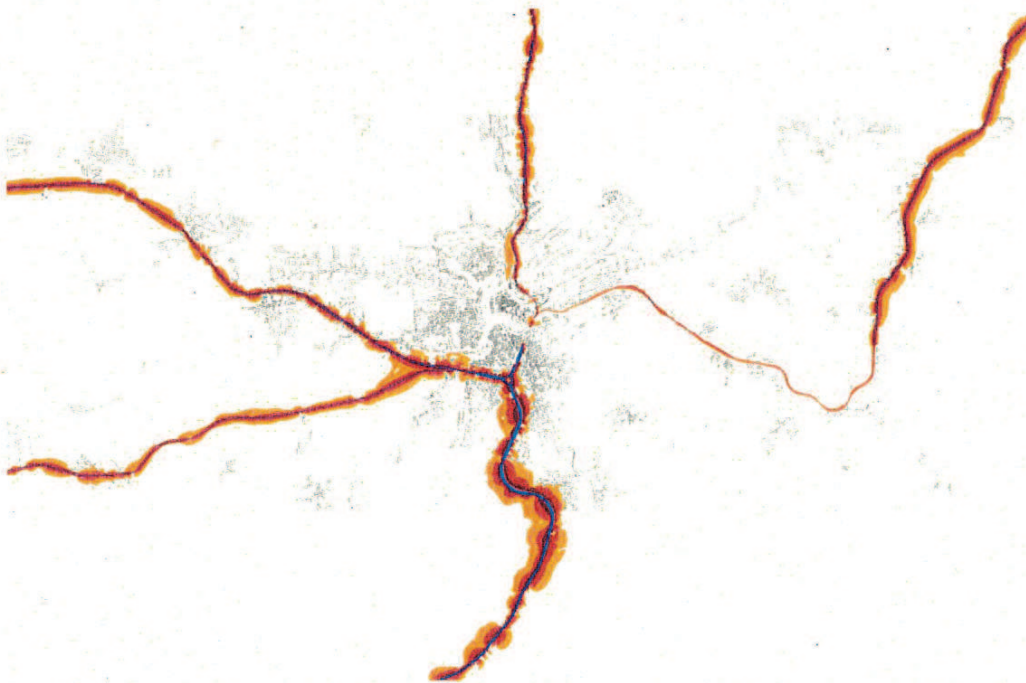


**Strategische Lärmkartierung für den Schienenverkehr
des Ballungsraums
„Agglomération de la Ville de Luxembourg et environs“
sowie der
Haupteisenbahnstrecken im Großherzogtum
Luxembourg**

Abschlussbericht



für die

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

vorgelegt von der

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



Vu et approuvé

Luxembourg, le **12 SEP. 2010**

La Ministre de l'Environnement

Carole DIESCHBOURG
Carole DIESCHBOURG

A B K Ü R Z U N G S V E R Z E I C H N I S

ACT	Administration du cadastre et de la topographie
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
Aufpunkt	Position in x,y,z für die die Schallimmission zu berechnen ist
AzB	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen
BimSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BTU	LimA-Attribut für „Brücke oder Tunnel“
CITY-GML	Datenformat, konform zur EU-Anforderung
CFL	Société Nationale de Chemins de Fer Luxembourgeois
CMT	Cellule Modèles de Transports
dB	Dezibel: Maß für den Schalldruckpegel
dB(A)	A-gewichteter Schalldruckpegel. Durch die A-Bewertung wird die frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs berücksichtigt
DES	Datenerfassungssystem (für den Flugverkehr)
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h]
EU	Europäische Union
FUNC	ATKIS Funktionstyp
GIS	Geografisches Informationssystem
h	Stunde
IVU-Anlagen	Industrielle- und landwirtschaftliche Anlagen, die der IVU-Richtlinie 2008/1/EG zur „Integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung“ unterliegen
Kfz	Kraftfahrzeug
L _{day}	Maß für die durchschnittliche Lärmbelastung am Tag (7:00 - 19:00 Uhr)
L _{den}	Maß für die ganztägige Lärmbelastung über 24 Stunden bei dem laute Pegel in den Abend- und Nachtstunden stärker gewichtet werden als in den Tagstunden
L _{evening}	Maß für die durchschnittliche Lärmbelastung am Abend (19:00 - 23:00 Uhr)
Lkw	Lastkraftwagen (hier mit zulässiger Gesamtmasse > 3,5 t)
L _{night}	Maß für die durchschnittliche Lärmbelastung in der Nacht (23:00 - 7:00 Uhr)
LimA-Makro	Vordefinierte Befehlsfolge zur Bearbeitung von Attribut- und Geometriedaten
LoD1	Level of Detail 1 – 3D-Klötzchenmodell
LSE	Lärmschutzeinrichtung
LSW	Lärmschutzwand
MODI	LimA-Attribut „Modifikation“
Pkw	Personenkraftwagen
QSI	Qualitätsanforderungen und Prüfbedingungen schalltechnischer Software für den Immissionsschutz (s. DIN 45687)
RLM2	Reken- en Meetvoorschriften Railverkeerslawaaai ,96
VAR	LimA-Attribut „Variation“
VBEB	Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm

VBUF	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen
VBUI	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm durch Industrie und Gewerbe
VBUS	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen
VBUSch	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen
VISUM	Verkehrsmodell
Z	LimA-Attribut für Höhenangaben

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung	8
2	Rechtliche und technische Grundlagen	9
3	Daten	10
3.1	Schienennetz und Verkehrsdaten bzw. Zugbewegungen	10
3.2	Gelände	11
3.2.1	Topographie	11
3.2.2	Schallschutzeinrichtungen	12
3.2.3	Brücken und Tunnel	12
3.2.4	Einwohner	13
3.2.5	Gebäude	13
3.2.6	Wohnungen	13
3.2.7	Schulen und Krankenhäuser	13
4	Berechnung	15
4.1	Verwendete Software und Organisation der Datenverwaltung	15
4.2	Berechnungsparameter und Berechnungsgenauigkeit	15
4.3	Berechnung der Lärmkarten	18
4.4	Berechnung der Fassadenpegel	18
5	Ergebnisse	19
5.1	Lärmkarten	19
5.1.1	Gesamtgebiet Luxembourg, Darstellung der Lärmindizes	20
5.2	Betroffenenstatistiken	24
6	Quellenverzeichnis	30
A	Anhang	31
A.1	Liste der Vergebenen Kennungen im Attribut MODI	31
A.2	Liste der berücksichtigten Schienenstrecken	33

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Untersuchungsgebiet	8
Abbildung 4-1: Untersuchungsgebiete für die Qualitätssicherung	16
Abbildung 5-1: Lärmbelastung L_{day} durch Schienenlärm in Luxembourg	20
Abbildung 5-2: Lärmbelastung L_{evening} durch Schienenlärm in Luxembourg	21
Abbildung 5-3: Lärmbelastung L_{night} durch Schienenlärm in Luxembourg	22
Abbildung 5-4: Lärmbelastung L_{den} durch Schienenlärm in Luxembourg	23

