



1. Grundlagen

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

In den letzten Jahren sind Studien mit neuen Erkenntnissen zu den Auswirkungen von Knoten und Kreiseln auf die Lärmpegel sowie auf die empfundene Lästigkeit erschienen («Akustische Auswirkungen von Lichtsignalanlagen und Kreisverkehr» Papenfus et al., 2011, [1]; «Lärmauswirkung von Knoten und Kreiseln, Lästigkeit und Störwirkung», Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit, 2015, [2]; «Lärmauswirkungen von Knoten und Kreiseln» Stauber et. al. 2015, [3]).

Gemäss diesen Studien kommt es zu wesentlichen Pegeldifferenzen im Vergleich zur freien Strecke, aber auch zu Pegelschwankungen und Frequenzverschiebungen, die sich negativ auf die empfundene Lästigkeit auswirken.

Die vorliegende Vollzugshilfe basiert im Wesentlichen auf diesen Grundlagen.

1.2 Rechtlicher Stellenwert der Vollzugshilfe

Die vorliegende Vollzugshilfe des Cercle Bruit richtet sich primär an die Vollzugsbehörden und fördert eine einheitliche Vollzugspraxis. Sie präzisiert und konkretisiert die Formulierungen des Leitfadens Strassenlärm (LFSL, [4]) zur Lärmermittlung bei Knoten und Kreiseln (Vollzugshilfe Kap.1.6).

Gemäss Art. 38 Abs. 2 Lärmschutz-Verordnung (LSV) sind die Lärmberechnungen nach anerkanntem Stand der Technik durchzuführen. Die vorliegende Vollzugshilfe berücksichtigt die aktuellsten Forschungsergebnisse zu den Lärmauswirkungen von Knoten und Kreiseln.

Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind auch zulässig, sofern sie dem Bundesrecht nicht widersprechen.

1.3 Geltungsbereich

Diese Vollzugshilfe gilt generell für die Beurteilung von Strassenverkehrslärm im Nahbereich von Knoten und Kreiseln. Sie kann beigezogen werden, wenn in solchen Spezialsituationen Lärmermittlungen gemäss Art. 36 der Lärmschutz-Verordnung, z.B. im Rahmen von Umgestaltungen, Gutachten, Sanierungen und Katastern vorgenommen werden.

Falls an einem Immissionsort mehrere sich kreuzende Quellen resp. Strassen wirksam sind, müssen nach Leitfaden Strassenlärm (LFSL, [4]) auch die untergeordneten Strassenabschnitte in die Lärmberechnung einbezogen werden, bis die Pegeldifferenz zum dominanten Abschnitt 10 dB beträgt. In der vorliegenden Vollzugshilfe werden explizit nur Knoten betrachtet, welche diesem Kriterium entsprechen. Kreiseln hingegen müssen immer untersucht werden.

1.4 Definition

Knoten und Kreisel sind Verknüpfungen von mehr als zwei Strassenästen und werden wie folgt definiert:

Knoten: Ein Knoten ist eine bauliche Anlage, die der Verknüpfung von Strassen dient und aus drei bis in der Regel maximal fünf Ästen besteht. Bei dreiästigen Knoten wird auch von Einmündungen gesprochen. In der vorliegenden Studie werden Einmündungen als Unterkategorie von Knoten betrachtet und nicht als separate Kategorie ausgewiesen.

Knoten mit Lichtsignalanlage (LSA): Diejenigen Knoten, bei welchen der Verkehr durch eine Lichtsignalanlage (LSA) geregelt wird, werden als Sonderkategorie von Knoten gehandhabt und nachfolgend «Knoten mit LSA» genannt.

Kreisel: Der Kreisel (Kreisverkehr oder Verkehrskreisel) stellt eine Sonderform von Knoten dar, da sich keine Verkehrsströme direkt kreuzen. Kreisel sind im Prinzip auch Knoten. Zur besseren Verständlichkeit werden nachfolgend nur Verknüpfungen ohne Kreisel Knoten genannt.

1.5 Lärmsituation

Nach der Studie VSS 2009/201 [3] unterscheiden sich bei Knoten die Mittelungspegel im Vergleich zur freien Strecke wie folgt: 0.5 dB lauter im Nahbereich (≤ 25 m) und 0.5 dB leiser in der Distanz zwischen 25 und 50 Metern zum Knoten. Bei Kreiseln fallen die Pegel um ca. 1 dB leiser aus im Vergleich zur freien Strecke. Das Vorgehen zur Berücksichtigung der Pegeldifferenzen wird in Kap. 3 beschrieben.

Zudem setzen sich die Pegel aufgrund des abweichenden Fahrverhaltens bezüglich Roll- und Antriebsgeräuschen unterschiedlich zusammen. Entsprechend muss bei Knoten und Kreiseln die abweichende Wirkung des Strassenbelages berücksichtigt werden. Insbesondere deshalb, weil dort aufgrund der erhöhten mechanischen Beanspruchung besonders widerstandsfähige und oft auch laute Strassenbeläge (z.B. Splittmastix-asphalt oder Beton) eingesetzt werden [1][5]. Die Korrektur der emissionsseitigen Belagswirkung wird in Kap. 4 beschrieben.

