

UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG FÜR INFRASTRUKTURPROJEKTE - LEITFADEN

MÄRZ 2023

D'ËMWELTVERWALTUNG
Am Déngscht vu Mënsch an Ëmwelt

UMWELTLÄRM



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

Administration de l'environnement

Umweltverträglichkeitsprüfung für Infrastrukturprojekte

Leitfaden für einen systematischen Ansatz zur
Durchführung von Schallimmissionsprognosen für
landgebundene Verkehrsprojekte

Version 1.1 vom 22. März 2023

Versionen des Leitfadens

Version	Kurzbeschreibung	Bearbeiter	Publikationsstatus
1.0	Leitfaden vom 18. Dezember 2018	ATech Acoustic Technologies	Am 19. Dezember 2018 veröffentlicht auf emwelt.lu
1.1	Leitfaden vom 21. März 2023	Administration de l'environnement	Am 22. März 2023 veröffentlicht auf emwelt.lu

Version

1.1

Der vorliegende Leitfaden wird bei Bedarf aktualisiert.

Die aktuellste Version finden Sie auf

<https://environnement.public.lu/fr/emweltprozeduren/formations>

Kontakt

Administration de l'environnement

Unité Surveillance et Evaluation de l'environnement

Madame Isabelle NAEGELEN (isabelle.naegelen@aev.etat.lu)

1, avenue du Rock'n'roll

L - 4361 Esch-sur-Alzette

Inhaltsverzeichnis

0.	EINLEITUNG	5
0.1	Gegenstand des Leitfadens	5
0.2	Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen.....	5
0.2.1	Umweltverträglichkeitsstudien	5
0.2.2	Umweltverträglichkeitsstudien: Bevölkerung und menschliche Gesundheit	6
0.2.3	Europa	6
0.2.4	Luxemburg.....	6
0.2.5	Akkreditierte Stellen in Luxemburg	6
1.	INHALT DER SCHALLIMMISSIONSPROGNOSE	7
1.1	Einleitung.....	8
1.1.1	Gegenstand der Studie	8
1.1.2	Beschreibung der Lärmvorbelastung	8
1.1.3	Projektbeschreibung	8
1.1.4	Anzuwendende Methodik	8
1.2	Bestimmung der Lärmvorbelastung	9
1.2.1	Bestandsaufnahme.....	9
1.2.1.1	Beschreibung der Messpunkte	9
1.2.1.2	Messergebnisse	9
1.2.1.3	Messauswertung	10
1.2.1.4	Schlussfolgerung.....	10
1.3	Untersuchung der verschiedenen Szenarien	10
1.3.1	Eingangsdaten	10
1.3.2	Ausbreitungsberechnung	11
1.3.2.1	Berechnungen an ausgewählten Immissionspunkten	11
1.3.2.2	Berechnung von Lärmkarten	11
1.3.3	Ergebnisse	11
1.3.4	Analyse	11
1.4	Schlussfolgerungen	12
2.	ANHÄNGE	13
2.1	Anforderungen an Geräuschmessungen	13
2.1.1	Messinstrumente	13
2.1.2	Messbedingungen	13

2.1.3	Beschreibung der Messpunkte.....	13
2.2	Anforderung an die Modelldaten.....	14
2.2.1	Vorhandene Infrastrukturen.....	14
2.2.2	Geplante Infrastrukturen.....	14
2.2.3	Untersuchungsgebiet.....	15
2.2.4	Zusätzliche Angaben.....	15
2.3	Anforderung an die Ausbreitungsberechnung.....	15
2.3.1	Berechnungsparameter.....	15
2.3.2	Berechnung an ausgewählten Immissionspunkten.....	16
2.3.3	Lärmkartierung.....	16
2.3.4	Zusätzliche Anforderungen.....	17
2.4	Datenübergabe.....	17

0. EINLEITUNG

0.1 Gegenstand des Leitfadens

Im Auftrag der Umweltverwaltung Luxemburg hat A-Tech die erste Version des Leitfadens für einen systematischen Ansatz zur Durchführung von Schallimmissionsprognosen für Infrastrukturprojekte erstellt. Vorliegender Leitfaden richtet sich an Fachgutachter, welche im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien für landgebundene Verkehrsprojekte (Straße und Schiene), mit der Untersuchung der Schallwirkungen auf den menschlichen Lebensraum betraut sind.

Der Untersuchungsrahmen ist im globaleren Kontext der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zu sehen, d.h. Studien zur Ermittlung der Auswirkungen eines Projektes auf die Umwelt¹: Diese Prüfung erfolgt im Rahmen des Vorprojekts (avant-projet). Schallimmissionsprognosen können in der Vorentwurfsplanung (APS) als auch in der Entwurfsplanung (APD) zu erstellen sein. Sie betreffen daher weder strategische Studien noch die Ausführungsplanung.

Es ist wichtig zu beachten, dass die UVP verschiedene zu analysierende Faktoren enthält, darunter Schallemissionen die auf den Faktor "Bevölkerung und menschliche Gesundheit" einwirken. Somit sind Schallimmissionsprognosen als Teil der UVP zu sehen.

Der Gegenstand des vorliegenden Leitfadens ist:

- einen Überblick über die derzeit in Luxemburg angewandten Methoden zu bieten;
- die Festlegung der Mindestanforderungen für die Ermittlung, Beschreibung und Analyse der Auswirkungen von Straßen- und/oder Schienenverkehrsprojekten auf ihre Umwelt;
- die Harmonisierung und Qualitätssicherung der Umweltverträglichkeitsstudien zu ermöglichen.

