1.7 dB bis 3.6 dB. Gemittelt über alle Messstandorte ergibt sich eine mittlere Wirkung von ca. 2.5 dB.
- Die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Phase 0 und Phase 3 beträgt gemäss den Langzeitmessungen ca. 13 km/h (vgl. Anhang 3).

Die Immissionsmessungen zeigen bei der vorliegenden Situation mit einer signalisierten Temporeduktion von 50 km/h auf 30 km/h (bei einer effektiven Geschwindigkeitsreduktion um ca. 13 km/h) eine knapp wahrnehmbare bis wahrnehmbare Pegelreduktion von 2 - 4 dB.

3.3 Emissionsmessungen

3.3.1 Ausgangslage

Zur Bestimmung der akustischen Wirkung der Temporeduktion wurden in den beiden Geschwindigkeitsregimes Tempo-50-Regime (Phase 0) und Tempo-30-Regime (Phase 2) quellennahe Vorbeifahrtmessungen (Emissionsmessungen) nach der SPB- (Statistical Pass-by-Methode), sowie der SEM-Methode (Stichproben-Emissionsmessung) durchgeführt. Die Messungen wurden beidseitig der Fahrbahn, bergauf und bergab getrennt, durchgeführt.

Die Messungen wurden durch das Büro Grolimund & Partner, Bern durchgeführt. Der vollständige Messbericht ist dem Anhang 1 zu entnehmen.

3.3.2 SPB-Messungen

Definition

Vorbeifahrtmessungen einzelner Fahrzeuge auf einer Fahrspur (Statistical Pass-by-Methode SPB) nach ISO 11819 ⁴. Für einzelne Personenwagen und Lastwagen-Vorbeifahrten werden der maximale Vorbeifahrtspegel (L_{max}) und der Ereignispegel (LE) aufgezeichnet sowie die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit und die Fahrzeugkategorie (N1 oder N2) erhoben.

Messanordnung

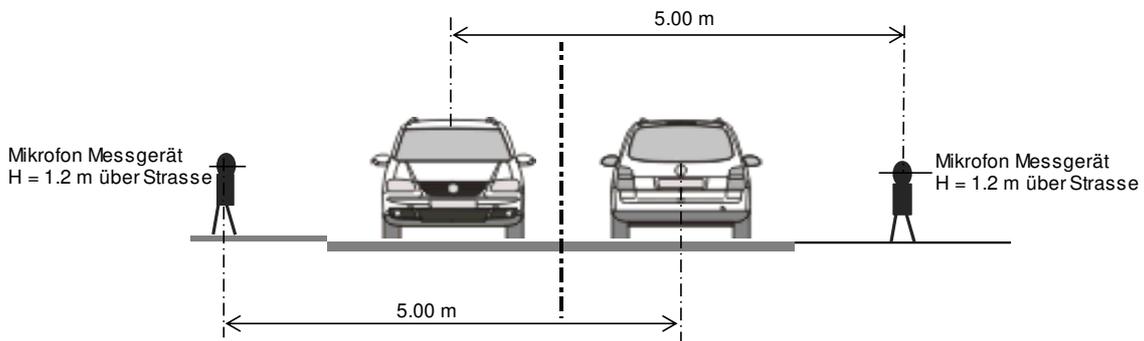


Abb. 13: Messanordnung SPB-Messungen

Messdaten

Die Messungen wurden sowohl während der Phase 0 als auch während der Phase 2 durchgeführt:

- Messungen Phase 0: 21.07.2016
- Messungen Phase 2: 12.04.2017

Die Messungen der Phase 2 wurden rund 3 Wochen nach der Demarkierung der Mittellinie durchgeführt.

⁴ In Abweichung zur Norm wurde aufgrund der topographischen Randbedingungen in einem Abstand von 5,0 m anstelle von 7,5 m gemessen.

Auswertung und Resultate

Die akustische Wirkung der Geschwindigkeitsreduktion wird aus der Differenz der Vorher- und Nachhermessungen ermittelt. Pegeldifferenzen getrennt nach N1+N2, sowie unter Berücksichtigung der effektiven Geschwindigkeitsdifferenz von ca. 10 km/h.

Die Resultate der SPB-Messungen werden nachfolgend zusammengefasst:

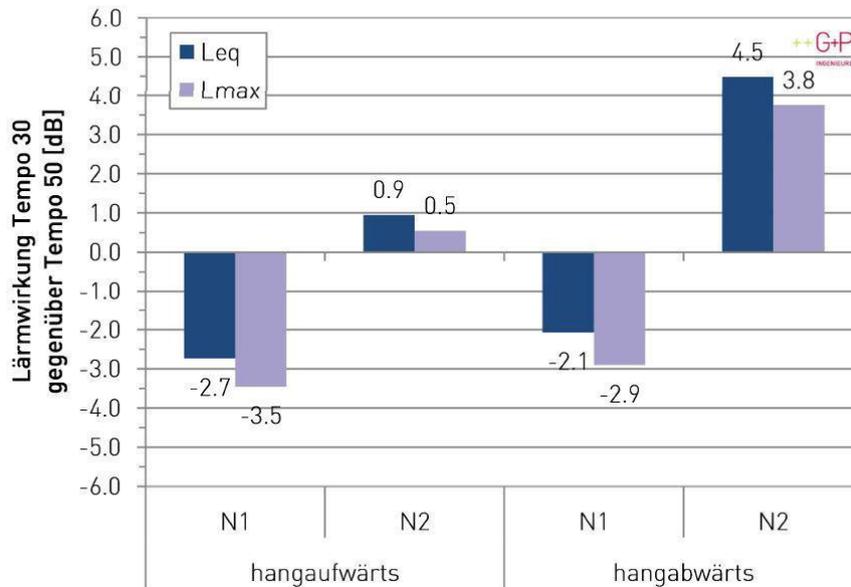


Abb. 14: Lärmwirkung Tempo-30-Regime gegenüber Tempo-50-Regime gemäss SPB-Messungen

Legende

- N1 PW
- N2 Laute Fahrzeuge (gemäss LSV: LW, LW, Motorrad)

Kommentar

- Die SPB-Messungen zeigen auf der Hohlestrasse für die Fahrzeugkategorie N1 hangaufwärts eine Lärmwirkung von -2.7 dB. Hangabwärts ist die Lärmwirkung mit -2.1 dB im Leq geringfügig kleiner.
- Für die Fahrzeugkategorie N2 ergibt sich eine leichte Lärmzunahme von +0.9 dB im Leq hangaufwärts, sowie hangabwärts eine deutliche Lärmzunahme von +4.5 dB im Leq.
- Für den Mischverkehr würde sich gemäss StL86+ hangaufwärts eine Lärmwirkung von -2.4 dB und hangabwärts keine Lärmwirkung (-0.0 dB) ergeben (vgl. Erläuterungen Anhang 1: Bericht G&P, Kommentar Seite 9).
- Die Wirkung bezieht sich auf eine effektive Geschwindigkeitsreduktion von ca. 10 km/h.

Anmerkung:

Im Gegensatz zu den N1-Vorbeifahrten (PW) können die N2-Vorbeifahrten infolge unterschiedlichem Fahrzeugmix in Bezug auf den Mittelungspegel stark differieren. Die Standardabweichung des Mittelwertes⁵ (Varianz) beträgt sowohl für die Situation "hangaufwärts" als auch "hangabwärts" 1.8 dB.

Vergleicht man nun die Tempo-50-Regime mit der Tempo-30-Regime Situation, hat somit nicht nur die Temporeduktion einen massgeblichen Einfluss auf den Pegel, sondern auch der Fahrzeugmix der N2-Fahrzeuge. Im Mischverkehr relativiert sich der Einfluss, da die Anzahl der Fahrzeuge im Vergleich zum N1 Anteil gering ist.

Die SPB-Messungen zeigen bei der vorliegenden Situation für PW's eine Pegelreduktion von ca. 2 - 3 dB.

Im Mischverkehr ergibt sich für die Situation hangaufwärts ebenfalls eine Pegelreduktion in dieser Grössenordnung. Für die Situation hangabwärts ergibt sich im Mischverkehr keine Pegelreduktion.

⁵ Die "Genauigkeit" des Mittelwertes wird mittels der Varianz respektive der Standardabweichung des Mittelwertes bezeichnet. Basierend auf den Standardabweichungen der N2 Messungen (vgl. Anhang 1, Tab. 3) wird Varianz der einzelnen Messungen berechnet ($m_x = s/\sqrt{n}$) respektive die Varianz bzgl. der Pegeldifferenz $m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$.

3.3.3 Stichproben-Emissionsmessung (SEM)

Definition

Das SEM-Verfahren ist ein vereinfachtes, nicht normiertes Verfahren. Gemessen wird strassennah der Leq aller Fahrzeuge bei gleichzeitiger Verkehrszählung (analog Immissionsmessungen).

Messanordnung

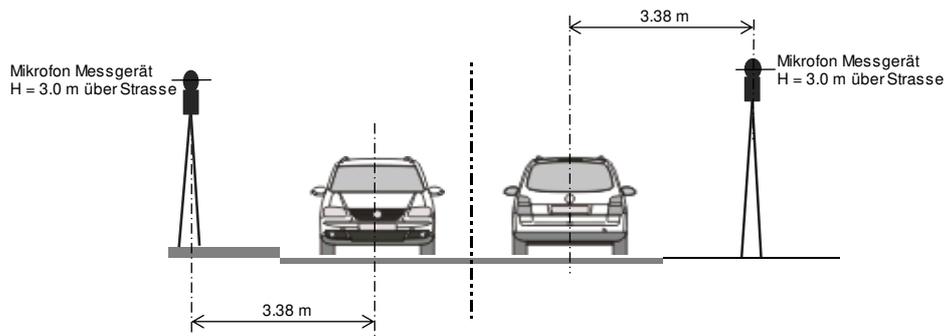


Abb. 15: Messanordnung SEM-Messungen

Messdaten

Die Messungen wurden sowohl während der Phase 0 als auch während der Phase 2 durchgeführt:

- Messungen Phase 0: 21.07.2016
- Messungen Phase 2: 12.04.2017

Die Messungen der Phase 2 wurden rund 3 Wochen nach der Demarkierung der Mittellinie durchgeführt.

Auswertung und Resultate

Die akustische Wirkung der Geschwindigkeitsreduktion (Gesamtverkehr N1 und N2) wird aus der Differenz der Vorher- und Nachhermessungen ermittelt. Ausgewiesene Pegel und Pegeldifferenzen im Mischverkehr (N1+N2) sowie unter Berücksichtigung der effektiven Geschwindigkeitsdifferenz von 13 km/h.

	Hangaufwärts		Hangabwärts	
	Tempo-50-Regime [dB]	Tempo-30-Regime [dB]	Tempo-50-Regime [dB]	Tempo-30-Regime [dB]
Leq (gemessen)	65.7	63.6	66.0	62.9
	T50: 65.9		T30: 63.3	

Tabelle 7: Zusammenfassung der Messergebnisse der SEM-Messungen

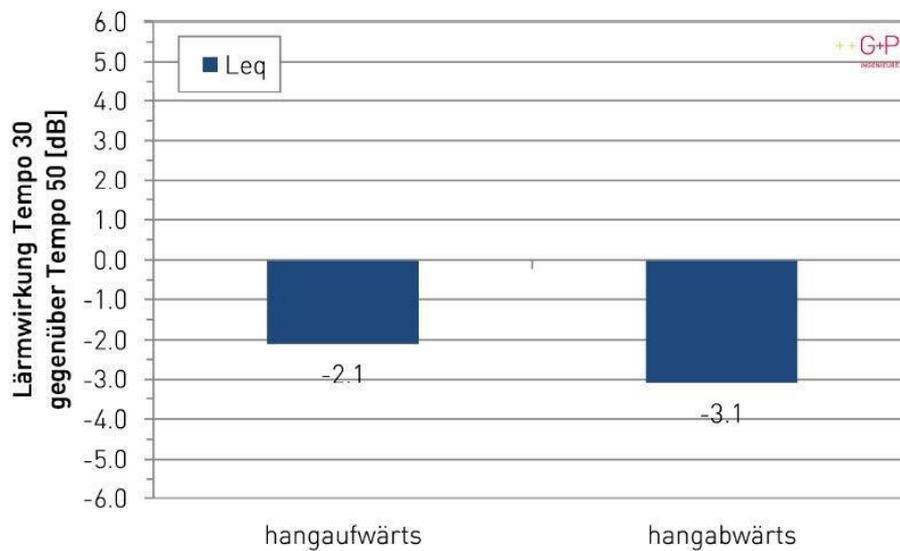


Abb. 16: Lärmwirkung Tempo-30-Regime gegenüber Tempo-50-Regime gemäss SEM-Messung

Kommentar

- Die SEM-Messungen zeigen für die Tempo-30-Regime-Situation eine Lärmwirkung von -2.1 dB hangaufwärts und von -3.1 dB hangabwärts. Im Mittel ergibt sich eine Lärmwirkung von -2.6 dB.
- Bei der Tempo-50-Regime-Situation ergibt sich kein signifikanter Unterschied im Emissionspegel zwischen hangaufwärts und hangabwärts.
- Die SEM-Messungen zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den Immissionsmessungen (vgl. Kap. 3.2).

Die SEM-Messungen zeigen bei der vorliegenden Situation eine Pegelreduktion von ca. 2 - 3 dB im Mischverkehr.

3.4 Einfluss Einengung (Poller)

3.4.1 Ausgangslage

Um festzustellen, ob Anhaltenmanöver mit anschließendem Wegfahren zu einer erhöhten Lärmbelastung im Bereich der seitlichen Einengungen (Poller) führen, wurden Parallelmessungen im Bereich des Pollers durchgeführt.

3.4.2 Messanordnung

Querschnitt

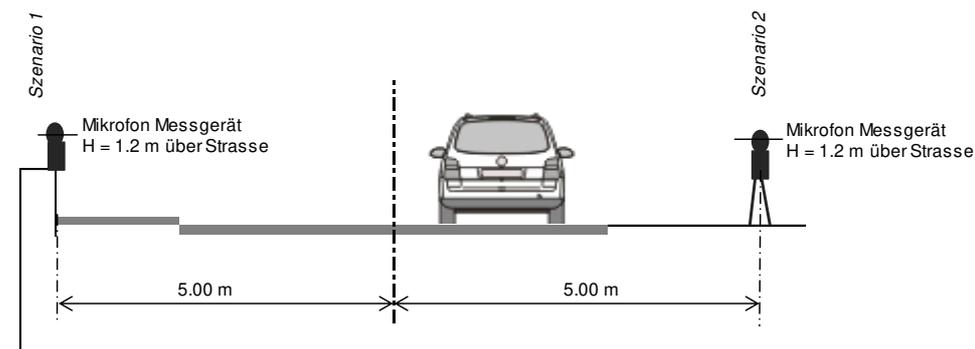


Abb. 17: Messanordnung Messungen Einfluss Einengungen

Situation

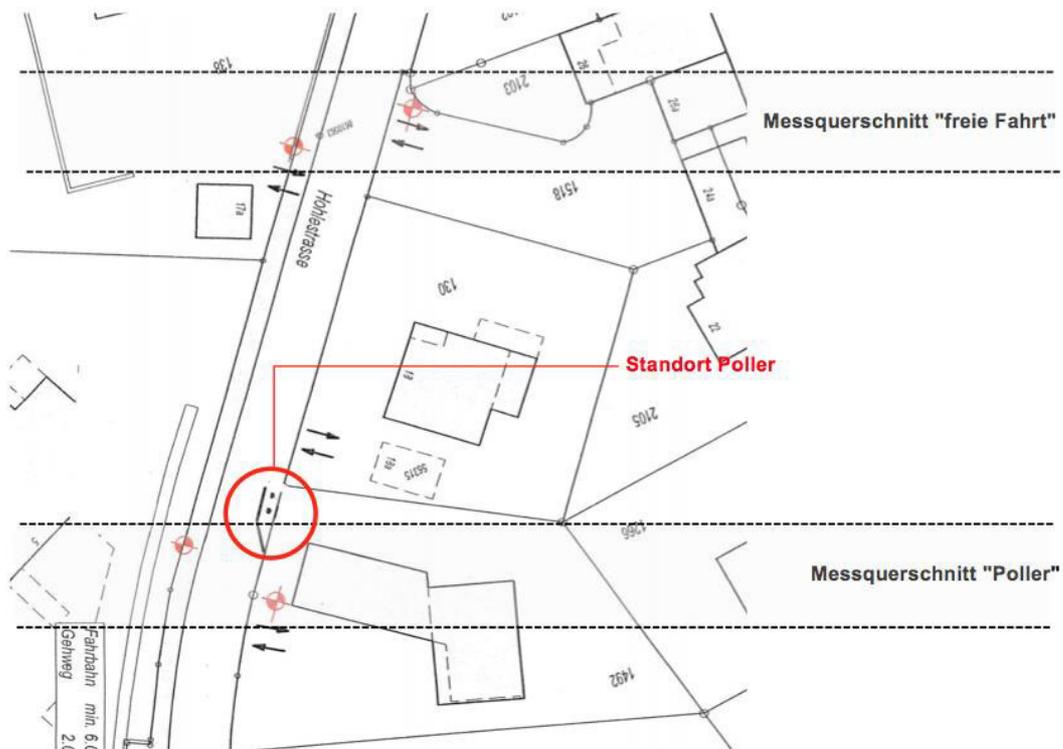


Abb. 18: Situation mit Messanordnung Messposition "Poller" und Messposition "freie Fahrt"

3.4.3 Messdaten

- Messungen Phase 3: 13.06.2017 und 15.06.2017

Die Messungen wurden rund 3 Wochen nach Erstellen der Einengungen / Poller durchgeführt.

3.4.4 Auswertung und Resultate

Um die akustische Wirkung des Pollers festzustellen, wurden insgesamt 3 Parallelmessungen zu unterschiedlichen Tageszeiten (vgl. Tabelle 8) im unmittelbarem Bereich des Pollers und auf freier Strecke vorgenommen und miteinander verglichen (vgl. Kap. 3.3.2 Messanordnung).

Mischverkehr "Poller" + "freie Fahrt"

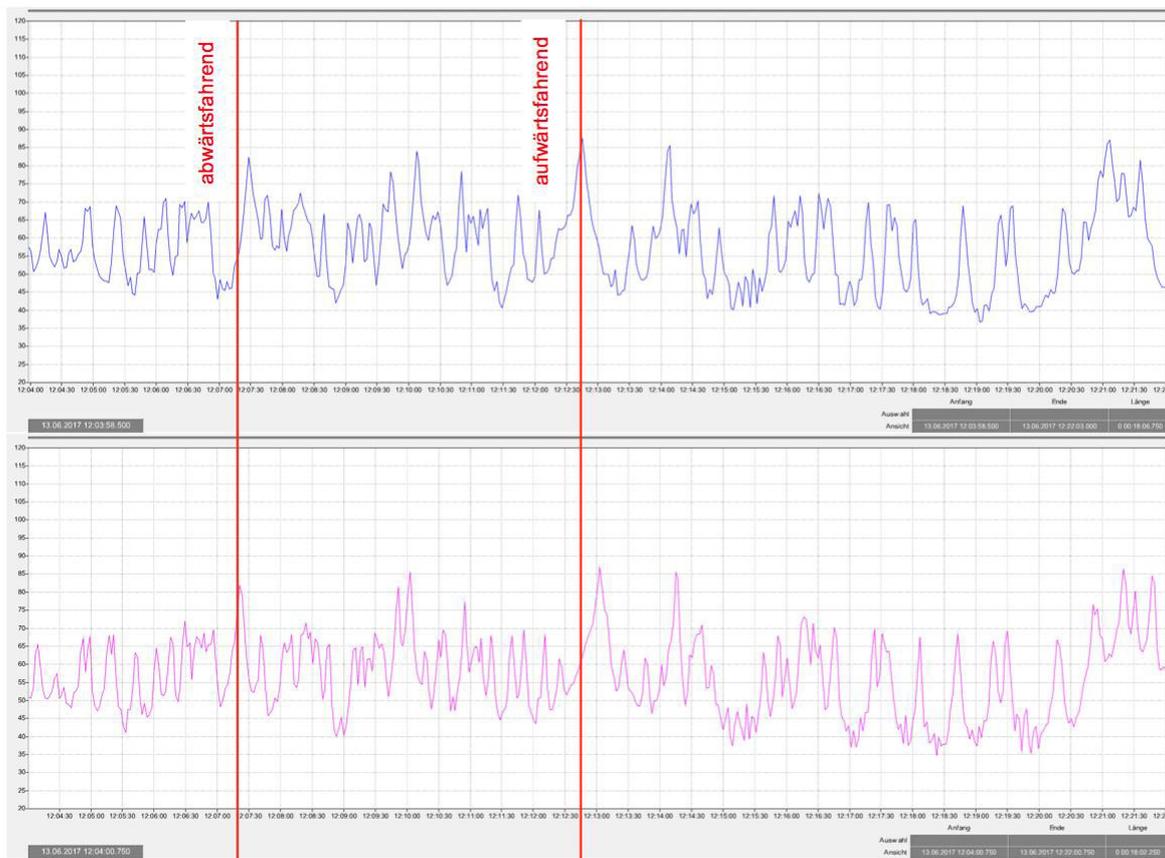


Abb. 19: Pegelschrieb Mischverkehr "Poller" oben und Mischverkehr "freie Fahrt" unten

Kommentar

Die beiden Pegel-Zeitverlauf-Abbildungen zeigen - unter Berücksichtigung einer zeitlichen Verzögerung aufgrund der verschiedenen Mikrofonstandorte - ein sehr ähnliches Bild.

Vergleich

Szenario	Messzeit [Zeit]	Poller		Freie Fahrt		Delta	
		Leq [dBA]	Lmax [dBA]	Leq [dBA]	Lmax [dBA]	Leq [dBA]	Lmax [dBA]
Szenario 1	10:23 – 10:47	67.2	86.4	67.1	86.6	+ 0.1	- 0.2
Szenario 2	12:04 – 12:22	70.3	89.7	69.8	89.5	+ 0.5	+ 0.2
Szenario 2	06:38 – 07:05	64.3	87.8	64.8	88.7	- 0.5	- 0.9

Tabelle 8: Mittelungspegel und Pegeldifferenzen

Legende

Szenario 1: Mikrofonstandorte Trottoirrand (Ost)

Szenario 2: Mikrofonstandorte 2.0 m ab Strassenrand (West)

} siehe Abb. 17

3.4.5 Zusammenfassung / Fazit

- Die lärmtechnischen Auswirkungen des Pollers können in Bezug auf den Beurteilungspegel (Lr) als nicht wahrnehmbar (< 1 dBA) eingestuft werden.
- In Bezug auf den max. Pegel ist die "freie Fahrt" in der Tendenz lauter. Die Differenzen betragen jedoch < 1 dB.
- Einzelereignisse (Anfahren LW) können u.U. in unmittelbarer Umgebung eines Pollers als störend empfunden werden.

Die lärmtechnischen Auswirkungen des Pollers können, in Bezug auf den Beurteilungspegel, als nicht wahrnehmbar eingestuft werden und sind somit aus lärmtechnischer Sicht kein "No-go".

3.5 Vergleich Pegel-Zeitverlauf T50 / T30

3.5.1 Ausgangslage

Je schneller der Schalldruckpegel eines Lärmereignisses ansteigt, umso ausgeprägter sind die physiologischen Reaktionen einer schlafenden Person und umso störender wird der Lärm empfunden (vergl. ELKB [4] Brink et al., 2008). Tiefere Maximalpegel und geringere Flankensteilheit führen somit zu weniger Aufwachreaktionen.

Um die Veränderungen der Maximalpegel oder Anstiegsgeschwindigkeit, bzw. Flankensteilheit, des Schallpegels zu dokumentieren wurden genormte Messungen (d.h. mit dem selben PW) an einem alternativen Messstandort⁶ (in einer Steigung in ähnlicher Grössenordnung wie die Hohlestrasse) mittels Einzeldurchfahrten durchgeführt.

3.5.2 Messanordnung

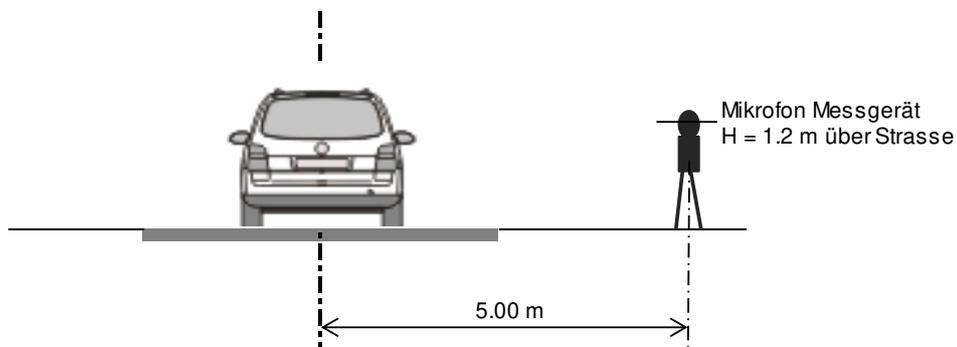


Abb. 20: Messanordnung Messung "ungestörte" Durchfahrtspegel

3.5.3 Messdatum

- Messungen: 14.08.2017

⁶ Messstandort: Steigung $i = \text{ca. } 10.5\%$ Grobkoordinate: 607'686 / 202'348

3.5.4 Auswertungen und Resultate

Vorbeifahrtspegel, $i = 10.5\%$, aufwärts

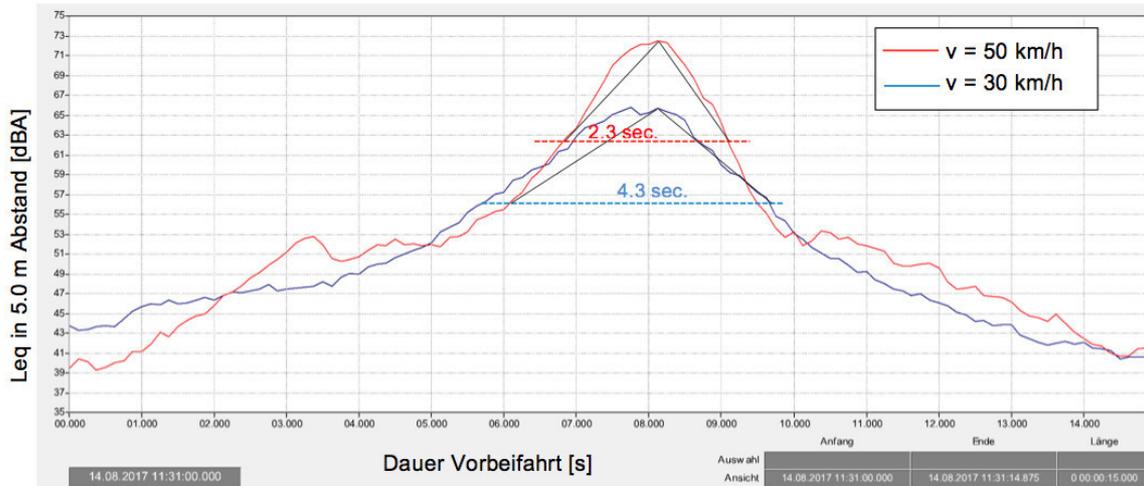


Abb. 21: Pegel-Zeitverlauf von zwei PW-Vorbeifahrten mit 50 bzw. 30 km/h. Die gestrichelte Linie markiert 10 dB(A) unter dem Maximalpegel.

Vorbeifahrtspegel, $i = 10.5\%$, abwärts

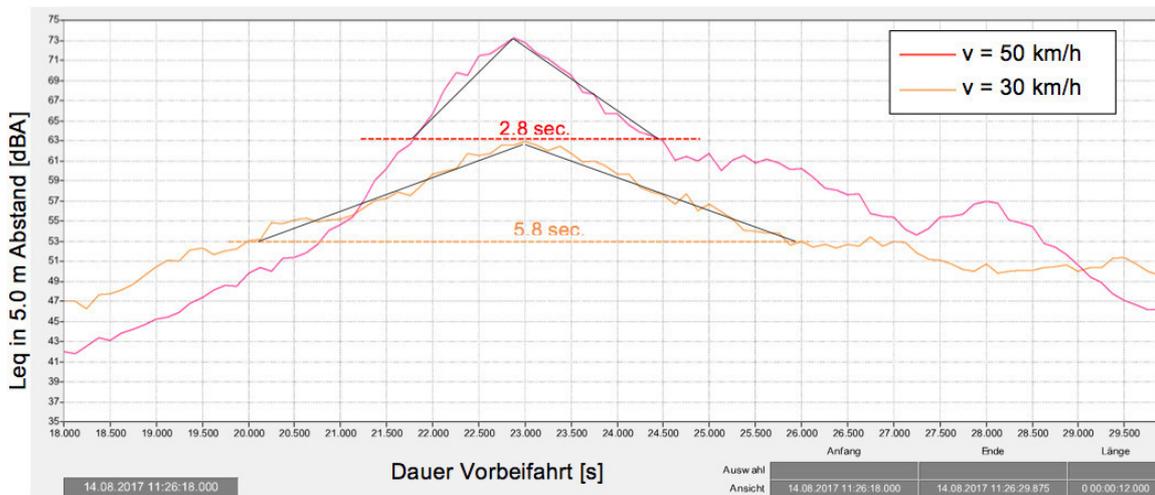


Abb. 22: Pegel-Zeitverlauf von zwei PW-Vorbeifahrten mit 50 bzw. 30 km/h. Die gestrichelte Linie markiert 10 dB(A) unter dem Maximalpegel.

3.5.5 Zusammenfassung / Fazit

- Der Pegel-Zeitverlauf von zwei PW-Vorbeifahrten mit 50 bzw. 30 km/h zeigt sowohl beim Fahrscenario "aufwärts" als auch beim Fahrscenario "abwärts" einen deutlich weniger steilen Anstieg des Schalldruckpegels bei Tempo-30-Regime.
- Die genormten Vorbeifahrtmessungen zeigen, dass die Maximalpegel bei einer Durchfahrt mit $v = 30$ km/h gegenüber einer Durchfahrt mit $v = 50$ km/h sichtbar tiefer liegen.

Der Maximalpegel und die Flankensteilheit sind bei einer Vorbeifahrt mit 30 km/h im Vergleich zu 50 km/h auch in einer Steigungsstrecke sichtbar geringer.

3.6 Forschungsauftrag Tempo 30

3.6.1 Ausgangslage

Abschätzungen der potentiellen Lärmabnahme durch Temporeduktionen im niedrigen Geschwindigkeitsbereich basieren heute oft auf Berechnungen mittels Standardmodellen. Die für die Schweiz gültigen Strassenlärm-Emissionsmodelle StL86+ und SonRoad sind jedoch nicht für diesen Geschwindigkeitsbereich und die Besonderheiten von Tempo-30-Regime Situationen ausgelegt. Es fehlen somit die Grundlagen um zuverlässige Prognosen zur Lärmwirkung von Verkehrsberuhigungsmassnahmen, respektive der Einführung von Tempo 30, vornehmen zu können (vgl. Forschungsbericht [5]).

Im Rahmen des Forschungsprojektes VSS 2012/214 [5] wurden Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30 ausgearbeitet, um zukünftig zuverlässigere Prognosen bezüglich des Lärminderungspotentials für niedrige Geschwindigkeiten zu gewährleisten. Der Forschungsbericht wurde im Frühjahr 2017 publiziert.

3.6.2 Wirkungsanalyse

Im Folgenden werden, basierend auf dem Forschungsprojekt [5], die Lärmwirkung einer Temporeduktion für eine Steigungsstrecke (analog der Hohlestrasse) und zwei Tempo-30-Regime Szenarien in flacher Strecke prognostiziert und miteinander verglichen (vgl. Anhang 1, Bericht G+P).

Die Lärmwirkung der Temporeduktion in der Steigungsstrecke wird anhand der gemäss Geschwindigkeitsmessungen ermittelten Temporeduktion ($\Delta = 13$ km/h) dokumentiert.

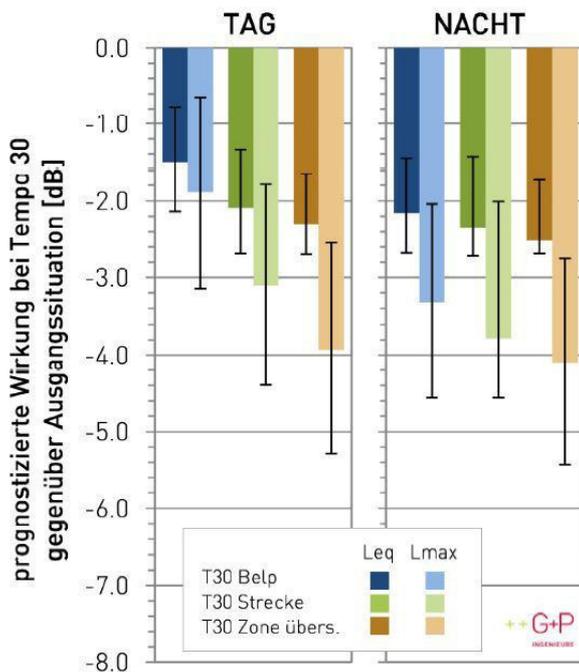


Abb. 23: Prognostizierte Wirkung bei Tempo 30 gegenüber Ausgangssituation gemäss VSS 2012/214 [5]

Erklärungen Zonentypen

Situation Tempo 30	Erklärung
 T30 Belp	Situation Hohlestrasse Belp, mit effektiver Geschwindigkeitsreduktion gemäss Verkehrsversuch (Delta = 13 km/h)
 T30 Strecke	Tempo 30 Situationen ohne begleitende Massnahmen und ohne Zonengestaltung (nur Geschwindigkeitssignalisation).
 T30 Zone übersichtlich	Tempo 30 Situationen, welche mit begleitenden Massnahmen und einer übersichtlichen Zonengestaltung umgesetzt sind, die das Kreuzen von Fahrzeugen im Allgemeinen ermöglichen (z.B. Mehrzweckstreifen).