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 4-1:	Projektbezogenen Berechnungsparameter	15
Tabelle 4-2:	Auswertung zur Qualitätssicherung	17
Tabelle 5-1:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des L_{den}	24
Tabelle 5-2:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des L_{night}	24
Tabelle 5-3:	Anzahl Betroffene mit ruhiger Fassade für Pegelbereichen des L_{den}	25
Tabelle 5-4:	Anzahl Betroffene mit ruhiger Fassade für Pegelbereichen des L_{night}	25
Tabelle 5-5:	Flächenbelastung für L_{den} als Überschreitungswert	25
Tabelle 5-6:	Einwohnerbelastung für L_{den} als Überschreitungswert	26
Tabelle 5-7:	Anzahl Wohnungen für L_{den} als Überschreitungswert	26
Tabelle 5-8:	Anzahl Schul-, Krankenhauskomplexe für L_{den} als Überschreitungswert	26
Tabelle 5-9:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des L_{den} - aufgerundet auf die nächsten Hundert -	27
Tabelle 5-10:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des L_{night} - aufgerundet auf die nächsten Hundert -	27
Tabelle 5-11:	Anzahl Betroffene mit ruhiger Fassade für Pegelbereichen des L_{den} - aufgerundet auf die nächsten Hundert -	28
Tabelle 5-12:	Anzahl Betroffene mit ruhiger Fassade in Pegelbereichen des L_{night} - aufgerundet auf die nächsten Hundert -	28
Tabelle 5-13:	Einwohnerbelastung für L_{den} als Überschreitungswert - aufgerundet auf die nächsten Hundert -	28
Tabelle 5-14:	Anzahl Wohnungen für L_{den} als Überschreitungswert - aufgerundet auf die nächsten Hundert -	29
Tabelle A-1	Übersicht gesetzter Einträge im Attribut MODI	31

1 Einführung

Im Rahmen der Umsetzung der 3. Stufe der EG-Umgebungs-lärm-Richtlinie 2002/49/EG (EU, 2002) in Verbindung mit der nationalen Rechtslage im Großherzogtum Luxemburg wurde im Auftrag der Administration de l'environnement in Luxembourg eine Lärmkartierung für den Schienenverkehr erstellt. Diese Ermittlung der Lärmbelastung dient unter anderem auch der Information der Öffentlichkeit. An die Lärmkartierung anschließend, sind – außerhalb des hier dargestellten Projekts – Aktionspläne zu erstellen, mit denen Lärmprobleme und Lärmauswirkungen sowie eventuell erforderliche Lärmminderungen geregelt werden sollen.

Als zu berücksichtigende Lärmquellen gelten außerhalb und innerhalb des Ballungsraums "Agglomération de la Ville de Luxembourg et environs" alle Eisenbahnstrecken mit einem jährlichen Verkehrsaufkommen von mehr als 30'000 Zugbewegungen. Der Ballungsraum "Agglomération de la Ville de Luxembourg et environs" besteht aus der Stadt Luxembourg sowie den fünf angrenzenden Gemeinden Bertrange, Hesperange, Strassen, Steinsel und Walferdange und hat circa 160000 Einwohner ausgehend. (Stattec 2016).

Damit ergibt sich das in Abbildung 1-1 dargestellte Untersuchungsgebiet und Schienennetz für 105 Gemeinden.

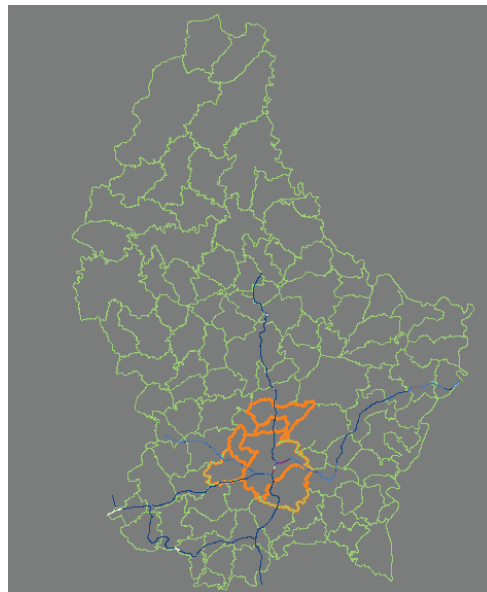


Abbildung 1-1: Untersuchungsgebiet

Das Großherzogtum Luxemburg hat eine Fläche von ca. 2.600 km². Die berücksichtigte Einwohnerzahl für das Jahr 2016 betrug ca. 580.000. Das Gebiet ist in 105 Gemeinden aufteilt. Das zu untersuchende Schienennetz weist eine Länge von insgesamt ca. 350 km auf, wobei die Hin- und Rückrichtungsgleise jeweils getrennt gezählt werden. Eine Übersicht der berücksichtigten Strecken ist dem Anhang A.2 zu entnehmen.

2 Rechtliche und technische Grundlagen

Gemäß dem *Règlement grand-ducal du 2 août 2006 portant application de la directive 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement* steht es dem zuständigen Minister für Umwelt zu die Lärmkarten gutzuheissen. Die für die Ausarbeitung der Lärmkarten zuständige Behörde ist die Administration de l'environnement

Administration de l'environnement
1, avenue du Rock'n'Roll
L - 4361 Esch-sur-Alzette

Die Arbeiten wurden auf der Grundlage folgender gesetzlicher Vorgaben durchgeführt:

- DIRECTIVE 2002/49/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise
- Règlement grand-ducal du 2 août 2006 portant application de la directive 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement
- COMMISSION RECOMMENDATION of 6 August 2003 concerning the guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road traffic noise and railway noise, and related emission data (notified under document number C(2003) 2807) (2003/613/EC)
- Recommendations and guidelines by the European Commission and the European Environmental Agency.

In sämtlichen kartierungsrelevanten Gebieten wurden Berechnungen der Lärmbelastung gemäß SRM2/RLM2 unter Berücksichtigung der Empfehlungen zu den „Interimsmethoden“ durchgeführt.

In der weiteren Auswertung zur Erfassung der durch Schienenverkehrslärm belasteten Einwohner und Gebäude wurde nach EU Vorgabe und getrennt nach dem in der VBEB (2007) beschriebenen Verfahren vorgegangen.

Als Ergebnis wird u.a. eine tabellarische Auflistung der an die EU zu meldenden Kenngrößen (Reportnet) erzeugt.

Das kartierungspflichtige Gebiet umfasst alle Bereiche Luxembourgs, die relevanten Lärmbelastungen, d.h. L_{den} ab 55 dB(A) und L_{night} ab 45 dB(A) aufweisen.

Zur Ermittlung des L_{den} werden zunächst die Immissionspegel für Tag (Zeitraum 07:00 bis 19:00), Abend (Zeitraum 19:00 bis 23:00) und Nacht (Zeitraum 23:00 bis 07:00) bestimmt. Der L_{den} lässt sich daraus durch eine gewichtete energetische Summation bestimmen.

3 Daten

In den folgenden Abschnitten werden die für die Lärmkartierung zugrunde gelegten Eingangsdaten und die für diese Daten durchgeführten Veredelungsschritte dargestellt. Ziel der Arbeiten ist das Erstellen eines konsistenten Berechnungsmodells für die Berechnung von Schallimmissionen aus Schienenverkehr für das Gesamtgebiet Luxembourg.

In einem vorangestellten Projekt wurde ein Großteil der digitalen Ausgangsdaten durch die Kramer Schalltechnik GmbH bereits konsolidiert und in einheitlicher Weise als QSI SHAPE Dateien (in Anlehnung an DIN 45687) aufbereitet.

Diese Modelldaten wurden durch aktuelle Lieferungen seitens der Behörden in 2017 bzw. 2018 ergänzt.

Während der Bearbeitung wurde objektbezogen ein Attribut MODI verwaltet, in dem wichtige Schritte der Veredelung und der Typ von erkannten Datenfehlern über die Angabe von eindeutigen Kürzeln registriert wurden. Eine Übersicht der genutzten Modi ist der Tabelle A-1 im Anhang A.1 zu entnehmen. Das Attribut MODI, wie auch andere Attribute und Objekttypen des aufgebauten Datenmodells, sind nicht Bestandteil der QSI Schnittstelle zum Datenaustausch unter akustischen Berechnungsprogrammen. In dem gesonderten Attribut VAR wird unter anderem durch den Eintrag „+“ oder „-“ ein Objekt für die weitere Nutzung in den Berechnungen aktiviert bzw. deaktiviert. Deaktivierte Objekte werden im QSI Schema nicht übergeben. Der vollständige Modellumfang wird dem Auftraggeber deshalb auch als gesonderter Datensatz übergeben.

