

Strategische Lärmkartierung für den Straßen- und Schienenverkehr im Großherzogtum Luxembourg

Analyse der Bevölkerungsbelastung auf Basis von UCE_{den} Werten

Technischer Abschlussbericht



im Auftrag der

Administration de l'environnement
c/o Unité Surveillance et Evaluation de l'environnement
1, avenue du Rock'n'Roll
L - 4361 Esch-sur-Alzette

vorgelegt von

Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH
Wilhelm-Brand-Str. 7
44141 Dortmund
Tel.: 49(0)231 – 4271171
Fax: 49(0)231 – 4271173
Email: info@stapelfeldt.de



Inhalt

Generelles.....	3
Bestimmung der UCE _{den} Werte für ein Flächenraster.....	4
Statistische Analysen der UCE _{den} Werte Raster.....	8
Vergleich der UCEden Analyse für den Stand 2012 und 2017.....	11
Graphische Ausgaben der Untersuchungsergebnisse in SHAPE Dateien	12
Zusammenfassung	13

Generelles

Für das Gesamtgebiet des Großherzogtums Luxemburg werden in der vorliegenden Studie die Berechnungen des Umgebungslärms im Rahmen der EU Umgebungslärmkartierung für Straßen- und Schienenverkehrslärm nach einem einheitlichen Schema ausgewertet.

Die Belastung der Bevölkerung wird dabei analog zu der Vorgehensweise in der 2. Stufe der EU Umgebungslärmkartierung über die Kenngröße UCE_{den} ausgedrückt.

Aus den Erhebungen zur 3. Stufe der EU Lärmkartierung in 2018 liegen Schallimmissionspegel sowie die aggregierten L_{den} Werte für die berechneten Fassadenpunkte an den Fassaden der Wohngebäude vor. Jedem berechneten Fassadenpegel L_{den} kann deshalb eine anteilige Anzahl Einwohner zugeordnet werden.

Damit sind die 2 Parameter der UCE_{den} Formel gegeben:

$$UCE_{den} = 10 * \log_{10} (\sum(Ew_{Fp} * 10^{L_{denFp}/10})) \quad (Gl. 1)$$

Ew_{Fp} *Einwohner pro Fassadenpunkt*
 L_{denFp} *L_{den} Wert pro Fassadenpunkt*

Die ermittelten UCE_{den} werden für die Einwohner einer Rasterzelle zusammengefasst und graphisch ausgegeben. Nach einem im Text noch im Detail beschriebenen Verfahren werden Rasterzellen mit signifikanter Belastung der Bevölkerung zu vorrangigen Zonen der Lärmbelastung der Bevölkerung (ZPDB) zusammengefasst. Für diese Zonen erfolgt eine Ausgabe der Kenngrößen bzw. Summenwerte in tabellarischer Form als CSV Dateien. Dies erlaubt eine einfache Reihung der Schwerpunkte nach unterschiedlichen Gesichtspunkten.

Die graphische Darstellung der Belastung nutzt das Farbschema der Abbildung 1. Bezugsgröße ist dabei ein auf die Fläche von 100 x 100 (m) normierter Belastungsindex, der aus den UCE_{den} Werten abgeleitet wird. Die Normierung soll die gleichartige Darstellung von Ergebnissen für unterschiedliche Rastergrößen ermöglichen. Die Ergebnisdateien im SHAPE Format können im GIS benutzerdefiniert eingefärbt werden.

