



Plannummer: **FL-EB19-AA02LT-00-0002-F00**

AUSFERTIGUNG
EINLAGEZAHL -

**Strecke**  
Feldkirch - Buchs (SG)

**Streckenabschnitt auf Hoheitsgebiet  
des Fürstentums Liechtenstein**

# Konzept für Lärmsanierung

gemäss Verfügung vom 5. November 2018 des Amts  
für Umwelt des Fürstentums Liechtenstein

4	tt.mm.jjjj	.	.	.
3	tt.mm.jjjj	.	.	.
2	tt.mm.jjjj	.	.	.
1	tt.mm.jjjj	.	.	.
Index	Datum	Name	Beschreibung der Änderung	Zustimmung

OBJEKTNR.:		STRECKENNR.:		
<b>ABSCHNITT</b> <i>Km / Stat.</i>		Staatsgrenze bei Feldkirch - Staatsgrenze bei Buchs (SG) km 8.3+75 - km 17.3+38		
Bearb.:	07.09.2021	C. Z.	<b>Schalltechnischer Bericht</b>	
Gezei.:	09.09.2021	M. K.		
Geprü.:	09.09.2021	M. K.		
GZ	190221			
Plangröße	A4			
Maßstab	-			

<b>Planung:</b>   n-Sphere AG, Räfelstr. 29, 8045 Zürich, Schweiz Tel. +41 44 454 30 10, <a href="mailto:micha.köpfli@n-sphere.ch">micha.köpfli@n-sphere.ch</a> Planung 2021-11-26 13:43:10 <b>upload</b> Christoph Zellmann, n-sphere AG <b>sigld:</b> U08A1xujVPIG7zXpn9yXo94nPhU=	<b>Fachreferent:</b> Zustimmung Fachreferat 2021-12-07 10:14:59 <b>Der Plan kann freigegeben werden</b> Johannes DOX, ÖBB-Infrastruktur AG <b>sigld:</b> Xwk9dOTJ24cwBabiriJ2LNxIAu4=
23.11.2021	<b>Projektleitung:</b> Planfreigabe 2021-12-09 15:32:00 <b>Plan zur Ausführung freigegeben</b> Hans-Georg KLOBUCARIC, ÖBB-Infrastruktur AG (PNA, PL T/V) <b>sigld:</b> kSPI54m6gMD55TEKAh1i/Tk9Rig=

File: Planschild mit Heftrand\_Lärmsanierungskonzept.dwg

Stand: tt.mm.jjjj

Layout: OEBB\_PK-EINREICHUNG M H

Plotdatum: 2010-10-19

## Kurzzusammenfassung

Das vorliegende Lärmsanierungskonzept überprüft mit dem Prognosejahr 2026, ob aufgrund der gesetzlichen Umsetzungsverpflichtung der Lärmschutzverordnung (LSV) zum 13. Oktober 2023 ein Handlungsbedarf zur Sanierung der Eisenbahnanlage auf Liechtensteiner Hoheitsgebiet besteht. Als Betreiberin der Eisenbahnanlage zwischen Feldkirch und Buchs ist die ÖBB-Infrastruktur AG bei Überschreitung der Immissionsgrenzwerte zur Lärmsanierung verpflichtet, soweit diese wirtschaftlich tragbar ist.

Zu diesem Zweck wurde bereits im Lärmsanierungskonzept vom 20.10.2019 ein Lärmbelastungskataster für das Prognosejahr 2026 berechnet. Grundlage für die Prognose bildet das Lärmbelastungskataster 2017, wobei die Verkehrsmengen, Zugszusammensetzungen und weitere Eingangsparameter mit Einfluss auf die Emissionen gemäss Prognosen für das Jahr 2026 angepasst wurden. Mit der vorliegenden Überarbeitung des Lärmsanierungskonzepts wurde zudem der Anteil der Wagen mit Graugussbremssohlen auf 0% gesenkt und die effektive Geschwindigkeit von Güterzügen gemäss Richtlinie «Lärmschutz bei Eisenbahnanlagen» vom 20. Mai 2019 auf 85% der Maximalgeschwindigkeit gesetzt.

Die überarbeitete Berechnung des Prognosejahrs 2026 ergab sowohl tags als auch nachts keine Überschreitung der Immissionsgrenzwerte an Gebäuden und nicht überbauten Parzellen. Im Vergleich waren es im Lärmbelastungskataster 2017 noch 21 Gebäude und 14 Parzellen, die durch Bahnlärmimmissionen über den Immissionsgrenzwerten gemäss LSV belastet waren. Hauptursache für diese Unterschiede ist der angenommene Rückgang an Wagen mit Graugussbremssohlen, der die Emissionen um ca. 5 dB reduziert. Durch das Verbot für Graugussbremssohlen in der Schweiz und in Deutschland seit 2020 ist diese Annahme gut begründet.

Da die Immissionsgrenzwerte und damit auch die Alarmwerte nie überschritten wurden, besteht zum jetzigen Zeitpunkt kein Handlungsbedarf zur Sanierung der Eisenbahnanlage auf Liechtensteiner Hoheitsgebiet. Mit der Umsetzung des Projekts S-Bahn Liechtenstein (früher auch S-Bahn FL.A.CH genannt), würden sich die Rahmenbedingungen grundlegend ändern. Sollte das Projekt nicht umgesetzt werden, so wäre die vorliegende Untersuchung, im Falle von auf Dauer wesentlichen Überschreitungen der zulässigen Immissionen (z.B. durch zusätzlichen Bahnverkehr), unter Berücksichtigung eines erweiterten Sanierungshorizonts erneut durchzuführen (siehe auch Pkt. 4.4 der Schweizer Richtlinie „Lärmschutz für Eisenbahnanlagen, 20. Mai 2019“).

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Auftrag</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen und weitere Dokumente</b> .....	<b>6</b>
3.1	Liechtensteiner Gesetze .....	6
3.2	Andere Gesetze und Verordnungen.....	6
3.3	Richtlinien und Regelwerke.....	6
3.4	Datengrundlage.....	6
3.5	Dokumentation der Berechnungsprogramme .....	6
3.6	Online Ressourcen.....	6
<b>4</b>	<b>Grundlagendaten und Datenaufbereitung</b> .....	<b>7</b>
4.1	Geländemodell .....	7
4.2	Gebäudedaten.....	8
4.3	Fassaden, Fassadenpunkte und Etagen .....	11
4.4	Beurteilungspunkte .....	13
4.5	Gebäude- und Wohnungsregisterdaten.....	13
4.6	Bahndaten .....	14
4.7	Lärmempfindlichkeitsstufen.....	17
<b>5</b>	<b>Lärmermittlung</b> .....	<b>18</b>
5.1	Beurteilungspegel.....	18
5.2	Ort der Ermittlung .....	18
5.3	Emissionsberechnung.....	18
<b>6</b>	<b>Modellgenauigkeit</b> .....	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Lärmbelastungskataster 2026</b> .....	<b>20</b>
7.1	Belastungsgrenzwerte .....	20
7.2	Empfindlichkeitsstufen.....	21
7.3	Grenzwertüberschreitungen .....	21
7.4	Beurteilung .....	21
<b>8</b>	<b>Vergleich der Resultate</b> .....	<b>22</b>
8.1	Vergleich mit dem Lärmkataster 2017 .....	22
8.2	Vergleich mit punktuellen Messungen.....	22
<b>9</b>	<b>Lärmsanierungskonzept</b> .....	<b>24</b>
<b>10</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>24</b>
<b>11</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>25</b>
11.1	Dokumentation der Begehung .....	25
11.2	Ausbreitungsmodell und CadnaA-Berechnungseinstellungen.....	31
11.3	Messberichte Ziviltechnik Hagner .....	36
11.4	Schallimmissionspläne.....	36

## 1 Einleitung

Das liechtensteinische Umweltschutzgesetz (USG) und die liechtensteinische Lärmschutzverordnung (LSV) dienen dem Schutz der Bevölkerung vor lästigem und schädlichem Umgebungslärm und regeln die zulässigen Lärmpegel, welche von den Lärmquellen Strassen, Eisenbahnen, Flugfelder sowie von Industrie und Gewerbe ausgehen.

Gemäss Artikel 20 der LSV sind Aussenlärmimmissionen durch Bahnverkehr zu ermitteln, falls Grund zur Annahme besteht, dass die massgebenden Belastungsgrenzwerte überschritten sind. Im Falle von Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte (IGW), müssen ortsfeste Anlagen wie Eisenbahnanlagen gemäss Art. 14 der LSV durch den Betreiber der Anlage saniert werden. Hierbei wurde eine gesetzliche Umsetzungsverpflichtung zum 13. Oktober 2023 festgelegt.

Auf Basis der Verfügung vom 5. November 2018 wurde am 08. Oktober 2019 ein Lärmsanierungskonzept beim Amt für Umwelt des Fürstentums Liechtensteins eingereicht. Da die Abklärungen zum Projekt S-Bahn Liechtenstein damals noch hängig waren und nach wie vor sind, soll mit dem Prognosefall 2026 überprüft werden, ob durch die gesetzliche Umsetzungsverpflichtung bereits ein Handlungsbedarf besteht.

In der eingereichten Version konnten die IGW in der Nacht an zwei Gebäuden und einer Parzelle nicht eingehalten werden. Daher wurden zwei Varianten einer Lärmschutzwand für Schaan berechnet und deren wirtschaftliche Tragbarkeit bestimmt. Die Berechnung ergab, dass der Bau einer Lärmschutzwand wirtschaftlich nicht tragbar gewesen wäre.

Auf die Überprüfung des eingereichten Lärmsanierungskonzept durch das Amt für Umwelt vom 20. Mai 2021 folgte der Auftrag zur Überarbeitung des Lärmsanierungskonzepts. Dabei soll der Anteil der Wagen mit Graugussbremssohlen auf 0% gesenkt werden und die effektive Geschwindigkeit von Güterzügen auf 85% der Maximalgeschwindigkeit gesetzt werden. Die Auswirkungen auf den Beurteilungspegel und die wirtschaftliche Tragbarkeit der Lärmschutzmassnahmen werden in diesem überarbeiteten Bericht dargelegt.

## 2 Auftrag

Die ÖBB-Infrastruktur AG erteilte der n-Sphere AG im Juni 2021 den Auftrag zur Überarbeitung des Lärmsanierungskonzept vom 08. Oktober 2019, welches für die Eisenbahnanlage zwischen Feldkirch und Buchs für das Prognosejahr 2026 erstellt wurde. Das Lärmsanierungskonzept baute auf dem Lärmbelastungskataster 2017 auf, welches bereits durch die n-Sphere AG berechnet wurde.

Zur Überprüfung der Sanierungspflicht wurde in einem ersten Schritt ein Lärmbelastungskataster für das Prognosejahr 2026 für das Fürstentum Liechtenstein erneut berechnet. Im Unterschied zum bestehenden Lärmsanierungskonzept wurden der Anteil der Wagen mit Graugussbremssohlen auf 0% gesenkt und die effektive Geschwindigkeit von Güterzügen auf 85% der Maximalgeschwindigkeit gesetzt. Alle anderen Grundlagedaten und Berechnungsparameter wurden nicht verändert. In einem zweiten Schritt sollte das bestehende Lärmsanierungskonzept und die wirtschaftliche Tragbarkeit der bestehenden Varianten mit Lärmschutzwänden überarbeitet werden.

Zur Aufbereitung der Grundlagedaten und Durchführung der Auswertungen wurde die Lösung D-noise von der n-Sphere AG verwendet. Für die Schallausbreitungsrechnungen wurde CadnaA von Datakustik eingesetzt.

Dieser Bericht dokumentiert die verwendeten Grundlagedaten, die Datenaufbereitungsarbeiten sowie die Berechnungseinstellungen zur Erstellung des Lärmsanierungskonzepts. Weiter werden die überarbeiteten Resultate für das Prognosejahr 2026 dargestellt und mit dem Lärmkataster 2017 sowie mit zur Verfügung gestellten Lärmmessungen verglichen. Eine Untersuchung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzwänden nach Schweizer Regelwerk entfiel, da keine Überschreitung der IGW an Gebäuden festgestellt wurde.

### 3 Gesetzliche Grundlagen und weitere Dokumente

#### 3.1 Liechtensteiner Gesetze

- [1] Umweltschutzgesetz (USG) vom 29. Mai 2008
- [2] Lärmschutzverordnung (LSV) vom 14. Oktober 2008
- [3] Baugesetz (BauG) vom 11. Dezember 2008
- [4] Bauverordnung (BauV) vom 22. September 2009
- [5] Gesetz vom 29. November 1967 über das Eisenbahnwesen (EisbG)

#### 3.2 Andere Gesetze und Verordnungen

- [6] Bundesgesetz vom 24. März 2000 über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (BGLE), 01.03.2014
- [7] Verordnung vom 4. Dezember 2015 über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (VLE), 01.01.2016
- [8] DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2019/ 774 DER KOMMISSION - vom 16. Mai 2019 - zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1304/ 2014 in Bezug auf die Anwendung der technischen Spezifikation für dbrüsie Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lärm“ auf Bestandsgüterwagen (europa.eu)

#### 3.3 Richtlinien und Regelwerke

- [9] Modell Schriftenreihe Umwelt Nr. 301 (SRU 301)
- [10] Richtlinie: Lärmschutz bei Eisenbahnanlagen vom 20. Mai 2019

#### 3.4 Datengrundlage

- [11] Gemeinde Schaan: Bauordnung, Stand März 2014
- [12] Gemeinde Mauren: Bauordnung, Stand 2010
- [13] Gemeinde Schaan: Zonenplan, Stand 2015
- [14] Gemeinde Mauren: Zonenplan, Stand November 2016

#### 3.5 Dokumentation der Berechnungsprogramme

- [15] Bundesamt für Umwelt (BAFU): SEMIBEL, schweizerisches Ausbreitungsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm, Programmdokumentation, Version 1, März 1990 (Implementierung in CadnaA Version 4.6.155)  
[http://www.laerm.ch/dokumente/SRU-116-D\\_Semibel\\_Programmdokumentation\\_1990.pdf](http://www.laerm.ch/dokumente/SRU-116-D_Semibel_Programmdokumentation_1990.pdf)
- [16] Bundesamt für Umwelt (BAFU): sonRAIL, Schweizerisches Emissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm, Programmdokumentation, Version vom 07. Oktober 2010  
<https://www.empa.ch/documents/56129/160826/sonRail-projektdokumentation.pdf/f036553f-80c8-4b87-bc74-ead535ea29ab>

#### 3.6 Online Ressourcen

- [17] Deutscher Bundestag, «Bundestag verbietet den Einsatz lauter Güterwagen», Zugriff: 22.06.2021,  
<https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2017/kw13-de-schienenlaermschutzgesetz-499920>
- [18] ÖBB, «Lärmschutz am Fahrzeug: Leisere Züge im Güterverkehr», Zugriff: 22.06.2021,  
<https://konzern.oebb.at/de/leise-gleise/massnahmen/laermschutz-fahrzeuge-gv>

## 4 Grundlagen und Datenaufbereitung

Die Lärmberechnung wurde weitgehend basierend auf Daten des Fürstentums Liechtenstein ausgeführt. Da jedoch auch Lärmquellen, Hindernisse und Reflektoren in der nahen Umgebung der Landesgrenzen Einfluss auf die Lärmbelastung haben können, wurden die Daten in einem Gebiet von 1 km um die Landesgrenzen mit Daten aus anderen Quellen ergänzt.

Im Folgenden sind die verwendeten Grundlagendaten und die durchgeführten Arbeitsschritte zur Aufbereitung der Daten beschrieben.

### 4.1 Geländemodell

Dieses Kapitel beinhaltet detaillierte Informationen zu den verwendeten Geländedaten.

Das Geländemodell wird als ausgedünnter Höhenpunktdatensatz für die Ausbreitungsrechnung benötigt. Ausserdem wurden die Geländeinformationen für die Generierung der Fassadenpunkte in 3D, sowie zur Modellierung von Strassenabschnitten und Lärmschutzwänden in 3D verwendet.

#### 4.1.1 Verwendete Daten

Für die Berechnung wurden die Geländedaten von Liechtenstein verwendet.

Eigenschaft	Wert
Name	Hoehenmodelle
Bestellung	Datensatz DA21062018.zip, geliefert am 21.06.2018
Dateiname	ls_terrain_50cm.tif
Aktualität des Datensatzes	2015

An den Landesgrenzen wurden die Daten mit frei erhältlichen Daten der Schweiz und von Österreich ergänzt, um auch Quellen im Einflussgebiet ausserhalb der Landesgrenzen modellieren zu können.

#### 4.1.2 Ausdünnung der Geländedaten

Das zusammengesetzte Geländemodell wurde anschliessend in ein unregelmäßiges Dreiecksnetz (TIN) umgewandelt und ausgedünnt. Die Höhenpunkt-Dichte des TIN wurde abhängig zur Distanz der nächsten Bahnabschnitte gewählt. Dadurch wird sichergestellt, dass die Genauigkeit des Höhenpunktmodells und somit auch der Lärmausbreitungsrechnung in der Nähe von Quellen hoch ist und gleichzeitig die Datenmenge der Höhenpunkte und die resultierende Rechenzeit minimiert wird.

Für die Umwandlung des Geländemodells zu ausgedünnten Höhenpunkten wurde ein Tool von n-Sphere verwendet, das auf den Esri-Tools *RasterToTin\_3dAnalyst* und *TinEdge\_3dAnalyst* basiert. Bei *RasterToTin\_3dAnalyst* kann jeweils die Z-Toleranz eingestellt werden, mit welcher die Dichte der Höhenpunkte indirekt beeinflusst werden kann. Je kleiner die Z-Toleranz, desto weniger weicht das generierte TIN vom ursprünglichen Raster ab, was exaktere Höhenpunkte zur Folge hat.

Die Z-Toleranzen wurden dabei anhand der Distanz zu den nächsten Bahnabschnitten bestimmt:

Distanz zur Quelle	Z-Toleranz
Bis 50m:	10cm
50-100m:	20cm
100-500m:	40cm
500m-1000m:	80cm
Ab 1000m:	1m

## 4.2 Gebäudedaten

Im Folgenden sind die verwendeten Gebäudedaten und durchgeführten Arbeiten zur Aufbereitung der Gebäude beschreiben.

### 4.2.1 Verwendete Daten

Die Gebäude wurden aus 3D-Multipatchdaten des Datensatzes swissBUILDINGS3D von Swisstopo und Gebäudegrundrissen der AV-Daten von Liechtenstein aufbereitet. Um Dachvorsprünge zu entfernen, wurden die 3D-Multipatchdaten mit den Gebäudegrundrissen aus dem AV-Datensatz verschnitten.

Gebäude, die im Datensatz von Swisstopo fehlten, wurden aus dem AV-Datensatz ergänzt.

#### 3D-Gebäude (Multipatchdaten)

Eigenschaft	Wert
Name	swissBUILDINGS3D
Bestellung	Datensatz DA21062018.zip, geliefert am 21.06.2018
Dateiname	FileGDBs ESCHEN.gdb, MAUREN.gdb und SCHAAN.gdb
Aktualität des Datensatzes	Ca. 2015

#### Gebäudegrundrisse

Eigenschaft	Wert
Name	AV-Gebäude
Bestellung	Datensatz DA21062018.zip, geliefert am 21.06.2018
Dateiname	BS_DM01AVBS06D
Aktualität des Datensatzes	Juni 2018

### 4.2.2 Aufbereitung Gebäude

Bei Lärmberechnungen mit CadnaA werden derzeit keine Multipatchdaten unterstützt. Daher wurden die Multipatchdaten in Dachflächenpolygone umgewandelt. Bei diesem Vorgang wurden zur Minimierung der Rechenzeit bei der Ausbreitungsrechnung Dachflächen mit ähnlicher Ausrichtung und Höhe zusammengefasst.

#### Reflexionsverlust:

Bei Reflexionsberechnungen mit CadnaA nach StL86 können Schallreflexionen an Gebäudefassaden berücksichtigt werden. Bei diesen Betrachtungen wurde ein Absorptionskoeffizient von 0.21 verwendet, was einer Absorption von 1 dB entspricht.

## Z-Werte:

Gebäude aus den AV-Daten, die im swissBUILDINGS3D-Datensatz fehlten, wurden als Klötzchen mit einer einheitlichen Höhe modelliert. Die Höhenangaben wurden über ein iteratives Verfahren aus der Differenz zwischen digitalem Oberflächenmodell (DOM) und digitalem Terrainmodell (DTM) bestimmt.

Der Algorithmus funktioniert wie folgt:

Da das DOM bzw. DTM und die Gebäudedaten gewisse Lageungenauigkeiten zueinander aufweisen können, wird in einem ersten Schritt die Lage des Gebäudeumrisses auf dem DOM/DTM gesucht. Dafür wurden je Gebäude verschiedene mögliche Gebäudepositionen mit einer Verschiebung in Richtung Ost-West bzw. Nord-Süd untersucht. Die Maximale Verschiebung je Richtung wurde durch den Wert Buffer (siehe Tabelle unterhalb) bestimmt. Aus den Lagen wurde jene Lage ausgewählt, welche eine möglichst grosse und konstante Differenz zwischen DOM und DTM aufweist. Als Höhe der Gebäudeunterkante wurde der Mittelwert aus den DTM-Werten in diesem Gebiet verwendet. Um zu vermeiden, dass Kamine oder Bäume neben einem Gebäude als Gebäudehöhe verwendet werden, wird nicht einfach der Maximalwert oder ein Mittelwert der Differenzen verwendet, sondern eine Teilfläche des Gebäudes mit möglichst grosser Höhe gesucht, welche in einem definierbaren Höhenintervall liegt. Wird eine solche Teilfläche gefunden, wird das Höhenintervall verkleinert (Höhenintervall neu = Höhenintervall x Sample) und der Algorithmus wird iterativ mit der gefundenen Teilfläche fortgesetzt bis das Höhenintervall 0.5 Meter unterschreitet oder die Grundfläche < 4 Rasterzellen ist. Liegt die resultierende Maximalhöhe in der Teilfläche über der definierten Minimalhöhe, so wird die berechnete Höhe verwendet.

Dieser Schritt wurde drei Mal mit folgenden Parametersettings wiederholt:

Iteration	Buffer [m]	Sample [%]	Minimale Höhe [m]	Höhenintervall [m]	Anzahl gesetzte Gebäudehöhen
1	1	40	3.5	2	590
2	0.5	40	1	0.5	333
3	0.5	25	3.5	4	58

Die Gebäude in der Schweiz wurden aus der sonBASE 2015 übernommen. Diese wurden analog zu den Daten aus Liechtenstein aus den swissBUILDINGS3D-Daten aufbereitet. Anstatt des AV-Datensatzes wurden jedoch die Gebäudegrundrisse aus dem TLM-Datensatz verwendet. Die Bestimmung fehlender Gebäudehöhen erfolgte weitgehend über die gleichen Algorithmen wie oberhalb beschrieben.

Folgende Tabelle zeigt eine Statistik zur Bestimmung der Gebäudehöhen:

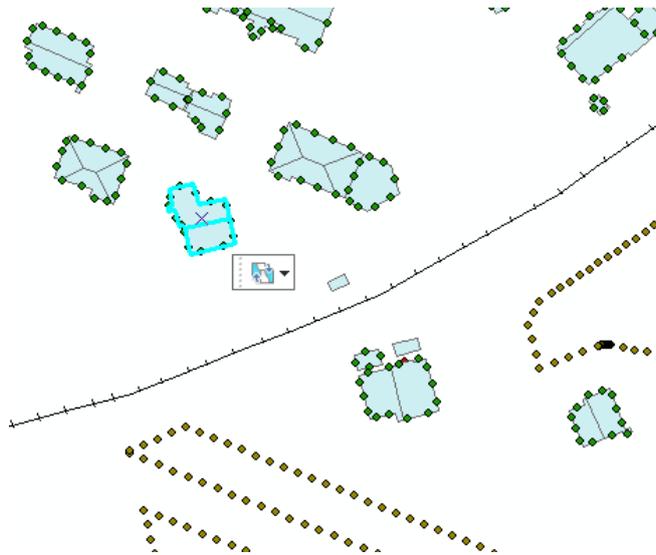
Beschreibung	Anzahl Gebäude
Gebäude mit Dachformen aus swissBUILDINGS3D	6983
Gebäude aus sonBASE	2573
Gebäude aus AV-Daten mit Gebäudehöhen aus Differenz DOM/DTM	982
Gebäude aus AV-Daten mit manuell gesetzter Gebäudehöhe	145
Manuell erfasste Gebäude in Österreich nahe der Grenze	9

### 4.2.3 Anpassung von Gebäuden auf Grundlage der Begehung

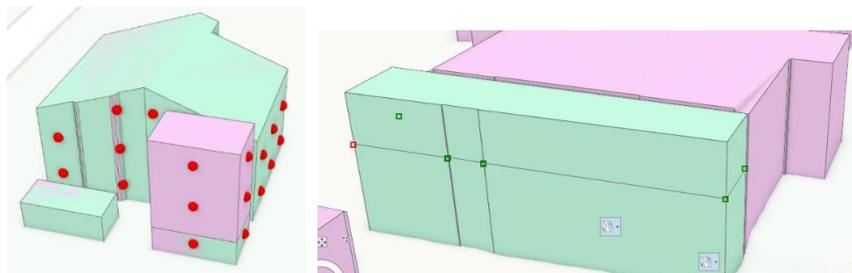
Das Kurvenstück der Bahnstrecke in Schaan stellte sich in einer ersten Berechnung des Lärmsanierungskonzepts vom 08.10.2019 als für Grenzwertüberschreitungen relevantes Gebiet heraus. Bei

der Erstellung wurden Gebäude in Schaan anhand einer Begehung überprüft und bei fünf Gebäuden der Gebäudedatensatz verbessert. Die veränderten Gebäude sind im Anhang 11.1 fotografisch dokumentiert.

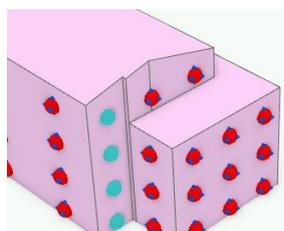
Zum Zeitpunkt der Begehung im August 2019 war bei der Adresse *Im Pardiell 44, Schaan* (Parzelle 1215) ein neues Haus im Bau, welches näher an der Strecke liegt als das vorherige Gebäude. Für die Berechnung wurde das im Datensatz bestehende, alte Gebäude (markiert) entfernt und an seiner Stelle Beurteilungspunkte an die zulässige Baugrenze gesetzt.



Zudem wurde die Gebäudehöhe des Vorbaus (kleiner Schuppen) von Gebäude «Im Pardiell 46, Schaan» von 455.62 m auf 450 m gesenkt, da dieser sonst das Wohngebäude abschirmt (Abbildung links). Die Fassadenpunkte wurden entsprechend entfernt. Das Gebäude mit der Adresse «In der Egerta 5, Schaan» wurde von 452.85 m auf 456.19 m erhöht (Abbildung rechts). Die Fassadenpunkte wurden neu erstellt, um auch den obersten Stock in der Berechnung abzubilden.



Beim Gebäude mit der Adresse «In der Egerta 5, Schaan» wurde auf Grundlage der Begehung eine Reihe Fassadenpunkte (blau markiert) gelöscht, da hier keine Fenster vorliegen.

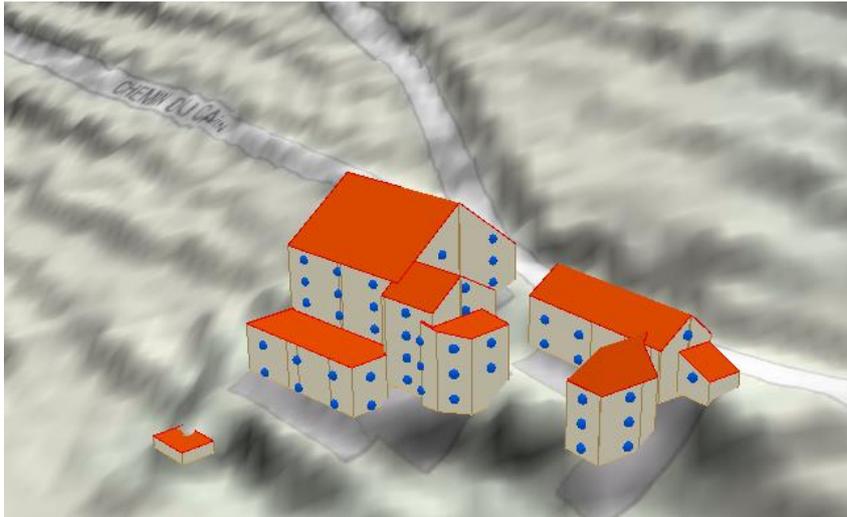


### 4.3 Fassaden, Fassadenpunkte und Etagen

Die Fassadenpunkte, Fassaden und Etagen wurden anhand der Gebäudegeometrien generiert.

Ausgehend von den gesetzten Z-Werten der Gebäude, des Terrains und weiteren Parametern konnten die Fassadenpunkte über die Funktionalität von D-noise erstellt werden.

Da die Laufzeit der Ausbreitungsberechnung direkt mit der Anzahl der Fassadenpunkte skaliert, ist es sinnvoll, nicht zu viele Fassadenpunkte zu erstellen, diese aber möglichst gut zu platzieren.



#### Beispiel von automatisiert erstellten Fassadenpunkte bei an einem Hang gelegenen Häusern

##### *Generelles Vorgehen:*

Es werden zuerst entlang sämtlicher Fassaden möglichst gut und gleichmässig verteilte XY-Basispaare (ohne Z-Werte) generiert. Typischerweise werden bei einem rechteckigen Haus pro Seite und Stockwerk 1 bis 3 XY-Basispaare verteilt. Bei längeren Häusern können zusätzliche erstellt werden.

Die Fassadenpunkte werden danach jeweils pro Stockwerk erstellt. Die Stockwerke selbst werden ebenfalls möglichst gut und gleichmässig über das gesamte Gebäude verteilt; die Höhe der Stockwerke wird dabei dynamisch pro Gebäude bestimmt.

Pro Stockwerk wird anhand des XY-Basispaars ein echter Fassadenpunkt erstellt – sofern der jeweilige Fassadenpunkt sichtbar ist und unterhalb des Dachs liegt.

Die Fassadenpunkte liegen 1.5m über dem Stockwerksboden und werden ein paar Zentimeter ausserhalb des Gebäudes positioniert.

##### *Vorgehen zur Bestimmung der XY-Basispaare:*

Da einzelne Häuser aus vielen einzelnen Fassaden bestehen können, werden die Fassaden jeweils anhand ihrer Ausrichtung (Nord/Süd/West/Ost) gruppiert. Pro Gruppe wird zuerst anhand der summierten Länge der Fassaden ermittelt, wie viele Fassadenpunkte pro Stockwerk maximal erstellt werden können. Danach werden die zur Verfügung stehenden Fassadenpunkte möglichst gleichmässig über die Fassaden der Himmelsrichtungsgruppe verteilt. Daraus entstehen die XY- Basispaare.

### Vorgehen zur Bestimmung der Z-Werte der Stockwerke:

Die Stockwerke reichen prinzipiell vom höchsten Z-Wert des Gebäudes bis zum tiefsten am Boden gelegenen Hausecke. Bei Polygonen, bei welchen die Z-Werte wirklich die Dächer sehr exakt nachbilden (wie in der vorherigen Abbildung dargestellt und bei dieser Berechnung verwendet), ist es vorteilhaft, die Stockwerke relativ zur Dachtraufe auszurichten. Die Dachtraufe wird vom Fassadenpunkt-Erstellungs-Algorithmus anhand der zur Verfügung stehenden Informationen on-the-fly bestimmt. Somit wird dafür gesorgt, dass die Fassadenpunkte direkt unter der Dachtraufe generiert werden, was in den meisten Fällen korrekt ist.

Sobald die relative Ausrichtung bestimmt wurde, werden die Etagen jeweils anhand der definierten Etagenhöhe verteilt.

### Erstellung der Fassadenpunkte:

Pro Etage und XY-Basispaar wird ein Fassadenpunkt erstellt. Dabei müssen jedoch ein paar zusätzliche Bedingungen erfüllt sein

- Der Fassadenpunkt darf nicht oberhalb des entsprechenden Z-Werts der Fassadenoberkante liegen.
- Der Fassadenpunkt wird <x> Meter oberhalb des Etagenbodens erstellt (ist analog zur mittleren Fensterhöhe)
- Der Fassadenpunkt muss mindestens <x> Meter oberhalb des Geländes (DTM) liegen

Der Fassadenpunkt wird danach ein paar Zentimeter von der Fassade entfernt gesetzt.

Bei der Bahnlärm Berechnung für Liechtenstein wurden folgende Settings zur Erstellung der Fassadenpunkte verwendet:

The screenshot shows a software window titled "Etagen, Fassadenpunkte und Fassaden erstellen". The interface is divided into several sections:

- Version:** Schema: Liechtenstein 2018; Versionstyp: (empty); Version: Basisdaten des Schemas 'LIECHTENSTEIN\_2018'.
- Parameter:** Min. Abstand zwischen Fassadenpunkten pro Himmelsrichtung [m]: 3; Ideale Anzahl Punkte je Himmelsrichtung und Etage: 4; Danach alle <x> m weitere Fassadenpunkte hinzufügen: 10; Abstand der Fassadenpunkte von Fassade [m]: 0.05.
- Etagen-Ausrichtung:** Radio buttons for "Etagen relativ zur Dachtraufe" (selected) and "Etagen relativ zum Sockel". Sockelhöhe [m]: 0; Dachhöhe [m]: 1.5.
- Weitere Höhen-Parameter:** Radio buttons for "Konstante Etagenhöhe [m]: 2.8" and "Dynamische Etagenhöhe [m]: 2.4 bis 3.2" (selected).
- Höhe des Fassadenpunkts über Etagenboden [m]: 1.5**
- Minimal notwendige Höhe von Fassadenpunkten über DTM [m]: 0.5**
- DTM:** DTM 50cm
- LoadOnlyMode verwenden

Buttons at the bottom: OK, Abbrechen. Footer: powered by nSPHERE.

#### 4.4 Beurteilungspunkte

Für nicht überbaute Parzellen wurden Beurteilungspunkte auf eine Empfängerhöhe von 4 m entlang der Baugrenzen (aus [11] und [12]) erstellt. Pro Parzelle wurde anschliessend der am höchsten belastete Beurteilungspunkt für die gesamte Parzelle verwendet.

#### 4.5 Gebäude- und Wohnungsregisterdaten

Für Betrachtungen zu den betroffenen Personen und zu Grenzwertüberschreitungen wurden Bevölkerungsdaten aus dem liechtensteinischen Gebäude- und Wohnungsregister vom 20.04.2018 verwendet.

##### 4.5.1 Verwendete Daten

###### Datensatz Einwohnerzahlen

Eigenschaft	Wert
Name	Bevölkerungsdaten
Bestellung	Lieferung von 12.06.2018
Dateiname	NSphere_20180611_aufbereitet.csv
Aktualität des Datensatzes	20.04.2018

Aus diesem Datensatz wurden folgende Angaben übernommen:

1. Gebäudename
2. Gebäudekategorie (Nutzung)
3. Baujahr
4. Anzahl Geschosse
5. Anzahl Wohnungen
6. Anzahl Bewohner
7. Adresse

Die Daten wurden in georeferenzierter Form geliefert und anhand eines geometrischen Matchings auf die Gebäude übertragen. Die Daten wurden genau dann von einem GWR-Punkt X auf ein Gebäude Y übertragen, wenn folgende Gegebenheiten erfüllt waren:

1. Das nächste Gebäude relativ zum GWR-Punkt X ist das Gebäude Y
2. Der nächste GWR-Punkt relativ zum Gebäude Y ist der Punkt X
3. Die Distanz zwischen GWR-Punkt und Gebäude beträgt weniger als 1 Meter.

Auf diese Weise wird sichergestellt, dass eine Adresse nur einem Gebäude zugewiesen wird und ein Gebäude nur eine Adresse erhält. Da die Adresspunkte teilweise leicht ausserhalb der Gebäude liegen (insbesondere da Vordächer abgeschnitten wurden), wurde ein Buffer verwendet.

