



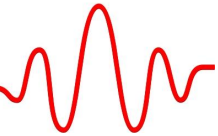
DIPL.-ING. DR.

KIRISITS

INGENIEURKONSULENT FÜR TECHNISCHE PHYSIK

AKUSTIK - LÄRMSCHUTZ


MEDIZINPHYSIK



Vergleichsberechnung Lärmkartierung Straßenverkehr mit RVS 04.02.11 und ÖAL 28 nach RL 2015/996 (EU)

Wien, am 14. April 2021

im Auftrag

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Inhalt

1. Gegenstand	3
2. Grundlagen und Datenaufbereitung	4
2.1. Regelwerke	4
2.2. Straßenverkehrslärmemissionen	5
2.3. Schallausbreitung	6
2.4. Verwendete Software	8
2.5. Zuweisung von Lärmpegeln und Bewohnern zu Gebäuden.....	8
2.6. Untersuchungsraum	9
3. Betroffenenanalyse	10
3.1. Gemeinde Bruckneudorf	10
3.2. Gemeinde Breitenbrunn.....	12
3.3. Gemeinde Kemeten.....	14
3.4. Gemeinde Großpetersdorf	16
3.5. Gesamtbetrachtung (4 Referenzgemeinden).....	18
4. Detailvergleiche mittels Rasterlärmkarten	21
4.1. Ortsdurchfahrt mit geschlossener Bebauung – Gemeinde Breitenbrunn	21
4.2. Ortsdurchfahrt mit geschlossener direkt angrenzender Bebauung – Gemeinde Großpetersdorf	24
4.3. Ortsdurchfahrt mit offener Bauweise – Gemeinde Kemeten	26
4.4. Ortsdurchfahrt mit abschirmendem Damm – Gemeinde Bruckneudorf	27
4.5. Lichtzeichengeregelte Kreuzung und Kreisverkehr	29
5. Zusammenfassung.....	31
6. Literaturverzeichnis.....	33

1. Gegenstand

Durch die Umsetzung der Richtlinie EU 2015/996 auf österreichische Verhältnisse (RVS 04.02.11 [1] und ÖAL Richtlinie Nr. 28 [2]) steht eine neue Methode zur Berechnung von Lärmimmissionen von Straßenverkehrslärm zur Verfügung. Diese sind im Rahmen der EU Umgebungslärmkartierung im Rahmen des Bundes- bzw. Landesumgebungslärmschutzgesetzes bzw. deren Verordnungen zukünftig zu verwenden. Es besteht allgemeines Interesse inwieweit die derzeitigen Festlegungen zum Verfahren andere Ergebnisse bringen, als mit dem derzeitigen Stand der Technik berechnet werden.

Im Burgenland sollen basierend auf dem digitalen Berechnungsmodell, welches 2017 für die Lärmkartierung verwendet wurde, Vergleichsberechnungen gemäß der RVS 04.02.11 (Abänderung 2009) [3,4]) und gemäß den neuen Verfahren durchgeführt werden. Dazu wurden vier zu untersuchende Bereiche (Gemeinden) ausgewählt, um verschiedene topografische Situationen zu analysieren. Damit sollen systematische Abweichungen durch das neue Berechnungsverfahren identifiziert und dargestellt werden.

Im Zuge der Bearbeitung sollen Problemstellungen identifiziert werden, die gegebenenfalls zu weiteren Klarstellungen und Konkretisierungen der Methode in nationalen oder internationalen Regelwerken dienen können.

Diese Analyse wurde notwendig, da die Europäische Kommission 2020 ein Dokument mit Modifikationen zum Anhang II der Umgebungslärmrichtlinie vorstellte, dass die gegenwärtige EU-Richtlinie 2015/996 maßgeblich korrigiert. Es beinhaltet aktuelle Werte zur Beschreibung der Roll- und Antriebsgeräusche auf einer Referenz-Straßendeckschicht und ist Basis für die seitens der Europäischen Kommission vorgeschlagenen Richtlinienänderung (siehe Draft delegated directive - Ares(2020)4118194). Aufgrund dieser aktualisierten Werte war eine neuerliche Bestimmung der Korrekturterme für österreichische Straßendeckschichten erforderlich, welche im vorliegenden Bericht als Basis der Vergleichsberechnungen herangezogen wurden.

2. Grundlagen und Datenaufbereitung

2.1. Regelwerke

In Österreich ist der Stand der Technik zur Berechnung von Straßenverkehrslärm mit der RVS 04.02.11 aus 2006 [3], zuletzt ergänzt durch die 2. Abänderung aus 2009 [4], festgelegt. Dieses Regelwerk ermöglicht die Berechnung von Lärmindizes, insbesondere des L_{den} und L_{night} wie er in der europäischen Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG festgelegt ist. Diese Lärmindizes finden sich übernommen in den entsprechenden Umgebungslärmschutzverordnungen des Bundes und der Länder. Im Rahmen der strategischen Lärmkartierung werden diese Lärmindizes in Form von Rasterlärmkarten berechnet und dargestellt sowie die Anzahl von Betroffenen innerhalb von Pegelbereichen und insbesondere über Schwellenwerten angegeben.

Nachdem die Bestimmung der Lärmindizes in einzelnen Ländern der europäischen Union durch unterschiedliche Berechnungsmethoden erfolgte, erkannte die europäische Kommission den Bedarf an einer europaweit einheitlichen Berechnungsmethode. Dazu wurde im Rahmen des Projektes CNOSSOS-EU durch Experten eine Methode in Anlehnung an bereits existierende Regelungen (z.B. Ausbreitungsrechnung nach NF S31-133.) und europäischen Forschungsprojekten (z.B. HARMONOISE, IMAGINE) entwickelt [5,6]. Diese wurde letztlich als europäische Richtlinie 2015/996 (EU) veröffentlicht. Österreich hat die Richtlinie für Straßenverkehrslärmmissionen als RVS 04.02.11 [1] sowie für Schallausbreitung als ÖAL Richtlinie Nr. 28 (Jänner 2019) [2] umgesetzt. Dazu wurden entsprechende Grundlagenarbeiten und Vergleichsberechnungen durchgeführt [7,8].

Wesentlich ist eine Anmerkung in beiden Regelwerken, wonach die Anwendung der in den Richtlinien enthaltenen Berechnungsvorschriften das Vorhandensein einer qualitätsgesicherten Software voraussetzt. Darüber hinaus enthält die ÖAL Richtlinie Nr. 28 einen Hinweis, wonach abweichende bzw. konkretisierende Detailregelungen zulässig sind, wenn diese in internationalen Normen zur Qualitätssicherung des gegenständlichen Berechnungsverfahrens dokumentiert sind.

Die RVS 04.02.11 enthält Testbeispiele für die Berechnung der Schalleistungspegel für verschiedene Verkehrszustände und Straßendeckschichten. Damit ist es einem Anwender in Österreich möglich eine Qualitätssicherung durchzuführen. Softwarehersteller können die korrekte Berechnung der Testbeispiele in einer Konformitätserklärung bestätigen.

Für das Berechnungsverfahren, welches in der ÖAL Richtlinie Nr. 28 enthalten ist, liegt die Norm ISO/DTR 17534-4 Acoustics -- Software for the calculation of sound outdoors -- Part 4: Recommendations for quality assured implementation of CNOSSOS EU calculation methods in software according to ISO 17534-1 vor [9]. Diese enthält nicht nur Testbeispiele, sondern wesentliche Klarstellungen zum Berechnungsverfahren, welche bereits in Fachartikeln publiziert wurden [10]. Teilweise unklare Formulierungen im offiziellen Richtlinienentwurf 2015/996 (EU) führten unter anderem zu offensichtlich unschlüssigen Ergebnissen beim Vorhandensein von mehrfachen Abschirmkanten („Doppelschirmproblematik“). Diese, sowie weitere Punkte, werden in ISO 17534-4 in nachvollziehbarer und schlüssiger Weise behandelt und mit klaren Regelungen abweichend bzw. konkretisierend definiert. Damit stellt diese internationale Richtlinie eine Norm dar, auf welche die Anmerkungen in ÖAL 28 abzielen. Derzeit geben die Programmhersteller in ihren Konformitätserklärungen einen Hinweis auf Testbeispiele publiziert durch das deutsche Umweltbundesamt. Dabei wurden bereits die Verfahren der ISO 17534-4 im Wesentlichen umgesetzt.

Im Jahr 2020 hat die Europäische Kommission ein Dokument mit Modifikationen zum Anhang II der Umgebungslärmrichtlinie vorgestellt. Diese beinhaltet aktuelle Werte zur Beschreibung der Roll- und Antriebsgeräusche auf einer Referenz-Straßendeckschicht und basieren auf dem RIVM Letter report 2019-0023 (inkl. Erratum vom 22 August 2019) des niederländischen National Institute for Public Health and the Environment [11]. Der Report war Basis für die seitens der Europäischen Kommission vorgeschlagenen Richtlinienänderung (siehe Draft delegated directive - Ares(2020)4118194). Aufgrund dieser aktualisierten Werte war eine neuerliche Bestimmung der Korrekturterme für österreichische Straßendeckschichten erforderlich.

In diesem Bericht werden die Regelungen der RVS 04.02.11 aus 2019 verwendet, wobei die Emissionsdaten (A/B Werte) durch der vorhin zitierte Richtlinienänderung aus 2020 angepasst werden. Als Korrekturterme für die Straßendeckschichten werden jene, der derzeitigen Entwurfs zur Neufassung der RVS 04.02.11 2021 angenommen (siehe folgender Abschnitt 2.2).

2.2. Straßenverkehrslärmemissionen

Die Verkehrsdaten wurden entsprechend den Angaben für die Lärmkartierung 2017 (Land Burgenland) übernommen. Dazu lagen JDTV Werte sowie der Schwerverkehrsanteil vor. Während nach RVS 2009 der Schwerverkehr für Straßen mit überwiegend lokalem Verkehr zu 90% versus 10% auf leichte bzw. schwere LKW aufgeteilt wurde, sieht die RVS 2019 dafür ein Verhältnis von 40% für mittelschwere (Klasse 2) zu 60% für schwere (Klasse 3) Fahrzeuge vor. Die Aufteilung zur Berechnung des mittleren stündlichen Verkehrs (MSV) in die Tageszeitabschnitte Tag, Abend und Nacht ist hingegen ident geblieben. Zusätzlich berücksichtigt werden Zweiräder nach RVS 2019. Der Anteil dieser Klasse 4 liegt bei 3%, 2% und 1% für die Zeitabschnitte Tag, Abend und Nacht. Eine weitere Unterteilung von 10% zu 90% ergibt sich für die Klasse 4a (Mopeds) und Klasse 4b (Motorräder). Nach Abzug der Klassen 2, 3 und 4 vom MSV ergeben sich die verbleibenden Fahrzeuge der Klasse 1 (leichte Kfz).