Neben der Pegelwirkung von Knoten und Kreiseln, spielt aber auch die abweichende Störwirkung eine Rolle. Starke Pegelschwankungen durch abbremsende und beschleunigende Fahrzeuge, sowie die höheren Motorengeräusche werden durch die Anwohner generell als lästiger empfunden als der freie Verkehrsfluss und können zudem nachts zu zusätzlichen Aufwachreaktionen führen [1][2]. Die Auswirkungen auf die Belästigung (tagsüber) und auf die Aufwachreaktionen (nachts) werden in der vorliegenden Vollzugshilfe als Störwirkung bezeichnet.

Das Ausmass der Störwirkung ist abhängig vom Verkehrsaufkommen. Diese Störwirkung wird jedoch durch den Mittelungspegel nicht erfasst und kann deshalb anderweitig (durch Störwirkungszuschläge) berücksichtigt werden. Die immissionsseitige Korrektur der Störwirkung wird in Kap. 5 beschrieben.

1.6 Instrumente des Vollzugs

1.6.1. Lärmschutz-Verordnung (LSV; SR 814.41)

Art. 38, Abs. 2, LSV (Art der Ermittlung)

Die Berechnungen sind nach dem anerkannten Stand der Technik durchzuführen.

- Seit der Publikation des Leitfadens im Jahr 2006 sind neue Studienergebnisse verfügbar, welche sich mit der Lästigkeit und der Störwirkung von Knoten- und Kreiselsituationen spezifisch befassen. Diese neu verfügbaren Daten beschäftigen sich mit unterschiedlichen Aspekten der Lästigkeit bzw. der Störwirkung und bedienen sich diverser Referenzszenarien und Modellsituationen.

Anhang 3, Ziffer 31, Absatz 2, LSV (Ermittlung des Beurteilungspegels, Grundsätze)

Der Teilbeurteilungspegel L_{r1} ist die Summe des von Motorfahrzeugen verursachten A-bewerteten Mittelungspegels Leq,m und der Pegelkorrektur $K1$:
 $L_{r1} = Leq,m + K1$

- Pegelkorrekturen sind in der LSV vorgesehen. Der Beurteilungspegel wird aufgrund des Mittelungspegels Leq (physikalische Grösse) und einer Korrektur ermittelt.

- Die Beurteilung des Strassenverkehrslärms bezieht sich auf eine mittlere Situation, üblicherweise auf der freien Strecke bei frei fliessendem Strassenverkehr.
- Bei der Beurteilung des Strassenverkehrslärms ist bei geringen Verkehrsmengen ein Lästigkeitsbonus (Pegelskorrektur K1 für Situationen mit weniger als 100 Motorfahrzeugen pro Stunde) anzuwenden.

1.6.2. Leitfaden Strassenlärm (LFSL)

Vollzugshilfe für die Sanierung. vom Dezember 2006 ([4], Schgüanin G. und T. Ziegler, Umwelt-Vollzug Nr. 0637, Bundesamt für Umwelt, Bern).

Kap. 4.4, LFSL (Spezialfälle)

Um die Störwirkung von Brems- und Beschleunigungsmanövern bei Kreuzungen in die Beurteilung mit einzuschliessen, können bei Knoten mit Lichtsignal-Steuerung Kreuzungszuschläge in Form einer Pegelskorrektur K berücksichtigt werden. Dabei handelt es sich um einen Zuschlag für die Störwirkung und nicht um eine Modellkorrektur.

- Handhabung Spezialfälle: eine Pegelskorrektur für Knoten mit LSA kann im Nahbereich bis 50 m im Sinne eines Störwirkungszuschlages eingesetzt werden. Die Referenzsituation ist die freie Strecke bei freifliessendem Verkehr.

Kap. 4.9, LFSL (Belagsakustik)

Die Lärmermittlung basiert stets auf der Erfassung des Ist-Zustandes. Um die effektiven Verhältnisse möglichst realistisch abzubilden, sind soweit möglich Messungen zur Eichung des Berechnungsmodells angezeigt. Die Belagskennwerte müssen im Zusammenhang mit der Gesamtmodellierung der akustischen Berechnung festgelegt werden.

- Nach Leitfaden sind Belageinflüsse als pegelrelevante Zu-/Abschläge emissionsseitig zu berücksichtigen.

Fazit:

In der LSV und im LFSL ist der Mittelungspegel nicht das einzige Mass, welches die Wahrnehmung von Schallereignissen beschreibt.

Im LFSL kann bei Kreuzungen mit LSA eine Pegelskorrektur im Sinne eines Störwirkungszuschlages eingesetzt werden.

1.7 Ziele des einheitlichen Vollzugs

Für eine klare und konsistente Handhabung von Spezialsituationen bei der Lärmermittlung und -beurteilung ist eine Präzisierung und Ergänzung der heutigen Vollzugshilfe angezeigt. Der einheitliche Vollzug bei der Beurteilung von solchen Spezialsituationen beim Strassenverkehrslärm gibt Ingenieuren, Bauherrschaften und Vollzugsbehörden Sicherheit bei der Planung, dem Vollzug der LSV, der Dimensionierung von Massnahmen, sowie der Eingabe und der Behandlung von Gesuchen.