3.1 Schienennetz und Verkehrsdaten bzw. Zugbewegungen

Die Geometrie des Schienennetzes wurde aus dem Modell für 2012 übernommen und für die Strecke der Linie 3 in den Bereichen RST3 bis L-ST und SC__ bis RST3 überarbeitet, da sich eine neue Situation hinsichtlich der Ein- bzw. Zweigleisigkeit ergab. Sowohl in 2012 als auch in 2017 wurden die Gleise der Linie 7 mit im Datenmodell verwaltet. Aufgrund des geringeren Verkehrsaufkommens wurde aber auf dieser Linie in 2012 für die Umgebungslärmkartierung kein Verkehr angesetzt.

CFL stellte .XLS Dateien mit Streckenbelegungen für signifikante Teilabschnitte zur Verfügung. Aus den Hinweisen zum Zugtyp und Betreiber wurde auf die analogen Angaben aus 2012 geschlossen, so dass die damals aufbereiteten Angaben zur Zuggeschwindigkeit und Haltepunkten und damit auch zu Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgängen übernommen werden konnten. Die zusammengetragenen Modelldaten wurden auf die Anforderungen der zu verwendenden Berechnungsnorm RLM2 (holländische Schienennorm) abgestimmt.

Für Teilabschnitte ohne neue Angaben zum Schienenverkehr wurde die Strecke abgesehen, bis möglichst in beiden Fahrtrichtungen ein Abschnitt mit neuen Verkehrsangaben gefunden wurde. Je nach Mengenangaben, Zugtyp- und Betreiberinformation im Vergleich zu den Daten aus 2012 wurde einer der beiden gefundenen Angaben genutzt, um den Verkehr auf dem Teilabschnitt festzulegen.

Die zu berücksichtigenden Gleise wurden durch Vergleich der Gesamtverkehrsmenge für die Hin- und Rückrichtung mit dem Schwellwert von 60000 Zügen pro Jahr festgelegt.

Im Vergleich zu 2012 ergibt sich für 2017 eine deutliche Reduktion der Zugbewegungen für den Personen- und Frachtverkehr.

Angaben zu Brücken, Tunneln und Weichen wurden aus dem Datensatz 2012 übernommen.

Weitere wesentliche Nacharbeiten des Schienennetzes wurden analog zu 2012 durchgeführt:

- Am Rand des Staatsgebietes wurden die letzten Gleisabschnitte um 2 km verlängert
- Im Bereich des Hauptbahnhofs Luxembourg wurden die bestehenden 2 Gleisachsen gelöscht und 7 neue Gleise angelegt, deren Lage sich aus Luftbildern ergab. Auf jedem dieser Gleise wurde 1/7 des gesamten Zugverkehrs des Bahnhofes eingetragen.
- Für die Emission ist nach RLM2 die Länge eines Zuges durch die Anzahl Waggon bzw. Lokomotiven bestimmt. Die Anzahl wurde für Personenzüge aus den vorhandenen Gesamtlängen ermittelt. Für die Güterzüge erfolgte dies in der Regel auf der Grundlage eines Gewichtes von 45 t pro Waggon. Lediglich für die Sektion zwischen den Streckenreferenzen Lf und Bc, auf der nahezu ausschließlich Tanklastzüge verkehren, wurde ein Gewicht von 100 t pro Waggon angesetzt.
- Im Bereich von Tunneln wurde die Emission zu 0 gesetzt.

3.2 Gelände

Seitens ACT wurden für das Gesamtgebiet Luxemburgs ein digitales Geländemodell mit einer 1 m Rasterauflösung der Höhenangaben übergeben. Diese Ausgangsinformation wurde in Höhenlinien mit einer vertikalen Abstufung von 1 m überführt.

Zur Reduktion des Datenumfangs erfolgte eine Glättung mit einem maximalem seitlichen Stich von 2 m, d.h. Zwischenpunkte des Linienzuges einer Höhenlinie wurden entfernt, wenn die dabei neu entstehende Linienführung gegenüber der Originallage für alle Scheitelpunkte eine seitliche Abweichung von maximal 2 m einhält und außerdem keine benachbarte Höhenlinie gekreuzt wird. Das neue digitale Geländemodell ist damit erheblich detaillierter als das Modell aus 2012.

Aus den Höhendaten der von CFL gelieferten 3-d Gleislagen wurde außerdem die gleisnahe Böschungskante abgeleitet und im Modell berücksichtigt, um Fußpunktlagen von Schallschirmen einwandfrei zu erkennen.

Sämtliche Brücken werden im Modell als 3-d Flächen verwaltet, um eine realistische Schallausbreitung simulieren zu können.

3.2.1 Topographie

Das genutzte Regelwerk zur Berechnung der Schallausbreitung wertet die Bodenbeschaffenheit aus, um den Einfluss der Boden- und Meteorologiedämpfung zu erfassen. Zu diesem Zweck stand ein Datensatz mit den Umrissen der bewaldeten Zonen zur Verfügung. Nur mit dieser Information wäre kein vollständiges Berechnungsmodell aufzustellen. Außerdem enthielt der Datensatz Geometriefehler. Dies entsprach auch der Situation in 2012 und entsprechend wurden die Bodenverhältnisse wie in 2012 pauschal festgelegt mit:

- $G=1,0$ (absorbierend) für das Gebiet außerhalb des Ballungsraumes

- $G=0,5$ (Mischform) für das Gebiet im Ballungsraum

3.2.2 Schallschutzeinrichtungen

Die Angaben aus 2012 wurden um neue gemeldete LSW ergänzt. In Bereichen, in denen hierzu keine digitalen Ausgangsdaten vorlagen erfolgt eine manuelle Einarbeitung der neuen LSW anhand von Luftbildern.

3.2.3 Brücken und Tunnel

Die Lage von Brücken und Tunneln ergab sich aus den Achslagen, die sowohl in dem ACT als auch im CFL Datenbestand vorlagen. Für Straßenbrücken wurden die Breiten der Brücken aus Abstandsangaben am Brückenachsenobjekt sowie aus den Angaben zur Breite der parallel geführten Straßenachsen ermittelt. Schienenbrücken erhielten eine einheitliche Breite von 8 m. Die Brückenflächen wurden aus den Achslagen als 3-d Objekte aufbereitet.

3.2.4 Einwohner

Angaben zu den Einwohnern lagen zunächst in den QSI Ausgangsdaten gebäudescharf für den Stand 2016 vor. Die Datenlage war dabei bereits präziser als in 2012, da Gebäude feiner gegliedert vorlagen, die in 2012 noch großräumig, d.h. für ganze Baublöcke, pauschal als „wohn- und gewerblich“ genutzt eingestuft wurden.

Die Gebäudedaten wurden nochmals überarbeitet, nachdem erkannt worden war, dass die Zuordnung von Gebäuden zur Kategorie der Wohngebäude zu prüfen und zu korrigieren ist. Einwohnerzahlen wurden anschließend neu zugeordnet. Die gegenüber 2012 deutliche Umverteilung der Einwohner führt auch in den statistischen Analysen zur Betroffenheit der Bevölkerung zu erkennbaren Verschiebungen.

3.2.5 Gebäude

Gebäude mit 3-d Angaben zur Höhe der Traufkante wurden von ACT bereitgestellt. In wenigen Fällen wurden Gebäude nachträglich digitalisiert bzw. Gebäude mit einer unrealistischen Angabe zur absoluten Höhe mit einer relativ-bezogenen Default-Höhe belegt.

Der Reflexionsverlust wurde für alle Gebäude mit 1 dB angesetzt.