Auf diese Weise wurden 5'519 der 5'673 GWR-Punkte zugewiesen. Die übrigen Punkte wurden ignoriert, da sie nicht eindeutig einem Gebäude zugeordnet werden konnten. Ursache für fehlende Zuordnungen sind nebst relativen Lageungenauigkeiten zwischen GWR- und Gebäudedaten primär unterschiedliche Erfassungszeitpunkte der Daten. So kann es vorkommen, dass ein Gebäude zum Zeitpunkt der Erfassung eines GWR-Punktes noch nicht oder nicht mehr existierte.

## 4.6 Bahndaten

Im Folgenden sind die verwendeten Bahndaten und die Schritte zur Aufbereitung der Bahndaten beschrieben.

### 4.6.1 Verwendete Daten

#### Datensatz Bahngeometrien

Die Bahngeometrien wurden folgendem Datensatz entnommen:

Eigenschaft	Wert
Name	Kmsys_32
Bestellung	Lieferung vom 17.07.2018
Dateiname	Kmsys_32.zip
Aktualität des Datensatzes	Unbekannt

#### Datensatz Geschwindigkeiten

Die maximal zulässigen Geschwindigkeiten wurden durch die ÖBB-Infrastruktur AG als PDF geliefert und durch n-Sphere digitalisiert und auf die Streckengeometrien abgelegt.

Eigenschaft	Wert
Name	Geschwindigkeiten
Bestellung	Lieferung vom 17.07.2018
Dateiname	2017_VzG_30301.pdf
Aktualität des Datensatzes	06.12.2017

#### Datensatz Bahninfrastruktur

Angaben zu Brücken, Oberbau und Schienenrauheit wurden durch die ÖBB-Infrastruktur AG für die Berechnung des Lärmkatasters 2017 geliefert und aus diesem Projekt übernommen.

Eigenschaft	Wert
Name	Bahninfrastrukturdaten
Bestellung	Lieferung vom 08.06.2018
Dateiname	Inputdaten ÖBB-Infrastruktur AG: - Brücken: 04_Brückentragwerke KI Objekte Klassifiziert.pdf - Oberbau: 05a_oba001_iOberbauBestand-Auszug.pdf 05b_Oberbau_Erg.pdf Inputdaten PROSE: Inputdaten_OEBB_PROSE_181019.xlsx
Aktualität des Datensatzes	Unbekannt

#### Betriebsdaten

Die Betriebsdaten wurden neu durch die ÖBB-Infrastruktur AG für die Berechnung des Lärmkatasters 2026 geliefert.

Eigenschaft	Wert
Name	Bahnverkehrsdaten 2026
Bestellung	Lieferung ÖBB-Infrastruktur AG per Email vom 22.03.2019
Dateiname	-
Referenzjahr	2026

#### **4.6.2 Bahngeometrien/Gleisachsen**

Der vorliegende Lärmbelastungskataster (LBK) umfasst die von den Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) betriebene Eisenbahnstrecke Feldkirch - Buchs. Berücksichtigt wurden die Streckenabschnitte in Liechtenstein und im grenznahen Bereich mit einer maximalen Distanz von 1'000 Metern zur liechtensteinischen Grenze.

Abgesehen von einer Kreuzungsstelle beim Bahnhof Nendeln verläuft die Strecke eingleisig. Im Modell wurde auch im Bereich des Bahnhofes Nendeln nur das Durchfahrtsgleis als Emissionsquelle berücksichtigt.

Das Nebengleis in Nendeln sowie die Abstellgleise in Nendeln und Schaan wurden nicht berücksichtigt, da das Nebengleis in Nendeln zum Kreuzen dient und von haltenden Zügen mit reduzierter Geschwindigkeit befahren wird. Die Abstellgleise dienen nur dem Abstellen von Zügen.

#### **4.6.3 Modellierung in 3D**

Die Bahngeometrien wurden automatisiert anhand des digitalen Oberflächenmodells (DOM) und Geländemodells (DTM) in 3D modelliert. Dabei wurden Brücken die Z-Werte des DOM und bei den restlichen Abschnitten die Z-Werte des DTM priorisiert. Nachträglich wurden sämtliche Abschnitte manuell mit einem Tool zur Visualisierung von Längsschnitten überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

#### **4.6.4 Bestimmung Kurvenradien**

Bei Emissionsberechnungen mit sonRAIL werden Kurvenradien berücksichtigt. Die Kurvenradien wurden über Algorithmen von n-Sphere anhand der Geometrien berechnet.

#### **4.6.5 Zusatzbreite und Eigenabschirmung bei Brücken**

Bei Brücken wurden die Parameter Eigenabschirmung und Zusatzbreite, welche in CadnaA bei der Ausbreitungsrechnung die Abschirmung der Quelle definieren, manuell über einen Abgleich mit Orthofotos gesetzt.

#### **4.6.6 Verkehrsangaben**

Die für die Lärmermittlung massgebenden Grössen sind:

- jahresdurchschnittliche Anzahl Züge pro Tag
- Anzahl Züge tagsüber von 06:00 bis 22:00 Uhr pro Zugskategorie (im Jahresdurchschnitt)
- Anzahl Züge nachts von 22:00 bis 06:00 Uhr pro Zugskategorie (im Jahresdurchschnitt)

Die von der ÖBB-Infrastruktur AG gelieferten Verkehrsangaben für Güter- und Dienstzüge beziehen sich auf Werktage. Zur Umrechnung der Verkehrsangaben in einen Jahresdurchschnitt wurden die Verkehrsmengen bei Güterzügen und Dienstzügen mit einem Faktor 0.685 multipliziert.

### Verkehrsangaben zwischen Tosters und Buchs für das Prognosejahr 2026 (Jahresdurchschnitt) sowie zulässige Höchstgeschwindigkeiten je nach Zugkomposition

Zugkompositionen	Anzahl Züge am Tag	Anzahl Züge in der Nacht	Höchstgeschwindigkeit [km/h]
Schnellzüge EC/IC (inkl. Nightjet)	15	5	200
Eil-/Regionalzüge	17	1	140
Ferngüterzüge	8.9	3.4	100
Dienstzüge	2.7	0.7	120
<b>Total</b>	<b>43.6</b>	<b>10.1</b>	-

#### 4.6.7 Zugkompositionen

Die für sonRAIL aufbereiteten Zugkompositionen wurden aus der Berechnung des Lärmkatasters 2017 übernommen. Die Emissionen wurden mit sonRAIL in D-noise berechnet. Folgende Zugkompositionen wurden hierfür anhand von Angaben der ÖBB-Infrastruktur AG modelliert. Die vier Zugkompositionen entsprechen den Kategorien aus den Verkehrsangaben.

#### Detaillierte Auflistung der Zugkompositionen mit ihren Baureihen, Anzahl Wagen und Längen

Zugkompositionen	Gesamte Zuglänge [m]	Baureihe	Anzahl	Länge
Schnellzüge EC/IC (inkl. Nightjet)	256.9	ES64U2	1	19.3
		EW IV	9	26.4
Eil-/Regionalzüge	104.8	RABe 535 End	2	17.4
		RABe 535 Mittel	5	14
		ES64U2	1	19.3
Ferngüterzüge	365.3	CTW 4-achs	10	19.6
		Kesselwagen	10	15
Dienstzüge	19.3	ES64U2	1	19.3

#### 4.6.8 Anteil Graugussbremssohlen

In den vergangenen Jahren wurde das Güterwagenmaterial bei den ÖBB fortlaufend saniert und ein wesentlicher Teil der Graugussbremssohlen durch K- oder LL-Klotz Bremsen ersetzt [18]. Dieser Trend wird weiter anhalten. Aktuell sind bei der ÖBB-Gütertochter Rail Cargo Group über 80 Prozent der in Betrieb befindlichen österreichischen Güterwagen mit leisen Bremsen ausgerüstet. Bei anderen Güterbahnen ist von Ähnlichem auszugehen.

Zudem gilt seit Anfang 2020 in der Schweiz und seit dem 13. Dezember 2020 auch in Deutschland [17] ein Verbot für Graugussbremssohlen. Zusätzlich kam es aufgrund einer neuen Durchführungsverordnung (EU) 2019/774 der Europäischen Kommission vom 16. Mai 2019 zu einer Änderung der TSI-Noise-Richtlinie. Ab 8. Dezember 2024 müssen auch alle Bestandsgüterwagen auf dem Eisenbahnnetz der gesamten Europäischen Union die strengen Lärmgrenzwerte der TSI-Noise-Richtlinie erfüllen, sofern es sich um eine Strecke mit einer Anzahl von mehr als 12 Güterzügen in der Nacht handelt. Ausnahmen liegen lediglich für Güterwagen für Infrastrukturarbeiten, Rettungszüge, sowie Güterwagen auf den Weg zu Werkstätten oder bei Umleitungsverkehr vor. Letztendlich wird dies in Österreich weitgehend das Kernnetz betreffen, sodass

auch für das restliche Netz keine sinnvolle Möglichkeit eines Quell-/Zielverkehrs für laute Güterwagen verbleibt (vollständige Bestimmungen siehe [8]).

Aufgrund der vorliegenden Verbote von Graugussbremssohlen liegt seitens dem Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) [10] die Empfehlung vor, für Berechnungen in der Schweiz, einen Anteil an Graugussbremssohlen von 0% zu verwenden.

Unter Berücksichtigung dieser Empfehlung, der vorliegenden Verbote, sowie der geografischen Lage des betroffenen Streckenabschnittes wurde für die schalltechnische Berechnung der Anteil von Güterwagen mit Graugussbremssohlen auf 0% gesetzt.

#### 4.6.9 Geschwindigkeiten

Die für die Ermittlung der Emissionen verwendeten Geschwindigkeiten wurden anhand der maximal zulässigen Geschwindigkeiten  $v_{VzG}$  ( $VzG$  = Verzeichnis zulässiger Geschwindigkeiten) pro Streckenabschnitt und den maximalen Bauartgeschwindigkeiten  $v_{max}$  wie folgt berechnet:

Personenzüge:  $v=0.9 \times \text{Min}(v_{VzG}, v_{max})$

Dienst- und Güterzüge:  $v=0.85 \times \text{Min}(v_{VzG}, v_{max})$

Dieses Vorgehen entspricht der Richtlinie «Lärmschutz für Eisenbahnanlagen» [10], in der die “effektiv gefahrene Geschwindigkeit” als massgebend angegeben wird. Da die maximale Bauartgeschwindigkeit aller auf der Strecke verkehrenden Zugkompositionen (vgl. Kap. 4.6.7) für die gesamte Strecke über den zulässigen Maximalgeschwindigkeiten  $v_{VzG}$  liegen, entspricht  $\text{Min}(v_{VzG}, v_{max}) = v_{VzG}$  und die Formeln vereinfachen sich wie folgt:

Personenzüge:  $v=0.9 \times v_{VzG}$

Dienst- und Güterzüge:  $v=0.85 \times v_{VzG}$

Allfällige temporär signalisierte Langsamfahrstellen wurden nicht berücksichtigt, da Langsamfahrstellen grundsätzlich nur vorübergehender Natur sind.

#### 4.7 Lärmempfindlichkeitsstufen

Zur Beurteilung der Gebäude bzgl. Grenzwertüberschreitungen werden Angaben zur Lärmempfindlichkeit benötigt. Diese Angaben sind in der Nutzungsplanung anhand von Polygondaten (sog. ES-Gebieten) zur Empfindlichkeit (ES) definiert.

Bei Gebäuden, welche mehrere ES-Gebiete schneiden, wurde die ES des Gebietes übernommen, auf welchem sich der grösste Teil des Gebäudegrundrisses befindet.

#### Datensatz ES-Gebiete

Eigenschaft	Wert
Name	ES-Gebiete
Bestellung	Datensatz DA21062018.zip, geliefert am 21.06.2018
Dateiname	LA_Laermempfindlichkeit.shp
Aktualität des Datensatzes	2017

## 5 Lärmermittlung

Die Lärmermittlung erfolgte gemäss Lärmschutzverordnung (LSV) vom 14. Oktober 2008. Es wurden Immissionspegel  $L_r$  entlang der Gebäudefassaden und der Grenzen nicht überbauter Parzellen, sowie als Raster mit einer Auflösung 10 x 10 m und einer Empfängerhöhe von 4 m berechnet. Die Emissionsberechnung erfolgte nach sonRAIL [16], die Ausbreitungsrechnung nach Semibel [15].

### 5.1 Beurteilungspegel

Massgebliche Grösse für die Beurteilung der Lärmbelastung ist der Beurteilungspegel  $L_r$ . Der Beurteilungspegel  $L_r$  ist der mit der Pegelkorrektur  $K_1$  korrigierte Mittelungspegel  $L_{eq}$  des Eisenbahnlärms (vgl. LSV Anhang 3). Der Beurteilungspegel im vorliegenden Lärmbelastungskataster wird, anders als im Leitfaden Lärmschutz bei Eisenbahnanlagen [10], nicht auf die nächste ganze Zahl aufgerundet. Die Beurteilung ist jedoch gleichwertig, da die Beurteilungspegel mit einer Dezimalstelle jeweils den Grenzwert überschreiten müssen.

### 5.2 Ort der Ermittlung

Der Ort der Lärmermittlung ist normalerweise die Mitte des offenen Fensters des am meisten exponierten, lärmempfindlichen Raumes. Lärmempfindliche Räume sind gemäss Art. 3

Abs. 1 lit. f LSV [2]:

- Räume in Wohnungen, ausgenommen Küchen ohne Wohnanteil, Sanitärräume und Abstellräume;
- Räume in Betrieben, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten, ausgenommen Räume für die Nutztierhaltung und Räume mit erheblichem Betriebslärm.

Untersucht wurden alle Gebäude im Bereich von 1'000 Metern um die Bahnstrecke. Im Hinblick auf die Sanierung wird im vorliegenden Lärmbelastungskataster nicht allein das massgebende Stockwerk von Gebäuden mit lärmempfindlichen Räumen beurteilt, sondern alle relevanten Stockwerke.

Die Bestimmung der Nutzung erfolgte nicht je Empfangspunkt individuell, sondern pauschal je Gebäude anhand von Informationen aus dem Gebäude- und Wohnungsregister. Bei Gebäuden mit ausschliesslich betrieblicher Nutzung (inkl. Büros, Verwaltungen, usw.) in Gebieten mit Empfindlichkeitsstufe (ES) I, II und III gelten um 5 dB höhere Planungs- und Immissionsgrenzwerte als bei Wohnräumen (Art. 26 LSV). Im Falle von Schallschutzmassnahmen am Gebäude (Schallschutzfenster) muss jeder Fall im Detail betrachtet werden.

Bei nicht überbauten Parzellen wird die Lärmbelastung dort ermittelt, wo nach Bau- und Planungsrecht Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen erstellt werden dürfen. Dabei werden die Grenzabstände gemäss Baugesetz [3], Eisenbahngesetz [5] bzw. Gemeindebauordnungen [11],[12] berücksichtigt.

### 5.3 Emissionsberechnung

Die Emissionen wurden über D-noise mit dem sonRAIL-Emissionsmodell berechnet [16]. Das Emissionsmodell sonRAIL berücksichtigt nebst Verkehrs- und Geschwindigkeitsangaben auch Informationen zum Oberbautyp, zum Brückentyp, zur Schienenrauheit und zum Kurvenradius. Da das Gleis auf der gesamten Strecke lückenlos verschweisst ist, werden keine Stosslücken bei der Berechnung berücksichtigt.

## 6 Modellgenauigkeit

Der Gesamtfehler setzt sich aus den Abweichungen bei der Emissions- und Ausbreitungsrechnung zusammen. Das nach Richtlinie [10] vorgeschriebene und verwendete Emissionsmodell sonRAIL weist laut der Projektdokumentation [16] einen Fehler von ca. 0.5 dB(A) auf.

Als Ausbreitungsmodell wurde SEMIBEL verwendet, das nach Richtlinie [10] für die Immissionsberechnung verwendet werden soll. Bei der Berechnung der Ausbreitungsdämpfung berücksichtigt SEMIBEL die geometrische Verdünnung, den Aspektwinkelverlust, den Richtcharakteristikverlust, die Luftdämpfung, die Bodendämpfung sowie die Hindernisdämpfung. Dabei erreicht das Modell laut Projektdokumentation [15] eine Berechnungsgenauigkeit von +/- 2 dB(A).

Den grössten Einfluss auf die Berechnungsgenauigkeit hat die Art und Weise, wie die Grundlagendaten erhoben werden, weshalb diese besonders sorgfältig aufbereitet und überprüft wurden:

- Genauigkeit der Verkehrsangaben und Zugszusammensetzungen
- Genauigkeit der Infrastrukturdaten (Oberbautypen, Schienenrauheit, Informationen zu Stossstellen)
- Genauigkeit der Grundlagendaten wie Gebäudedaten und Geländemodell

## 7 Lärmbelastungskataster 2026

In diesem Kapitel werden Grenzwertüberschreitungen an Gebäuden und Parzellen am Tag und in der Nacht für das Prognosejahr 2026 ohne Berücksichtigung von Lärmsanierungsmassnahmen ausgewiesen. Die Auswertung der Grenzwertüberschreitungen aller Gebäude für den Tag und für die Nacht sind auf den Schallimmissionsplänen im Anhang 11.4 dargestellt. Zudem werden im Anhang 11.4 die Beurteilungspegel am Tag und in der Nacht als 10x10 m Raster mit einer Empfängerhöhe von 4 m dargestellt.

### 7.1 Belastungsgrenzwerte

Die Lärmschutzverordnung legt für Gebäude folgende Belastungsgrenzwerte für Bahnlärm fest:

- **Planungswerte (PW)** gelten für die Errichtung neuer lärm erzeugender Anlagen.
- **Immissionsgrenzwerte (IGW)** legen die Schwelle fest, ab welcher der Lärm die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden erheblich stört. Sie gelten für bestehende lärm erzeugende Anlagen.
- **Alarmwerte (AW)** sind ein Kriterium für die Dringlichkeit der Sanierungen und den Einbau von Schallschutzfenstern.

Für die Bestimmung der Sanierungspflicht sind die IGW massgebend. Eine Sanierungspflicht liegt vor, wenn der ermittelte Beurteilungspegel Lr den Immissionsgrenzwert überschreitet. Eine allfällige Überschreitung des Alarmwerts erhöht die Dringlichkeit einer Sanierung.

Die IGW und AW sind abhängig von der zugeordneten Empfindlichkeitsstufe (ES), der Tageszeit und der Nutzung eines Gebäudes. Die Gemeinden ordnen die Bebauungszonen und die Zonen anderer Nutzung in den Bauordnungen und Zonenplänen den Lärmempfindlichkeitsstufen (ES) zu (Art. 29 USG).

Für Räume in Betrieben, die in Gebieten der ES I, II oder III liegen, gelten gemäss Art. 26 LSV um 5 dB(A) höhere Immissionsgrenzwerte. Zudem können Teile von Nutzungszonen der Empfindlichkeitsstufen I oder II der nächsthöheren Stufe zugeordnet werden, wenn sie mit Lärm vorbelastet sind (Art. 29 Abs. 2 USG).

Nachfolgende Tabelle zeigt die Grenzwerte PW, IGW und AW des Eisenbahnlärms tagsüber (06:00 bis 22:00 Uhr) und nachts (22:00 bis 06:00 Uhr) für die Empfindlichkeitsstufen I bis IV (vgl. Anhang 4 LSV):

ES	Nutzung	PW [dB(A)]		IGW [dB(A)]		AW [dB(A)]	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I	Wohnräume	50	40	55	45	65	60
	Betriebsräume	55	-	60	-	65	-
II	Wohnräume	55	45	60	50	70	65
	Betriebsräume	60	-	65	-	70	-
III	Wohnräume	60	50	65	55	70	65
	Betriebsräume	65	-	70	-	70	-
IV	Wohnräume	65	55	70	60	75	70
	Betriebsräume	65	-	70	-	75	-

## 7.2 Empfindlichkeitsstufen

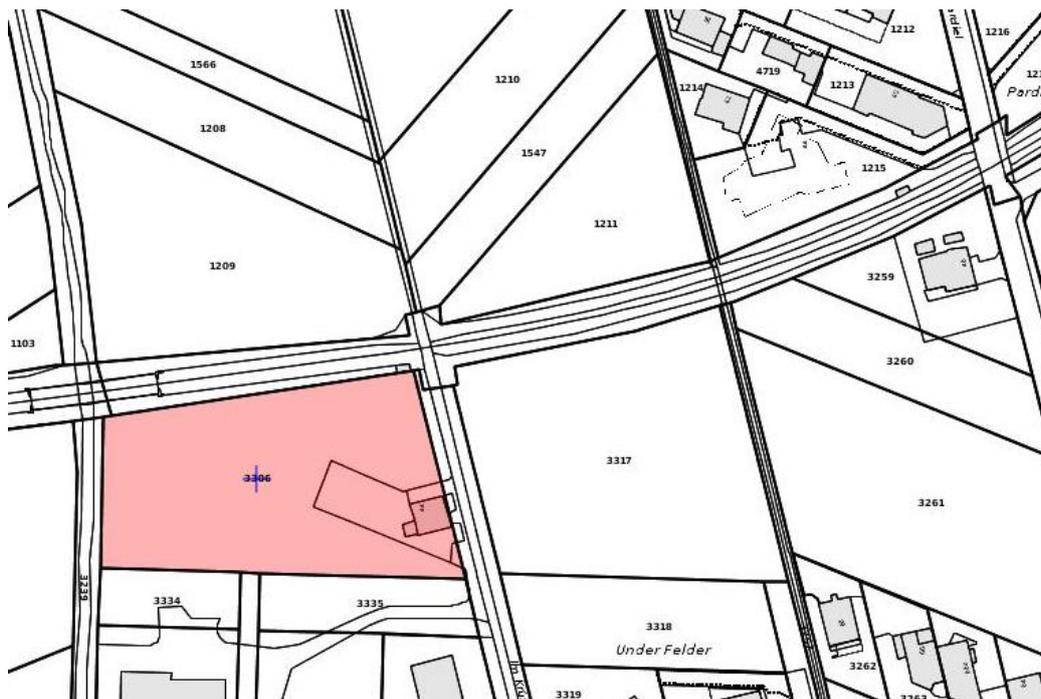
Die Zuordnung der Lärmempfindlichkeitsstufen (ES) werden dem gültigen Zonenschema in den Gemeindebauordnungen [11], [12] bzw. den Zonenplänen [13],[14] der Gemeinden entnommen.

## 7.3 Grenzwertüberschreitungen

Für das das Prognosejahr 2026 ohne Lärmsanierungsmassnahmen ergeben sich sowohl tags als auch nachts keine Überschreitungen der IGW an Gebäuden mit Wohnnutzung im Fürstentum Liechtenstein.

Bei den nicht überbauten Parzellen wurde, mit einer Ausnahme, keine Überschreitung der IGW festgestellt. Bei der Parzelle 3306 in Schaan wurde rechnerisch eine Überschreitung des AW am Tag und des IGW in der Nacht festgestellt. Ursache ist ein Stahltragwerk mit offener Fahrbahn an der nordwestlichen Ecke der Parzelle. Jedoch ist diese Parzelle bereits auf einem Teil bebaut und braucht daher nicht gesondert betrachtet werden. Die Beurteilungspunkte auf der Baugrenze wurden jedoch modelliert und sind daher in der digitalen Datenlieferung enthalten.

Nummer	Gemeinde	ES	Lr Tag	Lr Nacht
3306	Schaan	ES 2	71.9	63.1



## 7.4 Beurteilung

Für die Lärmprognose 2026 der Eisenbahnlinie im Fürstentum Liechtenstein wurden sämtliche Gebäude und Parzellen, bei denen die Errichtung von Gebäuden mit lärmempfindlichen Räumen zulässig ist, im Umkreis von einem Kilometer um die Bahnlinien bezüglich Überschreitung der Belastungsgrenzwerte gemäss Lärmschutzverordnung (LSV) beurteilt.

Am Tag und in der Nacht ist kein Gebäude mit Immissionen über den IGW bzw. AW nach LSV belastet. Dies gilt auch für nicht überbaute Parzellen. Aus diesem Grund liegt keine Sanierungspflicht vor (Art. 14 LSV).

## 8 Vergleich der Resultate

### 8.1 Vergleich mit dem Lärmkataster 2017

Während gemäss Lärmkataster 2017 noch 21 Gebäude und 14 Parzellen durch Bahnlärmimmissionen über den Immissionsgrenzwerten gemäss LSV belastet waren, sind es gemäss der überarbeiteten Prognose 2026 keine Gebäude und nicht überbaute Parzellen mehr. Hauptursache für diese Unterschiede ist der angenommene Rückgang an Güterwagen mit Graugussbremssohlen, der die Emissionen um ca. 5 dB reduziert.

Für die Prognose 2026 wurde am Tag insbesondere bei den Eil-/Regionalzügen und Güterzügen von höheren Verkehrsmengen ausgegangen. In der Nacht erhöhte sich die Anzahl der Schnellzüge.

	# Züge 2017 (Tag/Nacht)	# Züge 2026 (Tag/Nacht)
Schnellzüge EC/IC (inkl. Nightjet)	15/3	15/5
Eil-/Regionalzüge	11/1	17/1
Ferngüterzüge	7.5/3.4	8.9/3.4
Dienstzüge	3.4/0.7	2.7/0.7
<b>Total</b>	<b>37/8.1</b>	<b>43.6/10.1</b>

Aufgrund der gestiegenen Verkehrszahlen ändert sich auch die Korrektur K1, mit folgendem Einfluss auf den Beurteilungspegel Lr:

	2017	2026	2026-2017
K1 Tag [dB]	-8.3	-7.6	+0.7
K1 Nacht [dB]	-14.9	-13.9	+1.0

### 8.2 Vergleich mit punktuellen Messungen

Zur punktuellen Überprüfung des Rechenmodells hat die ÖBB-Infrastruktur AG das Ingenieurbüro Ziviltechnik Hagner beauftragt, an zwei Messpunkten die Lärmimmissionen zu vermessen. Gemessen wurde der Betrieb zwischen 8:45 Uhr und 18:30 Uhr am 16.07.2019 in Schaanwald sowie zwischen 09:10 und 18:10 am 24.07.2019 in Schaan. Die ÖBB-Infrastruktur AG stellte die Informationen zu den Zügen und deren Zusammensetzung für die Messtage zur Verfügung.

#### 8.2.1 Messstandorte

Der Standort in Schaanwald hat die Koordinaten 2'759'766, 1'230'537 gemäss Schweizer Projektion CH1903+ LV95 und einen Abstand zur Gleisachse von rund 45,30 m. Der Standort in Schaan hat die Schweizer Koordinaten 2'756'694, 1'225'961 und einen Abstand zur Gleisachse von rund 11,70 m. Weitere Informationen können den detaillierten Messberichten von Ziviltechnik Hagner im Anhang 11.3 entnommen werden.



### 8.2.2 Vergleich der Messresultate mit der Berechnung

Bei einem Vergleich eines Jahresmittels mit punktuellen Messungen sind per se Abweichungen zu erwarten. Wichtige Parameter wie die Zuglänge, Zuggeschwindigkeit und Anteil an Graugussbremssohlen variieren oft stark und sind dadurch bei der Messung eines Tags nicht repräsentativ.

Um die Messungen mit der Lärmberechnung vergleichbar zu machen, wurden einstündige Dauerschallpegel beim Abstand von 7.5 m aus sonRAIL verwendet. Die Zugkompositionen (Typ und Anz. Wagen), Geschwindigkeiten und der Anteil an Graugussbremssohlen bei Güterzügen wurden entsprechend der gelieferten Zugverkehrsdaten beider Tage und für jede Vorbeifahrt individuell berücksichtigt. Die Schallausbreitung zwischen Empfänger und dem Referenzabstand von 7.5 m wurde mit Semibel ermittelt. Die zusätzliche Dämpfung beträgt 9.1 dB für den Standort in Schaauwald und 2.4 dB für den Standort in Schaan.

Für jede individuell nachgerechnete Zugvorbeifahrt wurden die 1h-Dauerschallpegel aus sonRAIL in einen Ereignispegel anhand der gemessenen Ereignisdauer umgerechnet, um die Lärmpegel vergleichbar zu machen. In den folgenden Tabellen sind die energieäquivalenten Dauerschallpegel der Messung und der Berechnung über den Messzeitraum von 10 Stunden miteinander verglichen. In Schaauwald überschätzt das Berechnungsmodell den Messzeitraum um 3.5 dB und in Schaan um 2.1 dB.

#### Vergleich des 10h-Leq über den Messzeitraum zwischen 8:30 Uhr und 18:30 Uhr

Standort	Datum	Anzahl Züge	Messung	Berechnung	Differenz
Schaauwald	16.07.2019	25	57.2	60.7	+3.5
Schaan	24.07.2019	24	63.7	65.8	+2.1

Ursache für diese Überschätzung ist vor allem die Unsicherheit bei der Zusammensetzung der Zugkompositionen und Beladung der Güterzüge. In der Berechnung werden aufgrund fehlender Daten jeweils 50% Containerwagen und 50% Kesselwagen verwendet. Zudem werden Leerwagenzüge generell deutlich überschätzt. Beim Vergleich von einzelnen Messtagen führen bereits ein bis zwei Güterzüge aufgrund ihres hohen Energieanteils schnell zu Abweichungen. Der Vergleich lässt vermuten, dass die Berechnung tendenziell konservativ ist.

## 9 Lärmsanierungskonzept

Die Berechnung des Prognosejahrs 2026 (ohne Lärmsanierungsmassnahmen) ergab keine Überschreitungen der IGW. Entsprechend der LSV besteht daher keine Sanierungspflicht für den Betreiber der Anlage. Daher entfällt mit der Überarbeitung des Lärmsanierungskonzept die Betrachtung von Lärmsanierungsmassnahmen und deren wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit.

## 10 Fazit

Aufgrund der prognostizierten Abnahme der Lärmimmissionen für das Prognosejahr 2026 sind auf der Strecke Feldkirch – Buchs keine Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen von Überschreitungen der IGW betroffen. Trotz einer Zunahme der Bewegungen am Tag und in der Nacht ist vor allem der deutlich reduzierte Anteil an Graugussbremssohlen bei Güterzügen Ursache für die Abnahme der Schallemissionen in Bezug zum Lärmkataster 2017. Durch das Verbot für Graugussbremssohlen in der Schweiz und in Deutschland ab 2020 und der verschärften TSI-Noise-Richtlinie ab 2024 kann davon ausgegangen werden, dass diese Annahme berechtigt ist.

Da die Immissionsgrenzwerte und damit auch die Alarmwerte nie überschritten wurden, besteht zum jetzigen Zeitpunkt kein Handlungsbedarf zur Sanierung der Eisenbahnanlage auf Liechtensteiner Hoheitsgebiet. Im Falle einer Umsetzung des Projekts S-Bahn Liechtenstein (früher auch S-Bahn FL.A.CH genannt), ändern sich die Rahmenbedingungen grundlegend. Sollte das Projekt nicht umgesetzt werden, so wäre die vorliegende Untersuchung, im Falle von auf Dauer wesentlichen Überschreitungen der zulässigen Immissionen (z.B. durch zusätzlichen Bahnverkehr), unter Berücksichtigung eines erweiterten Sanierungshorizonts erneut durchzuführen (siehe auch Pkt. 4.4 der Schweizer Richtlinie [10]).

## 11 Anhang

### 11.1 Dokumentation der Begehung

Die folgende Karte zeigt eine Übersicht der fünf Gebäude, die im Rahmen der Begehungen im Juli und August 2019 überprüft und dokumentiert wurden. Anschliessend folgt eine Fotodokumentation dieser Gebäude.



Orthofoto 2018 von <https://geodaten.llv.li/geoportal>

## Bahnweg 10, Schaan



## In der Egerta 4, Schaan





### Im Pardiell 44, Schaan



### In der Egerta 5, Schaan



### Im Pardiel 46, Schaan

Der Gebäudedatensatz wurde korrigiert, da hier vor dem Haus zwei zusätzliche rechteckige Gebäude mit relativen Höhen von 2 m (vorne im Bild) und von 7 m (hinten im Bild) angegeben wurden. Diese Gebäudeteile wurden nach der Begehung als Gartenhäuser (nicht lärmempfindliche Räume) deklariert und das hintere auf eine Höhe von 2 m korrigiert, um eine Überschätzung der Hinderniswirkung auf das Wohngebäude zu vermeiden.



## 11.2 Ausbreitungsmodell und CadnaA-Berechnungseinstellungen

The screenshot shows the 'Berechnungskonfiguration' dialog box with the 'Land' tab selected. The dialog is divided into four main sections: Reflexion, Industrie, Straße, and Schiene. Under 'Land', there are dropdown menus for 'Land' (set to '(benutzerdefiniert)'), 'Industrie' (set to 'ISO 9613'), 'Straße' (set to 'STL 86'), 'Schiene' (set to 'Semibel'), and 'Fluglärm'. There are also buttons for 'Konfiguration öffnen...' and 'Konfiguration speichern...'. At the bottom, there are 'OK', 'Abbrechen', and 'Hilfe' buttons.

Der max. Suchradius wurde auf 1000 Meter gesetzt.

The screenshot shows the 'Berechnungskonfiguration' dialog box with the 'Allgemein' tab selected. The dialog contains various numerical input fields and checkboxes. Key settings include: 'Max. Fehler (dB)' set to 0.5, 'Max. Suchradius (m)' set to 1000, 'Mindestabstand Quelle-Immpkt (m)' set to 5.0, 'Rasterinterpolation' set to 9x9, 'Max. Diff. Eckpunkte (dB)' set to 5.0, 'Max. Diff. Mittelpkt (dB)' set to 0.10, 'Ausbreitungskoeff Unsicherheit' set to  $3 \cdot \log_{10}(d/10)$ , 'Anzahl Winkelsegmente' set to 100, and 'Reflexionstiefe' set to 0. Checkboxes for 'Raster 'unter' Häusern extrapolieren', 'Schnelle Abschirmung', 'Winkelscan-Verfahren (exp!!!)', and 'Mithra-Kompatibilität' are present, with the first one checked. At the bottom, there are 'OK', 'Abbrechen', and 'Hilfe' buttons.

Berechnungskonfiguration

Reflexion		Industrie			Straße		Schiene	
Land	Allgemein	Aufteilung	Bezugszeit	Zielgrößen	DGM	Bodenabs.		
Rasterfaktor:		<input type="text" value="0.75"/>	Projektion von:		<input type="checkbox"/> Linienquellen <input type="checkbox"/> Flächenquellen			
Max. Abschnittslänge (m):		<input type="text" value="750.0"/>	<input type="checkbox"/> Projektion auch an Geländemodell					
Min. Abschnittslänge (m):		<input type="text" value="10.0"/>	Max Abst. Quelle-Imppkt (m):		<input type="text" value="2000.00"/>			
Min. Abschnittslänge (‰):		<input type="text" value="0.0"/>	Suchradius um Quelle (m):		<input type="text" value="2000.00"/>			
<input type="checkbox"/> Aufl. nach RBLärm-92 Verfahren 1		Suchradius um Imppkt (m):		<input type="text" value="2000.00"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/> Mindestabschnittslängen bei Projektion berücksichtigen						

OK Abbrechen Hilfe

Die Bezugszeiten und die Zielgrößen selber haben keinen Einfluss auf die Berechnung, da keine Pegel Ldn und Lden berechnet werden. Sie sind zur Vollständigkeit jedoch aufgeführt.

Berechnungskonfiguration

Reflexion		Industrie			Straße		Schiene	
Land	Allgemein	Aufteilung	Bezugszeit	Zielgrößen	DGM	Bodenabs.		
Zuordnung Stunden - Zeitbereiche Day, Evening, Night:								
00	01	02	03	04	05	06	07	08
09	10	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	00	01	02
03	04	05	06	07	08	09	10	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	00	01	02	03	04	05
06	07	08	09	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23
N	N	N	N	N	N	D	D	D
D	D	D	D	D	D	D	D	N
N	N							
Zuschlag Tag (dB):		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="checkbox"/> Zuschlag Ruhezeit nur für:		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">           (ohne Zubeh.)            FD - Freigebiet            WF - reine Wohngebiet            WK - allg. Wohngebiet            MI - Mischgebiet            GE - Gewerbegebiet         </div>			
Zuschlag Abend/Ruhezeit (dB):		<input type="text" value="0.0"/>						
Zuschlag Nacht (dB):		<input type="text" value="0.0"/>						

OK Abbrechen Hilfe

Berechnungskonfiguration

Reflexion		Industrie		Straße		Schiene	
Land	Allgemein	Aufteilung	Bezugszeit	Zielgrößen	DGM	Bodenabs.	