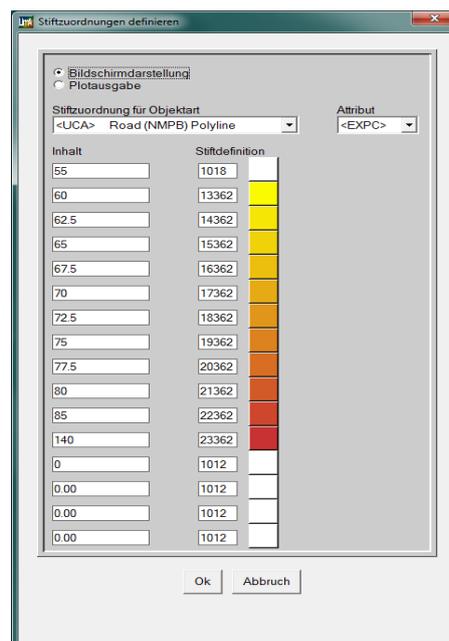


Abbildung 1 Farbzuoordnung für UCE_{den} Werte bis zum angegebenen Grenzwert

Bestimmung der UCE_{den} Werte für ein Flächenraster

Für das gesamte Untersuchungsgebiet werden die Belastungswerte in einem gleichmäßigen Raster erhoben. Dabei werden 2 getrennte Ergebnisdatensätze mit verschiedenen Rasterweiten, d.h. 20 x 20 bzw. 50 x 50 (m), genutzt. Die Rasterzelle wird als UCA Objekt in der Akustiksoftware bzw. im GIS verwaltet.

Pro Rasterzelle werden die Einwohnerzahl, die UCE_{den} Belastung sowie die Verteilung der Einwohner in 5 dB Pegelklassen für den L_{den} und den L_{night} ermittelt und abgelegt.

Die UCE_{den} Summenwerte wurden auf 2 verschiedene Weisen erfasst und auf getrennten Attributen EXPC (Cell) bzw. EXPA (Ambient) verwaltet.

1. EXPC: exakte Summenwerte innerhalb der Grenzen einer Teilfläche.
2. EXPA: gleitende Summenwerte, d.h. mit überlappenden Erhebungsflächen, in einer Umgebung von 2,5-facher Rasterweite um den Mittelpunkt der Rasterzelle

Die UCE_{den} Werte der UCA Rasterzellen werden im Weiteren ausgewertet, um die Lage der ZPDB zu bestimmen. Diese Zonen werden für die weitere Nutzung im GIS ebenfalls als UCA Objekte organisiert. Eine Liste der ermittelten ZPDB wird als XLS Datei übergeben. Die Bedeutung der Attribute der flächenhaften UCA Objekte ist in **Tabelle 1** dargestellt.

Die Abbildung 2 – 8 zeigen UCA Werte des Straßen- bzw. Schienenverkehrs für die zellenbezogene und die gleitende Summenbildung.

Tabelle 1 *Attributbedeutung des UCA Objektes*

Das UCA Objekt wird sowohl als Rasterzelle als auch als Gesamtfläche eines ZPDB genutzt. Die Fläche wird deshalb in der Tabelle als Teilfläche bezeichnet.

Attributbezeichner	Inhalt
UCA	Bezeichnung der Rasterzelle als X Y Lage oder als Hotspot-Bezeichnung.
ID	Interner Ident-Schlüssel
RQ	1: für Linienzug 2: für Fläche
ELE	Interne Elementnummer
SRC	Quell-Typ RUE (Straße) oder NRL (Schiene)
EW	Einwohner (Umgebung)
EWC	Einwohner (Teilfläche)
EWA	Einwohner (Umgebung)
EXPC	UCE_{den} Exposition (Teilfläche)
EXPA	UCE_{den}/ha Exposition (Umgebung)
E45R	Einwohner (Teilfläche) $L_{den} >45dB$
E50R	Einwohner (Teilfläche) $L_{den} >50dB$
E55R	Einwohner (Teilfläche) $L_{den} >55dB$
E60R	Einwohner (Teilfläche) $L_{den} >60dB$
E65R	Einwohner (Teilfläche) $L_{den} >65dB$
E70R	Einwohner (Teilfläche) $L_{den} >70dB$
E75R	Einwohner (Teilfläche) $L_{den} >75dB$
E45L	Einwohner (Teilfläche) $L_{night} >45dB$
E50L	Einwohner (Teilfläche) $L_{night} >50dB$
E55L	Einwohner (Teilfläche) $L_{night} >55dB$
E60L	Einwohner (Teilfläche) $L_{night} >60dB$
E65L	Einwohner (Teilfläche) $L_{night} >65dB$
E70L	Einwohner (Teilfläche) $L_{night} >70dB$
E75L	Einwohner (Teilfläche) $L_{night} >75dB$
NEG	NEG Index, konstant pro Straße
TOID	Eindeutiger Objektschlüssel
BEM	Bemerkung
TEMP	Hilfsfeld
VAR	Variantengruppen (intern)