2. Allgemeines Vorgehen

Von zentraler Bedeutung ist die strikte Unterscheidung zwischen Korrekturen zur Berücksichtigung von Pegelauswirkungen (emissionsseitig, z.B. Einfluss des Strassenbelages) und der subjektiven wahrgenommenen Störwirkung (immissionsseitig).

Das allgemeine Vorgehen für die Einsetzung von Belags- und Störwirkung im Bereich von Knoten und Kreiseln umfasst folgende Arbeitsschritte:

- 1) Verkehrsmengen (DTV) ermitteln
- 2) Geltungsbereiche überprüfen (siehe Einschränkung in Kap.1.3)
- 3) Emissionsseitige Pegelauswirkungen bestimmen oder berechnen mit StL 86+ (gem. VSS 2009/201, siehe auch Kap. 3).
- 4) Belagswirkung für Knoten und Kreisel emissionsseitig berücksichtigen (gem. Kap.4).
- 5) Lärmimmissionen ermitteln.
- 6) Immissionsseitige Störwirkung berücksichtigen (gemäss Kap. 5).

3. Modellierung von Knoten & Kreiseln

In Anlehnung an die Studie VSS 2009/201 [3] werden Knoten und Kreisel wie folgt modelliert:

- Knoten (mit und ohne LSA): Modellierung mit StL 86+.

- Kiesel: Modellierung mit StL 86+ mit einer Geschwindigkeit von 30 km/h auf der Kreiselfahrbahn und den Anschlüssen (bis 25 m ab Kreiselfahrbahn). Eine Veranschaulichung ist im Anhang 1 gegeben.

Alternativ können die Pegelauswirkungen z.B. bei Umgestaltungen auch mit folgenden Zu- und Abschlägen abgeschätzt werden (siehe auch Anhang 2+3). Auf einen Abschlag im Distanzbereich 25-50 m bei Knoten wird verzichtet.

Pegeldifferenz der Emissionen zu freier Strecke gem. Studie VSS 2009/201 [dB]

	Distanz [m]		
	< 25	25-50	> 50m
Knoten	+0.5	-	-
Kiesel	-1.0	-1.0	-

4. Belagswirkung (emissionsseitige Korrektur)

4.1 Anwendung der Korrektur

Weicht die akustische Eigenschaft eines Belages im Knoten oder im Kiesel und seinen Anschlüssen vom Belag der angrenzenden Strecke ab, ist dies in der Lärmberechnung zu berücksichtigen. Grundsätzlich sind die pro Belagstyp und Geschwindigkeitsklasse festgelegten Belagskennwerte gemäss LFSL Anhang 1b einzusetzen [4]. In der Regel werden Emissionssegmente beim Belagswechsel getrennt und die entsprechenden Korrekturen berücksichtigt.

Diese Werte beziehen sich jedoch auf die Situation mit freiem Verkehrsfluss. Aufgrund des Fahrverhaltens in Knoten und Kreiseln sowie der im Kiesel wirkenden Radialkräften, weicht die Wirkung des Belages für diese Situationen ab.

Die Korrektur für die Berücksichtigung der abweichenden Belagswirkung wird bis zu einer Distanz von 25 m ab dem Schnittpunkt der Fahrbahnen (bei Knoten ab dem Schnittpunkt der Fahrbahnen; bei Kreiseln ab der nächstgelegenen Kreiselfahrspur) emissionsseitig angewandt.

4.2 Abweichende Belagswirkung

Die Belagswirkung im Nahbereich von Knoten und Kreiseln ist in der nachfolgenden Tabelle als Prozentwert des Belagskennwerts auf der freien Strecke aufgeführt.

	Distanz zum Knoten / Kiesel	Belagswirkung
Freie Strecke	> 25m	100%
Knoten & Kiesel	≤ 25 m	60%

Dies bedeutet, dass ein Belagskennwert für Beton von +4 dB (gültig für die freie Strecke) in Knoten und Kreiseln mit +2.4 dB berücksichtigt wird. Details befinden sich im Bericht «Lärmauswirkung von Knoten und Kreiseln, Einfluss des Strassenbelags» (Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit, 2015, [5]).