Kommentar

- Die modellierte Wirkung nach VSS 2012/214 der Situation Hohlestrasse beträgt am Tag -1.5 dB und in der Nacht -2.2 dB.
- Im Vergleich zu Tempo 30 Situationen in ebenem Terrain ist die Lärmwirkung der Situation an der Hohlestrasse nach VSS 2012/214 um etwa 0.5 bis 1 dB tiefer.

Die modellierte Wirkung beträgt am Tag -1.5 dB und in der Nacht -2.2 dB und unterschätzt die effektive, messtechnisch nachgewiesene, Wirkung an der Hohlestrasse geringfügig.

3.7 Zusammenfassung / Fazit

Die Untersuchungsergebnisse des Versuchs, respektive der alternativen Berechnungsmodelle, können wie folgt zusammengefasst werden:

Die 3 Arten von Lärmmessungen⁷ zeigen untereinander eine gute Übereinstimmung der Lärmwirkung. Durch die Einführung von Tempo 30 konnte auf der Hohlestrasse die mittlere Geschwindigkeit um ca. 13 km/h gesenkt und somit eine **Pegelreduktion von 2-3 dBA** erreicht werden. Gemäss den Erkenntnissen der VSS Studie „Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30“ ist für eine weitere Geschwindigkeitsabnahme jedoch keine lineare Wirkungszunahme zu erwarten, da weitere Geschwindigkeitsreduktionen durch zusätzliche begleitende Massnahmen (wie z.B. Horizontalversatz etc.) erreicht werden müssten. Dies führt im Allgemeinen zu unstetigerem Fahrverhalten, was die durch die Geschwindigkeitsabnahme erreichte Lärmwirkung teilweise kompensiert (vgl. Bericht G+P, Anhang 2 und Forschungsbericht [3]).

Die verschiedenen Berechnungsmodelle zeigen eine prognostizierte **Pegelreduktion von 1-2 dBA**.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die verschiedenen Berechnungsmodelle die Wirkung in der Tendenz leicht unterschätzen und die Lärmmessungen eine um ca. 1 dB bessere Wirkung für Tempo-30-Regime zeigen.

Es konnte, trotz einer Steigung von knapp 10%, in der Tempo-30-Regime Situation messtechnisch eine Lärmwirkung von 2-3 dB festgestellt werden, was als knapp wahrnehmbar bis wahrnehmbar eingestuft werden kann.

⁷ Immissionsmessungen / SEM-Emissionsmessungen / SPB-Emissionsmessungen

4.1.2 Auswirkungen

In nachfolgender Tabelle werden die Auswirkungen auf die Lärmsituation (innerhalb des Projektperimeters) aufgezeigt. Die entsprechenden Lärmwirkungen von Tempo-30-Regime sind im Kap. 3 dokumentiert.

Was	Wirkung	Anzahl Liegen- schaften [Stk.]	Anzahl IGW- Überschreitungen		Anzahl IGW- Überschreitungen		Delta [Stk.]	
			T50		T30			
			[Stk.]	[%]	[Stk.]	[%]		
Lärmsanierungsprojekt StL-86+	2029	-1.8	25	15	60	14	56	-1
sonRoad	2029	-1.2	25	15	60	14	56	-1
CNOSSOS	2029	-2.3	25	15	60	13	52	-2
Messungen	2029	-2.5	25	15	60	13	52	-2

LSP Hohlestrasse
Basis StL-86+

Tabelle 9: Auswirkungen auf die Lärmsituation aufgrund der prognostizierten Lärmwirkungen der verschiedenen Methoden

Bemerkung Wirkung Messungen

Die diversen Messungen zeigen eine Pegelreduktion in der Grössenordnung von 2-3 dB. In die Berechnungen wurde eine Wirkung 2.5 dB eingesetzt.

4.1.3 Zusammenfassung / Fazit

Mit den prognostizierten Lärmwirkungen gemäss den Untersuchungen aus Kapitel 3 kann die Anzahl der Liegenschaften mit IGW-Überschreitungen innerhalb des Projektperimeters um 1-2 Liegenschaften (respektive ca. 10%) reduziert werden.

4.2 Auswirkungen Einbahnregime auf Lärmsituation

4.2.1 Ausgangslage

Im Rahmen einer Zusatzuntersuchung ist abzuklären, inwiefern sich ein allfälliges Einbahnregime in der Hohlenstrasse auf die Lärmsituation auswirkt. Dabei würde die Hohlenstrasse in Fahrtrichtung Belp Dorf befahrbar sein.

4.2.2 Auswirkungen

Es wird davon ausgegangen, dass sich der Verkehr heute etwa hälftig auf die beiden Fahrtrichtungen aufteilt. Die quellennahen Emissionsmessungen (Tempo 50) haben gezeigt, dass es keine signifikanten Unterschiede bzgl. Quellenwert für die abwärtsfahrenden respektive aufwärtsfahrenden Fahrzeuge gibt. Mit der Halbierung des Verkehrs ergibt sich somit eine Pegelreduktion um -3 dB.

Mit einer unveränderten Geschwindigkeitssignalisation von $v = 50$ km/h ergeben sich folgende Auswirkungen auf die Lärmsituation entlang der Hohlenstrasse:

Temporegime 50 mit Einbahnverkehr

Was	Wirkung	Anzahl Liegenschaften	Anzahl IGW-Überschreitungen T50		Anzahl IGW-Überschreitungen Einbahnregime T50		Delta
			[Stk.]	[Stk.] [%]	[Stk.]	[Stk.] [%]	
Lärmsanierungsprojekt StL-86+	2029 -3.0	25	15	60	11	44	-4

LSP Hohlenstrasse
Basis StL-86+

Tabelle 10: Auswirkungen auf die Lärmsituation aufgrund Temporegime 50 mit Einbahnverkehr

Kommentar

- Mit einem Einbahnregime können (unabhängig vom Ausgangszustand) die Immissionen wahrnehmbar um 3 dB gesenkt werden.
- Mit der prognostizierten Lärmwirkung von -3 dB kann die Anzahl der Liegenschaften mit IGW-Überschreitungen innerhalb des Projektperimeters um 4 Liegenschaften (respektive ca. 25%) reduziert werden.

Temporegime 30 mit Einbahnverkehr

Die quellennahen Emissionsmessungen (Tempo-30-Regime) haben gezeigt, dass die hangaufwärts-fahrenden Fahrzeuge etwas lauter sind als die hangabwärtsfahrenden Fahrzeuge. Unter Berücksichtigung der Verkehrshalbierung ergibt sich eine theoretische Pegelreduktion von -3.4 dB für die Tempo-30-Regime Situation.

Mit einem Tempo-30-Regime ergeben sich unter Berücksichtigung der verschiedenen Lärmwirkungen der einzelnen Berechnungsmethoden respektive Messungen folgende Auswirkungen auf die Lärmsituation entlang der Hohlestrasse:

Was		Wirkung	Anzahl Liegen-schaften [Stk.]	Anzahl IGW-Überschreitungen T50		Anzahl IGW-Überschreitungen Einbahnregime T30		Delta [Stk.]
				[Stk.]	[%]	[Stk.]	[%]	
Lärmsanierungsprojekt StL-86+	2029	-5.2	25	15	60	8	32	-7
sonRoad	2029	-4.6	25	15	60	8	32	-7
CNOSSOS	2029	-5.7	25	15	60	6	24	-9
Immissionsmessungen	2029	-6.0	25	15	60	3	12	-12

LSP Hohlestrasse
Basis StL-86+

Tabelle 11: Auswirkungen auf die Lärmsituation aufgrund der prognostizierten Lärmwirkungen der verschiedenen Methoden

Kommentar

- Mit einem Einbahnregime und gleichzeitiger Temporeduktion auf 30 km/h können die Immissionen deutlich wahrnehmbar um 5-6 dBA gesenkt werden.
- Mit den prognostizierten Lärmwirkungen kann die Anzahl der Liegenschaften mit IGW-Überschreitungen innerhalb des Projektperimeters um 7 bis max. 12 Liegenschaften (respektive ca. 45 - 80%) reduziert werden.

4.2.3 Auswirkungen auf umliegende Strassenteilstücke

Im Folgenden wird dokumentiert wie sich ein allfälliges Einbahnregime auf die umliegenden Strassenteilstücke auswirkt (Lärmpegelzunahme infolge des Mehrverkehrs). Es wurde folgende 2 Szenarien untersucht:

- Szenario 1: 100% des Verkehrs verkehrt via Steinbachstrasse und Seftigenstrasse.
- Szenario 2: 50% des Verkehrs verkehrt via Steinbachstrasse und Seftigenstrasse; 50% via Rubigenstrasse und Mühlestrasse

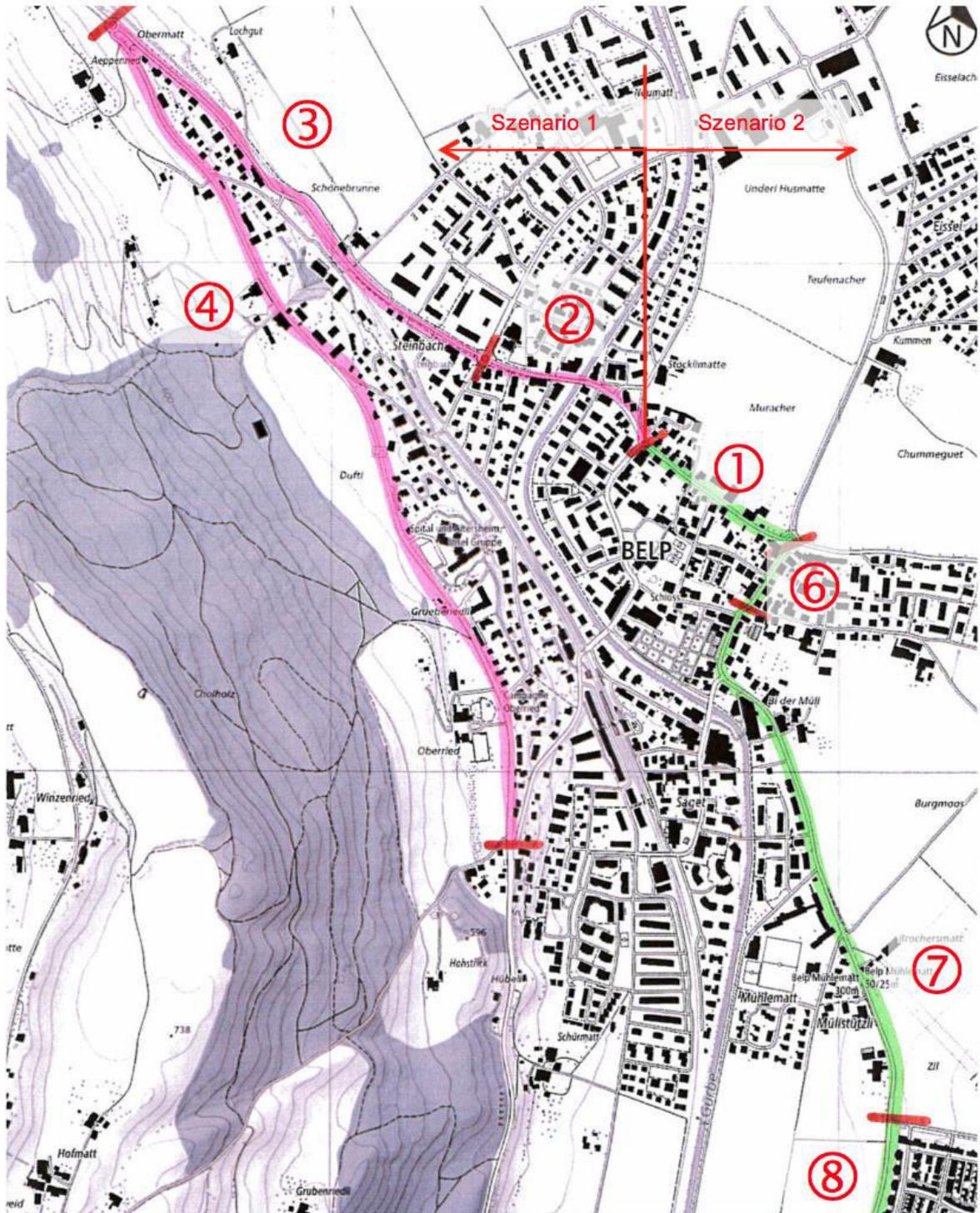


Abb. 25: Übersicht Verkehrsumlagerungen Szenario 1+2 und Bezeichnung Strassenteilstücke

Lärmpegelzunahme Szenario 1

Nr.	Prognose 2029					Prognose 2029 mit Umlagerungen					Lärmpegelzunahme	
	DTV	Nt2	Nn2	Lre T+N		DTV	Nt2	Nn2	Lre		[dBA]	[dBA]
	[Fz./Tag]	[%]	[%]	[dBA]	[dBA]	[Fz./Tag]	[%]	[%]	[dBA]	[dBA]		
2	15'800	5.0	3.0	77.8	69.0	19'300	5.0	3.5	78.7	70.1	0.9	1.1
3	12'400	7.0	6.0	77.4	69.0	15'900	6.6	6.0	78.4	70.1	1.0	1.1
4	5'000	8.0	4.0	73.8	64.4	8'500	6.8	4.8	75.7	67.0	1.9	2.6

Tabelle 12: Lärmpegelzunahmen infolge Verkehrsumlagerungen (Szenario 1)

Lärmpegelzunahme Szenario 2

Nr.	Prognose 2029					Prognose 2029 mit Umlagerungen					Lärmpegelzunahme	
	DTV	Nt2	Nn2	Lre		DTV	Nt2	Nn2	Lre		[dBA]	[dBA]
	[Fz./Tag]	[%]	[%]	[dBA]	[dBA]	[Fz./Tag]	[%]	[%]	[dBA]	[dBA]		
1	17'400	5.0	3.0	78.3	69.4	19'150	5.0	3.5	78.7	70.0	0.4	0.6
2	15'800	5.0	3.0	77.8	69.0	17'550	5.0	3.3	78.3	69.6	0.5	0.6
3	12'400	7.0	6.0	77.4	69.0	14'150	6.8	6.0	78.0	69.6	0.6	0.6
4	5'000	8.0	4.0	73.8	64.4	6'750	7.2	4.5	74.9	65.9	1.1	1.5
6	12'050	8.0	5.0	77.6	68.6	13'800	7.6	5.1	78.1	69.2	0.5	0.6
7	9'150	8.0	6.0	76.4	67.7	10'900	7.5	6.0	77.0	68.5	0.6	0.8
8	5'800	8.0	5.0	74.4	65.4	7'550	7.3	5.2	75.4	66.6	1.0	1.2

Tabelle 13: Lärmpegelzunahmen infolge Verkehrsumlagerungen (Szenario 2)

Kommentar

- Die Verkehrsumlagerungen führen sowohl bei Szenario 1 als auch bei Szenario 2 örtlich zu Zunahmen der Lärmemissionen ≥ 1 dB.

4.2.4 Zusammenfassung und Fazit

Mit einem Einbahnregime können (unabhängig vom Ausgangszustand) die Immissionen wahrnehmbar um ca. 3 dB gesenkt werden. Gleichzeitig führen die Verkehrsumlagerungen bei anderen Strassenteilstücken (im Sinne der Rechtsprechung) zu einer wahrnehmbaren Zunahme der Lärmbelastung.

Art. 9 LSV besagt, dass der Betrieb neuer oder wesentlich geänderter ortsfester Anlagen nicht dazu führen darf, dass infolge der Mehrbeanspruchung von Verkehrsanlagen neu die Immissionsgrenzwerte (IGW) überschritten werden, oder - im Fall einer bereits sanierungsbedürftigen Verkehrsanlage - wahrnehmbar stärkere Lärmimmissionen erzeugt werden. Die Wahrnehmbarkeit ist gemäss Vollzugspraxis des BAFU gegeben, wenn die Pegelzunahme ≥ 1 dBA beträgt.

Können die erwähnten Anforderungen trotz entsprechenden Massnahmen nicht eingehalten werden, so verpflichtet die Vollzugsbehörde die Eigentümer der lärmbelasteten Gebäude, die Fenster lärmempfindlicher Räume gegen Schall zu dämmen (Art. 10 LSV).

Gegen einen Entscheid zu einer Erleichterungsverfügung haben Anwohner eine Verwaltungsgerichtsbeschwerde erhoben, welche das Verwaltungsgericht gutgeheissen hat. Das Tiefbauamt wurde u.A. angewiesen, die Anordnung von Tempo 30 zu prüfen und entsprechende Abklärungen zu tätigen.

Mittels Versuch, alternativen Berechnungsansätzen und Einbezug der neusten Forschungsergebnisse wurde die Lärmwirkung von Tempo-30-Regime untersucht und dokumentiert. Die Untersuchungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Gemäss den verschiedenen Berechnungsmodellen wird eine knapp wahrnehmbare Pegelreduktion von 1-2 dB bei einer Temporeduktion von heute theoretischen $v = 50$ km/h auf neu 30 km/h erwartet.
- Die verschiedenen Lärmmessungen zeigen bei der vorliegenden Situation mit der Änderung vom Tempo-50-Regime zum Tempo-30-Regime, respektive einer effektiven Temporeduktion von ca. 13 km/h, eine knapp wahrnehmbare bis wahrnehmbare Pegelreduktion von 2 - 3 dB.
- Der Maximalpegel sowie die Flankensteilheit sind bei einer Vorbeifahrt mit gefahrenen 30 km/h auch in einer Steigungsstrecke hörbar geringer.
- Die modellierte Wirkung gemäss Forschungsbericht Tempo 30 VSS 2014/214 beträgt am Tag -1.5 dB und in der Nacht -2.2 dB und unterschätzt die Wirkung geringfügig im Vergleich mit den effektiven Emissions- und Immissionsmessungen.
- Mit einem Einbahnregime können (unabhängig vom Ausgangszustand) die Immissionen wahrnehmbar um ca. 3 dB gesenkt werden, führen jedoch örtlich zu wahrnehmbaren Zunahmen⁹ (≥ 1 dB) der Lärmemissionen auf dem angrenzenden Strassennetz.

Es konnte trotz einer Steigung von knapp 10% in der Situation «Tempo-30-Regime» messtechnisch eine Lärmwirkung von 2-3 dB festgestellt werden, was als knapp wahrnehmbar bis wahrnehmbar eingestuft werden kann.

⁹ Wahrnehmbarkeit im Sinne der Rechtsprechung gegeben durch Lärmpegelzunahme von ≥ 1 dBA infolge Verkehrsmengenänderung

TEIL III. FAHRVERHALTEN: GESCHWINDIGKEITEN AN DER HOHLESTRASSE

1 Einleitung

Zwischen der signalisierten und den tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten können je nach Rahmenbedingungen deutliche Abweichungen bestehen. Vor allem bei neuen Tempo-30-Regime-Anordnungen sind deshalb häufig weitere, über die reine Signalisation hinausgehende, Massnahmen erforderlich, um das Geschwindigkeitsniveau auf das angestrebte Mass zu reduzieren.

Um die Massnahmenwirkung hinsichtlich der Fahrgeschwindigkeiten feststellen zu können, wurden zu vier verschiedenen Zeitpunkten vor beziehungsweise während der Versuchsanordnung «Tempo-30-Regime» Radarmessungen entlang der Hohlestrasse durchgeführt. Die Messungen erfolgten während folgender Phasen:

- Phase 0: Vorher-Zustand bei Tempo-50-Regime
- Phase 1: Tempo-30-Regime (nur signalisiert)
- Phase 2: Tempo-30-Regime (mit Massnahmen Demarkierung Leitlinie und Markierungen „30“)
- Phase 3: Tempo-30-Regime (mit Massnahme seitliche Einengungen)
(vgl. Teil I; Kap. 2.3)

Als Vergleichsmass wird in der Regel die V85 bzw. V50 verwendet. Das ist jeweils die Geschwindigkeit, welche von 85% bzw. 50% der gemessenen Fahrzeuge nicht überschritten wird. In der Praxis zeigt sich allerdings, dass diese statistischen Kennwerte alleine nicht ausreichen, um sämtliche Wirkungen hinsichtlich einer Veränderung der Fahrgeschwindigkeiten aufzeigen zu können. Hierfür bedarf es weiterer Detailauswertungen. Methodik und Ergebnisse sowie deren Gegenüberstellung sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Neben der Geschwindigkeitsmessung können mit der Radarerhebung die Verkehrsmengen ermittelt werden. Darüber hinaus wurde im Rahmen der Videoerhebung in Phase 1 das Verkehrsaufkommen sowohl im motorisierten Verkehr als auch im Fuss- und Veloverkehr bestimmt. Die wesentlichen Kennzahlen der Verkehrsmengen sind Teil I; Kap. 2.2 zu entnehmen.

2 Methodik

Die Geschwindigkeitsmessungen wurden durch den Oberingenieurkreis II durchgeführt. Jeweils während sieben ganzen aufeinanderfolgenden Tagen wurde an sechs Standorten mittels Seitenradargeräten das Verkehrsaufkommen und die gefahrenen Geschwindigkeiten erhoben. Dabei wurden jeweils drei Geräte pro Strassenseite eingesetzt, mit denen jeweils beide Fahrrichtungen erhoben wurden. Die Daten wurden durch den Oberingenieurkreis II ausgewertet und zur weiteren Bearbeitung und für Detailauswertungen der verkehrsteiner AG zur Verfügung gestellt. Die Messungen wurden in jeder Phase an den selben Standorten durchgeführt.

3 Messergebnisse

3.1 Übersicht Kennwerte Geschwindigkeitsmessungen

Die nachfolgende Abbildung (Abb. 26) enthält die wesentlichen Kennwerte (V85 und V50) aller Standorte und Phasen. Dargestellt sind jeweils nur die Hauptmessrichtungen der einzelnen Messgeräte.

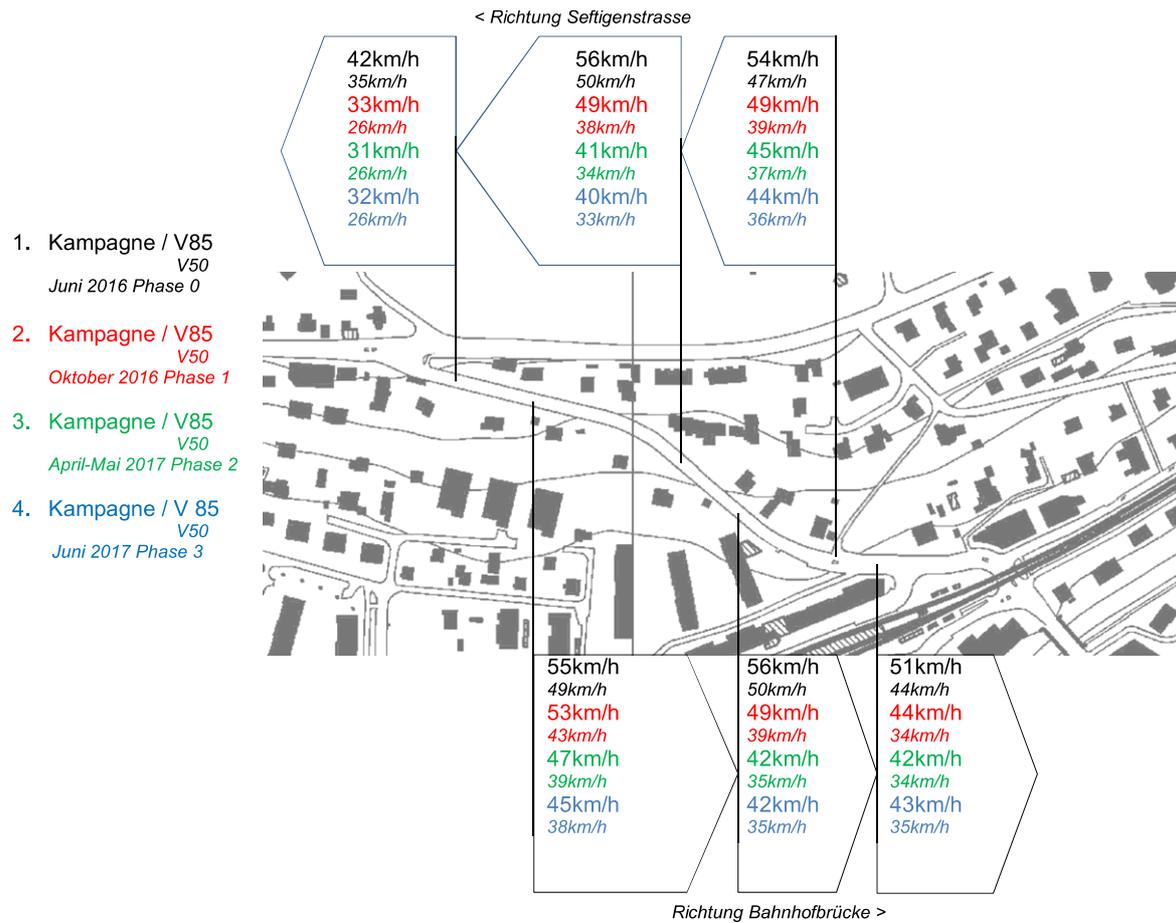


Abb. 26: Zusammenfassung Kennwerte v85 und v50 der Geschwindigkeitsmessungen

Zwischen allen Phasen sind Unterschiede feststellbar:

Phase 0

Beim Tempo-50-Regime lag das Geschwindigkeitsniveau (V85) an fast allen Standorten deutlich über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h, ohne grosse Unterschiede zwischen den beiden Fahrtrichtungen. Lediglich in Fahrtrichtung Seftigenstrasse unmittelbar vor der Einmündung war die V85 mit 42 km/h wesentlich tiefer.

Phase 1

Mit der reinen Signalisation vom Tempo-30-Regime konnte zwar an allen Standorten eine Reduktion des Geschwindigkeitsniveaus erreicht werden, die V85 lag aber an den meisten Standorten weiterhin im Bereich um 50 km/h. Ein der Signalisation entsprechendes Geschwindigkeitsniveau konnte lediglich am Standort unmittelbar vor der Einmündung in die Seftigenstrasse erzielt werden.

Phase 2

Mit dem Tempo-30-Regime inklusive den Massnahmen „Demarkierung Leitlinie“ und „Markierung 30“ verringerte sich das Geschwindigkeitsniveau (V85) durchwegs um einen weiteren Schritt. Mit 41-47 km/h (ausgenommen des Standortes vor der Einmündung in die Seftigenstrasse, an dem die V85 nun 31 km/h betrug) lag die V85 aber weiterhin deutlich über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h.

Phase 3

Mit der Umsetzung der seitlichen Einengungen sollte eine weitere Verringerung der Fahrgeschwindigkeiten erreicht werden, die sich allerdings nicht wie erwartet darstellte. Das anhand der Kennwerte messbare Geschwindigkeitsniveau veränderte sich demnach gegenüber Phase 2 nur geringfügig und lag punktuell sogar über dem Niveau von Phase 2. In diesem Zusammenhang ist allerdings festzuhalten, dass die in Abb. 26 dargestellte Richtung an allen Standorten jeweils die durch die seitliche Einengung weniger beeinträchtigte Fahrtrichtung ist. Ausserdem lag der Verdacht nahe, dass sich die Wirkungen der seitlichen Einengungen mit den Kennwerten V85 und V50 womöglich gar nicht abbilden lassen. Aus diesem Grund wurden die Messungen von Phase 2 und Phase 3 einer Detailbetrachtung unterzogen, um allfällige Wirkungen auf den jeweils stärker beeinträchtigten Gegenrichtungen darstellen zu können (vgl. Teil III; Kap. 3.2).

3.2 Detailauswertungen – Vergleich Phase 2 / Phase 3

Die Wirkung der seitlichen Einengungen (Phase 3) auf die Fahrgeschwindigkeiten konnte anhand der ausgewerteten statistischen Kennwerte gemäss Teil III, Kap. 3.1 nicht ausreichend dargestellt werden. Ein genaueres Bild, ob und welche Wirkungen mit den umgesetzten Massnahmen verbunden sind, liefern die ergänzend durchgeführten Detailauswertungen.

Dabei wurden die Messergebnisse von Phase 2 und Phase 3 sowohl der gemessenen Hauptrichtung als auch der Gegenrichtung an allen Standorten untersucht, indem jeweils die Verteilung der Geschwindigkeitsklassen (in 5 km/h - Schritten) gebildet und einander gegenübergestellt wurden. Für jede der vier seitlichen Einengungen ist nachfolgend dargestellt und beschrieben, welche konkreten Wirkungen mit der Massnahme festgestellt werden konnten.



Abb. 27: Übersicht Phase 3 mit Nummerierung der seitlichen Einengungen

3.2.1 Seitliche Einengung Nr.1 (südöstlich)

Der Vergleich der beiden Grafiken macht zunächst deutlich, dass in Richtung Belp Bahnhof in beiden Phasen deutlich schneller gefahren wurde als in Richtung Thun Seftigenstrasse.

Die seitliche Einengung hatte auf die Geschwindigkeiten in Fahrtrichtung Thun nur geringen Einfluss und führte sogar eher zu einer minimalen Geschwindigkeitszunahme allerdings auf tiefem Niveau, die sich auch in der V85 bemerkbar macht (Abb. 28). Erklärbar ist dies auch durch die Massnahme selbst, da Fahrzeuge in dieser Richtung nicht unmittelbar durch die Einengung beeinträchtigt waren und im Begegnungsfall z.T. eher noch kurz beschleunigten, um den eingengten Bereich zuerst durchfahren zu können.

In Fahrtrichtung Belp hatte die seitliche Einengung hingegen eine deutliche Wirkung auf die Fahrgeschwindigkeiten. Die Grafik zeigt eine klare Verschiebung von den höheren in die tieferen Geschwindigkeitsklassen. Der Effekt lässt sich mit der unmittelbaren Beeinträchtigung durch die seitliche Einengung erklären. Insbesondere im Begegnungsfall mit einem entgegenkommenden Fahrzeug musste die Geschwindigkeit vor der Einengung entsprechend reduziert werden, um im Bereich der Engstelle vorsichtig aneinander vorbeizufahren oder überhaupt abzuwarten, bis das entgegenkommende Fahrzeug den Bereich durchfahren hatte. Hinzu kommt, dass alleine aufgrund der Möglichkeit einer Begegnung die Geschwindigkeit vor der Engstelle reduziert werden musste. Auch ohne Begegnung erfolgte eine Anpassung der Fahrlinie, was meistens ebenfalls mit einer geringfügigen Reduzierung der Geschwindigkeit einherging.

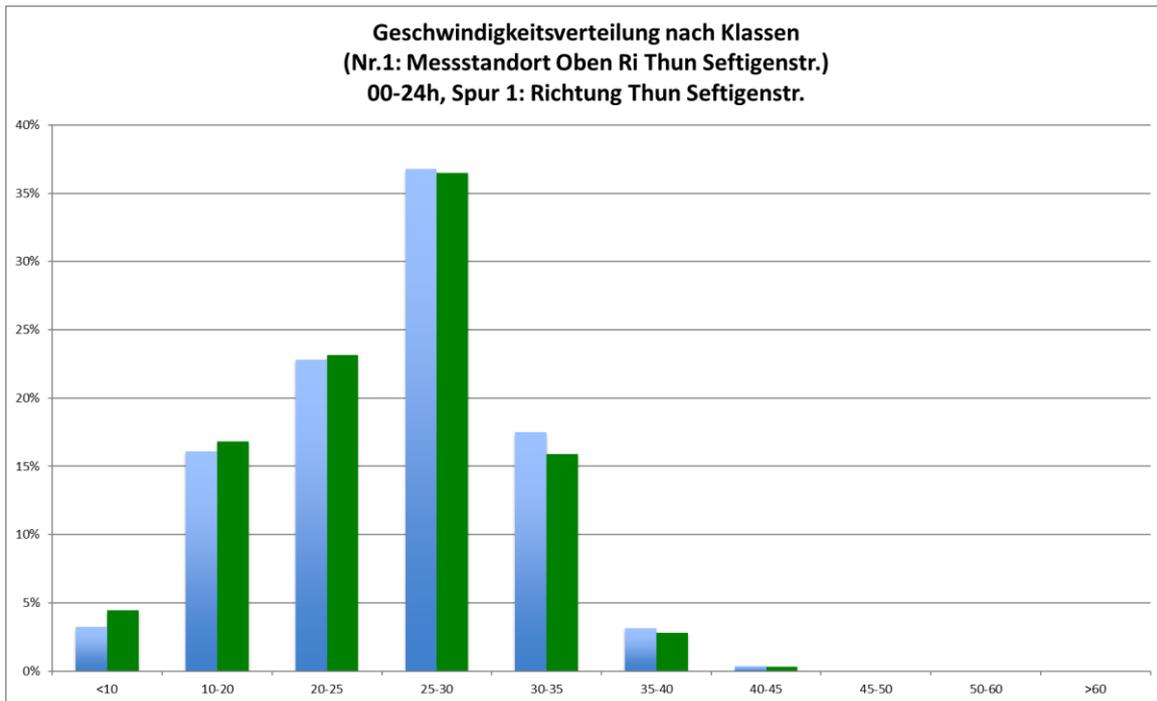


Abb. 28: Einengung 1: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 1 Richtung Thun Seftigenstr.

