

Verkehrsträgerübergreifende Lärmkumulation in komplexen Situationen

Michael Chudalla¹, Fabio Strigari¹, Sebastian Eggers², Frank Heidebrunn²

¹ Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 51427 Bergisch Gladbach, E-Mail: chudalla@bast.de

² LÄRMKONTOR GmbH, 22767 Hamburg, E-Mail: s.eggers@laermkontor.de

Einleitung

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat das „Expertenetzwerk“ [1] ins Leben gerufen um ressortübergreifend Lösungsansätze für Probleme zu finden, die mindestens zwei Verkehrsträger betreffen. Hier haben sich im Schwerpunktthema „Minderungsmöglichkeiten von verkehrsbedingten Geräuschemissionen und Lärmimmissionen in Luft“ des Themenfeldes 2 „Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten“ die Behörden BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde), EBA (Eisenbahn-Bundesamt), BASt (Bundesanstalt für Straßenwesen) und die DfS (Deutsche Flugsicherung) zusammengefunden, um an Lösungen zur Lärmkumulation beim Zusammenwirken von mehreren Verkehrsträgern zu arbeiten.

In dem vom BMVI finanzierten und an die LÄRMKONTOR GmbH vergebenen Forschungsvorhaben „Verkehrsträgerübergreifende Lärmkumulation in komplexen Situationen“ wird die Thematik systematisch bearbeitet. Am Ende soll vor allem ein Maßnahmenkatalog stehen, der Lösungsvorschläge für typische Kumulationssituationen vorschlägt. Weiter werden Vorschläge für ein geeignetes Berechnungs- und Bewertungsverfahren und eine verursachergerechte Kostenaufteilung gemacht. Die bisherigen Ergebnisse werden hier kurz zusammengefasst dargestellt.

1. Lärmberechnungsverfahren

Nach einer Literaturstudie ergibt sich ein uneinheitliches Bild für die europäischen Lärmberechnungsverfahren. So werden in Deutschland nach Verkehrsträgern getrennte Berechnungsverfahren angewandt, die sowohl die Emission als auch die Ausbreitung des Schalls behandeln. Im Gegensatz hierzu werden in den Nachbarländern Emission und Ausbreitung getrennt voneinander betrachtet, wobei die Emission verkehrsträgerspezifisch ist und die Ausbreitung für den erdgebundenen Verkehr einheitlich berechnet wird. Diese Herangehensweise findet sich auch in der neuen europäischen Rechenvorschrift CNOSSO-EU wieder. Während größtenteils in Oktaven oder Terzen gerechnet wird, bedienen sich beispielsweise die RLS-90 (Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen) noch der Ausbreitung des A-bewerteten Gesamtpegels.

Bei der Schallausbreitung spielt die Frequenz des Schalls eine bedeutende Rolle. So werden höhere Frequenzen von der Luft mit der Entfernung mehr gedämpft, sie unterliegen einer Beugung an Hindernissen, die Absorption am Boden ist in der Regel höher und ihre Reflexionseigenschaften sind anders als bei niedrigeren Frequenzen. Dementsprechend spiegelt die spektrale Ausbreitungsrechnung die Wirklich-

keit genauer wider. Mit Hilfe von einfachen Testrechnungen in einem virtuellen Modellgebiet wurden diese beiden Berechnungsarten miteinander verglichen. Hierbei zeigte sich durchgängig, dass der sich ausbreitende A-bewertete Gesamtpegel in nicht abgeschirmten Bereichen (Direktschall) 4 - 5 dB niedrigere Summenpegel liefert als bei Berechnung nach spektraler Ausbreitung. Wohingegen in abgeschirmten Bereichen (hinter Lärmschutzeinrichtungen oder hinter Gebäuden) die Berechnung des Gesamtpegels nach spektraler Ausbreitung 1 - 3 dB niedrigere Werte produziert.

2. Kumulationssituationen / dominante Quelle

Zum Vorkommen von Kumulationssituationen wurden Lärmaktionspläne gesichtet und theoretische Voruntersuchungen an Kumulationssituationen angestellt. Hieraus ließen sich folgende Erkenntnisse gewinnen: Wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, wird die Lärmbelastung im Großraum Köln vom Straßenverkehr (gelb) und Flugverkehr (rosa) als einzelne Verkehrsträger dominiert. Als Schienenverkehr konnte hier lediglich die Stadtbahn berücksichtigt werden.

