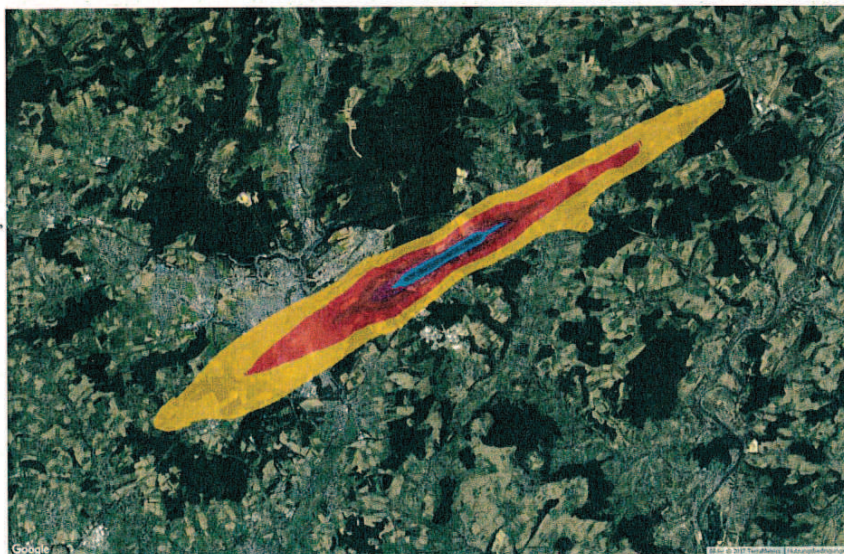


# Strategische Lärmkartierung für den Flugverkehr des Flughafens Luxemburg Findel (ELLX)

Technischer Abschlussbericht  
zur 3. Stufe der Lärmkartierung  
2017



für die

Administration de l'environnement  
c/o Service de gestion du bruit  
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](mailto:info@stapelfeldt.de)



Vu et approuvé

Luxembourg, le **12 SEP. 2018**

La Ministre de l'Environnement

  
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
AIP	Airport Information Publication
ANA	Administration de la Navigation Aérienne
AzB	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen
BimSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
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)
ECAC	European Civil Aviation Conference
EU	Europäische Union
GIS	Geografisches Informationssystem
h	Stunde
$L_{day}$	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
$L_{evg}$	Maß für die durchschnittliche Lärmbelastung am Abend (19:00 - 23:00 Uhr)
$L_{nqt}$	Maß für die durchschnittliche Lärmbelastung in der Nacht (23:00 - 7:00 Uhr)
LimA-Makro	Vordefinierte Befehlsfolge zur Bearbeitung von Attribut- und Geometriedaten
QSI	Qualitätsanforderungen und Prüfbedingungen schalltechnischer Software für den Immissionsschutz (s. DIN 45687)
VBEB	Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belasteten-Zahlen durch Umgebungslärm
VBUF	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Rechtliche und technische Grundlagen</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Daten</b>	<b>12</b>
3.1	Geometrie der Flugrouten	12
3.2	Flugverkehrsaufkommen der IFR Flüge	14
3.3	Zusätzliche Flugzeugklasse für 747-8	18
3.4	Flugverkehrsaufkommen der VFR Flüge	19
3.5	Gelände	20
3.5.1	Topographie	20
3.5.2	Schallschutzeinrichtungen	20
3.5.3	Einwohner	20
3.5.4	Wohnungen	20
3.5.5	Schulen und Krankenhäuser	20
<b>4</b>	<b>Berechnung</b>	<b>22</b>
4.1	Verwendete Software und Organisation der Datenverwaltung	22
4.2	Berechnung der Lärmkarten	23
4.3	Berechnung der Fassadenpegel	23
4.4	Qualitätssicherung der Berechnung	23
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>24</b>
5.1	Lärmkarten	24
5.1.1	Gesamtgebiet Luxemburg, Darstellung der Lärmindizes	25
5.2	Betroffenenstatistiken	29
<b>6</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>32</b>

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1-1:	Untersuchungsgebiet	9
Abbildung 3-1	AIP Flugrouten für IFR und VFR Flüge	13
Abbildung 5-1:	Lärmbelastung $L_{day}$ durch Fluglärm in Luxemburg	25
Abbildung 5-2:	Lärmbelastung $L_{evg}$ durch Fluglärm in Luxemburg	26
Abbildung 5-3:	Lärmbelastung $L_{ngt}$ durch Fluglärm in Luxemburg	27
Abbildung 5-4:	Lärmbelastung $L_{den}$ durch Fluglärm in Luxemburg	28

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1	Datenlieferung durch beteiligte Institution	12
Tabelle 2	IFR Flüge, aufgeschlüsselt nach Flugzeugklasse und Route	17
Tabelle 3	IFR Flüge, getrennt nach Zeitraum, Klasse und An-/Abflug	18
Tabelle 4	Oktavwerte der Emission für Start- bzw. Landung der 747-8 gemäß AzB.	18
Tabelle 5	VFR Flüge, getrennt nach Zeitraum, Klasse und An-/Abflug	19
Tabelle 6	Projektbezogenen Berechnungsparameter	22
Tabelle 5-1:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des $L_{den}$	29
Tabelle 5-2:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des $L_{ngt}$	29
Tabelle 5-3:	Flächenbelastung für $L_{den}$ als Überschreitungswert	30
Tabelle 5-4:	Einwohnerbelastung für $L_{den}$ als Überschreitungswert	30
Tabelle 5-5:	Anzahl Wohnungen für $L_{den}$ als Überschreitungswert	30
Tabelle 5-6:	Anzahl Schulen, Krankenhäuser für $L_{den}$ als Überschreitungswert	30
Tabelle 5-7:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des $L_{den}$	30
Tabelle 5-8:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des $L_{ngt}$	31
Tabelle 5-9:	Einwohnerbelastung für $L_{den}$ als Überschreitungswert	31
Tabelle 5-10:	Anzahl Wohnungen für $L_{den}$ als Überschreitungswert	31
Tabelle 5-11:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des $L_{den}$ (max. Pegel)	31
Tabelle 5-12:	Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des $L_{ngt}$ (max. Pegel)	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 Flugverkehr 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 Lärmminde-rungen geregelt werden sollen.

Als zu berücksichtigende Lärmquellen gelten Verkehrsflughäfen mit einem Aufkommen von 50000 Start- bzw. Landungen im Jahr. Die Lärmbelastung der Bevölkerung wird dabei getrennt für die Bereiche innerhalb bzw. außerhalb von Ballungsräumen be-stimmt. Der Ballungsraum "Agglomération de la Ville de Luxembourg et environs" be-steht aus der Stadt Luxembourg sowie den fünf angrenzenden Gemeinden Bertrange, Hesperange, Strassen, Steinsel sowie Walferdange und hat mit Stand 2016 ca. 159000 Einwohner.

Schallimmissionen gelten als relevant, ab einem Pegel von 55 dB am Tage bzw. 45 dB in der Nacht. Für das mit 40 x 40 (km) angesetzte Untersuchungsgebiet (**Abbildung 1-1**) wird diese Prämisse durch die Berechnungsergebnisse bestätigt.



Abbildung 1-1: Untersuchungsgebiet

## 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.

Gemäß Umgebungslärmrichtlinie sind Verkehrsflughäfen nur dann zu erfassen, wenn das jährliche Verkehrsaufkommen über 50.000 Flugbewegungen liegt.