5. Störwirkung (immissionsseitige Korrektur)

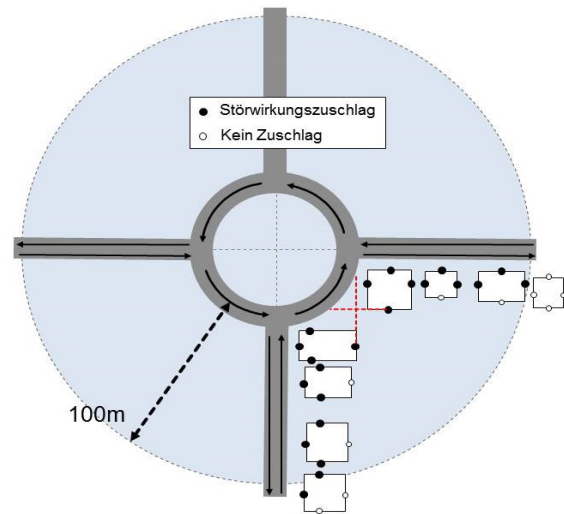
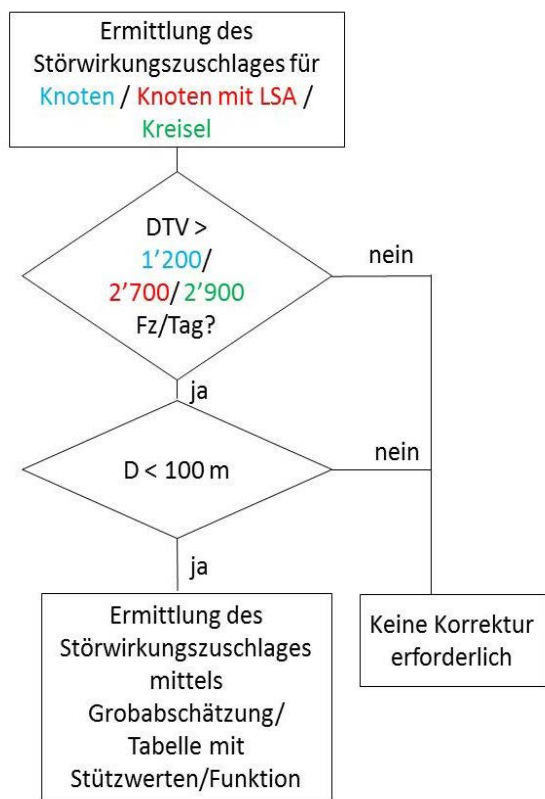
5.1 Anwendung der Korrektur

Die Lästigkeit des Lärms im Nahbereich von Knoten und Kreiseln weicht oft von derjenigen der freien Strecke ab. Da sie durch den Mittelungspegel nicht erfasst wird, kann sie mit der Anwendung von immissionsseitigen Störwirkungszuschlägen berücksichtigt werden.

Bei Knoten wird die Korrektur für die Störwirkung bis zu einer Distanz D von 100 m ab dem Schnittpunkt der Fahrbahnen angewendet; bei Kreiseln bis zu einer Distanz von 100 m ab der nächstgelegenen Kreiselfahrspur. Nachfolgende Prüfung kann angewendet werden, um abzuschätzen ob ein Störwirkungszuschlag ermittelt werden soll.

Die Anwendung der Korrekturen erfolgt in Abhängigkeit der Distanz in Anlehnung an den LFSL (Kap. 4.4, Spezialfälle):

- Einmessung der Distanz: Bei Knoten ab dem Schnittpunkt der Fahrbahnen; bei Kreiseln ab der nächstgelegenen Kreiselfahrspur.



Handhabung „angeschnittene“ und lärmabgewandte Fassaden.

Neben der Distanz D ist die Korrektur auch abhängig von der Verkehrsmenge (DTV auf der Hauptachse). Massgebend ist in der Regel der grösste DTV aller Äste.

- Der Zuschlag wird nur einmal addiert (im Wirkungsbereich von mehreren Knoten und/oder Kreiseln, wird jeweils die höchste Korrektur angewandt).
- Alle Ermittlungspunkte, die sich auf der durch den Kreis mit Radius 100 m angeschnittenen Fassade befinden, erhalten einen Zuschlag sofern die Quelle sichtbar ist (siehe Abbildung). Bei Gebäuden mit langen Fassaden ist eine spezielle Betrachtung erforderlich, bei welcher von dieser Regel abgewichen werden kann (siehe Kap. 5.5).
- Lärmabgewandte Fassaden erhalten den Zuschlag nur falls die Quelle sichtbar ist (rote Linien in der Abbildung).
- Bei Knoten mit Lichtsignalanlagen, die in der Nachtperiode ausgeschaltet werden (gelb blinkend), ist eine separate Betrachtung der Tag- und Nachtperiode zu empfehlen (z.B. Anwendung der Korrektur für Knoten mit LSA in der Beurteilungsperiode zwischen 06.00 und 22.00 Uhr bez. Anwendung der Korrektur für Knoten in der Beurteilungsperiode zwischen 22.00 und 06.00 Uhr).

In Abhängigkeit des erforderlichen Detaillierungsgrades können drei Verfahren zur Ermittlung der Korrektur angewendet werden:

- 1) Grobabschätzung (Kap.5.2)
- 2) Tabelle mit Stützwerten für abgestufte Distanzen und DTV (Kap.5.3)
- 3) Funktion (Kap.5.4)

Zudem sind einige Praxisanwendungen in Kap. 5.5 gegeben. Details zur Ermittlung der Störwirkungszuschläge befinden sich im Bericht «Lärmauswirkung von Knoten und Kreiseln, Lästigkeit und Störwirkung» (Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit, 2015, [2]).