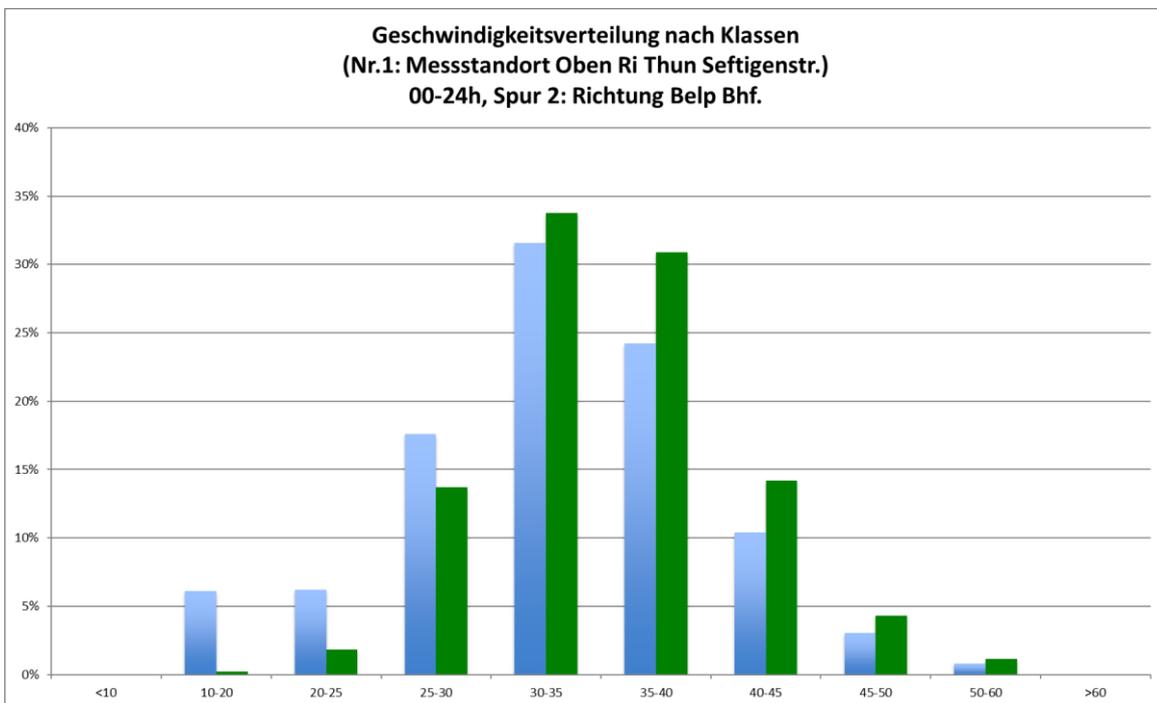


Abb. 29: Einengung 1: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 2 Richtung Belp Bhf.

3.2.2 Seitliche Einengung Nr.2 (südwestlich)

An der zweiten seitlichen Einengung bestehen nur geringfügige Unterschiede der beiden Fahrrichtungen in Bezug auf die Messergebnisse. Sie weisen eine ähnliche Verteilung bei den Geschwindigkeitsklassen auf, wobei in Fahrrichtung Belp tendenziell etwas schneller gefahren wird. Im Gegensatz zur ersten seitlichen Einengung sind in beiden Fahrrichtungen Effekte hinsichtlich einer Geschwindigkeitsminderung von Phase 2 zu Phase 3 feststellbar.

Fahrzeuge in Fahrrichtung Thun Seftigenstrasse wurden unmittelbar durch die Engstelle beeinträchtigt und mussten häufiger, in Erwartung eines möglichen Begegnungsfalls sowie im Begegnungsfall selbst, die Fahrgeschwindigkeit reduzieren oder sogar ganz anhalten, um einem entgegenkommenden Fahrzeug die Durchfahrt durch die Engstelle zu erleichtern oder zu ermöglichen.

In Fahrrichtung Belp Bahnhof waren Fahrzeuge an dieser Stelle zwar nicht unmittelbar durch die seitliche Einengung beeinträchtigt, dennoch konnte auch auf dieser Fahrtrichtung eine Verschiebung von den höheren zu den tieferen Geschwindigkeitsklassen festgestellt werden. Dies ist einerseits durch die Verkehrsabläufe unmittelbar an der seitlichen Einengung zu erklären, weil dort Begegnungen sehr häufig zu beobachten waren. Im Begegnungsfall durchfahren regelmässig Fahrzeuge in Richtung Seftigenstrasse zuerst den Bereich der Einengung durchfahren und bremste somit den Verkehr in Richtung Belp etwas. Andererseits ist für die Geschwindigkeitsreduktion der Fahrzeuge Richtung Belp an dieser Stelle auch die bereits durchfahrene erste seitliche Einengung mitverantwortlich. Dieser zweite Faktor dürfte sogar den grösseren Effekt haben als die beschriebenen Verkehrsabläufe im Begegnungsfall.

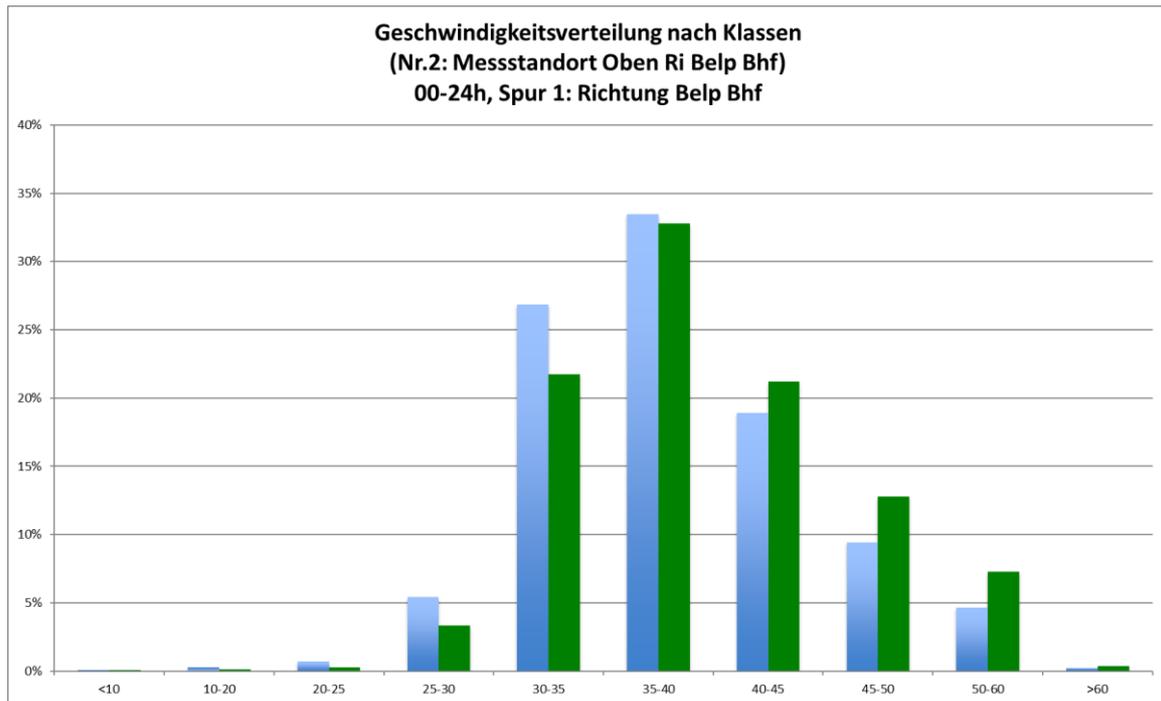


Abb. 30: Einengung 2: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 1 Richtung Belp Bhf.

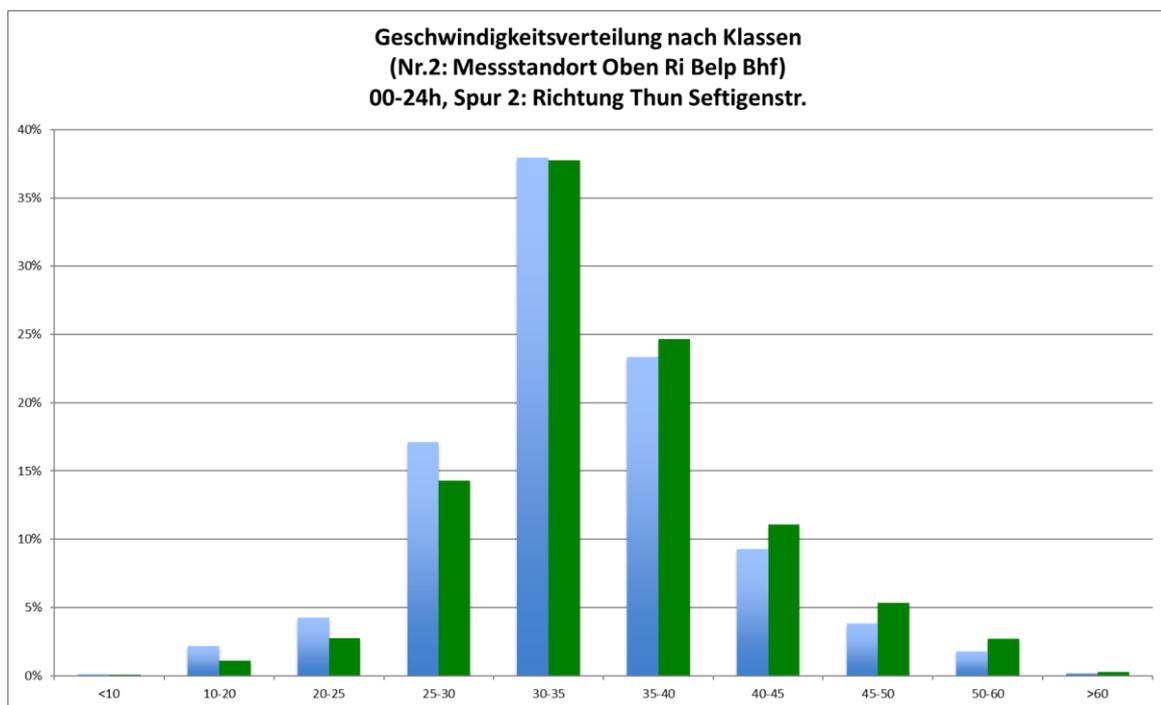


Abb. 31: Einengung 2: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 2 Richtung Thun Seftigenstr.

3.2.3 Seitliche Einengung Nr.3 (nordöstlich)

An der dritten seitlichen Einengung stellt sich die Situation ähnlich wie an der zweiten Einengung dar. Das Geschwindigkeitsniveau bzw. die Verteilung auf die Geschwindigkeitsklassen ist praktisch identisch mit den Ergebnissen von Einengung Nr. 2. Ausserdem konnten ähnliche Minderungseffekte zwischen Phase 2 und Phase 3 festgestellt werden.

Die Gründe für die geschwindigkeitsreduzierende Wirkung der Massnahme dürften sich weitgehend decken, wobei aufgrund der räumlichen Anordnung der seitlichen Einengung, diese in umgekehrter Weise auf die beiden Richtungsfahrbahnen wirkte. An dieser Stelle waren es die Fahrzeuge in Richtung Belp, die unmittelbar von der Einengung beeinträchtigt waren und deshalb in Erwartung einer Begegnung bzw. im Begegnungsfall selbst häufiger abbremsten bzw. sogar anhalten mussten.

In Richtung Thun Seftigenstrasse machten sich neben den Auswirkungen durch Begegnungen auch die Nachwirkungen der in dieser Richtung bereits durchfahrenen seitlichen Einengung Nr. 4 bei den Fahrgeschwindigkeiten bemerkbar.

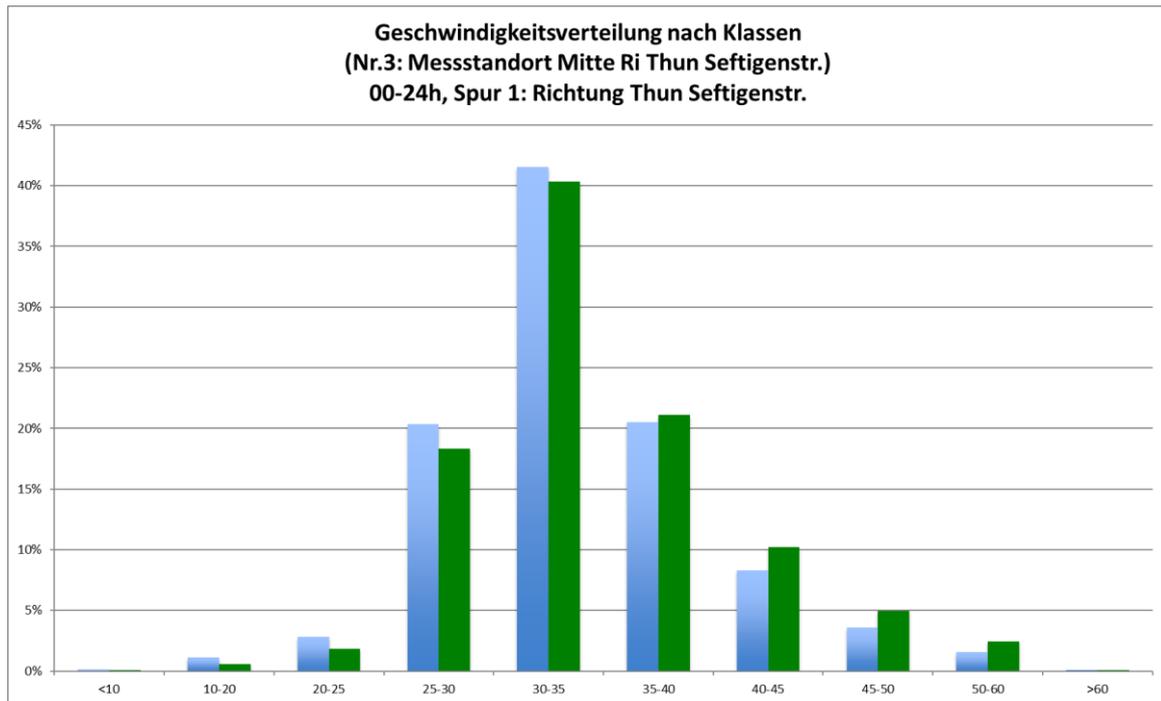


Abb. 32: Einengung 3: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 1 Richtung Thun Seftigenstr.

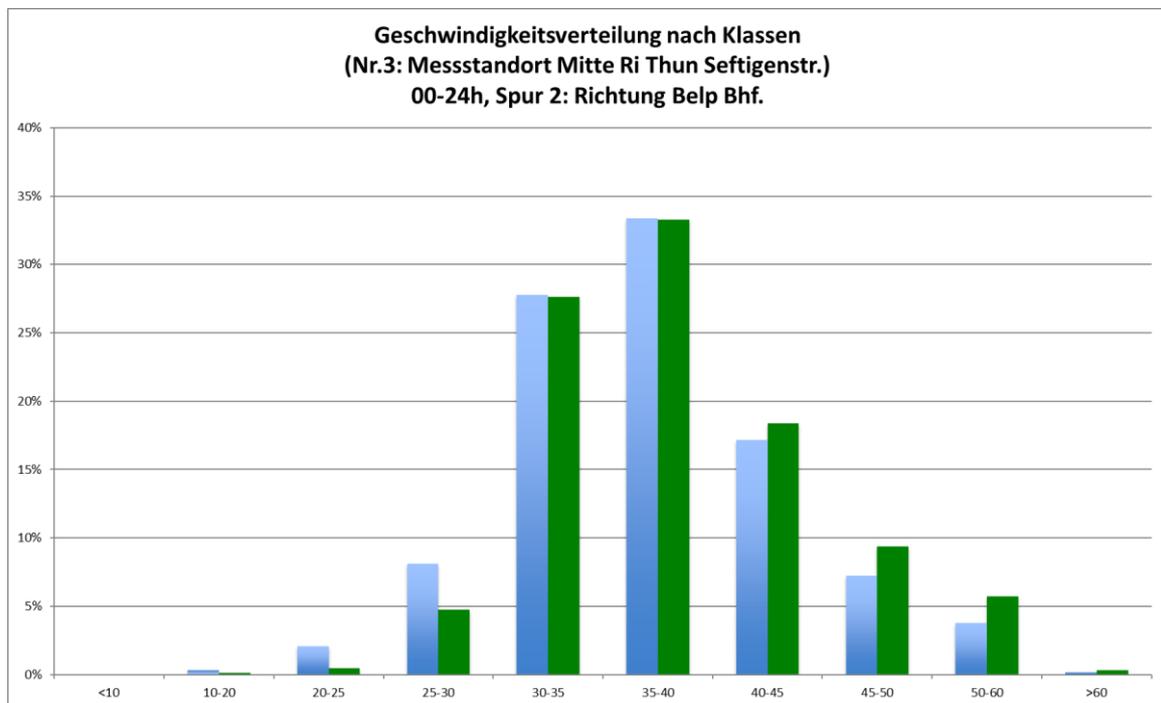


Abb. 33: Einengung 3: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 2 Richtung Belp Bhf.

3.2.4 Seitliche Einengung Nr.4 (nordwestlich)

Zur vierten seitlichen Einengung ist festzuhalten, dass sowohl das Geschwindigkeitsniveau als auch die Verteilung auf die Geschwindigkeitsklassen in beiden Fahrtrichtungen sehr ähnlich sind. Was den Vergleich der Geschwindigkeitsklassenverteilung zwischen Phase 2 und Phase 3 betrifft, konnten allerdings unterschiedliche fahrtrichtungsbezogene Wirkungen festgestellt werden.

In Fahrtrichtung Belp kam es in Phase 3 eher zu einer Verschiebung von den tieferen in die höheren Geschwindigkeitsklassen und somit zu einer Geschwindigkeitszunahme. Es darf durchaus angenommen werden, dass dieser Effekte in Zusammenhang mit den umgesetzten Einengungen steht, indem Fahrzeuglenkende nach der Bewältigung aller am östlichen Fahrbahnrand angeordneten seitlichen Einengungen wieder etwas beschleunigten und somit auch die letzte (westlich angeordnete) Einengung zügiger durchfahren und damit auch verstärkt ihren Vortritt durchsetzen.

In Fahrtrichtung Thun Seftigenstrasse wurden Fahrzeuglenkende unmittelbar durch die Engstelle beeinträchtigt. Sie mussten in Erwartung eines möglichen Begegnungsfalls sowie im Begegnungsfall selbst die Fahrgeschwindigkeit reduzieren oder sogar anhalten, um einem entgegenkommenden Fahrzeug die Durchfahrt durch die Engstelle zu erleichtern. An dieser Einengung (unmittelbar nach einer Rechtskurve und der damit verbundenen Sichteinschränkung auf den Gegenverkehr) mussten Fahrzeuglenkende bereits frühzeitig ihre Geschwindigkeit anpassen, um im möglichen Begegnungsfall noch rechtzeitig reagieren zu können. Dieser Umstand bestätigt sich auch durch das Messergebnis des nächsten, weiter nördlich (auf Höhe des Fussgängerstreifens) befindlichen Messstandort, wo ebenfalls gewisse Minderungseffekte im Vergleich zwischen Phase 2 und Phase 3 festzustellen waren.

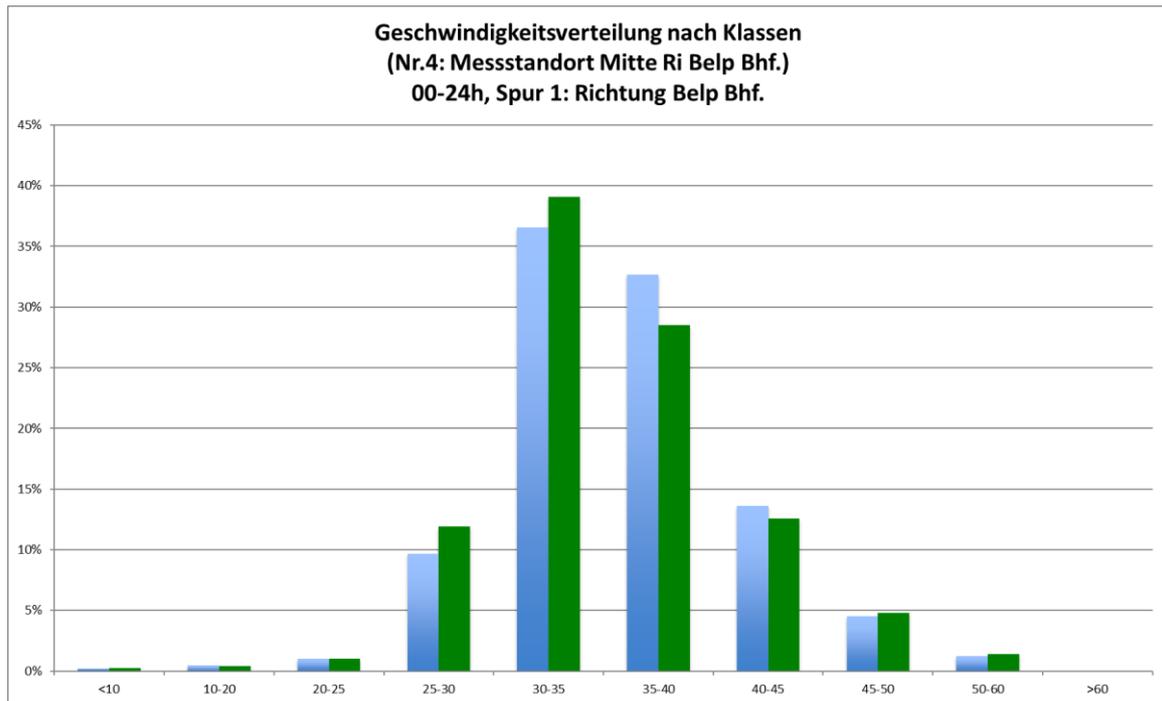


Abb. 34: Einengung 4: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 1 Richtung Belp Bhf.

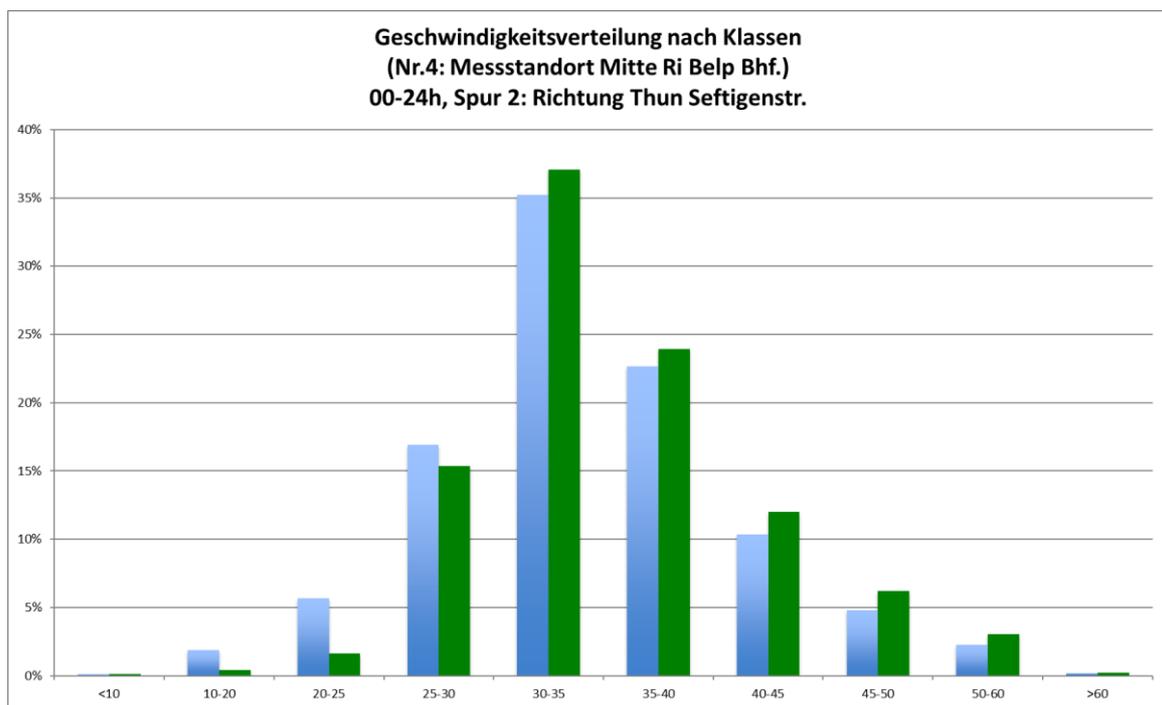


Abb. 35: Einengung 4: Geschwindigkeitsverteilung nach Klassen (Phase 2 vs. Phase 3), Spur 2 Richtung Thun Seftigenstr.

4 Zusammenfassung / Fazit Geschwindigkeiten

Mit der versuchsweisen Anordnung von Tempo-30 konnten die gefahrenen Geschwindigkeiten im Abschnitt Hohlestrasse reduziert werden. Durch die versuchsweise Umsetzung von zusätzlichen Massnahmen (Demarkierung Mittelleitlinie, Bodenmarkierung „30“ und seitliche Einengungen) konnte das Geschwindigkeitsniveau zusätzlich reduziert werden. Eine Besonderheit bilden die umgesetzten seitlichen Einengungen, die zwar insgesamt geschwindigkeitsreduzierend wirken, sich diese Wirkungen aber kaum in den statistischen Kennwerten niederschlagen. Dies vor allem deshalb, weil sich Verschiebungen eher in den tieferen Geschwindigkeitsklassen ergeben, die durch die Kennwerte v85 und v50 nicht abgebildet werden können.

Insgesamt bleibt allerdings festzuhalten, dass das effektive Geschwindigkeitsniveau auch mit den umgesetzten Massnahmen weiterhin deutlich über der versuchsweise angeordneten zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h lag.¹⁰

¹⁰ Handelt es sich um eine Tempo-30-Zone gemäss Art.22a (SSV) muss hingegen die Wirkung der realisierten Massnahmen kontrolliert und allenfalls zusätzliche Massnahmen ergriffen werden (SR 741.213.3: Verordnung über die Tempo-30-Zonen und die Begegnungszonen, Art.6). Für die Streckensignalisation muss grundsätzlich kein Nachweis erbracht werden, dass die Geschwindigkeiten eingehalten werden.

TEIL IV. FAHRVERHALTEN: VERKEHRSSICHERHEIT AN DER HOHLESTRASSE

1 Einführung

Zur umfassenden Beurteilung der einzelnen Massnahmen wurde nebst Lärm und Geschwindigkeiten die Verkehrssicherheit beurteilt. Hierzu wurden während ausgewählten Phasen Videoerhebungen durchgeführt und analysiert.

2 Methodik

2.1 Allgemeines Vorgehen

Die Verkehrssicherheit wurde während der Phase 1 intensiv untersucht. Hierfür wurden während einer Begehung vor Ort die Sichtverhältnisse überprüft und bestehende Defizite in Form einer reduzierten Standardanalyse erfasst. Zusätzlich wurden Videoanalysen durchgeführt. Diese sollten das Verhalten der Verkehrsteilnehmenden zeigen. Die Analyse der Phase 1 entspricht dabei von der Anlage her dem Ausgangszustand (Phase 0). Die festgestellten Defizite in der Analyse der Phase 1 gelten grundsätzlich folglich auch für die Phase 0. Während der Phase 3 wurde nach dem gleichen Prinzip vorgegangen. Hierfür wurden zu vergleichbaren Zeiten, an den selben Standorten wie bei den vorherigen Aufnahmen, erneut Videoerhebungen durchgeführt. Die erfassten Defizite wurden auf Änderungen hin überprüft. Abschliessend wurden die Wirkungen der Massnahmen (unabhängig der signalisierten Geschwindigkeit) im Vergleich von Phase 3 zu Phase 1 beschrieben. Unabhängig davon wurde das Unfallgeschehen überprüft. Während der Phase 2 wurden keine Videoanalyse durchgeführt.

2.2 Grundlagen

- [7] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, Zürich (2017): SN 640 201, Geometrisches Normalprofil, Grundabmessungen und Lichtraumprofil.
- [8] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, Zürich (2016): SN 640 241, Querungen für den Fussgänger- und leichten Zweiradverkehr. Fussgängerstreifen.
- [9] Tiefbauamt des Kantons Bern (Hrsg.) (2017): Standards Kantonsstrassen, Arbeitshilfe. Revidierte Ausgabe, Juni 2017.

2.3 Videoerhebung

Phase 1

Im September 2016 wurden die Videoerhebungen während zwei ganzen Tagen, jeweils an einem Dienstag von ca. 6:00 – 21:00 Uhr bei trockenem Wetter durchgeführt. Die Videos wurden qualitativ ausgewertet. Zusätzlich wurden an einem Standort die Anzahl Zufussgehende, Velofahrende und Motorfahrzeuge während 15 Stunden teilautomatisiert ausgewertet.

Phase 3

Im Juni 2017 wurden die Videoerhebungen während eines ganzen Tages, an einem Dienstag von ca. 6:00 – 21:00 Uhr bei trockenem Wetter durchgeführt. Die nachfolgende Abbildung (Abb. 36) zeigt die Standorte der einzelnen Videokameras. Die Videos wurden qualitativ ausgewertet. Die Auswertungen erfolgten analog den Auswertungen der Phase 1.

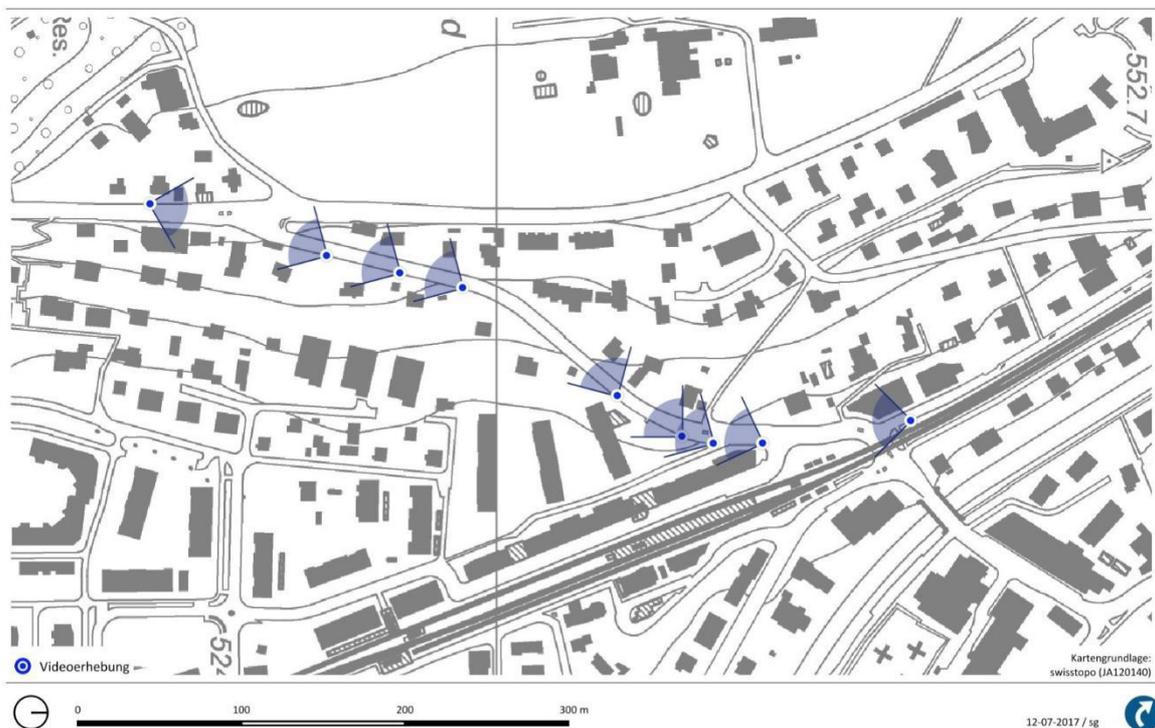


Abb. 36: Übersicht der Kamerastandorte während der Erhebung Phase 3. Die Standorte entsprechen ziemlich genau den Standorten der Erhebung in Phase 1.