Nach Abzug der nicht zu berücksichtigenden Übungsflüge mit Leichtflugzeugen bis 2 t ergibt sich für 2016 in Sinne der Richtlinie ein Aufkommen von ca. 68.000 Flugbewegungen der IFR und VFR Flüge, d.h. Starts bzw. Landungen. Der Flughafen ist damit im Sinne der EU Richtlinie als kartierungspflichtig einzustufen.

Im kartierungsrelevanten Gebiet wurden Berechnungen der Lärmbelastung gemäß ECAC.CAEC Doc 29 Ed. II [1] unter Berücksichtigung der Empfehlungen zu den „Interimsmethoden“ durchgeführt. Als besondere Aspekte werden dabei berücksichtigt:

- Die Emissionsdaten für die jeweils genutzten Flugzeugtypen werden gemäß der Flugzeugklassen der VBUF [6] festgelegt. Sie sind identisch mit den Daten der AzB (1996), auf die sich die Hinweise zu den „Interims Methoden“ beziehen.
- Für den moderneren Flugzeugtyp Boeing 747-8 wurde eine eigene neue Flugzeugklasse (S7.8) festgelegt, deren Emission in Anlehnung an den Report „Noise Modelling and the 747-8 „ [7] festgelegt wurde
- Flugrouten-Festlegung gemäß AIP [8]
- Berechnung der Immissionsrasterkarten im 10 m Raster und in 4 m Höhe über Geländeniveau für
  - $L_{day}$  als Tagwert für den Zeitraum 07:00 bis 19:00
  - $L_{evg}$  als Abendwert für den Zeitraum 19:00 bis 23:00

- $L_{ngt}$  als Nachtwert für den Zeitraum 23:00 bis 07:00
- $L_{den}$  als gewichteten, kombinierten Wert aus  $L_{day}$ ,  $L_{evng}$  und  $L_{ngt}$
- Berechnung der Fassadenwerte in einer Position unmittelbar vor den Gebäudefassaden durch Interpolation der Rasterergebnisse
- Keine Ermittlung „ruhiger Fassaden“, da die anzuwendende Norm keine schirmenden bzw. reflektierenden Hindernisse berücksichtigt

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

Alternativ zum VBEB Verfahren wurde auch eine Statistik angelegt, die mit den maximalen Fassadenpegeln eines Gebäudes arbeitet.

Als Ergebnis wird u.a. eine tabellarische Auflistung (XLS) der an die EU zu meldenden Kenngrößen gemäß den Reportnet Vorgaben erzeugt. Die XLS Datei wird als Teil der zu liefernden digitalen Daten übergeben.

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

Zur Ermittlung des  $L_{den}$  werden zunächst die Immissionspegel für Tag, Abend und Nacht bestimmt. Durch gewichtete energetische Summation wird hieraus der  $L_{den}$  abgeleitet.

### 3 Daten

Das Zusammentragen des Berechnungsmodells erfolgte auf der Basis der von der ANA übergebenen RADAR-Track-Daten für 2016 und einer XLS Datei mit den Daten des Flugplans für 2016.

Andere wesentliche Modelldaten wurden durch die beteiligten Institutionen gemäß **Tabelle 1** bereitgestellt.

Tabelle 1 Datenlieferung durch beteiligte Institution

Geländedaten	ACT
Gebäude und Einwohner	ACT
Radar Track Daten	ANA
Statistiken des Flughafens	ANA

Die DES-Datenstruktur wurde an die Belange des Flughafens bzw. der bestehenden Datenlage angepasst.

Wesentliche Arbeitsschritte der Datenaufbereitung waren:

- Aufbereitung des Geländemodells, das als Rasterdatensatz mit 1 m Rasterweite geliefert wurde, für die Nutzung in der Lärmberechnung.
- Auswertung von Radar-Track-Daten, getrennt nach
  - a. An- und Abflug
  - b. Betriebsrichtung
  - c. Flugzeugtypen bzw. zugeordneter Flugzeugklasse
  - d. Zeitintervallen des Tages
  - e. zuzuordnenden Flugrouten gemäß AIP
- Für die akustisch untergeordneten VFR Flüge wurden die in der 2. Stufe angesetzten Mengen pauschal um 15% erhöht.

In den folgenden Abschnitten werden die für die Lärmkartierung zugrunde gelegten Eingangsdaten und die für diese Daten durchgeführten Veredelungsschritte dargestellt.

#### 3.1 Geometrie der Flugrouten

Die Berechnungen beruhen auf der Annahme, dass die erfassten Flugbewegungen entlang von definierten Flugrouten erfolgen, die den Vorgaben der AIP [8] entsprechen. Diese gelten aktuell in der gleichen Form wie in 2012.

Die AIP Routen beschreiben Grundrisse. Das Höhenprofil der Flugroute hängt von der jeweils behandelten Flugzeugklasse ab.

Die tatsächliche Streuung des Flugverkehrs gegenüber einer idealisierten Mittellinien des AIP wird in ECAC Doc 29 durch die Annahme von veränderlichen Korridorbreiten berücksichtigt, die mit zunehmender Entfernung vom Flughafen zunehmen und außerdem von der Form der Flugrouten-Grundrisse abhängen.

Die DES Flugrouten werden beschrieben durch Angabe der Lage des Bahnbezugspunktes und einer Abfolge von geraden Strecken und Kreisbögen. In Hinblick auf die Nutzung der ECAC Doc 29 werden im DES keine expliziten Korridorbreiten angege-

ben.

Sämtliche Routen sind in dem gesonderten Dokument LUX\_AIP\_DES.DOC [9] in dieser Weise beschrieben. Sie werden zusätzlich als XLS Datei AIP\_ROUTEN\_2017.XLS übergeben.

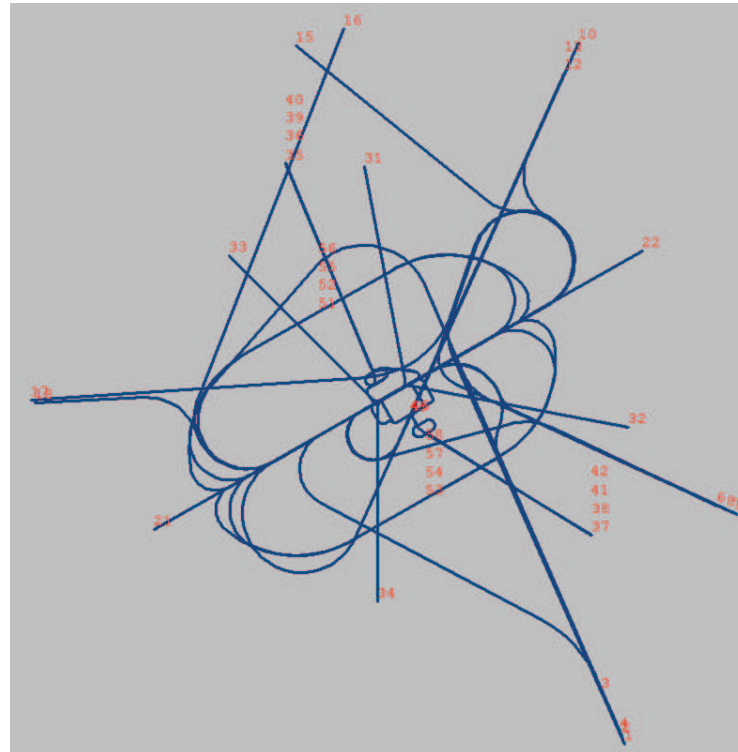


Abbildung 3-1 AIP Flugrouten für IFR und VFR Flüge

Um die Flugbewegungen gemäß Radar-Track Aufzeichnung den jeweiligen Routen zuordnen zu können, wurden zunächst aus den Grundrissen beider Geometrien wesentliche Geometriemerkmale extrahiert.

