



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

## **DIPLOMARBEIT**

Möglichkeiten und Grenzen  
der Open-Source – gestützten Lärmmodellierung  
dargestellt am Beispiel Straßenlärm

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung  
des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs  
unter der Leitung von**

**Dipl.-Ing. Robert Kalasek**

E280-02

Forschungsbereich Stadt- und Regionalforschung

**Eingereicht an der Technischen Universität Wien**

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Thomas Feilmayr**

00727763

Wien, am 19.12.2023

## Kurzfassung

Diese Arbeit befasst sich im Allgemeinen mit dem Thema Modellierung der Ausbreitung von Lärm und im Speziellen mit der Fragestellung, welche Möglichkeiten und Grenzen es in dem Zusammenhang bei ausschließlicher Nutzung von Open Source – Programmen- und Sprachen (QGIS, PostgreSQL, R) anstelle von hochspezialisierter Software gibt. Untersucht wird dies anhand des Beispiels Straßenlärm. Ziel der Arbeit ist eine skalierbare, codebasierte Modellierung auf Basis von einzelnen Straßenabschnitten, die sich mit angemessenem Zeit- und Arbeitsaufwand auch für ganz Österreich durchrechnen lässt. Zum Zwecke der Qualitätsprüfung wird als Referenzergebnis die offizielle, gesetzlich geregelte und frei zugängliche Umgebungslärmkartierung Österreichs herangezogen.

Die Arbeit gliedert sich in vier Abschnitte: Inhaltliche Grundlagen, Konzept und Methodik, Praktische Umsetzung (inklusive Testing) und abschließende Analyse, welche auch Überlegungen zu möglichen Erweiterungen beinhaltet.

## Abstract

The thesis generally deals with the topic of modeling sound/noise propagation and specifically addresses the question of the possibilities and limitations associated with the exclusive use of open-source programs and languages (QGIS, PostgreSQL, R) instead of highly specialized software. This is examined using the example of road noise. The aim of the work is a scalable, code-based modeling based on single road segments that can also be calculated for the entire Austrian area with a reasonable amount of time and effort. For quality control, the official, legally regulated, and freely accessible noise mapping of Austria is used as a reference result.

It is divided into four sections: Content basics, Concept and methodology, Practical implementation (including testing), and concluding analysis with additional considerations for possible extensions.

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, die vorliegende Arbeit inklusive aller Programmcodes selbstständig und insbesondere ohne Aneignung fremden geistigen Eigentums geschrieben habe. Auf genützte Quellen und Literatur wird an den jeweiligen Stellen verwiesen, Zitate werden als solche gekennzeichnet.

## Danksagung

Ein großes Dankeschön möchte ich folgenden Personen sagen:

- Meinem Betreuer Robert Kalasek, der sich trotz meiner anfänglichen Fehlversuche und diversen Verzögerungen stets in Geduld und Gelassenheit geübt und mir mit fachlichen Inputs auf dem langen Weg geholfen hat
- DSS-Geschäftsführer Ronald Weberndorfer, der mich zu diesem Thema gebracht und mir gestattet hat, die firmeneigene technische Infrastruktur ohne Einschränkungen zu nutzen
- Meinem Vater Wolfgang Feilmayr, der mich auch in schwierigen Phasen unterstützt hat, das Ziel im Blick zu behalten und die Arbeit fertigzustellen
- Und schließlich meiner Lebensgefährtin Sonja, die mir immer mit Motivation und Verständnis für arbeitsintensive Tage beigestanden ist