3 Unfallanalyse

(Durchgeführt durch Lukas Bähler, DLZ - U+S - FS VTS am 25.09.2017)

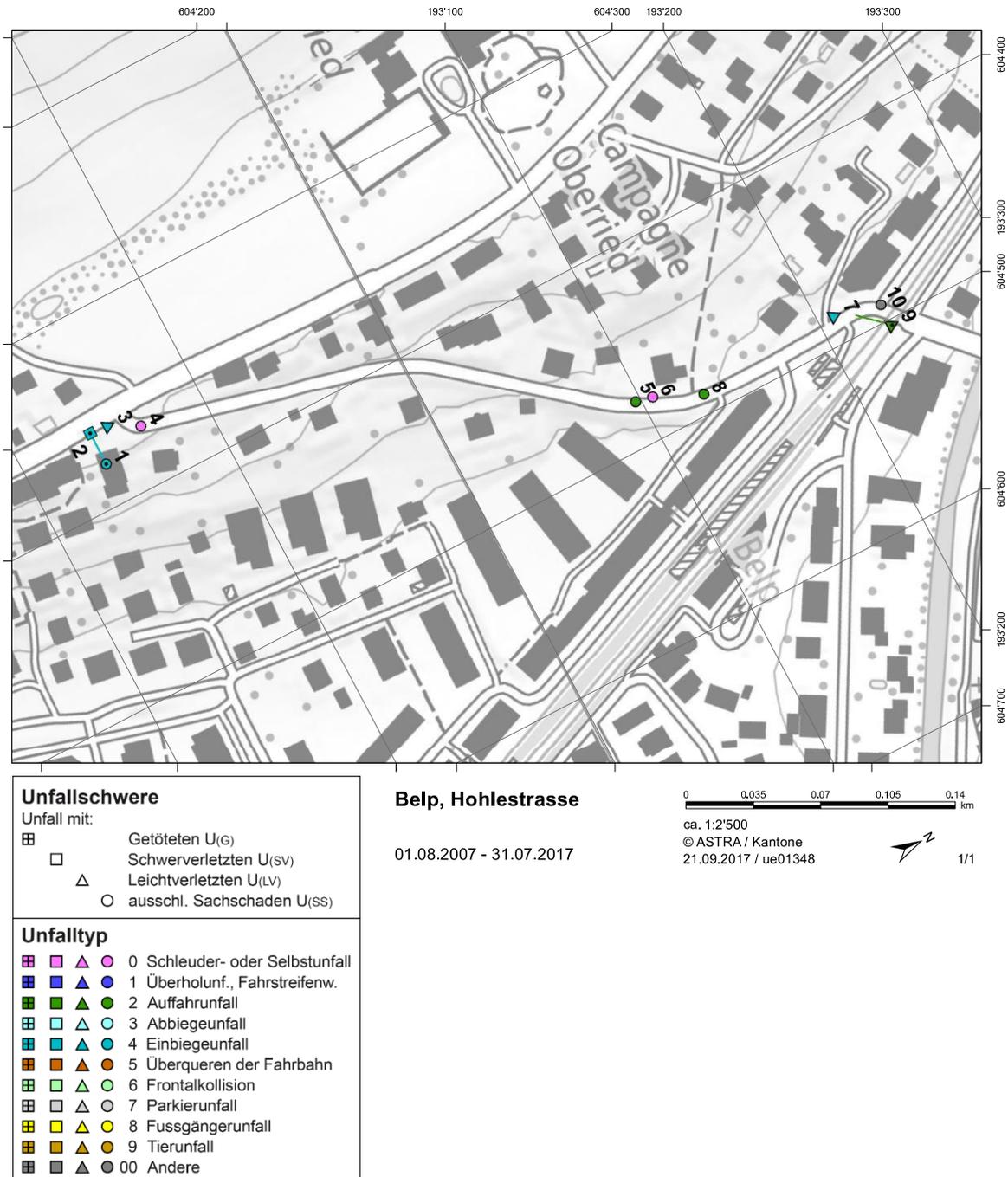


Abb. 37: Registrierte Unfälle an der Hohlestrasse in Belp vom 01.08.2007 bis 31.07.2017

3.1 Grundlagen

Für die Unfallanalyse wurden die 10 registrierten Unfälle zwischen dem 01.08.2007 und 31.07.2017 berücksichtigt.

3.2 Unfallhäufigkeit

Die vorliegende Unfallrate von 1.34 Unfällen pro 1 Mio. Fahrzeugkilometer ist gemäss VSS-Norm SN 641 824 rund halb so gross wie der schweizweite Durchschnitt auf Strassen innerorts.

3.3 Unfallstellen

Einmündung Seftigenstrasse (Unfälle Nr. 1 bis 4):

3 Einbiegeunfälle ereigneten sich zwischen einem auf der Seftigenstrasse gerade aus verkehrenden Fahrzeug (1x PW, 2x Motorrad) und einem mit der Absicht nach links in die Seftigenstrasse in Richtung Toffen einzumünden und das Signal "Kein Vortritt" missachtendem PW auf der Hohlestrasse. Die Unfallursachen unterscheiden sich jedoch. 1mal falsche Zeichengabe des PWs auf der Seftigenstrasse durch Rechtsblinken aber geradeausfahren, 1mal Nichterkennen eines an dritter Stelle hinter zwei PW's fahrenden Motorrades auf der Seftigenstrasse, 1mal Nichterkennen eines Motorrades auf der Seftigenstrasse bei freier Sicht.

Der Unfall Nr. 4 ist ein Einzelereignis und einer ungenügenden Ladungssicherung zuzuschreiben.

Höhe Krankenhausweg (Unfälle Nr. 5, 6 und 8):

Den drei Unfällen ist gemeinsam, dass die Ursache bei der mangelnden Aufmerksamkeit beim Führen eines PW's liegt. Sonst sind die Unfälle sehr unterschiedlich. 1mal fährt der PW bei der Bergauffahrt einem Fahrrad auf, 1x kollidiert der PW mit einer Steinmauer bergseitig neben der Fahrbahn und 1x kollidiert ein PW mit dem vor ihm beim Fussgängerstreifen haltenden Fahrzeug.

Bereich Bahnübergang (Unfälle Nr. 7, 9 und 10):

7: Bei einem Einbiegemanöver nach links übersieht und kollidiert ein aus der Zufahrt Hohlestrasse 4-8 her kommender PW einen korrekt vom Bahnübergang herannahenden PW.

9: Aufgrund der geschlossenen Bahnschranke stauen sich mehrere Fahrzeuge in Fahrtrichtung Belp Zentrum. Deren Wegfahrt verzögert sich nach dem Öffnen der Bahnschranke da einem entgegengesetzt verkehrenden Bus der Vortritt gewährt wird. Unter anderem wartet ein PW deshalb vor dem Fussgängerstreifen. Zwei Fahrzeuge weiter hinten realisiert dies ein PW-Lenker nicht, wodurch es zu einem Auffahrunfall kommt.

10: Ein schweres Motorfahrzeug überfährt den Bahnübergang bergwärts trotz bereits in Betrieb stehendem Wechselblinklicht und reisst die sich absenkende Schranke weg.

3.4 Zeitliche Betrachtung

Der Auswertzeitraum vor dem Versuch erstreckt sich vom 01.08.2007 bis 28.08.2016 (3315 Tage). In diesen Zeitraum fallen 9 der 10 Unfälle. Als einziger registrierter Unfall während dem Versuch zwischen dem 29.08.2016 und dem 31.07.2017 (336 Tage) ereignete sich Nr. 7. Dieser steht jedoch in keinem Zusammenhang mit den versuchsweise angeordneten Massnahmen.

3.5 Zusammenfassung Unfallanalyse

Die Strecke ist unfallunauffällig. Es sind keine wiederkehrenden und ursächlich übereinstimmenden Unfallereignisse zu erkennen, die auf infrastrukturelle Defizite hinweisen würden. Aufgrund des Unfallgeschehens sind keine Massnahmen erforderlich.

4 Überprüfung der Verkehrsanlage

4.1 Infrastruktur

Phase 1

Die Erfassung von infrastrukturellen Defiziten orientiert sich an der Arbeitshilfe „Standards Kantonsstrassen“ [9].

Veloverkehr längs:

Die Anlage weist heute keine Massnahmen zugunsten des Veloverkehrs auf. Es bestehen keine Radstreifen oder Ausweichflächen. Die Randabschlüsse talwärts sind nicht überfahrbar. Die starke Steigung wirkt sich zusätzlich negativ aus, da dadurch der Platzbedarf, respektive der benötigte Bewegungsspielraum, für Velofahrende steigt.

Zufussgehende längs und quer:

Gemäss Referenzstandards besteht für Zufussgehende längs ein hohes Sicherheitsbedürfnis. Das heisst je nach Bebauung und Nutzung ein- oder beidseitige seitliche, den Zufussgehenden vorbehaltene Flächen. Heute besteht für Zufussgehende längs einseitig ein Trottoir. Dies befindet sich auf der östlichen Seite der Hohlestrasse. Auf der gegenüberliegenden Seite bestehen mehrere Wohngebäude, deren Bewohnende folglich die Strasse im Bereich der jeweiligen Zugänge queren müssen. Das Sicherheitsbedürfnis für querende Zufussgehende ist abhängig von der Geschwindigkeit und dem Verkehrsaufkommen. Grundsätzlich handelt es sich aber um einzelne Querungsbedürfnisse bei privaten Hauszugängen an mehreren Stellen. Bauliche Massnahmen im Sinne von Querungshilfen (Bsp. Fussgängerstreifen) sind somit nicht zielführend.

Motorisierter Verkehr:

Die Hohlestrasse ist eine Kantonsstrasse der Kategorie C. Die Anlage genügt den Anforderungen gemäss Referenzstandards für Kantonsstrassen des Kantons Bern für den motorisierten Verkehr. In der Phase 1 sind keine Einschränkungen in der Betriebsqualität zu beobachten.

Mit einem Querschnitt von durchschnittlich ca. 6.00 Meter ist der Begegnungsfall PW – PW gemäss Norm ([7]) abgedeckt. Für den Begegnungsfall PW – LW ist der Querschnitt recht schmal, allerdings noch fahrbar. Der Begegnungsfall LW – LW erfordert eine deutliche Geschwindigkeitsreduktion.

Phase 3

Veloverkehr längs:

Für Velofahrende werden die Defizite mit den Massnahmen aus Phase 2 und 3 nicht behoben. Velofahrende fahren sowohl rechts als auch links an den seitlichen Einengungen vorbei. Grundsätzlich ist bei einer tieferen effektiven Geschwindigkeit die Anforderung an die Veloanlage geringer. Das subjektive Sicherheitsgefühl für Velofahrende ist höher.

Zufussgehende längs und quer:

Mit den Massnahmen aus Phase 2 und 3 werden die Defizite für den Fussverkehr längs nicht behoben. Die seitlichen Einengungen, insbesondere die zwei auf der westlichen Strassenseite, sind punktuell eine Verbesserung für den querenden Fussverkehr, da an den Stellen unmittelbar bei den seitlichen Einengungen ein gesicherter Warteraum besteht und die Querungsdistanz deutlich reduziert wird.

Motorisierter Verkehr:

Gemäss den Referenzstandards genügt auf einer Kantonsstrasse der Kategorie C innerorts ein Fahrstreifen mit Ausweichstellen, insofern die Wartezeiten bei Begegnungsfällen für ein durchfahrendes Fahrzeug im Mittel in der Summe nicht länger als 20 Sekunden beträgt. (vgl.[9]; S.16). Gemäss Beobachtungen führen die seitlichen Einengungen kaum zu massgebenden Wartezeiten. Häufig kann die Strasse mit angepasster Geschwindigkeit durchgehend befahren werden. Die Wartezeiten betragen auf die gesamte Strecke höchstens wenige Sekunden. Der Fahrbahnquerschnitt im Bereich der seitlichen Einengungen beträgt 4.50 Meter. Damit ist die Durchfahrt für alle Fahrzeuge möglich. Gemäss Norm ([7]) ist damit der Begegnungsfall PW – Velo im Bereich der seitlichen Einengung ohne Probleme möglich. Der Begegnungsfall PW –PW ist mit reduzierter Geschwindigkeit möglich. Die Begegnung PW – LW erfordert ein Abwarten des Gegenverkehrs.

4.2 Sichtverhältnisse der privaten Zufahrten auf der nordwestlichen Seite der Hohlestrasse

Die Sichtverhältnisse sind grundsätzlich unabhängig der Phase, respektive der Massnahmen. Allerdings gilt, je höher die Geschwindigkeiten, umso problematischer sind Sichteinschränkungen.

Entlang der Hohlestrasse befinden sich auf der nordwestlichen Strassenseite (hangseitig) mehrere private Zufahrten, welche grösstenteils schlechte Sichtverhältnisse aufweisen. Es ist anzumerken, dass die Anforderungen an die Sichtweiten mit zunehmenden Geschwindigkeiten grösser werden. Die Zufahrten werden sowohl für Fahrzeuge benutzt wie oft auch von Zufussgehenden als Zugang zum Wohnhaus. Auf der gegenüberliegenden Strassenseite hat es ebenfalls einzelne Zufahrten, allerdings sind diese durch das vorhandene Trottoir von der Strasse zurückversetzt und Fahrzeuglenkende oder Zufussgehende befinden sich bei der Ausfahrt, beziehungsweise beim Heraustreten nicht unmittelbar auf der Strasse. Nachfolgend sind die untersuchten Zufahrten abgebildet und kurz kommentiert.



Abb. 38: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse südwestlichste Einfahrt (Seftigenstrasse 127)

Durch die Stützmauern und die Bepflanzung weisen die zwei obersten Einfahrten südwestlich der Hohlestrasse (Abb. 38 und Abb. 39), welche unmittelbar aneinander grenzen, vor allem talwärts schlechte Sichtverhältnisse auf.



Abb. 39: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse 34



Abb. 40: Sichtverhältnisse privater Fussweg gegenüber Belp, Hohlestrasse 21

Auf halber Strecke der Hohlestrasse befindet sich ein privater, nicht bewilligter Fusswegzugang. Die Sichtverhältnisse sind hier in Ordnung. Die Abschränkung stellt zudem sicher, dass Zufussgehende, insbesondere Kinder nicht direkt auf die Strasse rennen.



Abb. 41: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse 22 und weitere

Die Sichtverhältnisse im Bereich der Zufahrt Hohlestrasse 22 und den weiteren Gebäuden, welche über diese Einfahrt erschlossen werden (Abb. 41) sind im Vergleich zu den anderen Zufahrten besser. Hier sind unmittelbar angrenzend an die Einfahrt keine Stützmauern, welche die Sicht zusätzlich einschränken würden. Die Kurvensituation und die Bepflanzungen bieten allerdings auch hier für Fahrzeuglenkende und Zufussgehende eine nicht ideale Situation.



Abb. 42: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse 18

Die Sichtverhältnisse bei der Zufahrt zur Hohlestrasse 18 (Abb. 42) sind talwärts durch die Stützmauer und die Bepflanzung stark eingeschränkt. Durch die Kurvenlage wird die Situation zusätzlich verschärft.



Abb. 43: Sichtverhältnisse Belp, Hohlestrasse 16 (bei dieser Zufahrt ist gegenüber ein Spiegel montiert)

Am schlechtesten sind die Sichtverhältnisse bei der Zufahrt zur Hohlestrasse 16 (Abb. 43). Insbesondere die unmittelbar angrenzende Kurve führt hier talwärts zu sehr schlechten Sichtverhältnissen. An dieser Stelle wurde auf der gegenüberliegenden Strassenseite ein Spiegel als Hilfestellung angebracht.

4.3 Beobachtungen aus der Videoanalyse

Phase 1

Mittels qualitativer Analyse wurde das Verkehrsverhalten in der Benutzung der Anlage und allfällige Konflikte beobachtet. Nachfolgend sind die Beobachtungen zusammengefasst.

Am südlichen Ende der Hohlestrasse wird am Knoten Hohlestrasse / Seftigenstrasse zum Teil sehr schnell und schleifend von der Seftigenstrasse aus südlicher Fahrtrichtung in die Hohlestrasse eingefahren. Die Einfahrt ist sehr grosszügig dimensioniert (siehe Abb. 44), was dieses Fahrverhalten begünstigt.



Abb. 44: Grosszügig dimensionierte Einfahrt in die Hohlestrasse aus südlicher Blickrichtung der Seftigenstrasse

Velofahrende wählen vor allem aufwärts zum Teil das Trottoir (Abb. 45). Abwärts wird je nach Situation (beispielsweise bei Rückstau durch die geschlossene Bahnschranke) vor allem im unteren Bereich auf das Trottoir gewechselt (Abb. 46).



Abb. 45: Beobachtungen von Velofahrenden auf dem Trottoir



Abb. 46: Beobachtetes Verhalten von Velofahrenden bei Rückstau aufgrund geschlossener Bahnschranke

Velofahrende werden zum Teil mit knappem Abstand überholt. Dies auch, weil wie beschrieben keine eigene Anlage für den Veloverkehr und auch keine Ausweichflächen bestehen. Die unzureichende Anlage und die unkomfortable Situation für Velofahrende ist dabei sicher auch der wichtigste Grund, weshalb viele Velofahrende das Trottoir anstelle der Strasse benutzen.

Bei geschlossener Bahnschranke wird durch Motorfahrzeuglenkende, die in Richtung Grubenstrasse fahren wollen, zum Teil die Gegenfahrbahn benutzt (siehe Abb. 47). Insbesondere im Bereich des Fussgängerstreifens kann es zu Konflikten mit Zufussgehenden kommen, die durch die stehende Kolonne schwer erkennbar sind. Zudem erwarten die Zufussgehenden auf der Gegenfahrbahn keinen Verkehr von links. Bei dieser Beobachtung handelt es sich um einen massgebenden Verstoß gegen das Strassenverkehrsgesetz (SVG) und die Beobachtung ist somit nicht anlagebedingt.



Abb. 47: Beobachtetes Verhalten von Motorfahrzeuglenkenden bei Rückstau aufgrund geschlossener Bahnschranke. Querende Zufussgehende sind schwer erkennbar und diese erwarten auf der Gegenseite keinen Verkehr von links.

Aufgrund der beschriebenen schlechten Sichtverhältnisse bei den privaten Ein- und Ausfahrten auf der nordöstlichen Strassenseite ist das Ausfahren für Motorfahrzeuge eher problematisch. Zusätzlich sind die Ausfahrten aufgrund der Lichtverhältnisse teilweise zusätzlich schwer zu erkennen. Die Ausfahrten erfolgen ohne genügende Sicht und entsprechend müssen Fahrzeuge auf der Hohlestrasse teilweise ausweichen (Abb. 48).



Abb. 48: Fahrzeuge müssen einem ausfahrenden Fahrzeug ausweichen.

Auch für Zufussgehende ist das Queren im Bereich der privaten Zufahrten schwierig. Zu erkennen ist ein sehr defensives Querungsverhalten der Zufussgehenden. Die Personen, die queren wollen, nähern sich der Strasse normalerweise an der gewünschten Querungsstelle sehr langsam und vorsichtig. Bei einer entsprechenden Lücke wird dann sehr zügig gequert. Zufussgehende, welche die Strasse von den privaten Liegenschaften queren wollen, sind einem gewissen Risiko ausgesetzt.

Phase 3

Im Bereich des Knotens Seftigenstrasse / Hohlestrasse konnte in Ausnahmesituationen ein kurzer, sich schnell auflösender Rückstau von 2-3 Fahrzeugen aus Fahrtrichtung Seftigenstrasse-Ost festgestellt werden. Dies geschieht wegen wartenden Fahrzeugen bei der südlichsten seitlichen Einengung.

Die in der Phase zwei installierte Anpassung des Knotens mittels Markierung und Poller (Abb. 49) führt zu einem deutlich weniger schleifenden, dafür langsameren Einfahren in die Hohlestrasse. Auf die Befahrbarkeit hat die Anpassung keine negativen Auswirkungen. Problematisch ist allerdings die Befahrbarkeit des Knotens mit grossen Fahrzeugen für die Fahrbeziehung Seftigenstrasse-West in Richtung Hohlestrasse (Abb. 49). Diese Problematik besteht allerdings unabhängig der Anpassung im Knoten und den seitlichen Einengungen auf der Hohlestrasse.



Abb. 49: Anpassung Einfahrt von der Seftigenstrasse in die Hohlestrasse



Abb. 50: Fahrbeziehung Seftigenstrasse-West in Richtung Hohlestrasse ist für LW nicht geeignet.

Bei den seitlichen Einengungen konnten teilweise leichte Konflikte beobachtet werden. Zum Beispiel indem ein an und für sich vortrittsbelastetes Fahrzeug die seitliche Einengung umfährt und das entgegenkommende Fahrzeug zu einer Anpassung der Geschwindigkeit zwingt. Häufig wird allerdings der Gegenverkehr abgewartet oder bewusst der Vortritt gewährt. Die Notwendigkeit der Anpassungen der Geschwindigkeit entspricht grundsätzlich dem gewünschten Verhalten.



Abb. 51: Begegnungsfall PW – PW im Bereich der seitlichen Einengung. Nicht Abwarten des entgegenkommenden Fahrzeuges führt zu knapper Begegnung. Die Fahrzeuge müssen die Geschwindigkeit deutlich anpassen.



Abb. 52: Vortrittsberechtigtes Fahrzeug von oben muss den Lastenzug abwarten, welcher an der seitlichen Einengung durchfährt.

Die seitlichen Einengungen bergwärts tragen zu einer punktuellen Verbesserung der Verkehrssicherheit in Bezug auf die Ein- und Ausfahrten bei. Die ausfahrenden Fahrzeuge der westlichen Zufahrten nach den seitlichen Einengungen können weiter vorfahren und haben damit eine bessere Sicht auf die vortrittsberechtigten Fahrzeuge auf der Hohlestrasse. Für die drei privaten Zufahrten unmittelbar nach den westlichen seitlichen Einengungen hat sich die Situation damit leicht verbessert. Zusätzlich tragen die tieferen Geschwindigkeiten für alle Zufahrten zu einem einfacheren und sichereren Ausfahren bei.



Abb. 53: Ausfahrendes Fahrzeug nach der nordwestlichen Einengung nutzt diese um langsam vorzufahren und damit bessere Sicht auf die Hohlestrasse zu erhalten.



Abb. 54: Ausfahrendes Fahrzeug nach der südwestlichen Einengung nutzt diese um langsam vorzufahren und damit bessere Sicht auf die Hohlestrasse zu erhalten.

Im Bereich der seitlichen Einengungen ist die Situation für querende Zufussgehende komfortabler. Für die Liegenschaften Hohlestrasse 18 – 32 (nur gerade Hausnummern) ist durch die seitlichen Einengungen ein Bereich entstanden, in dem die Geschwindigkeiten tiefer sind und das Querens damit einfacher ist (Abb. 55). In diesem Abschnitt konnte ein ruhigeres und sichereres Querungsverhalten der Zufussgehenden beobachtet werden. Unmittelbar hinter den seitlichen Einengungen sind Zufussgehende geschützt und können sich damit sichtbar an der Strasse aufstellen und ihr Querungsbedürfnis signalisieren und werden in der Folge auch über die Strasse gelassen (Abb. 56). Für die Zufussgehenden, welche die Strasse nicht im Bereich der seitlichen Einengungen queren müssen, hat sich die Situation nicht geändert. Grundsätzlich gilt jedoch: Je tiefer die Geschwindigkeiten sind, desto einfacher und sicherer ist das Queren für Zufussgehende.



Abb. 55: Ruhiges und gemütliches Querungsverhalten zwischen den seitlichen Einengungen.



Abb. 56: Zufussgehende warten hinter der seitlichen Einengung, bis sie queren können.

4.4 Überprüfung bestehende Fussgängerstreifen

Phase 1

Im Rahmen der Videoanalyse wurden auch die beiden Fussgängerstreifen im unteren Bereich der Hohlestrasse untersucht. Dabei wurden alle Querungen mit und ohne Begegnungen mit einem Fahrzeug ausgewertet und im Falle der Begegnung die Anhaltequote ermittelt. Durch die eher geringe Anzahl an Zufussgehenden und der nicht sehr hohen Belastung des Fahrverkehrs kommt es allerdings bei einem grossen Anteil der Querungen zu keiner Begegnung zwischen Zufussgehenden und Fahrzeugen.

Beim Fussgängerstreifen auf der Höhe Krankenhausweg wurden einzelne Vortrittsmissachtungen beobachten (Abb. 57). Allerdings sind es insgesamt zu wenig Begegnungen um zu beurteilen, ob diese Missachtung regelmässig vorkommt. Der Fussgängerstreifen ist baulich gut ausgebildet. Er hat eine Mittelinsel und die Sichtverhältnisse sind genügend (Abb. 58).

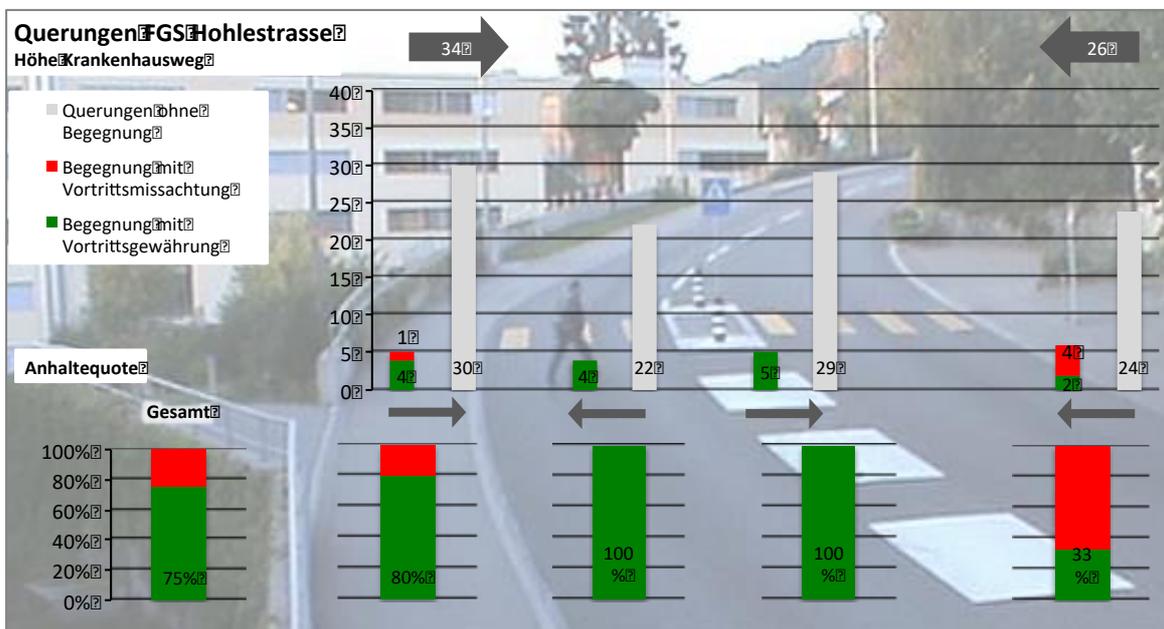


Abb. 57: FG-Querungen FGS Krankenhausweg (Zeitraum 06:37 – 12:57 und 16:19 – 20:32)



Abb. 58: Sichtverhältnisse FGS, Hohlestrasse Höhe Krankenhausweg in Richtung Bahnhof

Im Bereich des Fußgängerstreifens beim Bahnhofzugang konnten mehr Begegnungen beobachtet werden. Die Fußgängerquerungen bei geschlossener Bahnschranke sind in der Abb. 59 nicht enthalten. Während dieser Zeit ist das Queren ohne Probleme möglich, bis auf die oben beschriebene Ausnahme bei sich unkorrekt verhaltenden Fahrzeugen, welche die Gegenspur benutzen.

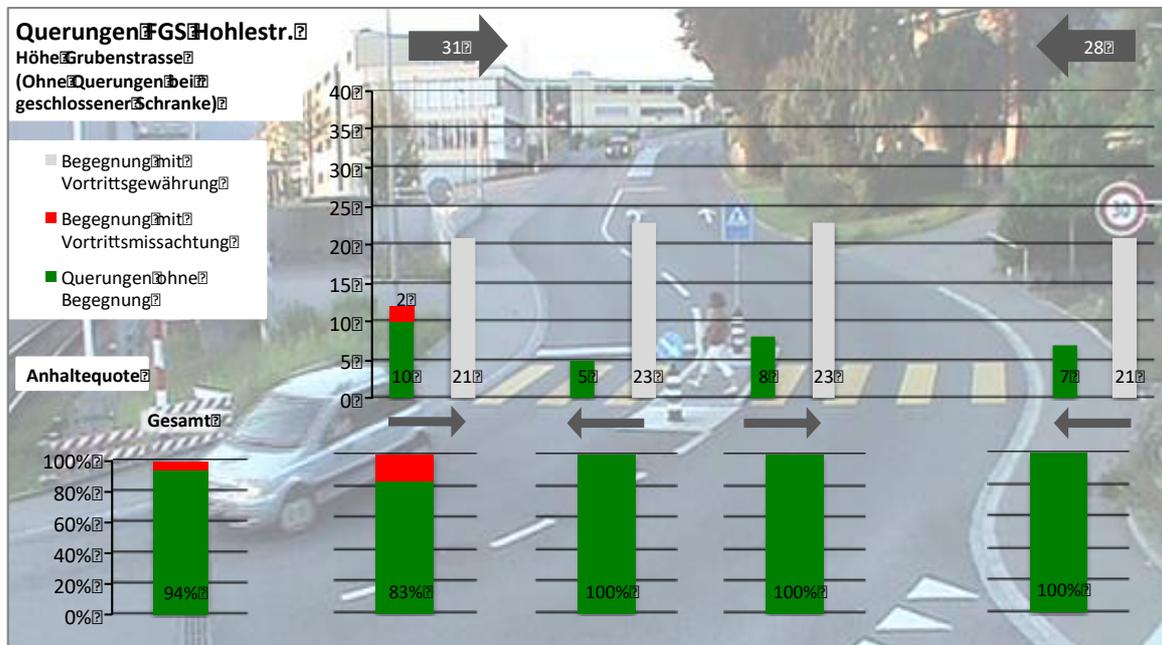


Abb. 59: FG-Querungen beim FGS Höhe Grubenstrasse (Zeitraum 06:32 – 11:10 und 16:25 – 18:10); Zusätzlich 19 FG von der Seite Bahnhof und 14 FG von der Seite Grubenstrasse bei geschlossener Schranke

Phase 3:

Die Fußgängerstreifen wurden im Rahmen der Analyse in Phase 3 nicht noch einmal untersucht. Im entsprechenden Abschnitt wurden keine Anpassungen vorgenommen und damit gelten die festgehaltenen Erkenntnisse grundsätzlich auch für die Phase 3.

4.5 Erscheinungsbild der Strasse

Mit der Kombination der Massnahmen (Phase 1 bis 3) hat sich das Erscheinungsbild der Strasse gegenüber dem Zustand ohne Massnahmen deutlich geändert. Die nachfolgende Abbildung (Abb. 60) zeigt den mittleren Strassenabschnitt der Hohlestrasse im Vergleich mit und ohne Massnahmen. Das obere Bild zeigt einen Strassenraum, der deutlich weniger vom motorisierten Strassenverkehr dominiert ist. Der untere Strassenraum ist klar verkehrsorientiert.

Welche Strassenraumgestaltung an diesem Ort richtig ist, ist eine Frage der Interessensabwägungen und der Verhältnismässigkeit.



Abb. 60: Vergleich der Anlage von Phase 3 (Bild oben) zu Phase 1 (Bild unten)

5 Wirkung der Massnahmen auf die Verkehrssicherheit

Das Ziel der geplanten und umgesetzten Massnahmen war primär die Reduktion der gefahrenen Geschwindigkeiten. Sämtliche Massnahmen haben, wie in Teil III beschrieben, einen Effekt auf das Fahrverhalten bezüglich Geschwindigkeit. Tiefere Geschwindigkeiten haben grundsätzlich immer einen positiven Effekt auf die Verkehrssicherheit. Die effektiven Geschwindigkeiten sind entscheidend für das Unfallrisiko und die Unfallschwere. Der Anhalteweg (Summe aus Reaktionsweg und Bremsweg) ist bei Tempo-30 bedeutend kürzer als bei Tempo-50. Bei gefahrenen 30 km/h halbiert sich die benötigte Strecke zum Anhalten gegenüber gefahrenen 50 km/h. Mit reduzierter Geschwindigkeit steigt somit die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fahrer nach dem Erkennen einer Konfliktsituation sein Fahrzeug noch vor dem Kollisionspunkt abbremsen kann. Ausserdem verringert sich die erforderliche Sichtweite bei tieferen Geschwindigkeiten. Im Falle, dass es trotzdem zu einer Kollision kommt, ist die Geschwindigkeit beim Aufprall mitentscheidend für die Unfallfolgen, respektive die Überlebenschancen. Bei einer Frontalkollision mit einem Personenwagen ist das Risiko für einen Fussgänger oder Velofahrenden bei dieser zu sterben, bei 50 km/h exponentiell höher als bei 30 km/h.

Wie in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben, wurden die weiteren Effekte bezüglich Fahrverhalten und Auswirkungen auf die Sicherheit analysiert. Bei allen nachfolgenden Erläuterungen sind die positiven Effekte bezüglich Verkehrssicherheit aufgrund der gefahrenen Geschwindigkeiten ausgeklammert, da tiefere Geschwindigkeiten alleine, wie vorher beschrieben, grundsätzlich immer einen positiven Effekt auf die Verkehrssicherheit haben.

Es hat sich gezeigt, dass mit keiner der Massnahmen die Defizite bezüglich Veloverkehr behoben werden. Die Wirkungen der Massnahmen auf den Veloverkehr sind somit vernachlässigbar.

Auch auf den Fussverkehr längs haben die Massnahmen keinen Effekt. Für querende Zufussgehende hat sich die Situation mit der Massnahme aus Phase 3 (seitliche Einengungen) punktuell verbessert.

Beim motorisierten Verkehr ist zu unterscheiden zwischen den Fahrzeugen, welche die privaten Ein- und Ausfahrten nutzen, und den durchfahrenden Fahrzeugen auf der Hohlestrasse. Für Erstere hat sich die Situation mit der Massnahme aus Phase 3 (seitliche Einengungen) punktuell verbessert. Für alle andern haben die Massnahmen aus Phase 1 und 2 keinen Effekt. Die Massnahmen aus Phase 3 (seitliche Einengungen) haben für die durchfahrenden Fahrzeuge einen leicht negativen Effekt. Dies aufgrund der Tatsache, dass im Begegnungsfall im Bereich der seitlichen Einengungen teilweise Konflikte beobachtet werden konnten. Diese sind allerdings, solange sie nicht sicherheitsrelevant sind, zu einem gewissen Grad gewünscht, um die angestrebte Massnahmenwirkung einer Geschwindigkeitsreduktion erreichen zu können.

Das bei den seitlichen Einengungen regelmässig zu beobachtende Abwarten von Gegenverkehr hat auch geringfügige Nachteile auf die Betriebsqualität, indem sich die Stetigkeit der Durchfahrt reduziert. Zudem sind die seitlichen Einengungen bei winterlichen Strassenverhältnissen negativ zu bewerten. Die seitlichen Einengungen stellen für den Winterdienst eine Herausforderung dar und können kurzfristig nur bedingt vom Schnee freigeräumt werden. Aufgrund der Steigungsverhältnisse könnten diese je nach Witterungsverhältnissen (Schnee und Glatteis) zu einer Gefahrenstelle werden.