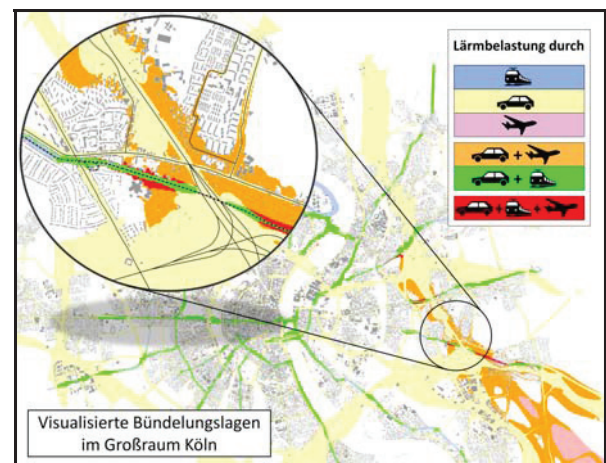


Abbildung 1: Vorkommen von Kumulationssituationen zwischen verschiedenen Verkehrsträgern hier am Beispiel des Großraums Köln. [3]

Im städtischen Verkehr zeigen sich deutliche Kumulationssituationen zwischen Schiene und Straße (grün). Diese gehen vom innerstädtischen Straßenbahnverkehr in Kombination mit den Emissionen des Straßenverkehrs aus. Im Bereich um den Flughafen gibt es Bündelungslagen zwischen Fluglärm und Straßenlärm (orange). Ein Zusammentreffen von den drei Verkehrsträgern Stadtbahn, Straße und Luftverkehr (rot) ist nur in vereinzelt Bereichen zu erkennen.

Das Auftreten von lediglich kleinflächigen Kumulationsgebieten lässt sich auch anhand von einfachen Testrech-

nungen veranschaulichen. In Abbildung 2 sind der Einfluss des Kreuzungswinkels und des Abstandes zweier gleich lauter Quellen (Schiene und Straße) zueinander dargestellt.

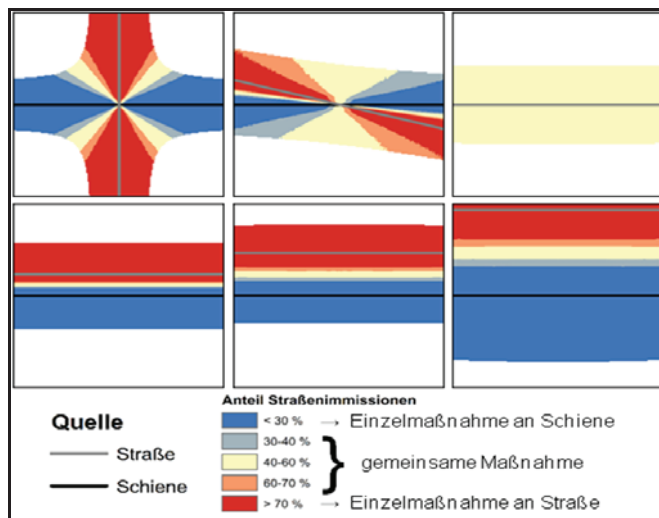


Abbildung 2: Einfluss des Kreuzungswinkels bzw. des Abstandes zwischen zwei Linienschallquellen (hier: Straße und Schiene).

Hierbei sind die gelben Bereiche diejenigen, in denen eine Belastung des jeweiligen Gebietes mit Pegeln ähnlicher Größenordnung beider Verkehrsträger vorkommt. Hier kann von „echten“ Kumulierungsgebieten gesprochen werden und auch nur in diesen Bereichen sind gemeinsame Maßnahmen sinnvoll, bzw. wirken in diesen Gebieten erstellte Lärmschutzmaßnahmen sich merklich auf den Gesamtpegel aus. In den roten und blauen Bereichen ist die jeweilige Quelle (Straße oder Schiene) dominant und nur eine Maßnahme am betreffenden Verkehrsträger zeigt eine Wirkung auf die Immissionspegel. Veranschaulicht wird die Problematik Kumulationsbereich bzw. dominante Quelle in der in Abbildung 3 dargestellten Tabelle.