Darüber hinaus ist der Leitfaden bewusst flexibel gestaltet, so dass dieser entsprechend den Erfahrungen und gegebenenfalls der Aktualisierung von Normen nach Ermessen der Umweltverwaltung angepasst werden kann.

0.2 Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen

0.2.1 Umweltverträglichkeitsstudien

Der vorliegende Leitfaden fügt sich in die Rechtsvorschriften über die UVP für landgebundene Verkehrsprojekte (Straße und Schiene) ein.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Leitfadens (Version 1.0) gilt folgendes Gesetz, wie es im *Code de l'environnement* definiert ist:

- *Loi du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement.*

¹ Dies beinhaltet die Analyse der verschiedenen Varianten des Projekts, einschließlich das Referenz-Szenario (Szenario, falls das Projekt nicht verwirklicht wird; zum Zeitpunkt der fiktiven Inbetriebnahme des Projektes), den Vergleich der Auswirkungen der verschiedenen zukünftigen Szenarien und Varianten, die Überprüfung ihrer Umweltverträglichkeit und die Festlegung der erforderlichen Korrekturmaßnahmen entsprechend dem Stadium des Verfahrens.

0.2.2 Umweltverträglichkeitsstudien: Bevölkerung und menschliche Gesundheit

Das unter 0.2.1 genannte Dokument enthält keine Angaben zur Durchführung der spezifischen Untersuchungen der Schallemissionen auf den menschlichen Lebensraum.

0.2.3 Europa

Auf europäischer Ebene macht derzeit nur die Richtlinie 2002/49/EG² den Ansatz, die Belästigungsindikatoren³ zu harmonisieren. Diese Richtlinie lässt den Mitgliedstaaten jedoch die Möglichkeit, andere Indikatoren zu verwenden, und legt keine Kriterien für die Beurteilung der Lärmbelastigung fest.

0.2.4 Luxemburg

In Luxemburg gibt es derzeit keine gesetzliche Regelung über die zulässigen Lärmbelastungen von Straßen- und Schieneninfrastrukturen. Wegen fehlender nationaler Vorschriften werden Umweltverträglichkeitsstudien in Luxemburg in Anlehnung an die deutsche Vorschrift "16. BIm Sch V."⁴ durchgeführt: Diese definiert nicht nur Immissionsgrenzwerte, die in der unmittelbaren Umgebung nicht überschritten werden dürfen, sondern auch die zugehörigen Belästigungsindikatoren.

Die in der UVP zu verwendenden Indikatoren werden auf vorerwähnter Grundlage auf L_{Tag} und L_{nacht} ⁵ festgelegt, Tabelle 1 fasst die Orientierungswerte zusammen, die auf diese Indikatoren anzuwenden sind:

Tabelle 1 : Orientierungswerte je nach Zone

	dB(A)		
	Tag	Nacht	
1. an Krankenhäusern, Schulen, Kurheimen und Altenheimen	57	47	1. Hôpitaux, Ecoles, Maisons de cures et Séniories
2. in reinen und allgemeinen Wohngebieten & Kleinsiedlungsgebieten	59	49	2. zones résidentielles pures et générales, petites agglomérations
3. in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	64	54	3. Zones centre ville, zones villageoises et mixtes
4. in Gewerbegebieten	69	59	4. Zones d'activités

Anders als in Deutschland gibt es in Luxemburg keinen direkten Zusammenhang zwischen den kommunalen Bebauungsplänen (plan d'aménagement général, PAG) und der in Tabelle 1 definierten Zonen: Die Zuordnung der Zonen richtet sich nach der Lärmvorbelastung (siehe 1.1.2).

0.2.5 Akkreditierte Stellen in Luxemburg

In den luxemburgischen UVP-Vorschriften werden Mindestqualitätskriterien an den Bericht über die Umweltverträglichkeitsprüfung gestellt.

Um die Einhaltung dieser Kriterien zu gewährleisten, empfiehlt die Umweltverwaltung, dass Schallimmissionsprognosen im Rahmen einer UVP durch eine für den Bereich E2 gemäß dem Gesetz vom 21. April 1993⁶ zugelassene Stelle erstellt werden.

² Oft abgekürzt « END » : European Noise Directive

³ Die in der END definierten Indikatoren: L_{day} (07:00-19:00), L_{evening} (19:00-23:00) und L_{night} (23:00-07:00)

⁴ Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BIm Sch V.)

⁵ Die Indikatoren L_{Tag} [entspricht L_{Aeq} (06:00-22:00)] und L_{Nacht} [entspricht L_{Aeq} (22:00-06:00)] unterscheiden sich von den Indikatoren, die in der END definiert sind.

⁶ *Loi du 21 avril 1993 relative à l'agrément de personnes physiques ou morales privées ou publiques autres que l'Etat pour l'accomplissement de tâches techniques d'études et de vérification dans le domaine de l'environnement*

1. INHALT DER SCHALLIMMISSIONSPROGNOSE

Jede Studie über die Auswirkungen von Straßen- und/oder Schieneninfrastrukturprojekten auf die Umwelt muss folgende Struktur berücksichtigen:

1. **Einleitung**, die den Gegenstand der Studie, ihre Struktur und die allgemein verwendete Methodik sowie die Beschreibung der bestehenden Umgebung und die Einfügung des Projekts in diese bestehende Umgebung spezifiziert.
2. **Charakterisierung der vorhandenen Umgebung**, durch Geräuschmessungen oder andere nützliche Informationen.
3. **Charakterisierung der verschiedenen Szenarien**, um die Auswirkungen des Projekts aufzuzeigen (diese Charakterisierung erfolgt durch Modellierung/Berechnung der Ausbreitung der vom Projekt emittierten Verkehrsgeräusche in die nähere Umgebung), und **Bestimmung der Auswirkungen des Projekts** und möglicher Schutzmaßnahmen bei signifikanten Auswirkungen.
4. **Synthese und Schlussfolgerungen**.