Für alle seitens ACT als Wohngebäude ausgewiesene Gebäude (Kennung 4.5) wurde das Attribut FUNC auf den Wert „RESI“ gesetzt.

3.2.6 Wohnungen

Angaben zur Anzahl Wohnungen pro Gebäude lagen nicht vor. In Anlehnung an VBEB wurden pauschal 2.1 Einwohner pro Wohnung angesetzt, so dass mit der bekannten Einwohnerzahl der Gebäude die Anzahl der Wohnungen zu berechnen war.

3.2.7 Schulen und Krankenhäuser

Die in den ACT Daten vorhandene Kodierung zur Gebäudenutzung wurde auch herangezogen, um Schulen und Krankenhäuser zu identifizieren, da deren Lärm-Exposition gesondert zu melden ist. Beide gehören als öffentliche Gebäude zur Klasse 4.9. Ausgewählt wurden innerhalb dieser Klasse eine Reihe von Unterklassen:

- Schulen:
 - -19 Schulen
 - -20 Kinderhaus
 - -21 Spezialechule
 - -22 Konservatorium
 - -23 Kulturzentrum
 - -24 Theater
 - -43 Kinderkrippe
- Krankenhäuser:
 - -27 Krankenhaus
 - -28 Pflegeheim
 - -29 Altersheim
 - -30 Blindenheim

- -31 Sanatorium
- -32 Heim
- -33 Rotes Kreuz

Für die interne Verarbeitung wurde für Schulgebäude das Attribut FUNC auf „SCO“ und für Krankenhäuser auf „HOS“ gesetzt.

Anders als in der Kartierung 2012 lagen im aktuellen Gebäudemodell keine Straßennamen vor. Das Erkennen von Schul- bzw. Krankenhauskomplexen, wie es für die Statistik der EU Lärmkartierung gewünscht wird, konnte deshalb nur über eine räumliche Zuordnung erfolgen. Dabei wurden Schul- bzw. Krankenhausgebäude, die weniger als 100 m voneinander entfernt lagen, dem gleichen Komplex zugeordnet.

4 Berechnung

4.1 Verwendete Software und Organisation der Datenverwaltung

Die Lärmberechnungen, Belastungsanalysen und das Aufstellen des EU-Reports erfolgen mittels des Programmsystems LimA, Version 12.

Die Datenverwaltung wurde dabei über eine Kachelung des Gesamtgebietes in 10 x 10 (km) Einheiten organisiert. Dies bietet in der Modellbearbeitung den Vorteil, dass viele der erforderlichen Prüfungen bzw. Veredelungsmaßnahmen in parallelisierter Weise abgearbeitet werden können. Unterschiedliche Stände der Veredelung wurden über Versionierung der Dateinamen verwaltet, so dass bei einer Änderung von Ansätzen in der Modellbearbeitung jederzeit auf einen früheren Stand aufgesetzt werden konnte.

Durchgeführte Veredelungsschritte wurden weitestgehend im Makro festgehalten, um die parallele Bearbeitung zu unterstützen und gleichzeitig eine Dokumentation der Maßnahmen zu haben.

Während der Berechnung beschleunigt die Kachelung der Modelldaten den Datenzugriff. Für die eigentliche Berechnung wurden dann lediglich die zu bearbeitenden Gemeinden ausgewählt. Alle weiteren Schritte liefen automatisch ab, um das mit einer manuellen Bearbeitung behaftete Risiko zu umgehen.

Die Berechnungsparameter, die als Standard gewählt wurden, sollen ein Optimum aus erzielter Ergebnisgenauigkeit und zu leistendem Berechnungsaufwand liefern. Projektbezogen wurden die Einstellungen der Tabelle 4-1 gewählt

Tabelle 4-1: Projektbezogenen Berechnungsparameter

Einfangradius für Quellen in der Umgebung von Aufpunkten	2000	m
Maximale Ordnung der Reflexion	2	
Einfangradius für Reflektoren um Quell- und Aufpunkt	30	m
Maximaler dynamischer Fehler	2	dB
Vereinfachung entfernter Hindernisse	ja	

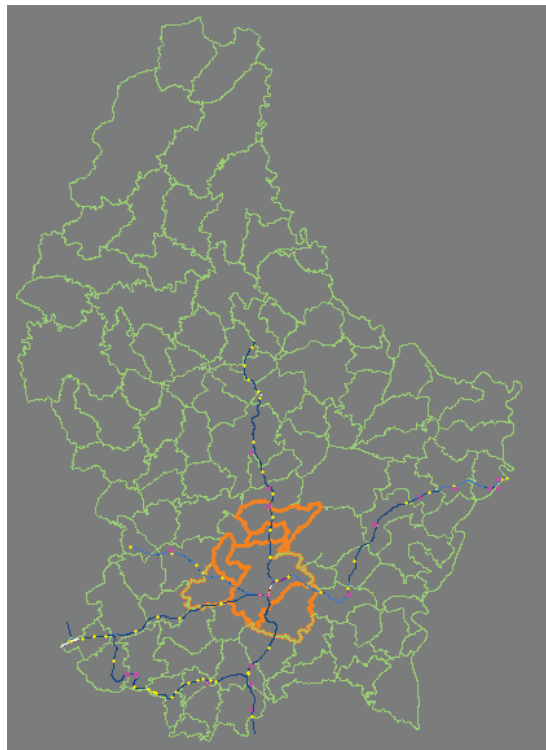
4.2 Berechnungsparameter und Berechnungsgenauigkeit

Für die Qualitätssicherungs-Analyse zur Bestätigung der hinreichenden Genauigkeit der gewählten Standard-Berechnungsparameter wurden 2012 Vergleichsrechnungen mit veränderten Berechnungsparametern durchgeführt, mit der eine erhöhte Genauigkeit erzielt wird. Als Referenzeinstellung wurde gewählt:

Tabelle 4-2: Berechnungsparameter in Referenzeinstellung

Einfangradius für Quellen in der Umgebung von Aufpunkten	3000	m
Maximale Ordnung der Reflexion	2	
Einfangradius für Reflektoren um Quell- und Aufpunkt	150	m
Maximaler dynamischer Fehler	0.1	dB
Vereinfachung entfernter Hindernisse	nein	

Die Berechnungen wurden für 1 % der berechneten Rasterpunkte in 20 exemplarisch ausgewählten 1 x 1 (km) Gebieten, dargestellt als lila Quadrate in der Abbildung 4-1, durchgeführt. Die Differenzen der Ergebnisse, die mit den Standardeinstellungen bzw. mit den Referenzeinstellungen erzielt wurden, wurden mit dem Quantil-Verfahren nach DIN 45687 ausgewertet.

**Abbildung 4-1: Untersuchungsgebiete für die Qualitätssicherung**

Als Ergebnis der Qualitätssicherungs-Analyse erhält man eine Aussage darüber, innerhalb welcher Bandbreite der Fehler zu erwarten ist, der sich aus den gewählten Berechnungseinstellungen für das Projekt im Vergleich zu einer Berechnung mit deutlich höheren Anforderungen an die Genauigkeit (Referenzeinstellung) ergibt. Die Pro-

jekteneinstellung wird aus pragmatischen Gründen gewählt, um vertretbare Berechnungszeiten zu erreichen.

Bei dem gewählten Quantil-Verfahren nach DIN 45687 zur Auswertung der beschriebenen Abweichungen werden die Grenzen bestimmt, die mit einer 10% Wahrscheinlichkeit über- bzw. unterschritten werden. Die Werte in Tabelle 4-2 bestätigen die zu erwartende systematische Unterschätzung durch die gewählten Projekteinstellungen. Sie liegen mit -1.1 dB innerhalb der laut Aufgabenstellung zulässigen Toleranz von 2 dB.