Die Effekte der umgesetzten Massnahmen bezüglich Verkehrssicherheit sind insgesamt, nebst der grundsätzlich positiven Wirkung der Geschwindigkeitsreduktion, nur punktuell und auch nur zum Nutzen einzelner Personen.

TEIL V. BELP, HOHLESTRASSE - VERKEHRSVERSUCH TEMPO-30-REGIME: ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Auslöser des durchgeführten Verkehrsversuchs an der Hohlestrasse in Belp war der Verwaltungsgerichtsentscheid vom 23. Mai 2016, der das Tiefbauamt als Strasseneigentümer der Hohlestrasse angewiesen hat, die Anordnung von Tempo 30 sowie den Einbau eines lärmarmen Belags zu prüfen und unter Berücksichtigung des Verhältnismässigkeitsprinzips umzusetzen.

Um Tempo 30 wie gefordert umsetzen zu können, waren mehrere Massnahmen nötig. Die Auswirkungen der Massnahmen auf die Geschwindigkeit und die Verkehrssicherheit wurden zusätzlich zu den Auswirkungen auf den Lärm untersucht, um ein umfassendes Ergebnis bezüglich Gesamtwirkungen zu erhalten.

Es hat sich gezeigt, dass durch die Einführung eines Tempo-30-Regimes auf der Hohlestrasse die mittlere effektive Geschwindigkeit um ca. 13 km/h gesenkt werden konnte. Damit konnte trotz einer Steigung von knapp 10% in der Situation «Tempo-30-Regime» eine Lärmwirkung von 2-3 dB im Mittelungspegel festgestellt werden, was als knapp wahrnehmbar bis wahrnehmbar eingestuft werden kann¹¹. Weiter zeigte sich, dass die Maximalpegel bei einer Durchfahrt mit effektivem $v = 30$ km/h gegenüber 50 km/h sichtbar tiefer liegen.

Zudem sind der Maximalpegel sowie die Flankensteilheit bei einer Vorbeifahrt mit effektiven 30 km/h auch in einer Steigungsstrecke sichtbar geringer. Je schneller der Schalldruckpegel eines Lärmereignisses ansteigt, umso ausgeprägter sind die physiologischen Reaktionen einer schlafenden Person und umso störender wird der Lärm empfunden. Tiefere Maximalpegel und geringere Flankensteilheit führen somit zu weniger Aufwachreaktionen.

Die Untersuchungen zum Fahrverhalten zeigten, dass mit der versuchsweisen Anordnung des Tempo-30-Regimes mittels Signalisation die gefahrenen Geschwindigkeiten gesenkt werden konnten. Durch die versuchsweise Umsetzung von zusätzlichen Massnahmen (Demarkierung Mittelleitlinie, Bodenmarkierungen „30“ und seitliche Einengungen) konnte das Geschwindigkeitsniveau zusätzlich reduziert werden. Allerdings waren die gefahrenen Geschwindigkeiten trotz der festgestellten Reduktion für eine Strecke mit einer signalisierten Höchstgeschwindigkeit von Tempo 30 über dem angestrebten, respektive zulässigen Geschwindigkeitsniveau.

Tiefere Geschwindigkeiten haben durch Reduktion der Anhaltestrecke (kürzere Reaktionszeit und kürzerer Bremsweg) in einer Konfliktsituation grundsätzlich positive Effekte. Insbesondere für querende Zufussgehende und ausfahrende Motorfahrzeuge bei privaten Grundstückszugängen mit ungenügenden Sichtverhältnissen konnten lokale Verbesserungen der Sicherheit festgestellt werden. Aufgrund der seitlichen Einengungen wurden allerdings im Bereich dieser auch leichte Konflikte zwischen entgegenkommenden Motorfahrzeugen registriert, welche auch auf die für das Tempo-30-Regime zu hohen Geschwindigkeiten zurückzuführen sind. Das festgestellte Defizit der fehlenden Veloführung längs wurde mit den Massnahmen nicht behoben, aber die Anforderungen an die Anlage sind gemäss Referenzstandards bei tieferen Geschwindigkeiten geringer.

¹¹ Pegelveränderungen ≥ 1 dBA infolge einer Verkehrsmengenänderung werden nach heutiger Praxis als wesentliche Änderung resp. als wahrnehmbar betrachtet.

Die Strecke ist heute unfallunauffällig. Gemäss der Unfallanalyse sind keine wiederkehrenden und ursächlich übereinstimmenden Unfallereignisse zu erkennen, die auf infrastrukturelle Defizite hinweisen würden. Aufgrund des Unfallgeschehens sind keine Massnahmen erforderlich.

Das Urteil des Verwaltungsgerichts basiert auf einer Einsprache gegenüber einer Erleichterungsverfügung im Zusammenhang mit dem durchgeführten Lärmsanierungsprojekt des Tiefbauamts des Kantons Bern. Die versuchsweise Anordnung des Tempo-30-Regimes erfolgte aufgrund der möglichen Wirkung bezüglich Lärm. Die Folgerungen hinsichtlich definitiver Umsetzung der Massnahmen hat sich in der Folge vor allem auf die Lärmwirkungen zu stützen.

Die Wirkung von Lärmschutz- und Verkehrssicherheitsmassnahmen durch die Anordnung von Tempo-30-Regime konnte am Untersuchungsobjekt untersucht und nachgewiesen werden. Es konnte eine knapp wahrnehmbare bis wahrnehmbare Lärmwirkung festgestellt werden. Allerdings kann die Anzahl der IGW-Überschreitungen nur marginal reduziert werden.

Anhang

- Anhang 1** Messtechnische Erhebungen zur Bestimmung der akustischen Wirkung von Tempo 30 auf einem Strassenabschnitt mit starker Steigung
Grolimund & Partner Bern, 21. August 2017
- Anhang 2** Tempo 30 Emissionsberechnungen mit sonRoad und CNOSSOS
Empa, 29. September 2016
- Anhang 3** Übersicht / Zusammenfassung Auswertungen Geschwindigkeitsmessungen
- Anhang 4** 4.1 Messprotokolle Kurzzeitmessungen
4.2 Normalisierung Messungen, Vergleich der Berechnungen
- Anhang 5** Pegelschriebe Einzeldurchfahrten $v = 30$ km/h und 50 km/h in Steigungen
- Anhang 6** 6.1 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 50 (Modell StL-86+)
6.2 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 30 (Modell StL-86+)
6.3 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 30 (Modell sonRoad)
6.4 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 30 (Modell CNOSSOS)
6.5 Darstellung Lärmsituation 2029 Tempo 30 (Lärmmessungen)
- Anhang 7** Übersicht der Versuchsphasen zum Ausklappen
- Anhang 8** Plandossier
Situationsplan 1:500, Belp, Hohlestrasse – Massnahmen A: Demarkierung Leitlinien, Bodenmarkierung „30“; Ausführungsplan
Situationsplan 1:500, Belp, Hohlestrasse – Massnahmen B: Seitliche Einengungen; Ausführungsplan

Anhang 1



Messtechnische Erhebungen

zur Bestimmung der akustischen Wirkung von Tempo 30 auf
einem Strassenabschnitt mit starker Steigung

Ihre Kontaktperson: Sebastian Egger
sebastian.egger@grolimund-partner.ch, D 031 356 32 26

B+S AG
A4855
20. November 2017

Impressum

Projektteam

Erik Bühlmann
Sebastian Egger
Jürg Schaffer

Version	Datum	Autoren	Beschrieb	Verteiler
V 1.0		se	Finale Version	B+S AG
V 1.1	21.08.2017	se	Finale Version mit erweitertem Anhang	B+S AG
V 1.2	20.11.2017	se	Finale Version (Update Abb. 4 & 5)	B+S AG
V 1.3	27.11.2017	se	Finale Version (Ergänzungen gemäss Email vom 24.11.2017)	B+S AG

20. November 2017

Inhalt

1. Ausgangslage.....	4
2. Messungen.....	5
2.1 Messstandorte	5
2.2 Messsetup	6
3. Resultate	7
3.1 SEM Messungen	7
3.2 SPB-Messungen	8
4. Schlussfolgerungen.....	9

Anhang

I SEM-Messprotokolle	12
II SPB-Messprotokolle.....	14
III Geschwindigkeitsverteilungen	18
IV Effekt von starken Steigungen auf das Fahrverhalten.....	20
V Faktenblatt	21

20. November 2017

1. Ausgangslage

Im Auftrag des Kantons Bern wird auf einem Strassenabschnitt in der Gemeinde Belp die Geschwindigkeitssignalisation versuchsweise von 50 km/h auf 30 km/h herabgesetzt. Der Strassenabschnitt liegt in einer Hanglage und enthält Abschnitte mit Steigungen von bis zu ca. 10%. Die akustische Wirkung der Geschwindigkeitsreduktion soll mittels Vorher-/ Nachermessungen überprüft werden. Dazu wurden im Sommer 2016 und Frühjahr 2017 auf der Hohlestrasse in Belp (BE) messtechnische Erhebungen durchgeführt, um die Lärmwirkung bei Einrichtung einer Tempo 30 Situation mit einer signalisierten Geschwindigkeit von 30 km/h zu untersuchen.

Um den Einfluss der Hangneigung (in der Situation Belp ca. 10%) auf die Lärmwirkung von Tempo 30 weiter abzuklären, wurden zusätzliche statistische Erhebungen zum Fahrverhalten sowie eine Abschätzung der Lärmwirkung mittels des Ansatzes VSS 2014/212 durchgeführt. Die Ergebnisse dieser zusätzlichen Abklärungen sind in separaten Anhängen dargestellt. In den Schlussfolgerungen des Berichts werden die Ergebnisse der statistischen Erhebungen zum Fahrverhalten beigezogen, um die Messergebnisse bezüglich des Hangneigungseffekts weiter zu bewerten.

20. November 2017

2. Messungen

Zur Bestimmung der akustischen Wirkung der Lärmwirkung einer Tempo 30 Massnahme auf der Hohlstrasse in Belp werden in den beiden Geschwindigkeitsregimes statistische Vorbeifahrtsmessungen durchgeführt. Die messtechnischen Erhebungen werden in Anlehnung an die im technischen Merkblatt ASTRA *Leitfaden Strassenlärm Anhang 1c* vom 11.12.2013 beschriebenen Methode durchgeführt. Um die akustische Wirkung in Bezug zum lokal vorherrschenden Fahrzeugmix feststellen zu können, werden in Abweichung zur standardisierten Methode Vorbeifahrten sämtlicher Fahrzeuge (inkl. besondere und lärmige Fahrzeuge) aufgezeichnet. Es wurde keine Selektion der Fahrzeuge vorgenommen. Die akustische Wirkung der Geschwindigkeitsreduktion wird aus der Differenz der vorher und nachher Messungen ermittelt, d.h. für die Situation Tempo 30 wird ein Vergleich zur Ausgangssituation bei 50 km/h hergestellt. Da die akustische Wirkung in Hanglagen aufgrund der unterschiedlichen Motorenlast beim Bergauf- und Bergabfahren sehr unterschiedlich ausfällt, werden die geplanten Messungen beidseitig der Fahrbahn, bzw. sowohl bergauf und bergab durchgeführt. Zur bestmöglichen Beurteilung der Situation werden vor und nach der Einführung von Tempo 30 zusätzliche Messungen mit dem SEM Messverfahren durchgeführt, welches zusätzliche Folgerungen bezüglich der immissionsseitigen Wirkung der Massnahme erlauben.

Statistische Vorbeifahrtsmethode (SPB)

Vorbeifahrtsmessungen einzelner Fahrzeuge auf einer Fahrspur (Statistical Pass-by-Methode SPB) nach ISO 11819 1. Für einzelne Personenwagen und Lastwagen-Vorbeifahrten werden der maximale Vorbeifahrtspegel (LAFmax) und der Mittelungspegel (LAeq) aufgezeichnet sowie die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit und die Fahrzeugkategorie (N1 oder N2) erhoben. Daraus werden für jede Vorbeifahrt die Emissionswerte LAm_{ax} und LAeq/h in 1m ab Fahrspurachse berechnet.

Stichproben-Emissionsmessung (SEM)

Die SEM-Messung ist eine vereinfachte Ermittlung der Belagsgüte. Während mindestens 30 Minuten wird strassennah der LAeq für die Gesamtheit der auf allen Fahrspuren verkehrenden Fahrzeuge ermittelt, bei gleichzeitiger Verkehrszählung. Der gemessene Immissionspegel wird mit dem nach EM-PA-Modell StL-86+ berechneten Immissionspegel verglichen.

2.1 Messstandorte

Die Messstandorte befinden sich in einem übersichtlichen und gradlinigen Abschnitt am südlichen Ende der Hohlstrasse (siehe Abbildung 1), um akustische Einflüsse durch Schärkräfte in Kurven und abweichende Spurwahl auf die Messungen zu vermeiden.

20. November 2017



Abbildung 1: Übersichtsplan Hohlestrasse, Belp (BE) und Messstandorte (Plangrundlage: swisstopo)

2.2 Messsetup

Aufgrund der engen Platzverhältnisse wurden die Vorgaben des ASTRA *Leitfadens Strassenlärm Anhang 1c* für die Messungen angepasst. Es wurden Vorkehrungen getroffen um ein identisches Messsetup bei den Messungen bei Tempo 50 im Sommer 2016 und bei den Messungen bei Tempo 30 im Frühjahr 2017 zu gewährleisten. Eine Übersicht der gewählten Parameter und Messeinstellungen befindet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Angaben zum Messsetup bei den SPB- und SEM-Messungen

Messtyp	Hang-aufwärts/-abwärts	Abstand LEQ-Msg.	Abstand Lmax-Msg.	Abstand gemessen	Höhe über Boden	Situationsfoto
SPB	Hang-aufwärts	5m	5m	zur gegenüberliegenden Fahrspurmitte	1.7m	
SPB	Hang-abwärts	5m	5m	zur gegenüberliegenden Fahrspurmitte	1.7m	
SEM	Hang-aufwärts	5m	-	zum Mittelstreifen	3.0m	
SEM	Hang-abwärts	5m	-	zum Mittelstreifen	3.0m	

20. November 2017

3. Resultate

3.1 SEM Messungen

Die Resultate der SEM-Messungen auf der Hohlestrasse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die gemessene, durch das Herabsetzen der signalisierten Geschwindigkeit erzielte Lärmwirkung ist in Abbildung 2 grafisch dargestellt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Messergebnisse der SEM-Messungen auf der Hohlestrasse

	Hangaufwärts				Hangabwärts				
	Tempo 50		Tempo 30		Tempo 50		Tempo 30		
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	
Anzahl	98	8	86	6	85	4	82	2	
Verkehr N pro Std.	212		184		178		168		[km/h]
Anteil N2 an N	7.55		6.52		4.49		2.38		[dBA]
Leq (gemessen)	65.7		63.6		66.0		62.9		[dBA]

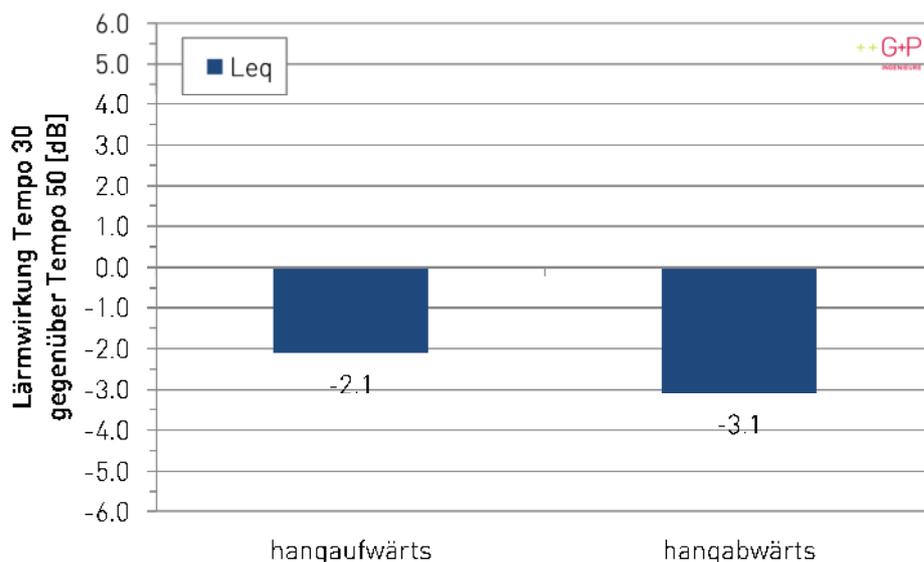


Abbildung 2: Lärmwirkung Tempo 30 gegenüber Tempo 50 gemäss SEM-Messung auf der Hohlestrasse in Belp.

Kommentar

- Die SEM-Messungen zeigen für die Tempo-30-Situation eine Lärmwirkung von -2.1 dB hangaufwärts und von -3.1 dB hangabwärts.
- Es gilt zu beachten, dass es sich um eine Messstrecke in der Steigung handelt, für die derzeit keine geeigneten Modelle für eine Verkehrsnormierung zur Verfügung stehen. Es ist daher mit leichten Unsicherheiten zu rechnen. Angesichts dessen, dass die Verkehrszahlen während der jeweiligen Lärm-messungen sehr ähnlich sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Abweichungen geringer ausfallen, als wenn ein Modell zur Verkehrsnormierung angewendet worden wäre.

20. November 2017

3.2 SPB-Messungen

Die Resultate der SPB-Messungen auf der Hohlestrasse sind in Tabelle 3 hangauf- und -abwärts für Leq und Lmax sowie für N1 und N2 separat aufgeschlüsselt. Die gemessene, durch das Herabsetzen der signalisierten Geschwindigkeit erzielte Lärmwirkung ist in Abbildung 3 grafisch aufbereitet.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Messergebnisse der SPB-Messungen auf der Hohlestrasse

	Hangaufwärts				Hangabwärts				
	Tempo 50		Tempo 30		Tempo 50		Tempo 30		
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	
Anzahl	131	14	109	20	95	10	114	18	
mittlere Geschwindigkeit	43.9	36.1	32.7	28.3	44.0	41.4	32.7	31.9	[km/h]
Temperaturkorrektur**	0.751	0	0.252	0	0.751	0	0.252	0	[dBA]
Leq									
mittel	45.4	52.5	43.1	53.5	44.6	48.1	43.0	52.6	[dBA]
max.	54.0	63.7	51.3	59.9	49.7	56.7	52.0	59.6	[dBA]
min.	40.1	44.7	38.1	43.9	39.8	41.8	36.4	40.6	[dBA]
stdev.	2.1	5.8	2.5	4.5	2.0	4.5	2.5	4.7	[dBA]
mittel (temperatur-korrigiert**)	46.1	52.5	43.4	53.5	45.3	48.1	43.2	52.6	[dBA]
Lmax*									
mittel	68.7	76.8	65.7	77.3	68.4	73.1	66.0	76.9	[dBA]
max.	79.6	87.2	75.3	85.1	75.9	82.4	76.9	86.4	[dBA]
min.	63.9	68.0	59.4	68.2	63.1	67.2	59.0	65.1	[dBA]
stdev.	2.7	5.7	3.1	4.6	2.5	4.7	3.0	5.0	[dBA]
mittel (temperatur-korrigiert**)	69.4	76.8	66.0	77.3	69.2	73.1	66.3	76.9	[dBA]

* der Lmax ist gemäss LSV für die Beurteilung der Situation nicht relevant und ist hier zusätzlich ausgewiesen.

** Temperaturkorrektur gemäss Leitfaden Strassenlärm Anhang 1c – Technisches Merkblatt für akustische Belagsgütemessungen an Strassen

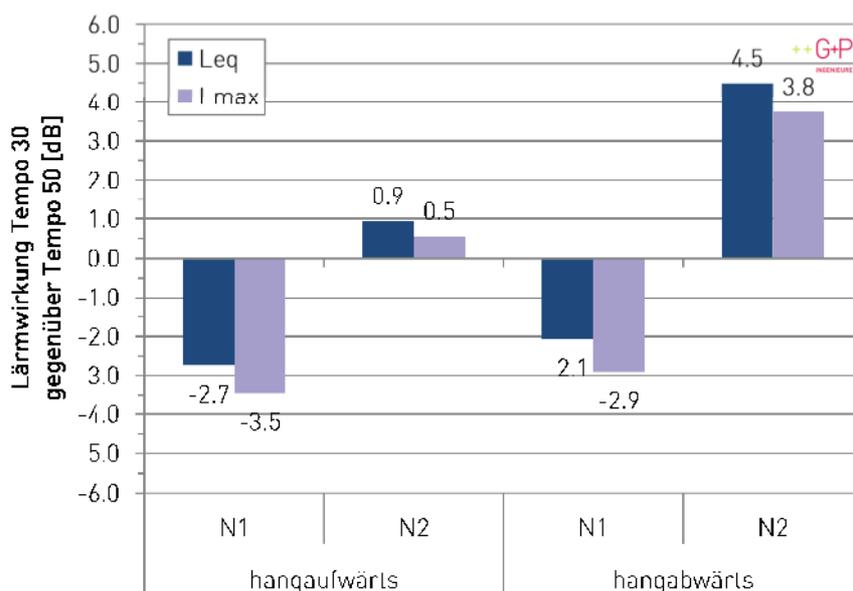


Abbildung 3: Lärmwirkung Tempo 30 gegenüber Tempo 50 gemäss SPB-Messungen auf der Hohlestrasse in Belp. (Der Lmax ist gemäss LSV für die Beurteilung der Situation nicht relevant und ist hier zusätzlich ausgewiesen).

20. November 2017

Kommentar

- Die Auswertung der SPB-Messungen hat gezeigt, dass durch die Signalisierung von Tempo 30 die mittlere Geschwindigkeit um ca. 10 km/h auf ca. 30 km/h reduziert werden konnte. Die Geschwindigkeitsreduktion ist somit in der gleichen Grössenordnung wie bei den Langzeit-Geschwindigkeitsmessungen der B+S AG, bei denen eine Differenz von 13 km/h ermittelt wurde.
- Die SPB-Messungen zeigen auf der Hohlestrasse in Belp für die Fahrzeugkategorie N1 hangaufwärts eine Lärmwirkung von -2.7 dB im Leq und von -3.5 dB im Lmax. Hangabwärts ist die Lärmwirkung mit -2.1 dB im Leq und -2.9 dB im Lmax geringfügig kleiner. Dieser Trend ist gegensätzlich zu den Ergebnissen der SEM-Messungen. Interessanterweise wurden bei den Vorbeifahrtsmessungen bei signalisiertem Tempo 30 hangaufwärts und hangabwärts dieselben Pegel (Leq und Lmax) für N1 gemessen, während bei Tempo 50 hangaufwärts ca. 1 dB höhere Pegel auftraten.
- Für die Fahrzeugkategorie N2 ergibt sich aus den SPB-Messungen eine leichte Lärmzunahme von +0.9 dB im Leq und +0.5 dB hangaufwärts. Hangabwärts zeigt sich eine deutliche Lärmzunahme von +4.5 dB im Leq und +3.8 dB im Lmax. Es gilt zu beachten, dass die Stichprobe von N2-Vorbeifahren relativ klein ist und die Ergebnisse von den während der Messungen verkehrenden Fahrzeugtypen beeinflusst sind.
- Für den Mischverkehr würde sich gemäss StL86+ hangaufwärts eine Lärmwirkung von -2.4 dB und hangabwärts eine Lärmwirkung -0.0 dB ergeben (wenn man das StL86+ Modell um den bei der Lärmwirkung überschätzten Anteil der Fahrzeugkategorie N2 von 3 dB korrigiert) Hangaufwärts wird also eine gute Übereinstimmung mit den SEM erzielt (Wirkung Mischverkehr -2.1 dB). Die, für die Situation hangabwärts prognostizierte Lärmwirkung, weicht deutlich von der mittels SEM ermittelten Lärmwirkung ab (Wirkung Mischverkehr -3.1 dB). Die Abweichung für die Situation hangabwärts erklärt sich primär durch die ermittelte Lärmzunahme für die Kategorie N2, welche auf die geringe Stichprobengrösse und das Auftreten nicht-repräsentativer Fahrzeuge (laute Traktoren etc.) während der Messung zurückzuführen ist. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Resultate der SEM Messungen die Lärmwirkung hangabwärts besser abbilden.

4. Schlussfolgerungen

- Durch die Einführung von Tempo 30 konnte auf einer Strasse mit starker Hangneigung die mittlere effektive Geschwindigkeit um ca. 13 km/h gesenkt werden (Ergebnis der Langzeitgeschwindigkeitsmessungen der B+S AG).
- Mithilfe der Situation Belp konnte auch für Tempo 30 Situationen mit Steigungen messtechnisch eine wesentliche Lärmwirkung von ca. 2-3 dB nachgewiesen werden.
- Gemäss den Erkenntnissen der VSS Studie „Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30“ ist für eine weitere Geschwindigkeitsabnahme keine lineare Wirkungszunahme zu erwarten, da weitere Geschwindigkeitsreduktionen durch zusätzliche begleitende Massnahmen (wie z.B. Vertikalversatz, Horizontalversatz etc.) erreicht werden müssten. Dies führt im Allgemeinen zu unstetigerem Fahrverhalten, was die durch die Geschwindigkeitsabnahme erreichte Lärmwirkung teilweise kompensiert.
- In der Lärmwirkungsprognose gemäss VSS 2014/212 (siehe Faktenblatt in Anhang V) wird für die Situation Belp eine ähnliche Wirkung (-1.5 dB am Tag und -2.2 in der Nacht) prognostiziert, wie bei den SEM-Messungen gemessen wurde (-2.1 dB). Die prognostizierte Lärmwirkung wurde allerdings für ein in flachem Terrain typisches Fahrverhalten bestimmt

20. November 2017

- Erwartungsgemäss fällt die Wirkung bei den SEM-Messungen hangabwärts grösser aus als hangaufwärts, da hangaufwärts ein grösserer Anteil vom Motorengeräusch zu erwarten ist, die sich in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit tendenziell weniger stark verändern als die Rollgeräusche.
- Um den Einfluss der Hangneigung auf die Lärmwirkung näher zu untersuchen wurden ergänzende Erhebungen zum statistischen Fahrverhalten durchgeführt. Diese Erhebungen haben ergeben, dass bei der in Belp vorhandenen Hangneigung von ca. 10% eine deutlich höherer Anteil an Fahrzeugen im 2. Gang (bzw. mit grösserer Motorendrehzahl) verkehrt, als dies im flachen Terrain der Fall ist (48% anstelle von 24% bei 30 km/h, siehe Abbildung 7 in Anhang IV). Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Lärmwirkung im flachen Terrain tendenziell grösser ausfällt als in der Steigung. Allerdings deuten die Messungen darauf hin, dass der Steigungseinfluss aufgrund der immer stärker werdenden Motorisierung geringer ausfällt als zuletzt angenommen.

Wichtigste Erkenntnisse & Empfehlungen:

- Es konnte trotz einer Steigung von ca. 10% in der Tempo 30 Situation Belp messtechnisch eine Geschwindigkeitsreduktion von ca. 13 km/h und eine wesentliche Lärmwirkung von 2-3 dB festgestellt werden.
- Da die effektive Geschwindigkeit in der Ausgangs- und Zielsituation die Lärmwirkung von Tempo 30 stark beeinflussen kann, wird empfohlen diese bei der Beurteilung von Tempo 30 als Lärmschutzmassnahme miteinzubeziehen.

Grolimund + Partner AG



Erik Bühlmann



Sebastian Egger

Messtechnische Erhebungen zur Bestimmung der akustischen Wirkung von Tempo 30 auf einem Strassenabschnitt mit starker Steigung

20. November 2017

Anhang

20. November 2017

I SEM-Messprotokolle

Belagsmessprotokoll SEM (Stichproben - Emissions - Messung) 21.07.2016

Identifikation

Projekt	Auftraggeber	B+S AG	Identifikation	Standort-Nr.	940 G&P.RF
	Inq. Büro	G&P, B		Messa. Nr.	1917
	Projekt-Nr.	A4855		Messart	SLM
	Verantwortlicher	Sebastian Lyger			

Standort

Ort	Gemeinde	Belp	Belag	Typ	AC 11
	Strasse	Hohlestrasse		Kategorie	dichter Belag
	Eigentümer	BF		Einbaujahr	
	Bezugspunkt	7.5 (m) (links)		Details	
Lage	Koordinaten	606386 / 192937	Beschreibung Messung Hangabwärts Richtung Bahnhof; in der Garageneinfahrt zur Seftigenstrasse 127; Messung Hangaufwärts Richtung Riggsberg; in der Einfahrt		

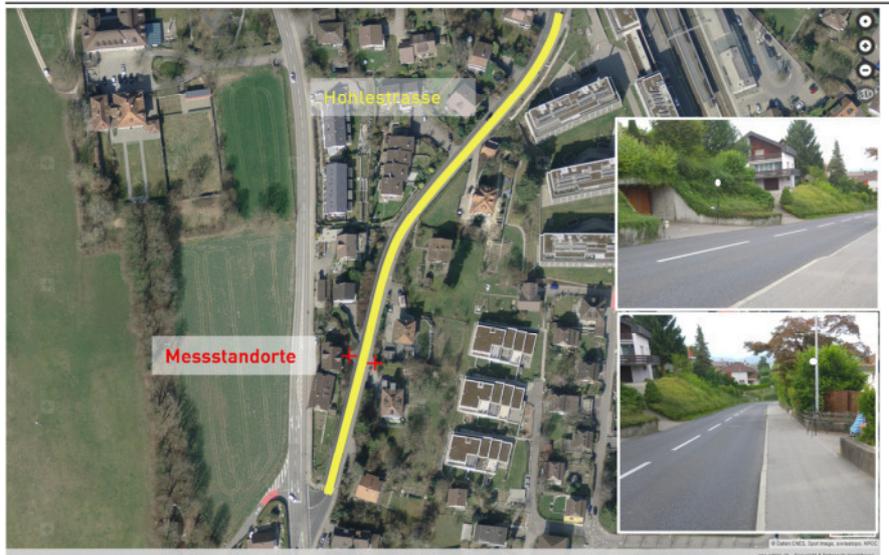
Messung

Messzeit	Datum	21.07.2016	Mikrophon- position	Dist. Fahrbahn/Mikr.	5.0 (m)
	Messzeit	17:20 - 17:50		Höhe Mikr. über Fahrbahn	3.0 (m)
Temperatur	Luft	29.0 29.0 [°C]	Geschwindigk.	signalisiert	50 (km/h)
	Mittelwert Luft	29.0 [°C]		effektiv	50 (km/h)
	Belag	36.6 36.6 [°C]	Messgeräte	Hangaufwärts: No-116 ; Hangabwärts No-116	
	Mittelwert Belag	36.6 [°C]		z.B. Abweichung von Standardbed. Fahrrichtung 1: Hangaufwärts mit LLQ = 65.7 dB; Fahrrichtung 2: Hangabwärts mit LLQ = 66.0 dB	

Resultate

Messdauer	effektiv	30.0	min			STL 86+	Spur 1	Spur 2	Gesamt
			Spur 1	Spur 2	Gesamt				
Verkehr	Anzahl N1		98	85	183 [I-2]	Emissionswert	72.3	70.6	(dB(A))
	Anzahl N2		8	4	12 [I-7]	Distanz	6	6	(m)
	Verkehr N pro Std.		212	178	390 [I-7/h]	Ümformung	8.1	8.1	(dB(A))
	Anteil N2 an N		7.5	4.5	6.2 [%]	L _i	64.2	62.5	66.4 (dB(A))
Leq (gemessen)					65.8 (dB(A))	Differenz	Messung - STL86+		0.6 (dB(A))
							Temperatur Korrektur		0.498 (dB(A))
							Differenz + Temp. Korr.		- 0.1 (dB(A))

Plan / Foto



20. November 2017

Belagsmessprotokoll SEM [Stichproben - Emissions - Messung] 12.04.2017

Identifikation

Projekt	Auftraggeber	U+S AG	Identifikation	Standort Nr.	940 G&P,BC
	Ing. Büro	G&P,RF		Mess Nr.	1918
	Projekt Nr.	A4855		Messart	SEM
	Verantwortlicher	Sebastian Egger			

Standort

Ort	Gemeinde	Belp	Belag	Typ	AC 11
Strasse	Name	Hohlestrosse		Kategorie	dichter Belag
	Eigentümer	BE		Erbjahr	
	Bezugspunkt	7.5 [m]		Details	
Lage	Strassenseite	(links)			
	Koordinaten	604386 / 192937			
	Beschreibung	Messung Hangabwärts Richtung Bahnhof: in der Garageneinfahrt zur Seftigenstrasse 12% Messung Hangaufwärts Richtung Riggisberg: in der Einfahrt			