Die folgenden Kapitel beschreiben das allgemeine Vorgehen, das für jede dieser aufeinander folgenden Phasen anzuwenden ist; folgende Kapitel beziehen sich auf Anhänge, in denen die anzuwendenden Verfahren im Einzelnen genauer aufgeführt sind.

1.1 Einleitung

1.1.1 Gegenstand der Studie

Es geht darum, die Kompatibilität des Projektes mit dem menschlichen Lebensraum zu untersuchen, wobei die Auswirkungen der Schallemissionen ein wichtiges Element darstellen.

Es ist wichtig, von Anfang an den Gegenstand der Verträglichkeitsprüfung zu beschreiben: Es kann sich um die Untersuchung einer bestehenden Infrastruktur, die Änderung einer bestehenden Infrastruktur oder die Realisierung einer neuen Infrastruktur handeln.

Je nach Projekt und seinen möglichen Auswirkungen ist das Untersuchungsgebiet klar zu definieren. Das aktuelle Szenario ist anhand von Planansichten und Luftbildern (ggf. mit mehreren Maßstabsebenen) darzustellen. Die gleichen Informationen und Maßstabsebenen sind für die Einfügung des Gesamtprojekts zu verwenden.

Dadurch soll dem Leser die Möglichkeit gegeben werden, den Gegenstand der Studie in seinem Umfeld in den globalen Zusammenhang zu setzen.

Schließlich muss das Kapitel auch die Struktur des vorgelegten Berichts definieren.

1.1.2 Beschreibung der Lärmvorbelastung

Dieses Kapitel beschreibt die Lärmvorbelastung im Untersuchungsgebiet: Es enthält die Abmessungen (Größe) des Untersuchungsgebiets, die möglichst vollständige Liste der vorhandenen Geräuschquellen, die für die Analyse der Auswirkungen des Projekts relevant sind (Straßen, Eisenbahnen, mögliche Industrien und/oder andere Geräuschquellen). Gegebenenfalls sind vorhandene Schallschutzwände zu lokalisieren und zu beschreiben.

Es ist auch notwendig, die anzuwendenden PAGs - wenn möglich im gleichen Maßstab - für das Untersuchungsgebiet vorzulegen um die offizielle Nutzungsausweisung der verschiedenen betroffenen Gebiete klar zu dokumentieren. Analog zum Ansatz der großherzoglichen Verordnung vom 13. Februar 1979 über den Geräuschpegel in den „alentours immédiats“⁷ von Betrieben und Baustellen muss die Zuordnung von Gebäuden zu einer Zone gemäß Tabelle 1 auf der Grundlage einer Bewertung erfolgen, die PAGs und die Qualität der Lärmvorbelastung kombiniert.

1.1.3 Projektbeschreibung

Für das Projekt und jede in Erwägung gezogene Variante zu Beginn der Studie ist es wichtig, die Bereiche zu lokalisieren, die von dem Projekt betroffen sein könnten: In der Tat müssen die Auswirkungen auf diese Bereiche charakterisiert werden.

Eine erste qualitative Analyse der Projektvarianten wird vorgestellt und begründet die Methodik der gesamten Studie.

1.1.4 Anzuwendende Methodik

Basierend auf den Punkten 1.1.1 bis 1.1.3 lautet die Gesamtmethodik der Studie wie folgt:

⁷ „Alentours immédiats“: die Grenze der nächstgelegenen Bebauung, in der sich Personen ununterbrochen oder in regelmäßigen oder häufigen Zeitabständen aufhalten (Definition des *règlement grand-ducal du 13 février 1979 concernant le niveau de bruit dans les alentours immédiats des établissements et des chantiers*)

- Charakterisierung der bestehenden Umgebung durch Geräuschmessungen oder andere Informationsquellen, falls diese begründet werden können;
- Charakterisierung der verschiedenen untersuchten Szenarien anhand Schallausbreitungsberechnungen, welche auf einem 3D-Modell beruht;
- Ermittlung der Auswirkungen durch Vergleich verschiedener Szenarien und Gegenüberstellung mit den Empfehlungen;
- Gegebenenfalls Vorschläge zu erforderlichen Schutzmaßnahmen.

1.2 Bestimmung der Lärmvorbelastung

Es ist wichtig, die Lärmvorbelastung zu bestimmen, da sich die durch das Projekt verursachte Veränderung der Umwelt immer primär auf den Ausgangszustand des Untersuchungsgebietes bezieht.

Diese Bestimmung kann entweder durch Geräuschmessungen oder durch einen hinreichend begründeten Verweis auf andere vorhandene Informationen (Anzahl der Messpunkte, Messzeitraum, Messbedingungen / Verwendung anderer relevanter und aktueller Daten) erfolgen.