Diese Vorgangsweise ergibt sich nach direkter Auslegung der RVS 04.02.11 und der groben Verkehrsdaten für die Kartierung. Liegen detailliertere Verkehrsanalysen vor so könnte eine entsprechend detailliertere Aufteilung erfolgen.

Die maßgebenden Geschwindigkeiten wurden korrekt wie in der Kartierung 2017 verwendet. Nachdem nach der neuen RVS die Temperatur einen Einfluss auf die Straßenverkehrslärmemissionen bewirkt, wird diese RVS konform mit 10 °C definiert. Straßensteigungen werden durch das Softwareprogramm abschnittsweise korrekt ermittelt und angewandt.

Die Straßenoberflächen wurden entsprechenden der bisherigen Kartierung durchgehend mit Asphaltbeton berücksichtigt. Für diese liegen nach RVS 04.02.11 Entwurf 2021 folgende konkrete Korrekturkoeffizienten vor.

Tabelle 1: Korrekturkoeffizienten für Asphaltbeton

Asphaltbeton	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
PKW (M1)	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,7	-0,5	-0,1	0,0	-3,3
LKW (M2 und M3)	0,0	0,0	0,0	0,9	3,3	0,5	0,1	0,0	0,0

Die alleinige Veränderung des Anteils von schweren zu leichten LKW führt bereits zu einer Erhöhung des L_{Aeq1} bzw. des Schalleistungspegels L_w . Nach RVS 2009 erhöht sich dieser bei einem Schwerverkehrsanteil von 2,9% (Ortsdurchfahrt Großpetersdorf mit 50 km/h) um 0,3 dB. Bei einem höheren Schwerverkehrsanteil von beispielsweise 7,4% (Umfahrung Oberwart mit 100 km/h) beträgt der Unterschied 0,4 dB.

Der Ansatz der Klasse 2 (Zweiräder) wirkt sich mit weniger als 0,1 dB auf die gesamte Schalleistung aus. Eine Abnahme würde sich hingegen ergeben, würde man die Zweiräder, welche bisher nach RVS 2009 mit den leichten LKWs berücksichtigt wurden, vom Schwerverkehrsanteil abziehen.

2.3. Schallausbreitung

Das Regelwerk RVS 04.02.11 aus 2009 bezieht sich bei der Berechnung der Schallausbreitung auf eine zum damaligen Zeitpunkt gültige ÖAL Richtlinie Nr. 28. Diese berücksichtigt Bodendämpfung nach einem Modell von Kragh [12] und Abschirmwirkungen nach Maekawa [13]. Dies unterscheidet sich vom neuen Verfahren der Richtlinie Nr. 28, welche aus der europäischen Richtlinie 2015/996 (EU) übernommen wurde, welche wiederum auf der französischen Norm NF S31-133 basiert [14]. Ein direkter Vergleich der Verfahren ist schwierig, da sich diese konzeptionell wesentlich unterscheiden. Die Abschirmwirkung berücksichtigt in beiden Fällen den virtuellen Schallumweg, der über den durch Abschirmkanten veränderten Schallausbreitungsweg entsteht. Jedoch berücksichtigt das neue Verfahren die durch Bodendämpfung korrigierten Spiegelschallquellen für Bodenreflexionen zwischen Emissionspunkt bzw. Immissionspunkte und Abschirmkante. Wesentlich unterschiedlich berücksichtigt das neue Verfahren die Bodentopographie entlang des Schallausbreitungsweges. Während nach dem bisherigen Verfahren die Geländeform bis auf die Höhe von Quelle und

Immissionspunkt über Boden nicht eingeht, berechnet das neue Verfahren eine mittlere Ausgleichsebene. Bodendämpfung und Abschirmwirkung sind stark von der jeweiligen Wellenlänge des betrachteten Oktavbands abhängig. Nachdem die neue RVS 04.02.11 2021 im Gegensatz zur Vorversion individuelle Frequenzspektren für jeden Fahrzeugtyp, Fahrgeschwindigkeit und Straßendeckschicht aufweist, sind keine generellen Prognosen über Unterschiede in den Ergebnissen beider Verfahren möglich.

Je nach individueller Situation sowohl der Emissionsparameter, als auch Ausbreitungsparameter können berechnete A-bewertete Lärmindizes nach RVS 04.02.11 2021 höher oder niedriger als nach der Vorgängerversion liegen.

Das neue Verfahren bietet die Möglichkeit neben der Berücksichtigung einer schallausbreitungsgünstigen Situation (Mitwind und/oder bodennahe Inversion) auch eine neutrale Situation zu berücksichtigen. Für die strategische Lärmkartierung wird entsprechend den Anmerkungen der ÖAL Richtlinie Nr. 28 nur die ausbreitungsgünstige Situation zugrunde gelegt.

Die Bodendämpfung wurde einheitlich mit einem Faktor $G=0,8$ angenommen, wobei die emittierende Straßenfahrbahn akustisch hart mit $G=0$ modelliert wird.

2.4. Verwendete Software

Die schalltechnischen Berechnungen erfolgen mit Hilfe des EDV-Programms IMMI (aktuelle Version 2020 vom 20. Oktober 2020) der Fa. Wölfel Meßsysteme Software GMBH + Co.KG, Deutschland.

Für dieses Programm wurde die Rechengenauigkeit der Testbeispiele gemäß RVS 04.02.11 (sowohl Ausgabe 2021 als auch Ausgabe 2009) durch Eingabe der entsprechenden Testeingabeparameter geprüft. Die vorliegende Version setzt die konkretisierenden und abweichenden Regelungen der internationalen Norm ISO/DTR 17534-4 und damit der korrigierten Richtlinie 2015/996 um. Sie erfüllt auch die Genauigkeitsanforderungen nach den Testbeispielen des deutschen Umweltbundesamtes.

2.5. Zuweisung von Lärmpegeln und Bewohnern zu Gebäuden

Die ÖAL 28 (2019) enthält die Bestimmungen zur Zuweisung von Lärmpegeln und von Bewohnern zu Gebäuden ident zur Richtlinie 2015/996 (EU). Für die vorliegende Untersuchung lagen die Bewohner der einzelnen Gebäude vor. Damit sind die Daten zur Anzahl der Bewohner sowohl für die bisherige Kartierung (2017) als auch für die Analysen mit den neuen Berechnungsverfahren eindeutig bestimmt. Die Zuweisung von Empfangspunkten zu Gebäudefassaden unterliegt aber möglichen Änderungen. In der Lärmkartierung 2017 wurden die Bewohner dem lautesten Punkt bezogen auf 4 m Höhe über Gelände einer Fassade zugeordnet.

Die neuen Verfahren regeln neben der Positionierung der Immissionspunkte entlang der Fassaden um ein Gebäude auch die Zuweisung der betroffenen Bewohner. Dabei ist nicht mehr der lauteste Fassadenpunkt alleine maßgeblich. Die einem Immissionspunkt zugewiesene Anzahl der Bewohner ist mit der Länge des repräsentierten Fassadenabschnitts zu gewichten. Diese Regelung wurde in den Softwareprodukten implementiert und ist über Testbeispiele des deutschen Umweltbundesamts qualitätsgesichert.

Im vorliegenden Dokument zur Anpassung der Richtlinie 2015/996 findet sich neue Formulierungen zur Auswertung der Betroffenen. Sind keine Informationen über die Lage der Wohnungen innerhalb der Gebäudegrundfläche vorhanden so sind zwei Methoden zulässig, die aber wiederum Informationen über die Anordnung von Wohnungen innerhalb eines Wohnblocks voraussetzen. Dies ist derzeit nicht schlüssig umzusetzen und bedarf einer klaren Richtlinie für Österreich. Eine automatisierte softwaretechnische Methode ist nicht definiert und wurde in den kommerziell erhältlichen Produkten bisher nicht umgesetzt.

Dieser Bericht enthält daher die bisherige Methode mit einer „lautesten Fassade maßgeblich für alle Einwohner“ sowie eine „anteilige Betrachtung nach Fassadenabschnitt“. Letztere entspricht der derzeit qualitätsgesicherten Methode nach der ÖAL 28 aus 2019 und stellt eine untere Grenze der möglichen Betroffenenwerte dar. Die noch laufende Abstimmung und Festlegung auf ein neues Verfahren für Österreich können zu anderen Ergebnissen führen. Um die Auswirkungen des Verfahrens aufgrund der Emission und Schallausbreitung zu prüfen sind die Vergleiche jeweils auf die Auswertung nach der lautesten Fassade zu beschränken.