Zielgrößen:

	Typ	Bez	Einheit	Formel
1:	Ld	<input checked="" type="checkbox"/> day/Tag	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
2:	Le	<input checked="" type="checkbox"/> evening	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
3:	Ln	<input checked="" type="checkbox"/> night/Nac	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
4:	Lden	<input checked="" type="checkbox"/> Lden	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

OK Abbrechen Hilfe

Bahnabschnitte unterhalb Bodenhöhe werden auf den Boden angehoben.

Berechnungskonfiguration

Reflexion		Industrie		Straße		Schiene	
Land	Allgemein	Aufteilung	Bezugszeit	Zielgrößen	DGM	Bodenabs.	

Standardhöhe (m):

Geländemodell:

- Triangulation
  - nur explizite Kanten berücksichtigen
  - Obj mit "Höhe/Boden an jedem Pkt" sind geländebestimmend
- Höhenlinien suchen (Mittelwert)
- Höhenlinien suchen (gleitende Schrägebene)
  - Suchradius für Höhenlinien (m):

Quellen unterm Boden auf Bodenniveau anheben

Flächenquellen mit relativer Höhe sind geländefolgend

OK Abbrechen Hilfe

Der maximale Abstand zwischen Quelle und Immissionspunkt und der Wert „Interpoliere ab“ wurden auf 1000 Meter gesetzt.

Berechnungskonfiguration

Land	Allgemein	Aufteilung	Bezugszeit	Zielgrößen	DGM	Bodenabs.
Reflexion		Industrie		Straße		Schiene

max. Reflexionsordnung:

Bedingungen für Reflexionsberechnung:

Reflektor-Suchradius um Quelle:  um Impkt:

Max. Abstand Quelle - Impkt:  Interpoliere ab:

Min. Abstand Impkt - Reflektor:  Interpoliere bis:

Min. Abstand Quelle - Reflektor:

OK Abbrechen Hilfe

Berechnungskonfiguration

Land	Allgemein	Aufteilung	Bezugszeit	Zielgrößen	DGM	Bodenabs.
Reflexion		Industrie		Straße		Schiene

Default-Bodenabsorption G:

Verwende Puffer-Karte für Bodenabsorptionsberechnung

Auflösung (m):

Straßen und Parkplätze sind reflektierend (G==0)

Gebäude sind reflektierend (G==0)

Schienen sind absorbierend (G==1)

OK Abbrechen Hilfe

Für die Berechnung wurden die folgenden Einstellungen verwendet:

**Berechnungskonfiguration** ? X

Land	Allgemein	Aufteilung	Bezugszeit	Zielgrößen	DGM	Bodenabs.
	Reflexion	Industrie		Straße		Schiene

Streng nach STL 86 / RLS-90

- Rechne erste Reflexion (nicht mehr und nicht weniger)
- Rechne keine Seitenbeugung
- Rechne keine Bebauungsdämpfung
- Rechne keine Bewuchsdämpfung
- Rechne die beiden äußeren Fahrstreifen getrennt

Abschirmung: Negativer Umweg nach ISO 9613

Ausbreitungsrechnung nach RLS-90

OK Abbrechen Hilfe

Das Häkchen bei *Abschirmung: Negativer Umweg nach ISO 9613* wurde nicht gesetzt. Dies entspricht der offiziellen Empfehlung des BAFU.

**Immissionspunktraster** X

Immissionspunktabstand: dx (m): 10.00 OK

dy (m): 10.00 Abbruch

Immissionspunkthöhe (m): 4.00 Hilfe

Absolut Optionen>>

Die X/Y-Positionierung der Raster-Ecken erfolgt innerhalb des Berechnungsexports von D-noise nach CadnaA.

**Dnoise.Core.CreateFacadePointsForm - Etagen, Fassaden und Fassadenpunkte erstellen** ✕

Basisdaten 'LIE\_2026PLUS\_BASIS\_2M\_V2' ▼

<b>Parameter</b>	
Min. Abstand zwischen Fassadenpunkten pro Himmelsrichtung [m]	<input type="text" value="4"/>
Ideale Anzahl Punkte je Himmelsrichtung und Etage:	<input type="text" value="4"/>
Danach alle <x> m weitere Fassadenpunkte hinzufügen:	<input type="text" value="10"/>
Abstand der Fassadenpunkte von Fassade [m]:	<input type="text" value="0.05"/>
Suchgebiet	<input type="text" value="Gesamtes Gebiet"/>
DTM:	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> LoadOnlyMode verwenden	

<b>Etagen-Ausrichtung</b>	
<input checked="" type="radio"/> Etagen relativ zur Dachtraufe	
<input type="radio"/> Etagen relativ zum Sockel	Sockelhöhe [m]: <input type="text"/>
	Dachhöhe [m]: <input type="text"/>

<b>Weitere Höhen-Parameter</b>	
<input type="radio"/> Konstante Etagenhöhe [m]:	<input type="text"/>
<input checked="" type="radio"/> Dynamische Etagenhöhe [m]:	<input type="text" value="2.4"/> bis <input type="text" value="3.2"/>
Höhe des Fassadenpunkts über Etagenboden [m]:	<input type="text" value="1.5"/>
Minimale Höhe über Terrain:	<input type="text" value="1"/>

 powered by 

AUSFERTIGUNG
EINLAGEZAHL -

**Strecke**  
Feldkirch - Buchs (SG)

Streckenabschnitt auf Hoheitsgebiet des  
Fürstentum Liechtenstein

# Lärmsanierungskonzept

gemäß Verfügung vom 5. November 2018 des Amt für  
Umwelt des Fürstentum Liechtenstein

4	-	.	.	.
3	-	.	.	.
2	-	.	.	.
1	-	.	.	.
Index	Datum	Name	Beschreibung der Änderung	Zustimmung

OBJEKTNR.:		STRECKENNR.:		
<b>ABSCHNITT</b> Km / Stat.		Staatsgrenze bei Feldkirch - Staatsgrenze bei Buchs (SG) km 8.3+75 - km 17.3+38		
Bearb.:	26.08.2019	C.D.		
Gezei.:	26.08.2019	C.D.		
Geprü.:	28.08.2019	H.G.		
GZ	11025			
Plangröße	A4			
Maßstab	-			
<b>Messbericht Messpunkt Schaan</b>				

Planung:   <b>ZIVILTECHNIK HAGNER</b> A-6020 Innsbruck, Eduard - Bodem - Gasse 9 Tel. 0512 - 360320 , office@zthagner.at    Planung 2019-10-03 16:35:22 <b>upload</b> Christian DEJORI, ZT HAGNER sigld: uzrK6ZZ3Vb765losRe9eC4WQy3A=	Fachreferent: Zustimmung Fachreferat 2019-10-08 09:38:58 <b>Der Plan kann freigegeben werden</b> Harald MEIDL, ÖBB-Infrastruktur AG (SAE / Länderbetreuer Lärmschutz) sigld: tRUzLFnaLNxH9VzdeWJQ+i5Q5M=  Projektleitung: Planfreigabe 2019-10-08 10:00:02 <b>Plan zur Ausführung freigegeben</b> Hans-Georg KLOBUCARIC, ÖBB-Infrastruktur AG (PNA, PL TV) sigld: Xn9kmgjoffKNNH4/jB9QSiXKgJro=
--	---

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Daten und Umfang des Auftrages .....	2
2. Verwendete Unterlagen.....	2
3. Abkürzungsverzeichnis .....	2
4. Messdurchführung.....	3
5. Lage Messpunkt.....	3
6. Verwendete messgeräte .....	4
7. Meteorologische Bedingungen .....	5
8. Messergebnisse .....	6

ANHANG:     1) Schallpegelverlauf  
              2) Eichscheine

## 1. DATEN UND UMFANG DES AUFTRAGES

Gemäß einer Verfügung des Amtes für Umwelt des Fürstentums Liechtenstein ist für die Eisenbahnanlage zwischen Feldkirch und Buchs auf liechtensteinischem Hoheitsgebiet seitens der ÖBB-Infrastruktur AG bis 30. September 2019 ein Lärmsanierungskonzept vorzulegen.

Ergänzend sollen in Abstimmung mit dem Amt für Umwelt zusätzliche Lärmmessungen entlang der Eisenbahnstrecke durchgeführt werden.

Die durchgeführten Lärmmesstechnischen Messungen sollen als Grundlage für die Erstellung eines Lärmsanierungskonzeptes der ÖBB-Strecke zwischen Feldkirch und Buchs auf liechtensteinischem Hoheitsgebiet dienen.

## 2. VERWENDETE UNTERLAGEN

- ÖNORM S 5004, Messung von Schallimmissionen, 01.12.2008
- ÖNORM S 5005, Messungen von Schallimmissionen von Schienenverkehr, 01.04.2011
- Lärmmessung vom 16.07.2019, Ziviltechnik Hagner

## 3. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

$L_{A,eq}$	A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel in dB: Einzahlangabe, die zur Beschreibung eines Schallereignisses mit schwankendem Schallpegel (z.B. Straßenverkehrslärm, Fluglärm) dient. Er wird errechnet als der Schallpegel, der bei dauernder Einwirkung dem unterbrochenen Lärm oder Lärm mit schwankendem Schallpegel äquivalent ist.
$L_{A1}$	A-bewerteter Pegel der während 1% der Messzeit überschritten wurde
$L_{A95}$	A-bewerteter Pegel der während 95% der Messzeit überschritten wurde (Basispegel)
$L_V$	Vorbeifahrtspegel: energieäquivalenter Schallpegel, der während der Vorbeifahrt eines Zuges auftritt
$L_E$	Schallereignispegel: virtueller Schallpegel, der den gesamten Energieinhalt eines Schallereignisses beliebiger Dauer auf 1 s bezieht

#### 4. MESSDURCHFÜHRUNG

Die Schallpegelmessung wurde am 16.07.2019 von 09:10 Uhr bis 18:10 Uhr durchgeführt. Zeitgleich wurden die meteorologischen Bedingungen und die Geschwindigkeiten der vorbeifahrenden Züge erfasst.

#### 5. LAGE MESSPUNKT

Der Messpunkt wurde in Abstimmung mit ÖBB Infrastruktur AG, dem Amt für Umwelt des Fürstentum Liechtenstein, sowie dem Ersteller des Lärmsanierungskonzept im Nahbereich des Wohnhauses Bahnweg 10, in 9494 Schaan.

Koordinaten: WGS84 9.50605° 47.16578° (LKoord: 2756737, 1225933)  
Höhe über Gelände: 4,0m  
Entfernung zur Gleisachse: ca. 11,70 m

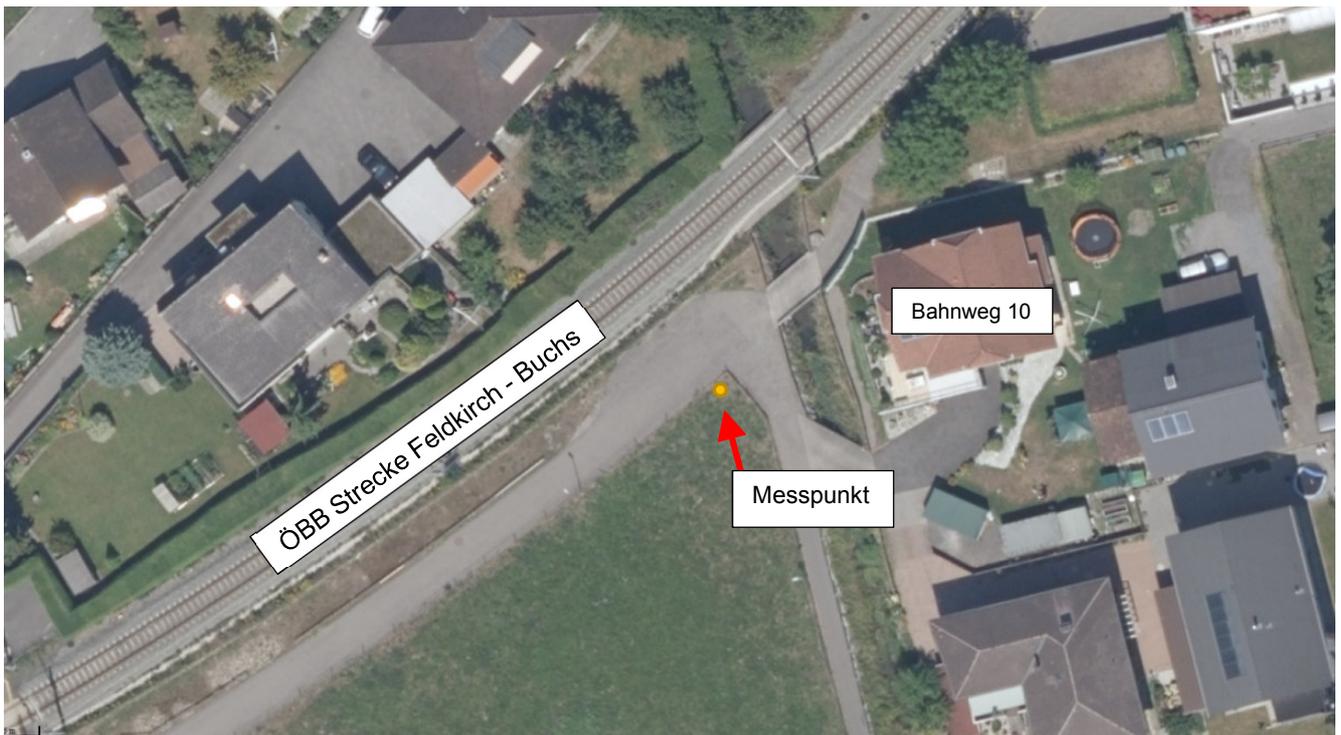


Abbildung 1: Übersichtslageplan (Geodaten Liechtenstein)



Schienen auf Betonschwellen

Messpunkt im Nahbereich des  
Wohnhauses Bahnweg 10

## 6. VERWENDETE MESSGERÄTE

Für die Schallpegelmessung wurden folgende Geräte verwendet.

Schallpegelanalysator: Svan 979, Svantek, Fabr. Nr. 35802, Klasse 0,7  
Eichschein LBES-17-1058 vom 25.04.2017

Prüfschallquelle: Brüel & Kjaer, Typ 4231, Seriennr: 2594801, Klasse 0,3  
Eichschein AT-0168/2019 vom 25.05.2019

Messmikrofon: 40AE, G.R.A.S., Fabr. Nr. 167573,

Vorverstärker: SV17, Svantek, Fabr. Nr. 33222,

Windmesser: Ahlborn Almemo Datenlogger 2690-8  
Ahlborn Windgeschwindigkeitsgeber, Windrichtungsgeber

Der Eichschein des Schallpegelanalysators und der Prüfschallquelle sind im Anhang 2 enthalten.

## 7. METEOROLOGISCHE BEDINGUNGEN

Begleitend zur Lärmmessung wurden die Lufttemperatur sowie die Windgeschwindigkeit gemessen. Während des Messzeitraumes wurde eine Temperatur zwischen 15°C und 25°C aufgezeichnet. Die erfassten Windgeschwindigkeiten sowie Windrichtungen sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

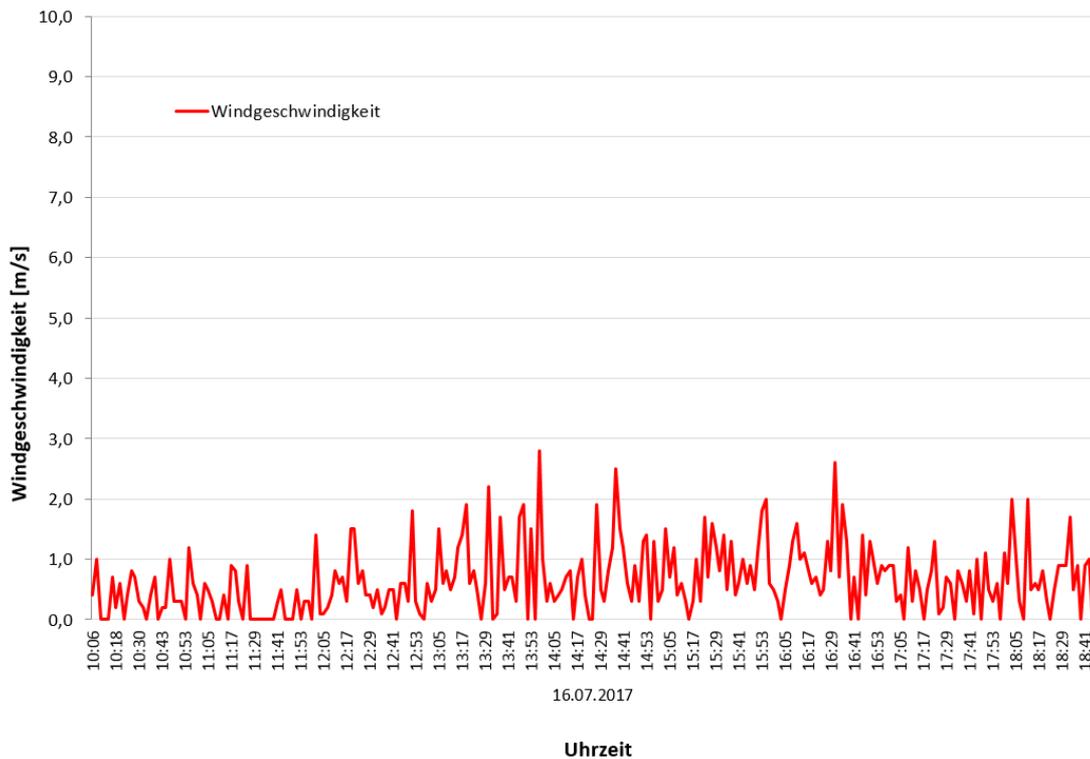


Abbildung 2: erfasste Windgeschwindigkeiten während der Messung

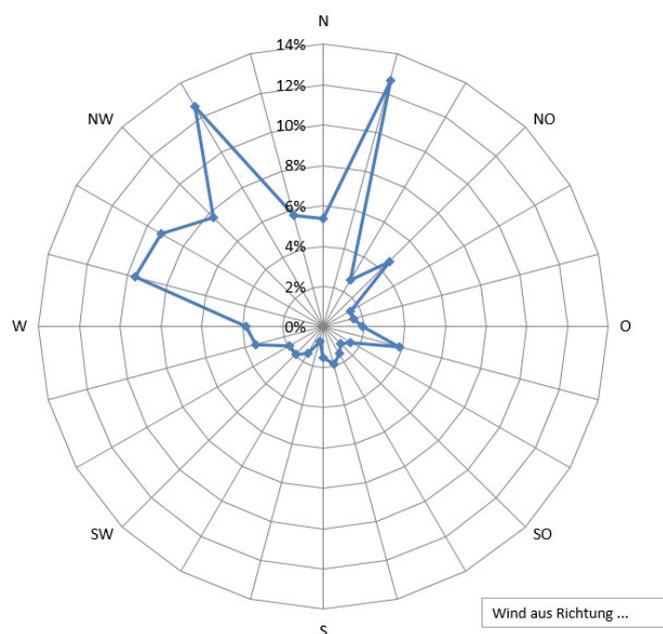


Abbildung 3: erfasste Hauptwindrichtungen während der Messung

Wie in der Abbildung 3 ersichtlich, herrschte während der Messung Mitwindsituation. Entsprechend der ÖNorm S 5004 wurde die Messung mit Windschirm durchgeführt.

## 8. MESSERGEBNISSE

In der nachstehenden Tabelle ist der gemessene Dauerschallpegel  $L_{A,eq}$  sowie die Perzentilpegel  $L_{A,01}$  und  $L_{A,95}$  (jeweils mit der Zeitbewertung Fast) für 1-Stunden-Intervalle mit Zug sowie ohne Zug angeführt.

Zeit		$L_{A,eq}$ [dB]		$L_{A,01}$ [dB]		$L_{A,95}$ [dB]	
Von	Bis	Gesamt	ohne Zug	Gesamt	ohne Zug	Gesamt	ohne Zug
09:10	10:00	61,5	47,3	64,2	57,9	39,4	39,3
10:00	11:00	68,0	46,0	79,4	55,6	38,4	38,3
11:00	12:00	55,5	46,5	57,5	55,4	38,9	38,8
12:00	13:00	69,1	46,0	82,4	54,6	38,3	38,3
13:00	14:00	59,5	46,3	54,6	52,4	41,8	41,8
14:00	15:00	60,8	47,2	57,0	54,8	42,1	42,1
15:00	16:00	63,4	47,4	71,0	54,4	41,2	41,2
16:00	17:00	62,9	47,2	67,9	54,8	41,9	41,9
17:00	18:00	54,5	47,8	60,7	56,1	42,3	42,3
18:00	18:10	69,2	46,4	82,9	53,9	42,0	41,9

*Tabelle 1: Zusammenfassung Messergebnisse vom 16.07.2019 in Schaan*

Im Messzeitraum sind insgesamt 24 Züge gefahren. Von der ÖBB wurden für die lärmtechnische Auswertung die Zugdaten der erfassten Züge zur Verfügung gestellt.

Die erfassten Zugvorbeifahrten sind zusammen mit den gemessenen Geschwindigkeiten, den Zugdaten und den ermittelten Vorbeifahrtspegeln  $L_V$  und Schallereignispegeln  $L_E$  in der nachfolgenden Tabelle angeführt.

Der gesamte Schallpegelverlauf ist im Anhang 1 dargestellt.

Ereignis Nr.	Uhrzeit Bogen Schaan	Fahrt- richtung	Zug- gattung	Gesamt- zuglänge [m]	Anzahl Wagen	Anzahl der Wagen mit lärmarmen Bremsen	Summe der Wagenlängen lärmarmen Wagen	Geschwindig- keit [km/h]	Dauer relevantes Schallereignis [sec.]	Vorbeifahrtspegel Lv [dB]	Schallereignis- pegel LE [dB]
1	09:16:30	Buchs	Güterzug	311	19	18	279	85	43	79,6	95,9
2	09:22:24	Feldkirch	Güterzug					-	21	67,3	80,5
3	10:02:46	Feldkirch	EC	277	9			83	32	78,5	93,6
4	10:12:25	Buchs	RJX	206	7			79	33	79,3	94,5
5	10:33:14	Buchs	Güterzug	345	19	12	185	77	43	86,1	102,5
6	11:58:01	Feldkirch	RJX	206	7			83	40	74,9	90,9
7	12:06:07	Buchs	RJX	206	7			82	34	76,5	91,8
8	12:13:07	Feldkirch		605	38	35	543	77	75	79,8	98,6
9	12:36:28	Feldkirch	R	67	1			61	29	68,7	83,3
10	12:53:43	Feldkirch		565	26	18	390	89	67	84,8	103,1
11	13:57:11	Feldkirch	RJX	206	7			70	40	78,9	94,9
12	14:04:33	Buchs	RJX	206	7			83	30	81,3	96,1
13	15:16:49	Buchs		311	19	19	295	86	38	80,6	96,4
14	15:37:01	Buchs		67	1			72	29	69,5	84,1
15	15:58:01	Feldkirch	RJX	206	7			83	35	79,4	94,9
16	16:05:40	Buchs	RJX	206	7			80	33	82,4	97,6
17	16:23:05	Feldkirch	R	67	1			71	29	70,4	85,0
18	16:34:10	Buchs	R	67	1			74	30	70,2	85,0
19	16:51:33	Feldkirch	REX	67	1			73	35	71,2	86,6
20	17:04:31	Buchs	R	67	1			73	35	68,1	83,5
21	17:24:45	Feldkirch	REX	67	1			58	30	69,7	84,5
22	17:35:55	Buchs	R	67	1			78	37	69,1	84,7
23	18:00:13	Buchs	EC	277	9			83	38	80,1	95,9
24	18:06:28	Feldkirch	RJX	206	7			82	36	76,3	91,9

Tabelle 2: Auswertung Zugvorbeifahrten

# Anhang 1

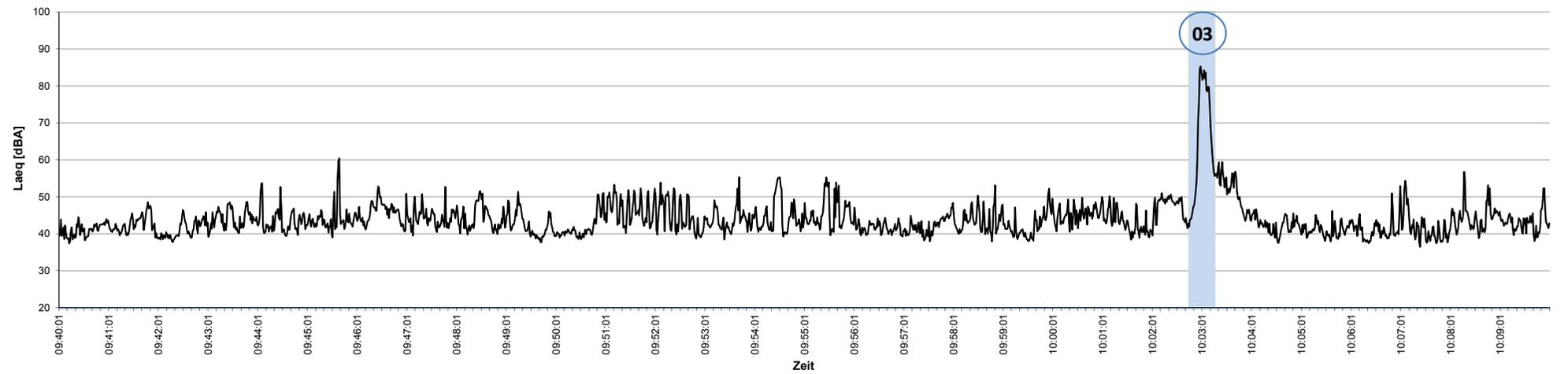
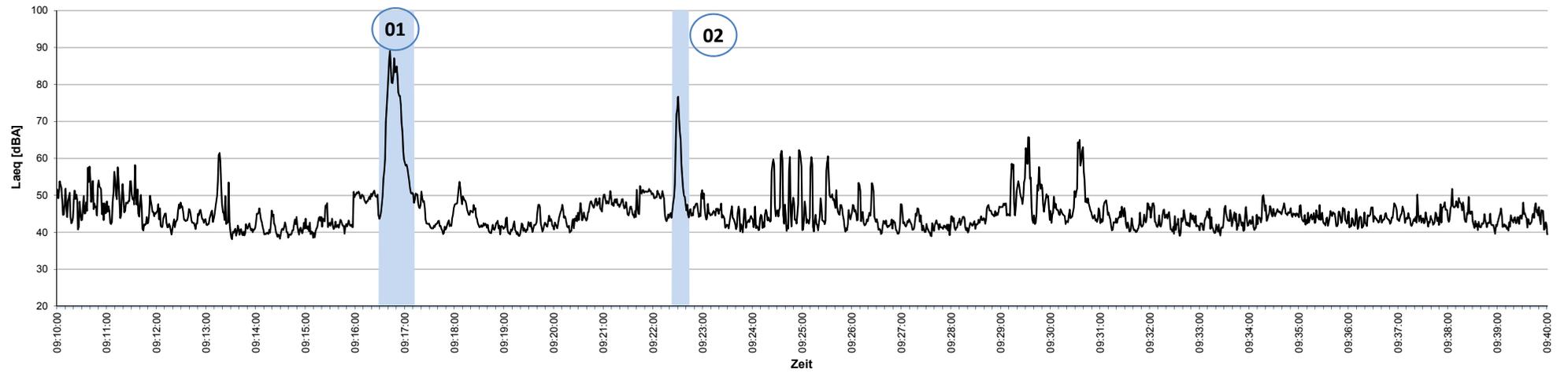
---

## Schallpegelverlauf

# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

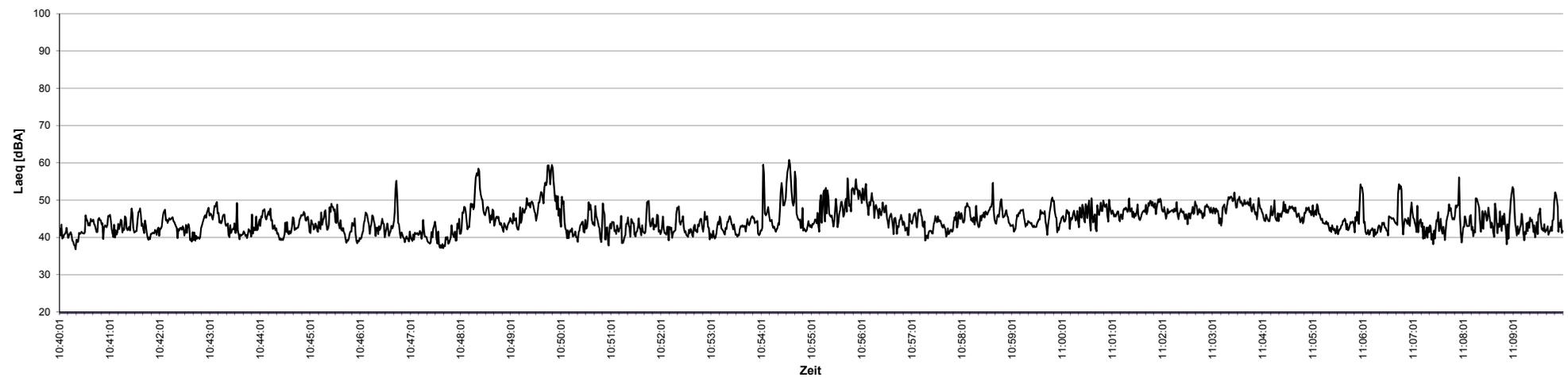
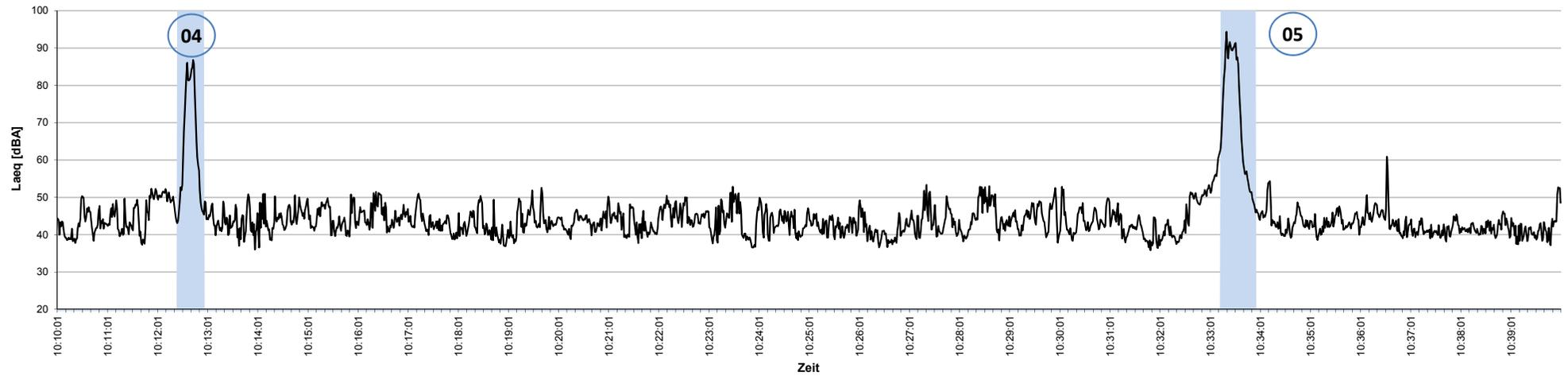
Messpunkt: Schaan  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 16.07.2019, 09:10 - 18:10  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

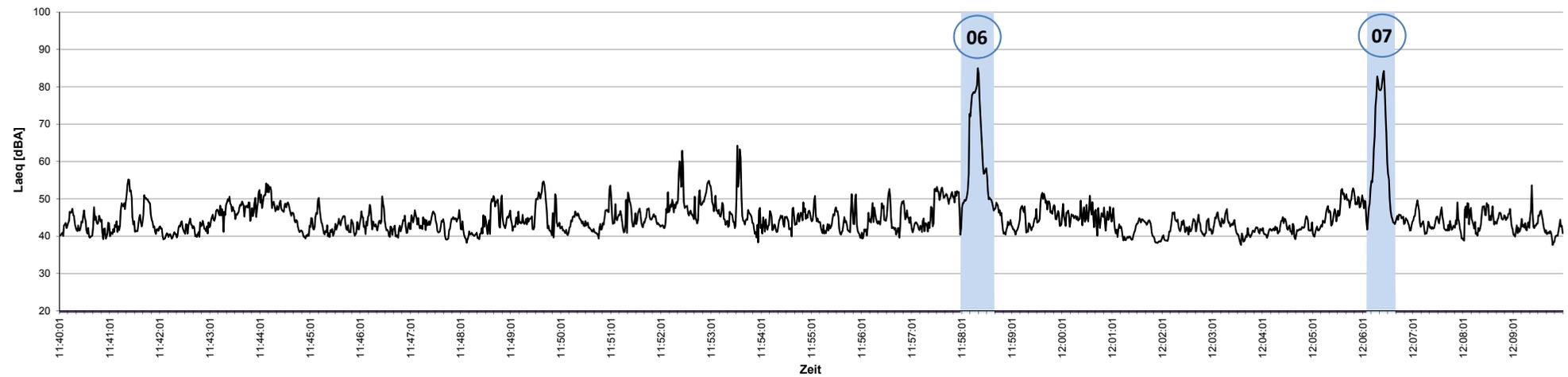
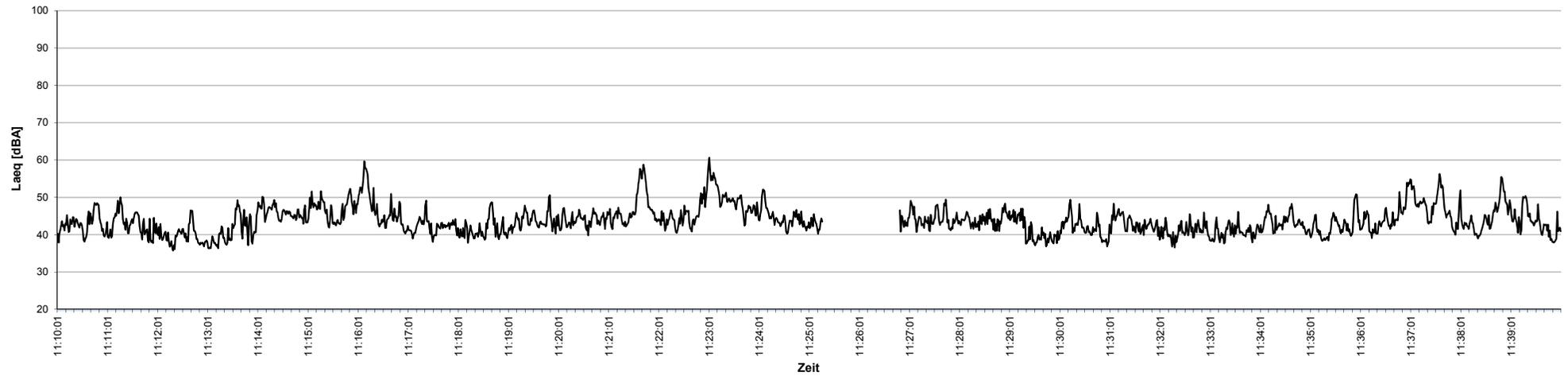
Messpunkt: Schaan  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 16.07.2019, 09:10 - 18:10  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