Abbildung 2 Ausschnitt der UCE_{den} Werte im 20 x 20 (m) Raster - Darstellung der gleitenden Summenwerte für den Straßenverkehr



Abbildung 3 Ausschnitt der UCE_{den} Werte im 20 x 20 (m) Raster - Darstellung der Summenwerte einer Zelle für den Straßenverkehr



Abbildung 4 Ausschnitt der UCE_{den} Werte im 20 x 20 (m) Raster - Darstellung der gleitenden Summenwerte für den Schienenverkehr

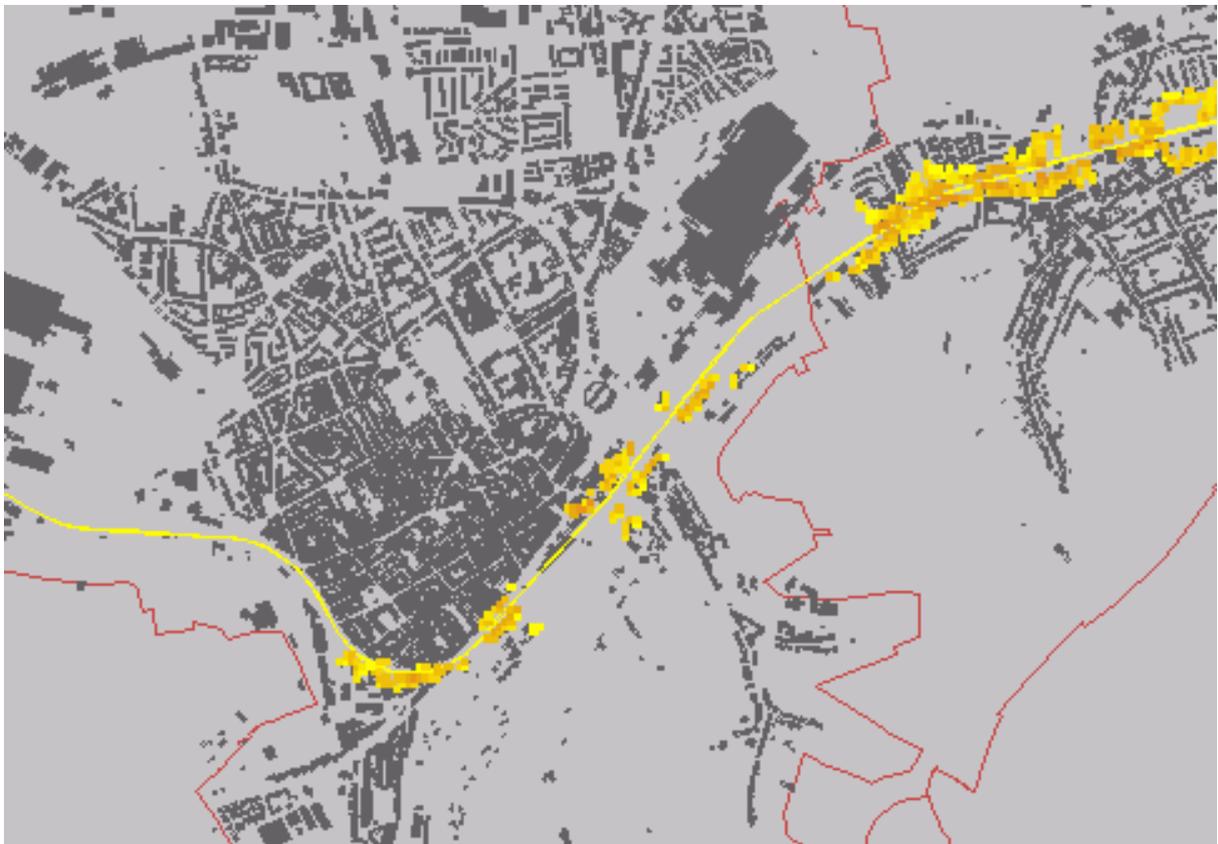


Abbildung 5 Ausschnitt der UCE_{den} Werte im 20 x 20 (m) Raster - Darstellung der Summenwerte einer Zelle für den Schienenverkehr