Ausgewertet wurden 440 Testpunkte. Die DIN 45687 verlangt für das Quantil-Verfahren eine Mindestzahl von 20 Testpunkten.

Da in 2017 die gleichen Berechnungsparameter wie in 2012 gewählt wurden, wurde auf eine erneute Berechnung der QS Punkte verzichtet.

Tabelle 4-2: Auswertung zur Qualitätssicherung

	Differenz Projekt - Referenz Lden (dB)	Differenz Projekt - Referenz L_{night} (dB)
10% Quantil	-1,0	-1,1
90% Quantil	-0,02	-0,03

4.3 Berechnung der Lärmkarten

Die Lärmkarten wurden in einem 10 m Raster für eine Rezeptorhöhe von 4 m über Gelände berechnet. Die gemeindebezogenen Ergebnisse wurden in Grafiken gewandelt, um eine gemeindebezogene Auswertung zu erleichtern. Zusätzlich werden die berechneten Immissionswerte für Tag, Abend, Nacht und L_{den} auch als ASCII-Raster-Dateien für Teilgebiete von 50 x 50 (km) vor.

Auf eine vorgezogene Buffer-Bildung zur Eingrenzung des Berechnungsgebietes wurde verzichtet, da während der Berechnung automatisch die relevanten, zu berechnenden Gebiete ermittelt werden. Die Relevanzgrenze wurde für den L_{day} und $L_{evening}$ auf 55 dB und für den L_{night} auf 45 dB festgelegt.

4.4 Berechnung der Fassadenpegel

Gemäß VBEB wurden für alle Wohngebäude, Schulen und Krankenhäuser Fassadenpegel in 0,1 m Abstand zur Fassade berechnet. Der seitliche Abstand richtet sich dabei nach den detaillierten Vorgaben der VBEB.

Neben den tabellarischen Ergebnissen in Dateien mit x,y,z-Bezug werden die Ergebnisse zusätzlich pro Gebäude aggregiert. Innerhalb der Gebäudegrundfläche wird dabei ein Punkt-Shape (WGF-Objekt) angelegt, in dem die Anzahl Fassadenpunkte innerhalb der einzelnen Pegelklassen dokumentiert werden. Neben dem Summenwert existiert für jede Gruppierung ein getrenntes WGF Objekt.

5 Ergebnisse

5.1 Lärmkarten

Aus den Rasterergebnissen für L_{day} , L_{evening} , L_{night} und L_{den} wurden SHAPE Dateien erzeugt, um die Lärmbelastung in der Fläche darzustellen.

In den Rasterergebnissen werden nur tatsächlich berechnete Werte ausgewiesen. Eine Interpolation von Ergebnissen mit der Zielsetzung, die Berechnung zu beschleunigen, wurde nicht angewandt. Liegen Aufpunkte innerhalb von Gebäuden oder außerhalb des Untersuchungsgebietes, so werden in den Rasterergebnissen Sonderwerte ausgewiesen, aus denen sich der Grund für die nicht durchgeführte Berechnung ableiten lässt. Werden zum Zweck einer besseren kartographischen Darstellung die Ergebnisse des 10 m Rasters auf 1 m interpoliert, so werden diese Sonderwerte berücksichtigt und ein Risiko der Falschaussage durch Interpolation reduziert.

Die Ergebnisgraphiken werden gesondert übergeben und sind in diesem Bericht nur exemplarisch dargestellt.