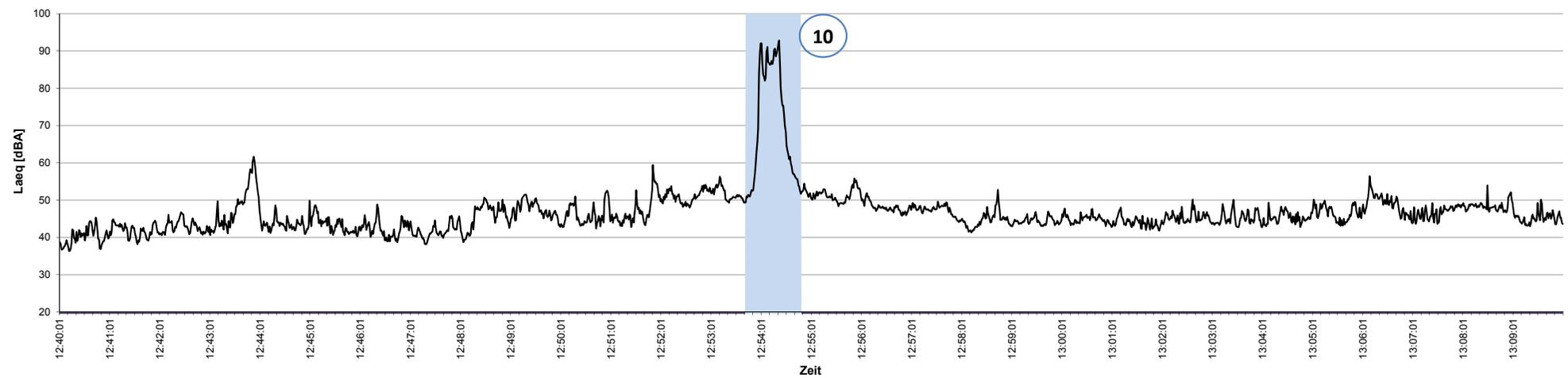
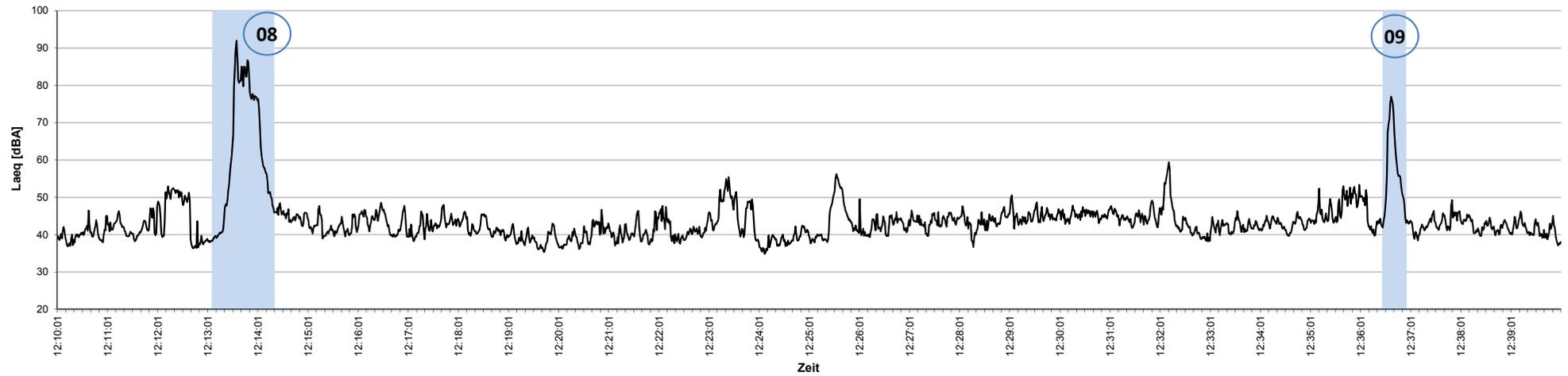
Messpunkt: Schaan  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 16.07.2019, 09:10 - 18:10  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

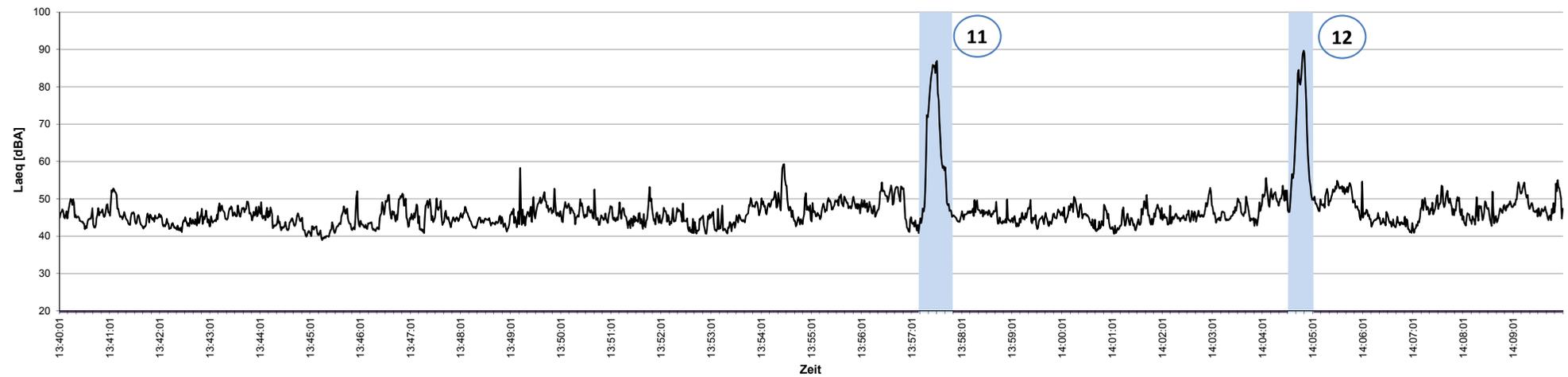
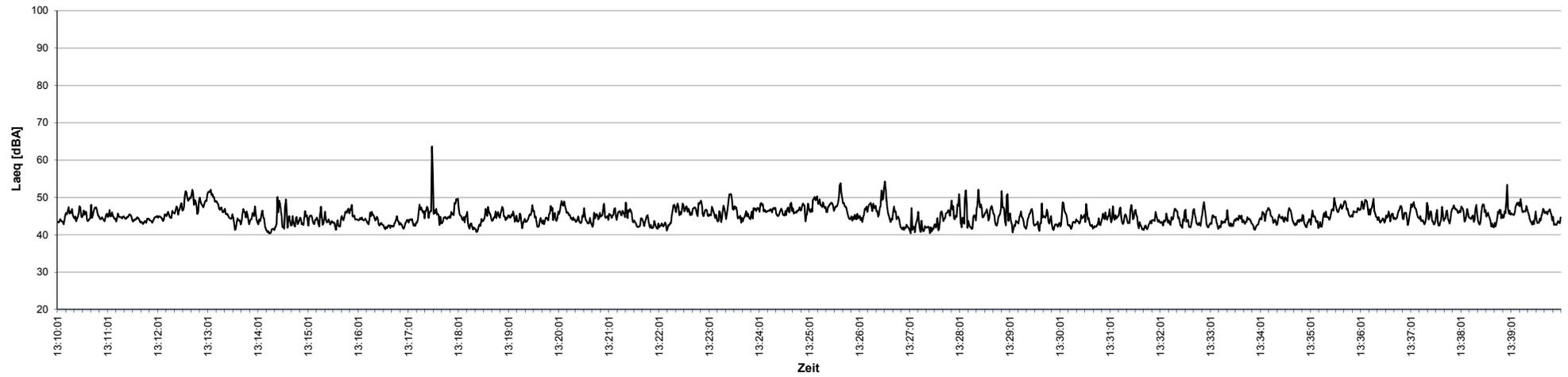
Messpunkt: Schaan  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 16.07.2019, 09:10 - 18:10  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

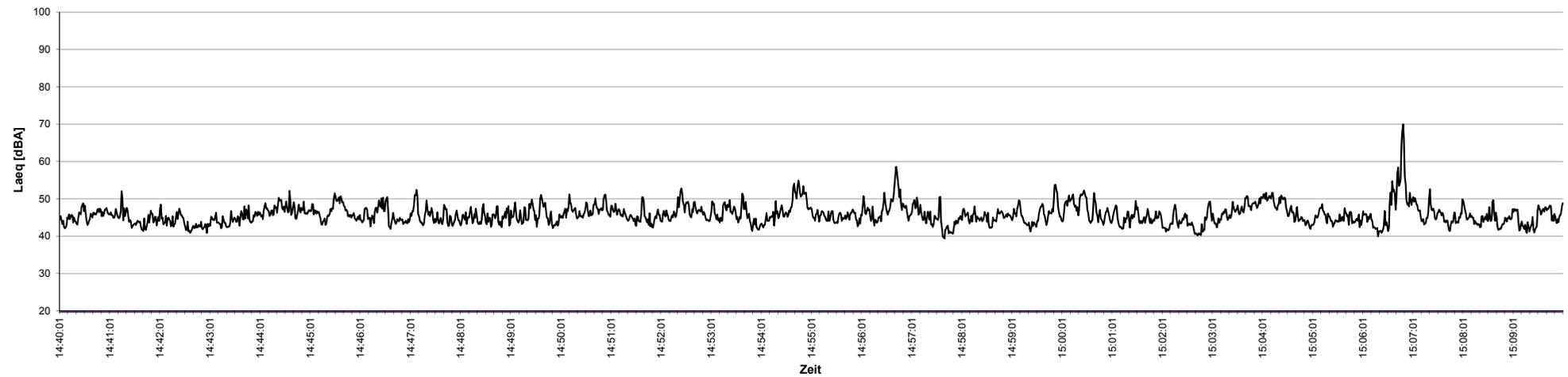
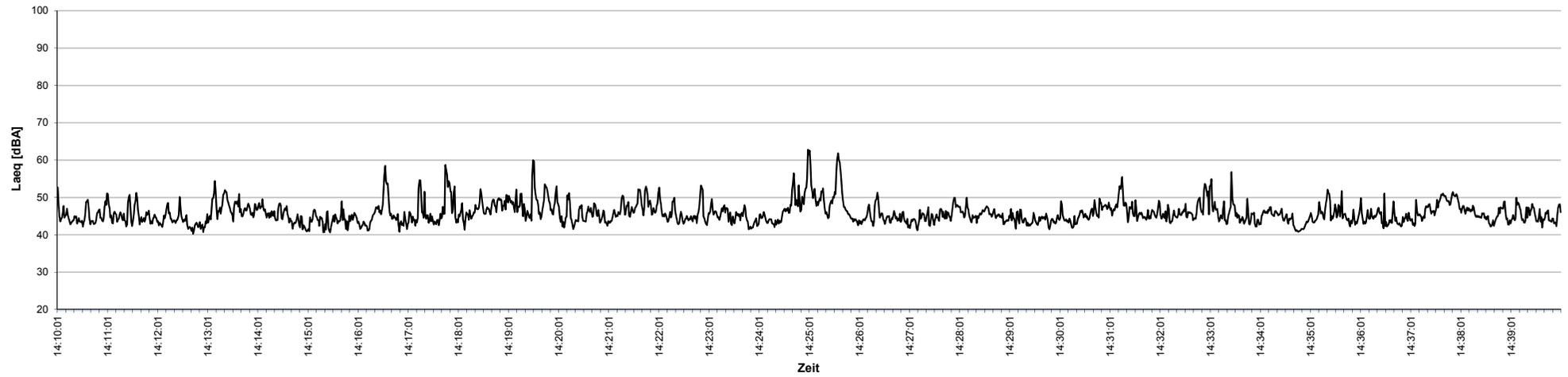
Messpunkt: Schaan  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 16.07.2019, 09:10 - 18:10  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

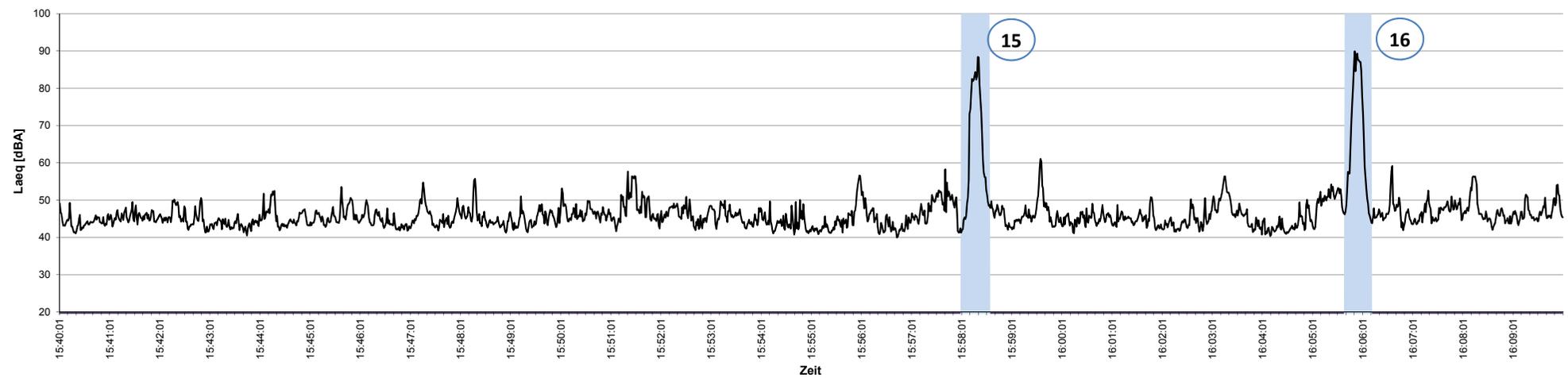
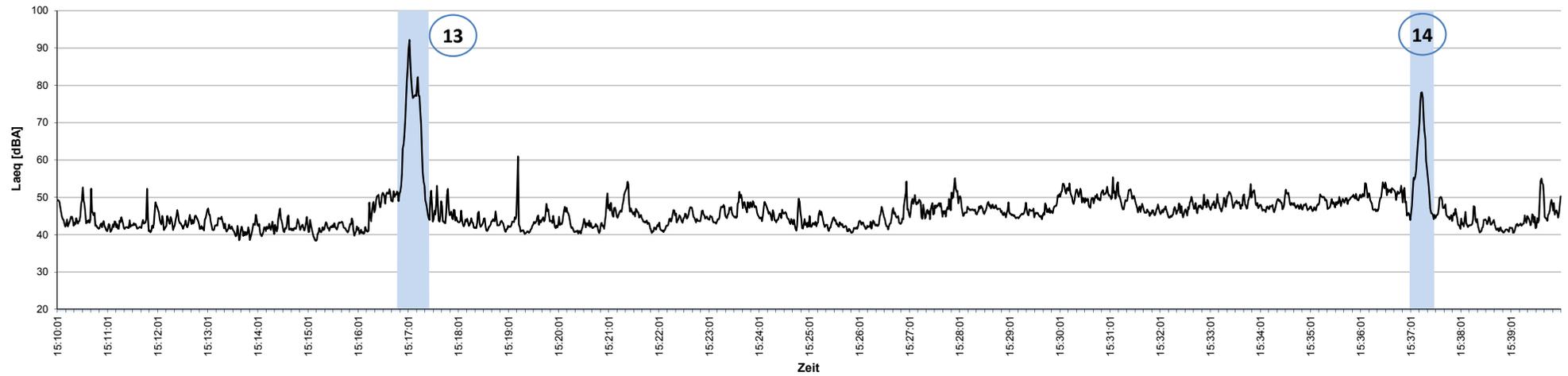
Messpunkt: Schaan  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 16.07.2019, 09:10 - 18:10  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

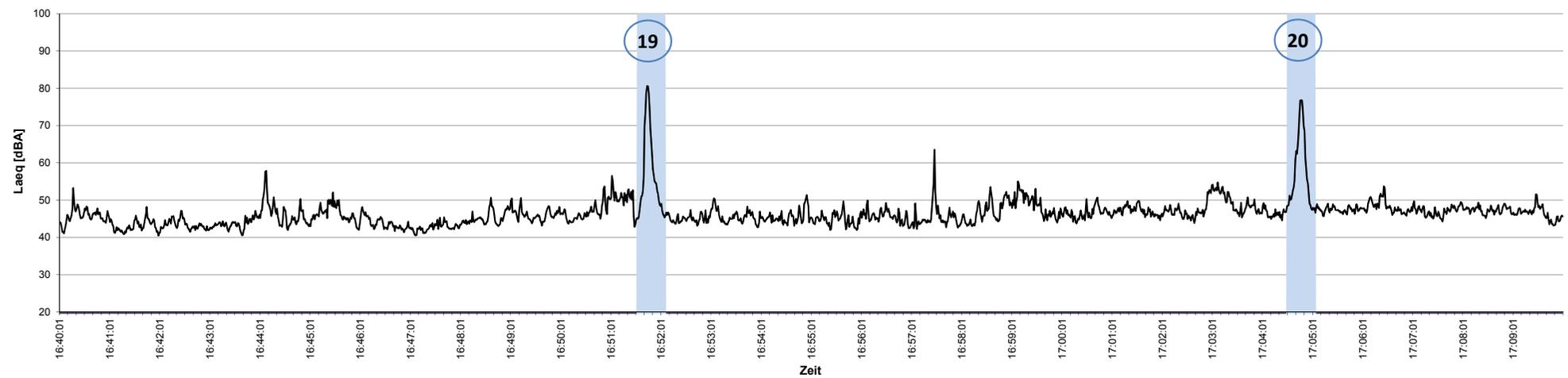
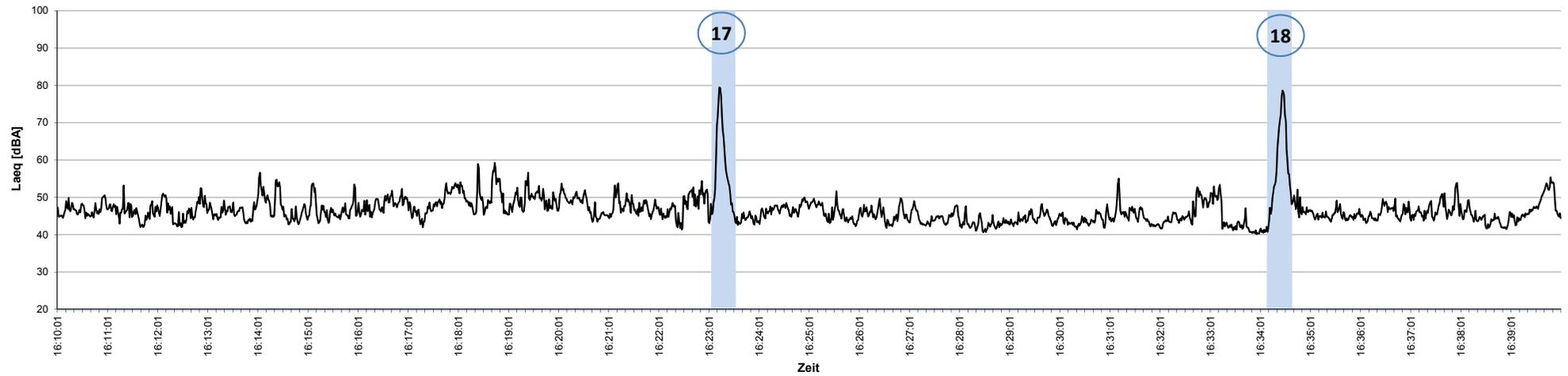
Messpunkt: Schaan  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 16.07.2019, 09:10 - 18:10  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

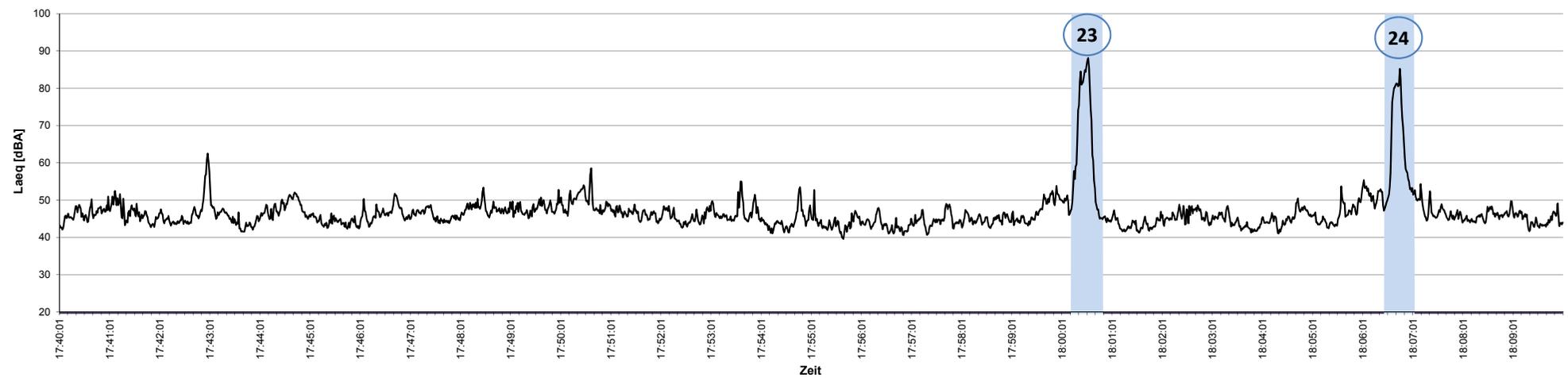
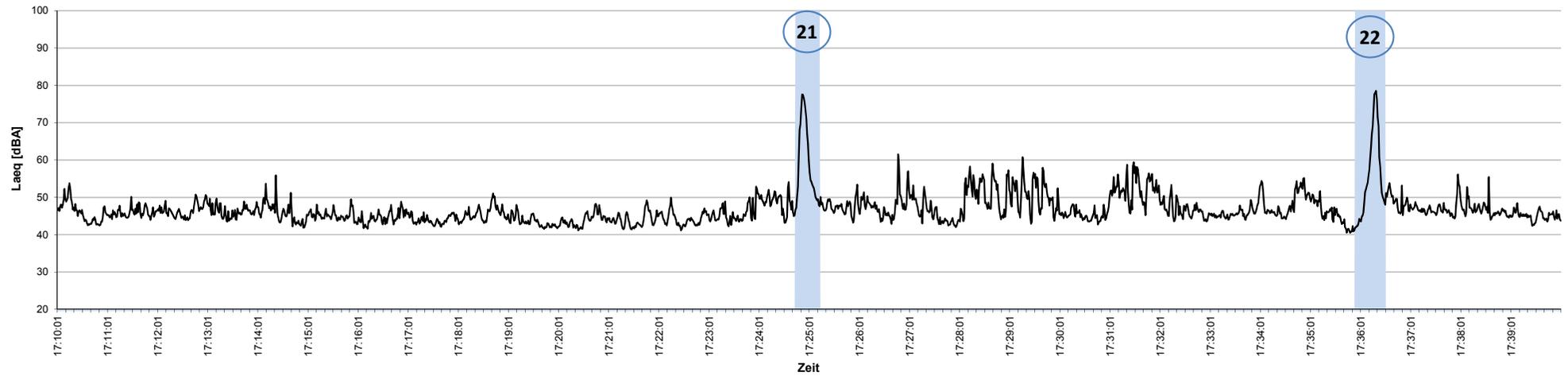
Messpunkt: Schaan  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 16.07.2019, 09:10 - 18:10  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

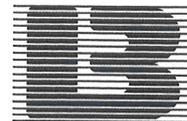
Messpunkt: Schaan  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 16.07.2019, 09:10 - 18:10  
Wetter: sonnig



Anhang 2

---

Eichscheine



## Eichschein

Verification Certificate

Eichschein Nr. LBES-17-1058

Verification Certificate No.

Gegenstand Object	<b>Schallpegelmesser Kl. 1</b>
Hersteller Manufacturer	<b>SVANTEK</b>
Bauart/Typ Type	<b>SVAN 979</b>
Herstellernummer Serial No	<b>35802</b>
Auftraggeber Customer	<b>ZTH-Ziviltechnik Hagner</b> 6020 Innsbruck
Eichnummer Verification No	<b>E17078</b>
Anzahl der Seiten Number of pages	<b>2</b>
Datum der Eichung Date of verification	<b>25. April 2017</b>

Die Eichung erfolgt auf der gesetzlichen Grundlage des §35 des Maß- und Eichgesetzes, BGBl.Nr. 152/1950, in geltender Fassung.

Dieser Eichschein dokumentiert die Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).

Für die Einhaltung der Nacheichfrist gemäß §15 des Maß- und Eichgesetzes ist der Benutzer verantwortlich.

The verification is performed in accordance with § 35 of the Metrology Act, federal gazette Nr. 152/1950, in the amended version.

This verification certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurement according to the International system of Units (SI).

The user is obliged to have the object reverified at the intervals given in § 15 of the Metrology Act.

Dieser Eichschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen sind unzulässig. Eichscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.

This verification certificate may not be reproduced other than in full. Verification certificates without signature and seal are not valid.

Stempel  
Seal

Datum  
Date

Leiter der Eichstelle  
Head of the verification body

Zeichnungsberechtigter  
Person responsible

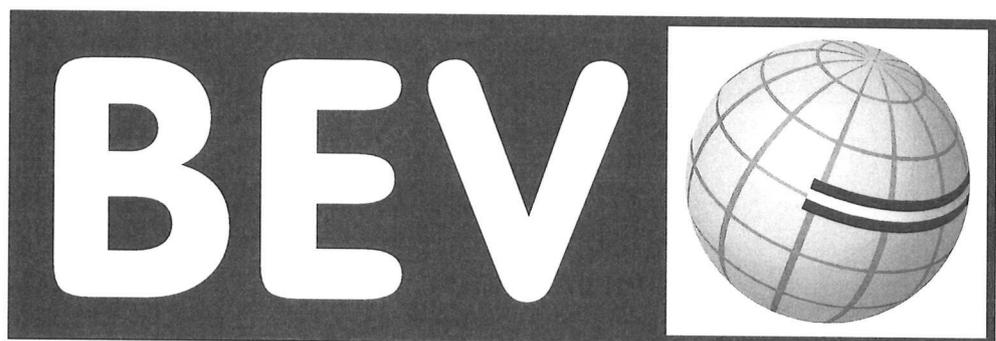
25. IV. 17

Robert Deschka

Ing. Markus Lutzky

LB-acoustics Messgeräte GmbH  
A-1210 Wien, Bahnstegg. 17-23  
Tel. 01/270 77 00

(Raum für firmenspezifische Angaben)



**Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen**

**Zulassung zur Eichung  
GZ 4074/2016  
vom 25. Jänner 2017**

Schallpegelmessgerät  
der Bauart Svantek SVAN 979

5.2. Messbereiche des Schallpegelmessers:

Mikrofonbauart / Vorverstärkerbauart	Untere Grenze des Messbereiches in dB Für Pegelbereich „Hoch“ bzw. Gain 0				Obere Grenze des Messbereiches in dB
	Bewertung				
	A	B	C	Z	
GRAS 40 AE / Svantek SV 17	30	30	30	33	140
Mikrofonbauart/ Vorverstärkerbauart	Untere Grenze des Messbereiches in dB Für Pegelbereich „Tief“ bzw. Gain 20				Obere Grenze des Messbereiches in dB
	A	B	C	Z	
GRAS 40AE / Svantek SV 17	24	24	24	30	120

5.3. Frequenzbewertung:

A-, B-, C-, Z- Bewertung

5.4. Zeitbewertung:

Fast, Slow

5.5. Mikrofon:

GRAS 40 AE

5.6. Vorverstärker:

Svantek SV 17

5.7. Schnittstelle:

USB

5.8. Stromversorgung:

Extern: 6V-24 V

Intern: 4 AA Batterien 6 V, oder NiMH Akkus

5.9. Mikrofon Verlängerungskabel:

Svantek SC-93

5.10. Software:

3.02.4

5.11. Temperaturbereich:

minus 10 °C bis plus 50 °C

## **7. Eichfehlergrenzen**

Die Eichfehlergrenzen sind den Anforderungen der österreichischen Verordnung über Eichvorschriften für Schallpegelmesser, Amtsblatt für das Eichwesen Nr. 5/2015 zu entnehmen.

## **8. Stempelung**

Der Eichstempel wird sichtbar auf dem Schallpegelmesser der Bauart Svantek SVAN 979 angebracht. Das Gehäuse des Schallpegelmessers wird gegen Öffnen gesichert. Das Typenschild, welches die Aufschriften nach 6.1.1 trägt, ist gegen Austausch zu sichern.

# ÖSTERREICHISCHER EICHDIENST

ERMÄCHTIGTE EICHSTELLE durch das  
BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN



Eichstelle Nr. 570 für Schallpegelmessgeräte und Schallkalibratoren  
*Verification Body No. 570 for Soundlevelmeters and Soundcalibrators*

**Brüel & Kjær** 



Eichschein CAT1900168  
*Verification Certificate CAT1900168*

Gegenstand <i>Object</i>	Prüfschallquelle Kl. 0,3
Hersteller <i>Manufacturer</i>	Brüel & Kjaer
Typ <i>Type</i>	4231
Herstellernummer <i>Serial No.</i>	2594801
Auftraggeber <i>Customer</i>	Ziviltechnik Hagner E.U. 6020 Innsbruck
Eichnummer <i>Verification No.</i>	AT-0168/2019
Anzahl der Seiten des Eichscheines <i>Number of pages of the certificate</i>	2
Datum der Eichung <i>Date of verification</i>	28.05.2019

Die Eichung erfolgt auf der gesetzlichen Grundlage des § 35 des Maß- und Eichgesetzes, BGBl.Nr. 152/1950, in geltender Fassung. Dieser Eichschein dokumentiert die Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Für die Einhaltung der Nacheichfrist ist der Benutzer verantwortlich.

*The verification is performed in accordance with § 35 of the Metrology Act, federal gazette Nr. 152/1950, in the amended version. This verification certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurement according to the International system of Units (SI). The user is obliged to adhere to the intervals for reverification.*

Dieser Eichschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen sind unzulässig. Eichscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.  
*This verification certificate may not be reproduced other than in full. Verification certificates without signature and seal are not valid.*

Stempel <i>Seal</i>	Datum <i>Date</i>	Leiter der Eichstelle <i>Head of the verification body</i>	Zeichnungsberechtigter <i>Person responsible</i>
------------------------	----------------------	---	---



28.05.2019

Brüel & Kjaer GmbH  
Lemböckgasse 49/Haus 2/Stg. E/6  
A-1230 Wien

Email: [bk.austria@bksv.com](mailto:bk.austria@bksv.com)  
Tel: +43 1 865 74 00

**Kenndaten:***Characteristic values*

Gegenstand	Bauart	Fabr. Nr.	Hersteller	Klasse	Eichdatum
Schallkalibrator	4231	2594801	B&K	0,3	28.05.2019
½“ Adapter	UC-0210	-	B&K	-	- “ -

**Eichtechnische Prüfung:***Verification procedure*

Der eingereichte Gegenstand wurde auf der Grundlage der Eichvorschriften für „Schallkalibratoren“ und der erteilten Zulassung geeicht.

Die verwendeten Messmittel sind kalibriert durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen oder gleichwertige Institute anderer Staaten, vom ÖKD akkreditierte Kalibrierstellen oder Kalibrierstellen, deren Kalibrierscheine auf Grund der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 anzuerkennen sind.

Die eichtechnische Prüfung erfolgte in Übereinstimmung mit den Eichvorschriften für „Schallkalibratoren“, veröffentlicht im Amtsblatt für das Eichwesen Nr1/2010 Genauigkeitsklasse 1, durch Vergleich mit einem Referenz-Schallkalibrator unter Einhaltung folgender Bedingungen:

Temperatur:	20 °C – 26 °C
Luftdruck:	80,0 kPa – 105,0 kPa
Rel. Luftfeuchte:	25 % - 70 %

Die eichtechnische Prüfung erfolgte in Übereinstimmung mit IEC 60942 Klasse 1.

**Ergebnis:***Results*

Die Anforderungen der oben angeführten Eichvorschriften bzw. Zulassung wurden eingehalten, insbesondere auch die Eichfehlergrenzen.

**Messunsicherheit:***Measurement uncertainty*

Die erweiterte Messunsicherheit U für die Bestimmung der Messabweichung bei dieser Eichung ist nicht größer als in den Anforderungen der Eichvorschrift für Schallkalibratoren Klasse 1 festgelegt.

Die angegebene erweiterte Messunsicherheit U entspricht der zweifachen Standardunsicherheit (k=2), welche für eine Normalverteilung einen Grad des Vertrauens von etwa 95 % bedeutet.

Die Standardunsicherheit wurde in Übereinstimmung mit dem Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (GUM) „Evaluation of measurement data-Guide to the expression of uncertainty in measurement“, JCGM 100:2008, ermittelt.

**Anmerkungen:***Remarks*

Der Gegenstand erhielt die vorgeschriebenen Eich- und Sicherungsstempel.

Die Eichung verliert ihre Gültigkeit, wenn einer der in § 48 MEG angeführten Gründe gegeben ist, jedenfalls aber mit Ablauf der Nacheichfrist am 31. Dezember 2021.

Ein Messgerät, dessen Eichung ungültig geworden ist, gilt als ungeeicht und darf im eichpflichtigen Verkehr nicht verwendet oder bereitgehalten werden.

Verwendungsbestimmungen sind einzuhalten.

AUSFERTIGUNG
EINLAGEZAHL -

**Strecke**  
Feldkirch - Buchs (SG)

Streckenabschnitt auf Hoheitsgebiet des  
Fürstentum Liechtenstein

# Lärmsanierungskonzept

gemäß Verfügung vom 5. November 2018 des Amt für  
Umwelt des Fürstentum Liechtenstein

4	-	.	.	.
3	-	.	.	.
2	-	.	.	.
1	-	.	.	.
Index	Datum	Name	Beschreibung der Änderung	Zustimmung

OBJEKTNR.:	STRECKENNR.:
------------	--------------

<b>ABSCHNITT</b> Km / Stat.	Staatsgrenze bei Feldkirch - Staatsgrenze bei Buchs (SG) km 8.3+75 - km 17.3+38
--------------------------------	--

Bearb.: 26.08.2019 C.D.	<b>Messbericht Messpunkt Schaanwald</b>
Gezei.: 26.08.2019 C.D.	
Geprü.: 28.08.2019 H.G.	
GZ 11025	
Plangröße A4	
Maßstab -	

Planung: <div style="text-align: center;">  <b>ZIVILTECHNIK HAGNER</b>                      A-6020 Innsbruck, Eduard - Bodem - Gasse 9                      Tel. 05 12 - 360320 , office@zthagner.at                 </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">                     Datum                      Planung                      2019-10-03 16:37:54                      upload                      Christian DEJORI, ZT HAGNER                      sigld: jqxCXww+X5ubT4FvTZd7Xzx3EyE=                 </div>	Fachreferent: Zustimmung Fachreferat 2019-10-08 09:40:29 <b>Der Plan kann freigegeben werden</b> Harald MEIDL, ÖBB-Infrastruktur AG (SAE / Länderbetreuer Lärmschutz) sigld: cpDLwXrBi6sI15O16P0NPC+cQi4=
	Projektleitung: Planfreigabe 2019-10-08 10:00:15 <b>Plan zur Ausführung freigegeben</b> Hans-Georg KLOBUCARIC, ÖBB-Infrastruktur AG (PNA, PL T/V) sigld: evaDgot4JS2hVVUvPvNvG9zz+ys=

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Daten und Umfang des Auftrages .....	2
2. Verwendete Unterlagen.....	2
3. Abkürzungsverzeichnis .....	2
4. Messdurchführung.....	3
5. Lage Messpunkt.....	3
6. Verwendete Messgeräte .....	4
7. Meteorologische Bedingungen .....	5
8. Messergebnisse .....	6

ANHANG:     1) Schallpegelverlauf  
              2) Eichscheine

## 1. DATEN UND UMFANG DES AUFTRAGES

Gemäß einer Verfügung des Amtes für Umwelt des Fürstentums Liechtenstein ist für die Eisenbahnanlage zwischen Feldkirch und Buchs auf liechtensteinischem Hoheitsgebiet seitens der ÖBB-Infrastruktur AG bis 30. September 2019 ein Lärmsanierungskonzept vorzulegen.