2.6. Untersuchungsraum

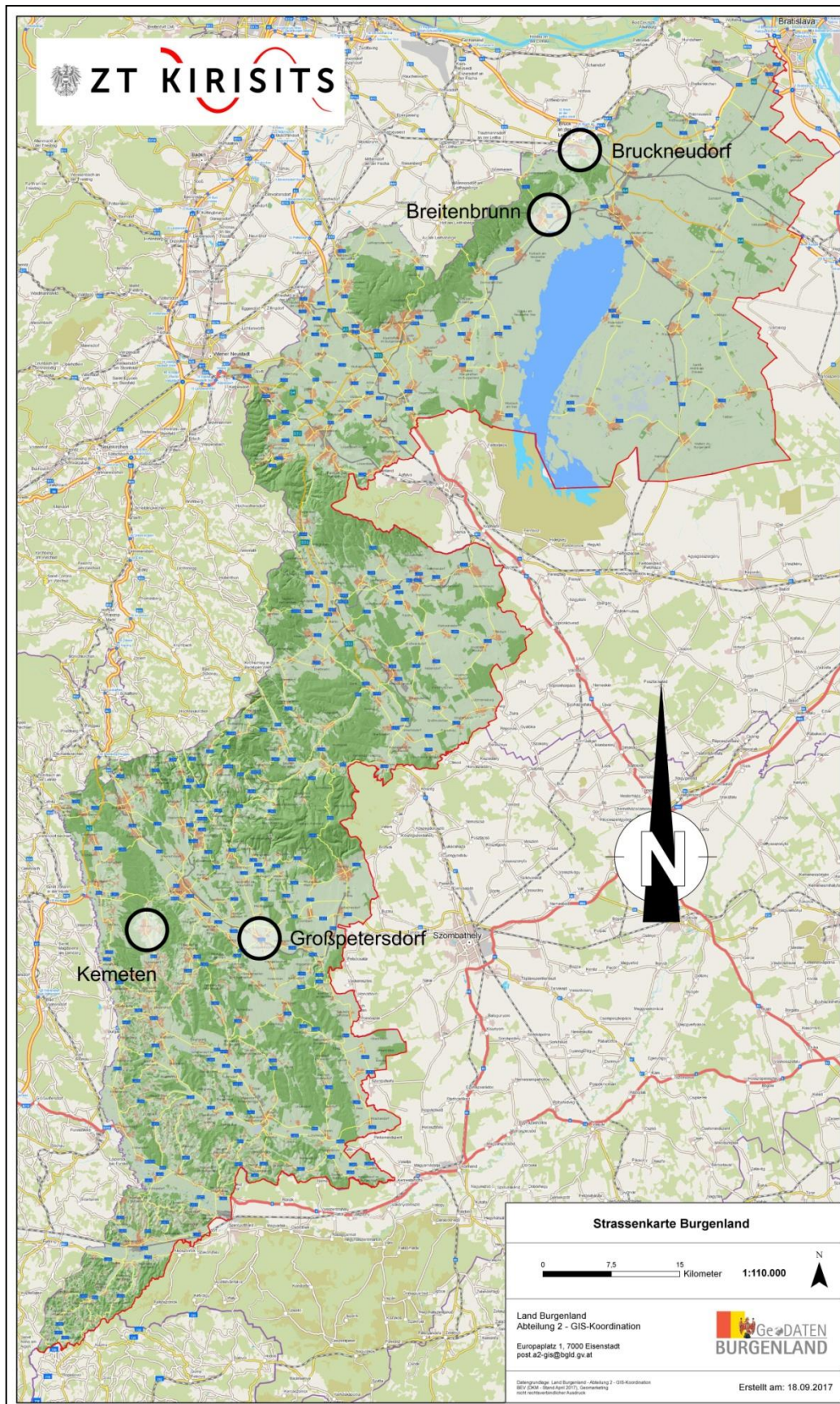


Abbildung 1: Untersuchungsraum (Quelle: Geodaten Land Burgenland)

3. Betroffenenanalyse

3.1. Gemeinde Bruckneudorf

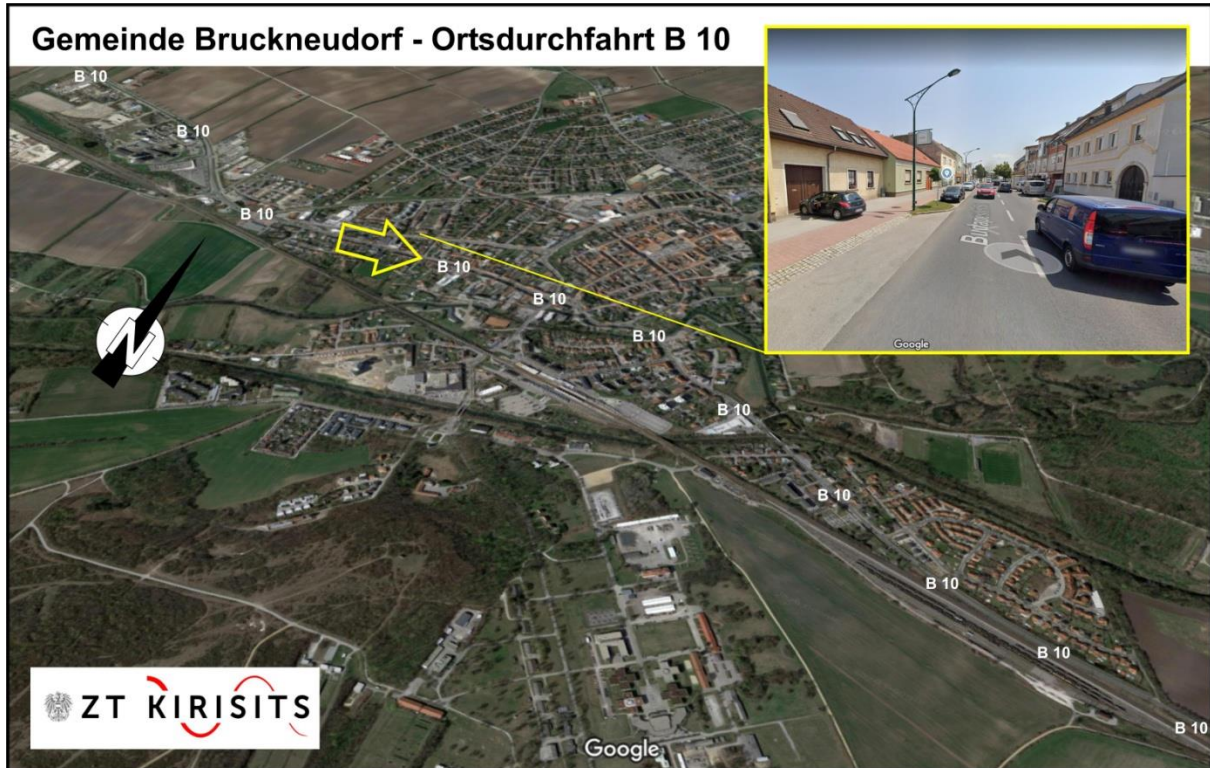


Abbildung 2: Lageplan Bruckneudorf (Quelle: maps.google.at)



Abbildung 3: 3D Ansicht Bruckneudorf (Digitales Berechnungsmodell)

Tabelle 2: Betroffenenanalyse Bruckneudorf – NACHT

Gemeinde Bruckneudorf	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{night} [dB] (22-6 Uhr)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
45-49	232	201	107
50-54	106	44	43
55-59	141	187	47
60-64	0	0	0
65-69	0	0	0
> 70	0	0	0
> 50 (Schwellenwert)	247	231	90
> 45 (Gesamtbetroffene)	479	432	197

Tabelle 3: Betroffenenanalyse Bruckneudorf – DEN

Gemeinde Bruckneudorf	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{den} [dB]	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
55-59	212	136	80
60-64	155	64	40
65-69	39	159	38
70-74	0	0	0
> 75	0	0	0
> 60 (Schwellenwert)	194	223	78
> 55 (Gesamtbetroffene)	406	359	158

3.2. Gemeinde Breitenbrunn

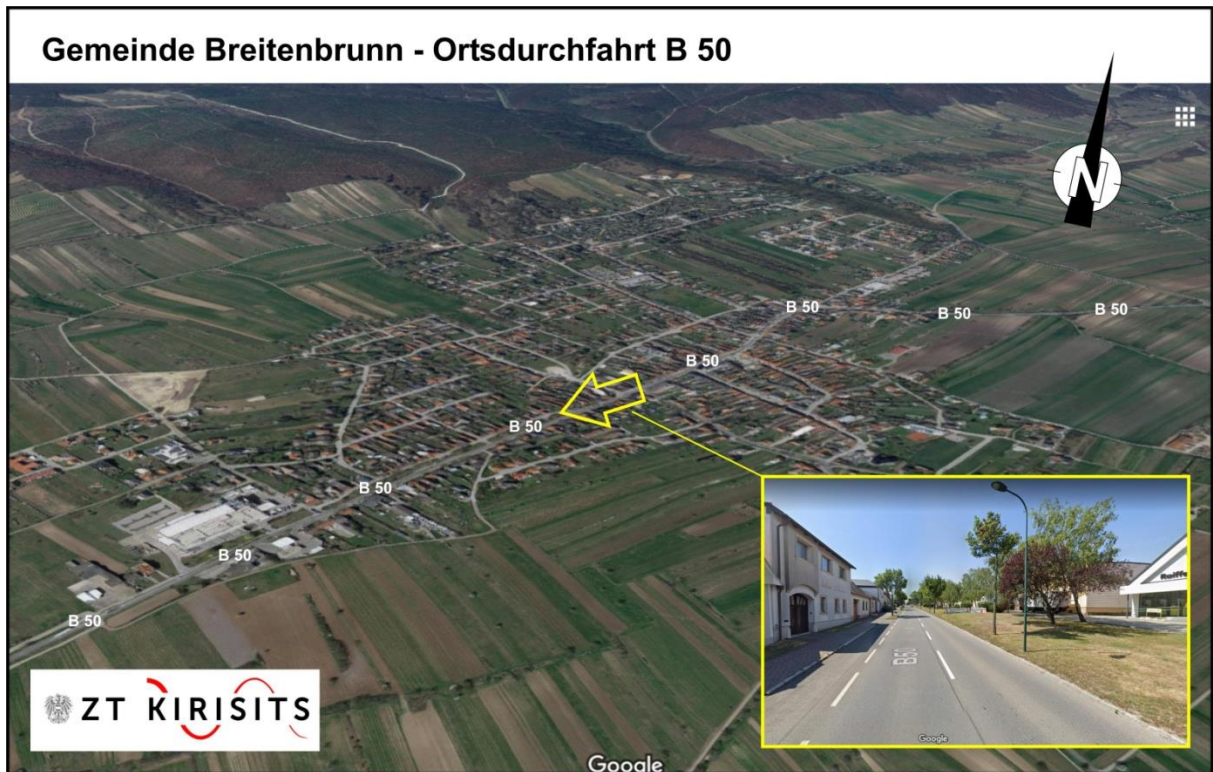


Abbildung 4: Lageplan Breitenbrunn (Quelle: maps.google.at)