5.1.1 Gesamtgebiet Luxembourg, Darstellung der Lärmindizes

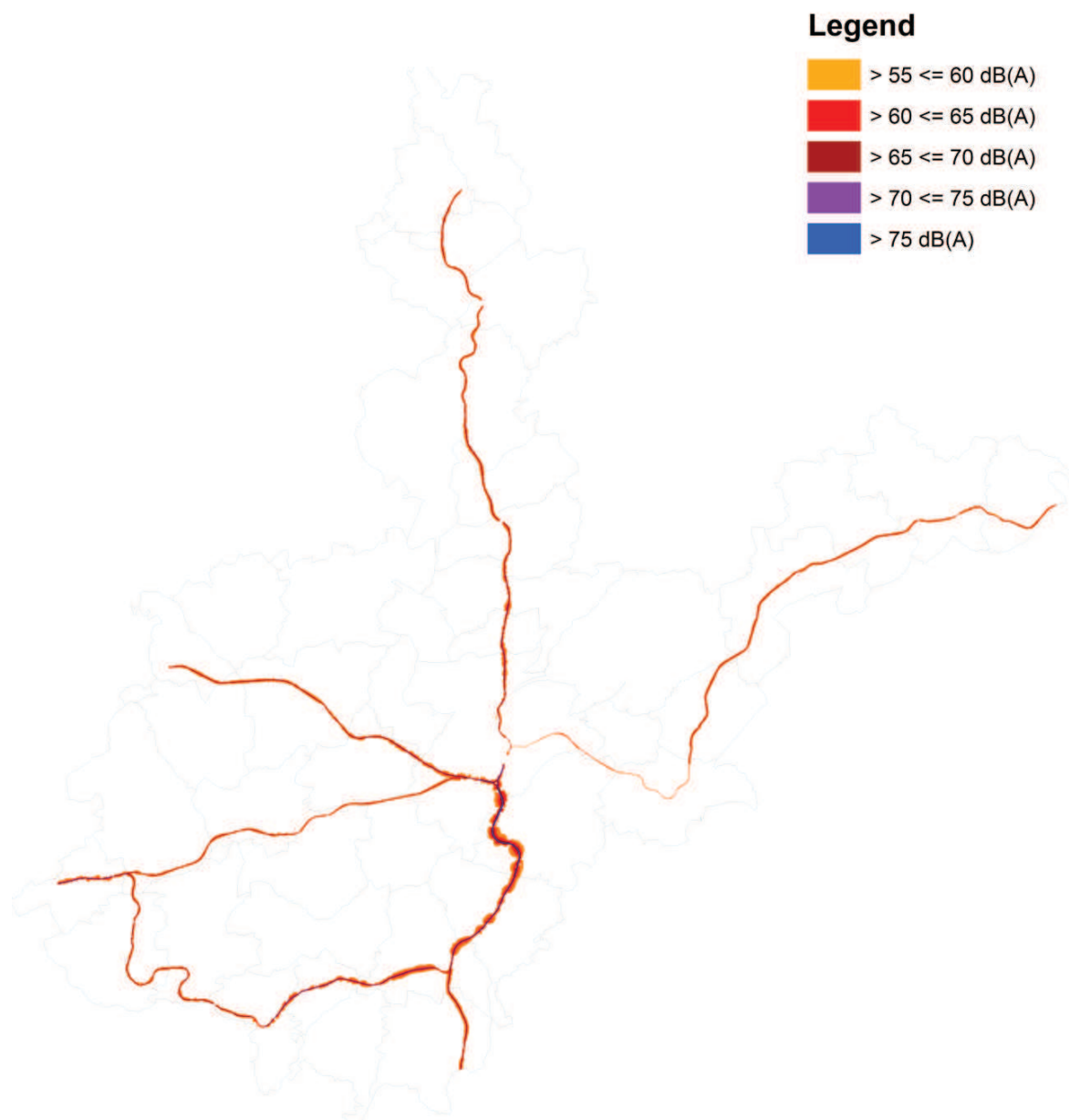


Abbildung 5-1: Lärmbelastung L_{day} durch Schienenlärm in Luxembourg

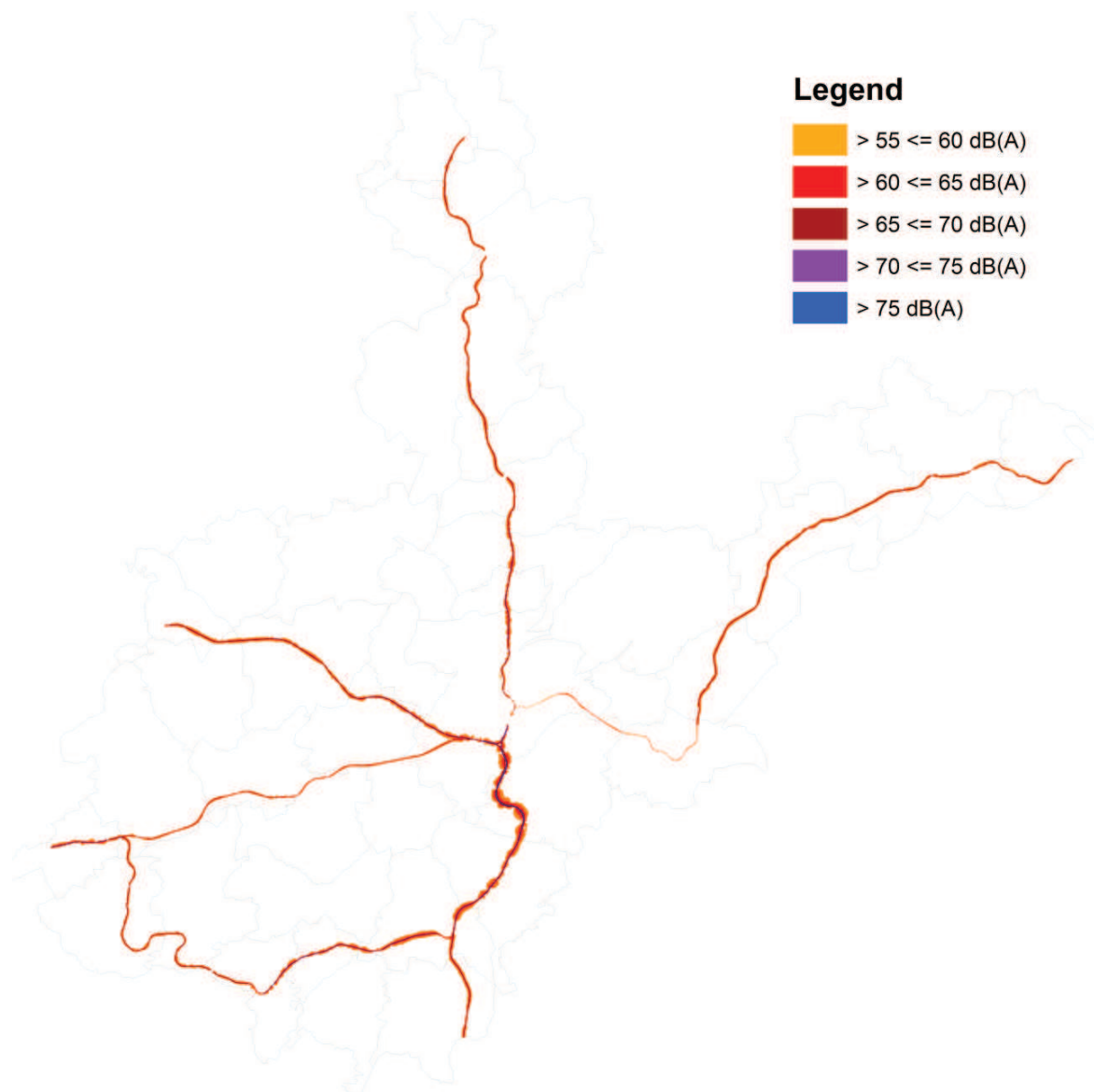


Abbildung 5-2: Lärmbelastung L_{evening} durch Schienenlärm in Luxembourg

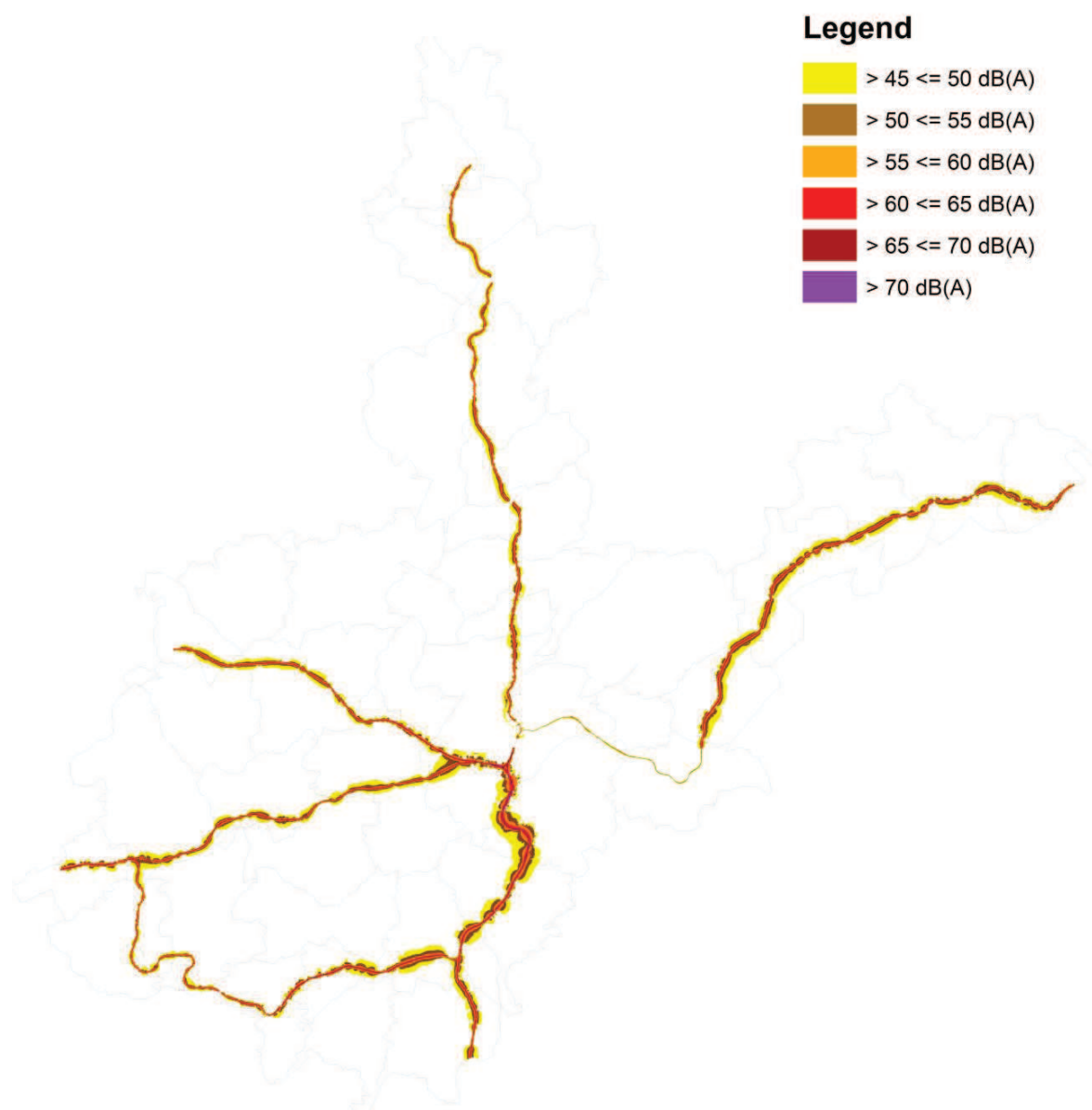


Abbildung 5-3: Lärmbelastung L_{night} durch Schienenlärm in Luxembourg

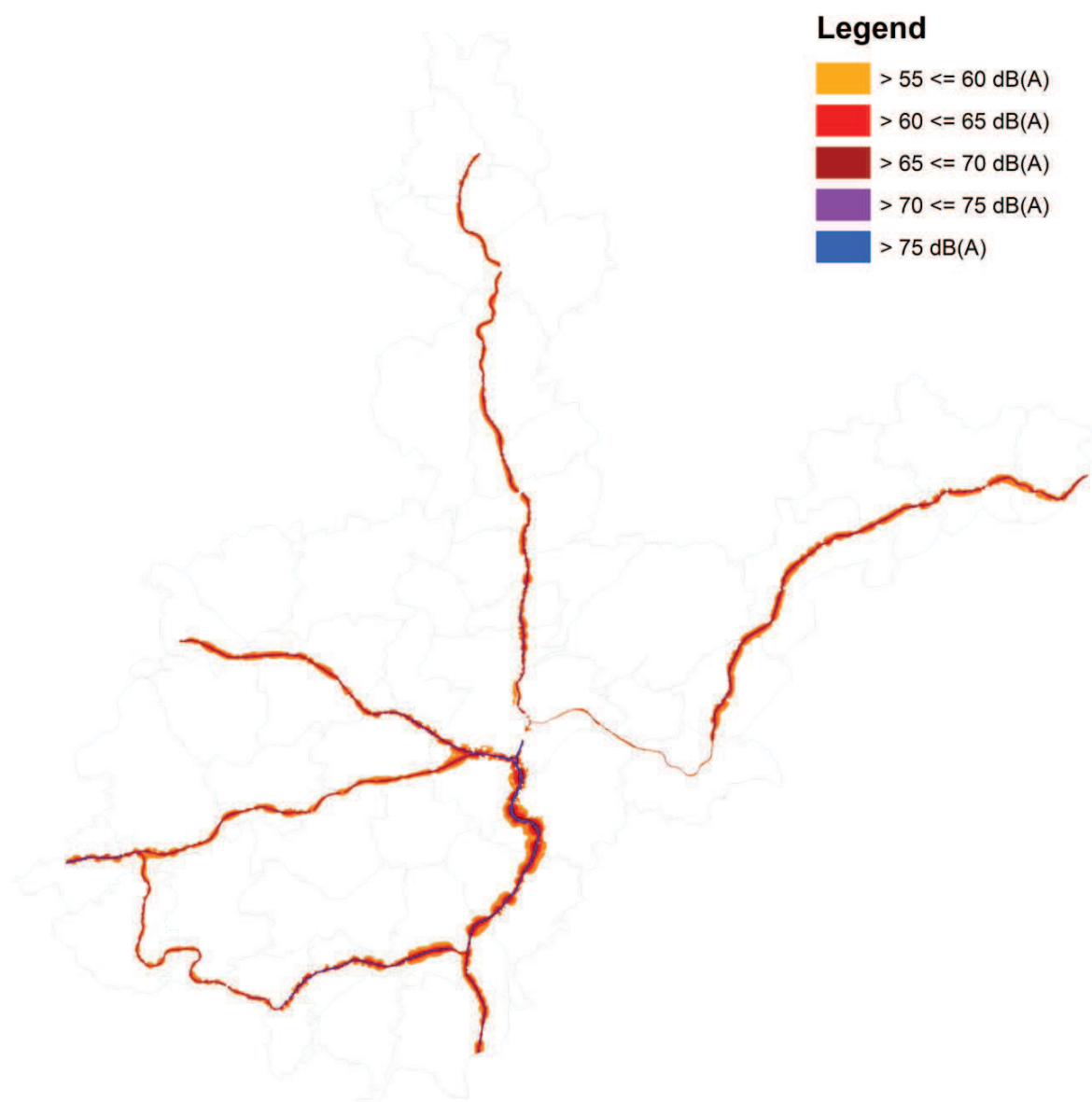


Abbildung 5-4: Lärmbelastung L_{den} durch Schienenlärm in Luxembourg

5.2 Betroffenenstatistiken

Die Lärmbelastung in der Fläche und auf den Fassaden wurde nach Maßgabe des EU-Reporting-Mechanismus ausgewertet und wird in einer getrennten XLS-Datei übergeben. Die Ermittlung der belasteten Einwohner bzw. Wohnungen wurde nach der Methode der „Most Exposed Facade“ und dem alternativen Verfahren nach VBEB vorgenommen. Für die Weitermeldung an die EU wurden die Ergebnisse nach „Most Exposed Facade“ herangezogen.

Tabelle 5-1: Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des L_{den}

Indikator	L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken				
Schiene	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	70 bis < 75	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	4322	2341	1868	405	3
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	4322	2341	1868	405	3
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	7793	5919	3371	1959	156
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	12115	8260	5239	2364	159
Gesamt	12115	8260	5239	2364	159

Tabelle 5-2: Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des L_{night}

Indikator	L_{night} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken					
Schiene	45 bis < 50	50 bis < 55	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	> 70
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	6445	3191	2035	1137	51	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	6445	3191	2035	1137	51	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	10097	6488	4895	2966	740	22
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	16542	9679	6930	4103	791	22
Gesamt	16542	9679	6930	4103	791	22

**Tabelle 5-3: Anzahl Betroffene mit ruhiger Fassade
für Pegelbereichen des L_{den}**

Indikator	L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken				
Schiene	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	70 bis < 75	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	938	799	1174	221	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	938	799	1174	221	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	1649	2359	1878	1358	73
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	2587	3158	3052	1579	73
Gesamt	2587	3158	3052	1579	73

**Tabelle 5-4: Anzahl Betroffene mit ruhiger Fassade
für Pegelbereichen des L_{night}**