Da die Radar-Track Daten in sehr unterschiedlichen Beobachtungslängen vorlagen, mindestens aber bis zum Erreichen bzw. Verlassen der Standardanflughöhe, wurde deren relevante Länge auf 30 km begrenzt. Entsprechende sind auf die Geometriemerkmale der AIP Routen nur auf den ersten 30 km ab Bahnbezugspunkt ausgewertet worden.

Als wesentliche Geometriemerkmale gelten:

1. Betriebsrichtung Ost oder West
2. Drehsinn des ersten Kurvenfluges
3. Entfernung in der, vom Bahnbezugspunkt aus gesehen, der erste Kurvenflug eingeleitet wird
4. Gesamtwinkel der Drehungen, getrennt für Recht- und Linksdrehung
5. Endrichtung nach ca. 30 km
6. Bezeichnung des ersten Pflichtmeldepunktes

Die Gesichtspunkte 3, 4 und 5 werden gemäß ihrer jeweiligen geometrischen Exaktheit gewichtet berücksichtigt.

In den RADAR-Track-Daten gab es ca. 3200 registrierte Flugbewegungen ohne Zuordnung eines gültigen Flugzeugtyps, d.h. vom Typ „UNDF“. Aus den Flugplanlisten konnten hierfür keine zusätzlichen Informationen gewonnen werden. Diese Menge wurde je nach zugeordneter Zeitperiode gleichmäßig auf alle darin registrierten Flugbewegungen verteilt.

Zur Qualitätssicherung wurden die über die Radar-Track Daten erfassten Flugbewegungen mit den statistischen Daten des Flughafens für den internationalen IFR Verkehr verglichen. Lokale IFR Platzrunden werden in diesem Ansatz nicht betrachtet, da sie getrennt in Punkt 3.4 behandelt werden.

Die internationalen IFR Flüge sind in Form von monatlichen XLSX Dateien der ANA (FPL JAN 2016.xlsx etc.) mit Stand vom 4.7.2017 berücksichtigt worden. Hierin werden 68408 Flüge dokumentiert, die aber auch nicht zu berücksichtigende Polizei- und Rettungseinsätze enthalten. Insgesamt ergibt sich damit eine gute Übereinstimmung mit den 67945 Flugbewegungen der RADAR-Track Auswertung. In der Tabelle 2 werden die jährlichen Flugbewegungen pro AzB-Flugzeugklasse und pro AIP Route widergegeben.

Lokale Flüge wurden gesondert behandelt.

### 3.2 Flugverkehrsaufkommen der IFR Flüge

Aus den Radar-Track Daten konnten für alle IFR Flüge aus 2016 folgende Informationen bestimmt werden:

- Uhrzeit des Ereignisses
- Start- oder Landvorgang
- Ziel- bzw. Herkunftsflughafen
- Flugzeugtyp
- 3-d Geometrie der Flugspur

Die Flugzeugtypen wurden anhand einer getrennten Datenbank den Flugzeugklassen der AzB zugeordnet. Mittels der Flugzeugklassen werden während der Fluglärmberechnung die positionsabhängige Emission und das Vertikalprofile bestimmt. Die Nutzung von AzB Emissionsdaten in Kombination mit einer Ausbreitrechnung nach ECAC Doc 29 ist in den EU Hinweisen zur „Interims Methode“ geregelt.

Gemäß dem in 3.1 beschriebenen Verfahren ergaben sich für die einzelnen AIP Routen folgende nach AzB-Flugzeugklassen aufgeschlüsselten Mengen.

Route	P1.3	P1.4	P2.1	S1.1	S1.3	S3.2	S5.1	S5.2	S5.3	S6.1	S6.2	S6.2B	S7	S7.8	Summe
1	91	169	107	1	0	0	1592	829	0	18	0	1	266	38	3113
2	109	219	146	0	0	0	2681	1529	0	14	0	0	447	208	5355
3	4	3	0	0	0	0	17	10	0	0	0	0	5	0	42
4	12	23	7	0	0	0	1021	125	0	18	0	0	33	7	1250
5	69	91	4	0	0	0	899	147	0	8	0	0	75	186	1484
6	56	118	21	0	0	0	1827	200	0	6	0	0	15	20	2269
7	7	29	8	0	0	0	1138	248	1	29	0	2	78	222	1769
8	10	6	3	0	0	0	466	45	0	17	0	0	27	74	656
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9



10	35	5	3	0	0	1	154	72	0	4	0	0	18	32	334
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
12	12	13	1	0	0	0	168	12	0	4	0	0	2	5	229
13	15	7	2	0	0	0	28	17	0	12	0	1	174	423	692
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
15	57	120	19	0	0	1	2542	626	0	104	0	1	260	433	4178
16	80	233	61	1	2	0	4619	220	0	173	0	4	592	955	6956
17	18	40	2	0	0	0	192	393	0	23	0	0	55	80	820
18	50	94	13	0	0	0	1360	2348	0	109	1	1	231	244	4469
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
21	379	481	154	0	0	0	6564	2336	1	198	0	4	749	991	11878
22	476	746	272	0	2	3	12406	4561	0	368	1	6	1492	1958	22313
Summe	1480	2397	823	2	4	5	37674	13718	2	1105	2	20	4519	5876	67627

**Tabelle 3** zeigt die Anzahl Flugbewegungen während Tag, Abend und Nacht in Abhängigkeit von der Flugzeugklasse



Tabelle 2 IFR Flüge, aufgeschlüsselt nach Flugzeugklasse und Route

Route	P1.3	P1.4	P2.1	S1.1	S1.3	S3.2	S5.1	S5.2	S5.3	S6.1	S6.2	S6.2B	S7	S7.8	Summe
1	91	169	107	1	0	0	1592	829	0	18	0	1	266	38	3113
2	109	219	146	0	0	0	2681	1529	0	14	0	0	447	208	5355
3	4	3	0	0	0	0	17	10	0	0	0	0	5	0	42
4	12	23	7	0	0	0	1021	125	0	18	0	0	33	7	1250
5	69	91	4	0	0	0	899	147	0	8	0	0	75	186	1484
6	56	118	21	0	0	0	1827	200	0	6	0	0	15	20	2269
7	7	29	8	0	0	0	1138	248	1	29	0	2	78	222	1769
8	10	6	3	0	0	0	466	45	0	17	0	0	27	74	656
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
10	35	5	3	0	0	1	154	72	0	4	0	0	18	32	334
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
12	12	13	1	0	0	0	168	12	0	4	0	0	2	5	229
13	15	7	2	0	0	0	28	17	0	12	0	1	174	423	692
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
15	57	120	19	0	0	1	2542	626	0	104	0	1	260	433	4178
16	80	233	61	1	2	0	4619	220	0	173	0	4	592	955	6956
17	18	40	2	0	0	0	192	393	0	23	0	0	55	80	820
18	50	94	13	0	0	0	1360	2348	0	109	1	1	231	244	4469
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
21	379	481	154	0	0	0	6564	2336	1	198	0	4	749	991	11878
22	476	746	272	0	2	3	12406	4561	0	368	1	6	1492	1958	22313
Summe	1480	2397	823	2	4	5	37674	13718	2	1105	2	20	4519	5876	67627