Ergänzend sollen in Abstimmung mit dem Amt für Umwelt zusätzliche Lärmmessungen entlang der Eisenbahnstrecke durchgeführt werden.

Die durchgeführten Lärmmesstechnischen Messungen sollen als Grundlage für die Erstellung eines Lärmsanierungskonzeptes der ÖBB-Strecke zwischen Feldkirch und Buchs auf liechtensteinischem Hoheitsgebiet dienen.

## 2. VERWENDETE UNTERLAGEN

- ÖNORM S 5004, Messung von Schallimmissionen, 01.12.2008
- ÖNORM S 5005, Messungen von Schallimmissionen von Schienenverkehr, 01.04.2011
- Lärmmessung vom 24.07.2019, Ziviltechnik Hagner

## 3. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

$L_{A,eq}$	A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel in dB: Einzahlangabe, die zur Beschreibung eines Schallereignisses mit schwankendem Schallpegel (z.B. Straßenverkehrslärm, Fluglärm) dient. Er wird errechnet als der Schallpegel, der bei dauernder Einwirkung dem unterbrochenen Lärm oder Lärm mit schwankendem Schallpegel äquivalent ist.
$L_{A1}$	A-bewerteter Pegel der während 1% der Messzeit überschritten wurde
$L_{A95}$	A-bewerteter Pegel der während 95% der Messzeit überschritten wurde (Basispegel)
$L_V$	Vorbeifahrtspegel: energieäquivalenter Schallpegel, der während der Vorbeifahrt eines Zuges auftritt
$L_E$	Schallereignispegel: virtueller Schallpegel, der den gesamten Energieinhalt eines Schallereignisses beliebiger Dauer auf 1 s bezieht

#### 4. MESSDURCHFÜHRUNG

Die Schallpegelmessung wurde am 24.07.2019 von 08:45 Uhr bis 18:30 Uhr durchgeführt. Zeitgleich wurden die meteorologischen Bedingungen und die Geschwindigkeiten der vorbeifahrenden Züge erfasst.

#### 5. LAGE MESSPUNKT

Der Messpunkt wurde in Abstimmung mit ÖBB Infrastruktur AG, dem Amt für Umwelt des Fürstentum Liechtenstein, sowie dem Ersteller des Lärmsanierungskonzept im Nahbereich des Wohnhauses Kohlmahd 12, in 9486 Schaanwald, Gemeinde Mauren gewählt.

Koordinaten:	WGS84 9.54761° 47.20645°(LKoord: 2759766, 1230537)
Höhe über Gelände:	4,0m
Entfernung zur Gleisachse:	ca. 45,30 m



Abbildung 1: Übersichtslageplan (Geodaten Liechtenstein)



Schienen auf Betonschwellen

Messpunkt im Nahbereich des  
Wohnhauses Kohlmahd 12

## 6. VERWENDETE MESSGERÄTE

Für die Schallpegelmessung wurden folgende Geräte verwendet.

Schallpegelanalysator: Svan 979, Svantek, Fabr. Nr. 35802, Klasse 0,7  
Eichschein LBES-17-1058 vom 25.04.2017

Prüfschallquelle: Brüel & Kjaer, Typ 4231, Seriennr: 2594801, Klasse 0,3  
Eichschein AT-0168/2019 vom 25.05.2019

Messmikrofon: 40AE, G.R.A.S., Fabr. Nr. 167573,

Vorverstärker: SV17, Svantek, Fabr. Nr. 33222,

Windmesser: Ahlborn Almemo Datenlogger 2690-8  
Ahlborn Windgeschwindigkeitsgeber, Windrichtungsgeber

Der Eichschein des Schallpegelanalysators und der Prüfschallquelle sind im Anhang 2 enthalten.

## 7. METEOROLOGISCHE BEDINGUNGEN

Begleitend zur Lärmmessung wurden die Lufttemperatur sowie die Windgeschwindigkeit gemessen. Während des Messzeitraumes wurde eine Temperatur zwischen 22°C und 33°C aufgezeichnet. Die erfassten Windgeschwindigkeiten sowie Windrichtungen sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

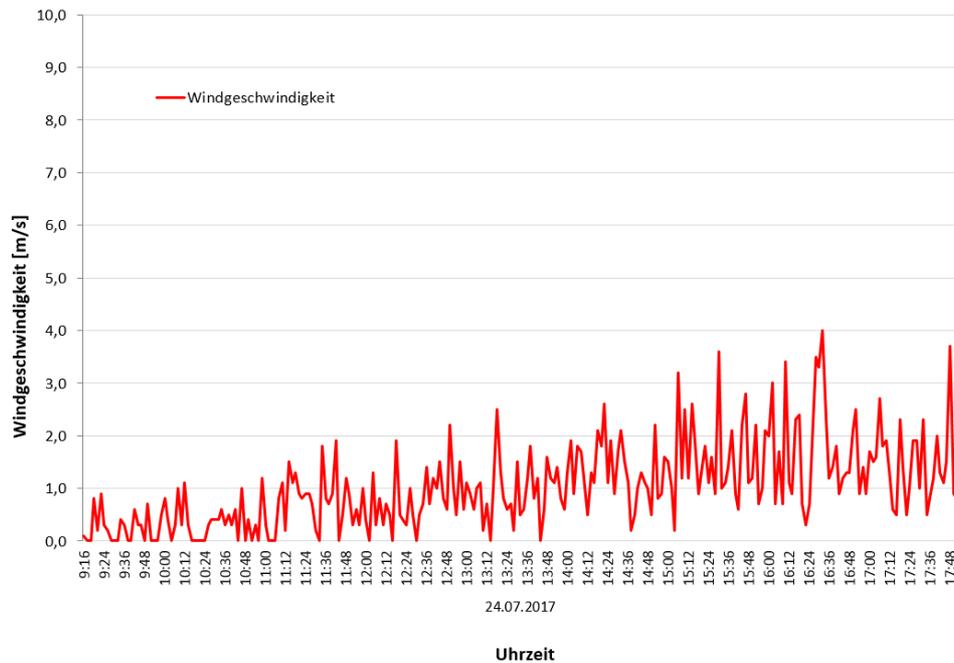


Abbildung 2: erfasste Windgeschwindigkeiten während der Messung

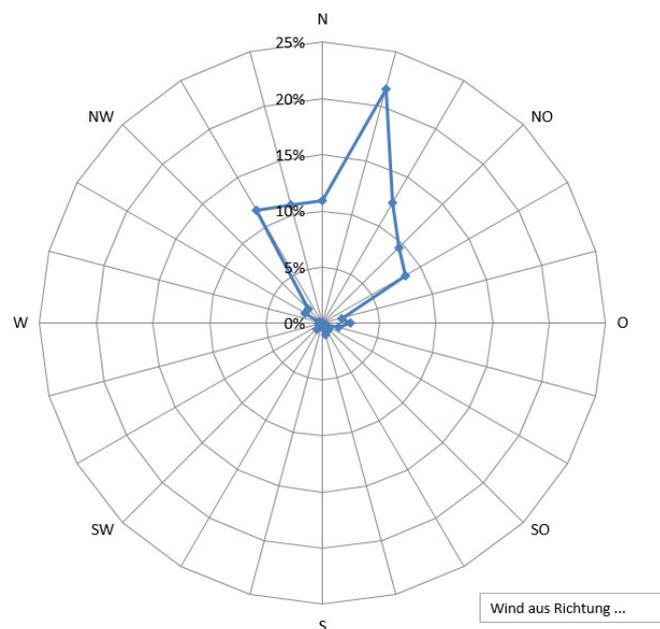


Abbildung 3: erfasste Hauptwindrichtungen während der Messung

Wie in der Abbildung 3 ersichtlich, blies der Wind in etwa parallel zur Gleisachse. Entsprechend der ÖNorm S 5004 wurde die Messung mit Windschirm durchgeführt.

## 8. MESSERGEBNISSE

In der nachstehenden Tabelle ist der gemessene Dauerschallpegel  $L_{A,eq}$  sowie die Perzentilpegel  $L_{A,01}$  und  $L_{A,95}$  (jeweils mit der Zeitbewertung Fast) für 1-Stunden-Intervalle mit Zug sowie ohne Zug angeführt.

Zeit		$L_{A,eq}$ [dB]		$L_{A,01}$ [dB]		$L_{A,95}$ [dB]	
Von	Bis	Gesamt	ohne Zug	Gesamt	ohne Zug	Gesamt	ohne Zug
08:45	09:00	61,3	46,7	74,8	56,5	39,5	39,5
09:00	10:00	53,1	51,4	65,8	62,3	37,6	37,5
10:00	11:00	59,5	46,1	71,1	53,7	38,5	38,4
11:00	12:00	44,7	44,7	52,0	52,0	37,6	37,6
12:00	13:00	57,0	43,2	72,6	51,5	35,5	35,4
13:00	14:00	64,7	42,5	72,8	49,2	34,8	34,8
14:00	15:00	56,8	56,4	71,5	71,2	36,8	36,7
15:00	16:00	52,8	45,2	63,0	51,4	37,5	37,5
16:00	17:00	52,9	48,1	64,4	56,5	39,0	39,0
17:00	18:00	53,7	50,1	65,0	58,1	37,0	37,0
18:00	18:30	51,7	43,7	64,8	52,5	35,2	35,1

Tabelle 1: Zusammenfassung Messergebnisse vom 24.07.2019 in Schaanwald

Im Messzeitraum sind insgesamt 25 Züge gefahren. Von der ÖBB wurden für die lärmtechnische Auswertung die Zugdaten der erfassten Züge zur Verfügung gestellt.

Die erfassten Zugvorbeifahrten sind zusammen mit den gemessenen Geschwindigkeiten, den Zugdaten und den ermittelten Vorbeifahrtspegeln  $L_V$  und Schallereignispegeln  $L_E$  in der nachfolgenden Tabelle angeführt.

Der gesamte Schallpegelverlauf ist im Anhang 1 dargestellt.

Ereignis Nr.	Uhrzeit	Fahrt- richtung	Zug- gattung	Gesamt- zuglänge [m]	Anzahl Wagen	Anzahl der Wagen mit lärmarmen Bremsen	Summe der Wagenlängen lärmarmen Wagen	Geschwindig- keit [km/h]	Dauer relevantes Schallereignis [sec.]	Vorbeifahrtspegel Lv [dB]	Schallereignis-pegel LE [dB]
1	08:54:05	Buchs	Güterzug	155	7	7	139	78	54	74,3	91,6
2	09:01:18	Feldkirch	R	67	1			75	31	61,9	76,9
3	09:59:18	Buchs	RJX	206	7			90	45	66,5	83,0
4	10:13:02	Feldkirch	EC	277	9			98	47	67,7	84,4
5	10:20:15	Feldkirch	Güterzug					88	37	71,1	86,8
6	10:44:59	Buchs	Güterzug	237	9	8	190	96	58	76,0	93,7
7	12:01:08	Feldkirch	RJX	206	7			88	40	66,8	82,8
8	12:18:13	Buchs	RJX	206	7			100	46	67,8	84,4
9	12:43:57	Feldkirch	R	67	1			83	46	61,2	77,8
10	12:56:59	Feldkirch	Güterzug	624	39	37	574	88	68	72,5	90,8
11	13:16:37	Feldkirch	Güterzug	562	28	16	291	90	87	80,7	100,1
12	13:56:24	Buchs	RJX	206	7			88	55	66,0	83,4
13	14:02:19	Feldkirch	RJX	206	7			72	48	65,9	82,7
14	15:38:52	Buchs	LPNV	67	1			100	41	62,0	78,1
15	15:52:02	Buchs	Güterzug	360	22			99	62	69,1	87,1
16	16:09:08	Buchs	RJX	206	7			100	42	67,6	83,8
17	16:12:00	Feldkirch	RJX	206	7			85	38	66,5	82,3
18	16:30:41	Buchs	R	67	1			60	35	59,5	75,0
19	16:33:52	Feldkirch	R	67	1			56	46	59,2	75,8
20	17:00:53	Feldkirch	R	67	1			85	36	63,4	79,0
21	17:24:56	Buchs	REX	67	1			65	37	60,3	75,9
22	17:29:43	Feldkirch	R	67	1			80	42	61,5	77,7
23	17:59:09	Buchs	EC	277	9			84	49	68,1	85,0
24	18:07:53	Feldkirch	RJX	206	7			70	46	65,8	82,4
25	18:27:08	Buchs	REX	67	1			61	54	60,3	77,7

Tabelle 2: Auswertung Zugvorbeifahrten

# Anhang 1

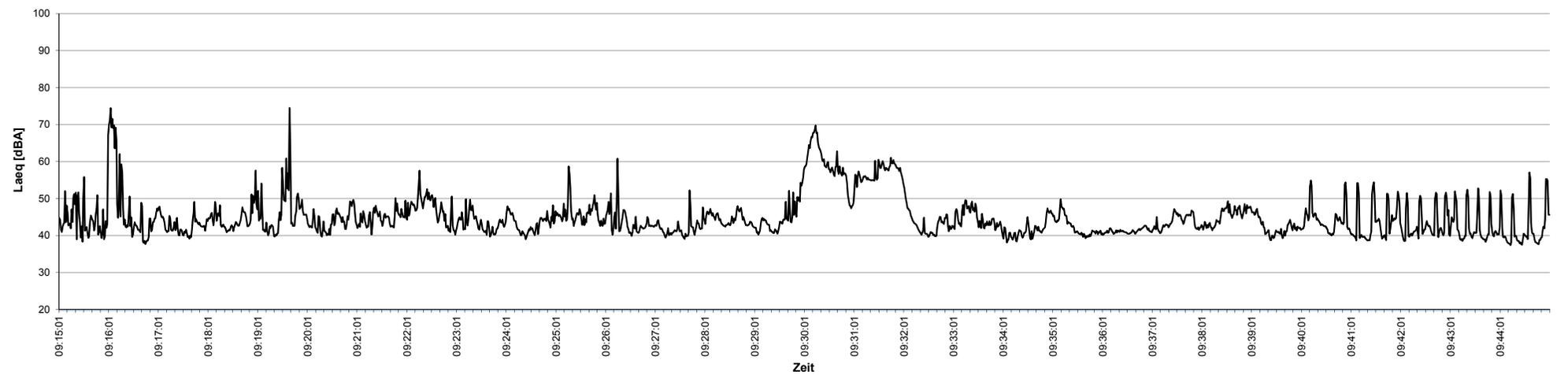
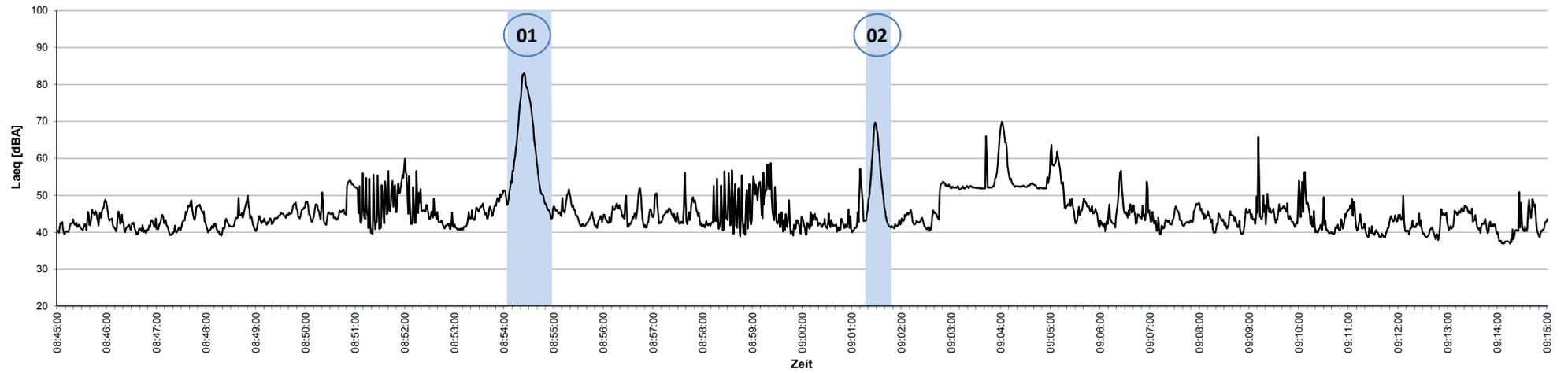
---

## Schallpegelverlauf

# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

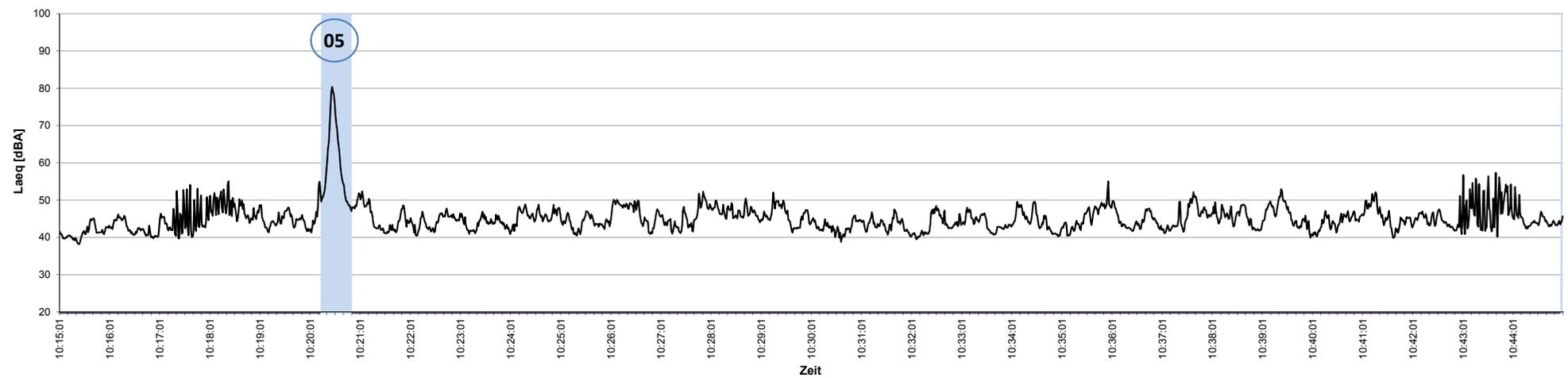
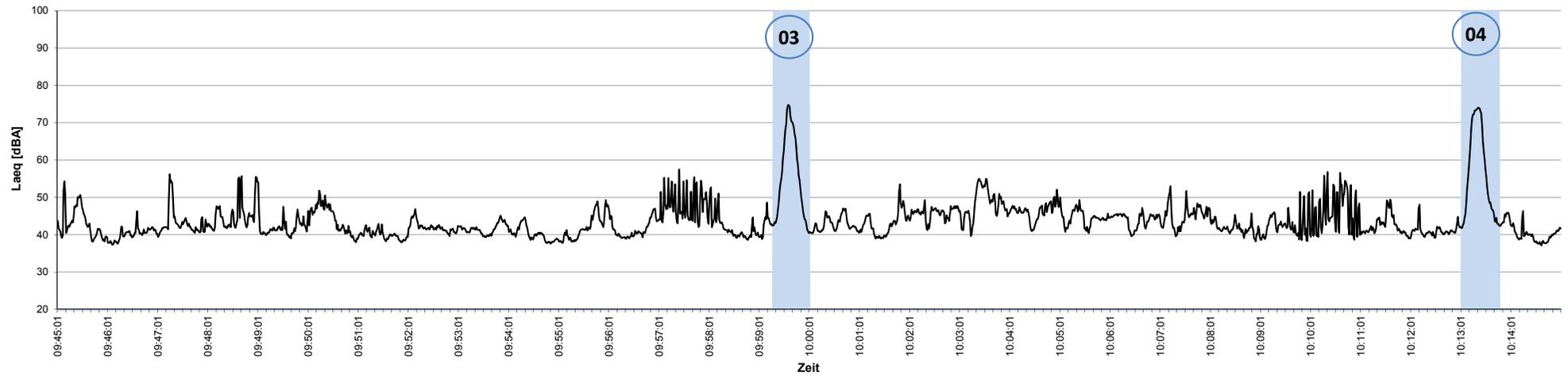
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

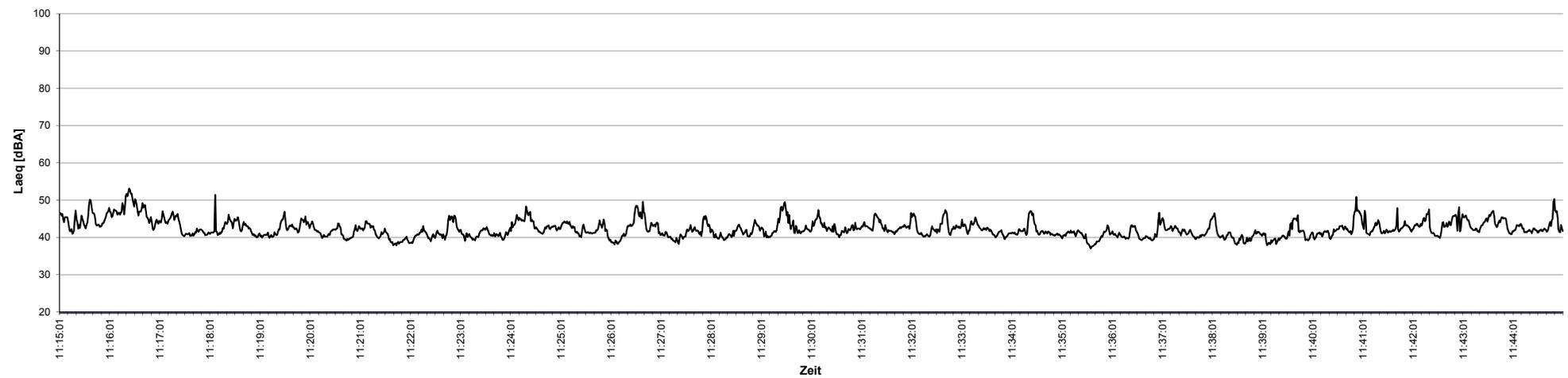
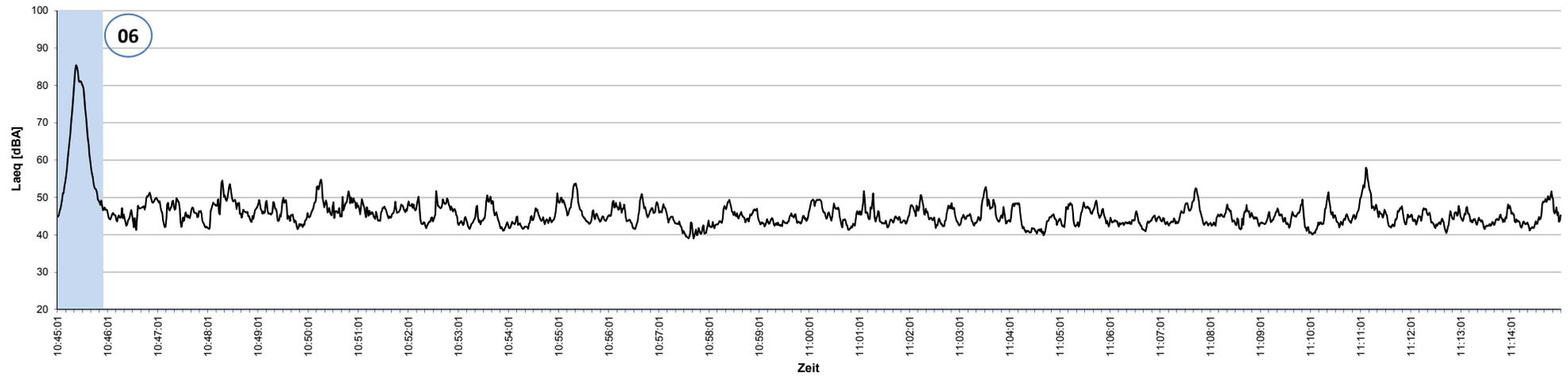
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

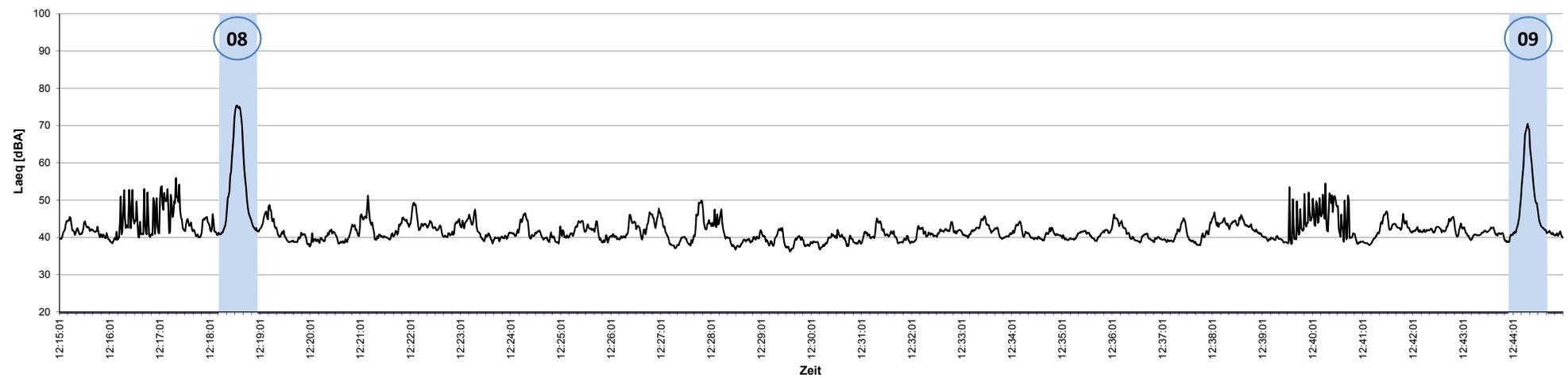
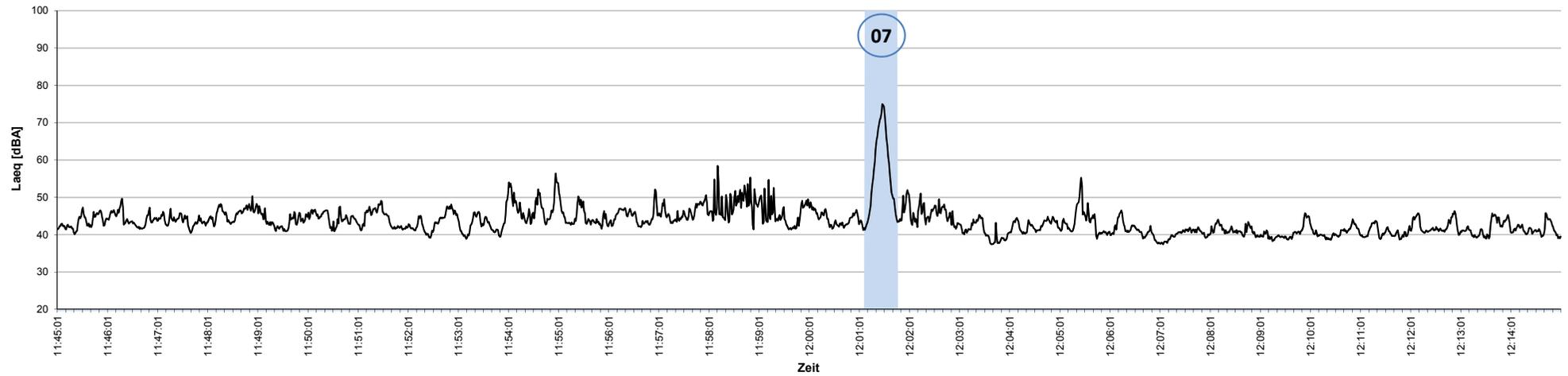
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

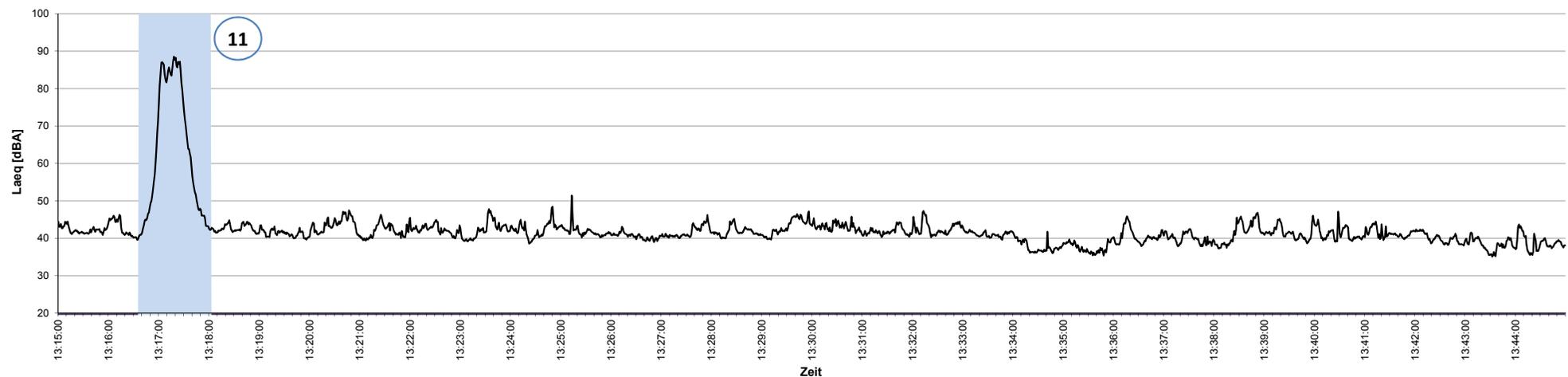
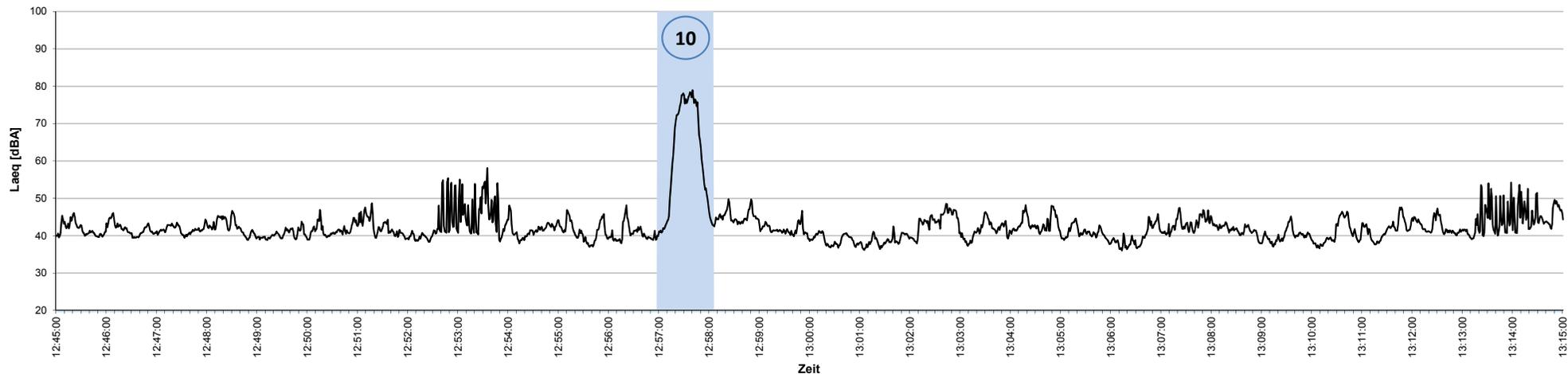
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

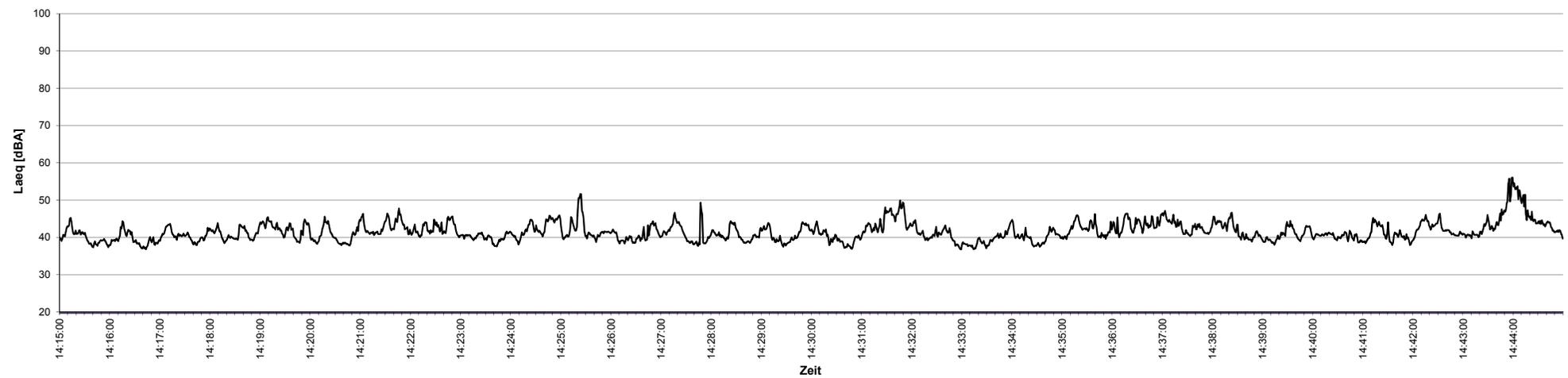
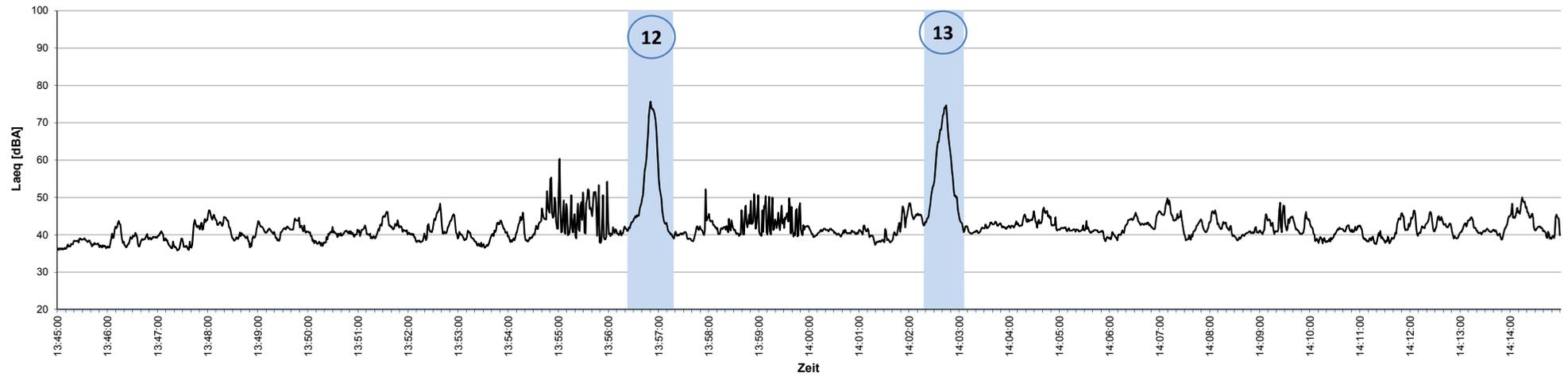
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