Anteil Quelle 1	Teilpegel Quelle 1 [dB(A)]	Teilpegel Quelle 2 [dB(A)]	Minderung an Quelle 1 um x dB										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20
100%	59,0	59,0	0,0	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	-10,0	-20,0
95%	58,8	47,0	-3,8	-1,9	-2,8	-3,7	-4,5	-5,4	-6,2	-7,0	-7,7	-8,4	-12,3
90%	58,5	50,0	-0,5	-1,8	-2,6	-3,4	-4,1	-4,9	-5,5	-6,2	-6,7	-7,2	-9,6
85%	58,3	51,8	-0,5	-1,6	-2,4	-3,1	-3,8	-4,4	-5,0	-5,5	-5,9	-6,3	-8,0
80%	58,0	53,0	-0,5	-1,5	-2,2	-2,8	-3,4	-4,0	-4,4	-4,9	-5,2	-5,5	-6,8
75%	58,8	54,0	-0,1	-1,4	-2,0	-2,6	-3,1	-3,6	-4,0	-4,3	-4,6	-4,9	-5,9
70%	58,5	54,8	-0,7	-1,3	-1,9	-2,4	-2,9	-3,2	-3,6	-3,9	-4,1	-4,3	-5,1
65%	58,1	55,4	-0,6	-1,2	-1,7	-2,2	-2,6	-2,9	-3,2	-3,4	-3,6	-3,8	-4,5
60%	57,8	56,0	-0,6	-1,1	-1,5	-1,9	-2,3	-2,6	-2,9	-3,1	-3,2	-3,4	-3,9
55%	57,4	56,5	-0,5	-1,0	-1,4	-1,7	-2,0	-2,3	-2,5	-2,7	-2,8	-3,0	-3,4
50%	57,0	57,0	-0,5	-0,9	-1,2	-1,6	-1,8	-2,0	-2,2	-2,4	-2,5	-2,6	-3,0
45%	56,5	57,4	-0,4	-0,8	-1,1	-1,4	-1,6	-1,8	-1,9	-2,1	-2,2	-2,3	-2,6
40%	56,0	57,8	-0,4	-0,7	-1,0	-1,2	-1,4	-1,5	-1,7	-1,8	-1,9	-1,9	-2,2
35%	55,4	58,1	-0,3	-0,6	-0,8	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6	-1,8
30%	54,8	58,5	-0,3	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,3	-1,4	-1,5
25%	54,0	58,8	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1	-1,2
20%	53,0	59,0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9
15%	51,8	59,3	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7
10%	50,0	59,5	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5
5%	47,0	59,8	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
0%	-99,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Abbildung 3: Bereiche für dominante Quellen (rot und blau). Bereich des Gesamtlärms in welchen gemeinsame Maßnahmen möglich sind (hellrot, gelb und hellblau).

Hierin ergeben die Pegel der beiden Quellen 1 und 2 in der energetischen Summe immer 60 dB(A), wobei der prozentuale Anteil von Quelle 1 in der ersten Spalte aufgeführt ist. In den Spalten 4 bis 14 lässt sich ablesen um wie viel dB eine Minderung an Quelle 1 notwendig ist, um die jeweilige Reduzierung des Gesamtpegels zu erreichen. Soll beispielsweise bei zwei gleich lauten Quellen (50%-Zeile) eine Reduktion des Gesamtpegels von 3 dB erreicht werden, so ist es notwendig, bei einer Maßnahme, die nur auf eine Quelle

wirkt, diese um 20 dB zu mindern. Ist eine Maßnahme denkbar, die gleichermaßen auf beide Quellen wirkt, so wäre eine Reduktion um jeweils 3 dB ausreichend (diese gemeinsame Maßnahme ist nicht aus der Tabelle abzulesen, aber einfach zu berechnen).

Mögliche Kumulierungsszenarien mit dem Schiffsverkehr sind aus folgenden Gründen kaum denkbar:

- Straßen- oder Schienenverkehr sind gegenüber dem Schiffsverkehr in der Regel die dominanten Quellen.
- Aufgrund der Entfernung der Schiffe zum Ufer und den hauptsächlich niederfrequenten abgestrahlten Frequenzen sind Maßnahmen auf dem Ausbreitungsweg (z.B. Lärmschutzwände) quasi wirkungslos.

Zu Kumulierungsszenarien mit dem Flugverkehr können folgende Aussagen getroffen werden:

- Gemeinsame Maßnahmen sind überhaupt nur beim Rollen am Boden denkbar.
- Sonstige Maßnahmen zur Reduzierung des Fluglärms zielen auf Flugverfahren (z.B. steilere An- und Abflugwinkel) und eine gleichmäßigere Verteilung ab.