1.2.1 Bestandsaufnahme

Die Geräuschmessung ist eines der nützlichsten Mittel, um das Ist-Szenario zu charakterisieren. Darüber hinaus sind Geräuschmessungen auch insofern wichtig, da sie eine objektive Bestandsaufnahme liefern, welche als Referenz während des gesamten Projektverlaufs dienen können. Um jedoch sicherzustellen, dass Geräuschmessungen wirklich objektiv sind, müssen sie nach einer strengen Methodik durchgeführt werden, wie nachfolgend definiert.

1.2.1.1 Beschreibung der Messpunkte

Die Geräuschmessungen müssen an einer ausreichenden Anzahl von Messpunkten durchgeführt werden, die für das Ist-Szenario repräsentativ sind und sich an Standorten befinden, wo das Projekt (und alle Varianten davon) positiv oder negativ einwirkt; die Begründung muss auf den Punkten 1.1.2 und 1.1.3 basieren.

Die Lage der Messpunkte wird im Fachgutachten global auf den gleichen Luftbildern und Planansichten dargestellt, die zur Beschreibung der aktuellen und prognostizierten Szenarien verwendet werden, während die im Anhang dargestellten Steckbriefe die Bedingungen an jedem Messpunkt detailliert beschreiben.

Die Anforderungen an Geräuschmessungen sind in Anhang 2.1 aufgeführt.

1.2.1.2 Messergebnisse

Die Ergebnisse der Geräuschmessungen sind im Bericht in tabellarischer Form in L_{Tag} , L_{Nacht} -Werten sowie in L_{day} , L_{evening} , L_{night} , L_{den} Werten (letztere für dokumentarische Zwecke im Rahmen der strategischen Lärmkartierung) und in L_{A90} , L_{A10} Werten für die gleichen Perioden zusammengefasst: (06:00 – 22:00), (22:00 – 06:00), (07:00 – 19:00), (19:00 – 23:00) und (23:00 – 07:00), für die Woche, das Wochenende und beide zusammen [Woche + Wochenende].

Die detaillierten Ergebnisse sind im Anhang darzustellen:

- grafisch in $L_{Aeq}(1h)$, $L_{A90}(1h)$, $L_{A10}(1h)$ Werten über den gesamten Messzeitraum und $L_{Aeq, 1\text{ min}}$ pro Tag, und

- in tabellarischer Form in L_{Aeq} , L_{A90} , L_{A10} Werten nach Zeitabschnitten für die Perioden (06:00 – 22:00) und (22:00 – 06:00), sowie (07:00 – 19:00), (19:00 – 23:00) und (23:00 – 07:00).

1.2.1.3 Messauswertung

Eine detaillierte Analyse der Geräuschmessungen erfolgt Punkt für Punkt.

1.2.1.4 Schlussfolgerung

Ein allgemeines Fazit ist über die gesamten Geräuschmessungen zu ziehen.

Darüber hinaus müssen die Geräuschmessungen zusammen mit der Analyse der PAG herangezogen werden, um die Zuordnung der Nutzung von Gebäuden zu einer Zone gemäß Tabelle 1 zu rechtfertigen.

1.3 Untersuchung der verschiedenen Szenarien

Die Studie berücksichtigt zumindest die folgenden Szenarien:

- Das bestehende Ist-Szenario;
- Das Referenz-Szenario (Szenario, falls das Projekt nicht verwirklicht wird; zum Zeitpunkt der fiktiven Inbetriebnahme des Projektes) ;
- Das prognostizierte Szenario, einschließlich möglicher Varianten;
- Falls zutreffend: ein (oder mehrere) verbesserte(s) Szenario(en).

Die Charakterisierung der verschiedenen untersuchten Szenarien erfolgt anhand einer berechneten Schallausbreitung auf Basis eines 3D-Modells.

Die Auswirkungen durch Verkehrsgeräusche werden dann durch den Vergleich verschiedener Szenarien und der Gegenüberstellung mit den Empfehlungen ermittelt: Gegebenenfalls werden mögliche Schutzmaßnahmen bei signifikanten Auswirkungen vorgeschlagen.

Die Ergebnisse der Berechnungen nach den entsprechenden Indikatoren (siehe 0.2.4) ermöglichen es, folgende Auswirkungen durch Verkehrsgeräusche zu ermitteln:

- Die Entwicklung der durch das Projekt verursachte Lärmbelastung im Vergleich zum Ist-Szenario
- Die Entwicklung des durch das Projekt induzierten Geräuschpegels in Bezug auf das Referenz-Szenario
- Der Vergleich der Geräuschpegel jedes Szenarios mit den Orientierungswerten der Tabelle 1
- Im Falle von verschiedenen Varianten, jeder sinnvolle Vergleich dieser Varianten.

Gegebenenfalls werden mögliche Schutzmaßnahmen bei signifikanten Auswirkungen auf den menschlichen Lebensraum vorgeschlagen und begründet.

1.3.1 Eingangsdaten

Der Aufbau des Modells erfordert die Zusammenstellung von Eingangsdaten, wobei auf deren Qualität besonders zu achten ist. Weitere Details und die Anforderung an die Qualität der erforderlichen Eingangsdaten sind im Anhang 2.2 aufgeführt. Das Fachgutachten spezifiziert explizit alle für den Aufbau des Ausbreitungsmodells in Betracht gezogenen Hypothesen. Beispielsweise wird für den betrachteten Verkehr für die entsprechenden Szenarien eine detaillierte Begründung vorgelegt, die einen ausreichend langen Prognosehorizont berücksichtigt, um eine relevante und beständige Analyse der Auswirkungen des Projekts zu ermöglichen. Der Prognosehorizont ist anzugeben.