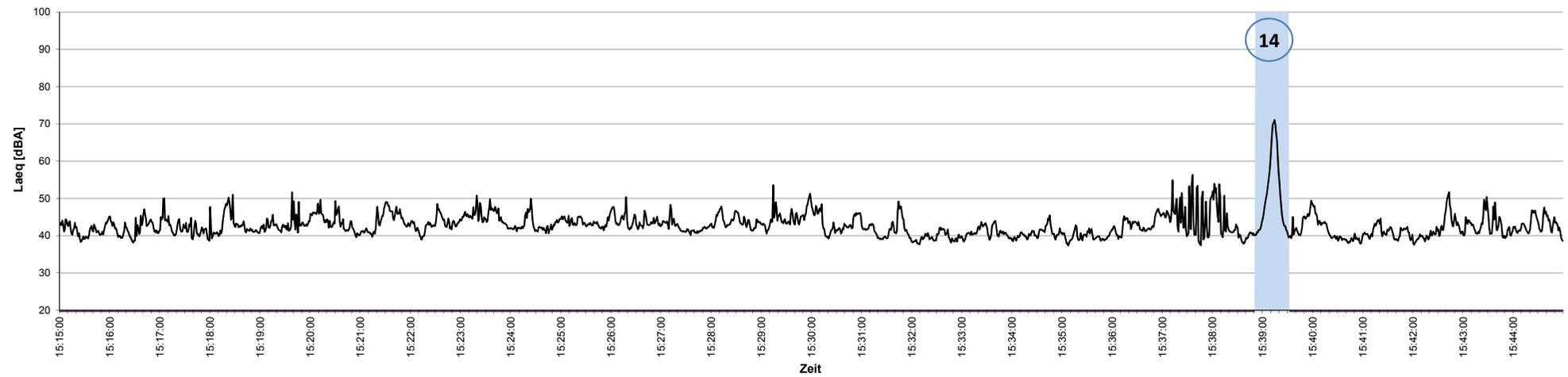
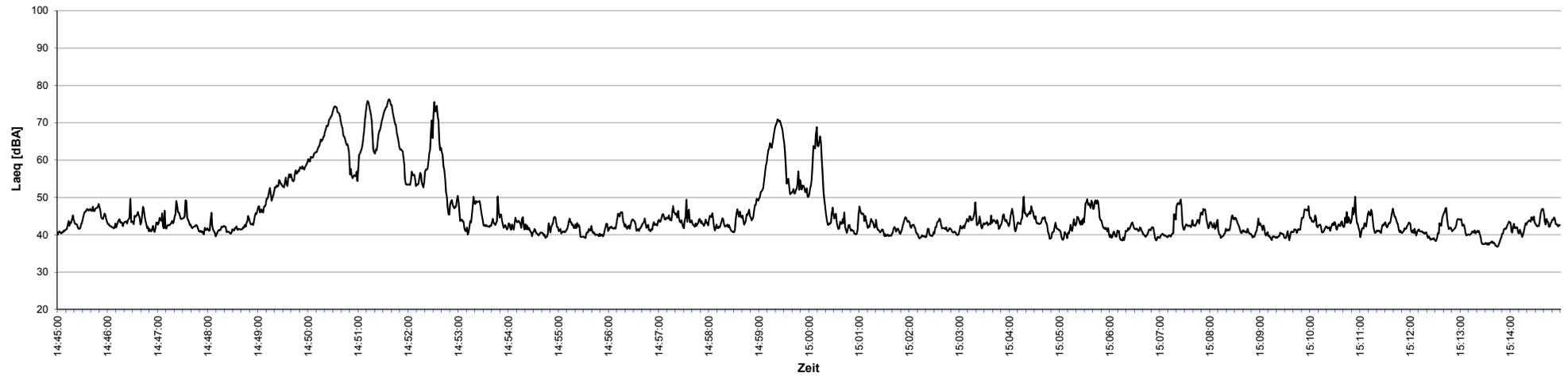
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

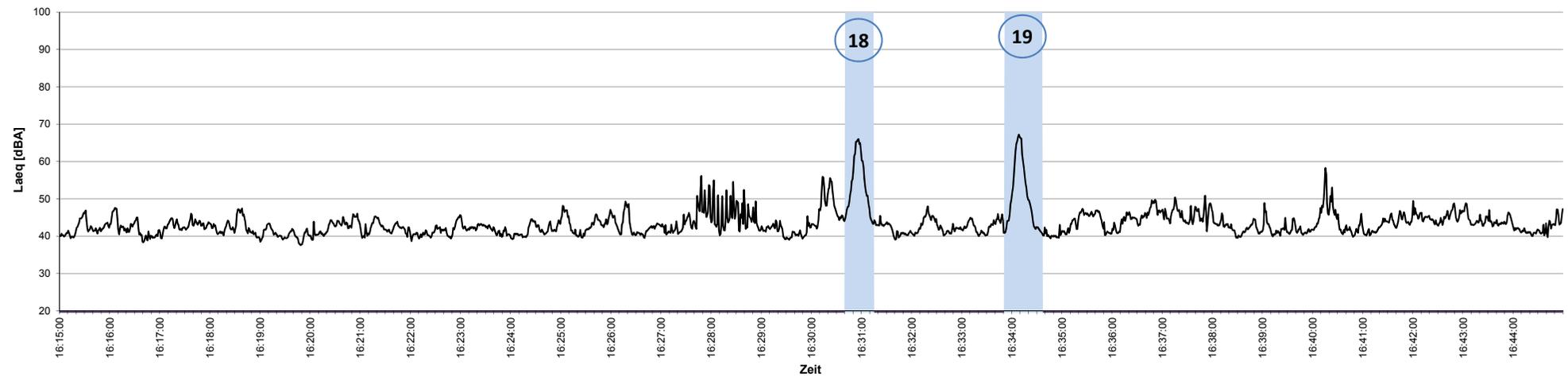
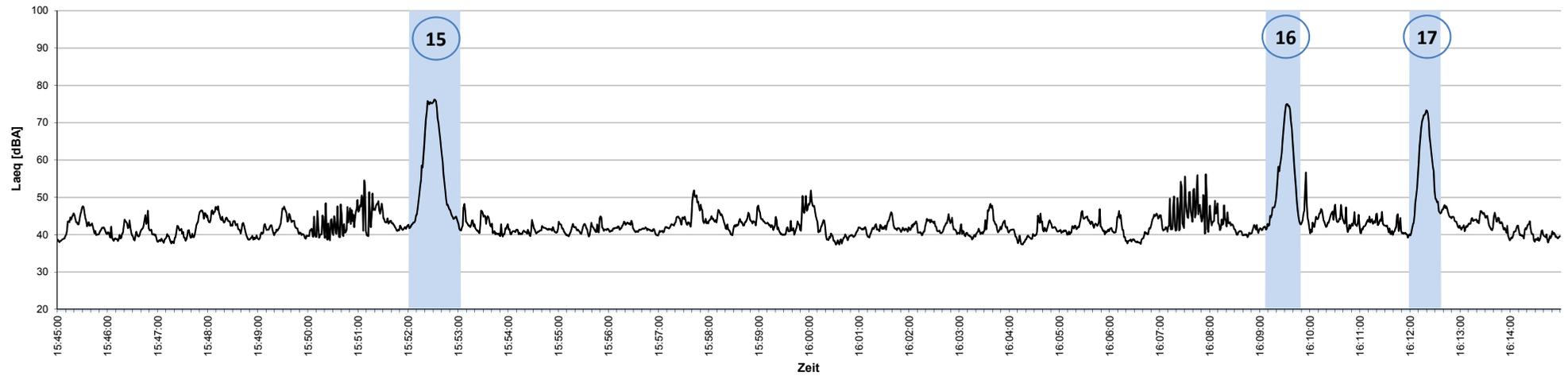
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

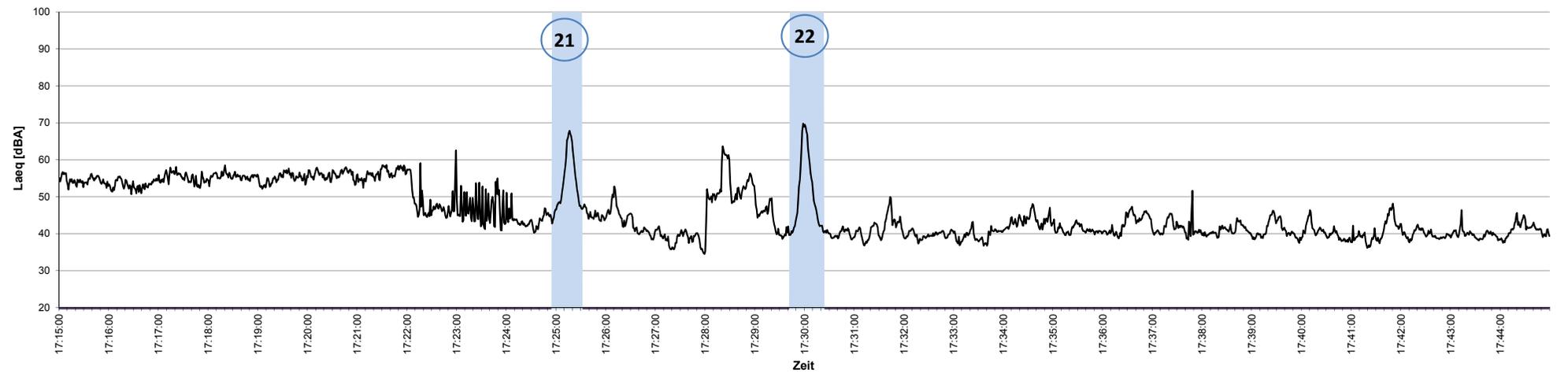
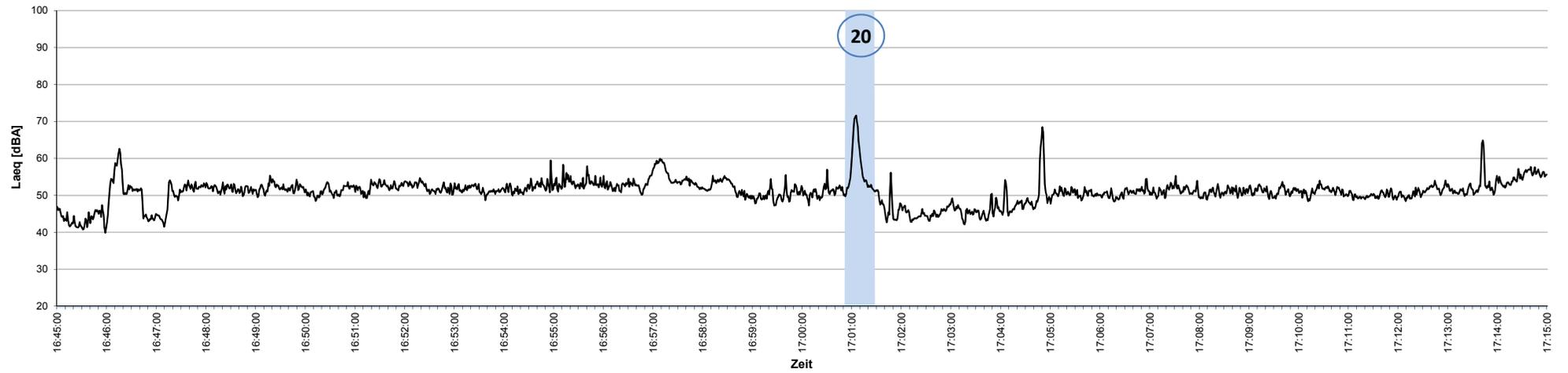
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

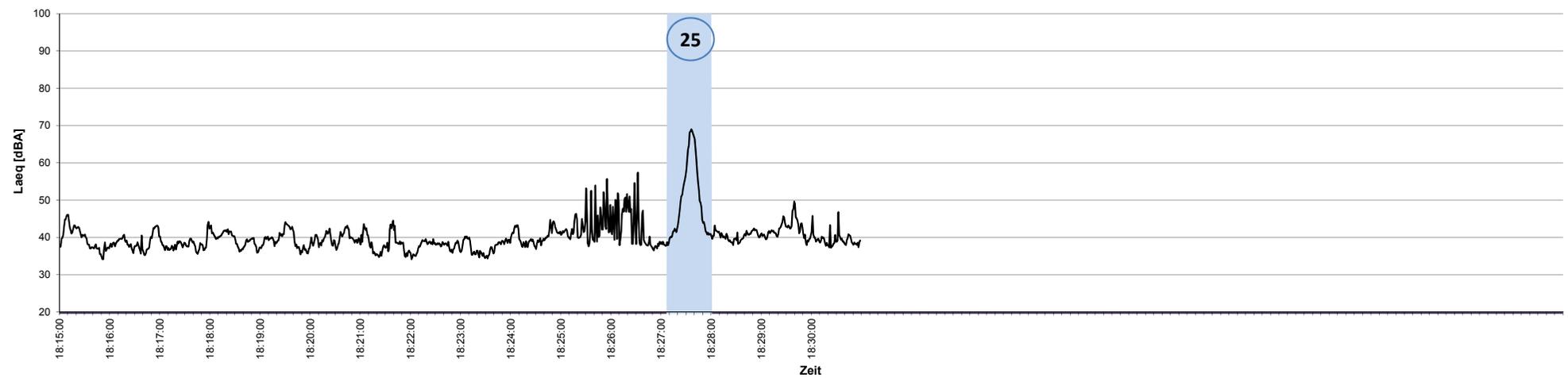
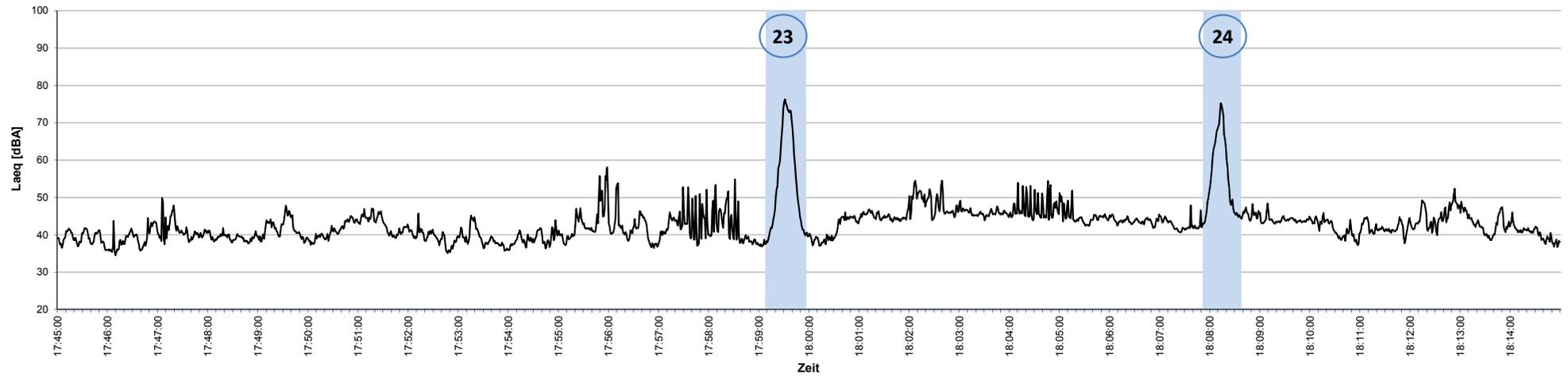
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



# Lärmsanierung Eisenbahn in Liechtenstein

## Pegelzeitverlauf

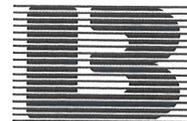
Messpunkt: Schaanwald  
Mikrofonposition: 4,0m über Gelände  
Messdatum/-uhrzeit: 24.07.2019, 08:45 - 18:30  
Wetter: sonnig



Anhang 2

---

Eichscheine



## Eichschein

Verification Certificate

Eichschein Nr. LBES-17-1058

Verification Certificate No.

Gegenstand Object	<b>Schallpegelmesser Kl. 1</b>
Hersteller Manufacturer	<b>SVANTEK</b>
Bauart/Typ Type	<b>SVAN 979</b>
Herstellernummer Serial No	<b>35802</b>
Auftraggeber Customer	<b>ZTH-Ziviltechnik Hagner</b> 6020 Innsbruck
Eichnummer Verification No	<b>E17078</b>
Anzahl der Seiten Number of pages	<b>2</b>
Datum der Eichung Date of verification	<b>25. April 2017</b>

Die Eichung erfolgt auf der gesetzlichen Grundlage des §35 des Maß- und Eichgesetzes, BGBl.Nr. 152/1950, in geltender Fassung.

Dieser Eichschein dokumentiert die Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).

Für die Einhaltung der Nacheichfrist gemäß §15 des Maß- und Eichgesetzes ist der Benutzer verantwortlich.

The verification is performed in accordance with § 35 of the Metrology Act, federal gazette Nr. 152/1950, in the amended version.

This verification certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurement according to the International system of Units (SI).

The user is obliged to have the object reverified at the intervals given in § 15 of the Metrology Act.

Dieser Eichschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen sind unzulässig. Eichscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.

This verification certificate may not be reproduced other than in full. Verification certificates without signature and seal are not valid.

Stempel  
Seal

Datum  
Date

Leiter der Eichstelle  
Head of the verification body

Zeichnungsberechtigter  
Person responsible

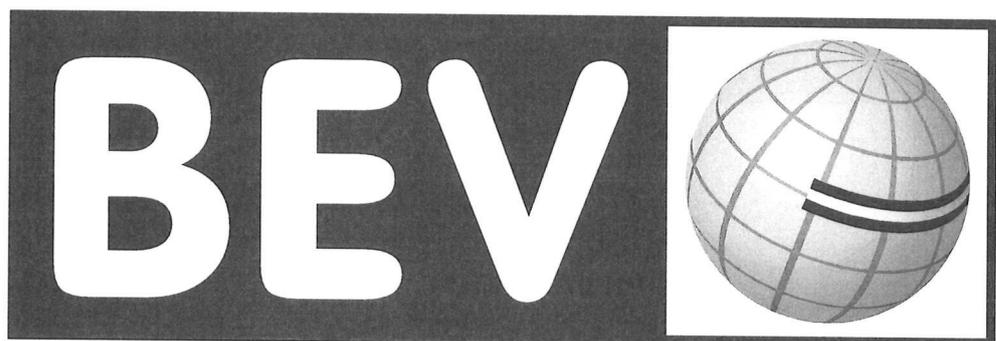
25. IV. 17

Robert Deschka

Ing. Markus Lutzky

LB-acoustics Messgeräte GmbH  
A-1210 Wien, Bahnstegg. 17-23  
Tel. 01/270 77 00

(Raum für firmenspezifische Angaben)



**Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen**

**Zulassung zur Eichung  
GZ 4074/2016  
vom 25. Jänner 2017**

Schallpegelmessgerät  
der Bauart Svantek SVAN 979

5.2. Messbereiche des Schallpegelmessers:

Mikrofonbauart / Vorverstärkerbauart	Untere Grenze des Messbereiches in dB Für Pegelbereich „Hoch“ bzw. Gain 0				Obere Grenze des Messbereiches in dB
	Bewertung				
	A	B	C	Z	
GRAS 40 AE / Svantek SV 17	30	30	30	33	140
Mikrofonbauart/ Vorverstärkerbauart	Untere Grenze des Messbereiches in dB Für Pegelbereich „Tief“ bzw. Gain 20				Obere Grenze des Messbereiches in dB
	A	B	C	Z	
GRAS 40AE / Svantek SV 17	24	24	24	30	120

5.3. Frequenzbewertung:

A-, B-, C-, Z- Bewertung

5.4. Zeitbewertung:

Fast, Slow

5.5. Mikrofon:

GRAS 40 AE

5.6. Vorverstärker:

Svantek SV 17

5.7. Schnittstelle:

USB

5.8. Stromversorgung:

Extern: 6V-24 V

Intern: 4 AA Batterien 6 V, oder NiMH Akkus

5.9. Mikrofon Verlängerungskabel:

Svantek SC-93

5.10. Software:

3.02.4

5.11. Temperaturbereich:

minus 10 °C bis plus 50 °C

## **7. Eichfehlergrenzen**

Die Eichfehlergrenzen sind den Anforderungen der österreichischen Verordnung über Eichvorschriften für Schallpegelmesser, Amtsblatt für das Eichwesen Nr. 5/2015 zu entnehmen.

## **8. Stempelung**

Der Eichstempel wird sichtbar auf dem Schallpegelmesser der Bauart Svantek SVAN 979 angebracht. Das Gehäuse des Schallpegelmessers wird gegen Öffnen gesichert. Das Typenschild, welches die Aufschriften nach 6.1.1 trägt, ist gegen Austausch zu sichern.

# ÖSTERREICHISCHER EICHDIENST

ERMÄCHTIGTE EICHSTELLE durch das  
BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN



Eichstelle Nr. 570 für Schallpegelmessgeräte und Schallkalibratoren  
*Verification Body No. 570 for Soundlevelmeters and Soundcalibrators*

**Brüel & Kjær** 



Eichschein CAT1900168  
*Verification Certificate CAT1900168*

Gegenstand <i>Object</i>	Prüfschallquelle Kl. 0,3
Hersteller <i>Manufacturer</i>	Brüel & Kjaer
Typ <i>Type</i>	4231
Herstellernummer <i>Serial No.</i>	2594801
Auftraggeber <i>Customer</i>	Ziviltechnik Hagner E.U. 6020 Innsbruck
Eichnummer <i>Verification No.</i>	AT-0168/2019
Anzahl der Seiten des Eichscheines <i>Number of pages of the certificate</i>	2
Datum der Eichung <i>Date of verification</i>	28.05.2019

Die Eichung erfolgt auf der gesetzlichen Grundlage des § 35 des Maß- und Eichgesetzes, BGBl.Nr. 152/1950, in geltender Fassung. Dieser Eichschein dokumentiert die Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Für die Einhaltung der Nacheichfrist ist der Benutzer verantwortlich.

*The verification is performed in accordance with § 35 of the Metrology Act, federal gazette Nr. 152/1950, in the amended version.*

*This verification certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurement according to the International system of Units (SI).*

*The user is obliged to adhere to the intervals for reverification.*

Dieser Eichschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen sind unzulässig. Eichscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.  
*This verification certificate may not be reproduced other than in full. Verification certificates without signature and seal are not valid.*

Stempel <i>Seal</i>	Datum <i>Date</i>	Leiter der Eichstelle <i>Head of the verification body</i>	Zeichnungsberechtigter <i>Person responsible</i>
------------------------	----------------------	---	---



28.05.2019

Brüel & Kjaer GmbH  
Lemböckgasse 49/Haus 2/Stg. E/6  
A-1230 Wien

Email: [bk.austria@bksv.com](mailto:bk.austria@bksv.com)  
Tel: +43 1 865 74 00

**Kenndaten:***Characteristic values*

Gegenstand	Bauart	Fabr. Nr.	Hersteller	Klasse	Eichdatum
Schallkalibrator	4231	2594801	B&K	0,3	28.05.2019
½“ Adapter	UC-0210	-	B&K	-	- “ -

**Eichtechnische Prüfung:***Verification procedure*

Der eingereichte Gegenstand wurde auf der Grundlage der Eichvorschriften für „Schallkalibratoren“ und der erteilten Zulassung geeicht.

Die verwendeten Messmittel sind kalibriert durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen oder gleichwertige Institute anderer Staaten, vom ÖKD akkreditierte Kalibrierstellen oder Kalibrierstellen, deren Kalibrierscheine auf Grund der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 anzuerkennen sind.

Die eichtechnische Prüfung erfolgte in Übereinstimmung mit den Eichvorschriften für „Schallkalibratoren“, veröffentlicht im Amtsblatt für das Eichwesen Nr1/2010 Genauigkeitsklasse 1, durch Vergleich mit einem Referenz-Schallkalibrator unter Einhaltung folgender Bedingungen:

Temperatur:	20 °C – 26 °C
Luftdruck:	80,0 kPa – 105,0 kPa
Rel. Luftfeuchte:	25 % - 70 %

Die eichtechnische Prüfung erfolgte in Übereinstimmung mit IEC 60942 Klasse 1.

**Ergebnis:***Results*

Die Anforderungen der oben angeführten Eichvorschriften bzw. Zulassung wurden eingehalten, insbesondere auch die Eichfehlergrenzen.

**Messunsicherheit:***Measurement uncertainty*

Die erweiterte Messunsicherheit U für die Bestimmung der Messabweichung bei dieser Eichung ist nicht größer als in den Anforderungen der Eichvorschrift für Schallkalibratoren Klasse 1 festgelegt.

Die angegebene erweiterte Messunsicherheit U entspricht der zweifachen Standardunsicherheit (k=2), welche für eine Normalverteilung einen Grad des Vertrauens von etwa 95 % bedeutet.

Die Standardunsicherheit wurde in Übereinstimmung mit dem Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (GUM) „Evaluation of measurement data-Guide to the expression of uncertainty in measurement“, JCGM 100:2008, ermittelt.

**Anmerkungen:***Remarks*

Der Gegenstand erhielt die vorgeschriebenen Eich- und Sicherungsstempel.

Die Eichung verliert ihre Gültigkeit, wenn einer der in § 48 MEG angeführten Gründe gegeben ist, jedenfalls aber mit Ablauf der Nacheichfrist am 31. Dezember 2021.

Ein Messgerät, dessen Eichung ungültig geworden ist, gilt als ungeeicht und darf im eichpflichtigen Verkehr nicht verwendet oder bereitgehalten werden.

Verwendungsbestimmungen sind einzuhalten.

# Legende

- Gleisachse
- Landesgrenze

## Bauzonen

- ES I
- ES II
- ES III
- ES IV

## Gebäude Lr Tag

### Lärmgrenzwert-Klasse

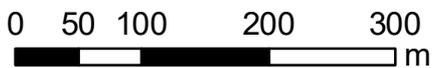
- >AW
- >IGW
- >PW
- <PW
- Keine ES
- Keine Wohnnutzung

## Parzellen

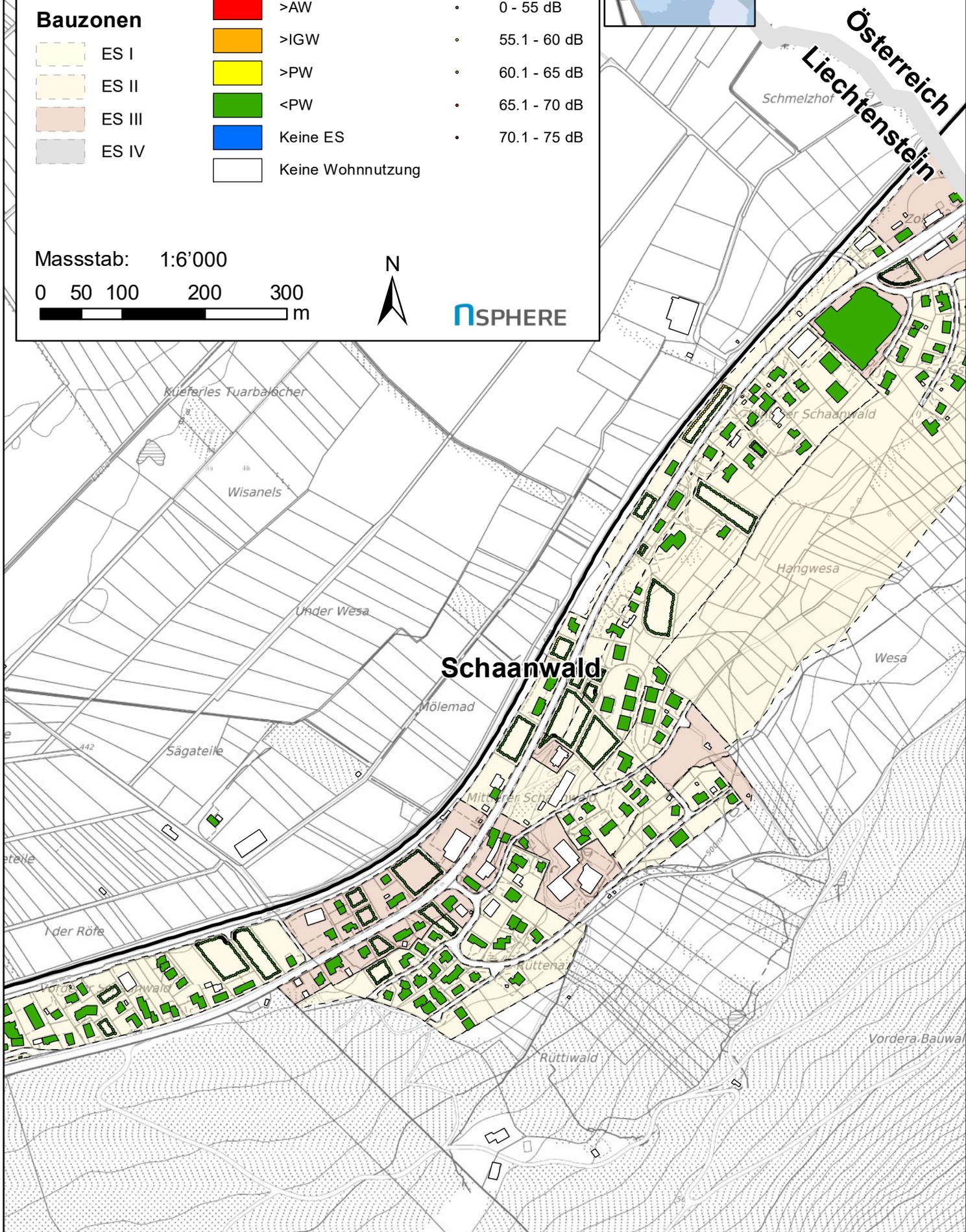
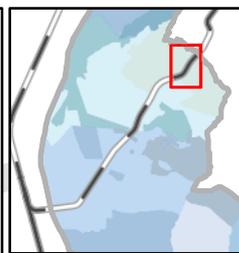
### Lr Tag

- 0 - 55 dB
- 55.1 - 60 dB
- 60.1 - 65 dB
- 65.1 - 70 dB
- 70.1 - 75 dB

Masstab: 1:6'000



NSPHERE



# Legende

- Gleisachse
- Landesgrenze

## Bauzonen

- ES I
- ES II
- ES III
- ES IV

## Gebäude Lr Tag

### Lärmgrenzwert-Klasse

- >AW
- >IGW
- >PW
- <PW
- Keine ES
- Keine Wohnnutzung

## Parzellen

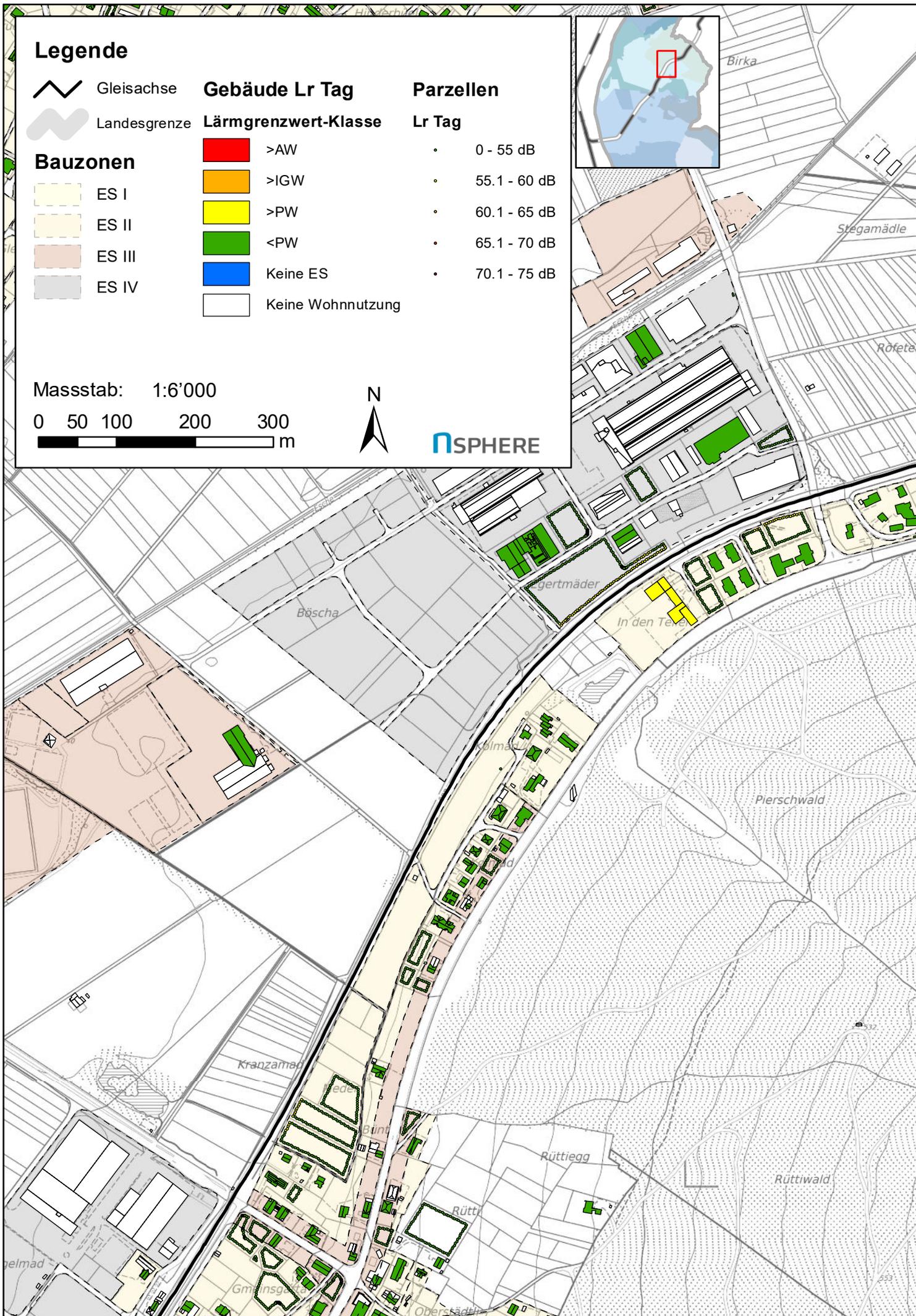
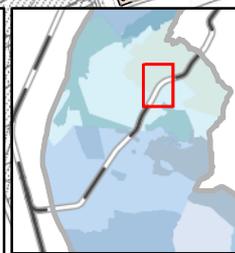
### Lr Tag

- 0 - 55 dB
- 55.1 - 60 dB
- 60.1 - 65 dB
- 65.1 - 70 dB
- 70.1 - 75 dB

Masstab: 1:6'000



**NSPHERE**



# Legende

-  Gleisachse
-  Landesgrenze

## Bauzonen

-  ES I
-  ES II
-  ES III
-  ES IV

## Gebäude Lr Tag

### Lärmgrenzwert-Klasse

-  >AW
-  >IGW
-  >PW
-  <PW
-  Keine ES
-  Keine Wohnnutzung

## Parzellen

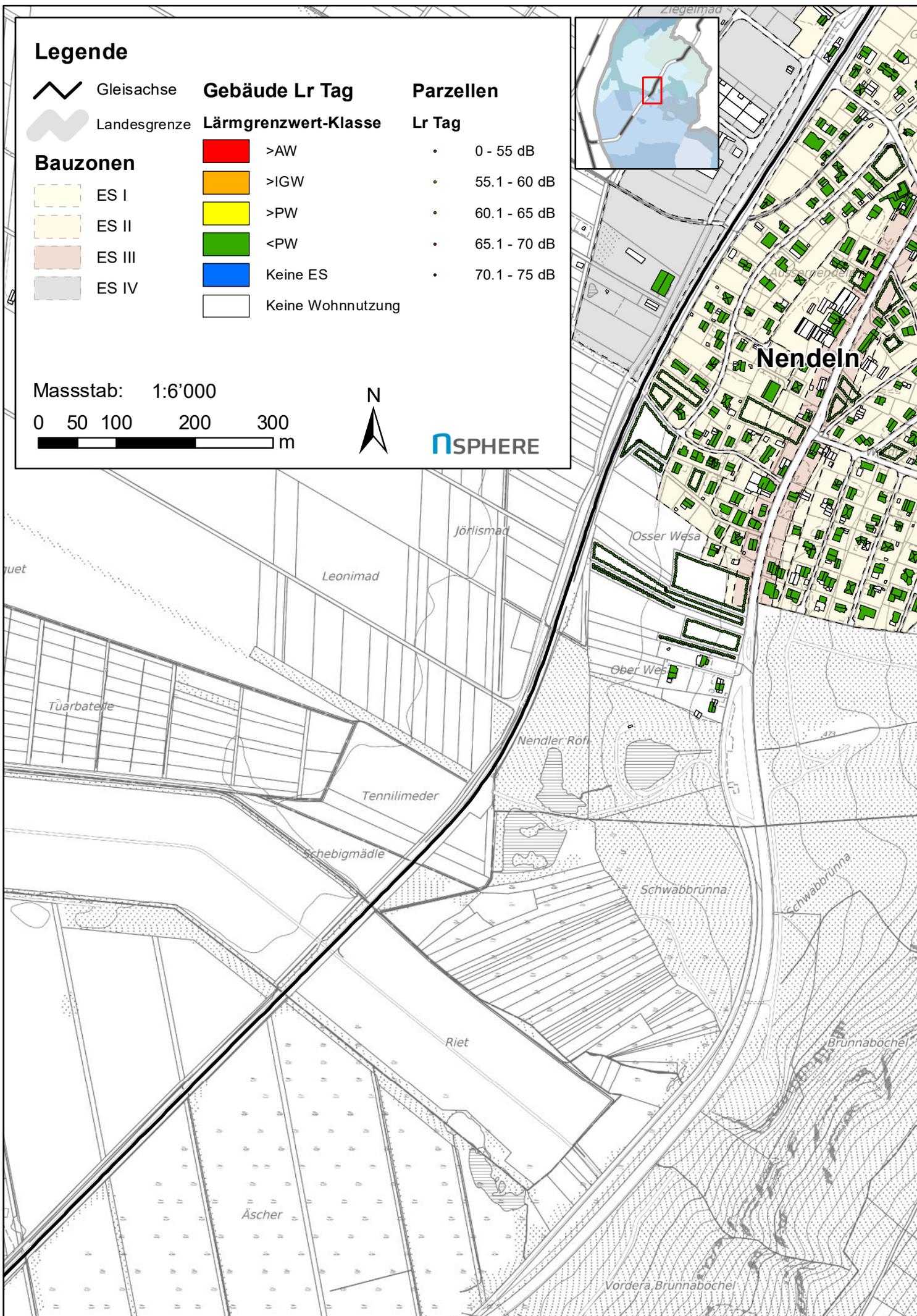
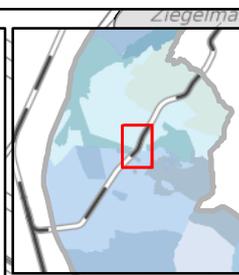
### Lr Tag