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>10</b>
1.1.	THEMATISCHER ÜBERBLICK.....	10
1.2.	FORSCHUNGSFRAGE UND ZIELSETZUNG .....	12
<b>2.</b>	<b>INHALTLICHE GRUNDLAGEN.....</b>	<b>14</b>
2.1.	SCHALLTECHNISCH RELEVANTE DEFINITIONEN.....	14
2.1.1.	<i>Physikalische Betrachtung von Schall und Schallbewertung .....</i>	<i>14</i>
2.1.1.1.	Schall und Schalldruck .....	14
2.1.1.2.	Frequenz .....	14
2.1.1.3.	Dezibel .....	14
2.1.1.4.	A-Bewertung.....	15
2.1.2.	<i>Referenzpegel.....</i>	<i>15</i>
2.1.2.1.	Basispegel ( $L_{a,95}$ ).....	15
2.1.2.2.	Mittlerer Spitzenpegel ( $L_{a,1}$ ).....	16
2.1.2.3.	Maximalpegel ( $L_{a,max}$ ).....	16
2.1.2.4.	Energieäquivalenter Dauerschallpegel ( $L_{a,eq}$ ).....	16
2.1.2.5.	Praktische Nutzung .....	16
2.1.3.	<i>Richt- und Grenzwerte .....</i>	<i>16</i>
2.1.3.1.	Richtwerte der WHO.....	17
2.1.3.2.	Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung (2006) .....	17
2.1.3.3.	ÖNORM S 5021 (Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung) .....	17
2.1.3.4.	Planungsrichtwerte der Länder.....	17
2.2.	EXISTIERENDE TECHNISCHE LÖSUNGEN ZUR LÄRMMODELLIERUNG .....	18
2.2.1.	<i>CadnaA (proprietäre Software).....</i>	<i>18</i>
2.2.2.	<i>SOUNDPlan (proprietäre Software) .....</i>	<i>18</i>
2.2.3.	<i>Modellierung Mikrolageparameter Lärm (GIS-basierte Lösung im Rahmen einer Dissertation) .....</i>	<i>19</i>
2.3.	UMGEBUNGSLÄRMKARTIERUNG ÖSTERREICH - STRATEGISCHE LÄRMKARTEN.....	20
2.3.1.	<i>Eckdaten und Charakteristik .....</i>	<i>20</i>
2.3.2.	<i>Rechtsverbindliche Grundlagen der aktuellen Karten.....</i>	<i>21</i>
2.3.2.1.	EU-Umgebungslärmrichtlinie (2002) .....	22
2.3.2.2.	Bundes-Umgebungslärmschutzgesetz (2005).....	24
2.3.2.3.	Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung (2006) .....	24
2.3.2.4.	RVS 04.02.11 (erstmalig erschienen 2006, letztgültige 2.Abänderung 2019) .....	25
2.3.3.	<i>Dokumente mit methodischen Vorgaben ohne direkte Rechtsverbindlichkeit.....</i>	<i>27</i>
2.3.3.1.	ÖAL-Richtlinie 28 (erstmaliges Erscheinungsjahr unbekannt, aktuelle Fassung 2021) .....	27

2.3.3.2.	ÖAL-Richtlinie 36, Blatt 1 (2007).....	28
2.3.3.3.	ÖAL-Richtlinie 36, Blatt 2 (2010).....	28
2.3.3.4.	ÖAL-Richtlinie 36, Blatt 4 (2007).....	28
2.3.4.	<i>Datengrundlagen der Lärmkarten</i> .....	28
<b>3.</b>	<b>KONZEPT UND METHODIK DER MODELLIERUNG</b> .....	<b>33</b>
3.1.	GRUNDSÄTZLICHE FESTLEGUNGEN .....	34
3.1.1.	<i>Rasterbasierte Umsetzung</i> .....	34
3.1.2.	<i>Serielle Modellierung, Aufsummierung und Parallelisierung</i> .....	35
3.1.3.	<i>Aggregationslevel und Anzahl der Straßen</i> .....	36
3.1.4.	<i>Schalltechnische Typisierung der Quelle</i> .....	38
3.1.5.	<i>Geometrische Repräsentanz und Berechnungsursprung</i> .....	40
3.1.6.	<i>Endpunkte und Kreuzungen</i> .....	41
3.2.	VORGABEN ZUR BERECHNUNG DER AUSBREITUNG GEMÄß ÖAL-RICHTLINIE 28.....	43
3.2.1.	<i>Grundformel der Berechnung</i> .....	43
3.2.2.	<i>Übernahme, Anpassungen und Weglassungen</i> .....	43
3.2.2.1.	Weglassung der Mehrfachberechnung gemäß A-Bewertung .....	43
3.2.2.2.	Schallleistungspegel versus Schalldruckpegel / $A_{div}$ .....	44
3.2.2.3.	Nutzung von Linienquellen anstelle von Punktquellen.....	44
3.2.2.4.	Übernahme Dämpfungskoeffizient Luft / $A_{atm}$ .....	44
3.2.2.5.	Ausbreitungsweg - Distanz, Dämpfung, Beugungen und Reflexionen / $A_{boundary}$ .....	45
3.2.2.6.	Brücken .....	46
3.3.	DATENGRUNDLAGEN .....	47
3.3.1.	<i>Straßengraph</i> .....	47
3.3.2.	<i>Höhenmodell</i> .....	47
3.3.3.	<i>Hindernis-Layer</i> .....	48
3.3.3.1.	Gebäude .....	48
3.3.3.2.	Lärmschutzwände.....	50
3.3.3.3.	Sonstige Hindernisse.....	50
3.4.	SOFTWARE-EINSATZ.....	51
3.5.	TESTING.....	52
3.5.1.	<i>Qualitätsprüfung der Shapefiles der Umgebungslärmkartierung</i> .....	52
3.5.1.1.	Rein technische Prüfung (Topologie, Fehlerstellen) .....	52
3.5.1.2.	Optische Prüfung (Plausibilität) .....	54
3.5.1.3.	Schlussfolgerung hinsichtlich Durchführbarkeit von Tests .....	60
3.5.2.	<i>Vergleichende Prüfung</i> .....	60
3.5.2.1.	Bestimmung von exakten Quellpegelwerten innerhalb der Shapefile-Wertklassen .....	61