Statistische Analysen der UCE_{den} Werte Raster

Auswertung der UCA Objekte

Die Bestimmung der ZPDB auf Basis der UCA Rasterdaten umfasst folgende Schritte, die einheitlich auf das Ballungsgebiet und die übrigen Flächen angewandt werden.

Suchvorgänge in der Umgebung einer ausgewählten Zelle werden immer mit der 5-fachen Zellweite als Suchradius vorgenommen.

1. Summenbildung für jede UCA Zelle:

Für die Fläche der Zelle:

- a. Einwohnerzahl(EWC)
- b. UCE_{den} Wert (EXPC)
- c. Betroffene mit L_{den} in den Pegelklassen >45, > 50 bis >75
- d. Betroffene mit L_{night} in den Pegelklassen >45, > 50 bis >65

Für die Fläche der Zelle und ihrer Umgebung:

- e. Einwohnerzahl (EWA)
- f. UCE_{den} Wert (EXPA)

2. Erkennen der Kernzelle eines neuen ZPDB Gebietes durch Auffinden von bisher nicht einer ZPDB zugeordneten Rasterzellen, die folgende Bedingung erfüllt:

- a. $EXPA > EXP_{Amin}$
Dabei werden die Zellen in absteigender Folge der EXPA Werte untersucht.
EXP_{Amin} ist auf den Wert von 70 festgelegt worden, um die Anzahl ZPDB auf ein handhabbares Maß zu beschränken.

Der EXPA Wert der betrachteten Kernzelle wird als EXPA_ZPDB registriert.

3. Bestimmen der unteren Relevanzgrenze für potentielle weitere Kernzellen in der Umgebung der neuen ZPDB, die noch derselben Zonen zuzuordnen sind.

Für den EXPA Wert der Zelle muss gelten:

1. $EXPA > EXPA_{ZPDB} - 5$
2. $EXPA > EXP_{Amin}$

4. Suchen aller UCA Rasterzellen mit $EXPA > EXP_{Agrz}$, die an die entstehende Zone angrenzen und nicht Teil einer bereits definierten ZPDB sind. EXP_{Agrz} ist auf den Wert von 65 festgelegt worden.

5. Bestimmen der zugeordneten Gemeinde anhand der Lage der ersten Kernzelle.

6. Zellen mit einem EXPA Wert $< EXP_{A_{EW}}$ werden gelöscht, so dass sie in den Grafiken nicht mehr dargestellt werden. EXP_{A_{EW}} ist auf den Wert von 59 festgelegt worden.