-  0 - 55 dB
-  55.1 - 60 dB
-  60.1 - 65 dB
-  65.1 - 70 dB
-  70.1 - 75 dB

Masstab: 1:6'000



NSPHERE



# Legende

-  Gleisachse
-  Landesgrenze

## Gebäude Lr Tag

### Lärmgrenzwert-Klasse

-  >AW
-  >IGW
-  >PW
-  <PW
-  Keine ES
-  Keine Wohnnutzung

## Bauzonen

-  ES I
-  ES II
-  ES III
-  ES IV

## Parzellen

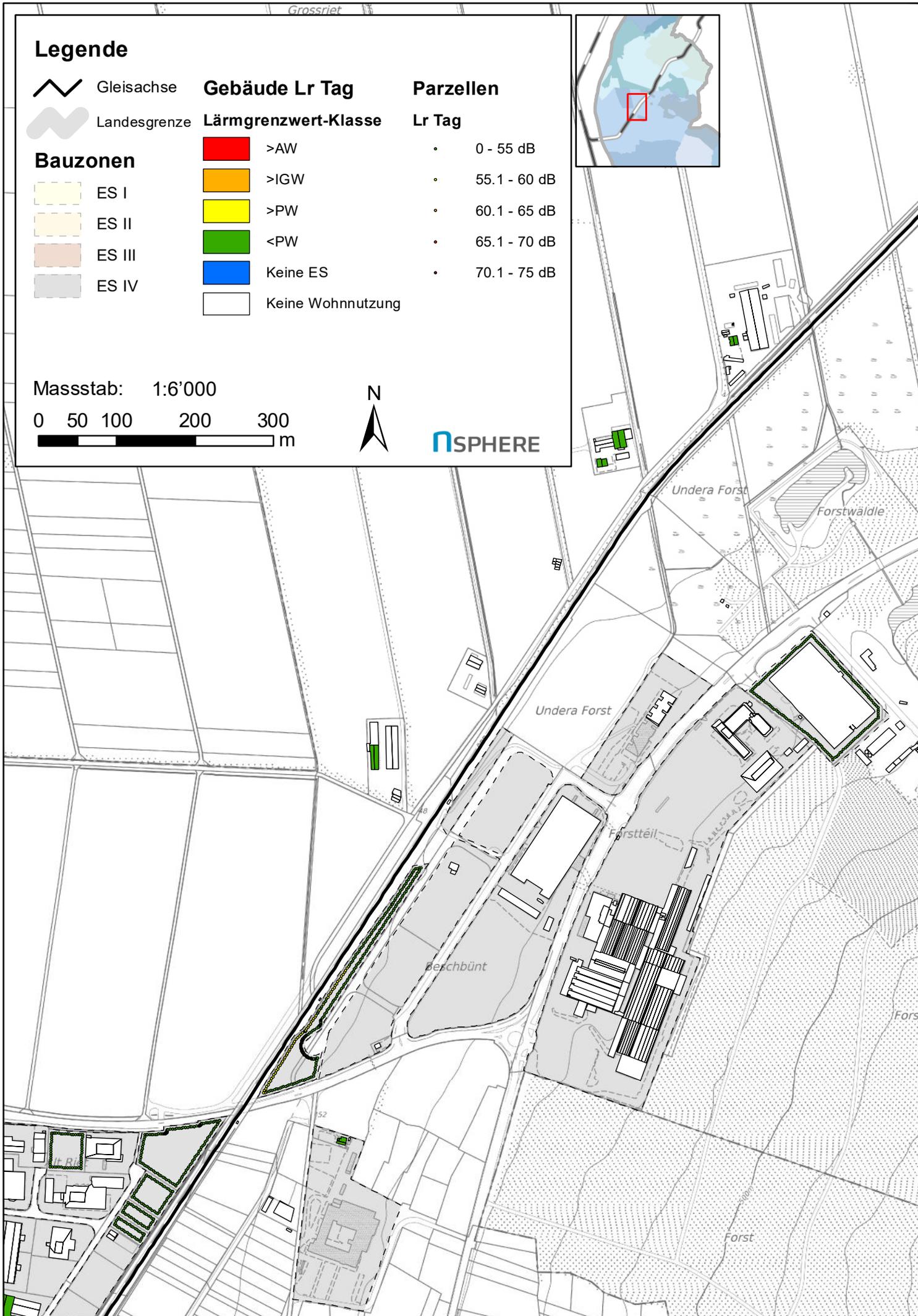
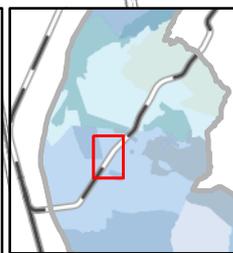
- ### Lr Tag
-  0 - 55 dB
  -  55.1 - 60 dB
  -  60.1 - 65 dB
  -  65.1 - 70 dB
  -  70.1 - 75 dB

Massstab: 1:6'000

0 50 100 200 300 m



NSPHERE





# Legende

- Gleisachse
- Landesgrenze

## Bauzonen

- ES I
- ES II
- ES III
- ES IV

## Gebäude Lr Tag

### Lärmgrenzwert-Klasse

- >AW
- >IGW
- >PW
- <PW
- Keine ES
- Keine Wohnnutzung

## Parzellen

### Lr Tag

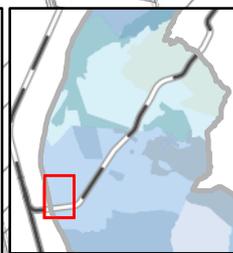
- 0 - 55 dB
- 55.1 - 60 dB
- 60.1 - 65 dB
- 65.1 - 70 dB
- 70.1 - 75 dB

Masstab: 1:6'000

0 50 100 200 300 m

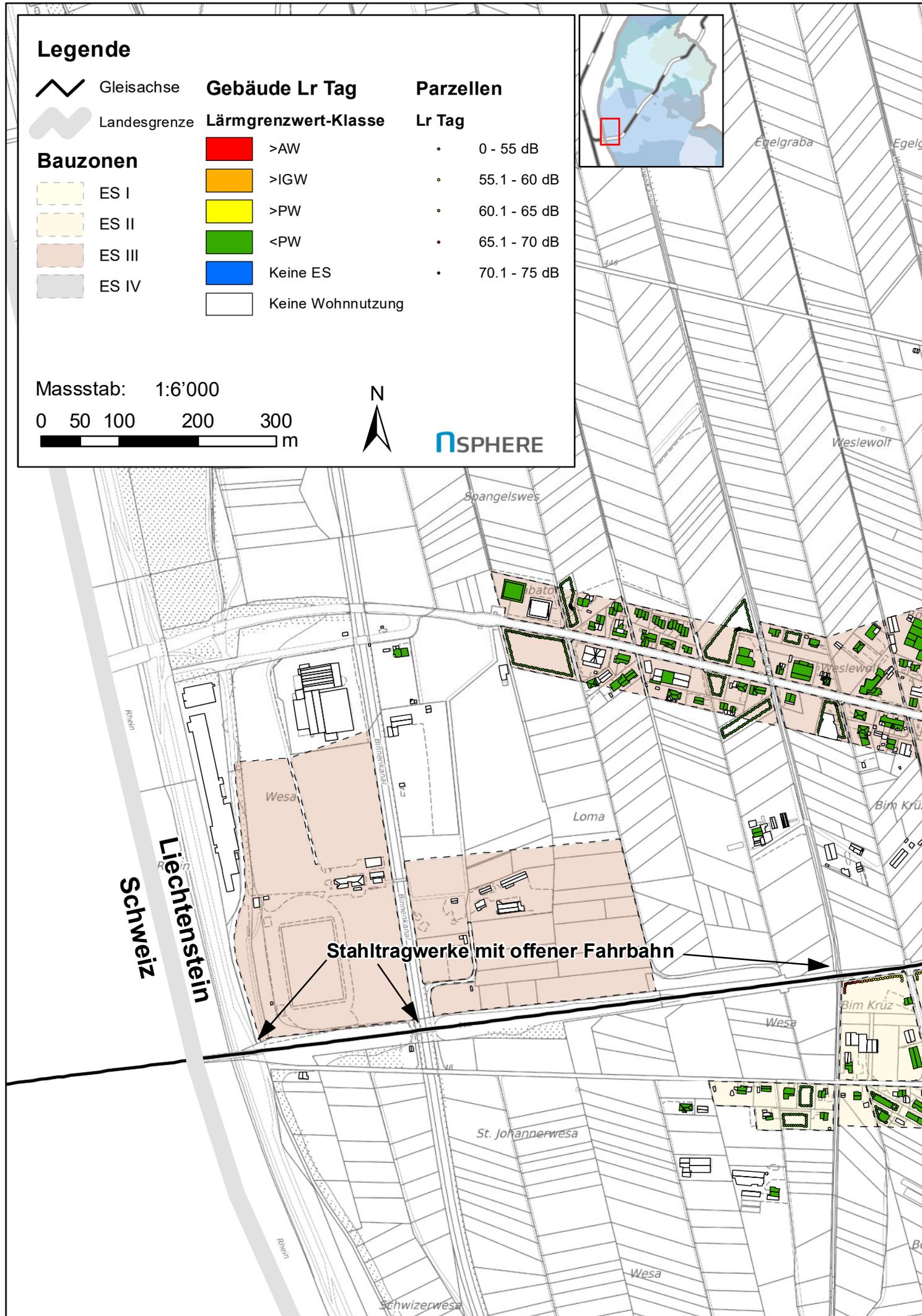


NSPHERE



Schweiz  
Liechtenstein

Stahltragwerke mit offener Fahrbahn



# Legende

- Gleisachse
- Landesgrenze

## Bauzonen

- ES I
- ES II
- ES III
- ES IV

## Gebäude Lr Nacht

### Lärmgrenzwert-Klasse

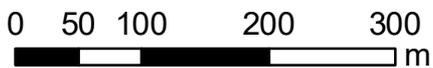
- >AW
- >IGW
- >PW
- <PW
- Keine ES
- Keine Wohnnutzung

## Parzellen

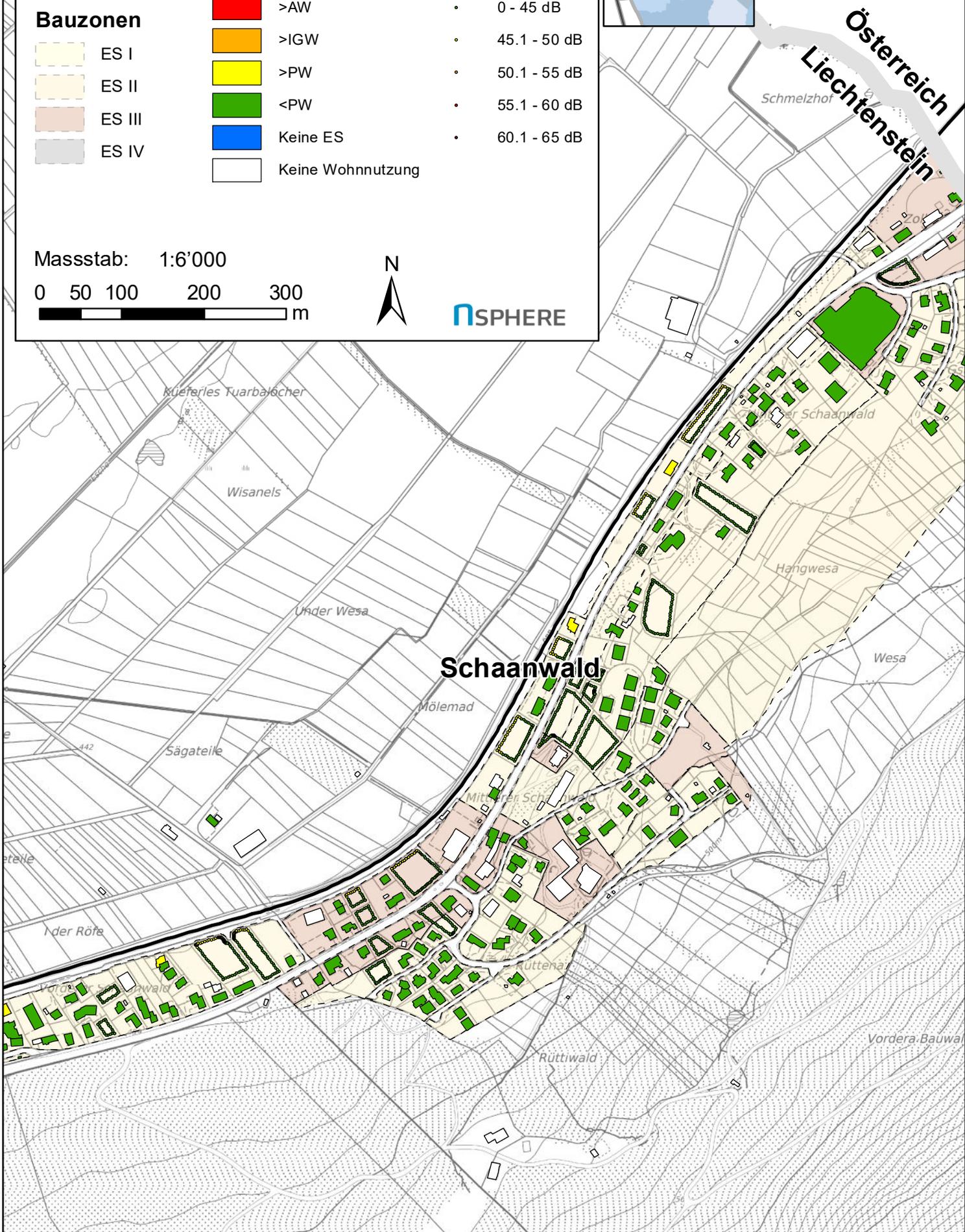
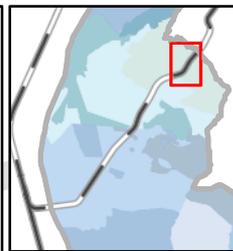
### Lr Nacht

- 0 - 45 dB
- 45.1 - 50 dB
- 50.1 - 55 dB
- 55.1 - 60 dB
- 60.1 - 65 dB

Masstab: 1:6'000



NSPHERE



# Legende

- Gleisachse
- Landesgrenze

## Bauzonen

- ES I
- ES II
- ES III
- ES IV

## Gebäude Lr Nacht

### Lärmgrenzwert-Klasse

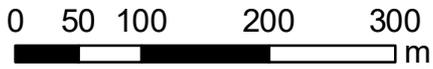
- >AW
- >IGW
- >PW
- <PW
- Keine ES
- Keine Wohnnutzung

## Parzellen

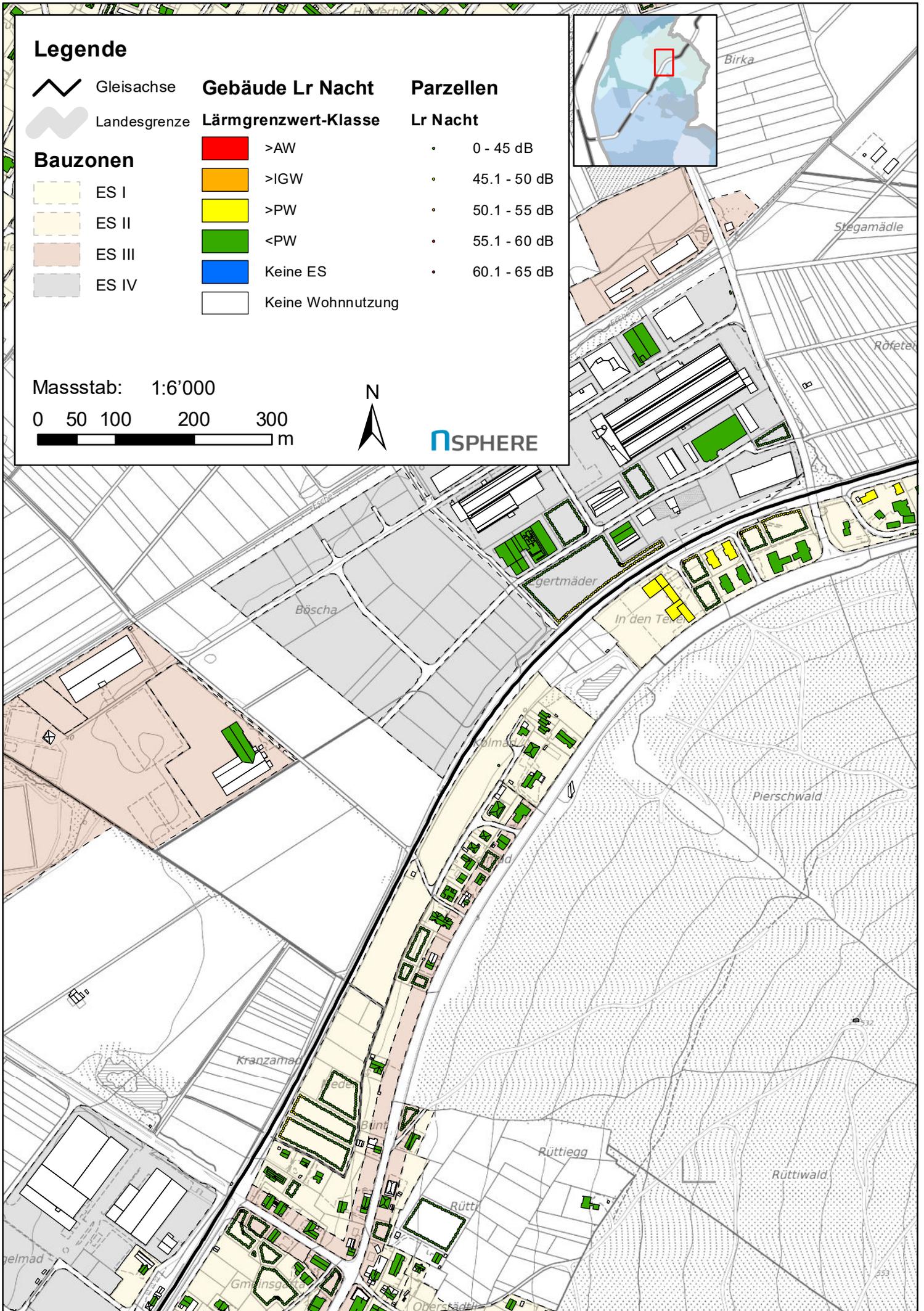
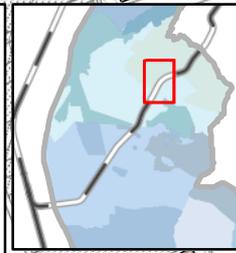
### Lr Nacht

- 0 - 45 dB
- 45.1 - 50 dB
- 50.1 - 55 dB
- 55.1 - 60 dB
- 60.1 - 65 dB

Masstab: 1:6'000



NSPHERE



# Legende

- Gleisachse
- Landesgrenze

## Bauzonen

- ES I
- ES II
- ES III
- ES IV

## Gebäude Lr Nacht

### Lärmgrenzwert-Klasse

- >AW
- >IGW
- >PW
- <PW
- Keine ES
- Keine Wohnnutzung

## Parzellen

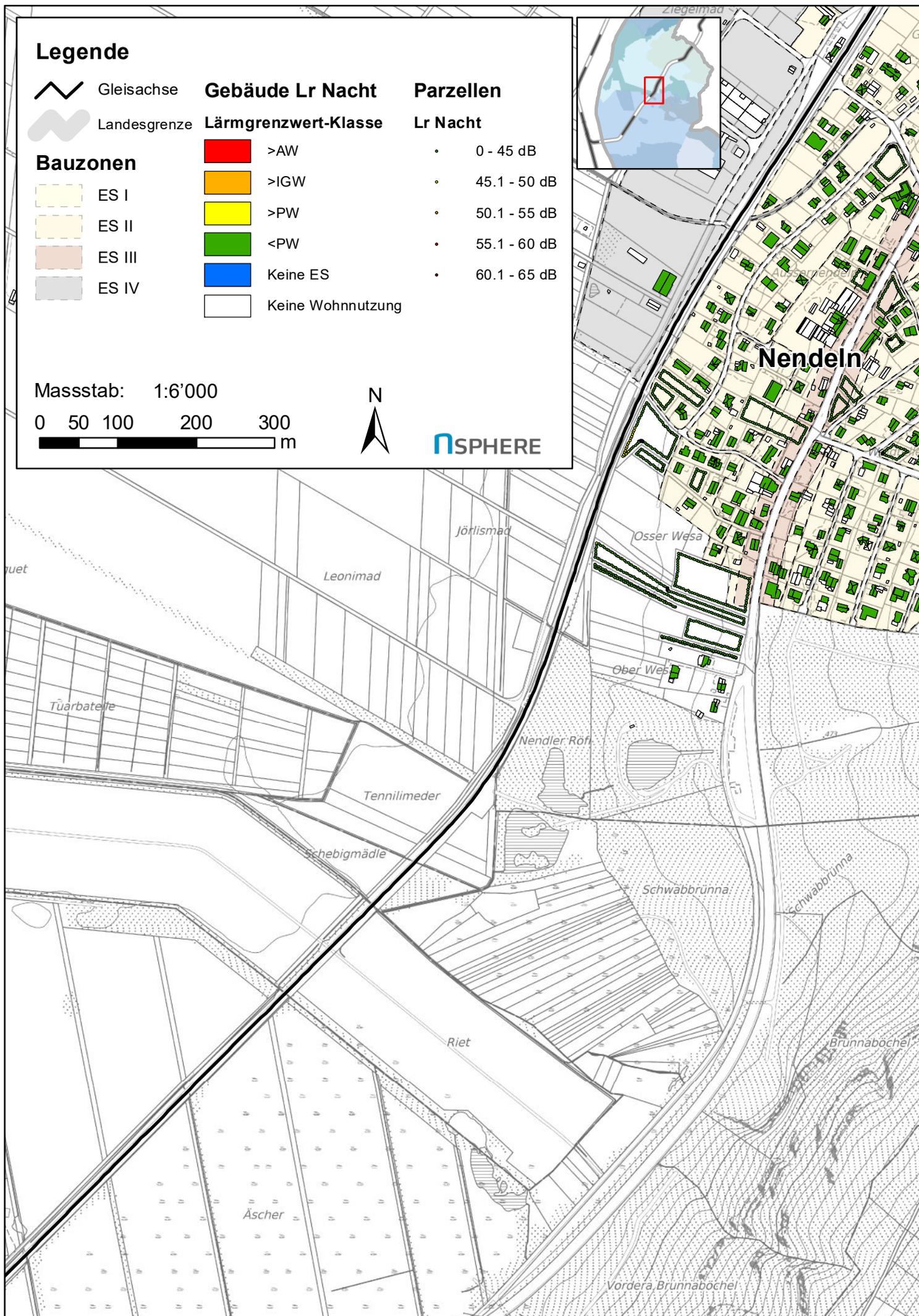
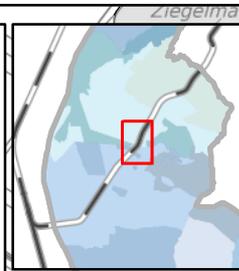
### Lr Nacht

- 0 - 45 dB
- 45.1 - 50 dB
- 50.1 - 55 dB
- 55.1 - 60 dB
- 60.1 - 65 dB

Masstab: 1:6'000



NSPHERE



# Legende

-  Gleisachse
-  Landesgrenze

## Gebäude Lr Nacht

### Lärmgrenzwert-Klasse

-  >AW
-  >IGW
-  >PW
-  <PW
-  Keine ES
-  Keine Wohnnutzung

## Bauzonen

-  ES I
-  ES II
-  ES III
-  ES IV

## Parzellen

### Lr Nacht

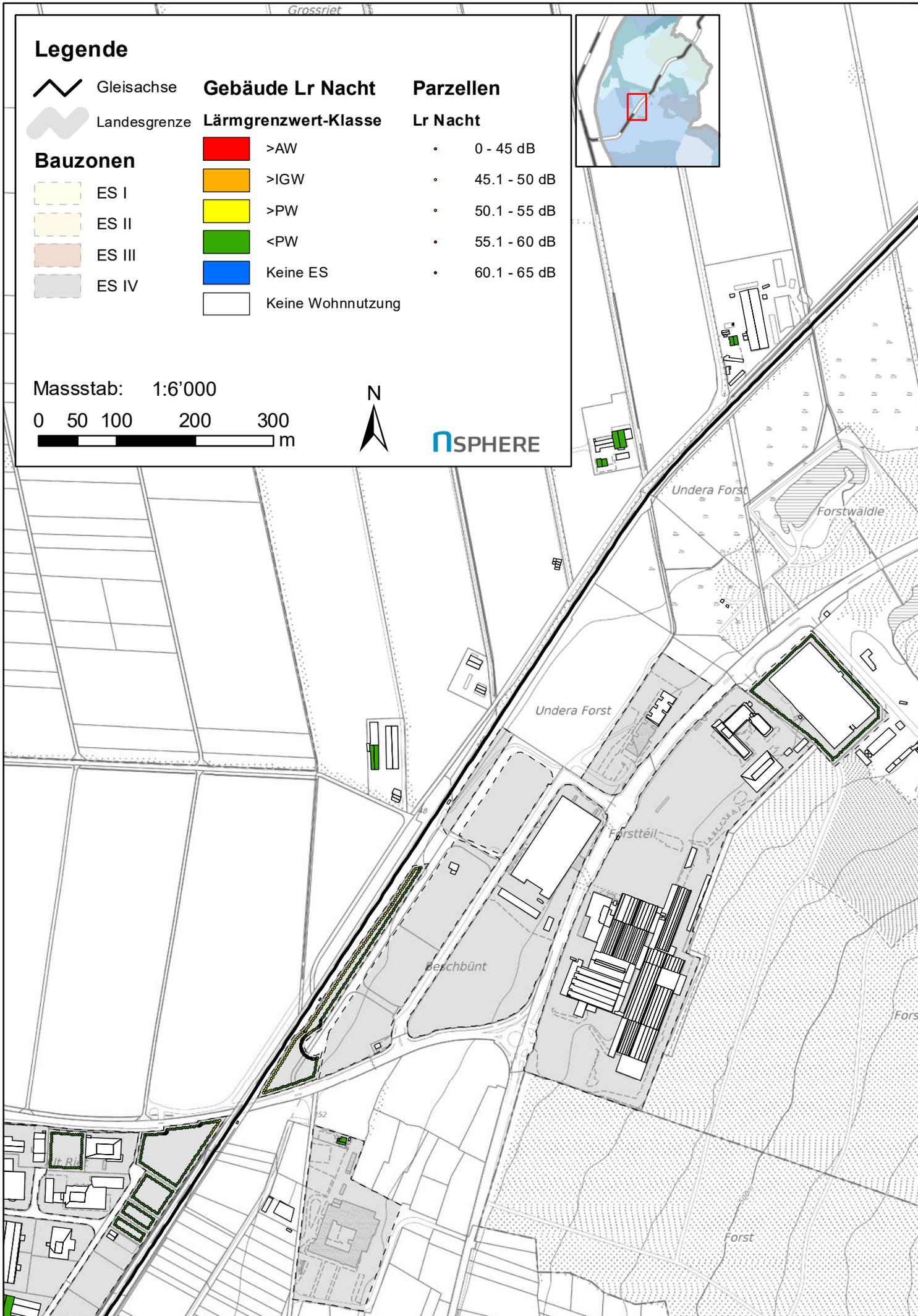
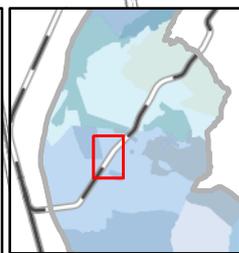
-  0 - 45 dB
-  45.1 - 50 dB
-  50.1 - 55 dB
-  55.1 - 60 dB
-  60.1 - 65 dB

Massstab: 1:6'000

0 50 100 200 300 m



NSPHERE



# Legende

- Gleisachse
- Landesgrenze

## Bauzonen

- ES I
- ES II
- ES III
- ES IV

## Gebäude Lr Nacht

### Lärmgrenzwert-Klasse

- >AW
- >IGW
- >PW
- <PW
- Keine ES
- Keine Wohnnutzung

## Parzellen

### Lr Nacht

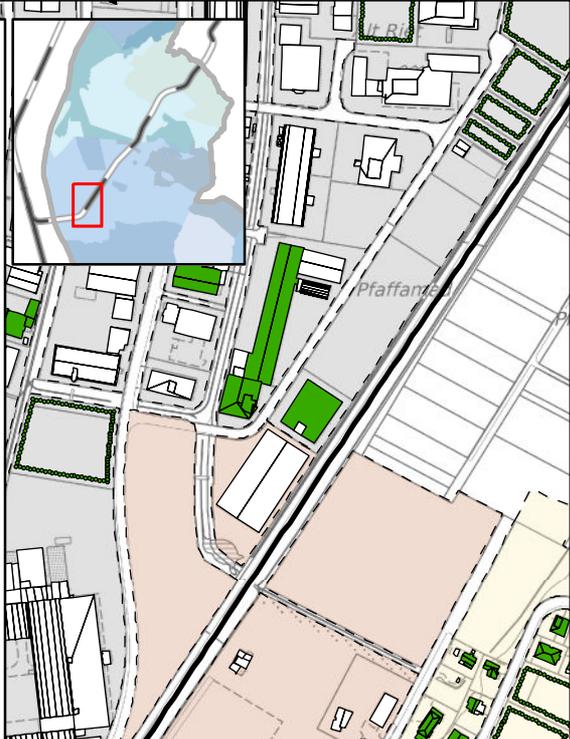
- 0 - 45 dB
- 45.1 - 50 dB
- 50.1 - 55 dB
- 55.1 - 60 dB
- 60.1 - 65 dB

Masstab: 1:6'000

0 50 100 200 300 m



NSPHERE



# Legende

- Gleisachse
- Landesgrenze

## Bauzonen

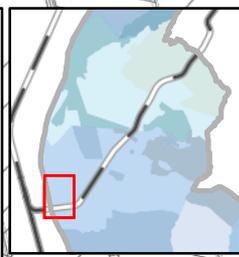
- ES I
- ES II
- ES III
- ES IV

## Gebäude Lr Nacht

- >AW
- >IGW
- >PW
- <PW
- Keine ES
- Keine Wohnnutzung

## Parzellen

- Lr Nacht
- 0 - 45 dB
- 45.1 - 50 dB
- 50.1 - 55 dB
- 55.1 - 60 dB
- 60.1 - 65 dB



Masstab: 1:6'000



**Schweiz**  
**Liechtenstein**

**Stahltragwerke mit offener Fahrbahn**



# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Tag (06-22 Uhr)

**dB**

 <40

 40 <= Lr < 45

 45 <= Lr < 50

 50 <= Lr < 55

 55 <= Lr < 60

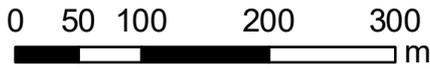
 60 <= Lr < 65

 65 <= Lr < 70

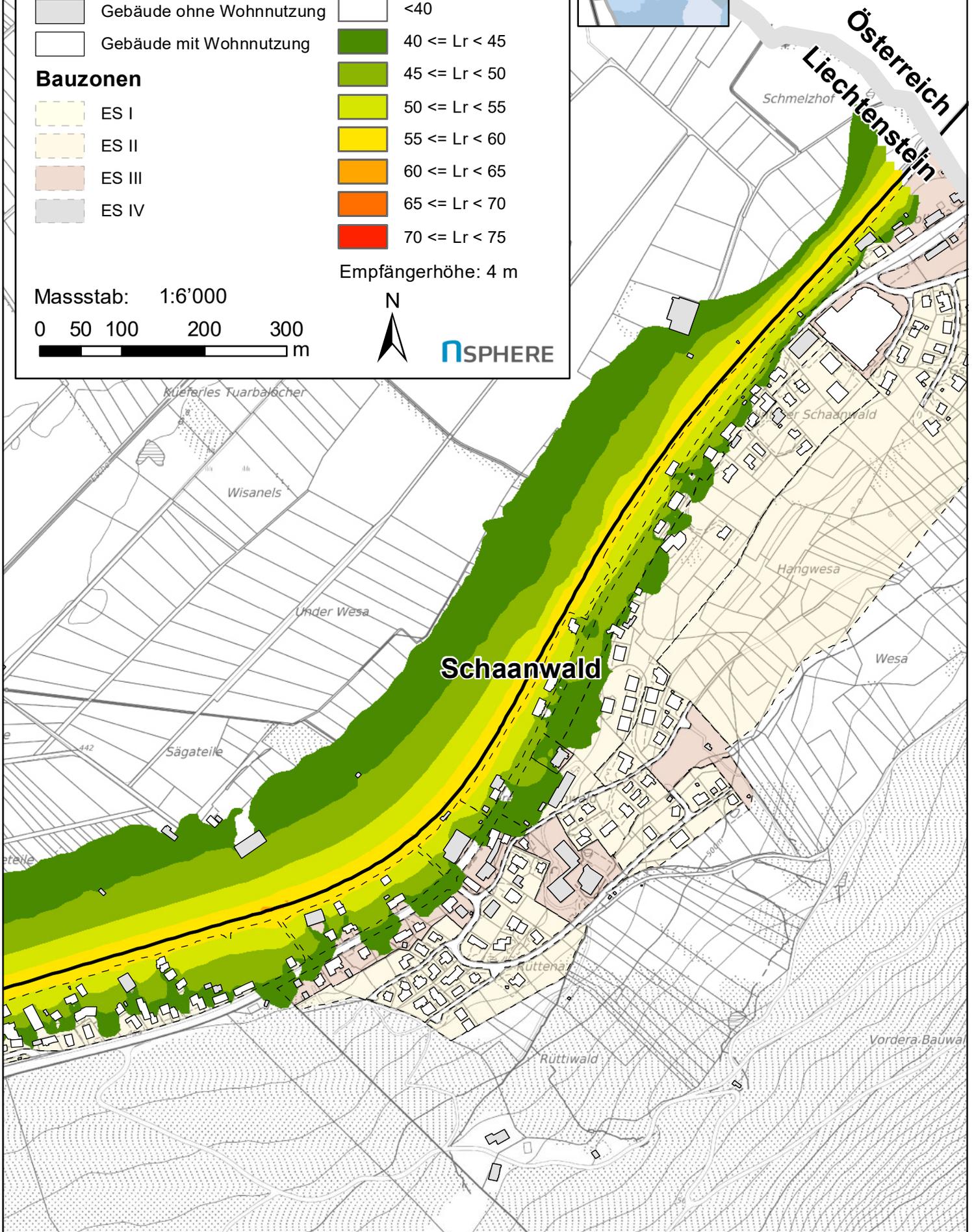
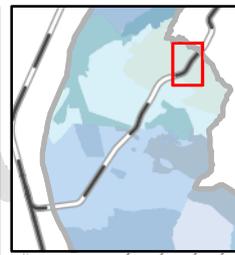
 70 <= Lr < 75

Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000



**NSPHERE**



# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Tag (06-22 Uhr)

**dB**

  $< 40$

  $40 \leq Lr < 45$

  $45 \leq Lr < 50$

  $50 \leq Lr < 55$

  $55 \leq Lr < 60$

  $60 \leq Lr < 65$

  $65 \leq Lr < 70$

  $70 \leq Lr < 75$

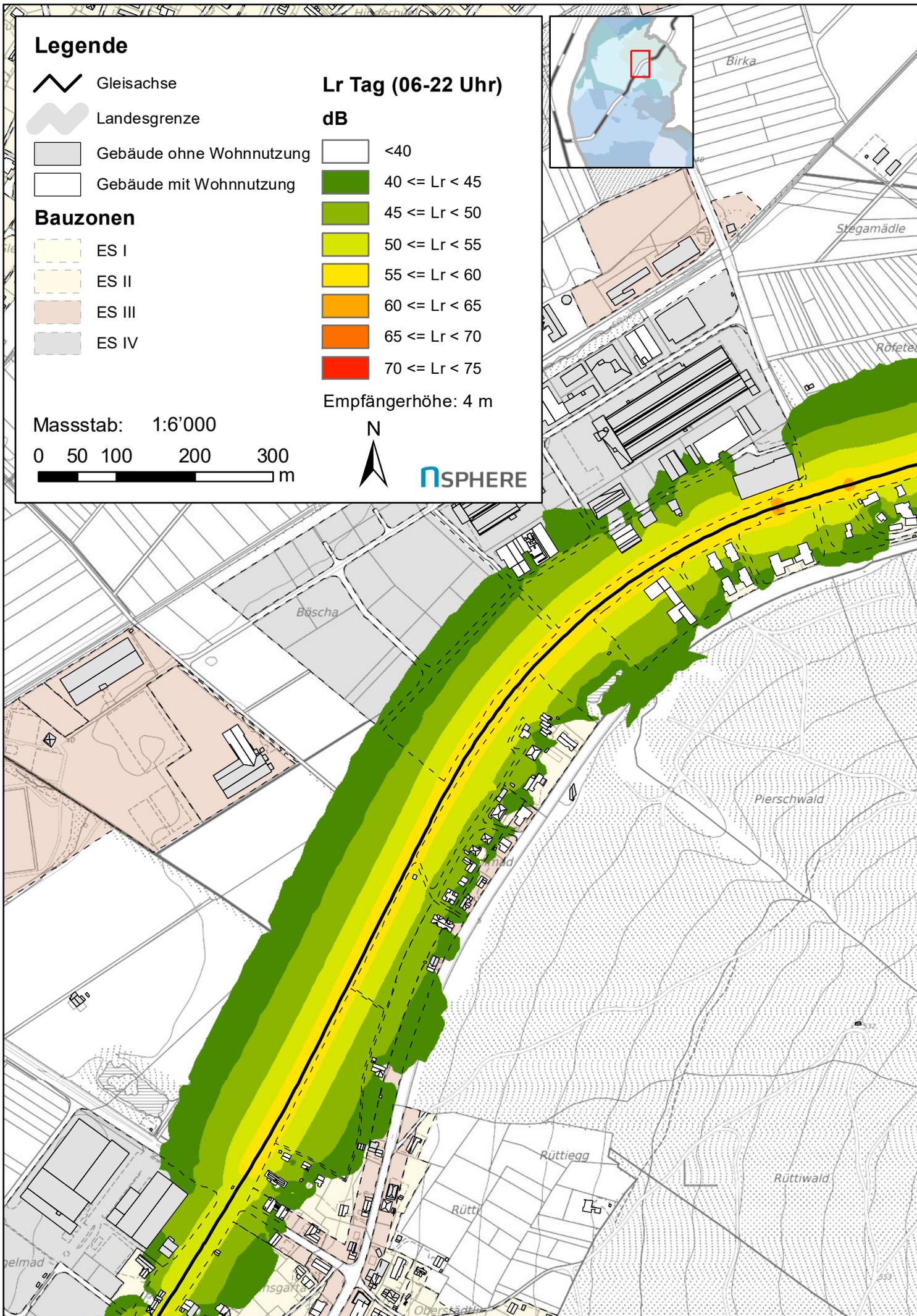
Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000

0 50 100 200 300 m



NSPHERE



# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Tag (06-22 Uhr)

**dB**

 <40

 40 <= Lr < 45

 45 <= Lr < 50

 50 <= Lr < 55

 55 <= Lr < 60

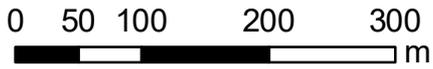
 60 <= Lr < 65

 65 <= Lr < 70

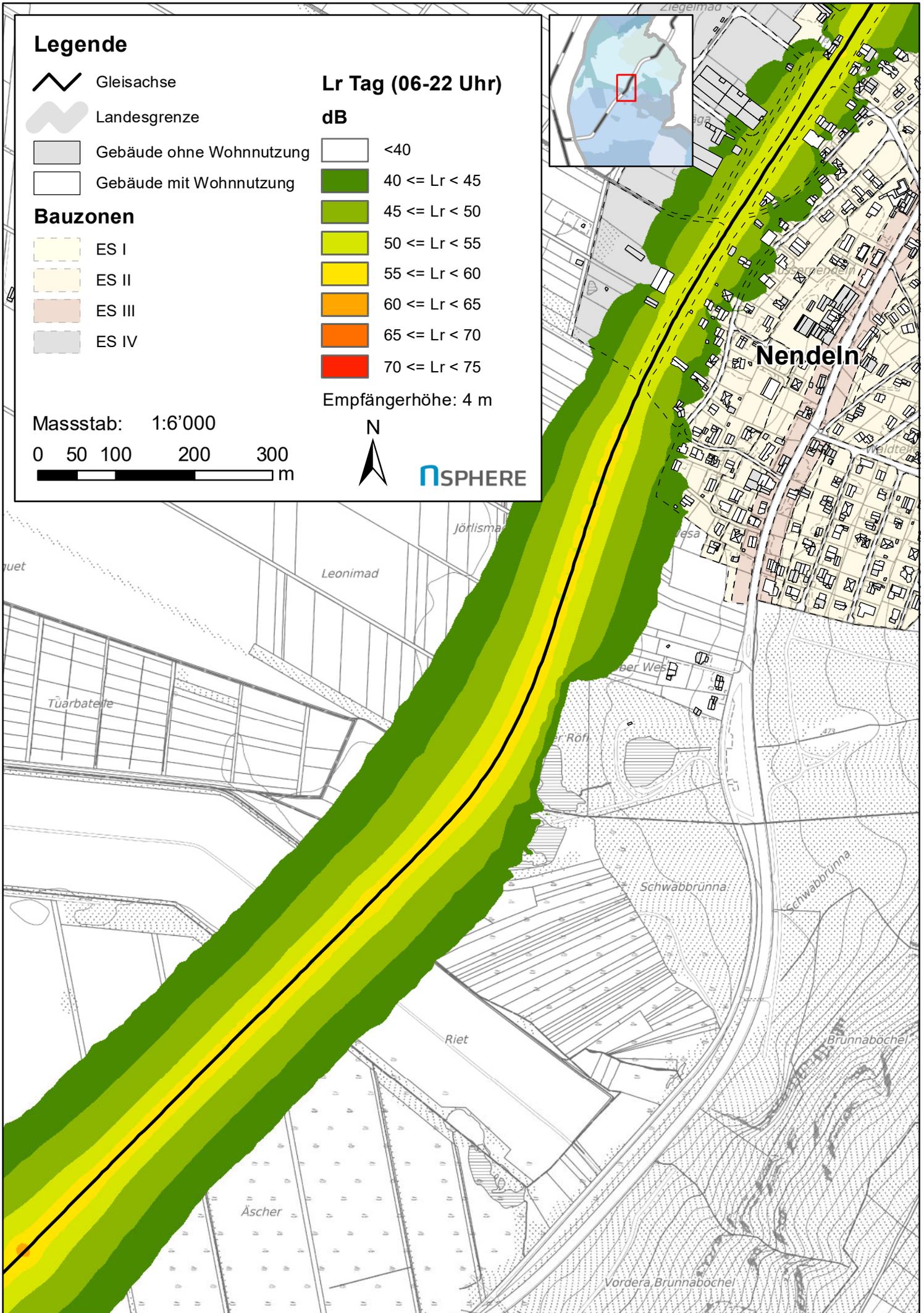
 70 <= Lr < 75

Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000



**NSPHERE**





# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Tag (06-22 Uhr)

**dB**

 <40

 40 <= Lr < 45

 45 <= Lr < 50

 50 <= Lr < 55

 55 <= Lr < 60

 60 <= Lr < 65

 65 <= Lr < 70

 70 <= Lr < 75

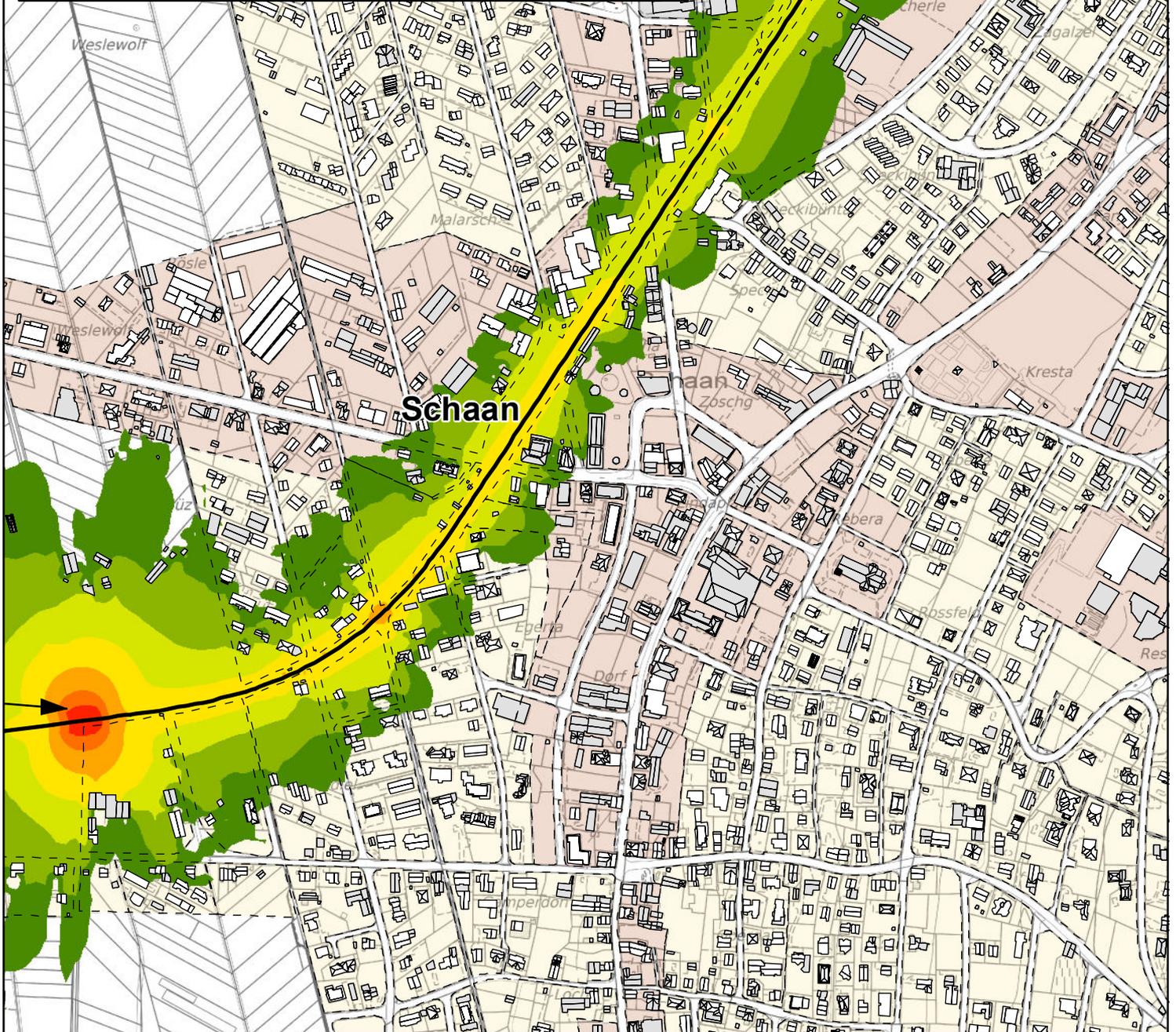
Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000

0 50 100 200 300 m



NSPHERE



# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Tag (06-22 Uhr)

**dB**

 <40

 40 <= Lr < 45

 45 <= Lr < 50

 50 <= Lr < 55

 55 <= Lr < 60

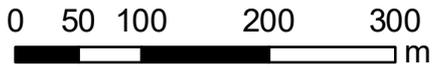
 60 <= Lr < 65

 65 <= Lr < 70

 70 <= Lr < 75

Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000

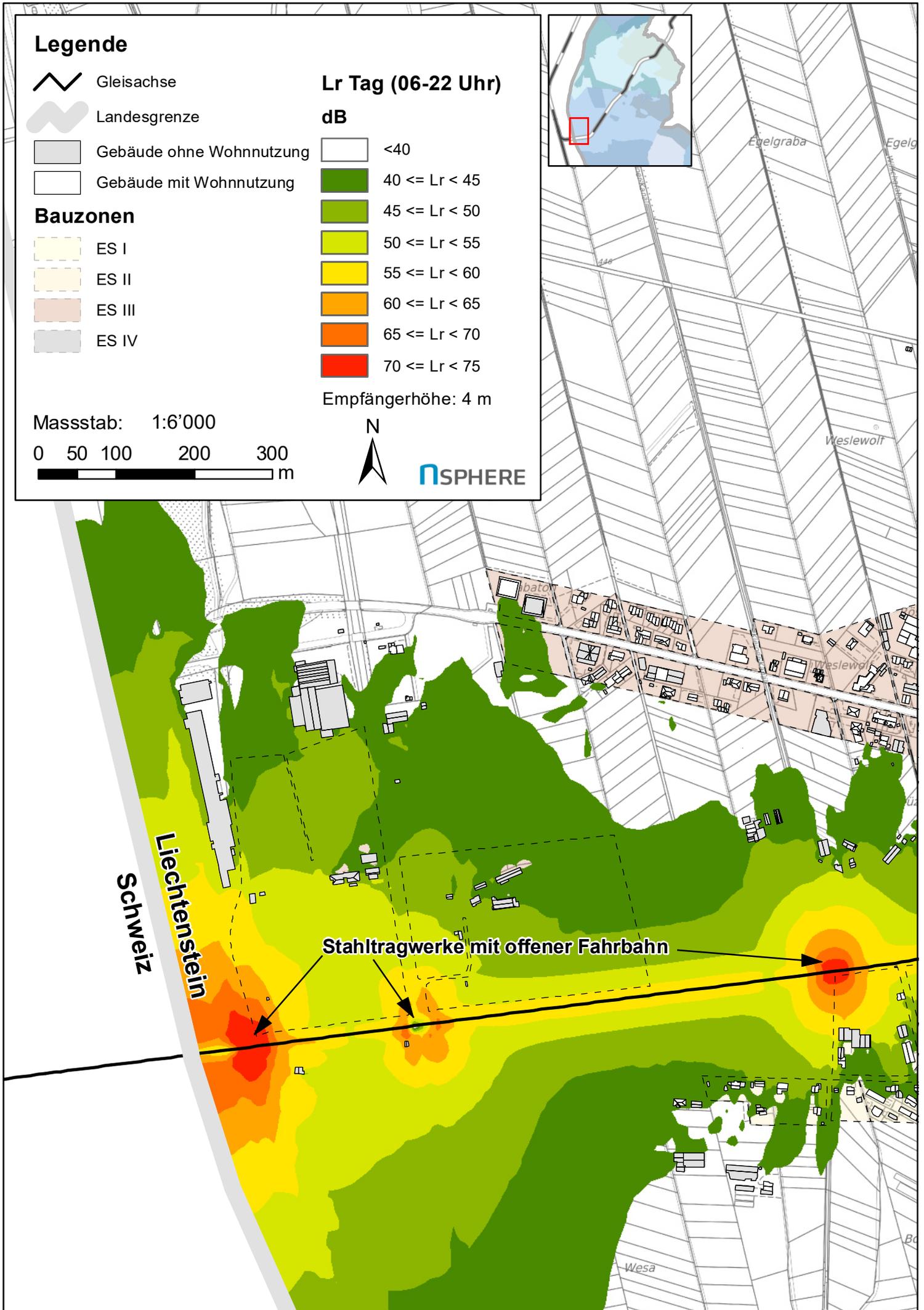


**NSPHERE**



Liechtenstein  
Schweiz

Stahltragwerke mit offener Fahrbahn



# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Nacht (22-06 Uhr)

**dB**

 <40

 40 <= Lr < 45

 45 <= Lr < 50

 50 <= Lr < 55

 55 <= Lr < 60

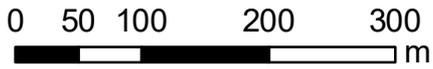
 60 <= Lr < 65

 65 <= Lr < 70

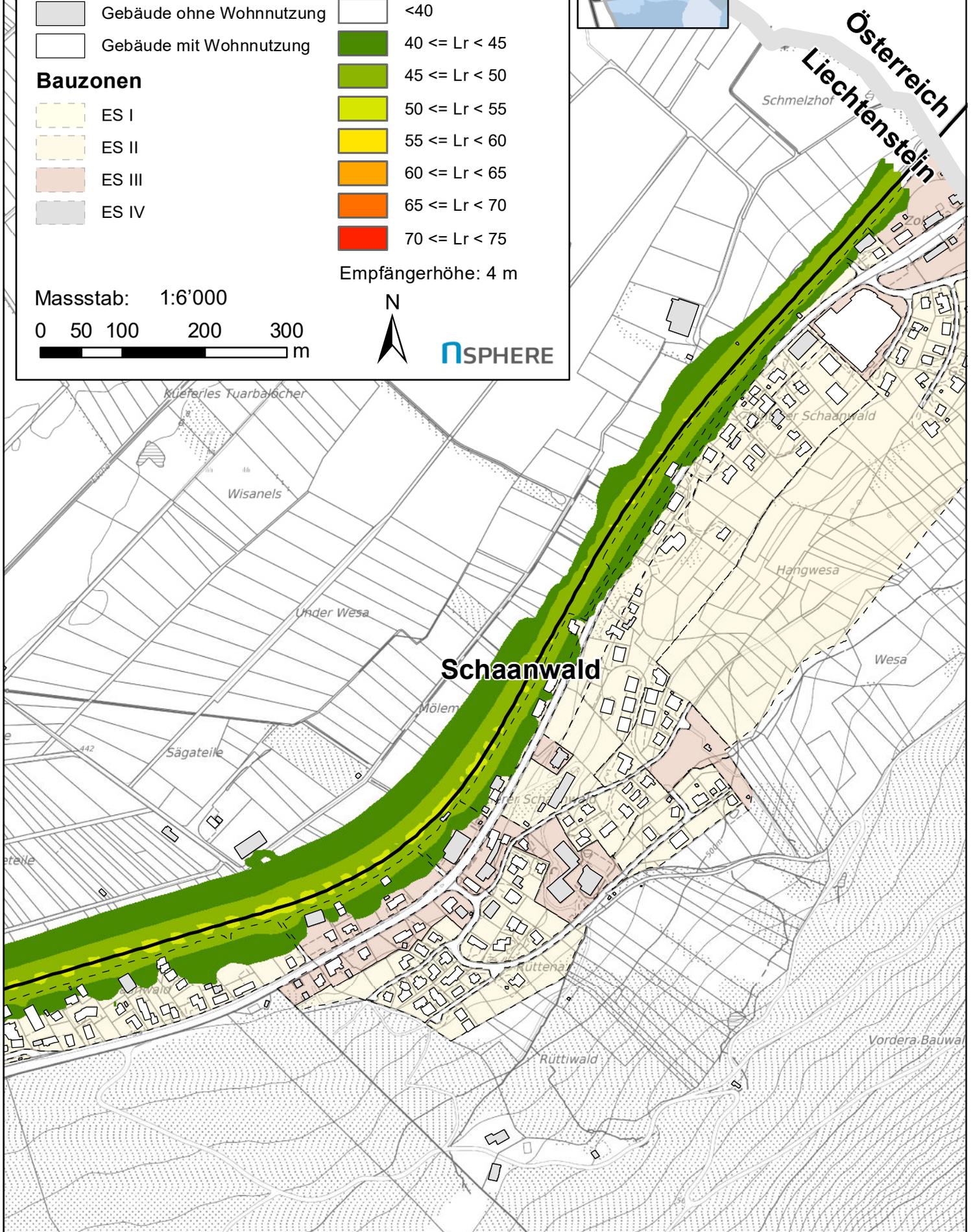
 70 <= Lr < 75

Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000



**NSPHERE**



# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Nacht (22-06 Uhr)

**dB**

  $< 40$

  $40 \leq L_r < 45$

  $45 \leq L_r < 50$

  $50 \leq L_r < 55$

  $55 \leq L_r < 60$

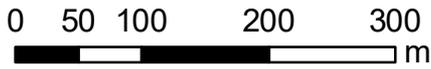
  $60 \leq L_r < 65$

  $65 \leq L_r < 70$

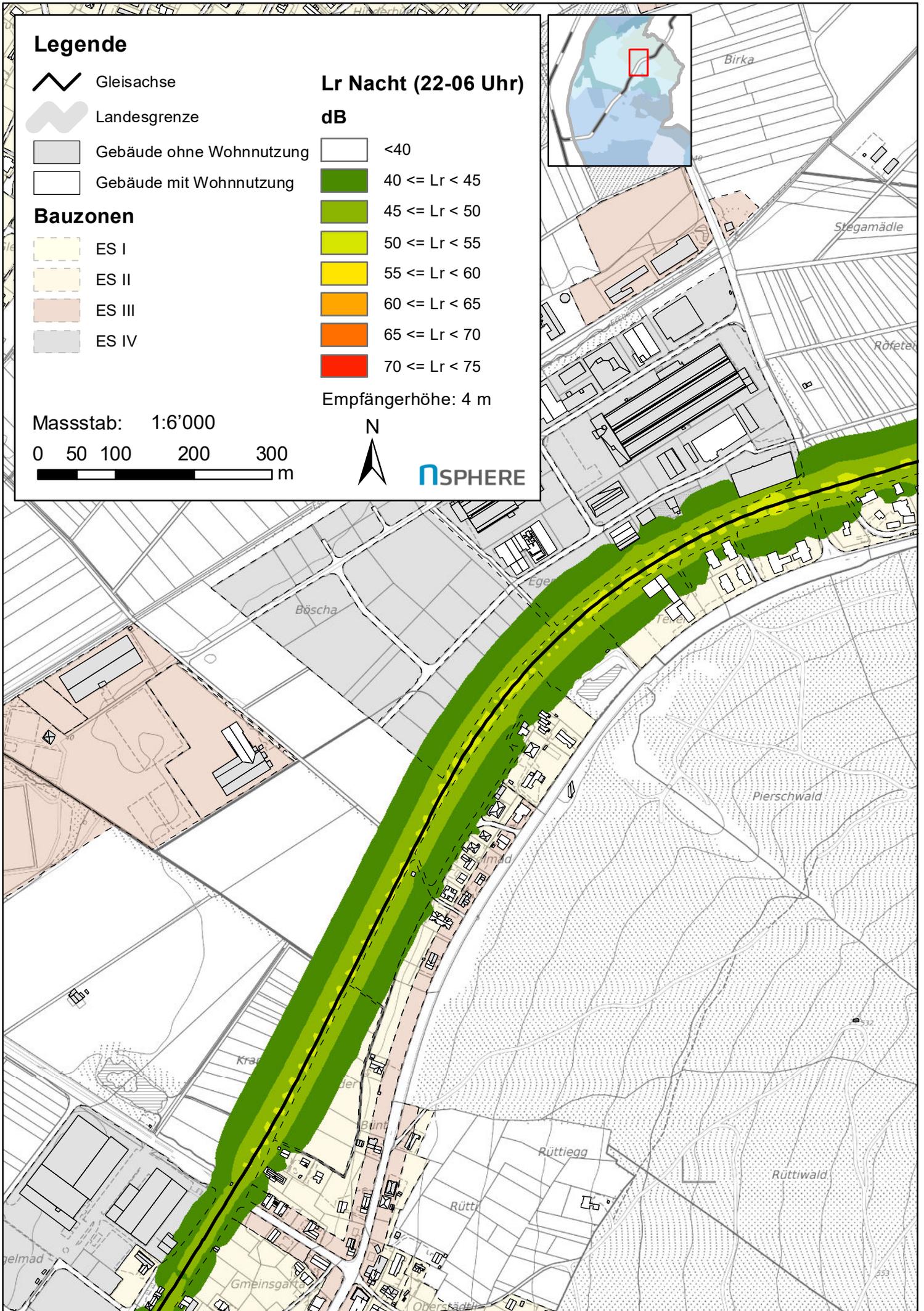
  $70 \leq L_r < 75$

Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000







# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Nacht (22-06 Uhr)

**dB**

 <40

 40 <= Lr < 45

 45 <= Lr < 50

 50 <= Lr < 55

 55 <= Lr < 60

 60 <= Lr < 65

 65 <= Lr < 70

 70 <= Lr < 75

Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000

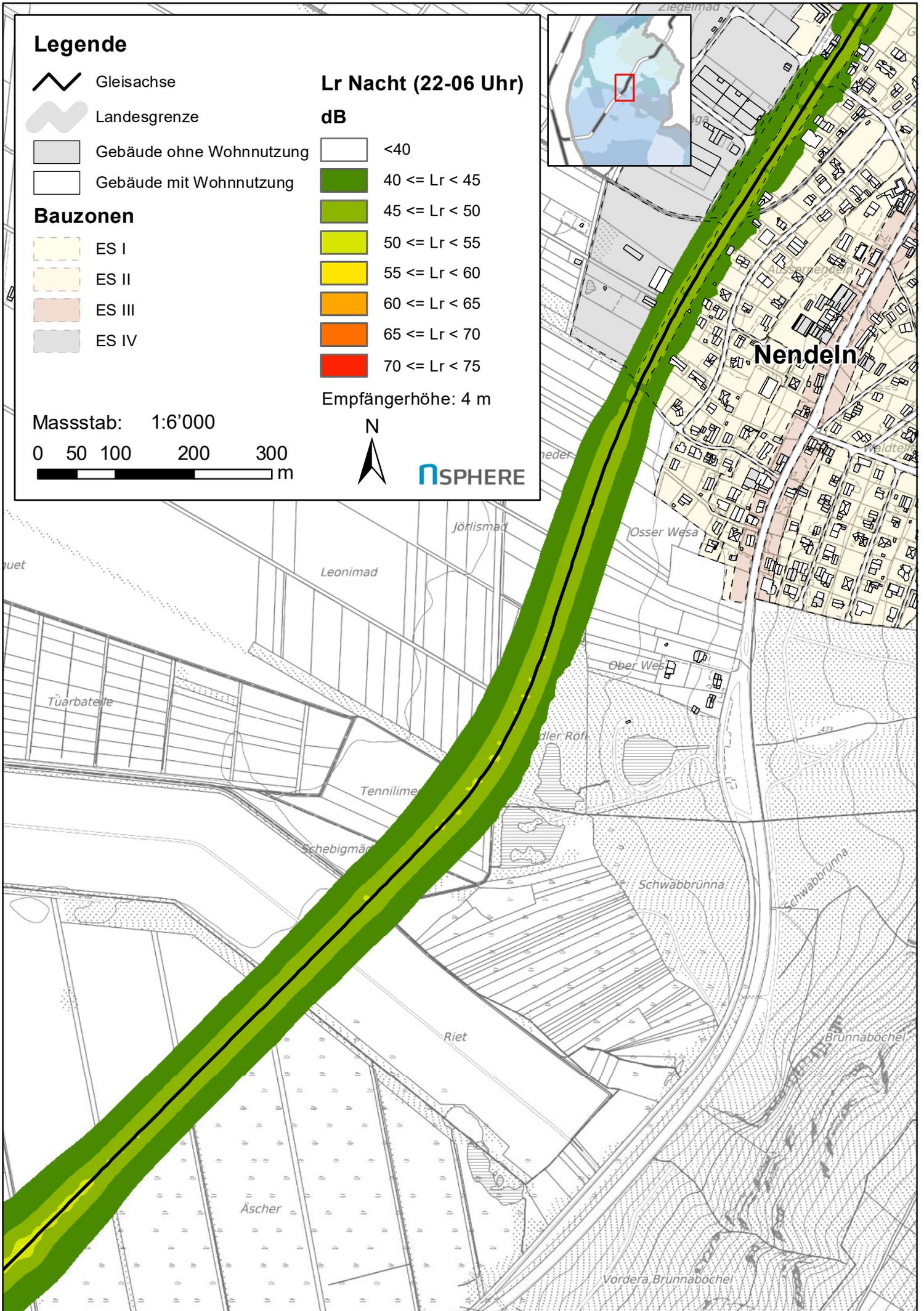
0 50 100 200 300 m



**NSPHERE**



**Nendeln**





# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Nacht (22-06 Uhr)

**dB**

 <40

 40 <= Lr < 45

 45 <= Lr < 50

 50 <= Lr < 55

 55 <= Lr < 60

 60 <= Lr < 65

 65 <= Lr < 70

 70 <= Lr < 75

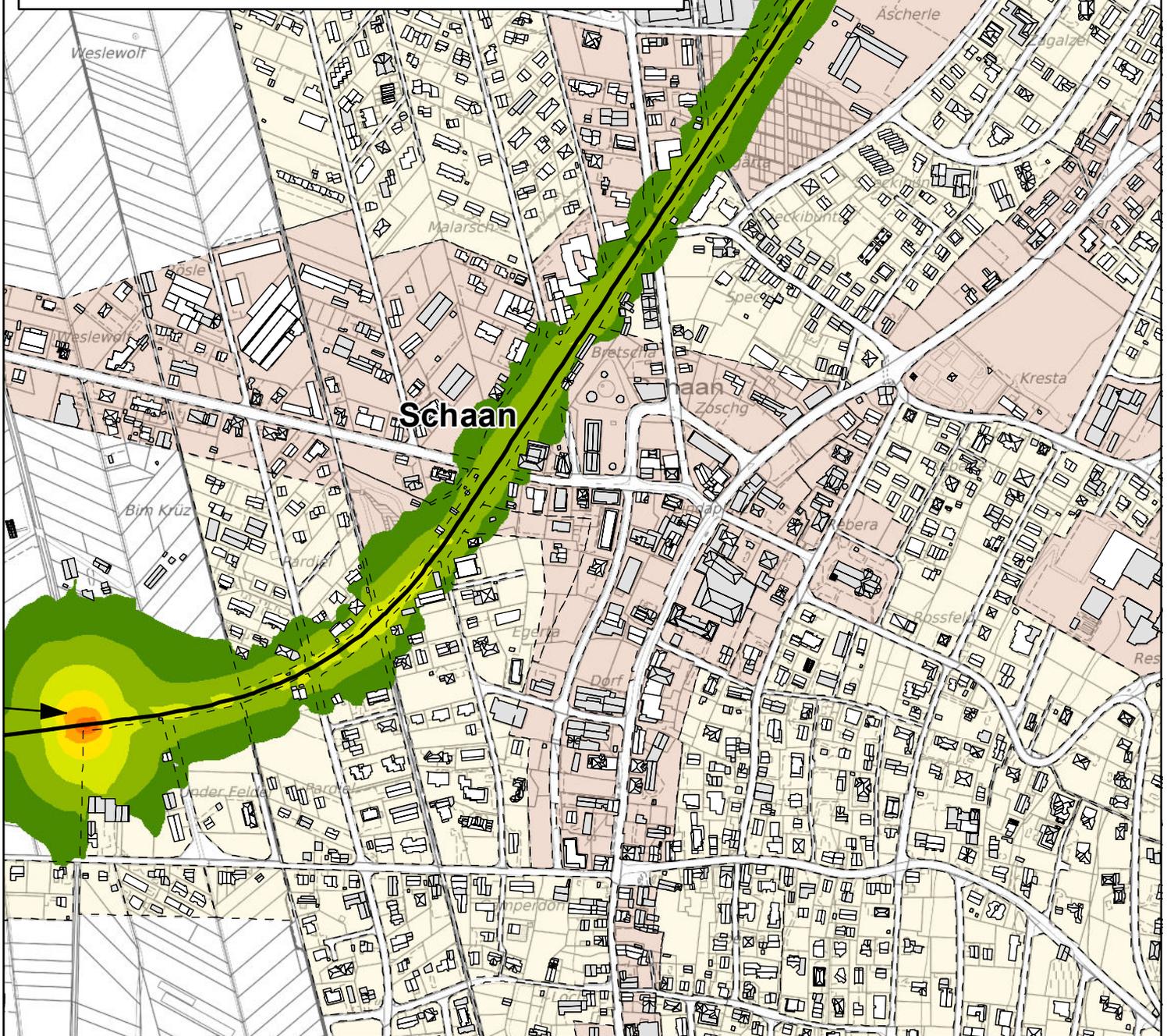
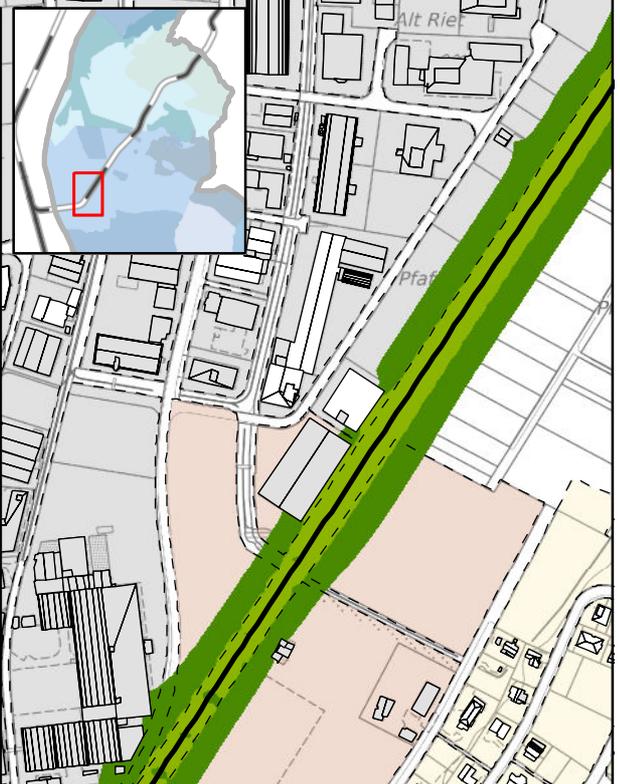
Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000

0 50 100 200 300 m



**NSPHERE**



# Legende

 Gleisachse

 Landesgrenze

 Gebäude ohne Wohnnutzung

 Gebäude mit Wohnnutzung

## Bauzonen

 ES I

 ES II

 ES III

 ES IV

## Lr Nacht (22-06 Uhr)

**dB**

 <40

 40 <= Lr < 45

 45 <= Lr < 50

 50 <= Lr < 55

 55 <= Lr < 60

 60 <= Lr < 65

 65 <= Lr < 70

 70 <= Lr < 75

Empfängerhöhe: 4 m

Masstab: 1:6'000



**NSPHERE**