3.5.2.2.	Testgebiete .....	62
<b>4.</b>	<b>PRAKTISCHE UMSETZUNG .....</b>	<b>64</b>
4.1.	AUFBEREITUNG DER BASISDATEN .....	64
4.1.1.	<i>Straßengraph</i> .....	64
4.1.1.1.	Vorfilterung auf grundsätzlich relevante Abschnitte .....	66
4.1.1.2.	Trennung in Autobahnen/Schnellstraßen und restliche Straßen.....	68
4.1.1.3.	Aggregation Autobahnen.....	69
4.1.1.4.	Reduktion und Aggregation Straßen.....	70
4.1.1.5.	Tunnelprüfung .....	71
4.1.1.6.	Defaultwert-Vergabe .....	72
4.1.1.7.	Räumliche Gliederung und Modellierungsreihenfolge .....	74
4.1.1.8.	Datenbank-Import .....	75
4.1.2.	<i>Höhenmodell</i> .....	75
4.1.3.	<i>Gebäude-Layer</i> .....	75
4.2.	INITIALE PROGRAMMIERUNG .....	76
4.2.1.	<i>Modellierungscode</i> .....	77
4.2.1.1.	Hauptabschnitt „Definitionen“ .....	77
4.2.1.2.	Hauptabschnitt „Eigentliche Berechnung“ .....	80
4.2.2.	<i>Aggregierungscode</i> .....	84
4.3.	PRÜFUNGEN, TEST UND CODE-ANPASSUNGEN .....	85
4.3.1.	<i>Festlegung und Ausgabe-Programmierung der Testergebnisse</i> .....	85
4.3.1.1.	Gebiets- und Straßencharakteristik .....	85
4.3.1.2.	Zellstatistiken .....	86
4.3.1.3.	Vergleichende Prüfung .....	86
4.3.2.	<i>Ergebnisse der Durchrechnung in Testgebieten</i> .....	89
4.3.2.1.	Testgebiet 1 – B17 Triester Straße bei Neunkirchen.....	90
4.3.2.2.	Testgebiet 2 - B8 Angerner Straße in Strasshof/Nordbahn.....	93
4.3.2.3.	Testgebiet 3 - Krottenbachstraße, 1190 Wien .....	96
4.3.2.4.	Testgebiet 4 - B172 Walchseestraße bei Kössen, Tirol .....	99
4.3.2.5.	Testgebiet 5 – A2 Südbahn bei Wiener Neustadt.....	102
4.3.2.6.	Testgebiet 6 - A8 Innkreis-Autobahn bei Utzenaich.....	105
4.3.2.7.	Testgebiet 7 – S16 Arlberg-Schnellstraße bei Wald am Arlberg .....	108
4.3.3.	<i>Gesamt-Interpretation und Anpassungen für weitere Testläufe</i> .....	111
4.3.4.	<i>Zusätzliche Testläufe</i> .....	113
4.3.4.1.	Anpassung Gpath-Koeffizient und Source-Faktor .....	113
4.3.4.2.	Einführung kombinierte Distanzberechnung und Dämpfungsfaktor .....	115
4.3.4.3.	Testläufe mit Änderungen in allen restlichen Testgebieten .....	116
4.3.5.	<i>Finale Parameter-Einstellungen</i> .....	122