3. Untersuchungen in Modellgebieten

In einer virtuellen Modellstadt wurden Kumulierungsszenarien in verschiedenen gängigen Gebietstypen identifiziert, welche zur Wirksamkeitsuntersuchung verschiedener Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen herangezogen wurden (siehe Abbildung 4).

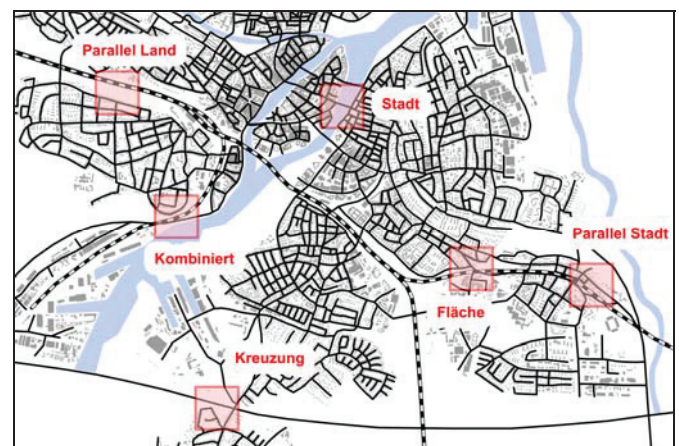


Abbildung 4: Für Wirksamkeitsberechnungen herangezogene Modellgebiete mit verschiedenen Gebietscharakteristika und Quellenanordnungen aus virtueller Modellstadt.

Diese Gebiete umfassen

- ländliche Gebiete mit lockerer Bebauung,
- vorstädtische Gebiete mit dichter, offener Bebauung und
- städtische Gebiete mit dichter, geschlossener Bebauung.

In diesen Gebieten finden sich

- in verschiedenen Winkeln kreuzende Quellen und
- parallele Quellen.

Die Bebauung befindet sich

- angrenzend oder auch
- zwischen den Quellen.

Folgende Maßnahmen finden Anwendung:

- Schallschutzwand (verschiedene Höhen)
- Lärmarmer Fahrbelag
- Straßenverlegung
- Deckelung
- Besonders überwacht Gleis
- Kombinierte Maßnahmen

Anhand des in Abbildung 5 dargestellten Modellgebietes wird die Beurteilung der Ausgangssituation und der Maßnahmenwirksamkeit beispielhaft dargestellt.

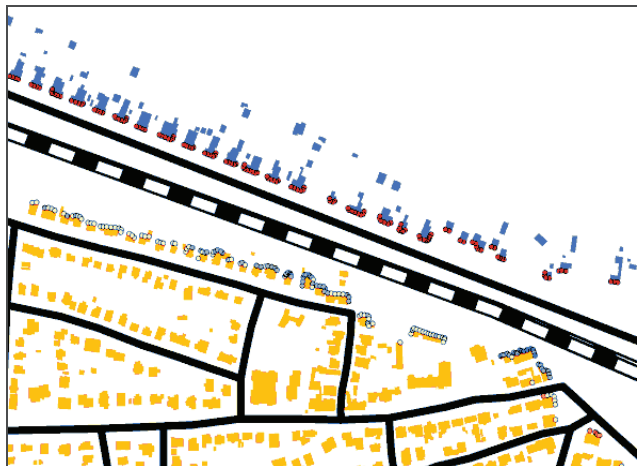


Abbildung 5: Beispielhaftes Modellgebiet, repräsentiert eine höhengleiche Parallellage von Straße und Schiene.

Weiter sind verschiedene, beispielsweise durch einen Verkehrsträger voneinander getrennte, Gebiete in unterschiedlichen Farben dargestellt. In Abbildung 6 sind für das gewählte Beispiel aus Abbildung 5 die Fassadenpegel der nördlichen Gebiete blau und die der südlichen Gebiete gelb dargestellt. Die Schwellenwerte von Schiene bzw. Straße sind auf der x- bzw. y-Achse getrennt voneinander aufgetragen. Hierdurch ist eine bessere Beurteilung der Betroffenheit bzw. Wirksamkeit möglich. Da die Schwellenwerte willkürlich festgelegt werden können, ist dieser, um Verwirrung zu vermeiden, in Abbildung 6 auf Null gesetzt.