Tabelle 3 IFR Flüge, getrennt nach Zeitraum, Klasse und An-/Abflug

Class	D Day	A Day	D Evg	A Evg	D Ngt	A Ngt	Summe
P1.3	605	705	17	150	3	0	1480
P1.4	1086	1072	65	150	19	5	2397
P2.1	232	211	27	212	138	3	823
S1.1	2	0	0	0	0	0	2
S1.3	2	0	0	2	0	0	4
S3.2	1	2	0	1	1	0	5
S5.1	14934	13908	1851	4829	1919	233	37674
S5.2	4546	4208	1013	2186	1262	503	13718
S5.3	1	1	0	0	0	0	2
S6.1	176	398	297	144	66	24	1105
S6.2	1	1	0	0	0	0	2
S6.2B	9	7	1	1	0	2	20
S7	1158	1528	733	462	387	251	4519
S7.8	1592	1832	739	599	596	518	5876
Summe	24345	23873	4743	8736	4391	1539	67627

In der vorstehenden Tabelle beziehen sich die mit „D“ gekennzeichneten Spalten auf Abflüge (Departure) und die mit „A“ gekennzeichneten auf Ankünfte (Approach).

### 3.3 Zusätzliche Flugzeugklasse für 747-8

Für den Flugzeugtyp 747-8 musste in der 2. Stufe der EU Lärmkartierung eine eigene Emissionsklasse festgelegt werden, da dieser Typ mit den bekannten AzB Klassen nicht hinreichend genau repräsentiert werden kann. Die neue Emissionsdefinition wurde in Anlehnung an [7] festgelegt und auch in der 3. Stufe angewendet.

Es ergab sich ein Emissionsspektrum mit den Oktavwerten der **Tabelle 4**. Das Vertikalprofil wurde von der Klasse S7 der AzB übernommen.

Tabelle 4 Oktavwerte der Emission für Start- bzw. Landung der 747-8 gemäß AzB.

Frequenz (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Start (dB)	90.2	93.7	91.7	90.2	87.2	84.2	81.5	71.7
Landung (dB)	70.4	78.4	76.4	77.4	74.9	71.9	72.4	58.9

### 3.4 Flugverkehrsaufkommen der VFR Flüge

VFR Flüge wurden bezüglich ihrer Verteilung auf die AIP Routen analog zur 2. Stufe der Lärmkartierung angesetzt, wobei die Mengen um ca. 15% erhöht wurden, um dem gestiegenen allgemeinen Flugaufkommen Rechnung zu tragen.

Insgesamt sind allerdings die VFR Flüge der Flugzeuge über 2 t mit 318 Flugbewegungen gegenüber den 67627 IFR Flügen eher vernachlässigbar. Dies liegt insbesondere daran, dass Übungsflüge der Flugzeugklasse P1.3 nicht in die Betrachtung einbezogen werden.

Gemäß des „Good Practice Guide“ der WG-AEN [10] gilt für die Definition von „Major Airports“:

*“ ‘major airport’ shall mean a civil airport, designated by the Member State which has more than 50,000 movements per year (a movement being a take-off or a landing), excluding purely for training purposes on light aircrafts ”*

Die Definition von 'light aircrafts' wird im Zusammenhang mit der VBUF im Bundesanzeiger [6] geregelt:

*„Unter dem Begriff Leichtflugzeuge werden Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 2 000 kg verstanden“*

Bei der Flugzeugklasse P1.3 handelt es sich laut VBUF [6] bzw. DIN 45684 um Propellerflugzeugen mit einem zulässigen maximalen Startgewicht (MTOM) von 2 t, womit sie für die VFR Übungsflüge nicht weiter zu betrachten sind.

Tabelle 5 VFR Flüge, getrennt nach Zeitraum, Klasse und An-/Abflug

Class	D Day	A Day	D Evg	A Evg	D Ngf	A Ngf	Summe
P1.4	58	58	9	9	0	0	134
P2.1	2	2	0	0	0	0	4
S1.1	0	0	0	0	0	0	0
S1.3	0	0	0	0	0	0	0
S3.2	0	0	0	0	0	0	0
S5.1	76	76	0	0	0	0	152
S5.2	14	14	0	0	0	0	28
S5.3	0	0	0	0	0	0	0
S6.1	0	0	0	0	0	0	0
S6.2	0	0	0	0	0	0	0
S6.2B	0	0	0	0	0	0	0
S7	0	0	0	0	0	0	0
S7.8	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	150	150	9	9	0	0	318

### **3.5 Gelände**

Seitens ACT wurden für das Gesamtgebiet digitale Geländedaten als Rasterdatensatz für ein Gitternetz mit einer Auflösung von 1 m bereitgestellt. Daraus wurden Höhenlinien ermittelt, die mit einer vertikalen Auflösung von 2 m in die Berechnung eingehen. Das für die Berechnung genutzte Programmsystem LimA arbeitet seinerseits mit einer automatischen, kontinuierlichen Geländeinterpolation zur Bestimmung der Fußpunkthöhen von Objekten bzw. Rezeptor-Punkten.

#### **3.5.1 Topographie**

Das Verfahren zur Berechnung der Schallimmissionen aus Flugverkehr nach ECAC Doc. 29 berücksichtigt keine spezifischen Bodenverhältnisse. Eine Bodenimpedanz, die im Berechnungsmodell über TOP Flächenobjekte abgebildet würde, wurde deshalb für diese Berechnung nicht genutzt.

#### **3.5.2 Schallschutzeinrichtungen**

ECAC Doc 29 berücksichtigt keine Schirmeffekte diskreter Schirme, sondern lediglich eine erhöhte Schalldämpfung für bodennahe Ausbreitbedingungen. Schallschutzeinrichtungen sind deshalb nicht Bestandteil des Berechnungsmodells.

#### **3.5.3 Einwohner**

Angaben zu den Einwohnern lagen in den QSI Ausgangsdaten gebäudescharf für den Stand 2016 vor.

Entsprechend den Vorgaben der VBEB werden die Einwohnerangaben mit den berechneten Fassadenpegeln verknüpft, um die Belastung der Bevölkerung abzuschätzen. Nur die als Wohngebäude ausgewiesenen Gebäude verfügen über Einwohnerangaben > 0. Die ursprüngliche Ausweisung als Wohngebäude wurde im Rahmen der Modellauflbereitung noch einmal überarbeitet, so dass Gebäudeformen, die den Schluss zulassen, dass es sich nicht um Wohngebäude handelt, aussortiert wurden.

Zusätzlich werden die Fassaden der Schulen und Hospitäler in die Berechnung einbezogen.

Da die ECAC keine konkreten Schirm- bzw. Reflexionseffekte berücksichtigt, werden Gebäude nur benötigt, um die Positionen der Aufpunkte in der fassadenbezogenen Immissionsberechnung festzulegen und so die Exposition der Bevölkerung zu ermitteln.

#### **3.5.4 Wohnungen**

Angaben zur Anzahl Wohnungen pro Gebäude lagen nicht vor. Da sie für die statistischen Meldungen an die EU benötigt werden, wurden sie in Anlehnung an VBEB pauschal mit 2.1 Einwohner pro Wohnung angesetzt, so dass mit der bekannten Einwohnerzahl der Gebäude die Anzahl der Wohnungen zu berechnen war.