Ein Anwendungsbeispiel, in welchem eine Beurteilung anhand einer konkreten Spielsituation durchgespielt wird, befindet sich im Anhang 3.

5.2 Grobabschätzung

Eine Grobabschätzung der Störwirkung im Nahbereich von Knoten und Kreiseln kann mit folgenden Tabellen vorgenommen werden. Dabei handelt es sich um auf halbe und ganze Zahlen gerundete Werte, was der maximal zu erwartenden Störwirkung entspricht. In kritischen Fällen empfiehlt sich eine detailliertere Bestimmung der Störwirkungszuschläge unter Verwendung der Funktion gemäss Kap. 5.4 vorzunehmen.

Grobabschätzung: Störwirkungszuschlag (dB) für Knoten

DTV [Fz/Tag]	Distanz D [m]		
	< 50	50-100	> 100
≤ 3000	0.5	0.5	0
> 3000	1	0.5	0

Grobabschätzung: Störwirkungszuschlag (dB) für Knoten mit LSA

DTV [Fz/Tag]	Distanz D [m]		
	< 50	50-100	> 100
≤ 3000	0.5	0.5	0
> 3000	2	1	0

Grobabschätzung: Störwirkungszuschlag (dB) für Kreisel

DTV [Fz/Tag]	Distanz D [m]		
	< 50	50-100	> 100
≤ 4000	0.5	0.5	0
> 4000	1.5	1	0

5.3 Tabelle mit Stützwerten für abgestufte Distanzen und DTV

Aufgrund der Tabellen des vorliegenden Kapitels können die Störwirkungskorrekturen mittels eines vereinfachten Verfahrens für jeweils fünf repräsentative Abstufungen des DTV und vier Distanzen pro Knotentyp abgeschätzt werden.

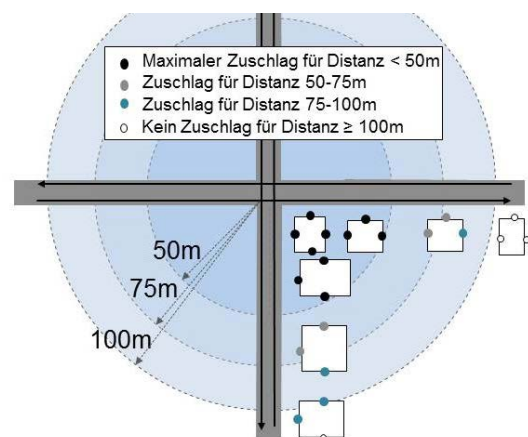
Bemerkungen:

- Die Werte basieren auf Berechnungen mittels Funktion aus Kap.5.4. Dabei wird jeweils von den meist kritischen Werten ausgegangen.
- In kritischen Fällen empfiehlt sich eine detailliertere Bestimmung der Störwirkungszuschläge unter Verwendung der Funktion gemäss Kap. 5.4 vorzunehmen.

5.3.1. Knoten

Störwirkungszuschlag S (dB) für Knoten

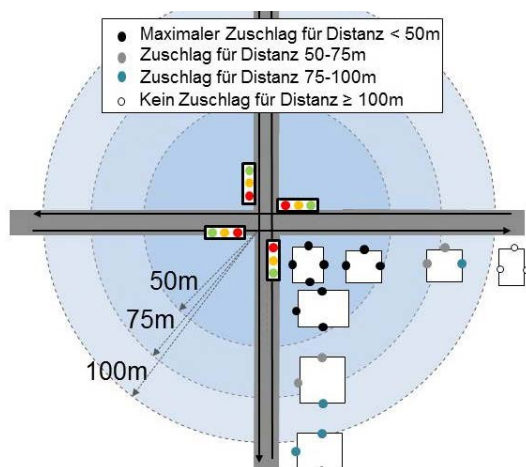
Distanz D [m]	DTV [Fz/Tag]				
	< 1200	1200-2000	2000-3000	3000-4000	> 4000
< 50	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
50-75	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
75-100	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3
> 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



5.3.2. Knoten mit LSA

Störwirkungszuschlag S (dB) für Knoten mit LSA

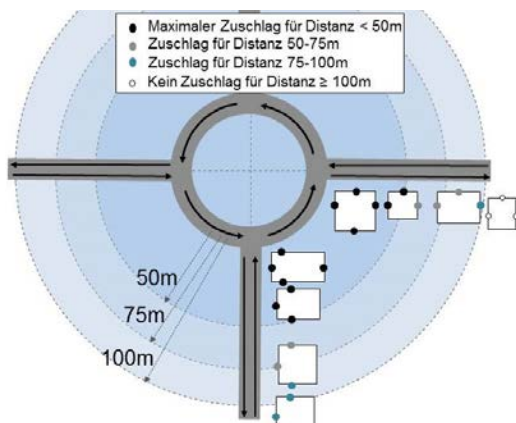
Distanz D [m]	DTV [Fz/Tag]				
	< 2700	2700-3000	3000-3500	3500-4000	> 4000
< 50	0.0	0.4	1.0	1.7	2.2
50-75	0.0	0.3	0.7	1.1	1.5
75-100	0.0	0.1	0.3	0.6	0.7
> 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