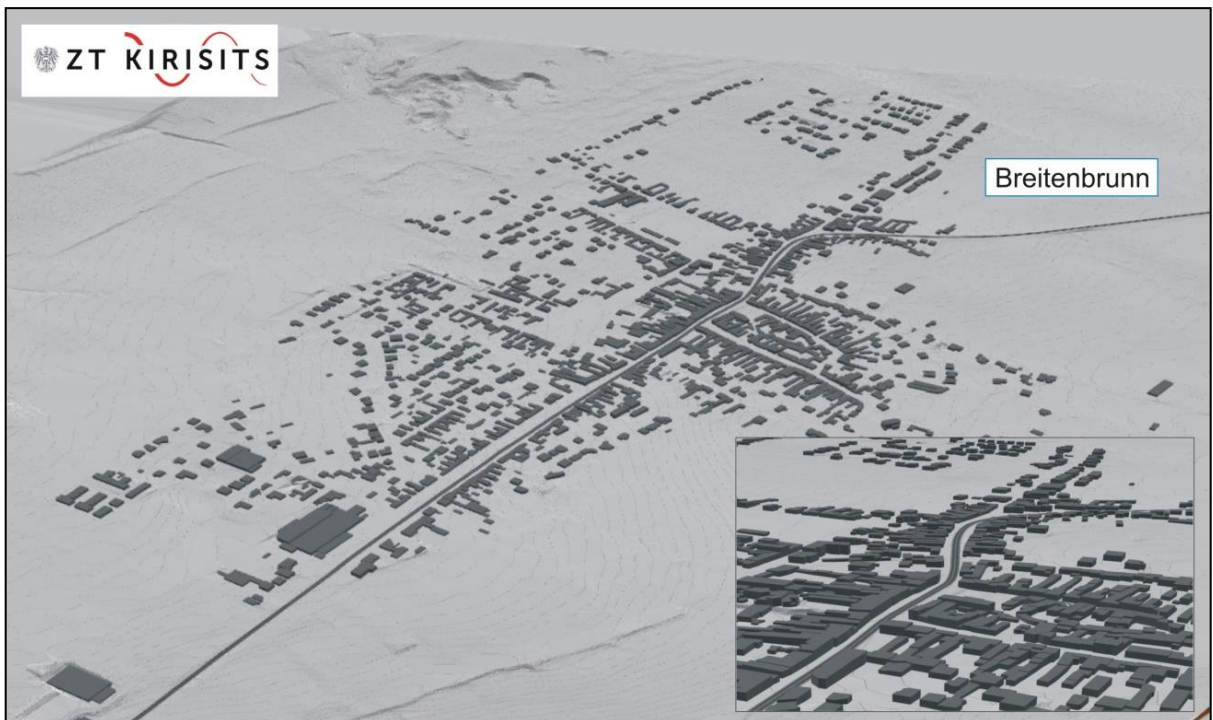


Abbildung 5: 3D Ansicht Breitenbrunn (Digitales Berechnungsmodell)

Tabelle 4: Betroffenenanalyse Breitenbrunn – NACHT

Gemeinde Breitenbrunn	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung Anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{night} [dB] (22-6 Uhr)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
45-49	70	44	33
50-54	63	24	30
55-59	84	111	40
60-64	7	25	8
65-69	0	0	0
> 70	0	0	0
> 50 (Schwellenwert)	154	160	78
> 45 (Gesamtbetroffene)	224	204	111

Tabelle 5: Betroffenenanalyse Breitenbrunn – DEN

Gemeinde Breitenbrunn	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung Anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{den} [dB]	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
55-59	51	40	36
60-64	64	52	34
65-69	83	91	35
70-74	0	9	2
> 75	0	0	0
> 60 (Schwellenwert)	147	152	71
> 55 (Gesamtbetroffene)	198	192	107

3.3. Gemeinde Kemeten

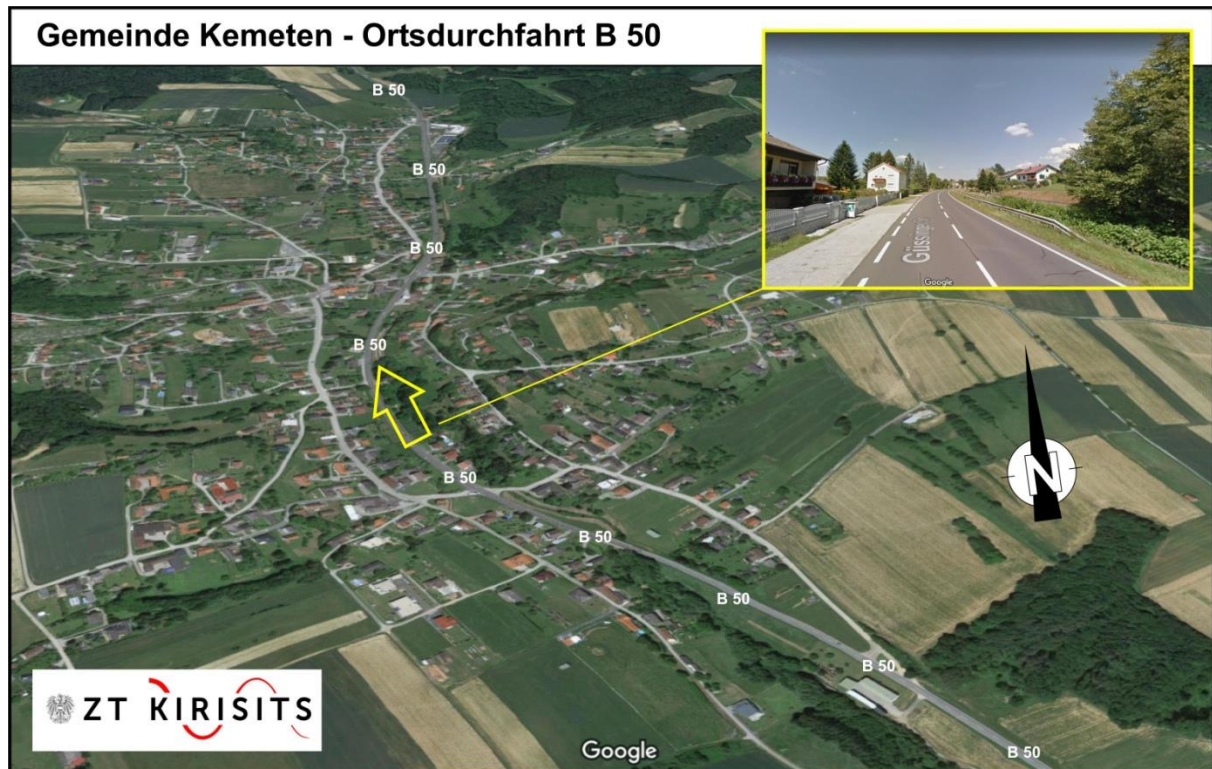


Abbildung 6: Lageplan Kemeten (Quelle: maps.google.at)

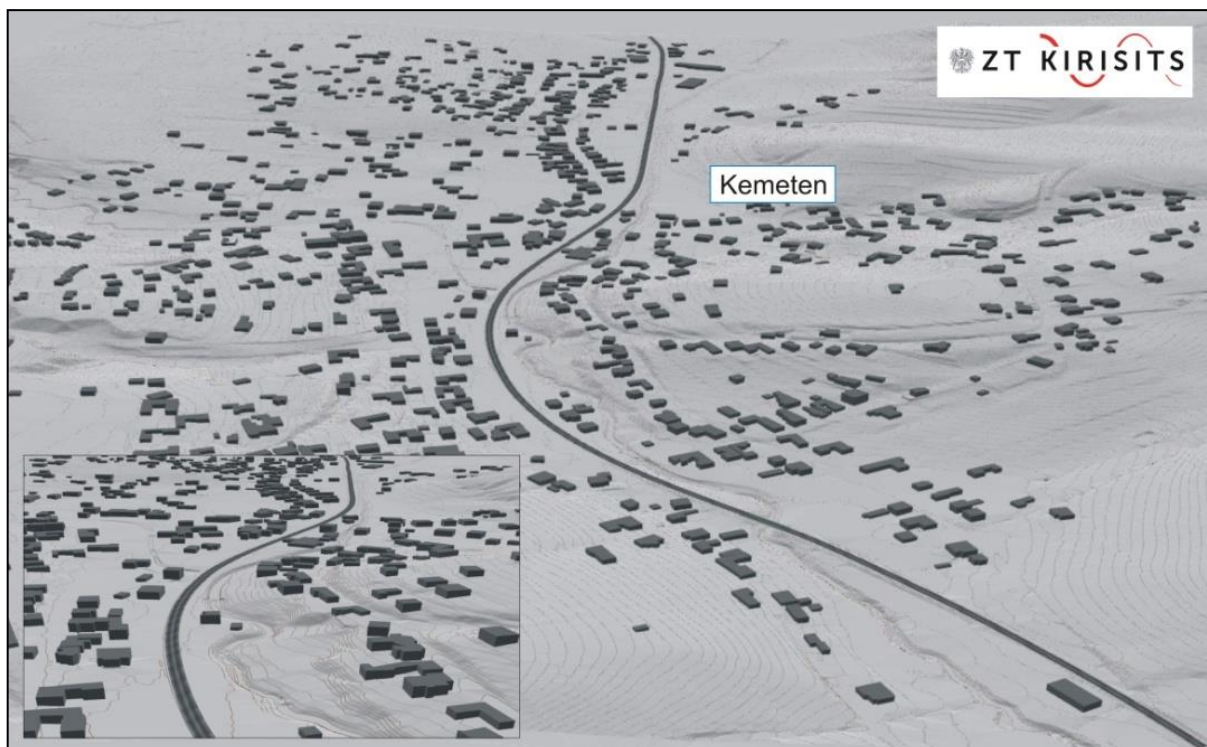


Abbildung 7: 3D Ansicht Kemeten (Digitales Berechnungsmodell)

Tabelle 6: Betroffenenanalyse Kemeten– NACHT

Gemeinde Kemeten	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{night} [dB] (22-6 Uhr)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
45-49	241	171	101
50-54	74	111	55
55-59	67	71	26
60-64	3	5	1
65-69	0	0	0
> 70	0	0	0
> 50 (Schwellenwert)	144	187	82
> 45 (Gesamtbetroffene)	385	358	183

Tabelle 7: Betroffenenanalyse Kemeten – DEN

Gemeinde Kemeten	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{den} [dB]	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
55-59	223	142	87
60-64	67	78	49
65-69	55	71	19
70-74	0	5	0
> 75	0	0	0
> 60 (Schwellenwert)	122	154	68
> 55 (Gesamtbetroffene)	345	296	155