#### **3.5.5 Schulen und Krankenhäuser**

Die von der Kramer Schalltechnik GmbH primär aufbereiteten Gebäudedaten werden hinsichtlich der Schulen und Krankenhäuser gemäß den Anforderungen der EU Umgebungslärmkartierung gesondert ausgewertet.

Für die Einstufung der Objekte als Schulen oder Krankenhäuser wird das Attribut NATURE ausgewertet und für die weitere Bearbeitung das Attribut FUNCTION entsprechend gesetzt. Dabei wird zwischen einer Nutzung im engeren Sinne, FUNCTION =

SCOL oder HOSP, und einer Nutzung im weiteren Sinne, FUNCTION SCOX und HOSX, unterschieden.

Tabelle 6 Objekte der Schulen

FUNCTION	NATURE	Objektnutzung
SCOL	40701	Schule, Hochschule, Gymnasium, Universitäten
SCOX	40702	Kindergarten
SCOX	40703	Bildungszentrum differenziertes Lernen
SCOX	40704	Musikhochschule
SCOX	40705	Kindertagesstätte
SCOX	40706	sozialpädagogisches Zentrum
SCOX	41006	Zentrum für kulturelle Aktivitäten

Tabelle 7 Objekte der Krankenhäuser

FUNCTION	NATURE	Objektnutzung
HOSP	41201	Krankenhäuser
HOSX	41202	Pflegeheim
HOSX	41203	Sanatorium
HOSX	41205	Rotes Kreuz
HOSX	41206	Heim
HOSX	41207	Altersheim
HOSX	41208	Blindenheim

Für die Statistik ist gemäß EU Richtlinie die relevante Lärmbelastung der Gebäudefassaden pro Gebäudekomplex zusammenzufassen und nicht einzeln pro Gebäude betrachtet. Da gebäudebezogen keine Adressangaben vorliegen, erfolgt die Zusammenfassung zu Gebäudekomplexen über eine geometrische Analyse, in der Objekte der gleichen FUNCTION zusammengefasst werden, sofern sie nicht mehr als 100 m von einem anderen Objekt des gleichen Komplexes entfernt liegen.

## 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 11.2.

Für die Modelldaten, die nicht die Flugaktivitäten beschreiben, wurde auf die Datensätze zurückgegriffen, die auch im Zusammenhang mit der Kartierung des Straßen- bzw. Schienenverkehrs genutzt werden. Damit wird ein einheitliches akustisches Basismodell genutzt.

Die Berechnungsparameter für die Fluglärmberechnung sind der **Tabelle 8** zu entnehmen.

Tabelle 8 Projektbezogenen Berechnungsparameter

Einfangradius für Quellen	8000	m
Maximaler dynamischer Fehler	0	dB
Rasterweite	10	m
Rezeptorhöhe über Gelände	4	m
Standardgleitwinkel für Anflug (entspricht 5%)	2.87	Grad
Länge der Landebahn	4000	m
Standard-Anflughöhe	4500	ft über N.N.
Meteorologische Korrektur	entfällt	

## 4.2 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 übergeben.

Die Relevanzgrenze für die Immissionswerte wurde gemäß EU Direktive für den  $L_{day}$  und  $L_{evg}$  auf 55 dB und für den  $L_{ngt}$  auf 45 dB festgelegt.

## 4.3 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.

Die Pegelwerte an den Fassadenpunkten wurden durch Interpolation der Ergebnisse der 4 benachbarten Gitterpunkte der Rasterberechnung bestimmt.

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.

Ruhige Fassaden im Sinne der EU Lärmkartierung können bei Anwendung der ECAC Doc 29 nicht ermittelt werden, da die Gebäude keine den Lärm abschirmenden Effekte liefern und deshalb die Fassadenpegel auf den Fassaden eines Gebäudes nicht um das erforderliche Maß von 20 dB streuen werden.

Für die Erfassung der Anzahl belasteter Personen wird gemäß den Vorgaben der EU Umgebungslärmrichtlinie jeweils der maximale Wert für  $L_{den}$  und  $L_{ngt}$  pro Gebäude herangezogen.

## 4.4 Qualitätssicherung der Berechnung

Besondere Berechnungen zur Qualitätssicherung der Berechnungsergebnisse im Sinne der DIN 45687 wurden nicht durchgeführt, da dies für eine Berechnung nach ECAC nicht vorgesehen ist. Das in der DIN beschriebene Verfahren zur Qualitätsprüfung ist für diese Untersuchung nicht anwendbar, da dieses Verfahren darauf abzielt, Modellvereinfachungen zu validieren während in dieser Studie keine solchen Vereinfachungen angesetzt wurden.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Lärmkarten

Aus den Rasterergebnissen für  $L_{day}$ ,  $L_{evg}$ ,  $L_{ngt}$  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.

Zum Zweck einer besseren kartographischen Darstellung wurden die Ergebnisse des 10 m Rasters auf 1 m interpoliert.