Indikator	L_{night} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken					
Schiene	45 bis < 50	≥50 bis < 55	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	> 70
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	1167	753	1034	725	3	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	1167	753	1034	725	3	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	1847	1822	2417	2034	326	17
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	3014	2575	3451	2759	329	17
Gesamt	3014	2575	3451	2759	329	17

Tabelle 5-5: Flächenbelastung für L_{den} als Überschreitungswert

Indikator	Flächen (km ²) mit L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken		
Schiene	> 55	> 65	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	9,5719	2,8264	0,4299
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen			
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	29,8393	7,1859	0,5517
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen			
Gesamt	39,4112	10,0123	0,9816

Tabelle 5-6: Einwohnerbelastung für L_{den} als Überschreitungswert

Indikator	Einwohner in Gebieten mit L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken		
Schiene	> 55	> 65	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	8948	2280	3
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	8948	2280	3
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	19232	5495	156
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	28180	7775	159
Gesamt	28180	7775	159

Tabelle 5-7: Anzahl Wohnungen für L_{den} als Überschreitungswert

Indikator	Wohnungen in Gebieten mit L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken		
Schiene	> 55	> 65	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	3978	1039	2
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	3978	1039	2
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	8579	2492	72
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	12557	3531	74
Gesamt	12557	3531	74

Tabelle 5-8: Anzahl Schul-, Krankenhauskomplexe für L_{den} als Überschreitungswert

Indikator	Schulen bzw. Krankenhäuser in Gebieten mit L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken					
	Schulen	Schulen	Schulen	Krankenhäuser	Krankenhäuser	Krankenhäuser
Schiene	> 55	> 65	> 75	> 55	> 65	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	7	1	0	3	0	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	7	1	0	3	0	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	14	3	0	5	1	0
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	21	4	0	8	1	0
Gesamt	21	4	0	8	1	0

Betroffenenzahlen und Zahl der Wohnungen müssen für die Überlieferung nach Brüssel zu den nächsten Hundert gerundet werden. Die nachfolgenden Tabellen erhalten jeweils diese aufgerundeten Werte.