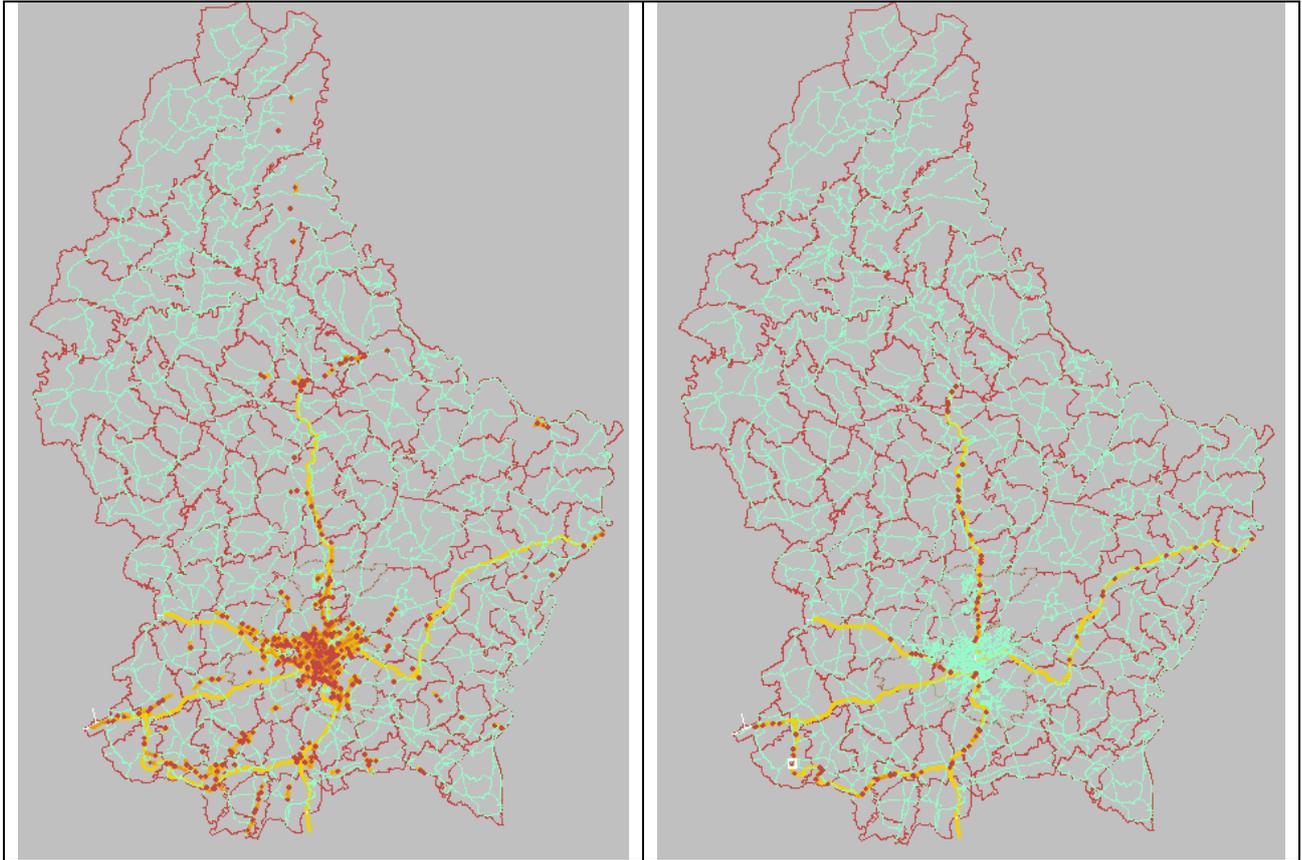


Abbildung 6 ZPDB Erkennung aus Rasteranalyse (20m x 20m) für Straßen- bzw. Schienenverkehr

Für den Straßenverkehr ergaben sich 57 Regionen mit einem Summenwert für UCE_{den} (Spalte UCE-Sum in der CSV Datei) über 90 bzw. 118 Regionen mit einem UCE_{den} Wert über 85.

Für den Schienenverkehr lag die Anzahl für die gleichen Schwellwerte bei 4 bzw. 20 Regionen.

Als Ergebnis der Analysen werden folgende Dateien übergeben

1. Liste der Regionen mit erheblicher Betroffenheit für das Straßen- und Schienennetz und ihrer jeweiligen Belastungsdaten. Die Namensangabe 50 bzw. 20 bezieht sich auf die 50 m bzw. 20 m Rasterweite.
 - TOTAL_SCAN_RUE_C_70_59_20_V07.CSV
 - TOTAL_SCAN_RUE_C_70_59_50_V07.CSV
 - TOTAL_SCAN_NRL_C_70_59_20_V07.CSV
 - TOTAL_SCAN_NRL_C_70_59_50_V07.CSV