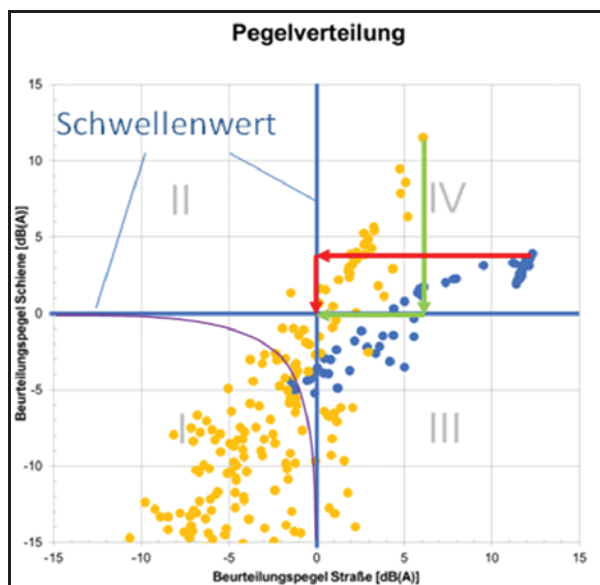


Abbildung 6: Pegelverteilung der Ausgangslage (ohne Maßnahme) des gewählten Modellgebietes in Abbildung 5.

Das Diagramm ist in 4 Quadranten aufgeteilt:

Im **Quadranten I** befinden sich die Fassadenpegel unterhalb der Schwellenwerte für Schiene und Straße. Für diese Immissionsorte sind größtenteils keine Maßnahmen notwendig. Nur in dem kleinen Eckbereich zwischen Achsenkreuz und der lila Linie überschreitet der Summenpegel beider Verkehrsträger den Schwellenwert (im Achsenkreuz liegt der Summenpegel bei: Schwellenwert +3 dB).

Für die Fassadenpunkte im **Quadranten II** wurde der Schwellenwert für die Schiene überschritten. In diesem Quadranten spielt der Straßenverkehrslärm keine Rolle.

Für die Fassadenpunkte im **Quadranten III** wurde der Schwellenwert für die Straße überschritten. Hier sind Maßnahmen zur Reduzierung des von der Straße kommenden Schalls notwendig um unter den Schwellenwert zu kommen.

Im **Quadranten IV** befinden sich die Fassadenpegel für Schiene und Straße über den jeweiligen Schwellenwerten. Für diese Immissionsorte sind gemeinsame Maßnahmen, also Maßnahmen, die die Schalleinwirkung von beiden Verkehrsträgern reduzieren, notwendig.

Die Abschirmwerte (getrennt für Schiene und Straße), die erreicht werden müssen, um unter die Schwellenwerte (in den Quadranten I) zu gelangen, können direkt aus dem Diagramm abgelesen werden (grüne bzw. rote Pfeile).

Zur Beurteilung der Maßnahmenwirksamkeit wurden Diagramme der „Pegelländerung“ (Abbildung 7) erstellt. Hieraus kann abgelesen werden, wie sich eine Maßnahme auf die Minderung der Fassadenpegel der verschiedenen Teilgebiete auswirkt. Durch Lärmschutzmaßnahmen wie beispielsweise eine Lärmschutzwand, verschieben sich die Fassadenpegel der Immissionsorte individuell (Beispiele durch grüne und rote Pfeile gekennzeichnet). Eine Maßnahme, die direkt auf den Emissionspegel wirkt (z.B. lärmarmer Straßenbelag oder besonders überwacht Gleis), wirkt sich durch eine gleichmäßige Parallelverschiebung aller Fassadenpunkte aus (blaue Pfeile).

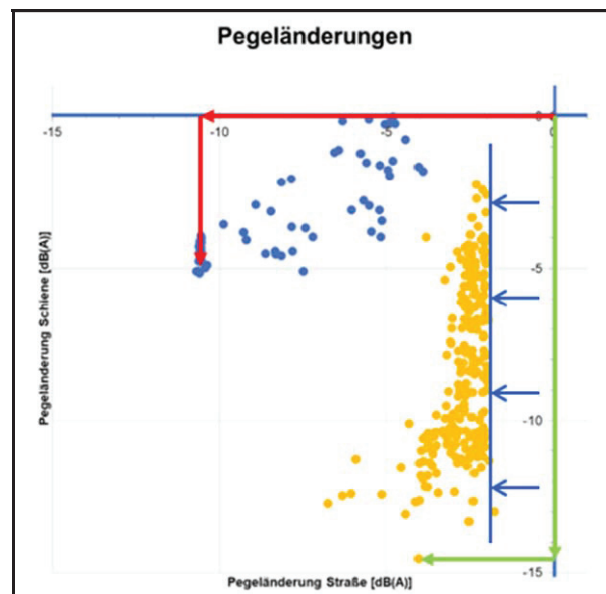


Abbildung 7: Pegelländerung durch Maßnahme(n) im gewählten Modellgebiet.