3.4. Gemeinde Großpetersdorf

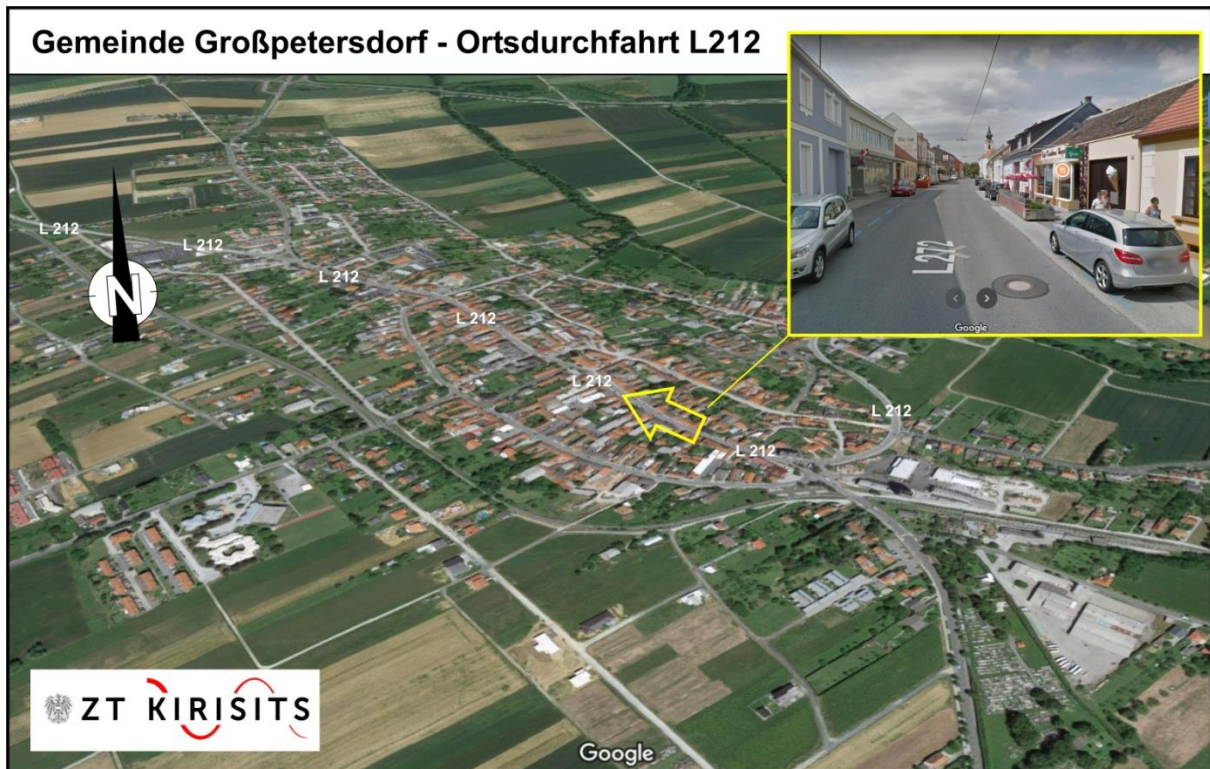


Abbildung 8: Lageplan Großpetersdorf (Quelle: maps.google.at)

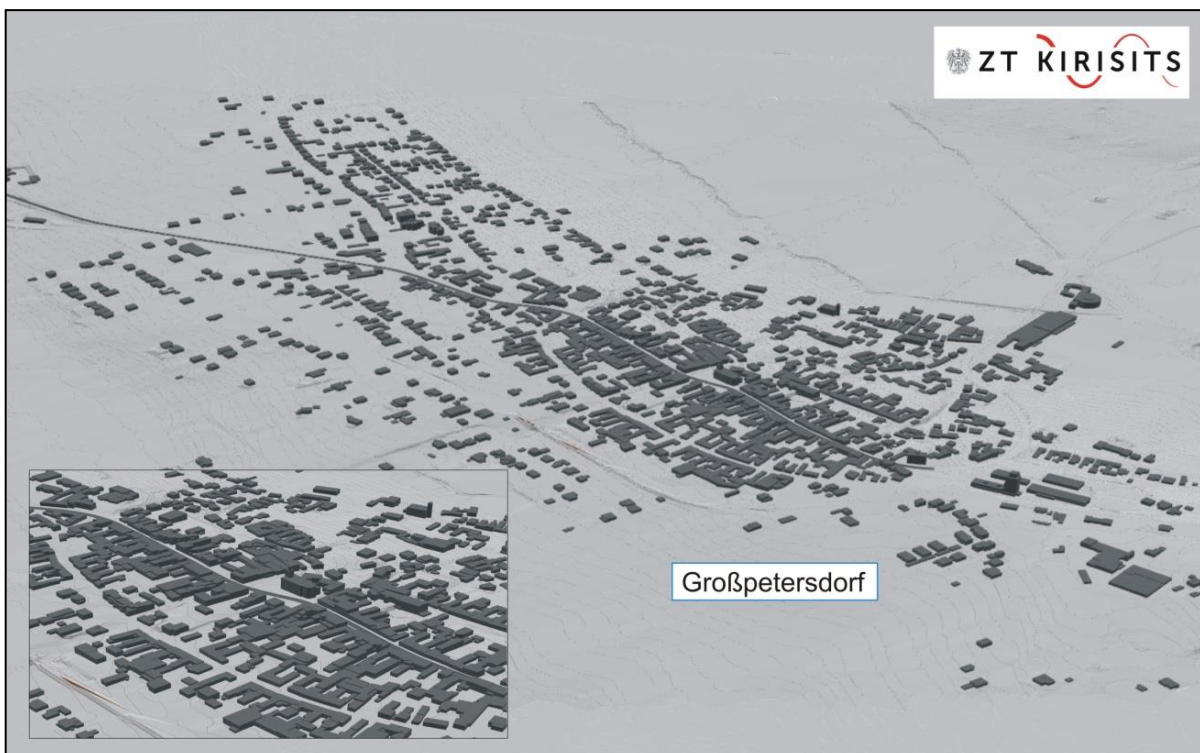


Abbildung 9: 3D Ansicht Großpetersdorf (Digitales Berechnungsmodell)

Tabelle 8: Betroffenenanalyse Großpetersdorf – NACHT

Gemeinde Großpetersdorf	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{night} [dB] (22-6 Uhr)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
45-49	47	59	22
50-54	31	38	15
55-59	61	36	20
60-64	6	35	12
65-69	0	0	0
> 70	0	0	0
> 50 (Schwellenwert)	98	109	47
> 45 (Gesamtbetroffene)	145	168	69

Tabelle 9: Betroffenenanalyse Großpetersdorf – DEN

Gemeinde Großpetersdorf	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immis- sionspegel an Fassade	Auswertung max. Immis- sionspegel an Fassade	Auswertung anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{den} [dB]	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
55-59	28	38	18
60-64	30	27	13
65-69	67	62	29
70-74	0	9	1
> 75	0	0	0
> 60 (Schwellenwert)	97	98	43
> 55 (Gesamtbetroffene)	125	136	61

3.5. Gesamtbetrachtung (4 Referenzgemeinden)

Tabelle 10: Betroffenenanalyse Gemeinden gesamt – NACHT

Gemeinden gesamt	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung Anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{night} [dB] (22-6 Uhr)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
45-49	590	475	263
50-54	274	217	143
55-59	353	405	133
60-64	16	65	21
65-69	0	0	0
> 70	0	0	0
> 50 (Schwellenwert)	643	687	297
> 45 (Gesamtbetroffene)	1233	1162	560

Tabelle 11: Betroffenenanalyse Gemeinden gesamt – DEN

Gemeinden gesamt	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Entwurf: Ausgabe 2021)	
	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung max. Immissionspegel an Fassade	Auswertung Anteil. Immissionspegel an Fassade
L_{den} [dB]	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)
55-59	514	356	221
60-64	316	221	136
65-69	244	383	121
70-74	0	23	3
> 75	0	0	0
> 60 (Schwellenwert)	560	627	260
> 55 (Gesamtbetroffene)	1074	983	481

In der vorliegenden Auswertung (4 Referenzgemeinden) liegt nach RVS 2009 das Verhältnis von Betroffenen über dem L_{night} Schwellenwert zu jenen über dem L_{den} Schwellenwert bei 1,14. Mit der gesamten Kartierung für das Land Burgenland 2017 lag das Verhältnis bei 1,08 (österreichweit Straßen außer A&S ohne Ballungsräume 1,13). Die gegenständliche Untersuchung entspricht etwa dem Österreich-Mittel.

Insgesamt wurden für das Burgenland 2017 3800 Betroffene über dem Schwellenwert L_{den} ausgewiesen. Die vorliegende Untersuchung deckt damit etwa 15% aller Betroffenen in diesem Bundesland ab.

Die Verwendung der neuen RVS 04.02.11 mit 2021 korrigierten Deckschichtparametern in Verbindung mit der ÖAL-28 aus 2019 zeigt eine leichte Erhöhung der ausgewiesenen Betroffenenzahlen, wenn die Zuordnung der Betroffenen über den maximalen Fassadenpegel belassen wird. So steigen die Betroffenen über den Schwellenwerte um 12% für den L_{den} bzw. 7% für den L_{night} . Betrachtet man die Auswertungen der einzelnen Gemeinden so liegt ein differenziertes Ergebnis vor. Ortsdurchfahrten mit geschlossener Bebauung weisen teils nur geringe Unterschiede auf. Dagegen weist eine lose Bebauung nicht direkt an der Straße die höchste Zunahme von 26% (L_{den}) bzw. 30% (L_{night}) auf (Kemeten). Eine genauere Analyse derart kleiner Unterteilungen ist aber von hohen Schwankungen betroffen, wenn einige wenige Fassadenpunkte den überwiegenden Anteil der Betroffenen repräsentieren.

Ein gänzlich anderes Ergebnis würde durch die Auswertung über die nach Fassadenabschnitt gewichtete Betroffenenzahl ermittelt. So sinken die Betroffenenzahlen dadurch durchgehend und die Variationen aus rein schalltechnischen Gründen verlieren an Bedeutung. So sinken sowohl die Betroffenen über dem Schwellenwert als auch die Gesamtbetroffenen ($> 45 \text{ dB } L_{\text{night}}$ bzw. $> 55 \text{ dB } L_{\text{den}}$) um rund 50 %.