Tabelle 2 Liste der Hotspot Regionen mit Anzahl Einwohner über L_{den} oder L_{night} Grenzwerten
 (Werte entnommen aus der Tabelle TOTAL_SCAN_RUE_C_70_59_20_V07.CSV)

Gemeinde	Ballung	Region	Lage	Fläche	Einwohner	UCE_A_MAX	UCE-Sum	Quelle
Luxembourg	B	LUXE_001	77470 74190	0,2004	7999	95,72	105,54	5,2665
Luxembourg	B	LUXE_002	76930 75290	0,1848	6370	93,49	103,87	5,6207
Luxembourg	B	LUXE_003	76530 75410	0,4392	6980	91,68	104,14	2,3711
Luxembourg	B	LUXE_004	76830 76050	0,1468	3397	91,41	99,3	6,7643

Folgewerte in den Zeilen 1 bis 5:

LDEN 45	LDEN 50	LDEN 55	LDEN 60	LDEN 65	LDEN 70	LDEN 75
7999	7999	7958	4061	2526	1000	203
6370	6370	6259	3605	1970	863	16
6980	6980	6621	3125	1898	816	92
3397	3397	3144	1205	825	209	0

LNGT 45	LNGT 50	LNGT 55	LNGT 60	LNGT 65	LNGT 70	LNGT 75
7994	7078	2309	744	57	0	0
6368	5227	1752	238	0	0	0
6977	4408	1869	710	118	0	0
3393	1976	743	61	0	0	0

Gegenüberstellung der UCE_{den} Analyse für den Stand 2012 und 2017

Durch Vergleich der UCE_{den} Kennwerte aus 2012 und 2017 wird man auf die generelle Veränderung der Lärmbelastung der Bevölkerung durch Straßen- bzw. Schienenlärm schließen können. Für jedes einzelne ZPDB Gebiet kann dabei die Ursache der Veränderung und auch die Tendenz unterschiedlich sein und man wird keine einheitlichen Erklärungen finden, da eine Vielzahl von Einflüssen von Bedeutung sind, wie z.B. die Veränderung

- der Einwohnerzahlen für die einzelnen Gemeinden
- der Einstufung von Gebäuden als Wohngebäude
- des angesetzten digitalen Geländemodells
- der Emission der in 2012 und 2017 vorhandenen Straßen- bzw. Schienenwege
- des relevanten Straßen- bzw. Schienennetzes

Für eine generelle Einschätzung sollen Summenwerte über alle ZPDB herangezogen werden. Hierfür sind die Flächenangaben und die Anzahl der Betroffenen in den Zonen geeignet. In den nächsten zwei Tabellen werden deshalb die entsprechenden Werte für 2012 und 2017 getrennt für die 2 untersuchten Rasterweiten aufgelistet.

Tabelle 3 *Summenwerte der ZPDB Flächen und der Einwohner in den Flächen auf Basis des 50 m Rasters*

Straßenlärm				Schienenlärm			
2012		2017		2012		2017	
km ²	Einwohner						
26,73	136955	39,58	218990	5,80	21176	6,63	20523

Tabelle 4 *Summenwerte der ZPDB Flächen und der Einwohner in den Flächen auf Basis des 20 m Rasters*

Straßenlärm				Schienenlärm			
2012		2017		2012		2017	
km ²	Einwohner						
16.73	135015	24,20	213558	2,97	19400	2,75	16426

Es zeigt sich, dass die Rasterweite aus methodischen Gründen die Größe der jeweiligen ZPDB deutlicher beeinflusst als die Anzahl der betroffenen Einwohner.

Da der UCE_{den} Indikator einen unteren Schwellwert als Relevanzgrenze nutzt, kann schon ein geringer Anstieg der Emissionswerte zu zusätzlichen ZPDB Gebieten führen.

Für den Straßenverkehr ergibt sich ein erheblicher Zuwachs der Betroffenenanzahlen von über 50% zwischen 2012 und 2017. Dieser starke Zuwachs wird im Wesentlichen zurückzuführen sein auf eine um ca. 25% gestiegene Gesamtemission aus dem Straßenverkehr bei gleichzeitiger Vergrößerung des zu berücksichtigenden Straßennetzes um ca. 35%, d.h. von 526 km in 2012 auf 716 km in 2017.