5.3.3. Kreisel

Störwirkungszuschlag S (dB) für Kreisel

Distanz D [m]	DTV [Fz/Tag]				
	< 2900	2900-4000	4000-5000	5000-6000	> 6000
< 50	0.0	0.5	0.9	1.3	1.5
50-75	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
75-100	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5
> 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



5.4 Funktion

Die Korrekturen (S=Zuschlag in dB) können mit der nachfolgenden Funktion berechnet werden:

$$S(DTV, D) = g(DTV) \cdot h(D) \quad \text{mit}$$

$$g(DTV) = \begin{cases} 0 & DTV < DTV_0 \\ (DTV - DTV_0) / (DTV_1 - DTV_0) & DTV_0 \leq DTV \leq DTV_1 \\ 1 & DTV > DTV_1 \end{cases}$$

$$h(D) = \begin{cases} S_0 & D < D_1 \\ a + b \cdot D & D_1 \leq D \leq D_2 \\ 0 & D > D_2 \end{cases}$$

$$\text{mit} \quad a = S_0 \cdot D_2 / (D_2 - D_1) \quad D_1 = 25$$

$$b = -S_0 \cdot 1 / (D_2 - D_1) \quad D_2 = 100$$

Die Parameter DTV_0 (Untergrenze für das Auftreten einer Belästigung), DTV_1 (DTV bei Erreichen der maximalen Störwirkung) und S_0 (maximale Störwirkung) sind für die jeweiligen Knotentypen in der nachfolgenden Tabelle gegeben. Die Funktion ermöglicht eine feinere Abstufung nach Distanz. Nach der Studie [1] ist von einer Distanz D_1 bei maximaler Wirkung von ca. 25 m auszugehen.

	Knoten	Knoten mit LSA	Kreisel
DTV_0 [Fz/Tag]	1200	2700	2900
DTV_1 [Fz/Tag]	4200	4400	6500
S_0	1.0	2.2	1.5

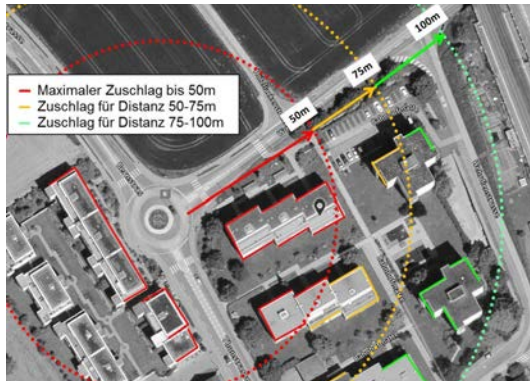
5.5 Praxisanwendungen

Nachfolgend ist die Anwendung der Korrektur für einige Praxisbeispiele mittels der Tabellen von Kap. 5.3 erläutert.

Hinweis: Spezialfälle sollten individuell beurteilt werden. Im Zweifelsfall empfiehlt sich eine Begehung vor Ort um abzuklären, ob eine Störwirkungskorrektur am Immissionsort notwendig ist.

A) MFH / Reihenhäuser mit mehreren Adressen:

Unterschiedliche Adressen können je nach Distanz unterschiedliche Korrekturen erhalten.



D) Hochhäuser:

Ab einem Höhenwinkel $> 40^\circ$ ist die Schrägdistanz einzusetzen.



B) Gebäude mit langen Fassaden:

Es wird empfohlen unterschiedliche Korrekturen innerhalb einer Adresse anzuwenden.



C) MFH mit einer Adresse:

Erhalten einheitliche Korrekturen (innerhalb eines Gebäudes werden unterschiedliche Wohneinheiten nicht differenziert).



Objektspezifische Handhabung:

- Reihenhäuser/Blöcke: die Adresse ist zu berücksichtigen (Abbildung A, C)
- Bei Gebäuden mit langen Fassaden (z.B. Verwaltungsgebäude, Länge > 50 m, Abbildung B) ist jedoch eine Unterteilung innerhalb einer Adresse zu empfehlen.
- Hochhäuser (Abbildung D): Gemäss «Strassenverkehrs-lärmmodell für überbaute Gebiete», [6] ist bei einem Höhenwinkel $> 40^\circ$ die Schrägdistanz einzusetzen.

Situationsspezifische Handhabung - Abgrenzung Untersuchungsperimeter:

Je nach Fragestellung können die Korrekturen unterschiedlich angewendet werden:

- In Gesamtlärm-Situationen mit Haupt- und Nebelärmquellen (z.B. National- und Kantonsstrasse) ist die Störwirkungskorrektur nur dann anzuwenden, wenn der Knoten/Kreisel zur dominanten Lärmquelle gehört. Im Zweifelsfall ist zu empfehlen, im Rahmen einer Begehung vor Ort zu prüfen, ob eine Störwirkungskorrektur am Immissionsort notwendig ist (deutlich hörbare Pegelschwankungen).
- Im Rahmen von Lärmsanierungsprojekten (LSP): in der Regel wird der exponierteste Punkt pro Liegenschaft berechnet und die entsprechende Störwirkungskorrektur darauf angewendet.
- Katasterberechnungen: erfolgen in der Regel mit einem automatisierten Verfahren (z.B. GIS-Berechnungen mit Berücksichtigung der Störwirkungskorrektur durch die Funktion aus Kap. 5.4).