Tabelle 12: Betroffenenanalyse Referenzgemeinden gesamt – NACHT %

Gemeinde	L _{night} [dB] (22-6 Uhr)	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Ausgabe 2021)				Prozentueller Unterschied Auswertung max./ anteilig
		Auswertung max. Immis- sionspegel an Fassade	Auswertung max. Immis- sionspegel an Fassade	Auswertung anteil. Immis- sionspegel an Fassade			
		Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Prozent- anteil +/-	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Prozent- anteil +/-	
Bruckneudorf	> 50 (Schwellenwert)	247	231	-6,5	90	-63,6	-61,0
	> 45 (Gesamtbetroffene)	479	432	-9,8	197	-58,9	-54,4
Breitenbrunn	> 50 (Schwellenwert)	154	160	3,9	78	-49,4	-51,3
	> 45 (Gesamtbetroffene)	224	204	-8,9	111	-50,4	-45,6
Kemeten	> 50 (Schwellenwert)	144	187	29,9	82	-43,1	-56,1
	> 45 (Gesamtbetroffene)	385	358	-7,0	183	-52,5	-48,9
Großpetersdorf	> 50 (Schwellenwert)	98	109	11,2	47	-52,0	-56,9
	> 45 (Gesamtbetroffene)	145	168	15,9	69	-52,4	-58,9
Gemeinden gesamt	> 50 (Schwellenwert)	643	687	6,8	297	-53,8	-56,8
	> 45 (Gesamtbetroffene)	1233	1162	-5,8	560	-54,6	-51,8

Tabelle 13: Betroffenenanalyse Referenzgemeinden gesamt – DEN %

Gemeinde	L _{den} [dB]	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Ausgabe 2021)				Prozentueller Unterschied Auswertung max./ anteilig
		Auswertung max. Immis- sionspegel an Fassade	Auswertung max. Immis- sionspegel an Fassade	Auswertung anteil. Immis- sionspegel an Fassade			
		Betroffene (Hauptwohnsitz)	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Prozent- anteil +/-	Betroffene (Hauptwohnsitz)	Prozent- anteil +/-	
Bruckneudorf	> 60 (Schwellenwert)	194	223	14,9	78	-59,8	-65,0
	> 55 (Gesamtbetroffene)	406	359	-11,6	158	-61,1	-56,0
Breitenbrunn	> 60 (Schwellenwert)	147	152	3,4	71	-51,7	-53,3
	> 55 (Gesamtbetroffene)	198	192	-3,0	107	-46,0	-44,3
Kemeten	> 60 (Schwellenwert)	122	154	26,2	68	-44,3	-55,8
	> 55 (Gesamtbetroffene)	345	296	-14,2	155	-55,1	-47,6
Großpetersdorf	> 60 (Schwellenwert)	97	98	1,0	43	-55,7	-56,1
	> 55 (Gesamtbetroffene)	125	136	8,8	61	-51,2	-55,1
Gemeinden gesamt	> 60 (Schwellenwert)	560	627	12,0	260	-53,6	-58,5
	> 55 (Gesamtbetroffene)	1074	983	-8,5	481	-55,2	-51,1

4. Detailvergleiche mittels Rasterlärmkarten

4.1. Ortsdurchfahrt mit geschlossener Bebauung – Gemeinde Breitenbrunn

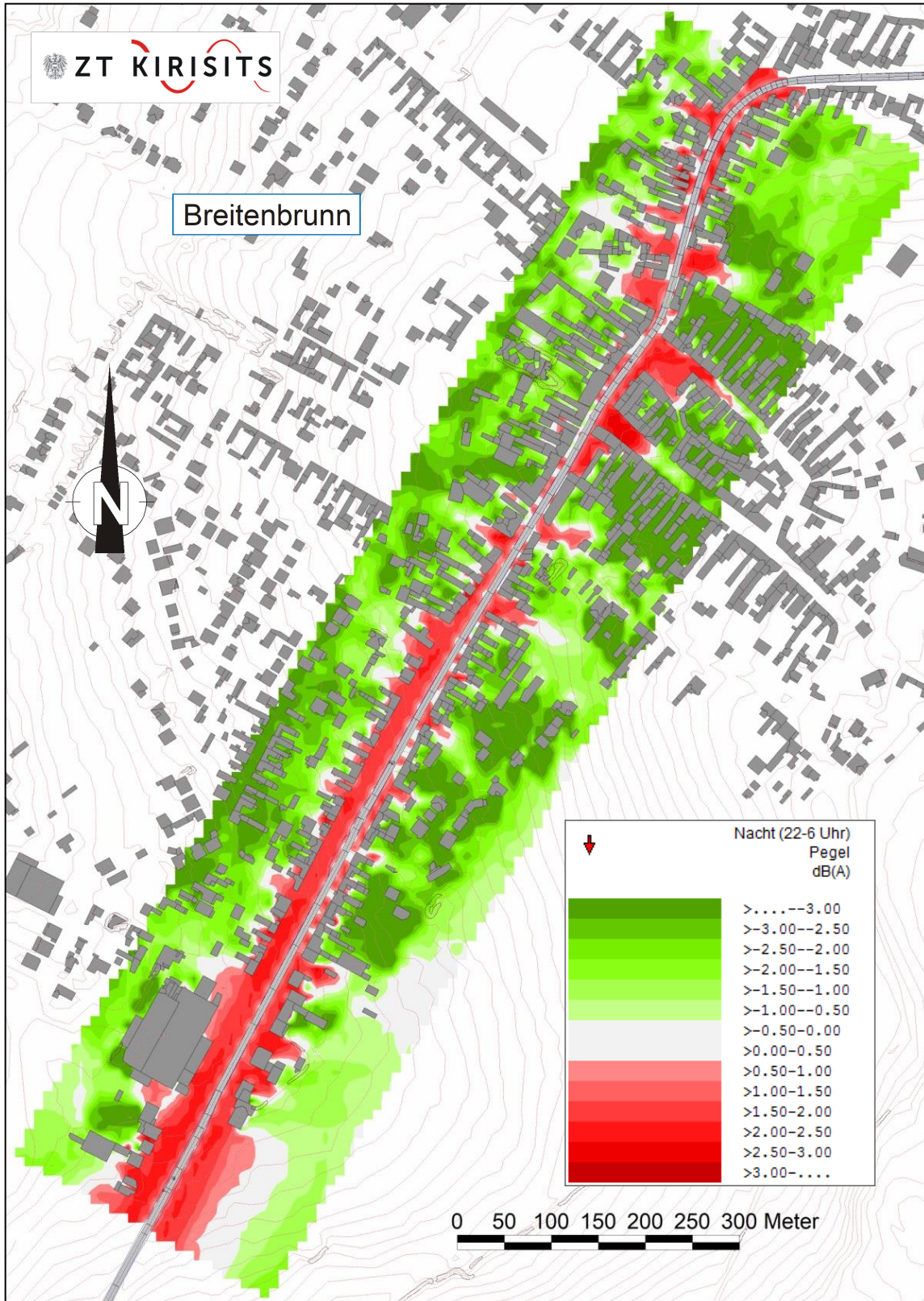


Abbildung 10: Differenzlärmkarte (2021-2009) Breitenbrunn – Rasterhöhe 4,0m über Gelände



Abbildung 11: Ausschnitt Differenzlärkarte (2021-2009) Breitenbrunn – Rasterhöhe 4,0m über Gelände
Vergleichende Immissionspunkte IP 1 und IP 2

Tabelle 14: Immissionspunktberechnung / RVS Ausgabe 2021 – RVS Abänderung 2009

Gemeinde Breitenbrunn	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Ausgabe 2021)	RVS Ausgabe 2021 - RVS Abänderung 2009
Bezeichnung IP	Lr,A [dB] Nacht (22-6 Uhr)	Lr,A [dB] Nacht (22-6 Uhr)	Differenz [dB]
IP 1	53,3	55,2	1,8
IP 2	57,5	59,5	2,0

Die Ortsdurchfahrt mit geschlossener Bebauung zeigt im Nahbereich eine Erhöhung für die Gebädefassaden direkt zur Straße. Wie anhand von 2 exemplarischen Immissionspunkten demonstriert, liegen die Erhöhungen bei ~ 2 dB.

Von der Straße abgekehrte Fassaden bzw. Fassaden von Objekten in hinteren Reihen liegen überwiegend im Bereich von niedrigeren Immissionen, wenn die neue RVS 2021 verwendet wird. Diese Bereiche sind in den Differenzlärmmkarten als grüne Flächen erkennbar.

Es ist anzumerken, dass entlang dem Ausbreitungsweg Flächen mit einer Bodendämpfung von $G=0,8$ liegen.

Eine Analyse und Auswertung der betroffenen Flächen zeigt Tabelle 15. Die höchste Pegelklasse bezieht sich in diesem Fall nur auf die Verkehrsflächen bzw. direkt angrenzende Bereiche ohne Verbauung. Insgesamt kommt es, bei Betrachtung aller Flächen ab 55 dB L_{den} zu einer Zunahme von nur etwa 1%.

Tabelle 15: Auswertung betroffener Flächen / RVS Ausgabe 2021 – RVS Abänderung 2009

Gemeinde Breitenbrunn	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)		RVS 04.02.11 (Ausgabe 2021)	
	Auswertung verlärmt Fläche		Auswertung verlärmt Fläche	
L_{den} [dB]	[m ²]	Prozent- anteil	[m ²]	Prozent- anteil +/-
55 - 64	66200	100 %	57500	-13,1 %
65 - 74	41200	100 %	50700	23,1 %
> 75	300	100 %	200	-33,3 %

4.2.Ortsdurchfahrt mit geschlossener direkt angrenzender Bebauung – Gemeinde Großpetersdorf



Abbildung 12: Ausschnitt Differenzlärmkarte (2021-2009) Großpetersdorf – Rasterhöhe 4,0m über Gelände
Vergleichende Immissionspunkte IP 1 und IP 2

Tabelle 16: Immissionspunktberechnung / RVS Ausgabe 2021 – RVS Abänderung 2009

Gemeinde Großpetersdorf	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)	RVS 04.02.11 (Ausgabe 2021)	RVS Ausgabe 2021 - RVS Abänderung 2009
Bezeichnung IP	Lr,A [dB] Nacht (22-6 Uhr)	Lr,A [dB] Nacht (22-6 Uhr)	Differenz [dB]
IP 1	60,5	61,6	1,1
IP 2	58,6	60,0	1,5

Im Vergleich zum Beispiel aus Abschnitt 4.1 liegt die geschlossene Bebauung jetzt direkt an der Straße. Dabei ergeben sich durch die Verwendung der neuen RVS 2021 Abweichungen von etwa 1 dB. Diese sind bereits durch die erhöhte Emission gegeben, welche auftritt, da die RVS 2021 im Vergleich zur bisherigen RVS 2009 ein weit höheres Verhältnis von schweren LKWs gegenüber mittelschweren Fahrzeugen aufweist. Die Ausbreitungsrechnung selbst ergibt dann praktisch kaum zusätzliche Veränderungen.