Hinsichtlich der Einwohnerzahlen für den Schienenverkehr ergibt sich mit einer leichten Reduktion eine nachvollziehbare Änderung, wenn man die Entwicklung der Emissionsdaten des Schienenverkehrs berücksichtigt.

Graphische Ausgaben der Untersuchungsergebnisse in SHAPE Dateien

Für die beschriebenen Datenerhebungen wurden bestehende Modelldateien modifiziert und zusätzliche Objekte zur Verwaltung der erhobenen UCE_{den} Werte erzeugt.

Die entstandenen neuen Datensätze wurden in das SHAPE Format gewandelt.

Im Einzelnen werden folgende Dateien übergeben:

1. UCA Rasterdaten mit Anzahl belasteter Einwohner und UCE_{den} Werten bezogen auf die Rasterzelle und auf die Umgebung
 - a. TOTAL_ZPDB_RUE_C_70_59_50_V06.SHP
 - b. TOTAL_ZPDB_RUE_C_70_59_20_V06.SHP
 - c. TOTAL_ZPDB_NRL_C_70_59_50_V06.SHP
 - d. TOTAL_ZPDB_NRL_C_70_59_20_V06.SHP

2. Puffer (ZPDB) um Rasterzellen mit relevanter Belastung
 - a. PUFFER_ZPDB_RUE_C_70_59_50_V07.SHP
 - b. PUFFER_ZPDB_RUE_C_70_59_20_V07.SHP
 - c. PUFFER_ZPDB_NRL_C_70_59_50_V07.SHP
 - d. PUFFER_ZPDB_NRL_C_70_59_20_V07.SHP

3. ZPDB Kennzeichnung der Kernzellen
 - a. TOTAL_HOTCELL_I_RUE_C_70_59_50_V07.SHP
 - b. TOTAL_HOTCELL_I_RUE_C_70_59_20_V07.SHP
 - c. TOTAL_HOTCELL_I_NRL_C_70_59_50_V07.SHP
 - d. TOTAL_HOTCELL_I_NRL_C_70_59_20_V07.SHP

Zusammenfassung

Die in 2012 erstmalig angewandte Methode zur Bestimmung von Zonen mit einem hohen Grad der Betroffenheit der Bevölkerung durch Straßen- bzw. Schienenlärm (ZPDB) auf Basis des Indikators UCE_{den} , konnte in der Vergangenheit für die Lärmaktionsplanung genutzt werden.

Das Verfahren wurde deshalb in 2017 auf die im Rahmen der EU-Umgebungslärmkartierung ermittelten Fassadenpegel und anteilige Anzahl betroffener Einwohner erneut mit geringer Modifikation angewendet.

Für den Schienenverkehr ergibt sich dabei eine leichte Reduktion sowohl in der Gesamtfläche der ZPDB als auch für die ermittelte Anzahl der Betroffenen.

Für den Straßenverkehr stellt sich die Situation deutlich anders dar, da das kartierungsrelevante Straßennetz um ca. 35% angewachsen ist und außerdem die Gesamtemission aller Straßen sich um ca. 25% erhöht hat. Dieser Zuwachs kann z.B. aus Verkehrsmengen, Lkw-Anteilen und Geschwindigkeitsänderung resultieren.

Damit ergab sich für die Anzahl Betroffener in 2017 gegenüber 2012 ein Zuwachs von ca. 60%.

Letztendlich wird man Abweichungen der Kennwerte für die ZPDB zwischen den beiden Untersuchungszeiträumen nicht ausschließlich über eine Änderung der Emissionen erklären können, da auch andere Parameter der akustischen Simulationsrechnung fortgeschrieben wurden. Zu bedenken ist dabei auch, dass sowohl der UCE_{den} Ansatz als auch das Verfahren zur Bestimmung der ZPDB mit Schwellwerten der Relevanz arbeitet.