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



### 5.1.1 Gesamtgebiet Luxemburg, Darstellung der Lärmindizes

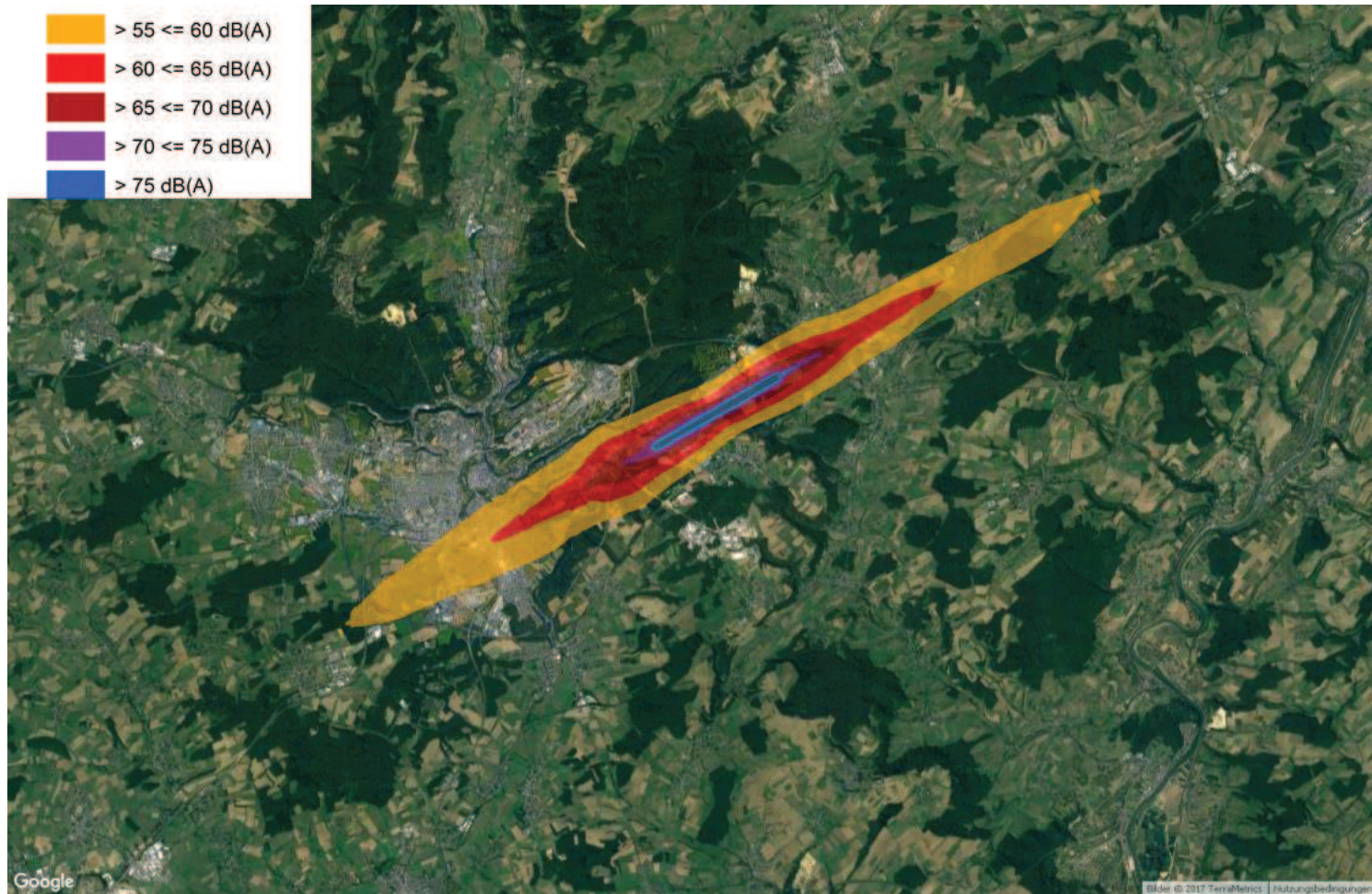


Abbildung 5-1: Lärmbelastung  $L_{day}$  durch Fluglärm in Luxemburg

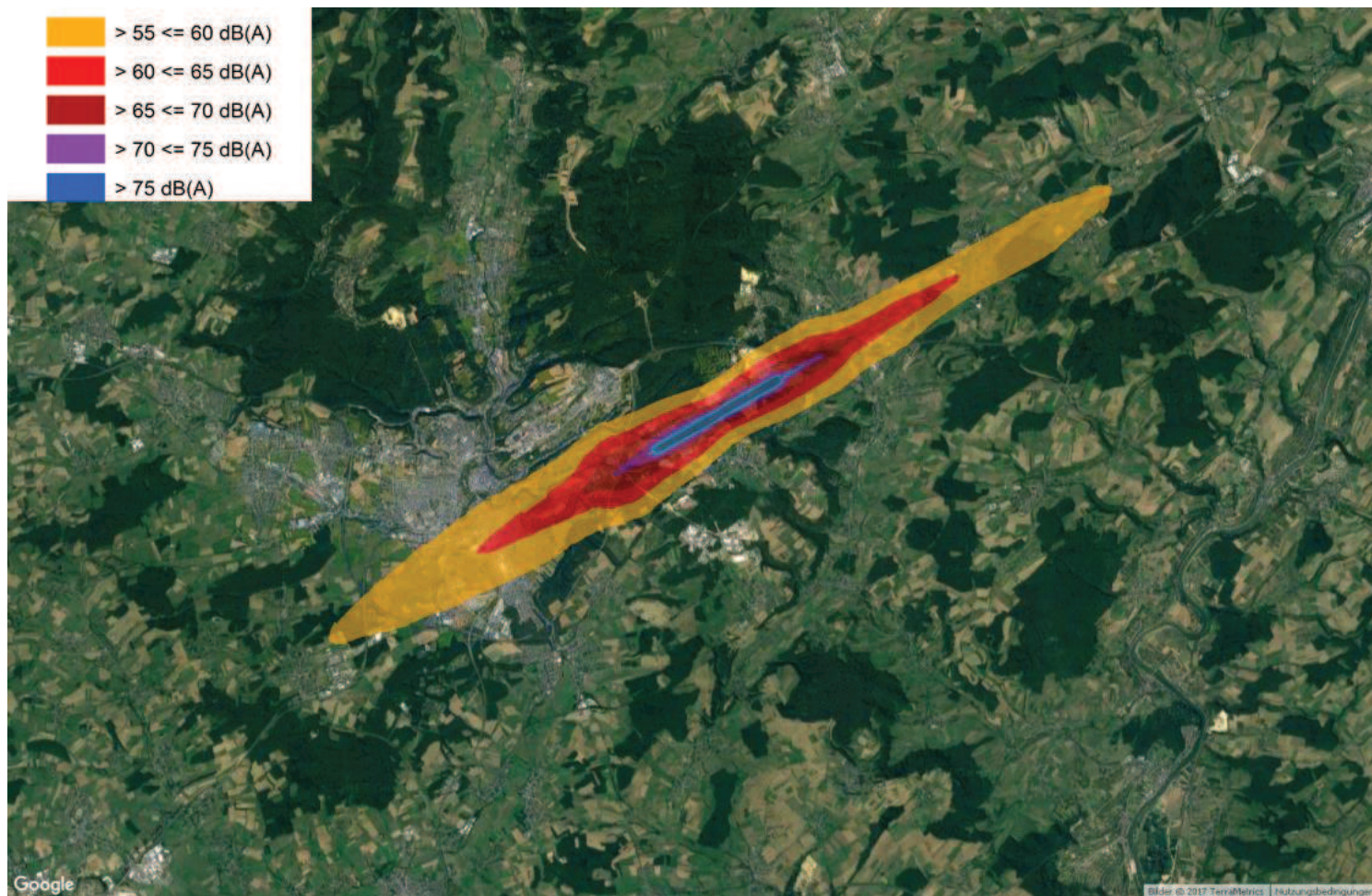


Abbildung 5-2: Lärmbelastung  $L_{\text{avg}}$  durch Fluglärm in Luxemburg



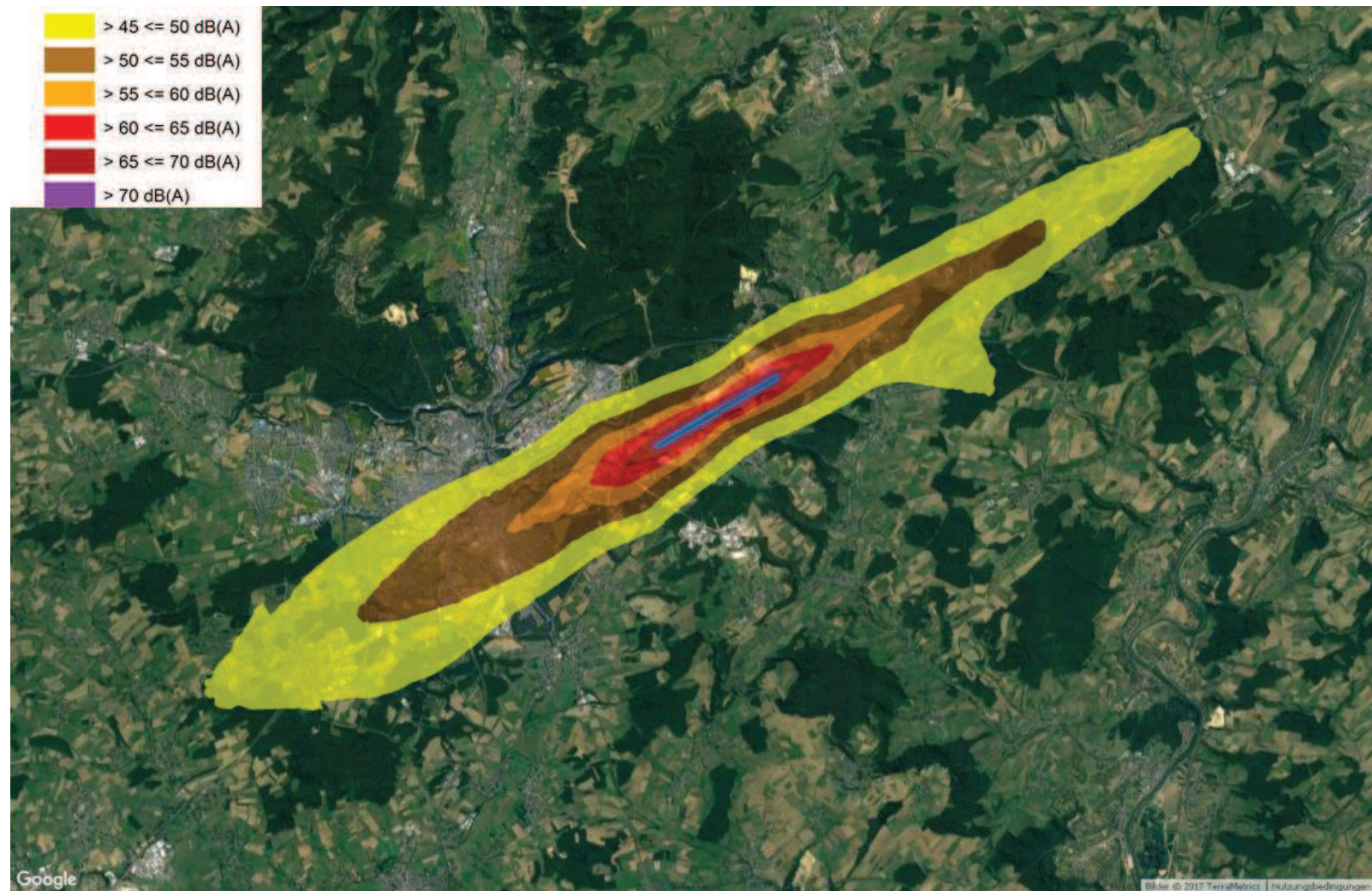


Abbildung 5-3: Lärmbelastung  $L_{ngt}$  durch Fluglärm in Luxemburg



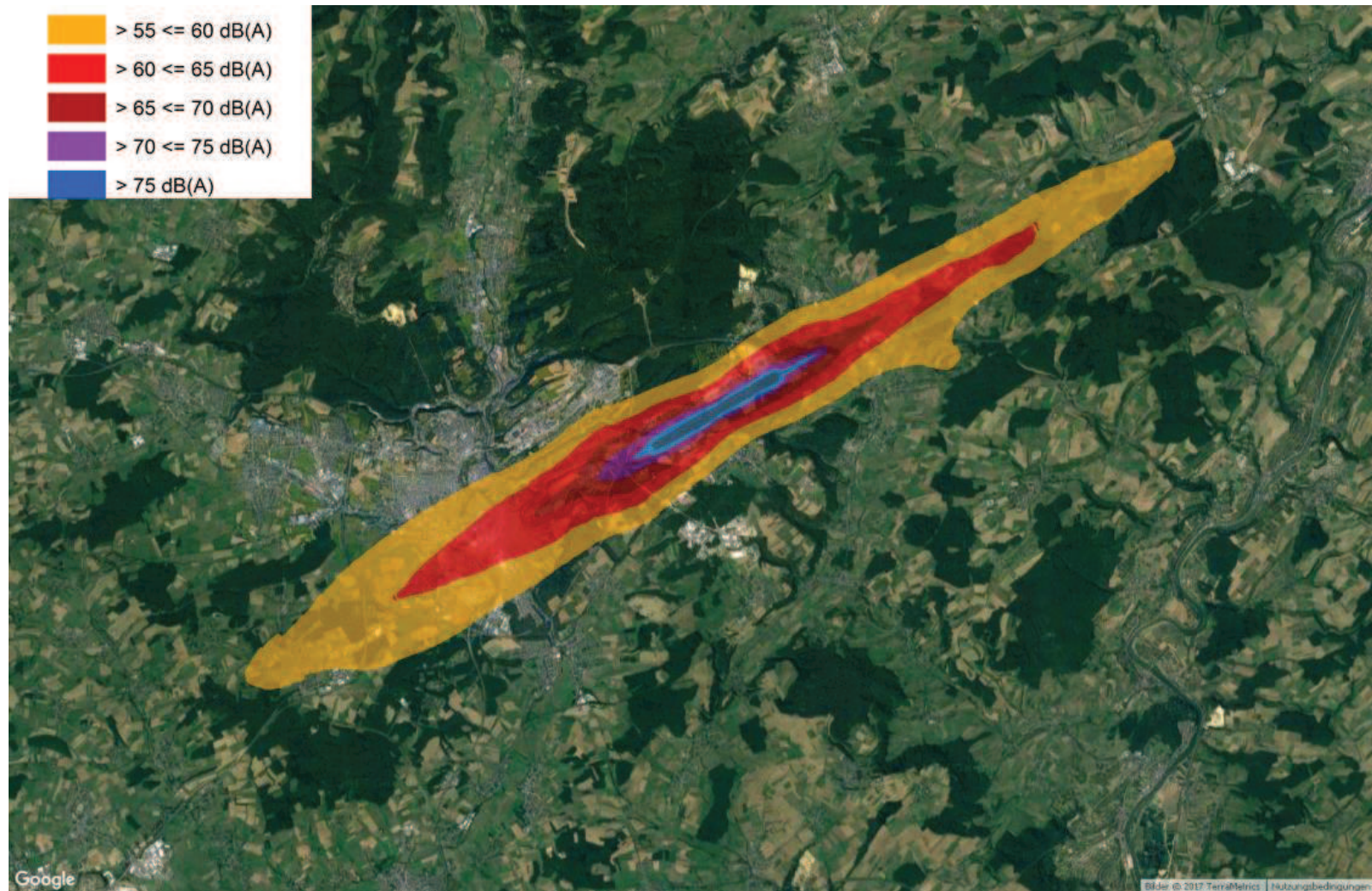


Abbildung 5-4: Lärmbelastung L<sub>den</sub> durch Fluglärm in Luxemburg

## 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. Die entsprechenden Angaben pro Gemeinde sind in Anhang I wiedergegeben.

Der Inhalt der Meldung stimmt mit den nachfolgenden Tabellenangaben überein, in der die einzelnen Indikatoren für Luxembourg Stadt, die übrigen Gemeinden des Ballungsraumes sowie als Summe die Werte für die übrigen Gemeinden des Untersuchungsgebietes zusammenfassend dargestellt werden.

Betroffenenzahlen und Zahl der Wohnungen müssen für die Übermittlung nach Brüssel zu den nächsten Hundert gerundet werden. Die nachfolgenden Tabellen enthalten jeweils diese gerundeten Werte.

Gebäude mit ruhigen Fassaden wurden nicht ermittelt, da in der Berechnung nach ECAC keine Gebäude- oder sonstige Hindernisse berücksichtigt werden.

Tabelle 5-11 und Tabelle 5-12 enthalten informativ die Anzahl Betroffener auf Basis des Maximalwertes für  $L_{den}$  und  $L_{nigt}$  pro Gebäude.