3. Ergänzende Untersuchungen

Messungen

An einer realen Kreuzungssituation einer Bahnlinie und einer Autobahn wurden über einen Zeitraum von 3 Monaten Immissionsmessungen in einem unbebauten Gebiet durchgeführt (siehe Abbildung 8). Über erhaltene Verkehrsdaten und Zählstellen wurden die gemessenen Werte in Simulationsberechnungen nachvollzogen. In einem weiteren Schritt werden nun die unbebauten Gebiete dieses virtualisierten Messgebiets bebaut. Im Anschluss werden auch an diesem Messgebiet, wie oben unter „3. Untersuchungen in Modellgebieten“ beschrieben, verschiedene Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit untersucht.

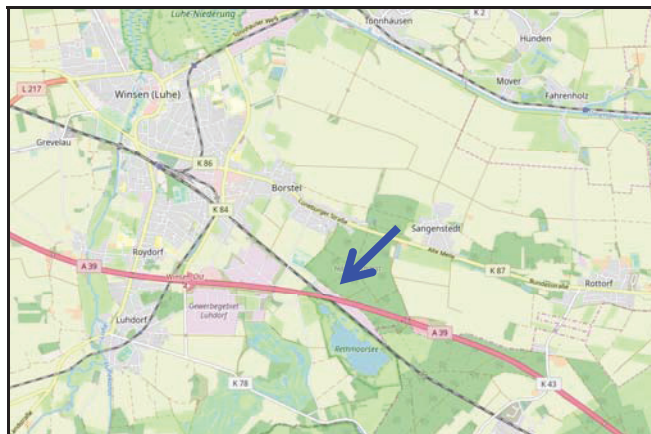


Abbildung 8: Messgebiet neben Kreuzungssituation von Schiene und Straße. [4]

Nutzen/Kosten Vergleich - Kostenaufteilung

Die an den Modellgebieten getesteten Maßnahmen werden kostenmäßig abgeschätzt und ihrem Nutzen nach verschiedenen Berechnungsmodellen gegenübergestellt. Hierdurch soll eine geeignete Methode gefunden werden, um einen effizienten Finanzeinsatz zu gewährleisten und in der Folge auch möglichst vielen Betroffenen Lärmschutzeinrichtungen zu ermöglichen.

In einem zweiten Schritt soll ein verursachergerechter Aufteilungsschlüssel für die notwendigen Maßnahmen erarbeitet werden.

4. Zusammenfassung/Ausblick

Die aus den Untersuchungen zur gemeinsamen Einwirkung mehrerer Quellen auf Immissionsorte gefundenen Erkenntnisse lassen eine bessere Einschätzung von „echten“ Kumulationssituationen zu.

Mit den Diagrammen „Pegelverteilung“ und „Pegeländerung“ wurden geeignete Werkzeuge gefunden, um Kumulationssituationen und Maßnahmenwirkungen ein- bzw. abschätzen zu können.

Auf Grundlage der vorgenannten Erkenntnisse und in Verbindung mit den Maßnahmenkosten wird ein Maßnahmenkatalog entstehen, der es ermöglichen soll, für den Großteil der vorkommenden Kumulationssituationen Vorschläge zu unterbreiten um die Immissions-Schwellenwerte einhalten zu können.

Literatur

- [1] Das BMVI-Expertenetzwerk Wissen - Können - Handeln. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016
- [2] „Verkehrsträgerübergreifende Lärmkumulation in komplexen Situationen“, Zwischenberichte des Forschungsvorhabens, Lärmkontor 2018-2019
- [3] Lärmkontor GmbH; Daten: Stadt Köln (2016) Creative Commons Namensnennung 3.0 DE (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/>)
- [4] OpenStreetMap contributors CC BY-SA 2.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>)