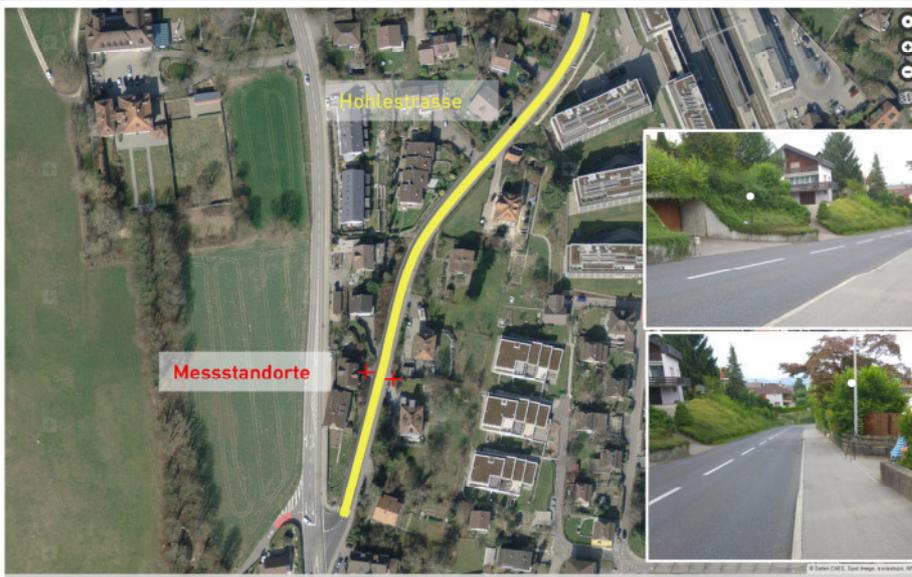
Messung

Messzeit	Datum	12.04.2017	Mikrophon- position	Dist. Fahrbahnmittle-Mikr.	5.0 [m]
	Messzeit	15:55 - 16:25		Höhe Mikr. über Fahrbahn	3.0 [m]
Temperatur	Luft	23.0 - 23.0 [°C]	Geschwindigk.	signalisiert	30 [km/h]
	Mittelwert Luft	23.0 [°C]		effektiv	30 [km/h]
	Belag	32.0 - 32.0 [°C]	Messgeräte	Hangaufwärts: Nor116 ; Hangabwärts: Nor 18	
	Mittelwert Belag	32.0 [°C]			
Bemerkung	z.B. Abweichung von Standardbed. Fahrtrichtung 1: Hangaufwärts mit LQR 63.6 dB; Fahrtrichtung 2: Hangabwärts mit LQR 62.9 dB				

Resultate

Messdauer	effektiv	30.0 [min]	STL86+	Spur 1	Spur 2	Gesamt		
				Spur 1	Spur 2	Gesamt		
Verkehr	Anzahl N1	86	82	168 [Fz]	Emissionswert	69.6	67.5	[dB(A)]
	Anzahl N2	6	2	8 [Fz]		Distanz	6	6
	Verkehr N pro Std.	184	168	352 [Fz/h]	Dämpfung	8.1	8.1	[dB(A)]
	Anteil N2 an N	6.5	2.4	4.5 [%]	Lr	61.5	59.4	63.6 [dB(A)]
Leq (gemessen)			63.3 [dB(A)]	Differenz	Messung - STL86+	- 0.3 [dB(A)]		
					Temperatur-Korrektur	0.36 [dB(A)]		
					Differenz mit Temp.-Korr.	+ 0.0 [dB(A)]		

Plan / Foto



20. November 2017

II SPB-Messprotokolle

Belagsmessprotokoll SPB

(Statistische Vorbeifahrts-Messung)

21.07.2016

Identifikation

Projekt	Auftraggeber	B+S AG	Identifikation	Standort-Nr.	940 G&P,BE
	Ing. Büro	G&P,BE		Mess-Nr.	1913
	Projekt-Nr.	A4855			
	Verantwortlicher	Sebastian Egger		Messart	SPB

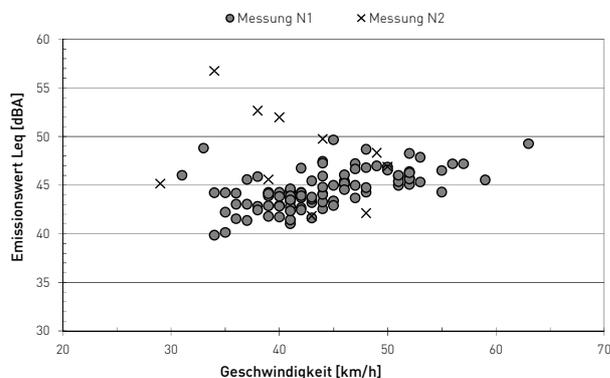
Standort

Ort	Gemeinde	Belp	Belag	Typ	AC 11
	Name	Hohlestrasse		Kategorie	dichter Belag
	Eigentümer	BE		Einbaujahr	
Strasse	Bezugspunkt	7.5 [m]	Details		
	Strassenseite	- (links)			
	Koordinaten	604386 / 192937			
	Beschreibung	Messung Hangabwärts Richtung Bahnhof: in der Garageneinfahrt zur Seftigenstrasse 127; Messung Hangaufwärts Richtung Riggisberg: in der Einfahrt			

Messung

Messzeit	Datum	21.07.2016	Mikrophonposition	Fzg-Mikr.	Leq	Lmax
	Messzeit	11:45 - 15:30		Höhe Mikr.	5.0	5.0 [m]
Temperatur	Luft	25.7 - 33.0 [°C]	Messgeräte	Schallpegelm.	Nor121	
	Mittelwert Luft	29.4 [°C]		Radargerät	SR4	
	Belag	43.0 - 47.1 [°C]				
	Mittelwert Belag	45.0 [°C]				
Bemerkung	z.B. Abweichung von Standardbed. Hangabwärts; Messung bei v_sig = 50 km/h; Dynamikbereich auf 6 dB gestelle (statt typischerweise 10 dB)					

Resultate Emissionswert

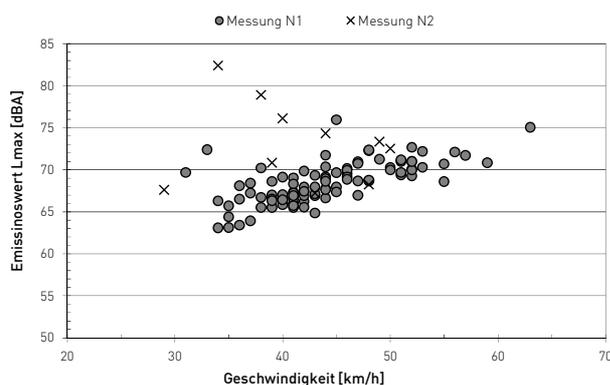


	N1	N2
Anzahl	95	10
mittl. Geschw.	44	41 [km/h]

Emissionswert statistisch

mittel	44.6	48.1 [dBA]
max.	49.7	56.7 [dBA]
min.	39.8	41.8 [dBA]
stdev.	2.0	4.5 [dBA]
Temp.Korrektur	0.751	0 [dBA]
mittel	45.3	48.1 [dBA]

Resultate Maximalpegel



	N1	N2
Anzahl	95	10
mittl. Geschw.	44	41 [km/h]

Maximalpegel statistisch

mittel	68.4	73.1 [dBA]
max.	75.9	82.4 [dBA]
min.	63.1	67.2 [dBA]
stdev.	2.5	4.7 [dBA]
Temp.Korrektur	0.751	0 [dBA]
mittel	69.2	73.1 [dBA]

20. November 2017

Belagsmessprotokoll SPB (Statistische Vorbeifahrts-Messung) 21.07.2016

Identifikation

Projekt	Auftraggeber	B+S AG	Identifikation	Standort-Nr.	940 G&P,BE
	Ing. Büro	G&P,BE		Mess-Nr.	1916
	Projekt-Nr.	A4855			
	Verantwortlicher	Sebastian Egger		Messart	SPB

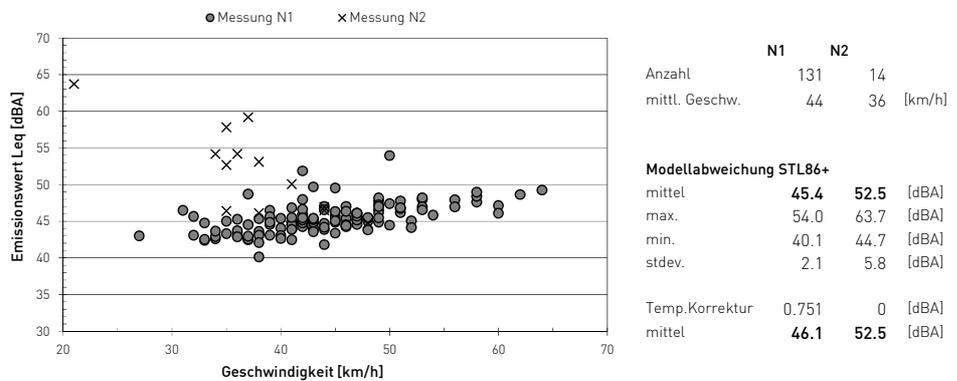
Standort

Ort	Gemeinde	Belp	Belag	Typ	AC 11
	Name	Hohlestrasse		Kategorie	dichter Belag
Strasse	Eigentümer	BE	Einbaujahr		
	Bezugspunkt	7.5 [m]	Details		
	Strassenseite	- (links)			
Lage	Koordinaten	604386 / 192937			
	Beschreibung	Messung Hangabwärts Richtung Bahnhof: in der Garageneinfahrt zur Seftigenstrasse 127; Messung Hangaufwärts Richtung Riggisberg: in der Einfahrt			

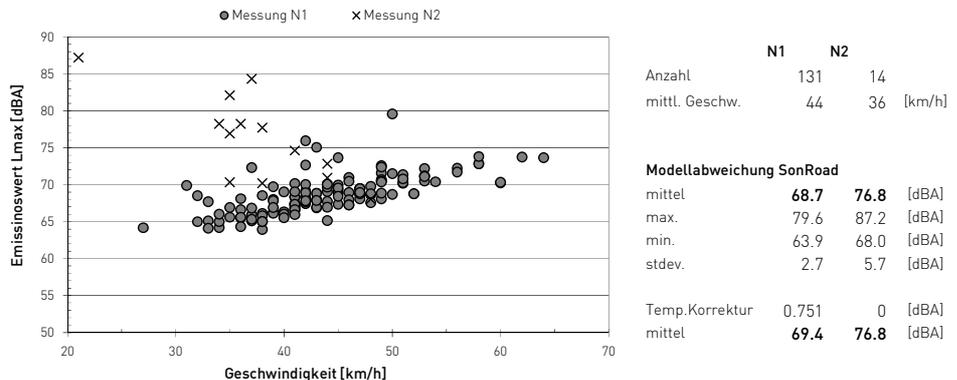
Messung

Messzeit	Datum	21.07.2016	Mikrophonposition	Fzg-Mikr.	Leq	Lmax
	Messzeit	11:00 - 15:30		Höhe Mikr.	5.0	5.0 [m]
Temperatur	Luft	28.0 - 33.0 [°C]	Messgeräte	Schallpegelm.	Nor121	
	Mittelwert Luft	30.5 [°C]		Radargerät	SR4	
	Belag	43.0 - 47.1 [°C]				
	Mittelwert Belag	45.0 [°C]				
Bemerkung	z.B. Abweichung von Standardbed. Hangaufwärts; Messung bei v_sig = 50 km/h; Dynamikbereich auf 6 dB gestelle (statt typischerweise 10 dB)					

Resultate Emissionswert



Resultate Maximalpegel



20. November 2017

Belagsmessprotokoll SPB (Statistische Vorbeifahrts-Messung) **12.04.2017**

Identifikation

Projekt	Auftraggeber	B+S AG	Identifikation	Standort-Nr.	940 G&P,BE
	Ing. Büro	G&P,BE		Mess-Nr.	1914
	Projekt-Nr.	A4855			
	Verantwortlicher	Sebastian Egger		Messart	SPB

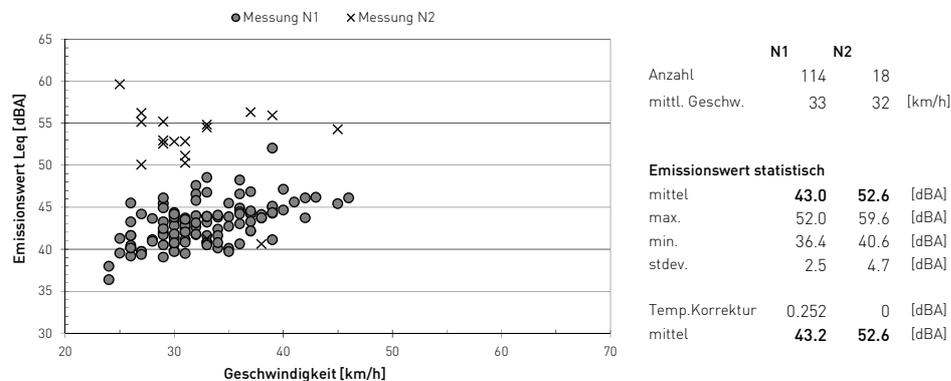
Standort

Ort	Gemeinde	Belp	Belag	Typ	AC 11
	Name	Hohlestrasse		Kategorie	dichter Belag
Strasse	Eigentümer	BE	Einbaujahr		
	Bezugspunkt	7.5 [m]	Details		
	Strassenseite	- (links)			
Lage	Koordinaten	604386 / 192937			
	Beschreibung	Messung Hangabwärts Richtung Bahnhof: in der Garageneinfahrt zur Seftigenstrasse 127; Messung Hangaufwärts Richtung Riggisberg: in der Einfahrt			

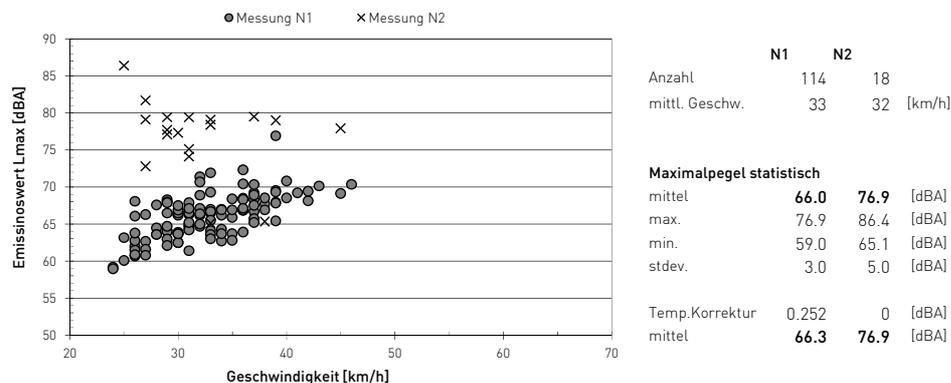
Messung

Messzeit	Datum	12.04.2017	Mikrophon- position	Fzg-Mikr.	Leq	Lmax
	Messzeit	11:00 - 15:00		Höhe Mikr.	5.0	5.0 [m]
Temperatur	Luft	12.6 - 23.0 [°C]	Messgeräte	Schallpegelm.	Norsonic Nor121	
	Mittelwert Luft	17.8 [°C]		Radargerät	Sierzega SR4	
	Belag	21.6 - 35.2 [°C]				
	Mittelwert Belag	28.4 [°C]				
Bemerkung	z.B. Abweichung von Standardbed. Hangabwärts; Messung bei v_sig = 30 km/h; Dynamikbereich auf 6 dB gestellt					

Resultate Emissionswert



Resultate Maximalpegel



20. November 2017

Belagsmessprotokoll SPB (Statistische Vorbeifahrts-Messung) 12.04.2017

Identifikation

Projekt	Auftraggeber	B+S AG	Identifikation	Standort-Nr.	940 G&P,BE
	Ing. Büro	G&P,BE		Mess-Nr.	1915
	Projekt-Nr.	A4855			
	Verantwortlicher	Sebastian Egger		Messart	SPB

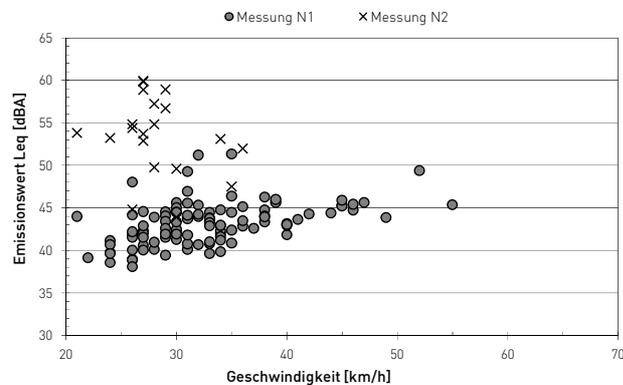
Standort

Ort	Gemeinde	Belp	Belag	Typ	AC 11
	Name	Hohlestrasse		Kategorie	dichter Belag
Strasse	Eigentümer	BE	Einbaujahr		
	Bezugspunkt	7.5 [m]	Details		
	Strassenseite	- (links)			
Lage	Koordinaten	604386 / 192937			
	Beschreibung	Messung Hangabwärts Richtung Bahnhof: in der Garageneinfahrt zur Seftigenstrasse 127; Messung Hangaufwärts Richtung Riggisberg: in der Einfahrt			

Messung

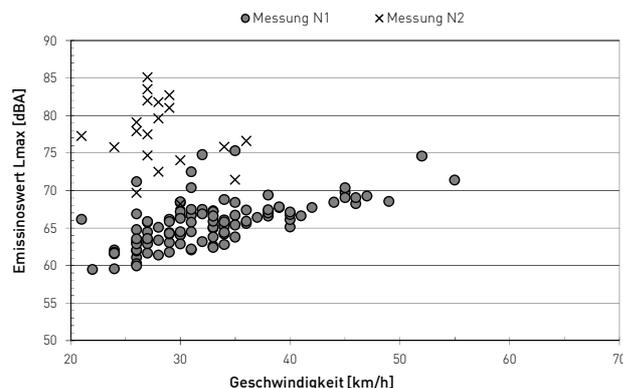
Messzeit	Datum	12.04.2017	Mikrophonposition	Fzg-Mikr.	5,0	5,0 [m]
	Messzeit	11:00 - 15:00		Höhe Mikr.	1,7	1,7 [m]
Temperatur	Luft	13,3 - 23,4 [°C]	Messgeräte	Schallpegelm.	Norsonic Nor121	
	Mittelwert Luft	18,4 [°C]		Radargerät	Sierzega SR4	
	Belag	21,6 - 35,2 [°C]				
	Mittelwert Belag	28,4 [°C]				
Bemerkung	z.B. Abweichung von Standardbed. Hangaufwärts; Messung bei v_sig = 30 km/h; Dynamikbereich auf 6 dB gestelle (statt typischerweise 10 dB)					

Resultate Emissionswert



	N1	N2
Anzahl	109	20
mittl. Geschw.	33	28 [km/h]
Emissionswert statistisch		
mittel	43.1	53.5 [dBA]
max.	51.3	59.9 [dBA]
min.	38.1	43.9 [dBA]
stdev.	2.5	4.5 [dBA]
Temp.Korrektur	0.252	0 [dBA]
mittel	43.4	53.5 [dBA]

Resultate Maximalpegel



	N1	N2
Anzahl	109	20
mittl. Geschw.	33	28 [km/h]
mittl. Emi.-wert		[dBA]
Maximalpegel statistisch		
mittel	65.7	77.3 [dBA]
max.	75.3	85.1 [dBA]
min.	59.4	68.2 [dBA]
stdev.	3.1	4.6 [dBA]
Temp.Korrektur	0.252	0 [dBA]
mittel	66.0	77.3 [dBA]

20. November 2017

III Geschwindigkeitsverteilungen

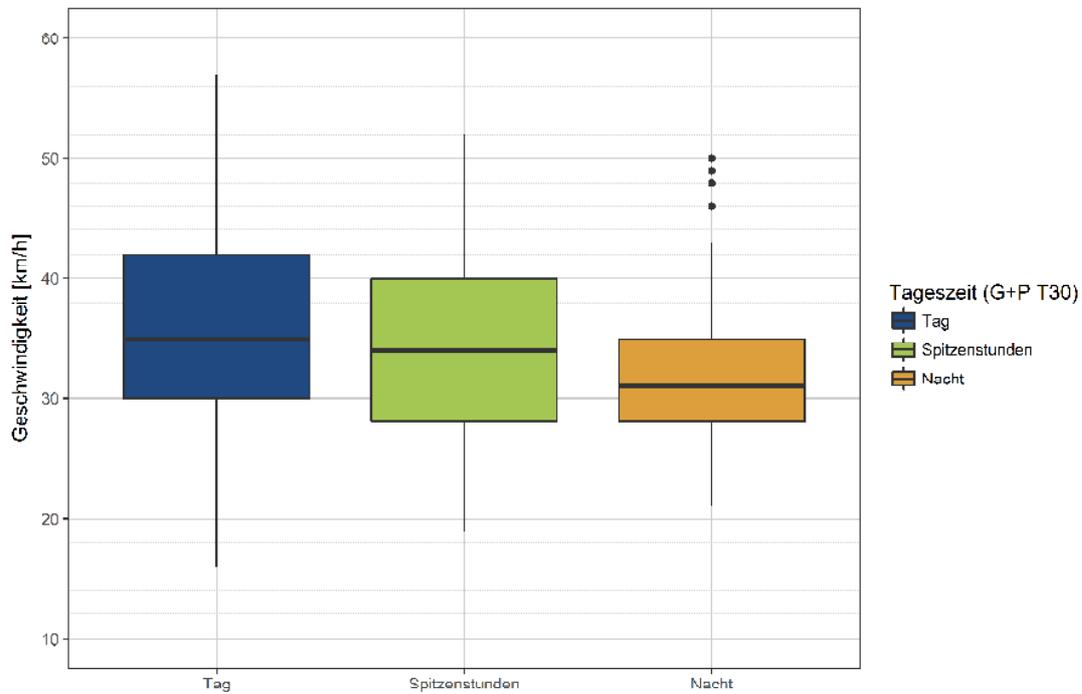


Abbildung 4: Fahrzeuggeschwindigkeitsverteilung der von G+P AG am Messquerschnitt bei signalisiertem Tempo 30 vorgenommenen Messungen als Boxplot für Tag, Spitzenstunden und Nacht.

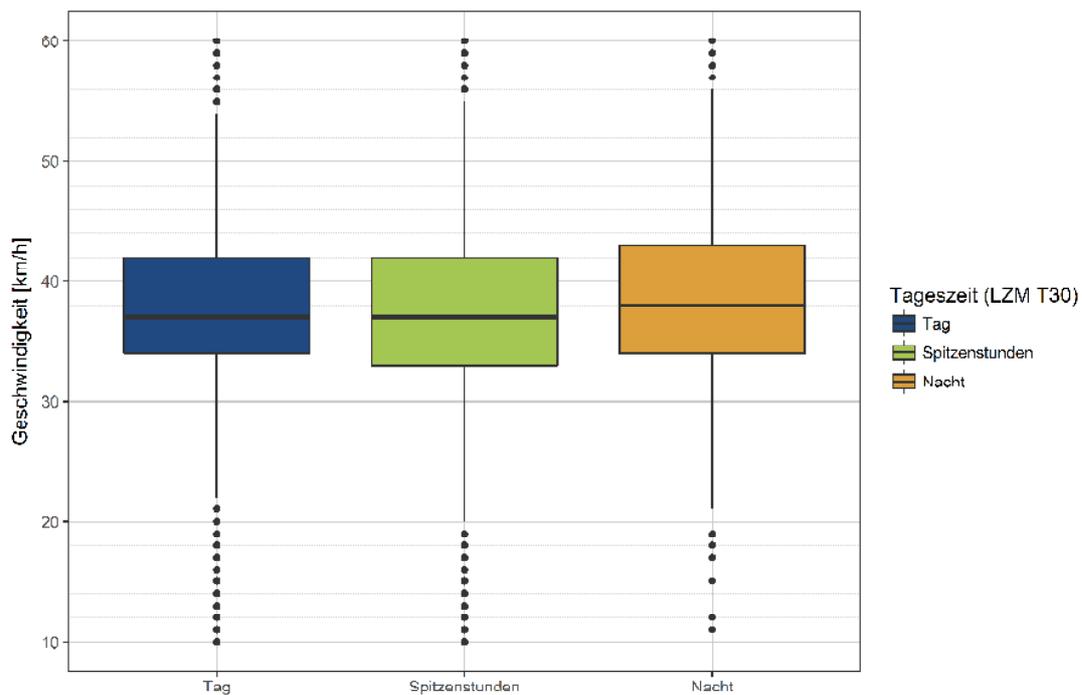


Abbildung 5: Fahrzeuggeschwindigkeitsverteilung der von B+S AG am Messquerschnitt vorgenommenen Langzeitmessungen bei signalisiertem Tempo 30 als Boxplot für Tag, Spitzenstunden und Nacht.

20. November 2017

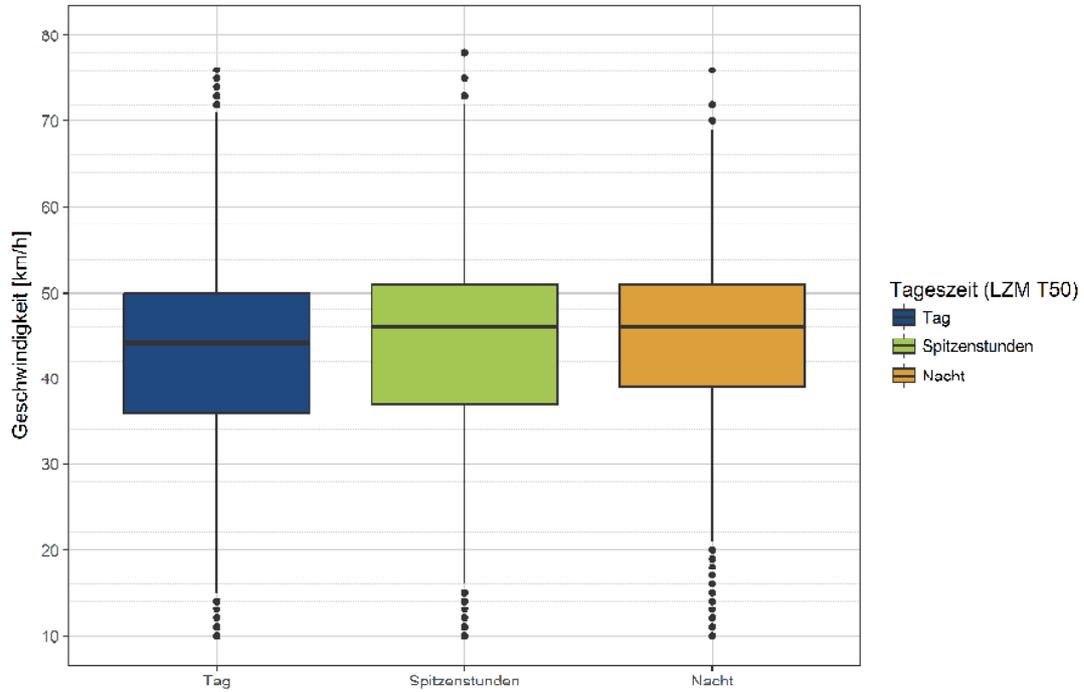


Abbildung 6: Fahrzeuggeschwindigkeitsverteilung der von B+S AG am Messquerschnitt vorgenommenen Langzeitmessungen bei signalisiertem Tempo 50 als Boxplot für Tag, Spitzenstunden und Nacht.

20. November 2017

IV Effekt von starken Steigungen auf das Fahrverhalten

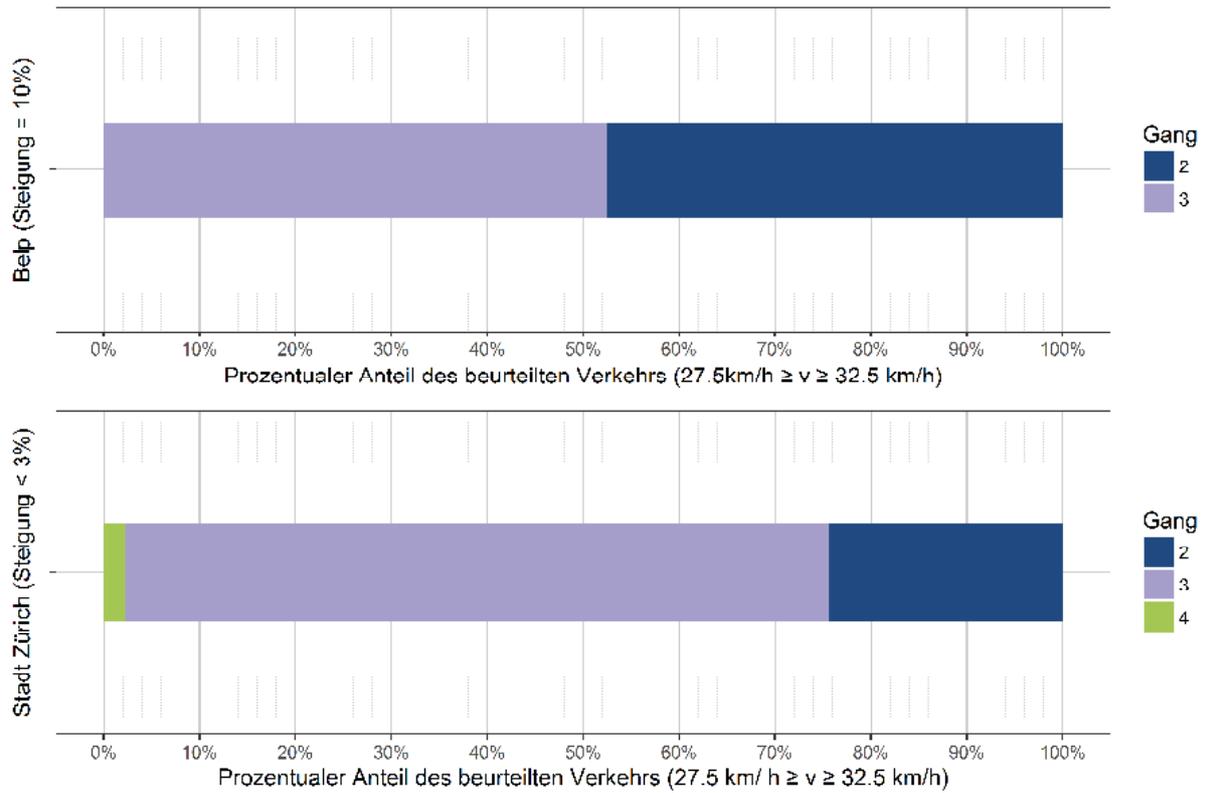


Abbildung 7: Vergleich des Fahrverhaltens bei 30 km/h (± 2.5 km/h) in der Tempo 30 Situation Belp mit ca. 10% Steigung und den für die Stadt Zürich gemessenen Tempo 30 Situationen (<3%) im flachen Terrain.

20. November 2017

V Faktenblatt

Wirkungsanalyse Temporeduktion Lärm

Mit Zielgeschwindigkeit 30 km/h – Hohlestrasse Belp (LZM)

1. Übersichtskarte



2. Streckeninformation

Lage		Verkehr	
Kanton	Bern	DTV	3200 Fz/24h
Gemeinde	Belp	Nt	157 Fz/h
Strasse	Hohlestrasse	Nn	19 Fz/h
Streckeninformationen		Nt2	6.3 %
Streckenlänge	400 m	Nn2	6.8 %
Steigung	10 %	v signalisiert	30 km/h
Belagstyp	Unbekannt	V50 _{reg} [LZM]	37 km/h
KB	Abw. StL-86+: +1 dB(A)	V50 _{reg,ab} [LZM]	38 km/h

3. Methoden

Die nachfolgenden Prognosen für die Lärmwirkung von Tempo 30 stützen sich auf die Ergebnisse des nationalen Forschungsprojekts VSS 2012/214: Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30 (Bühlmann et al., 2017. Verfügbar unter <http://www.mobilityplatform.ch>). Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden aktuelle Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30 ausgearbeitet, um zukünftig zuverlässigere Prognosen bezüglich des Lärminderungspotentials für niedrige Geschwindigkeiten, insbesondere für Tempo 30, zu gewährleisten. Dazu wurden die Schallemissionen eines aktuellen, für die Schweiz repräsentativen Fahrzeugparks bei unterschiedlichem Fahrverhalten (Gangwahl, unstetige Fahrweise, Fahrstil etc.) in einer umfangreichen Messkampagne systematisch erfasst und in Emissionsansätze für konstantes und beschleunigtes Fahrverhalten überführt. Mithilfe statistischer Erhebungen zum Fahrverhalten an bereits realisierten, häufig vorkommenden Tempo 30 Zonen, sowie eines adaptierten Emissionsansatzes für LKW aus dem Europäischen Emissionsmodell CNOSSOS wurden diese Emissionsansätze in eine Quellenformulierung überführt, welche es ermöglicht Tempo 30 Situationen hinsichtlich ihrer Lärmwirkung mit guter Zuverlässigkeit zu beurteilen.

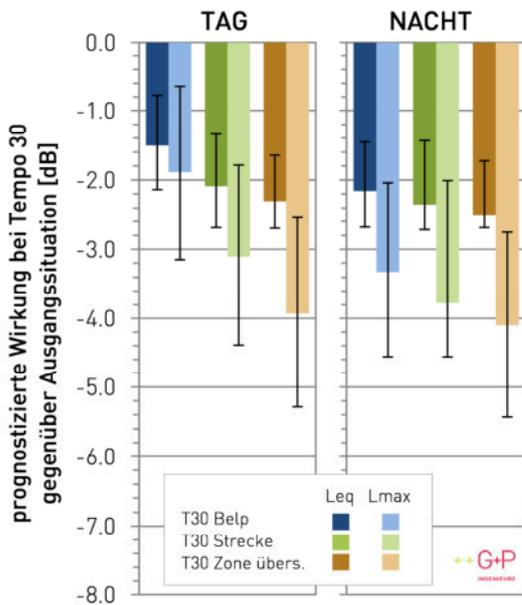
20. November 2017

4. Abschätzung Lärmreduktion

Sind effektive Geschwindigkeiten in der Ausgangssituation bekannt?