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

Indikator	$L_{den}$ (dB) – Fluglärm in Ballungsräumen				
	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	70 bis < 75	> 75
Fluglärm					
In Ballungsräumen	27282	30489	1944	244	0
Außerhalb Ballungsräume	5865	411	122	65	0
Gesamt	33147	30900	2066	309	0

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

Indikator	$L_{nigt}$ (dB) – Fluglärm in Ballungsräumen					
	45 bis < 50	50 bis < 55	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	> 70
Fluglärm						
In Ballungsräumen	28833	39432	4893	513	1	0
Außerhalb Ballungsräume	8585	1289	171	75	2	0
Gesamt	37418	40721	5064	588	3	0

Tabelle 5-3: Flächenbelastung für  $L_{den}$  als Überschreitungswert

Indikator	Flächen (km <sup>2</sup> ) mit $L_{den}$ (dB)		
	> 55	> 65	> 75
Fluglärm			
In Ballungsräumen	25,8541	3,3224	0,1669
Außerhalb Ballungsräume	34,0519	5,5366	1,6847
Gesamt	59,906	8,859	1,8516

Tabelle 5-4: Einwohnerbelastung für  $L_{den}$  als Überschreitungswert

Indikator	Einwohner in Gebieten mit $L_{den}$ (dB)		
	> 55	> 65	> 75
Fluglärm			
In Ballungsräumen	59959	2188	0
Außerhalb Ballungsräume	6463	187	0
Gesamt	66422	2375	0

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

Indikator	Wohnungen in Gebieten mit $L_{den}$ (dB)		
	> 55	> 65	> 75
Fluglärm			
In Ballungsräumen	28700	1057	0
Außerhalb Ballungsräume	3253	95	0
Gesamt	31953	1152	0

Tabelle 5-6: Anzahl Schulen, Krankenhäuser für  $L_{den}$  als Überschreitungswert

Indikator	Schulen bzw. Krankenhäuser in Gebieten mit $L_{den}$ (dB)					
	Schulen	Schulen	Schulen	Kranken- häuser	Kranken- häuser	Kranken- häuser
	> 55	> 65	> 75	> 55	> 65	> 75
Fluglärm						
In Ballungsräumen	34	2	0	8	0	0
Außerhalb Ballungsräume	4	0	0	1	0	0
Gesamt	38	2	0	9	0	0

Tabelle 5-7: Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des  $L_{den}$ , gerundet auf 100

Indikator	$L_{den}$ (dB) – Fluglärm				
	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	70 bis < 75	> 75
Fluglärm					
In Ballungsräumen	27300	30500	1900	200	0
Außerhalb Ballungsräume	5900	400	100	100	0
Gesamt	33100	30900	2100	300	0

Tabelle 5-8: Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des  $L_{ngt}$ , gerundet auf 100

Indikator	$L_{ngt}$ (dB) – Fluglärm					
Fluglärm	45 bis < 50	50 bis < 55	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	> 70
In Ballungsräumen	28800	39400	4900	500	0	0
Außerhalb Ballungsräume	8600	1300	200	100	0	0
Gesamt	37400	40700	5100	600	0	0

Tabelle 5-9: Einwohnerbelastung für  $L_{den}$  als Überschreitungswert, gerundet auf 100

Indikator	Einwohner in Gebieten mit $L_{den}$ (dB) - Fluglärm		
Fluglärm	> 55	> 65	> 75
In Ballungsräumen	60000	2200	0
Außerhalb Ballungsräume	6500	200	0
Gesamt	66400	2400	0

Tabelle 5-10: Anzahl Wohnungen für  $L_{den}$  als Überschreitungswert, gerundet auf 100

Indikator	Wohnungen in Gebieten mit $L_{den}$ (dB) - Fluglärm		
Fluglärm	> 55	> 65	> 75
In Ballungsräumen	28700	1100	0
Außerhalb Ballungsräume	3300	100	0
Gesamt	32000	1200	0

Tabelle 5-11: Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des  $L_{den}$  (max. Pegel)  
auf Basis des Maximalwertes pro Gebäude

Indikator	$L_{den}$ (dB) – Fluglärm					
Fluglärm	55 bis < 60	60 bis < 65	65 bis < 70	70 bis < 75	75 bis < 80	> 80
In Ballungsräumen	26877	31289	1955	267	0	0
Außerhalb Ballungsräume	6032	427	120	64	0	0
Gesamt	32909	31716	2075	331	0	0

Tabelle 5-12: Anzahl Betroffene in Pegelbereichen des  $L_{ngt}$  (max. Pegel)  
auf Basis des Maximalwertes pro Gebäude

Indikator	$L_{ngt}$ (dB) - Fluglärm					
Fluglärm	45 bis<50	50 bis<55	55 bis< 60	60 bis< 65	65 bis<70	> 70
In Ballungsräumen	28772	39493	5649	544	1	0
Außerhalb Ballungsräume	8675	1352	168	80	2	0
Gesamt	37447	40845	5817	624	3	0

## 6 Quellenverzeichnis

- [1] **ECAC.CAEC Doc 29, Ed. II:** „Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports“ (Bericht über die Standardberechnungsmethode für Lärmkonturen um zivile Flughäfen), 1997.
- [2] **DIN 45687:** Akustik - Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschemission im Freien - Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen. Beuth-Verlag. Mai 2006
- [3] **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.
- [4] **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)
- [5] **VBEB, 2007:** Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm. BAnz. Nr. 75, S. 4137. 2007.
- [6] **VBUF:** Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen (VBUF) aus Bundesanzeiger . Nr. 154a, 2006
- [7] **Noise\_Modelling\_and\_the\_747\_8:** Inclusion of the Boeing 747-8 in noise modelling required for the END, PDF Datei vom 5.9.2012
- [8] **AIP Belgium and G.D. of Luxembourg:** Aeronautical Information Publication, Stand 2006/2008
- [9] **LUX\_AIP\_DES.DOC:** Dateneingabeschema für den Flughafen Luxemburg Findel für die ausschließliche Nutzung der AIP Flugrouten, Stand 06.01.2014
- [10] **Good Practice Guide:** Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), 2006



## Anhang I

### Belastungsdaten pro Gemeinde

Gemeindekennziffer	Name Stadt/Gemeinde	Anzahl Belasteter L <sub>den</sub> >55<=60	Anzahl Belasteter L <sub>den</sub> >60<=65	Anzahl Belasteter L <sub>den</sub> >65<=70	Anzahl Belasteter L <sub>den</sub> >70<=75	Anzahl Belasteter L <sub>den</sub> >75	Anzahl Belasteter L <sub>ngt</sub> >45<=50	Anzahl Belasteter L <sub>ngt</sub> >50<=55	Anzahl Belasteter L <sub>ngt</sub> >55<=60	Anzahl Belasteter L <sub>ngt</sub> >60<=65	Anzahl Belasteter L <sub>ngt</sub> >65<=70	Anzahl Belasteter L <sub>ngt</sub> >70
LUXE	Luxembourg	24683	30475	1944	244	0	25008	39414	4890	513	1	0
NIED	Niederanven	1516	161	10	0	0	1427	739	19	0	0	0
BETZ	Betzdorf	1678	147	0	0	0	2176	216	0	0	0	0
LEUD	Leudelage	1323	0	0	0	0	2294	0	0	0	0	0
SAND	Sandweiler	855	90	112	65	0	1739	134	152	75	2	0
SCHU	Schuttrange	438	13	0	0	0	744	200	0	0	0	0
HESP	Hesperange	2599	14	0	0	0	3825	18	3	0	0	0
FLAX	Flaxweiler	55	0	0	0	0	204	0	0	0	0	0
BIWE	Biwer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RECK	Reckange sur Mess	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