6. Weiterführende Unterlagen

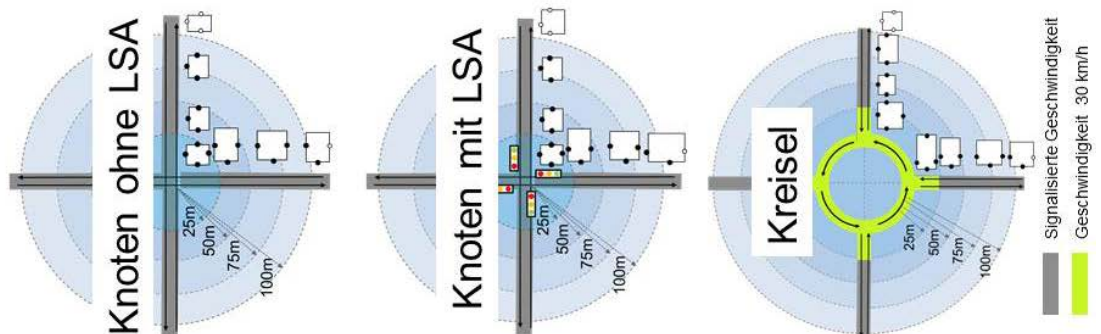
6.1 Literatur

- [1] Papenfus T., Fiebig A., Genuit K. (2011): Akustische Auswirkungen von Lichtsignalanlagen und Kreisverkehren, Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.298/2008/LRB des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Wirtschaftsverlag N. W. Verl., Bremerhaven.
- [2] Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit (2015): Zusammenfassender Grundlagenbericht Lärmauswirkung von Knoten und Kreiseln, Lästigkeit und Störwirkung.
- [3] Stauber M., Näf S., Bühlmann E., Conrad S., Ziegler T. (2015): Lärmauswirkungen von Knoten und Kreiseln, VSS 2009/201.
- [4] Schguanin G. und T. Ziegler (2006): Leitfaden Strassenlärm. Vollzugshilfe für die Sanierung. Stand: Dezember 2006. Umwelt-Vollzug Nr. 0637. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [5] Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit (2015): Zusammenfassender Grundlagenbericht Lärmauswirkung von Knoten und Kreiseln, Einfluss des Strassenbelags.
- [6] Balzari & Schudel, Grolimund & Petermann (1988): Strassenverkehrslärmmodell für überbaute Gebiete. Schriftreihe Umweltschutz Nr. 15. Herausgegeben vom Bundesamt für Umweltschutz, Bern.

Anhang 1: Modellierung von Knoten und Kreiseln

Bei der Modellierung von Knoten und Kreiseln ist der Basismodellierungsansatz sowie die Belagswirkung (emissionsseitig) und die Störwirkung (immissionsseitig) zu berücksichtigen.

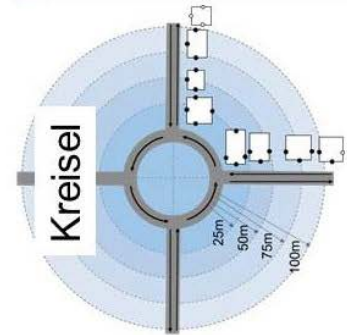
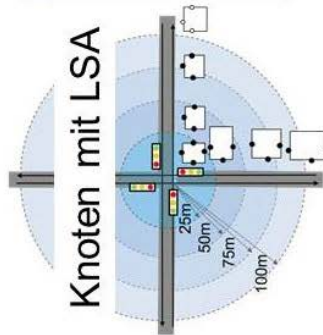
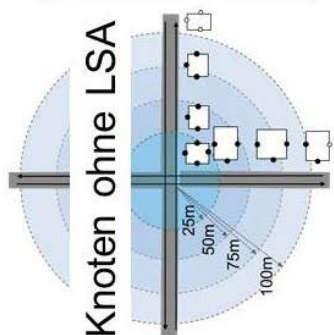
Pegel nach VSS 2009/201 (Basismodellierungsansatz)	Emissionsseitige Korrektur für Belagswirkung nach Kap. 3					Immissionsseitige Korrektur für Störwirkung nach Tabellen Kap. 5.3				
	Belagstyp					Verkehr (höchster DTV aller Äste in Fz/Tag)				
Modell STL86+	SDA4	SDA 8	SMA8	Lämarmar Waschbeton	Beton mit Besen- strich	≤ 1200	1200- 2000	2000- 3000	3000- 4000	> 4000
	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB
Freie Strecke										
< 25m	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
25 - 50m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
50 - 75m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
75 - 100m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3
Signalisierte Geschwindigkeit										
	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB	≤ 2700	2700- 3000	3000- 3500	3500- 4000	> 4000
Freie Strecke										
< 25m	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4	0.0	0.4	1.0	1.7	2.2
25 - 50m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.4	1.0	1.7	2.2
50 - 75m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.3	0.7	1.1	1.5
75 - 100m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.1	0.3	0.6	0.7
Geschwindigkeit = 30 km/h auf Kreisfahrbahn und Anschlüsse										
	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB	≤ 2900	2900- 4000	4000- 5000	5000- 6000	> 6000
Freie Strecke										
< 25m	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4	0.0	0.5	0.9	1.3	1.5
25 - 50m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.5	0.9	1.3	1.5
50 - 75m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
75 - 100m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5