4.3. Ortsdurchfahrt mit offener Bauweise – Gemeinde Kemeten

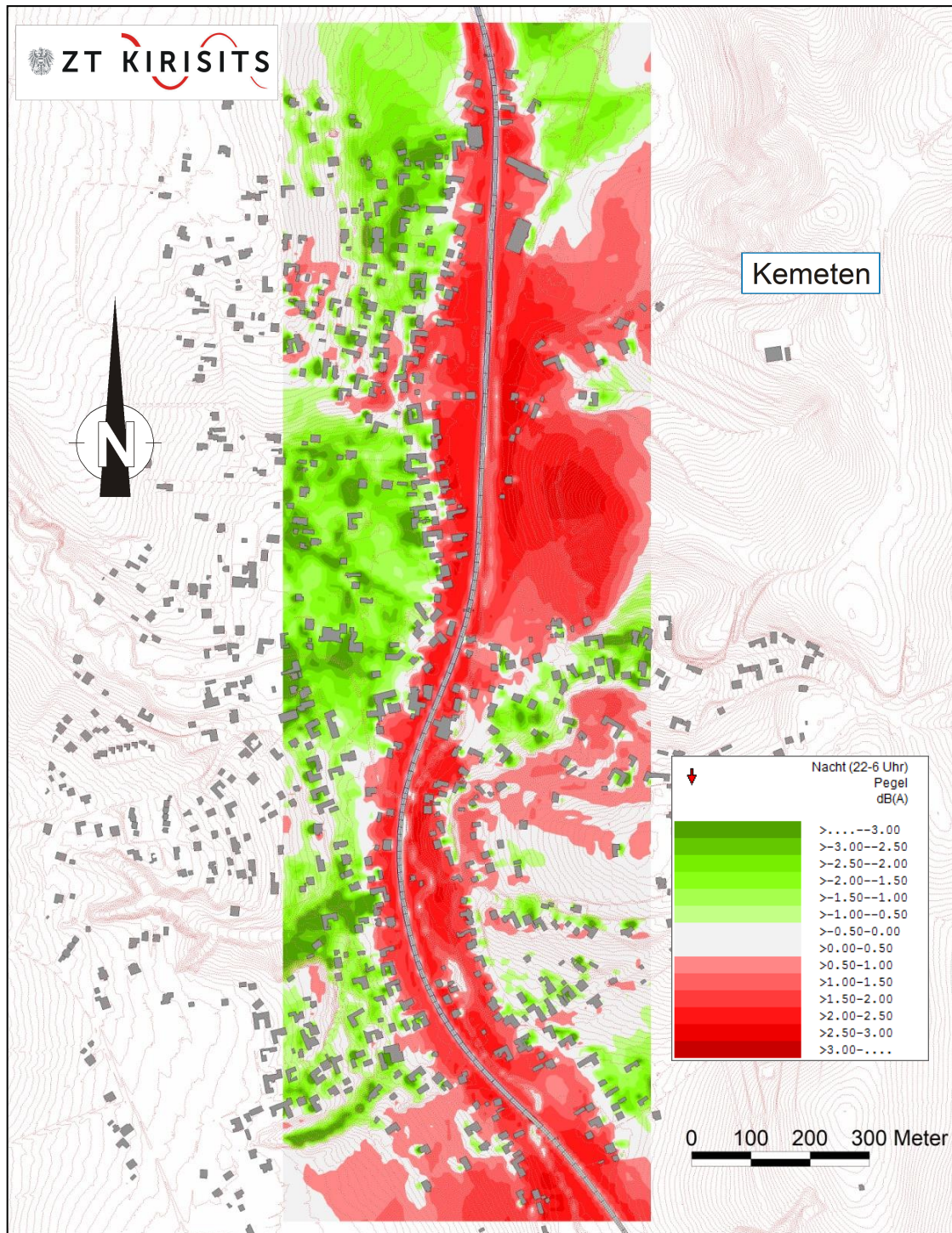


Abbildung 13: Differenzlärmappe (2021-2009) Kemeten – Rasterhöhe 4,0m über Gelände

Die Situation der offenen Bebauung ohne Vorliegen von nennenswerten Abschirmungen zeigt eine generelle Erhöhung der Immissionen, wenn die RVS 2021 die Berechnungsmethode aus 2009 ersetzt. Davon ausgenommen bleiben jene Bereiche, welche sich hinter abschirmenden Gebäuden befinden.

4.4. Ortsdurchfahrt mit abschirmendem Damm – Gemeinde Bruckneudorf

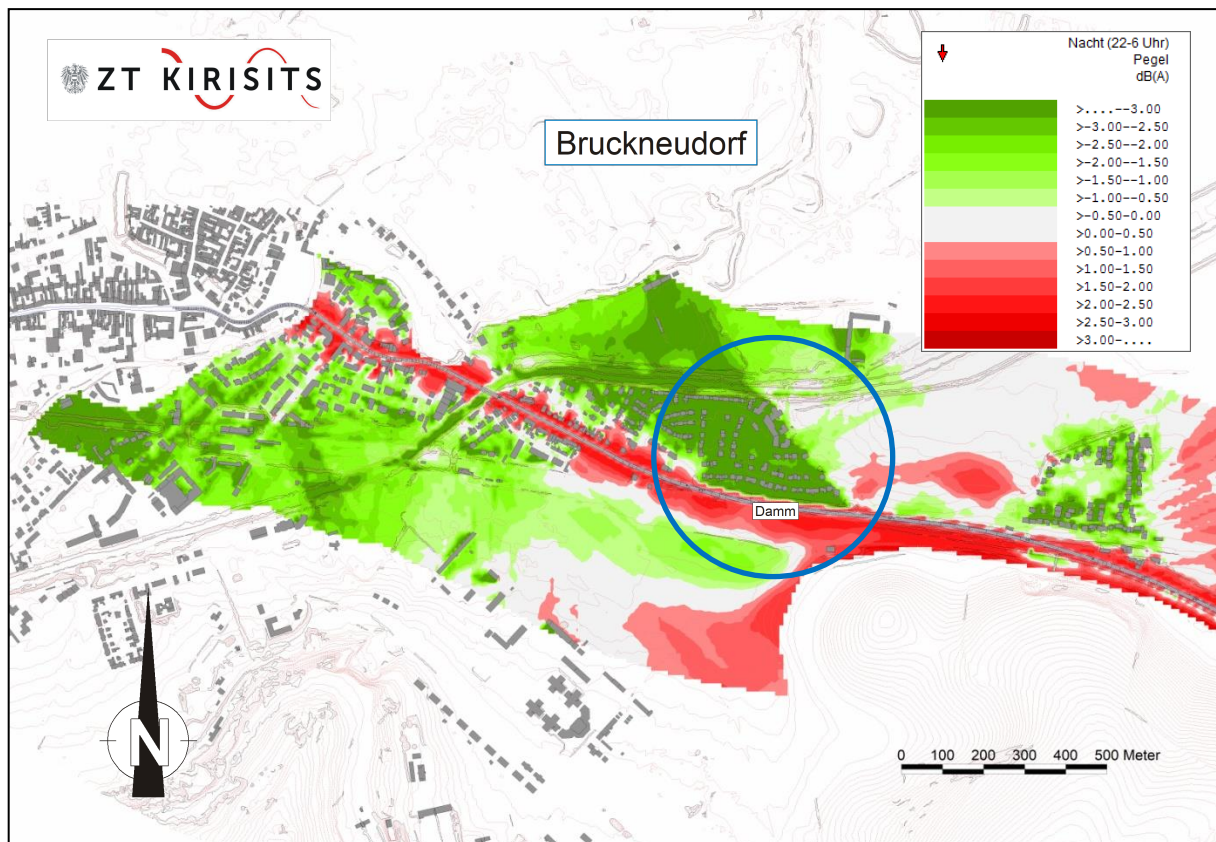


Abbildung 14: Differenzlärmmarte (2021-2009) Bruckneudorf – Rasterhöhe 4,0m über Gelände

Das Beispiel mit einem Bereich, der die Straßenlärmmissionen durch einen Damm abschirmt, zeigt deutliche Abnahmen der Immissionen (grüne Flächen), wenn die RVS 2021 mit der ÖAL 28 aus 2019 anstelle der bisherigen Methode aus 2009 verwendet wird.

Die Auswirkungen in den ausgewiesenen Flächen zeigen dies allerdings nicht. Darin finden sich wie in Tabelle 17 dargestellt stärkere Erhöhungen in den Pegelklassen ab 65 dB. Die hinter dem Damm als auch weiter von der Straße entfernt liegenden Bereiche, welche eine deutliche Immissionsminderung erfahren, liegen großteils außerhalb der L_{den} 55 dB Isophone. Die Reduktion der Immissionen ist in der Auswertung der betroffenen Fläche ab 55 dB nicht abgebildet. Der Anstieg aller Flächen > 55 dB L_{den} liegt bei etwa 11%.

Tabelle 17: Betroffene Fläche / RVS Ausgabe 2021 – RVS Abänderung 2009

Gemeinde Bruckneudorf	RVS 04.02.11 (Abänderung 2009)		RVS 04.02.11 (Ausgabe 2021)	
	Auswertung verlärmte Fläche		Auswertung verlärmte Fläche	
L _{den} [dB]	[m ²]	Prozent- anteil	[m ²]	Prozent- anteil +/-
55 - 64	592900	100 %	620800	4,7 %
65 - 74	129000	100 %	176700	37,0 %
> 75	13400	100 %	17600	31,3 %

4.5. Lichtzeichengeregelte Kreuzung und Kreisverkehr

Die Auswirkungen von Lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Kreisverkehren sind in den vorangehenden Auswertungen nicht berücksichtigt. In maßgeblichen Entfernungen zur Wohnbebauung liegen diese in den untersuchten Ortsdurchfahrten nur sehr vereinzelt vor. Anhand einer Kreuzung sollen die Auswirkungen bei Berücksichtigung entsprechend der neuen RVS untersucht werden.