1.3.2 Ausbreitungsberechnung

Die Berechnungen werden mit Hilfe eines Schallausbreitungsprogramms für die betreffenden Verkehrsprojekte in ihre Umgebung auf Grundlage eines 3D-Modells durchgeführt, das basierend auf den in Abschnitt 1.3.1 genannten Daten erstellt wurde. Die Anforderungen an die Berechnungssoftware und -parameter sind in Anhang 2.3 aufgeführt. Der Bericht des Fachgutachtens muss alle in den Berechnungen berücksichtigten Annahmen erläutern.

1.3.2.1 Berechnungen an ausgewählten Immissionspunkten

Die Berechnung der Geräuschpegel nach L_{Tag} , L_{Nacht} ⁸ wird an den Messstellen und an einer Reihe anderer ausgewählter Immissionspunkte durchgeführt, um zumindest die nächstgelegene Bebauung (erste Häuserzeile), die dem Verkehrslärm der untersuchten Infrastruktur ausgesetzt ist, homogen und repräsentativ im Untersuchungsgebiet darzustellen. Diese Punkte werden gemäß den in Anhang 2.3 aufgeführten Anforderungen festgelegt.

1.3.2.2 Berechnung von Lärmkarten

Im Hinblick auf die Vereinfachungen im Rahmen der Berechnungsmethoden von Lärmkarten ist die Verwendung dieser Karten der Visualisierung der Schallausbreitung im Untersuchungsgebiet vorbehalten: diese Karten werden für die unter 1.3.2.1 genannten L_{Tag} und L_{Nacht} Perioden vorgelegt.

1.3.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in tabellarischer Form für jeden ausgewählten Immissionspunkt mit Angabe der zugeordneten Zone gemäß Tabelle 1 und der entsprechenden Kriterien gemäß den Bestimmungen in Anhang 2.3 dargestellt.

Wie in Abschnitt 1.3.2.2 angegeben, sind Lärmkarten, Pegeldifferenzkarten und alle anderen Karten beizufügen, die für ein gutes Gesamtverständnis der Schallausbreitung im Untersuchungsgebiet nützlich sind.

1.3.4 Analyse

Die Auswirkungen auf den menschlichen Lebensraum jedes untersuchten Szenarios werden durch Vergleich der berechneten Geräuschpegel L_{Tag} (06:00-22:00) und L_{Nacht} (22:00-06:00)⁹ und der in Tabelle 1 empfohlenen Orientierungswerte ermittelt.

Die durch das Projekt induzierten Geräuschpegel sind unter Berücksichtigung ihres globaleren Kontextes zu interpretieren und es ist zu prüfen, ob das Projekt zu einer signifikanten Veränderung der bestehenden Geräuschpegel beitragen wird.

Zu diesem Zweck werden für jedes neue Szenario neue Indikatoren, sogenannte "relative Indikatoren", definiert, die aufzeigen wie:

- die Unterschiede zwischen den berechneten L_{Tag} Werten (06:00 – 22:00) und den bestehenden L_{Tag} Werten (06:00 – 22:00) sind, was es ermöglicht, die Entwicklungen des bestehenden L_{Tag}

⁸ Die Umweltverwaltung behält sich das Recht vor, auch die Berechnung der L_{den} , L_{day} , L_{evening} und L_{night} Werte zu verlangen.

⁹ Diese Indikatoren können als "absolute" (Geräuschpegel) Indikatoren betrachtet werden.

Geräuschpegels (06:00 – 22:00) hervorzuheben; positive (Verringerung der Lärmvorbelastung) oder negative Entwicklungen (Erhöhung der Lärmvorbelastung) ...;

- und ebenso die Unterschiede zwischen den berechneten und den bestehenden L_{Nacht} (22:00 – 06:00) Pegeln.

Für jedes untersuchte Szenario sind die Ergebnisse zu interpretieren und die Auswirkungen (positiv und negativ) auf den menschlichen Lebensraum hervorzuheben, wobei eine auf 2 dB(A) begrenzte Pegeldifferenz als nahezu unmerklich anzusehen ist^{10,11}.

1.4 Schlussfolgerungen

Dieses Kapitel fasst den Gegenstand der Studie und die verwendete Methodik zusammen.

Die wichtigsten Erkenntnisse, die sich aus der Studie ableiten lassen, werden hier aufgezeigt, insbesondere die tatsächlichen Auswirkungen durch Verkehrsprojekte auf den menschlichen Lebensraum und Vorschläge zu erforderlichen Schutzmaßnahmen, für den Fall, dass diese Auswirkungen als signifikant anzusehen sind.

Die zugelassene Stelle schließt den Bericht ab, mit den Maßnahmen, welche als notwendig erachtet werden, um das Projekt in den menschlichen Lebensraum einzufügen. Können die geltenden Orientierungswerte nicht durch aktive Schutzmaßnahmen erreicht werden, ist eine Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen, und eine Abstimmung mit der Umweltverwaltung ist notwendig.

¹⁰ Weltgesundheitsorganisation:

“Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control”, chapitre 1. FUNDAMENTALS OF ACOUSTICS, 1.4. PSYCHO-ACOUSTICS, 1.4.2. Loudness, page 41/334, Table 1.4 Subjective effect of changes in sound pressure level: “a change of 3 dB in sound level is just perceptible to the normal ear”, oder wiederum: “eine Abweichung von 3 dB ist für das menschliche Ohr kaum wahrnehmbar“, was mit einer gewissen Sicherheit dazu führt, dass eine Abweichung von 2 dB für das menschliche Ohr kaum wahrnehmbar ist.