Anhang 2: Wirkungsabschätzung bei Umgestaltungen

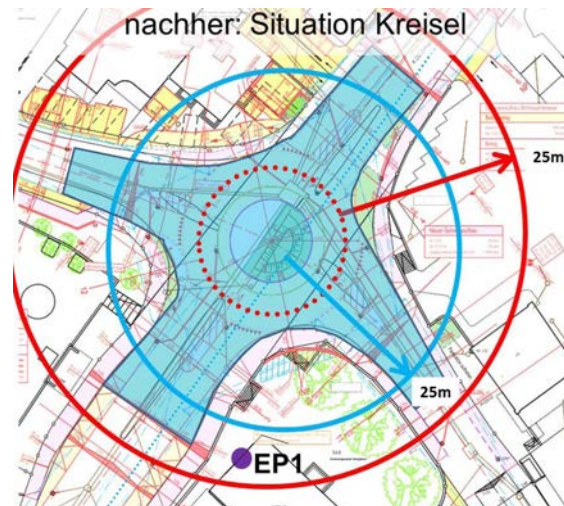
Zur Abschätzung von Lärmauswirkungen (Pegeldifferenzbetrachtung) bei Umgestaltungen, z.B. von einem Knoten ohne LSA in einen Kreisel sind nachfolgende Korrekturen zu berücksichtigen.

Pegel nach V S S 2009/201 (Differenzbetrachtung)	Emissionsseitige Korrektur für Belagswirkung nach Kap. 3					Immissionsseitige Korrektur für Störwirkung nach Tabellen Kap. 5.3				
	Belagstyp					Verkehr (höchster DTV aller Aste in Fz/Tag)				
	SDA4	SDA 8	SMA8	Lamarmar Waschbeton	Beton mit Besen- strich	≤ 1200	1200- 2000	2000- 3000	3000- 4000	> 4000
Freie Strecke	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB
< 25m	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
25 - 50m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
50 - 75m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
75 - 100m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3
Freie Strecke	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB	≤ 2700	2700- 3000	3000- 3500	3500- 4000	> 4000
< 25m	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4	0.0	0.4	1.0	1.7	2.2
25 - 50m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.4	1.0	1.7	2.2
50 - 75m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.3	0.7	1.1	1.5
75 - 100m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.1	0.3	0.6	0.7
Freie Strecke	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB	≤ 2900	2900- 4000	4000- 5000	5000- 6000	> 6000
< 25m	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4	0.0	0.5	0.9	1.3	1.5
25 - 50m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.5	0.9	1.3	1.5
50 - 75m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
75 - 100m	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5



Anhang 3: Ein Beispiel

Abschätzung der Lärmauswirkungen einer Umgestaltung von einem Knoten (vorher) in einen Kreisel (nachher) für Empfangspunkt EP1.



	Situation	DTV [Fz/Tag]	Distanz D [m]	Belag	Korrekturen [dB]					
Vorher	Knoten	3'500	Der Empfänger EP1 liegt 33 m ab dem Schnittpunkt der Fahrbahnen entfernt	SMA 8 überall (+1 dB Wirkung)	Pegeldifferenz* zu freier Strecke gem. VSS 2009/201	Belagswirkung nach Kap. 3	Tot. Pegelauswirkungen	Störwirkung		Tot. inkl. Störwirkung
					0	+1.0	+1.0	nach Grobabschätzung Kap. 4.2	+1	+2.0
								nach Tabelle Kap. 4.3	+0.9	+1.9
								nach Funktion Kap. 4.4	+0.7	+1.7
Nachher	Kreisel	3'500	Der Empfänger EP1 liegt im Distanzbereich 0-25 m ab der nächstgelegenen Kreiselfahrtspur	Beton Besenstrich im blauen Bereich, SDA4 ausserhalb	Pegeldifferenz* zu freier Strecke gem. VSS 2009/201	Belagswirkung nach Kap. 3	Tot. Pegelauswirkungen	Störwirkung		Tot. inkl. Störwirkung
					-1.0	+2.4	+1.4	nach Grobabschätzung Kap. 4.2	+0.5	+1.9
								nach Tabelle Kap. 4.3	+0.5	+1.9
								nach Funktion Kap. 4.4	+0.25	+1.65

* Ermittelt anhand der Zu-/Abschläge aus Kap. 3 (siehe auch Anhang 2)