Abbildung 15: Lageplan einer beispielhaften Kreuzung mit 2 Immissionspunkte

Der Immissionspunkt IP 1 liegt in typischer Entfernung von 35 m zu einem Kreisverkehr (Mittelpunkt). Die Berücksichtigung des Kreisverkehrs im Modell nach RVS 04.02.11 (2021) ergibt für diesen Punkt eine Reduktion der Immissionen um -0,5 dB. Dies entsteht durch die allgemein sinkenden Rollgeräuschanteile beim langsameren Durchfahren des Kreisverkehrs.

Ersetzt man den Kreisverkehr durch eine lichtzeichengeregelte Kreuzung (Ampel) wirkt sich dies mit 0,2 dB aus. Dies gilt für einen niedrigen Schwerverkehrsanteil von 4 %. So werden die Immissionserhöhungen, vor allem aufgrund der Antriebsgeräusche für mittelschwere und schwere Fahrzeuge an der Kreuzung, weitgehend durch die verminderten Rollgeräusche kompensiert, sodass insgesamt eine negative Bilanz verbleibt.

Zusätzlich liegt der Punkt IP 1 nicht direkt am nächsten Punkt zur Kreuzung, indem die höchsten Pegelkorrekturen vorliegen.

Ein virtueller Immissionspunkt IP 2, in nur 6 m Abstand zur Kreuzungsmitte zeigt für den Kreisverkehr weiterhin eine Immissionsminderung von -0,3 dB. Dagegen zeigt das Vorhandensein einer Ampel eine Immissionserhöhung von 1,0 dB.

Zusammengefasst wirkt sich die Berücksichtigung der Kreuzungen nur sehr limitiert aus.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung gibt Ausblick über die zu erwartenden Veränderungen der Ergebnisse zukünftiger Lärmkartierungen auf Basis der neuen Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung bzw. entsprechender Verordnungen der Länder. Mit diesen wurde Richtlinie 2015/996 (EU) umgesetzt, welche unter anderem ein europaweit harmonisiertes Berechnungsmodell für Lärmimmissionen aus dem Straßenverkehr beinhaltet. Die Untersuchung basiert auf den im Jahre 2020 korrigierten Emissionsfaktoren für Straßenlärmemissionen, welche eine Änderung der Richtlinie 2015/996 (EU) im Jahr 2021 bewirken und dem darauf aufbauenden Entwurf zur RVS 04.02.11 für 2021. Somit sind auch die aktuellsten Korrekturfaktoren für die österreichischen Deckschichten beinhaltet.

Das erste Ergebnis bezieht sich auf einen Vergleich der Betroffenenzahlen aufgrund schalltechnischer Änderungen durch die Verwendung des neuen RVS 04.02.11 Entwurfs (2021) und der ÖAL 28 aus 2019. Dabei hat sich die Aufteilung von mittelschweren gegenüber schweren Fahrzeugen verändert, Motorräder wurden berücksichtigt, die Berechnung der Schalleistungspegel erfolgt nach einem detaillierteren Verfahren und die Schallausbreitungsberechnung basiert auf einem gegenüber der bisherigen ÖAL 28 stark weiterentwickelten Verfahren. Diese Anpassungen führen naturgemäß zu Unterschieden in den berechneten Fassadenpegeln. Nachdem die Ausweisung der Betroffenen in Bezug auf Überschreitung von Schwellenwerten erfolgt, können bereits Änderungen im Zehntel-dB Bereich bei kleinräumiger Betrachtung einzelner Ortsdurchfahrten zu ausgeprägten Unterschieden führen.

Betrachtet man die Betroffenen aller vier untersuchten Gemeinden so erhöhen sich die Betroffenen über dem Schwellenwert von $L_{\text{night}} > 50$ dB um 7% und über einem $L_{\text{den}} > 60$ dB um 12%. Demgegenüber sinken die Betroffenenzahlen über $L_{\text{night}} > 45$ dB bzw. $L_{\text{den}} > 55$ dB um 6% bzw. 9%. Betroffene im Nahbereich von Straßen (tendenziell über dem Schwellenwert) erfahren durch die Erhöhung des schweren gegenüber mittelschweren Fahrzeuganteils bereits Immissionserhöhungen. Andererseits zeigen bei Anwendung der neuen Berechnungsverfahren, insbesondere durch Gebäude oder Geländekanten, abgeschirmte Bereiche deutlich geringere Immissionen. Während nach der RVS 04.02.11 (Abänderung 2009) von Fahrzeug, Deckschicht und Geschwindigkeit unabhängig ein einheitliches Emissions-Frequenzspektrum definiert war, wird dies mit dem neuen Verfahren individuell berechnet. Diese veränderten Ausgangsdaten führen in Kombination mit den neuen Transmissionsfunktionen der ÖAL 28 aus 2019 bzw. den weiter gegenüber der Richtlinie 2015/996 geänderten Ausbreitungsalgorithmen zu den beobachteten Differenzen.

Der schalltechnische relevante Vergleich muss sich auf die Betroffenenzahlen beziehen, die sich durch Betrachtung der lautesten Fassade eines Objekts ergeben. Dies war auch die entsprechende Betroffenenauswertung bis zum Jahr 2017. Zusätzlich angeführt wurde eine Auswertung nach ÖAL Richtlinie 2019, welche die Bewohner entsprechend den Pegeln aller Fassadenabschnitte gewichtet aufgeteilt werden. Die kommerziell erhältlichen Softwareprodukte wurden hinsichtlich dieser Betroffenenauswertung qualitätsgesichert. Dabei wurde auf deutsche Testbeispiele zurückgegriffen. Die voraussichtlich in den Änderungen zur Richtlinie 2015/996 definierten neuartigen Betroffenenauswertungen, die eine genauere Berücksichtigung tatsächlicher Wohnungsanordnungen

benötigen, sind in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt worden. Dies war softwaretechnisch mangels konkreter Festlegungen in der Richtlinie nicht umsetzbar.

Das neue Verfahren sieht weiters die schalltechnische Berücksichtigung von Kreuzungsbereichen im Falle von Kreisverkehren und lichtzeichengeregelten Kreuzungen vor. Die in diesem Bericht untersuchten Situationen basierten auf Ortsdurchfahrten mit einem niedrigen Schwerverkehrsanteil (< 10%) und keiner direkt an der Kreuzung liegender Wohnbebauung. In diesen Fällen ergeben sich für einen Kreisverkehr Immissionsminderungen und für lichtzeichengeregelte Kreuzungen Erhöhungen an betroffenen Gebäuden. Diese bleiben auf ± 1 dB beschränkt.

Insgesamt führt die Anwendung der neuen Verfahren nur zu geringen Abweichungen der ausgewiesenen Fassadenpegel. Die Methode zur Bestimmung der von bestimmten Pegelklassen betroffenen Bewohner zeigt demgegenüber einen maßgeblichen Einfluss.

Danksagung

Besonderer Dank gilt dem Referat Vermessung und Geoinformation, Fachgruppe Straße, Brücke und Planung der Abteilung 5 – Baudirektion, Amt der Burgenländischen Landesregierung für die Bereitstellung der Geodaten zur Durchführung der Vergleichsberechnungen.

6. Literaturverzeichnis

- [1] RVS 04.02.11 Berechnung von Schallemissionen und Lärmschutz. 2019.
- [2] Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung. ÖAL-Richtlinie Nr. 28: Berechnung der Schallausbreitung im Freien und Zuweisung von Lärmpegeln und Bewohnern zu Gebäuden. Wien: 2019.
- [3] Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr. RVS 04.02.11 Umweltschutz, Lärm und Luftschadstoffe, Lärmschutz. 2006-03-01; 2006.
- [4] Rvs 04.02.11: Umweltschutz, Lärm und Luftschadstoffe, Lärmschutz. 2. Abänderung. Wien: 2009.
- [5] Kefhalopoulos S, Paviotti M, Anfosso-Ledee. Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). EUR 25379. 21027 - Ispra, Italy: European Commission Joint Research Centre Institute for Health and Consumer Protection; 2012. doi:10.2788/31776.
- [6] Kefhalopoulos S, Paviotti M, Anfosso-Lédée F, Van Maercke D, Shilton S, Jones N. Advances in the development of common noise assessment methods in Europe: The CNOSSOS-EU framework for strategic environmental noise mapping. *Sci Total Environ* 2014;482–483:400–10. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.02.031.
- [7] Kirisits C, Lechner C. Variations and uncertainties calculating noise indices using the new annex II methods of the European noise directive. INTER-NOISE 2015 - 44th Int. Congr. Expo. Noise Control Eng., The Institute of Noise Control Engineering of the USA, Inc.; 2015.
- [8] Lechner C, Kirisits C. The translation of the Austrian national road emission data to the revision of Annex II of the European Environmental Noise Directive 2002/49/EC. Proc. INTER-NOISE 2016 - 45th Int. Congr. Expo. Noise Control Eng. Towar. a Quieter Futur., Hamburg: 2016.
- [9] ISO/PDTR 17534-4 Acoustics — Software for the calculation of sound outdoors — Part 4: Recommendation for the quality assured implementation of DIRECTIVES COMMISSION DIRECTIVE (EU) 2015/996 in software according to ISO 17534-1. 2020.
- [10] Probst W, Schade L. Calculation of Multiple Diffraction in a Downward Refracting Atmosphere With Ray-Based Engineering Models. *Acta Acust United with Acust* 2019;105:226–30. doi:10.3813/AAA.919303.
- [11] Kok A, van Beek A. Amendments for CNOSSOS-EU, Descriptions of issues and proposed solutions. Bilthoven, The Netherlands: 2019. doi:10.21945/RIVM-2019-0023.
- [12] Kragh J, Andersen B, Jakobsen J. Environmental noise from industrial plants - General prediction methode. Lyngby: 1982.
- [13] Maekawa Z. Noise reduction by screens. *Appl Acoust* 1968;1:157–73. doi:10.1016/0003-682X(68)90020-0.
- [14] norme francaise. NF S 31-133 Bruit dans l'environnement: Calcul de niveaux sonores. vol. 33. 2011-02-01; 2011.