Ja Nein

v50 v85 v-Verteilung v signalisiert (Ausgangssituation wird berücksichtigt)



	potentielle Wirkung T30 [dB]					
	min.		mittel		max.	
	Leq	Lmax*	Leq	Lmax*	Leq	Lmax*
Tag						
T30 Belp	-0.8	-0.6	-1.5	-1.9	-2.1	-3.2
T30 Strecke	-1.3	-1.8	-2.1	-3.1	-2.7	-4.4
T30 Zone übers.	-1.6	-2.5	-2.3	-3.9	-2.7	-5.3
Nacht						
T30 Belp	-1.5	-2.0	-2.2	-3.3	-2.7	-4.6
T30 Strecke	-1.4	-2.0	-2.4	-3.8	-2.7	-4.6
T30 Zone übers.	-1.7	-2.8	-2.5	-4.1	-2.7	-5.4

Kommentar:

- Fehlerabschätzung (min./max.) mithilfe der zonenabhängigen mittleren Geschwindigkeit ± 5 km/h.
- Die potentielle Wirkung wird im Vergleich zur Ausgangssituation mit der effektiven mittleren Geschwindigkeit ausgewiesen.

*) Die Wirkung auf den Lmax wird mit dem A-bewerteten, energetisch gewichteten mittleren Lmax über alle Einzelergebnisse beschrieben.

Erklärung Zonentypen

Situation Tempo 30	Erklärung
T30 Zone übersichtlich	Tempo 30 Situationen, welche mit begleitenden Massnahmen und einer übersichtlichen Zonengestaltung umgesetzt sind die das Kreuzen von Fahrzeugen im Allgemeinen ermöglichen (z.B. Mehrzweckstreifen)
T30 Strecke	Tempo 30 Situationen ohne begleitende Massnahmen und ohne Zonengestaltung (nur Geschwindigkeitssignalisation)

5. Schlussfolgerungen & Empfehlungen

- Die Lärmwirkung der Temporeduktion auf der Hohlestrasse in Belp (BE) wird anhand der effektiven Geschwindigkeitsverteilungen aus der langzeitlichen Verkehrserhebung ermittelt.
- Die modellierte Wirkung beträgt am Tag -1.5 dB und in der Nacht -2.2 dB.
- Auf dem Maximalpegel ist mit einer Wirkung von -1.9 dB am Tag und -3.3 dB in der Nacht zu rechnen.
- Die Tempo 30 Modellierungen wurden unter der Annahme eines ebenen Terrains durchgeführt, um die Aussagekraft des VSS-Ansatzes für Tempo 30 Situationen in der Steigung zu überprüfen. Die Modellierungen zeigen eine etwa 0.5 bis 1 dB höhere Lärmwirkung als die Lärmmessungen, welche jedoch teilweise auf die tiefere effektive Geschwindigkeit bei den Lärmmessungen zurückgeführt werden kann.

Anhang 2

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



Bernhard Kindler
B+S AG
Weltpoststrasse 5
CH-3000 Bern 15

Tempo 30 Emissionsberechnungen mit sonRoad und CNOSSOS

Untersuchungsbericht: Empa-Nr. 5214013380
Ihr Auftrag vom: 21. Juli 2016
Anzahl Seiten inkl. Beilagen: 3

Dübendorf, 29. September 2016 Abteilung Akustik / Lärminderung
Der Projektleiter: Der Abteilungsleiter:

K. Heutschi

K. Eggenschwiler

1 Auftrag

Im Auftrag der B+S AG wurden für drei Strassenabschnitte mit unterschiedlichen Längsneigungen für zwei verschiedene Verkehrsmengenszenarien und die beiden Geschwindigkeiten 50 bzw. 30 km/h Strassenlärmemissionsberechnungen mit sonRoad und CNOSSOS durchgeführt. Die Emissionen sind in Form des Mittelungspegels L_{eq} in 1 m Abstand ausgewiesen.

2 Emissionsberechnungen mit sonRoad

Die Emissionsberechnung mit sonRoad erfolgte mit dem Formelsatz gemäss *Heutschi K, 2004: SonRoad – Berechnungsmodell für Strassenlärm. Schriftenreihe Umwelt Nr. 366. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 74 S.* Für die Umrechnung von der Schalleistung in den Mittelungspegel wurde ein Bodeneffekt von 2.2 dB angenommen. Der Emissionsrechnung wurde der Referenz-Schwarzbelag zu Grunde gelegt. Als Geschwindigkeiten für den flachen Abschnitt wie auch für die Steigungsstrecken wurden 50 bzw. 30 km/h eingesetzt. Eine allfällige Geschwindigkeitsreduktion an den Steigungsstrecken wurde ignoriert. Da sonRoad für positives und negatives Gefälle unterschiedliche Steigungszuschläge ansetzt, wurde der Verkehr zu gleichen Teilen auf- bzw. abwärtsfahrend angenommen.

3 Emissionsberechnungen mit CNOSSOS

Die Emissionsberechnung mit CNOSSOS erfolgte mit dem Formelsatz gemäss *Kephalopoulos, S., Paviotti, M., Anfosso-Ledee, F., 2012: Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)*. Für die Umrechnung von der Schalleistung L_W in den Mittelungspegel L_{eq} wurde die Beziehung

$$L_{eq} = L_W - 10 \log(v) + 2.6 + 10 \log(M) - 10 \log(3600)$$

verwendet. Hierbei steht v für die Geschwindigkeit im km/h und M für die Fahrzeugmenge pro Stunde. CNOSSOS stellt Emissionswerte für Personenwagen (cat 1), leichte und schwere Lastwagen (cat 2, cat 3) zur Verfügung. Für die vorliegende Berechnung wurden die Kategorien *Personenwagen* und *schwere Lastwagen* verwendet. Der Emissionsrechnung wurde der Referenzbelag zu Grunde gelegt. Als Geschwindigkeiten für den flachen Abschnitt wie auch für die Steigungsstrecken wurden 50 bzw. 30 km/h eingesetzt. Eine allfällige Geschwindigkeitsreduktion an den Steigungsstrecken ist implizit in den Steigungskorrekturen berücksichtigt. Da CNOSSOS für positives und negatives Gefälle unterschiedliche Steigungszuschläge ansetzt, wurde der Verkehr zu gleichen Teilen auf- bzw. abwärtsfahrend angenommen.

4 Ergebnisse

Die Tabelle 1 zeigt die sechs untersuchten Steigungs-Verkehrsmengen-Konfigurationen, in Tabelle 2 sind die Ergebnisse nach sonRoad und in Tabelle 3 die Ergebnisse nach CNOSSOS aufgelistet.

Nr.	Steigung i %	Jahr Ist Prognose	STRASSENVERKEHR						Pegeldifferenz K1	
			DTV Fhz./ 24Std.	Nt	Nn	Nt2	Nn2	Tag dB	Nacht dB	
				Tag Fhz./ Std.	Nacht Fhz./ Std.	Tag %	Nacht %			
1	9.0	2009	4'700	273	42	5.0	6.0	0.0	-3.8	
1b		2029	7'000	406	63	5.0	6.0	0.0	-2.0	
2	8.0	2009	4'700	273	42	5.0	6.0	0.0	-3.8	
2b		2029	7'000	406	63	5.0	6.0	0.0	-2.0	
3	0.0	2009	4'700	273	42	5.0	6.0	0.0	-3.8	
3b		2029	7'000	406	63	5.0	6.0	0.0	-2.0	

Tabelle 1: Den Berechnungen zu Grunde liegende Steigungs- und Verkehrsmengenzahlen.

Nr.	sonRoad 50 km/h		sonRoad 30 km/h		Pegeldiff. T30-T50	
	Tag dB	Nacht dB	Tag dB	Nacht dB	Tag dB	Nacht dB
1	75.6	64.0	74.5	62.9	-1.2	-1.1
1b	77.3	67.6	76.2	66.5	-1.2	-1.1
2	75.2	63.6	73.9	62.4	-1.3	-1.2
2b	76.9	67.1	75.6	65.9	-1.3	-1.2
3	72.7	61.1	70.4	58.8	-2.3	-2.3
3b	74.4	64.6	72.1	62.4	-2.3	-2.3

Tabelle 2: Ergebnisse der sonRoad Emissions-Berechnungen und resultierende Pegeldifferenzen Tempo 30 minus Tempo 50.

Nr.	CNOSSOS 50 km/h		CNOSSOS 30 km/h		Pegeldiff. T30-T50	
	Tag dB	Nacht dB	Tag dB	Nacht dB	Tag dB	Nacht dB
1	73.3	61.7	71.0	59.5	-2.3	-2.2
1b	75.0	65.2	72.7	63.0	-2.3	-2.2
2	72.9	61.3	70.6	59.1	-2.3	-2.2
2b	74.6	64.8	72.3	62.6	-2.3	-2.2
3	71.4	59.7	69.1	57.5	-2.3	-2.1
3b	73.2	63.3	70.9	61.1	-2.3	-2.1

Tabelle 3: Ergebnisse der CNOSSOS Emissions-Berechnungen und resultierende Pegeldifferenzen Tempo 30 minus Tempo 50.

Anhang 3

Lärmsanierung Hohlestrasse Belp

Akustische Wirkung von Tempo 30 an der Hohlestrasse

Geschwindigkeitsmessungen

Messtandorte



Auswertungen v85

	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Standort	T50	T30	T30	T30
Oben Ri Belp (abwärts)	55 km/h	53 km/h	47 km/h	45 km/h
Mitte Ri Thun (aufwärts)	56 km/h	49 km/h	41 km/h	40 km/h
Mitte Ri Belp (abwärts)	56 km/h	49 km/h	42 km/h	42 km/h
Unten Ri Thun (aufwärts)	54 km/h	49 km/h	45 km/h	44 km/h
Mittel	55 km/h	50 km/h	44 km/h	43 km/h
Reduktion gegenüber Phase 0		- 5 km/h	- 11 km/h	- 12 km/h
Mittel aufwärts	55 km/h	49 km/h	43 km/h	42 km/h
Mittel abwärts	55 km/h	51 km/h	45 km/h	44 km/h

Auswertungen v50

	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Standort	T50	T30	T30	T30
Oben Ri Belp (abwärts)	49 km/h	43 km/h	39 km/h	38 km/h
Mitte Ri Thun (aufwärts)	50 km/h	38 km/h	34 km/h	33 km/h
Mitte Ri Belp (abwärts)	50 km/h	39 km/h	35 km/h	35 km/h
Unten Ri Thun (aufwärts)	47 km/h	39 km/h	37 km/h	36 km/h
Mittel	49 km/h	40 km/h	36 km/h	36 km/h
Reduktion gegenüber Phase 0		- 9 km/h	- 13 km/h	- 13 km/h
Mittel aufwärts	49 km/h	39 km/h	36 km/h	35 km/h
Mittel abwärts	49 km/h	41 km/h	37 km/h	37 km/h

Bemerkung: Die Messungen "Oben Ri Thun" und "Unten Ri Belp" wurden nicht in die Auswertung miteinbezogen, da diese im Rückstaubereich des Abbiegers in die Seftigenstrasse resp. des Bahnübergangs liegen und nicht repräsentative Daten in Bezug auf die Geschwindigkeit zeigen.

Anhang 4

Schallpegelmessung Strassenlärm Messprotokoll Hohlestrasse 17, Tag bei Tempo 50 km/h

Auftrag **Belp, Tempo 30 Hohlenstrasse**

Messort	Gemeinde	<i>Belp</i>	Verkehr	Zähldauer	<i>20 min</i>
	Adresse	<i>Hohlestrasse 17</i>		PW/Mofas	<i>138</i>
	Name	<i>Bärlocher</i>		LW/Motorräder	<i>3</i>
	Lage/Raum	<i>1.OG Badezimmer</i>		Messverkehr N	<i>423 Fz/h</i>
	Höhe ü. Terrain	<i>Ca. 5 m</i>		Anteil N2	<i>2.1%</i>
Messzeit	Dist. zur Quelle	<i>ca. 20 m</i>	Meteo	Wetter	<i>Sonnig, trocken</i>
	Datum	<i>17.06.2016</i>	Wind (aus Richt.)	<i>< 1m/s Nord</i>	
	Zeit	<i>14.43 – 15.03</i>	Messgerät	Typ	<i>Norsonic Typ 140 4537</i>
Messdauer	<i>20 min eff.</i>	Eichung		<i>114.0 dB</i>	
Schallquelle	Strasse	<i>Hohlestrasse</i>	File-Nr.	<i>0006</i>	
	Belag	<i>Schwarz</i>	Gemessen durch	<i>P. Perrenoud</i>	
	Sign. Geschw.	<i>50 km/h</i>	Bemerkungen	<i>Hundegebell ausgeblendet</i>	

Messresultate

▪ Messwerte:

L_{eq}	54.8 dB(A)
-----------------------	-------------------



▪ Pegel-Zeitverlauf:

Schallpegelmessung Strassenlärm Messprotokoll Hohlestrasse 32, Tag bei Tempo 50 km/h

Auftrag Belp, Tempo 30 Hohlenstrasse

Messort	Gemeinde	<i>Belp</i>	Verkehr	Zähldauer	<i>30 min</i>
	Adresse	<i>Hohlestrasse 32</i>		PW/Mofas	<i>115</i>
	Name	<i>Hadorn</i>		LW/Motorräder	<i>7</i>
	Lage/Raum	<i>1.OG Schlafzimmer</i>		Messverkehr N	<i>244 Fz/h</i>
	Höhe ü. Terrain	<i>Ca. 5 m</i>		Anteil N2	<i>5.7%</i>
Messzeit	Dist. zur Quelle	<i>ca. 12 m</i>	Meteo	Wetter	<i>Sonnig, trocken</i>
	Datum	<i>23.06.2016</i>		Wind (aus Richt.)	<i>< 1m/s Nord</i>
	Zeit	<i>09.18 – 09.48</i>	Messgerät	Typ	<i>Norsonic Typ 140 4537</i>
Messdauer	<i>30 min eff.</i>	Eichung		<i>114.0 dB</i>	
Schallquelle	Strasse	<i>Hohlestrasse</i>		File-Nr.	<i>0001</i>
	Belag	<i>Schwarz</i>	Gemessen durch	<i>P. Perrenoud</i>	
	Sign. Geschw.	<i>50 km/h</i>		Bemerkungen	

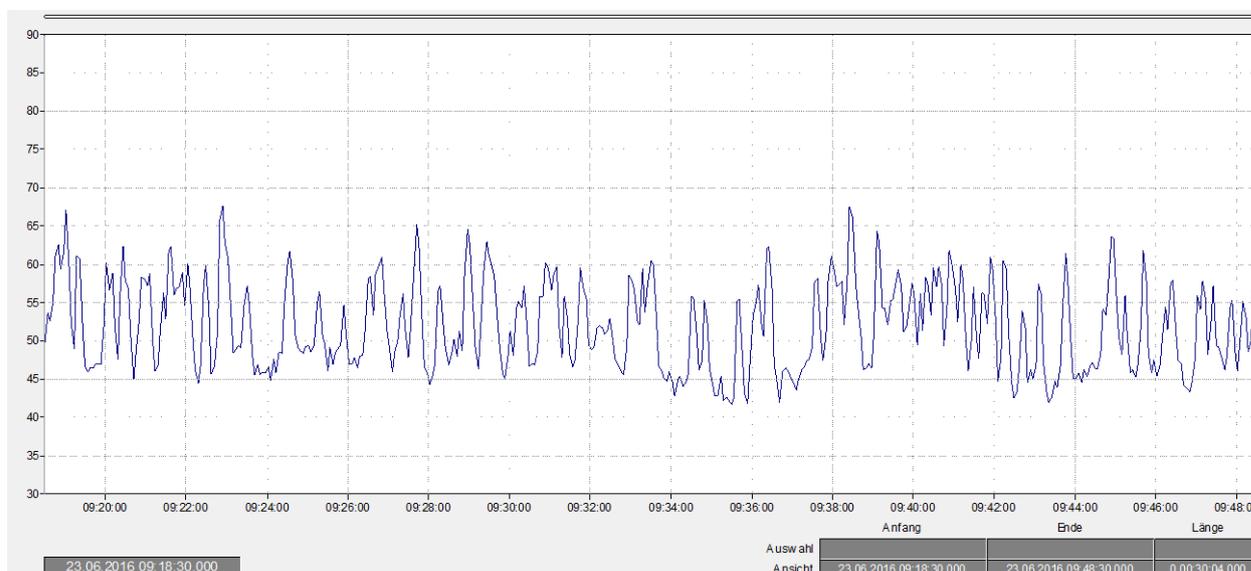
Messresultate

▪ Messwerte:

L_{eq}	55.8 dB(A)
L₅₀	50.4 dB(A)
L₁	65.6 dB(A)
L₉₉	41.6 dB(A)



▪ Pegel-Zeitverlauf:



Schallpegelmessung Strassenlärm Messprotokoll Seftigenstrasse 127, Tag bei Tempo 50 km/h

Auftrag Belp, Tempo 30 Hohlenstrasse

Messort	Gemeinde <i>Belp</i>	Verkehr	Zähldauer <i>30 min</i>
	Adresse <i>Seftigenstrasse 127</i>		PW/Mofas <i>155</i>
	Name <i>Wenger</i>		LW/Motorräder <i>16</i>
	Lage/Raum <i>2.OG Wohnen/Balkon</i>		Messverkehr N <i>342 Fz/h</i>
	Höhe ü. Terrain <i>Ca. 8 m</i>	Meteo	Anteil N2 <i>9.4%</i>
	Dist. zur Quelle <i>ca. 12 m</i>		Wetter <i>Sonnig, trocken</i>
Messzeit	Datum <i>23.06.2016</i>		Wind (aus Richt.) <i>< 1m/s Nord</i>
	Zeit <i>10.15 – 10.47</i>	Messgerät	Typ <i>Norsonic Typ 140 4537</i>
	Messdauer <i>30 min eff.</i>		Eichung <i>114.0 dB</i>
Schallquelle	Strasse <i>Hohlestrasse</i>		File-Nr. <i>0003</i>
	Belag <i>Schwarz</i>	Gemessen durch	P. Perrenoud
	Sign. Geschw. <i>50 km/h</i>	Bemerkungen	<i>Flugzeuge ausgeblendet</i>

Messresultate

▪ Messwerte:

L_{eq}	58.5 dB(A)
L₅₀	54.1 dB(A)
L₁	68.9 dB(A)
L₉₉	42.2 dB(A)



▪ Pegel-Zeitverlauf:



Schallpegelmessung Strassenlärm Messprotokoll Seftigenstrasse 127, Tag bei Tempo 50 km/h

Auftrag **Belp, Tempo 30 Hohlenstrasse**

Messort	Gemeinde	<i>Belp</i>
	Adresse	<i>Seftigenstrasse 127</i>
	Name	<i>Wenger</i>
	Lage/Raum	<i>2.OG Wohnen/Balkon</i>
	Höhe ü. Terrain	<i>Ca. 8 m</i>
Messzeit	Dist. zur Quelle	<i>ca. 12 m</i>
	Datum	<i>17.06.2016</i>
	Zeit	<i>13.37 – 13.38</i>
Schallquelle	Messdauer	<i>15 min eff.</i>
	Strasse	<i>Hohlestrasse</i>
	Belag	<i>Schwarz</i>
	Sign. Geschw.	<i>50 km/h</i>

Verkehr	Zähldauer	<i>15 min</i>
	PW/Mofas	<i>112</i>
	LW/Motorräder	<i>6</i>
	Messverkehr N	<i>472 Fz/h</i>
Meteo	Anteil N2	<i>5.1%</i>
	Wetter	<i>Sonnig, trocken</i>
Messgerät	Wind (aus Richt.)	<i>< 1m/s Nord</i>
	Typ	<i>Norsonic Typ 140 4537</i>
	Eichung	<i>114.0 dB</i>
Gemessen durch	File-Nr.	<i>0004</i>
	P. Perrenoud	
Bemerkungen	<i>Strassenreinigung ausgeblendet</i>	

Messresultate

▪ Messwerte:

Messung über der Balkonbrüstung:

L_{eq}	63.5 dB(A)
-----------------------	-------------------



Schallpegelmessung Strassenlärm Messprotokoll Hohlestrasse 32, Tag bei Tempo 30 km/h

Auftrag Belp, Tempo 30 Hohlenstrasse

Messort	Gemeinde	<i>Belp</i>	Verkehr	Zähldauer	<i>30 min</i>	
	Adresse	<i>Hohlestrasse 32</i>		PW/Mofas	<i>134</i>	
	Name	<i>Hadorn</i>		LW/Motorräder	<i>7</i>	
	Lage/Raum	<i>1.OG Schlafzimmer</i>		Messverkehr N	<i>282 Fz/h</i>	
	Höhe ü. Terrain	<i>Ca. 5 m</i>		Anteil N2	<i>5.0%</i>	
Messzeit	Dist. zur Quelle	<i>ca. 12 m</i>	Meteo	Wetter	<i>Sonnig, trocken</i>	
	Datum	<i>17.07.2017</i>		Wind (aus Richt.)	<i>< 1m/s</i>	
	Zeit	<i>13.54 – 14.29</i>		Messgerät	Typ	<i>Norsonic Typ 140 2959</i>
Messdauer	<i>30 min eff.</i>	Eichung	<i>114.0 dB</i>			
Schallquelle	Strasse	<i>Hohlestrasse</i>	Gemessen durch	File-Nr.	<i>0001</i>	
	Belag	<i>Schwarz</i>		Bemerkungen	<i>P. Perrenoud</i>	
	Sign. Geschw.	<i>30 km/h</i>			<i>Kirchenglocken, Flugzeug und Traktor ausgeblendet</i>	

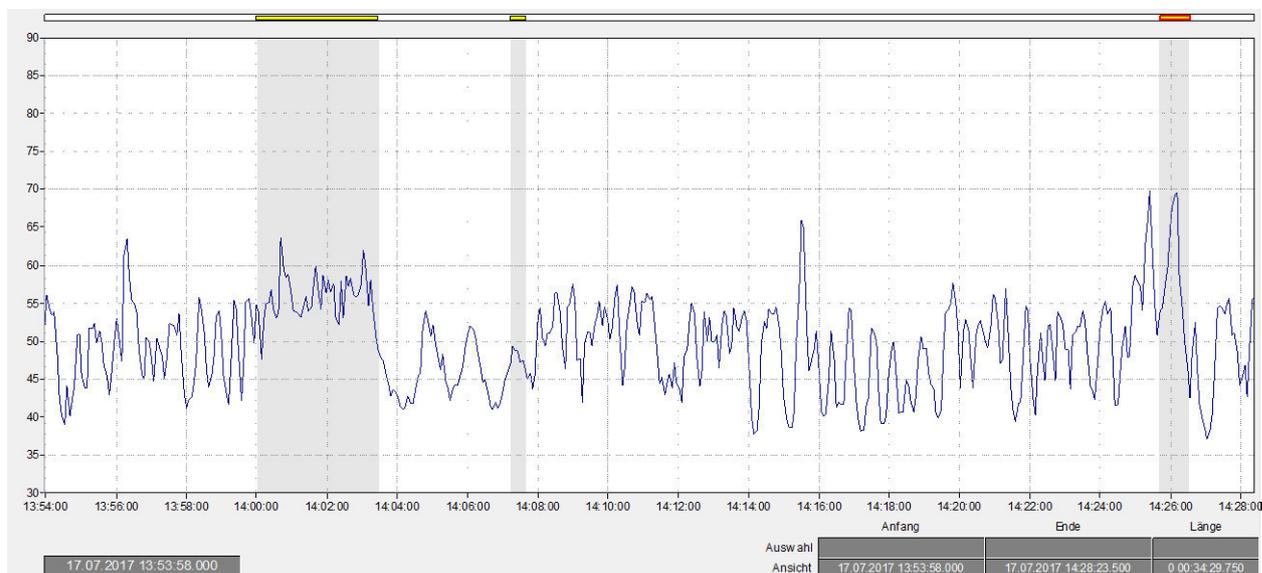
Messresultate

▪ **Messwerte:**

L_{eq}	52.6 dB(A)
-----------------------	-------------------



▪ **Pegel-Zeitverlauf:**



Schallpegelmessung Strassenlärm Messprotokoll Seftigenstrasse 127, Tag bei Tempo 30 km/h

Auftrag Belp, Tempo 30 Hohlenstrasse

Messort	Gemeinde	<i>Belp</i>	Verkehr	Zähldauer	<i>30 min</i>
	Adresse	<i>Seftigenstrasse 127</i>		PW/Mofas	<i>153</i>
	Name	<i>Wenger</i>		LW/Motorräder	<i>17</i>
	Lage/Raum	<i>2.OG Wohnen/Balkon</i>		Messverkehr N	<i>340 Fz/h</i>
	Höhe ü. Terrain	<i>Ca. 8 m</i>		Anteil N2	<i>10%</i>
Messzeit	Dist. zur Quelle	<i>ca. 12 m</i>	Meteo	Wetter	<i>Sonnig, trocken</i>
	Datum	<i>19.07.2017</i>		Wind (aus Richt.)	<i>< 1m/s Nord</i>
	Zeit	<i>10.27 – 10.58</i>	Messgerät	Typ	<i>Norsonic Typ 140 4537</i>
Messdauer	<i>30 min eff.</i>	Eichung		<i>114.0 dB</i>	
Schallquelle	Strasse	<i>Hohlestrasse</i>		File-Nr.	<i>0001</i>
	Belag	<i>Schwarz</i>	Gemessen durch	<i>P. Perrenoud</i>	
	Sign. Geschw.	<i>30 km/h</i>		Bemerkungen	<i>Flugzeuge und Hupe ausgeblendet</i>

Messresultate

▪ Messwerte:

Messung über der Balkonbrüstung:

L_{eq}	60.6 dB(A)
-----------------------	-------------------



▪ Pegel-Zeitverlauf:



Schallpegelmessung Strassenlärm Messprotokoll Seftigenstrasse 127, Tag bei Tempo 30 km/h

Auftrag Belp, Tempo 30 Hohlenstrasse

Messort	Gemeinde	<i>Belp</i>	Verkehr	Zähldauer	<i>30 min</i>
	Adresse	<i>Seftigenstrasse 127</i>		PW/Mofas	<i>153</i>
	Name	<i>Wenger</i>		LW/Motorräder	<i>17</i>
	Lage/Raum	<i>2.OG Wohnen/Balkon</i>		Messverkehr N	<i>340 Fz/h</i>
	Höhe ü. Terrain	<i>Ca. 8 m</i>		Anteil N2	<i>10.0%</i>
Messzeit	Dist. zur Quelle	<i>ca. 12 m</i>	Meteo	Wetter	<i>Sonnig, trocken</i>
	Datum	<i>19.07.2017</i>	Wind (aus Richt.)	<i>< 1m/s Nord</i>	
	Zeit	<i>10.27 – 10.58</i>	Messgerät	Typ	<i>Norsonic Typ 140 2959</i>
Schallquelle	Messdauer	<i>30 min eff.</i>	Eichung	<i>114.0 dB</i>	
	Strasse	<i>Hohlestrasse</i>	File-Nr.	<i>0001</i>	
	Belag	<i>Schwarz</i>	Gemessen durch	<i>P. Perrenoud</i>	
	Sign. Geschw.	<i>30 km/h</i>	Bemerkungen	<i>Flugzeuge und Hupe ausgeblendet</i>	

Messresultate

▪ Messwerte:

Messung im offenen Balkonfenster:

L_{eq}	57.0 dB(A)
-----------------------	-------------------



▪ Pegel-Zeitverlauf:



Schallpegelmessung Strassenlärm Messprotokoll Hohlestrasse 17, Tag bei Tempo 30 km/h

Auftrag Belp, Tempo 30 Hohlenstrasse

Messort	Gemeinde	<i>Belp</i>	Verkehr	Zähldauer	<i>30 min</i>
	Adresse	<i>Hohlestrasse 17</i>		PW/Mofas	<i>116</i>
	Name	<i>Bärlocher</i>		LW/Motorräder	<i>8</i>
	Lage/Raum	<i>1.OG Badezimmer</i>		Messverkehr N	<i>248 Fz/h</i>
	Höhe ü. Terrain	<i>Ca. 5 m</i>		Anteil N2	<i>6.5%</i>
Messzeit	Dist. zur Quelle	<i>ca. 20 m</i>	Meteo	Wetter	<i>Sonnig, trocken</i>
	Datum	<i>17.07.2017</i>		Wind (aus Richt.)	<i>< 1m/s</i>
	Zeit	<i>14.40 – 15.11</i>		Messgerät	Typ
Messdauer	<i>30 min eff.</i>	Eichung	<i>114.0 dB</i>		
Schallquelle	Strasse	<i>Hohlestrasse</i>	Gemessen durch	File-Nr.	<i>0002</i>
	Belag	<i>Schwarz</i>		P. Perrenoud	
	Sign. Geschw.	<i>30 km/h</i>		Bemerkungen	<i>Flugzeug und Hundegebell ausgeblendet</i>

Messresultate

▪ Messwerte:

L_{eq}	52.0 dB(A)
-----------------------	-------------------



▪ Pegel-Zeitverlauf:



Normalisierung der Messungen, Vergleich mit Berechnung

KZM Nr.	Punkt Nr.	Adresse	Messgrößen						Normalisiert auf Verkehr im Jahre 2029	Berechnung (Jahr 2029, A = 43)
			Jahr	Nt	Nt ₂	v	i	Leq gemessen	Lr, gemessen	Lr, berechnet
				Fz/h	%	km/h	%	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	123	Hohlestrasse 17 Tag	2016	423	2.1	50	9	54.8	55.8	61.5
2	112	Hohlestrasse 32 Tag	2016	244	5.7	50	9	55.8	57.8	60.6
3	105	Seftigenstrasse 127 F Tag	2016	342	9.4	50	9	58.5	57.9	65.4
4	105	Seftigenstrasse 127 B Tag	2016	472	5.1	50	9	63.5	62.8	65.4
5	112	Hohlestrasse 32 Tag	2017	282	5.0	30	9	52.6	54.2	--
6	105	Seftigenstrasse 127 B Tag	2017	340	10	30	9	60.6	59.8	--
7	105	Seftigenstrasse 127 F Tag	2017	340	10	30	9	57.0	56.2	--
8	123	Hohlestrasse 17 Tag	2017	248	6.5	30	9	52.0	53.6	--

Anhang 5

Lärmsanierung Hohlestrasse Belp
Akustische Wirkung von Tempo 30 an der Hohlestrasse