¹¹ Zur Information, die 16. BIm Sch V. selbst weist darauf hin, dass sie nur für wesentliche Änderungen des Geräuschpegels durch das Infrastrukturprojekt gilt, wobei festgelegt ist, dass diese Änderungen einen Anstieg von mindestens 3 dB(A) bewirken: der Wert von 2 dB(A) als akzeptable Pegeldifferenz wird in Frankreich, Belgien und den Niederlanden üblicherweise verwendet.

2. ANHÄNGE

2.1 Anforderungen an Geräuschmessungen

2.1.1 Messinstrumente

Die Messeinrichtungen müssen den Spezifikationen der Klasse 1 der EN 61672-1 entsprechen. Vor / nach jeder Geräuschmessung muss derselbe Kalibrator verwendet werden: Ist die Kalibrierkorrekturdifferenz größer als 0,5 dB, sind die Messungen ungültig und müssen wiederholt werden.

Die Messgeräte müssen mindestens alle 2 Jahre von einer zugelassenen Stelle neu geeicht werden.

2.1.2 Messbedingungen

Die Mikrofone müssen mit einem Windschutz ausgestattet sein und folgendermaßen angebracht werden:

- Bei bewohnten Gebäuden: vor der Fassade in Höhe von 1,5 m¹²;
- Im Freifeld: in einer Höhe von 4 m¹³ zum natürlichen Gelände.

Die Geräuschpegel $L_{Aeq, 1sec}$ werden kontinuierlich und in Echtzeit 1/3 Oktave gemessen, um Schallereignisse zu charakterisieren und mögliche Störereignisse vor jeder Analyse zu extrahieren.

Die Geräuschmessungen müssen gleichzeitig und synchron an allen Punkten der gleichen Messkampagne über einen Zeitraum von mindestens 7 Tagen durchgeführt werden, der repräsentativ für die Lärmvorbelastung ist, wobei Schulferien zu vermeiden sind.

Jede Messkampagne muss von mindestens einer Wetterstation mit Messwerten pro 10-Minuten-Zeitraum begleitet werden:

- Temperatur
- Windgeschwindigkeit und -richtung
- Niederschlag

Die Geräuschmessungen sind vorzugsweise ohne Niederschlag und bei Windgeschwindigkeiten von weniger als 5 Metern pro Sekunde durchzuführen. In allen Fällen müssen die Wetterbedingungen im Bericht des Fachgutachtens selbst in Form einer einzigen Grafik dargestellt werden, die die Entwicklung der 4 Parameter während des gesamten Messzeitraums zeigt: Der Beweis ist zu erbringen, dass diese die Ergebnisse der durchgeführten Geräuschmessungen nicht wesentlich beeinflusst haben. Bei Bedarf kann die Dauer der Messkampagne verlängert werden.

2.1.3 Beschreibung der Messpunkte

Für jeden Messpunkt ist mindestens ein Steckbrief im Anhang des Berichts mit folgenden Details zu erstellen:

- Die Adresse und die LUREF-Koordinaten des Mikrofons;
- Die Höhe des Mikrofons und die Art der verwendeten Geräte (Mikrofon, Vorverstärker, Kabel, Schallpegelmesser), einschließlich der entsprechenden Seriennummern;

¹² Analog zum *règlement grand-ducal du 13 février 1979 concernant le niveau de bruit dans les alentours immédiats des établissements et des chantiers*

¹³ Nach internationaler Norm ISO 1996-2: 2017

- Kalibrierungsdaten vor und nach der Messung;
- Das Start- und Enddatum sowie die Uhrzeiten der Geräuschemessung;
- Eine Luftaufnahme mit Lage des Messpunktes;
- Eine Foto-Ansicht, um die Messbedingungen zu verstehen;
- Mögliche Bemerkungen (insbesondere: mögliche Geräusche oder Aktivitäten, die die Messungen beeinflussen können).

2.2 Anforderung an die Modelldaten

Die Qualität der Daten ist entscheidend für die Qualität der Berechnungsergebnisse der verschiedenen Szenarien, diese Daten entsprechen den folgenden Kriterien:

2.2.1 Vorhandene Infrastrukturen

- Ein 3D-Plan der bestehenden Infrastruktur und der zugehörigen relevanten Infrastruktur; ansonsten eine Planansicht mit Lang- und Querprofilen der Infrastruktur; die Pläne werden im .DWG (oder .SHP oder .DXF) georeferenzierten LUREF-Format, im Maßstab 1:1000 oder besser, und übersichtlich dargestellt:
 - Straßen-/Schieneninfrastrukturachse(n),
 - Fahrspuren, einschließlich Notfahrspuren und Reservierungen / Gleise, einschließlich Bahnsteige, Bahnhöfe und Weichen ;
- Beschaffenheit des Straßenbelags / Art des Bahn- / Gleiskörpers und Gleisverlegung;
- Durchschnittliche jährliche Verkehrsdaten [pro Stunde oder mindestens für die Perioden (06:00 – 22:00) und (22:00 – 06:00)] :
 - Anzahl und Geschwindigkeit der Pkw / Lkw nach der angewandten Berechnungsmethode,
 - Zugzusammensetzung (Typen, Längen, inklusive Geschwindigkeiten).