**Tabelle 5-9: Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des L_{den}
- aufgerundet auf die nächsten Hundert -**

Indikator	L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken				
Schiene	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	70 bis < 75	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	4300	2300	1900	400	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	4300	2300	1900	400	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	7800	5900	3400	2000	200
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	12100	8300	5200	2400	200
Gesamt	12100	8300	5200	2400	200

**Tabelle 5-10: Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des L_{night}
- aufgerundet auf die nächsten Hundert -**

Indikator	L_{night} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken					
Schiene	45 bis < 50	50 bis < 55	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	> 70
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	6400	3200	2000	1100	100	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	6400	3200	2000	1100	100	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	10100	6500	4900	3000	700	0
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	16500	9700	6900	4100	800	0
Gesamt	16500	9700	6900	4100	800	0

Tabelle 5-11: Anzahl Betroffene mit ruhiger Fassade für Pegelbereichen des L_{den} - aufgerundet auf die nächsten Hundert -

Indikator	L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken				
Schiene	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	70 bis < 75	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	900	800	1200	200	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	900	800	1200	200	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	1600	2400	1900	1400	100
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	2600	3200	3100	1600	100
Gesamt	2600	3200	3100	1600	100

Tabelle 5-12: Anzahl Betroffene mit ruhiger Fassade in Pegelbereichen des L_{night} - aufgerundet auf die nächsten Hundert -

Indikator	L_{night} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken					
Schiene	45 bis < 50	50 bis < 55	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	> 70
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	1200	800	1000	700	0	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	1200	800	1000	700	0	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	1800	1800	2400	2000	300	0
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	3000	2600	3500	2800	300	0
Gesamt	3000	2600	3500	2800	300	0

Tabelle 5-13: Einwohnerbelastung für L_{den} als Überschreitungswert - aufgerundet auf die nächsten Hundert -

Indikator	Einwohner in Gebieten mit L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken		
Schiene	> 55	> 65	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	8900	2300	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	8900	2300	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	19200	5500	200
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	28200	7800	200
Gesamt	28200	7800	200

Tabelle 5-14: Anzahl Wohnungen für L_{den} als Überschreitungswert - aufgerundet auf die nächsten Hundert -

Indikator	Wohnungen in Gebieten mit L_{den} (dB) - Schienenlärm in Ballungsräumen und von Haupteisenbahnstrecken		
Schiene	> 55	> 65	> 75
In Ballungsräumen, gesamter Schienenlärm	4000	1000	0
In Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	4000	1000	0
Außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	8600	2500	100
In- und außerhalb Ballungsräumen, Lärm von Hauptverkehrsschienen	12600	3500	100
Gesamt	12600	3500	100

6 Quellenverzeichnis

DIN 45687: Akustik - Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschemission im Freien - Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen. Beuth-Verlag. Mai 2006

EU, 2002: Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 189, S. 12. 2002.

EU, 2008: Richtlinie 2008/1/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Januar 2008 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (kodifizierte Fassung) (IVU-Richtlinie)

RLM2, 1996: Reken- en Meetvoorschriften Railverkeerslawaa ,96, nr. 14/1997

VBEB, 2007: Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm. BAnz. Nr. 75, S. 4137. 2007.

A Anhang

A.1 Liste der Vergebenen Kennungen im Attribut MODI

Während der Bearbeitung wurden Veränderungen an Objekten im Attribut MODI Vermerkt. Hierzu wurden projektbezogene Kürzel genutzt. Sie dienen auch als Hinweis auf etwaige Probleme in den Datenbeständen, die bei einer zukünftigen Erhebung verfolgt werden könnten

Tabelle A-1 Übersicht gesetzter Einträge im Attribut MODI

Modi	Funktion
-BR1.8-	Breite der Brücke aus ACT Objekt-Type 1.8 abgeleitet – Achse versetzt in Mitte
-BRTR-	Brücken/Tunnelbehandlung
-DF:EW-	Einwohnerzahl im Einzelfall als Default bei neu eingetragenen Gebäuden
-DF:V-	Default Annahme für Geschwindigkeit, getrennt nach Autobahn und übrigen Straßen
-DF:VZ-	Stündliche Verkehrsmengen und Lkw-Anteile gem. VBUS aus DTV abgeleitet
-DF:VZN-	Nutzung der neuen Datenlieferung (CMT) als Verkehrsmengen
-DF:Z-	Gebäude mit Default Höhe: bis 50m ² : 2.5 m ; bis 1000 m ² : 4m ; über 1000 m ² : 8 m
-E2:ZS-	Z-Höhenfehler für Straße mit Steigung über 20%
-E:KN-	Identische Zählknotenangaben für Anfang und Ende einer Straße
-E:MJ-	Widerspruch zwischen formaler Einordnung als „Major Road“ und DTV Werten
-E:QVD-	Eventuelle Fehleingabe der Verkehrsmenge (< 3 Kfz/h) in den Ausgangsdaten
-E:Z-	Absolute Höhenangabe in den Ausgangsdaten < 100 m oder > 700 m
-E:ZS-	Z-Höhenfehler für Straße erkannt
-EWC-	Einwohnerangabe wurde aus einem Texteintrag im Gebäudeobjekt übernommen
-F.822-	Verkehrsmengen mit Faktor 300/365 korrigiert
-GAP-	Fehlender Streckenabschnitt in Schienennetz eingefügt
-GF:NRL1-	Gebäude verändert, damit es zu veränderter Gleisführung passt
-GF:NRL2-	Gebäude entfernt, da im Widerspruch zur geänderten Gleisführung (>50% Deckung)
-GN-	Neue Geometrie für Brückenbreiten, wegen Lage der LSW
-NG-	Neue Geometrie für Schienenstrecke (Abschnittseinteilung)
-VADB-	Schienenstrecke mit eventuellem Bremsen wg. Reduktion V zulässig. (ungenutzt)
-VIT-	Zul. Kfz Geschwindigkeit aus getrennter Geometrie (open Street Map)
-VZ09-	Verkehrsmengen aus Zählung 2009 (CMT) übernommen
-VZ2-	Sonderfall der Verkehrsmengenzuordnung
-VZOLD-	Nutzung der alten Datenlieferung (CMT) als Verkehrsmengen
-XLS-	Geometrie für LSW oder Brücken/Tunnel der Schienenwege aus XLS abgeleitet
-GBD:E-	Doppelte Gebäude aus 2 verschiedenen Datenquellen einmal gelöscht
-GBD:C-	Überlappende Gebäude aus 2 verschiedenen Datenquellen einmal ausgeschnitten

-FERR-	Gebäude mit Fläche < 0.5 m² entfernt
-GERR-	Gebäude mit unzulässiger Geometrie entfernt
-KWG:6A-	Gebäude wurde aufgrund der Abmessung und Form sowie Nachbarschaft als „nicht Wohngebäude“ erkannt.
-ZG:EGL-	Verkehrsmengen auf aktuelle einseitige Strecke angepasst
-ZG:ANS-	Verkehrsmengen aus Informationen zum anschließenden Gleis abgeleitet
-ZF-	Höhenfehler einer absoluten Höhenangabe erkannt und korrigiert
-DF:TP-	Übernahme und Aufteilung der Verkehrsmengenangabe einer parallelen Nachbarstraße

A.2 Liste der berücksichtigten Schienenstrecken

Schienenstrecke
LINIE_1_H
LINIE_1_R
LINIE_3_H
LINIE_3_H _R
LINIE_3_R
LINIE_4H_H (E_6H)
LINIE_5_H
LINIE_5_H , E_x
LINIE_5_H , E_x_
LINIE_5_R
LINIE_5_R , E_x
LINIE_5_R , E_x_
LINIE_6A_H
LINIE_6A_R
LINIE_6F_H
LINIE_6F_R
LINIE_6GJ_H ,_6J
LINIE_6GJ_R ,_6J
LINIE_6H_H
LINIE_6H_R
LINIE_6_H
LINIE_6_R
LINIE_7_H
LINIE_7_R