Vorbeifahrtmessungen Tempo 30 / Tempo 50

Situation J = 5% aufwärts



Leq = 59.0 dBA / 9 sec LE = 68.5 dBA

Leq = 54.1 dBA / 9 sec LE = 63.3 dBA

Diff= 4.9 dBA

Situation J = 5% abwärts

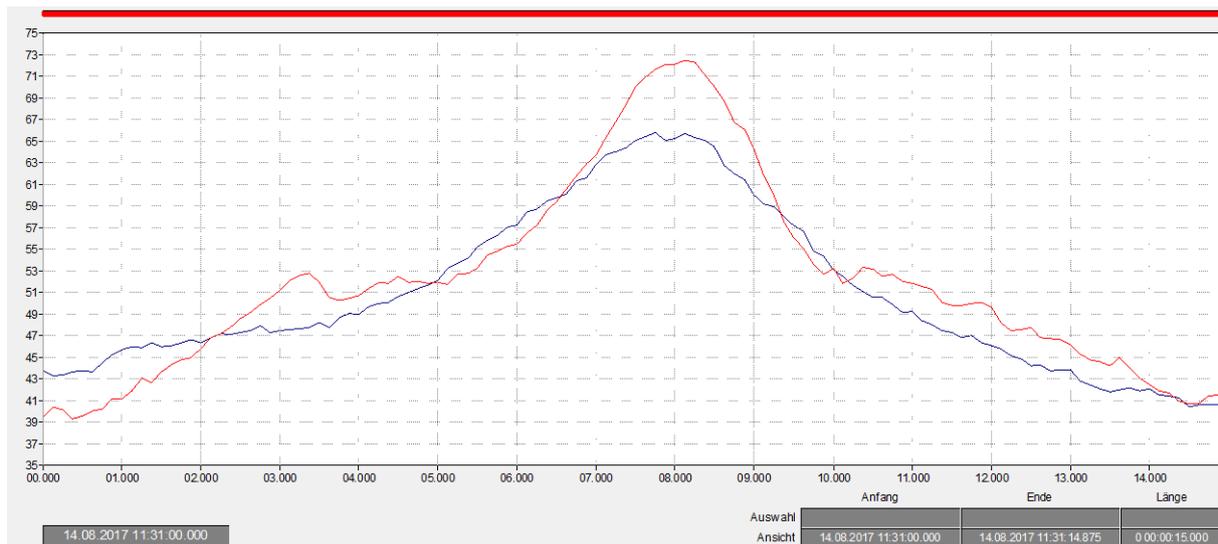


Leq = 57.3 dBA / 12 sec LE = 68.1 dBA

Leq = 52.7 dBA / 12 sec LE = 63.5 dBA

Diff= 4.6 dBA

Situation J = 10% aufwärts



Leq = 65.6 dBA / 6 sec

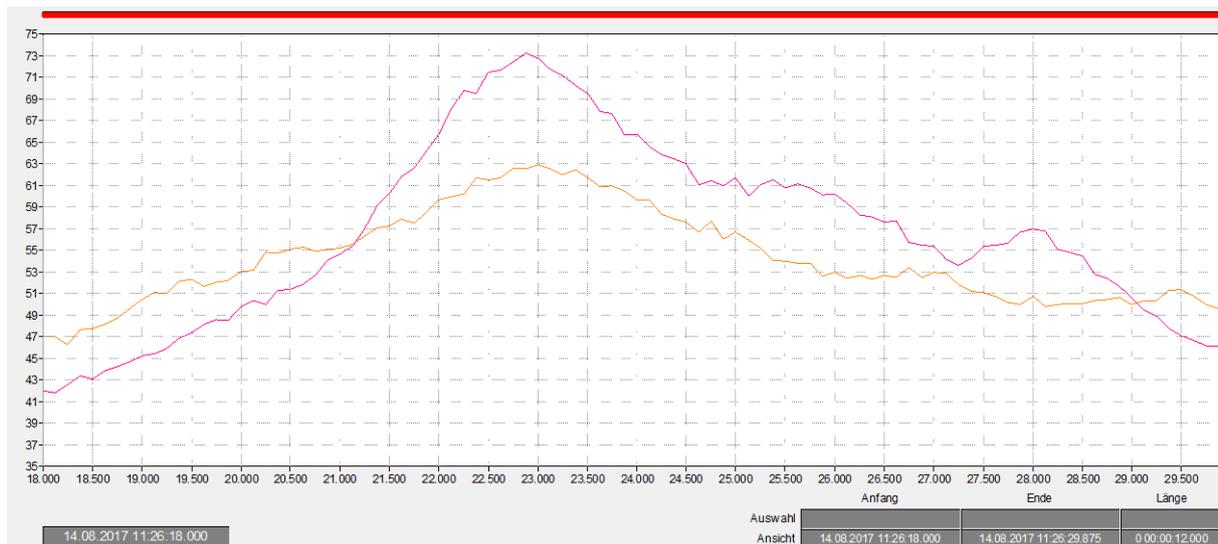
LE = 73.4 dBA

Leq = 60.9 dBA / 6 sec

LE = 68.7 dBA

Diff= 4.7 dBA

Situation J = 10% abwärts



Leq = 63.9 dBA / 8 sec

LE = 72.9 dBA

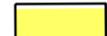
Leq = 57.8 dBA / 8 sec

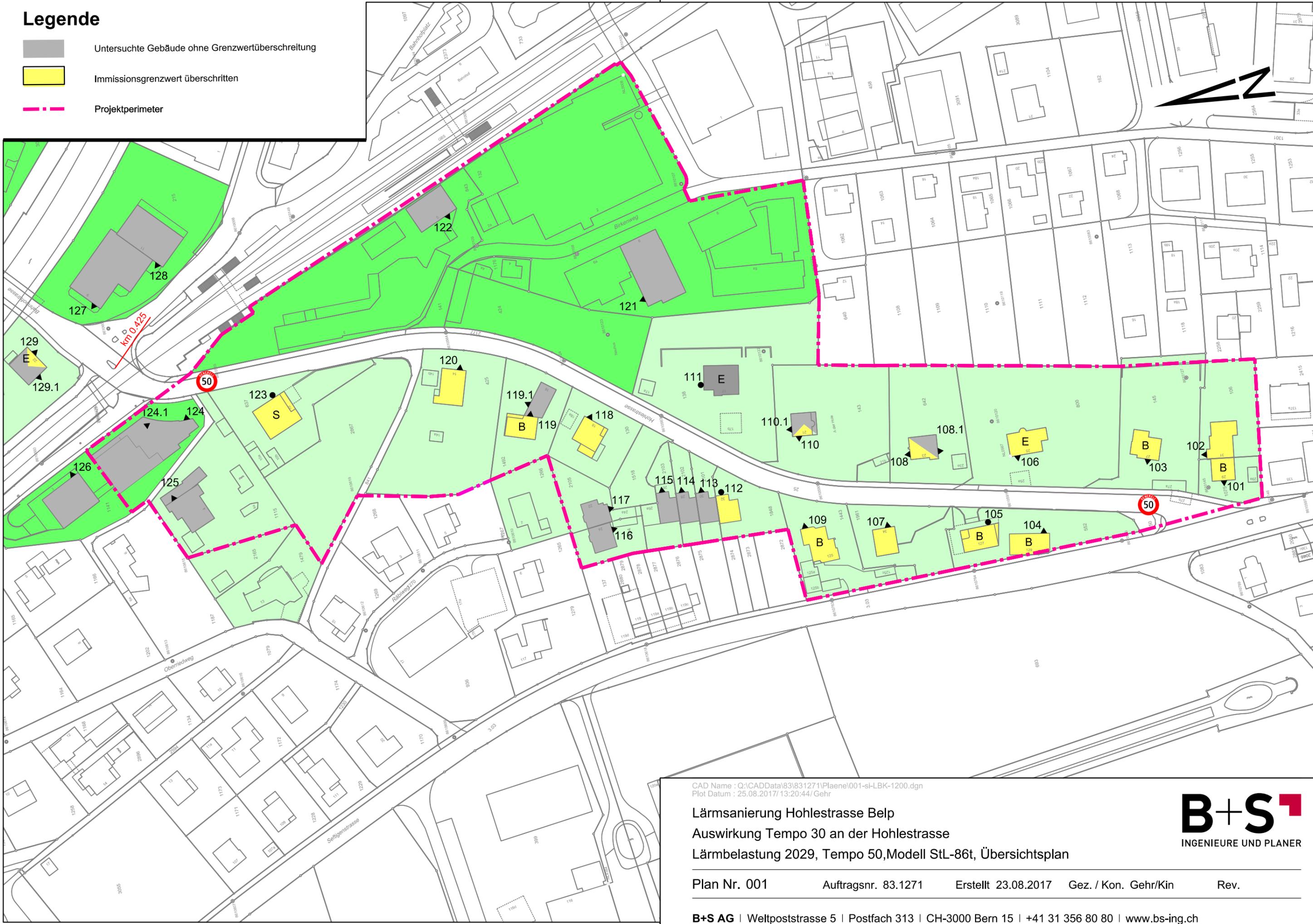
LE = 66.8 dBA

Diff= 6.1 dBA

Anhang 6

Legende

-  Untersuchte Gebäude ohne Grenzwertüberschreitung
-  Immissionsgrenzwert überschritten
-  Projektperimeter



CAD Name : Q:\CADDData\83\831271\Plaene\001-si-LBK-1200.dgn
Plot Datum : 25.08.2017/13:20:44/Gehr

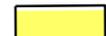
Lärmsanierung Hohlestrasse Belp
Auswirkung Tempo 30 an der Hohlestrasse
Lärmbelastung 2029, Tempo 50, Modell StL-86t, Übersichtsplan

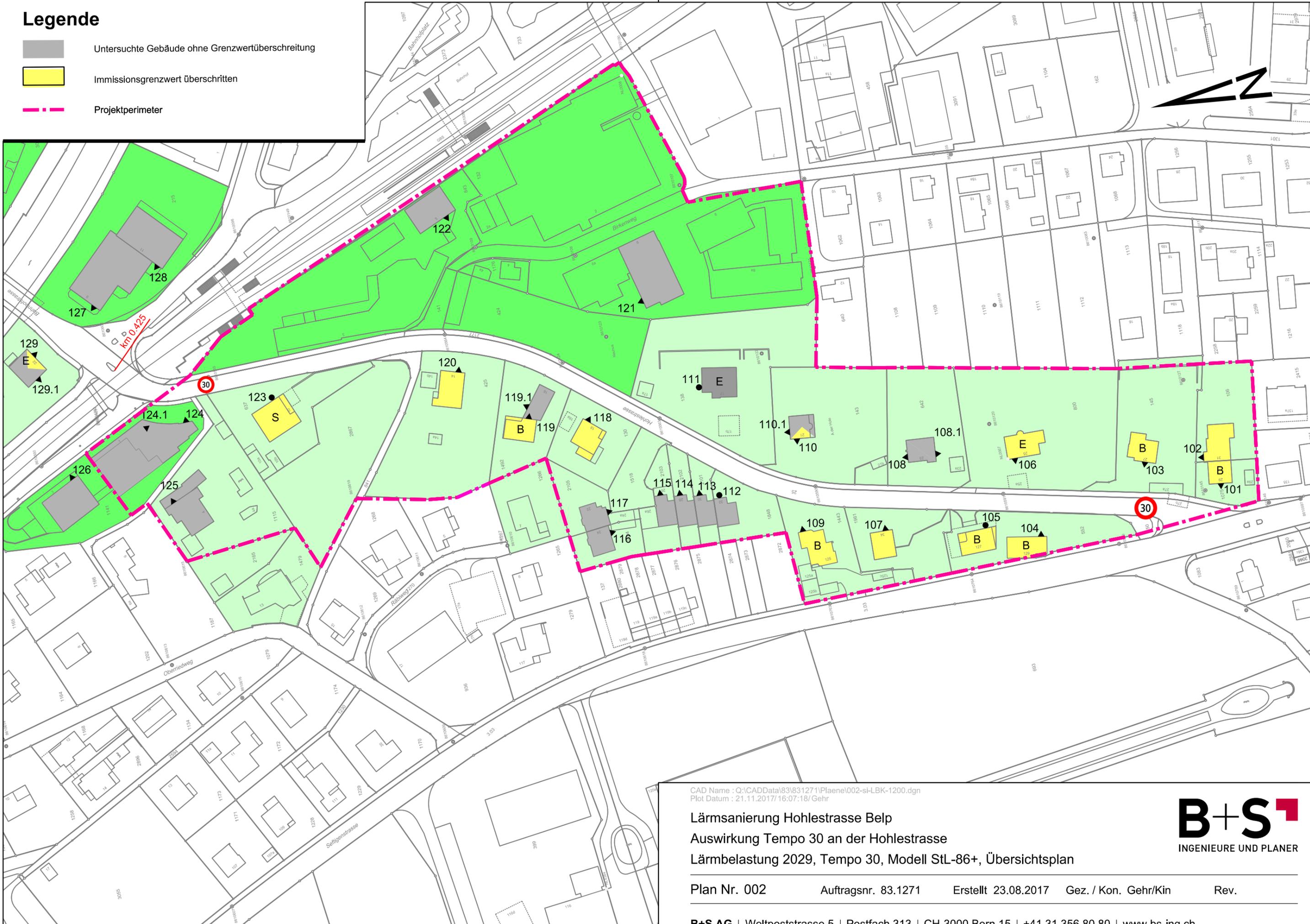


Plan Nr. 001 Auftragsnr. 83.1271 Erstellt 23.08.2017 Gez. / Kon. Gehr/Kin Rev.

B+S AG | Weltpoststrasse 5 | Postfach 313 | CH-3000 Bern 15 | +41 31 356 80 80 | www.bs-ing.ch

Legende

-  Untersuchte Gebäude ohne Grenzwertüberschreitung
-  Immissionsgrenzwert überschritten
-  Projektperimeter



CAD Name : Q:\CADData\83\831271\Plaene\002-si-LBK-1200.dgn
Plot Datum : 21.11.2017/16:07:18/Gehr

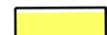
Lärmsanierung Hohlestrasse Belp
Auswirkung Tempo 30 an der Hohlestrasse
Lärmbelastung 2029, Tempo 30, Modell StL-86+, Übersichtsplan

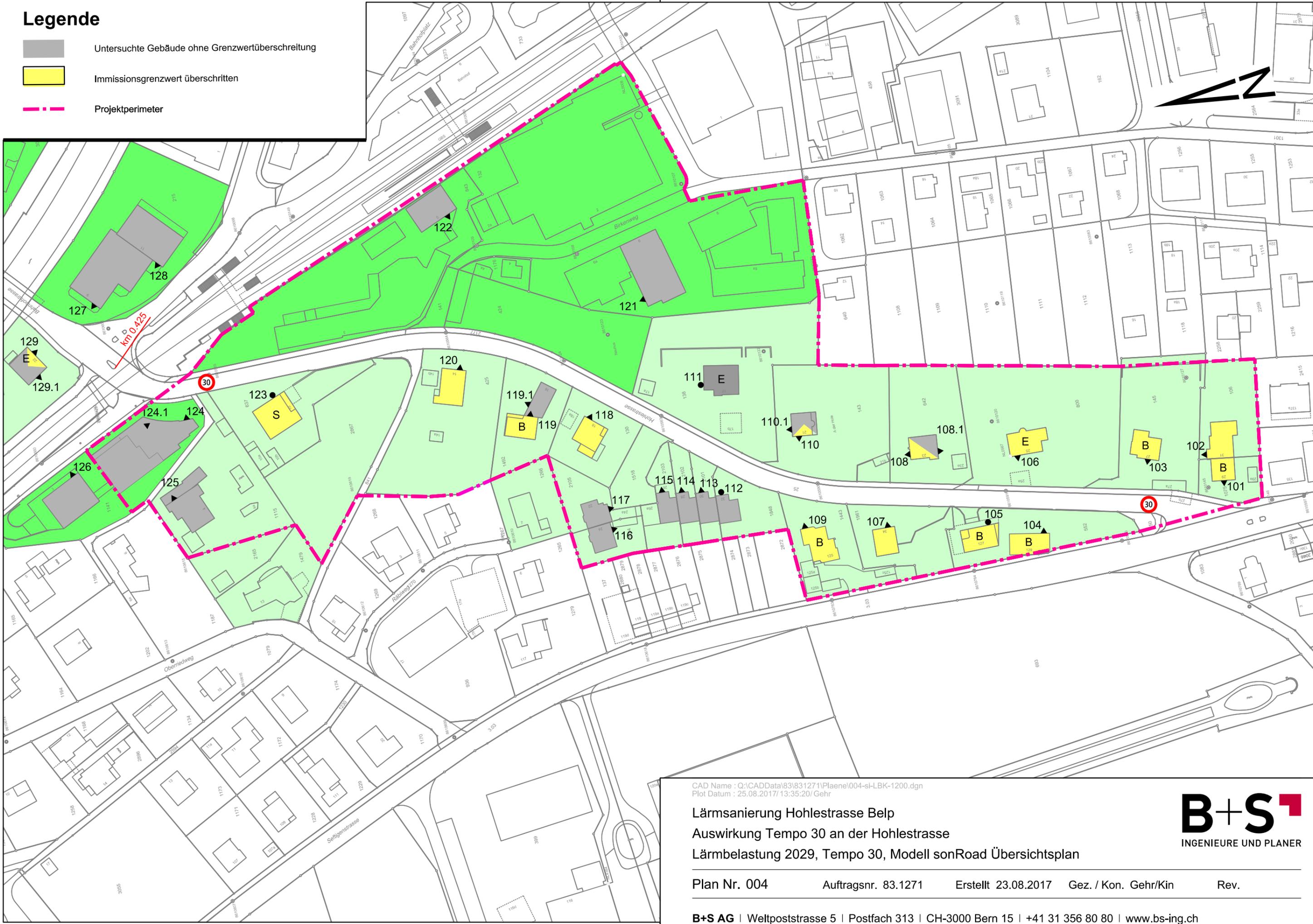
Plan Nr. 002 Auftragsnr. 83.1271 Erstellt 23.08.2017 Gez. / Kon. Gehr/Kin Rev.

B+S AG | Weltpoststrasse 5 | Postfach 313 | CH-3000 Bern 15 | +41 31 356 80 80 | www.bs-ing.ch



Legende

-  Untersuchte Gebäude ohne Grenzwertüberschreitung
-  Immissionsgrenzwert überschritten
-  Projektperimeter



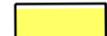
CAD Name : Q:\CADDData\831271\Plaene\004-si-LBK-1200.dgn
Plot Datum : 25.08.2017/13:35:20/Gehr

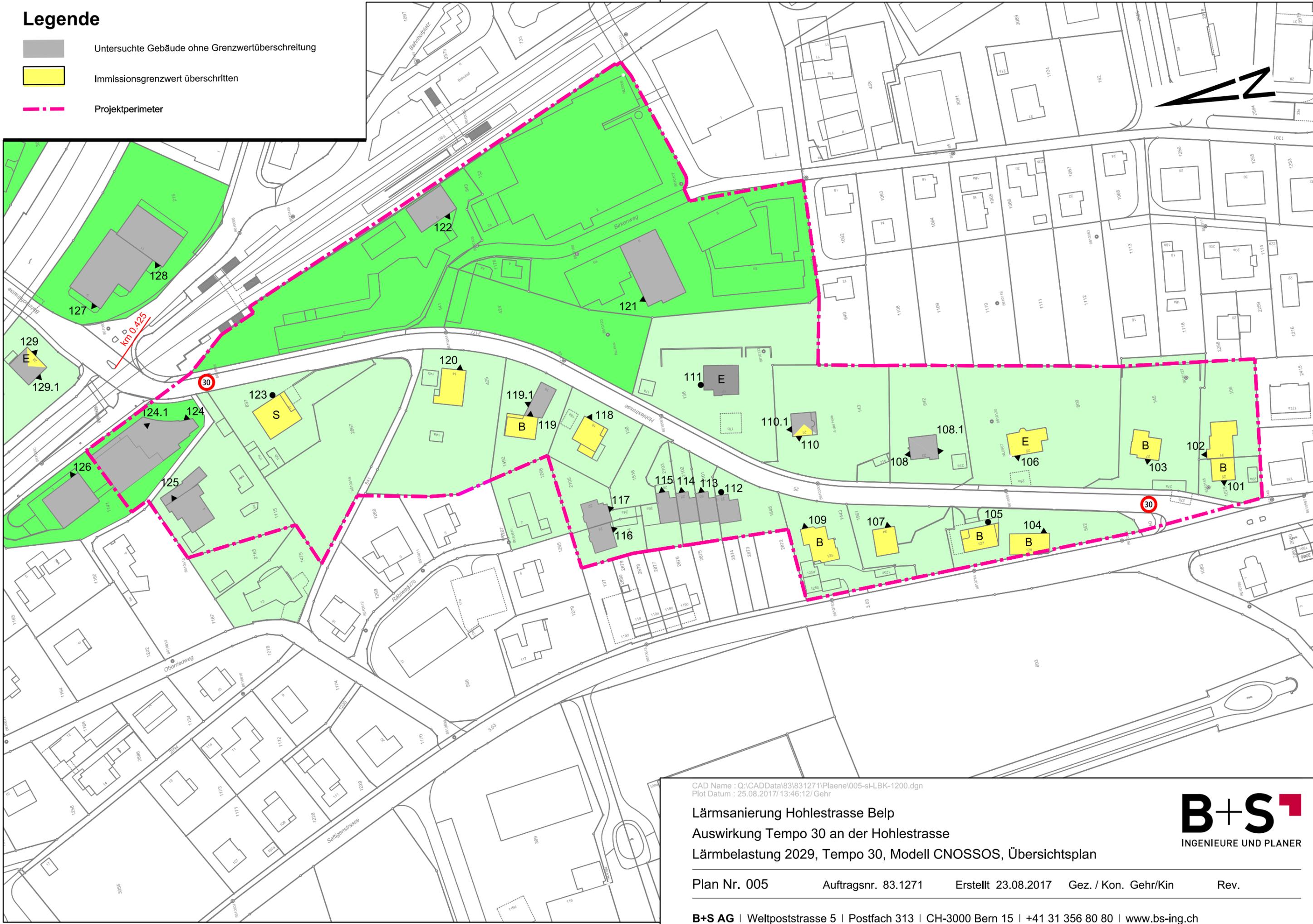
Lärmsanierung Hohlestrasse Belp
Auswirkung Tempo 30 an der Hohlestrasse
Lärmbelastung 2029, Tempo 30, Modell sonRoad Übersichtsplan



Plan Nr. 004 Auftragsnr. 83.1271 Erstellt 23.08.2017 Gez. / Kon. Gehr/Kin Rev.

Legende

-  Untersuchte Gebäude ohne Grenzwertüberschreitung
-  Immissionsgrenzwert überschritten
-  Projektperimeter



CAD Name : Q:\CADDData\831271\Plaene\005-si-LBK-1200.dgn
Plot Datum : 25.08.2017/13:46:12/Gehr

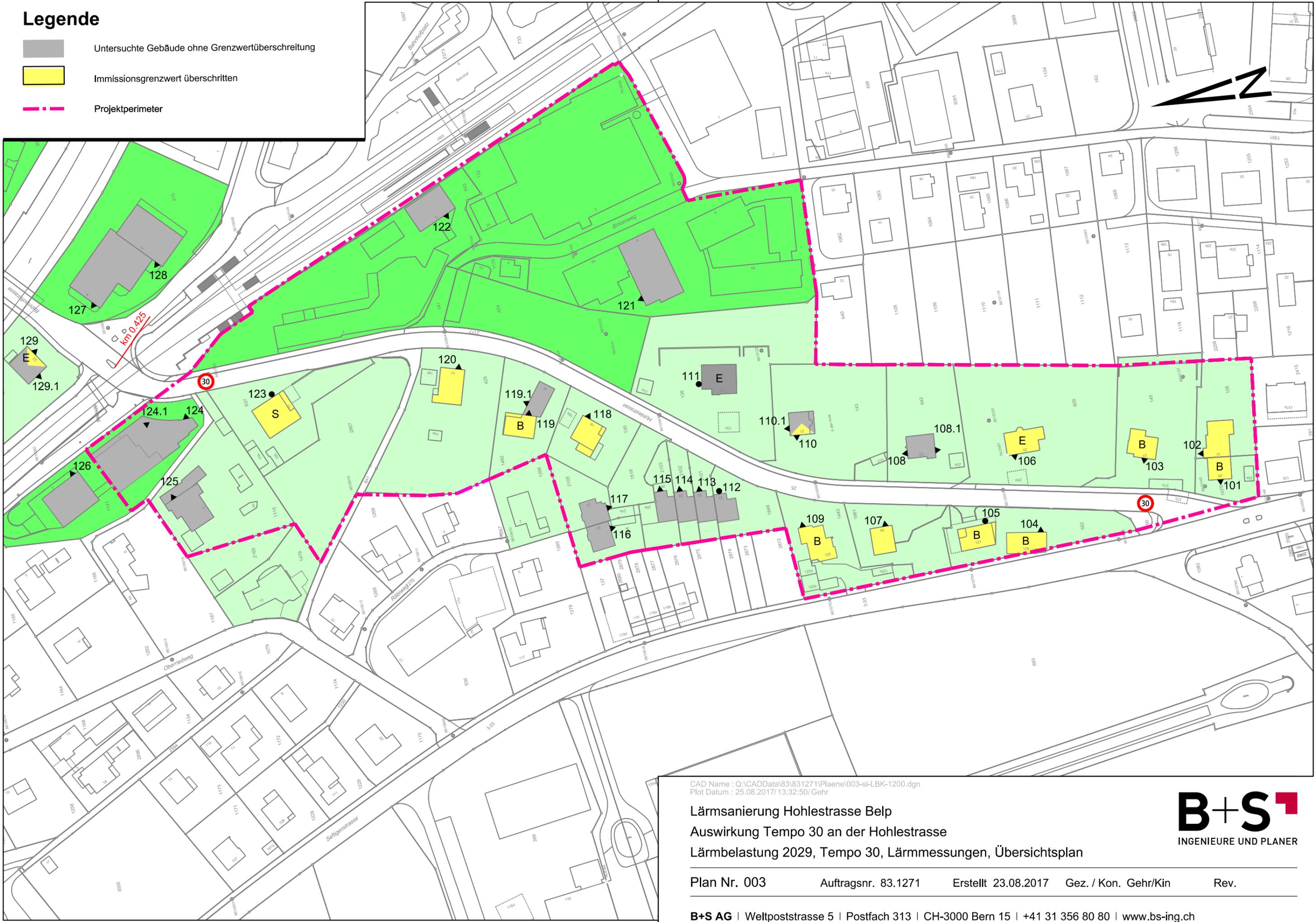
Lärmsanierung Hohlstrasse Belp Auswirkung Tempo 30 an der Hohlstrasse Lärmbelastung 2029, Tempo 30, Modell CNOSSOS, Übersichtsplan



Plan Nr. 005 Auftragsnr. 83.1271 Erstellt 23.08.2017 Gez. / Kon. Gehr/Kin Rev.

Legende

-  Untersuchte Gebäude ohne Grenzwertüberschreitung
-  Immissionsgrenzwert überschritten
-  Projektperimeter



CAD Name : Q:\CADDData\831271\Plaene\003-si-LBK-1200.dgn
Plot Datum : 25.08.2017/13:32:50/Gehr

Lärmsanierung Hohlstrasse Belp Auswirkung Tempo 30 an der Hohlstrasse Lärmbelastung 2029, Tempo 30, Lärmmessungen, Übersichtsplan



Plan Nr. 003 Auftragsnr. 83.1271 Erstellt 23.08.2017 Gez. / Kon. Gehr/Kin Rev.

Anhang 7

Übersicht der einzelnen Phasen mit Zeitraum und Massnahmen

Phase 0 Vorher-Zustand

- Tempo-50 Signalisation
- Zwei ca. 3.00m Fahrbahnen mit Mittelleitlinie
- Einseitiges Trottoir

Phase 1 22.08.16 – 22.03.17



- Neu: Tempo-30 Signalisation beidseitig zu Beginn des Perimeters

Phase 2 22.03.17 – 24.05.17



Zusätzlich zu der Massnahme aus Phase 1 wurden folgende Massnahmen ergänzt:

- Demarkierung der Mittellinie
- Aufbringung von «30»- Markierungen in regelmässigen Abständen in beide Fahrtrichtungen
- Einengung bei Einmündung von der Seftigenstrasse in Richtung Hohlestrasse durch Markierung und Pfosten
- Signalisationsergänzung bei Einmündung von der Seftigenstrasse
- "Hindernis rechts umfahren"- Signal bei Insel vor Bahnschranke

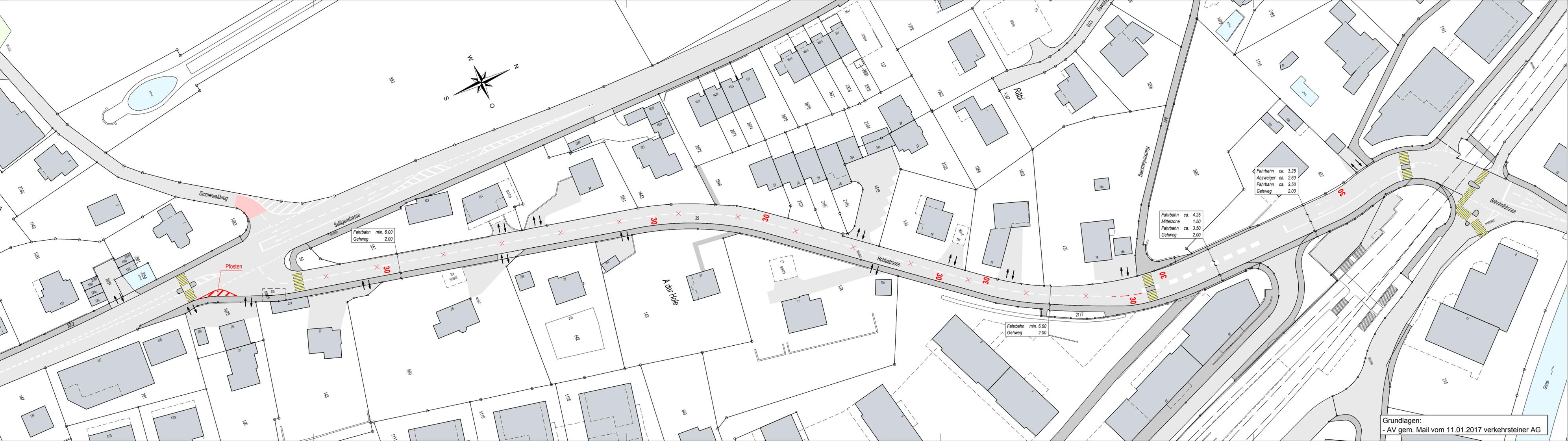
Phase 3 24.05.17 – Dez. 17



Zusätzlich zu der Massnahme aus Phase 2 wurden folgend Massnahmen ergänzt:

- Insgesamt 4 seitliche Einengungen (2 in nördlicher Fahrtrichtung und 2 in südlicher Fahrtrichtung) jeweils mittels 2 Poller mit Abweislinie ausgestaltet

Anhang 8



Legende

- Projekt
- Markierte Inselköpfe mit Pfosten
- - - Markierung (orientierenden Charakter)
- Fahrbahn
- Anpassungen
- Fussweg
- Grünstreifen / Bankett
- ⊕ ⊗ ⊗ Best. Kandelaber / Neuer Kandelaber / Zu entfernter Kandelaber
- Best. Fussgängerstreifen / Neuer Fussgängerstreifen / Abbruch Fussgängerstreifen
- Abbruch
- Fahrbahn bestehend
- Fussweg bestehend
- X - best. Markierung / neue Markierung / zu entfernde Markierung
- 🚲 Velopiktogramm
- Sichtweiten

RL - Plan Nr.	4.17.000.01 - 10	Rev.	Gezeichnet	Geprüft	Freigabe
Projekt	Te	Visum	Datum	Visum	Datum
		-	Te	JB	01.03.2017
		A			
		B			
		C			

Grundlagen:
- AV gem. Mail vom 11.01.2017 verkehrsteiner AG

Oberingenieurkreis II
Tiefbauamt
des Kantons Bern

Ausführungsprojekt

Strassen-Nr. Kantonsstrasse Nr. 1224	Revidiert -
Strassenzug Hohlestrasse	Projekt-Nr. XXX
Gemeinden Belp	Plan-Nr. -
Projekt vom Januar 2017	Format 30 x 147

Situationsplan 1:500

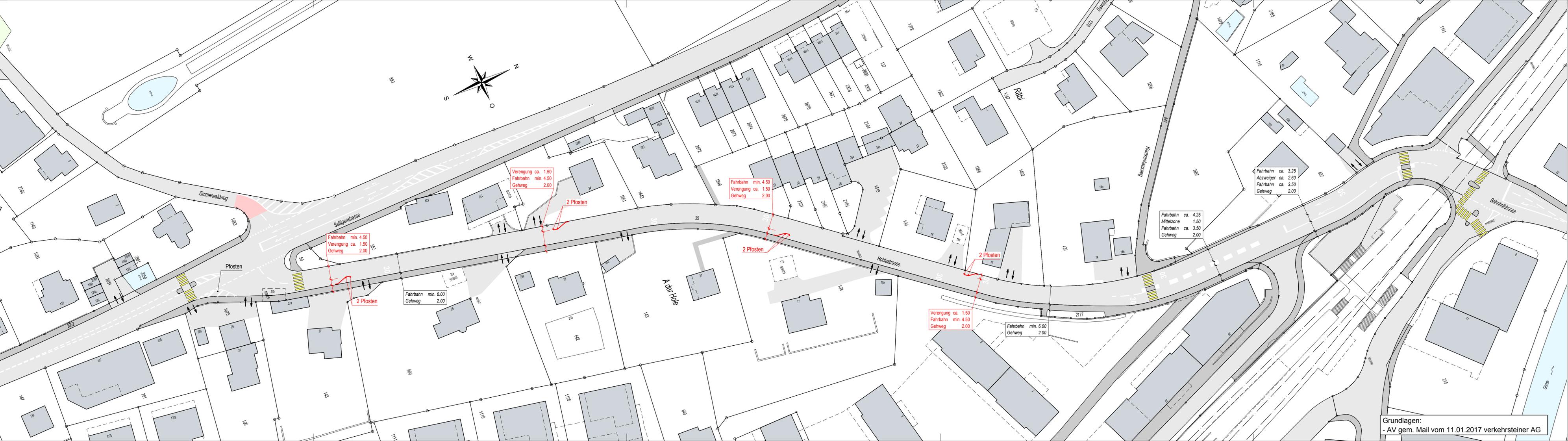
Belp
Hohlestrasse

Massnahmen A
Demarkierung Leitlinien
Bodenmarkierung "30"
Ausführungsplan

Projektverfassende

verkehrsteiner AG
Kasernenstrasse 27
3013 Bern
Tel.: 031 372 70 90
www.verkehrsteiner.ch

CAD - File: I:\2017\17_Kienauf\17000_01_Belp_Hohlestrasse\3_Plan_Druck\18_Ausfuhrungsplan\massnahmen_A1



Legende

- Projekt
- Markierte Inselköpfe mit Pfosten
- Markierung (orientierenden Charakter)
- Fahrbahn
- Anpassungen
- Fussweg
- Grünstreifen / Bankett
- Best. Kandelaber / Neuer Kandelaber / Zu entfernter Kandelaber
- Best. Fussgängerstreifen / Neuer Fussgängerstreifen / Abbruch Fussgängerstreifen
- Abbruch
- Fahrbahn bestehend
- Fussweg bestehend
- best. Markierung / neue Markierung / zu entfernde Markierung
- ↔ Velopiktogramm
- Sichtweiten

Grundlagen:
- AV gem. Mail vom 11.01.2017 verkehrsteiner AG

RL - Plan Nr.	4.17.000.01 - 11		Rev.	Gezeichnet		Geprüft		Freigabe	
	Visum	Datum		Visum	Datum	Visum	Datum		
Projekt	Te		-	Te	01.03.2017	JB	01.03.2017		01.03.2017
	A								
	B								
C									

CAD-File: I:\2017\1711\Kienast\17110001\11\Belp_Hohlestrasse\3_Plan_Druck\18_Ausfuehrungsplan\massnahmen.dwg

Oberingenieurkreis II
Tiefbauamt
des Kantons Bern

Ausführungsprojekt

Strassen-Nr. Kantonsstrasse Nr. 1224	Revidiert -
Strassenzug Hohlestrasse	Projekt-Nr. XXX
Gemeinden Belp	Plan-Nr. -
Projekt vom Januar 2017	Format 30 x 147

Situationsplan 1:500

Belp
Hohlestrasse

Massnahmen B
Seitliche Einengungen

Ausführungsplan

Projektverfassende

verkehrsteiner AG
Kasernenstrasse 27
3013 Bern
Tel.: 031 372 70 90
www.verkehrsteiner.ch