2.2.2 Geplante Infrastrukturen

- Ein 3D-Plan der geplanten Infrastrukturen, einschließlich der Veränderungen an der bestehenden Infrastruktur und den damit zugehörigen relevanten Infrastrukturen; ansonsten eine Planansicht mit Längs- und Querprofilen der Infrastruktur; alle Pläne werden im .DWG (oder .SHP oder .DXF) georeferenzierten LUREF-Format, im Maßstab 1:1000 oder genauer, übersichtlich mit folgenden Angaben dargestellt:
 - Straßen-/Schieneninfrastrukturachse(n),
 - Fahrspuren, einschließlich Notfahrspuren und Reservierungen / Gleise, einschließlich Bahnsteige, Bahnhöfe und Weichen;
- Beschaffenheit des Straßenbelags / Art des Bahn-/Gleiskörpers und Gleisverlegung;
- Durchschnittliche jährliche Verkehrsprognosen [pro Stunde oder mindestens für die Perioden (06:00 -22:00) und (22:00 – 06:00)¹⁰]: Diese Prognosen beschreiben das Referenz- (Entwicklung, wenn das Projekt nicht durchgeführt wurde) sowie die anderen Szenarien (Entwicklung, wenn das Projekt durchgeführt wird) detailliert beschreiben. Der Prognosehorizont ist anzugeben, und zwar über einem ausreichend langen Zeitraum, um eine relevante und langfristig abgesicherte Analyse der Auswirkungen des Projekts zu ermöglichen.
 - Anzahl und Geschwindigkeit der Pkw / Lkw nach der angewandten Berechnungsmethode,
 - Zugzusammensetzung (Typen, Längen, inklusive Geschwindigkeiten).

2.2.3 Untersuchungsgebiet

- Lage und Charakterisierung jedes Bauwerks, das dem Verkehrslärm der betrachteten Infrastruktur ausgesetzt ist und / oder in irgendeiner Weise die Schallausbreitung im Untersuchungsgebiet beeinflusst: falls zutreffend, Lage, Höhe, Zielort.

2.2.4 Zusätzliche Angaben

- Topographie des Untersuchungsgebietes mit digitalem Geländemodell zur Darstellung der Gebäudehöhe;
- Lage und Art der anderen in der Nähe liegenden geräuschintensiven Verkehrsachsen und ihre Bedeutung für die Lärmbelastung des untersuchten Standortes;
- Charakterisierung von Bodeneffekten, mit Begründung;
- Bestehende Schallschutzmaßnahmen am Standort.

2.3 **Anforderung an die Ausbreitungsberechnung**

Die Berechnungen werden mit Hilfe eines Schallausbreitungsprogramms durchgeführt, dies gemäß den Anforderungen in Kapitel 2.2.

Infolge der Anlehnung an die deutsche Gesetzgebung „16. BIm Sch V.“ gelten daher folgende Normen für die Berechnungen: RLS-19 für Straße, und SCHALL-03¹⁴ für Schiene.

Die Qualität der Software ist gegeben falls die Vorgaben der DIN 45687 (Akustik - Software für Programme zur Schallausbreitung im Freien - Qualitätskriterien und Kontrollverfahren) eingehalten werden.

2.3.1 Berechnungsparameter

- Straße :
 - Lage der Fahrbahn (mindestens: jede Verkehrsrichtung separat modelliert) und ggf. Ein- und Ausfahrtsspuren;
 - Straßenbelag
- Schiene :
 - Lage der genutzten Bahngleise;
 - Art der Gleisverlegung
- Die jeweiligen Verkehrsdaten nach den Perioden (06:00 – 22:00) und (22:00 – 06:00)¹⁵ ;
- Die Geschwindigkeiten / Geschwindigkeitsprofile für jeden Fahrzeugtyp / jede Fahrzeugkategorie / jede Zugzusammensetzung;
- Die Lage und Höhe von Gebäuden / Wohnhäusern, die die Schallausbreitung beeinflussen ;
- Der Bodeneffekt;
- Die Luftabsorption ;
- Das Gelände ;

¹⁴ Die Umweltverwaltung behält sich das Recht vor, auch die Berechnung der L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ und L_{night} Werte zu verlangen: Dies beinhaltet die Anwendung von XPS 31-133 für Straße und RMR-96 für Schiene.

¹⁵ Die Umweltverwaltung behält sich das Recht vor, auch die Berechnung der L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ und L_{night} Werte zu verlangen: Dies bedeutet, dass die jährlichen durchschnittlichen Verkehrsdaten über die entsprechenden Zeiträume ermittelt werden.

- Die Bauwerke und ihr Einfluss auf die Schallausbreitung (Brücken, Tunnel, Stützmauern, usw.);
- Die Schutzwirkung jedes akustisch relevanten Objekts / Hindernisses;
- Akustische Reflexionen :
 - Berechnungen an ausgewählten Immissionspunkten: Mindestreflexionsreihenfolge 3
 - Berechnung von Lärmkarten: Mindestreflexionsgrad 2
- (Wenn sich die Berechnungsmethode darauf bezieht: meteorologische Jahresmittelwerte).

Vor der Berechnung an ausgewählten Immissionspunkten und sowie die Erstellung von Lärmkarten ist ein Modell auf Grundlage der vorerwähnten Daten zu erstellen.

In allen Fällen müssen Berechnungen an ausgewählten Immissionspunkten verwendet werden, um die tatsächlichen Auswirkungen einer Infrastruktur zu ermitteln und gegebenenfalls mögliche Schutzmaßnahmen bei signifikanten Auswirkungen vorzuschlagen: Die Verwendung von Lärmkarten (siehe unten) ist für Visualisierungszwecke und nicht zur Bestimmung der Einhaltung der Orientierungswerte vorbehalten.

2.3.2 Berechnung an ausgewählten Immissionspunkten

Für jeden Punkt an der Fassade von bewohnten Gebäuden: Die ausgewählten Immissionspunkte liegen in Höhe von 1,5 m bezogen auf das Höhenprofil am betreffenden Ort; bei Fehlen relevanter Daten kann die Höhe der Geschosse von Ebene zu Ebene mit 3 m angesetzt werden.

Für jeden anderen Punkt: Die Höhe beträgt an dieser Stelle 4 m im Verhältnis zum natürlichen Gelände.

2.3.3 Lärmkartierung

Die Verwendung von Lärmkarten ist der Visualisierung der Schallausbreitung im Untersuchungsgebiet vorbehalten. Die für das Berechnungsraster gewählte Maschenweite ist anzugeben und zu begründen.

Für alle untersuchten Szenarien werden Lärmkarten in einer Höhe von 4 m über dem natürlichen Gelände erstellt; zusätzliche Karten in einer Höhe von 1,5 m über dem natürlichen Gelände können auch zur Dokumentation des Geräuschpegels auf Freiflächen (Gärten/Parks/Straßen) in der Umgebung von Wohngebäuden erstellt werden.

Es werden auch Differenzkarten zwischen den verschiedenen Szenarien erstellt.

Im Anlehnung an die deutsche Norm „16. BIm Sch V.“ basieren die Karten auf:

- Schallpegel-Isophonen L_{Tag} für Pegel > 75, 70, 65, 60 und 55 dB (A)
- Schallpegel-Isophonen L_{Nacht} für Pegel > 65, 60, 55, 50 und 45 dB (A)

Die zu verwendeten Farbcodes sind folgendermaßen definiert:

- für die Geräuschpegel¹⁶ siehe Tabelle 2, und
- für Unterschiede im Geräuschpegel¹⁷ siehe Tabelle 3.

¹⁶ Nach ISO-Norm 1996-2: 1987 Tabelle 1: Akustische Zonen, Ergebnisdarstellung

¹⁷ Anstieg der Geräuschpegel über 1 dB(A) werden in verschiedenen Rot-Tönen dargestellt, Reduktion der Geräuschpegel über 1 dB(A) in verschiedenen Grün-Tönen, Änderungen zwischen -1 und +1 dB(A) werden in weiß dargestellt.

Tabelle 2 : Farbcodes zur Darstellung des Geräuschpegels

		R - G - B
	< 35	195 - 255 - 134
	35 - 40	000 - 238 - 000
	40 - 45	000 - 181 - 091
	45 - 50	255 - 255 - 000
	50 - 55	255 - 176 - 096
	55 - 60	255 - 128 - 002
	60 - 65	255 - 115 - 115
	65 - 70	255 - 000 - 000
	70 - 75	219 - 000 - 110
	75 - 80	077 - 166 - 255
	> 80 dB(A)	000 - 091 - 181

Tabelle 3 : Farbcodes für die Darstellung von Schallpegeldifferenzen

		R - G - B
	> 7	106 - 000 - 000
	7 - 6	144 - 000 - 000
	6 - 5	181 - 000 - 000
	5 - 4	219 - 000 - 000
	4 - 3	255 - 002 - 002
	3 - 2	255 - 040 - 040
	2 - 1	255 - 077 - 077
	1 - 0	255 - 255 - 255
	0 - -1	255 - 255 - 255
	-1 - -2	166 - 255 - 077
	-2 - -3	147 - 255 - 040
	-3 - -4	128 - 255 - 002
	-4 - -5	110 - 219 - 000
	-5 - -6	091 - 181 - 000
	-6 - -7	072 - 144 - 000
	< 7 dB(A)	053 - 106 - 000

Die Lärmkarten sind in einer Übersicht mit einem festen Maßstab von maximal 1:10.000 darzustellen, die der "Zoom"-Karten einer Detailgenauigkeit von 1/5.000 oder genauer lokalisiert.

In diesen Karten müssen alle Infrastrukturen, Gebäude sowie das Relief deutlich sichtbar sein; gegebenenfalls müssen bestehende und / oder vorgeschlagene Schutzmaßnahmen klar lokalisiert und beschrieben sein.

2.3.4 Zusätzliche Anforderungen

Sollen mehrere Varianten des Projektes untersucht werden, ist es am besten, diese möglichst auf der gleichen Planunterlage mit unterschiedlichen Farben darzustellen. Ist dies nicht möglich, ist eine Abfolge von Ansichten zu nutzen, welche immer die gleichen Maßstäbe haben.

Der Hauptteil des Fachgutachtens enthält Fotos und Planansichten in Maßstäben, die das Gesamtverständnis des Projekts beitragen, während mögliche fotografische Dokumentationen und Planansichten im Anhang vorgestellt werden.

2.4 Datenübergabe

Das Fachgutachten, einschließlich aller Anhänge, muss im PDF-Format vorliegen. Der Bericht muss im A4-Format vorliegen, während alle kartografischen Anhänge im A3-Format vorliegen müssen.

Die tabellarischen Ergebnisse sind im XLSX-Format einzureichen.

Alle georeferenzierten Informationen sind im Format .SHP zu übermitteln:

- Das 3D-Modell;
- Die Lage der Schutzmaßnahmen;
- Geräuschpegel an den ausgewählten Immissionspunkten;
- Kartografische Ergebnisse.