4.3.6.	<i>Probeläufe in größeren Gebieten</i> .....	122
4.3.6.1.	Gemeinde Mödling (Strassen) .....	122
4.3.6.2.	Gemeinde Liezen (Strassen).....	123
4.3.6.3.	Stadt Linz (Strassen).....	123
4.3.6.4.	Bundesland Vorarlberg (Autobahnen) .....	123
4.3.6.5.	Bundesland Burgenland (Autobahnen).....	123
4.3.6.6.	Einschätzung der Durchrechnung für Österreich.....	123
4.4.	DURCHLAUF DER MODELLIERUNG FÜR ÖSTERREICH.....	124
4.4.1.	<i>Modellierungscode</i> .....	124
4.4.2.	<i>Aggregierungscode</i> .....	126
<b>5.</b>	<b>ANALYSE</b> .....	<b>127</b>
5.1.	RÜCKSCHAU ENTWICKLUNGSPROZESS DER MODELLIERUNG.....	127
5.2.	CONCLUSIO .....	130
5.3.	MÖGLICHKEITEN ZUR WEITERENTWICKLUNG.....	132
5.3.1.	<i>Berechnung (und Prüfung) des Quellpegels</i> .....	132
5.3.2.	<i>Brücken</i> .....	137
5.3.3.	<i>Lärmschutzwände</i> .....	138
5.3.4.	<i>Erweiterung / Verbesserung Endpunkt- bzw. Kreuzungsthematik</i> .....	138
5.3.5.	<i>Parallelisierung im Code</i> .....	138
5.3.6.	<i>Vektorbasiertes On-Demand-Berechnungsmodell</i> .....	139
5.3.7.	<i>Vollständige Berechnung eines A-bewerteten Pegels</i> .....	140
5.3.8.	<i>Modellierung Schiene / Flughafen / Industrie</i> .....	141
	<b>ANHANG</b> .....	<b>142</b>
A1	LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS.....	142
A2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	145
A3	TABELLENVERZEICHNIS .....	148
A4	CODES .....	149
A4.1	<i>Filterung nach relevanten FRC, FOW und EDGE CAT (QGIS - Filter)</i> .....	149
A4.2	<i>Filterung durchgehender Autobahn/Schnellstraßen-Fahrbahnen (QGIS - Filter)</i> .....	149
A4.3	<i>Aussortierung von Straßenabschnitten mit geringer Durchschnitts- und/oder erlaubter Höchstgeschwindigkeit (QGIS – Filter)</i> .....	149
A4.4	<i>Erstellung einer neuen Spalte „Speed“ (QGIS – Field Calculator)</i> .....	149
A4.5	<i>Erstellung einer neuen Spalte „Lanes“ (QGIS – Field Calculator)</i> .....	149

A4.6	Herausnehmen aller Straßen mit $FRC < 5$ (QGIS – Filter).....	149
A4.7	Gruppierung der Speed-Werte in neuer Spalte „Speedgroup“ (QGIS – Field Calculator) .	149
A4.8	Grenzwertprüfung Tunnel und anschließende Filterung (QGIS - Field Calculator und QGIS – Filter) .....	149
A4.9	Defaultwert-Zuweisung Autobahnen und Schnellstraßen (QGIS – Field Calculator).....	149
A4.10	Defaultwert-Zuweisung übrige Straßen (QGIS – Field Calculator).....	149
A4.11	Erzeugung sortierter Tabellen in Datenbank (PostgreSQL-Query) .....	150
A4.12	Modellierungscode.....	150
A4.13	Aggregierungscode .....	177
A5	TESTERGEBNISSE .....	181
A5.1	Initiale Durchrechnungen in Testgebieten .....	181
A5.1.1	Testgebiet 1 – B17 Triester Straße bei Neunkirchen .....	181
A5.1.2	Testgebiet 2 – B8 Angerner Bundesstraße .....	190
A5.1.3	Testgebiet 3 – Krottenbachstraße .....	203
A5.1.4	Testgebiet 4 – B172 Walchseestraße .....	223
A5.1.5	Testgebiet 5 – A2 Südataubahn .....	241
A5.1.6	Testgebiet 6 – A8 Innkreis-Autobahn .....	259
A5.1.7	Testgebiet 7 – S16 Arlberg-Schnellstraße.....	275
A5.2	Durchrechnungen nach Anpassungen.....	291
A5.2.1	Testgebiet 1 (Anpassung Gpath-Koeffizient und Source-Faktor) .....	291
A5.2.2	Testgebiet 2 (Einführung kombinierte Distanzberechnung und Dämpfungsfaktor) .....	306
A5.2.3	Testgebiet 3.....	310
A5.2.4	Testgebiet 4.....	311
A5.2.5	Testgebiet 5.....	312
A5.2.6	Testgebiet 6.....	315
A5.2.7	Testgebiet 7.....	316

# 1. Einleitung

## 1.1. Thematischer Überblick

Die Idee für diese Arbeit entstand im Zuge der Tätigkeit des Verfassers für die DataScience Service GmbH, deren Hauptprodukt „ImmAzing“ ist; ein Online-Tool zur automatisierten Immobilienbewertung (vorrangig für Banken und Versicherungen), und für deren Geodatenmanagement- und integration der Verfasser (mit)verantwortlich ist.

(Verkehrsbedingter) Lärm ist ein – auch für den Laien durchaus nachvollziehbarer – Faktor in der Immobilienbewertung. Um als Input für eine automatisierte, adressbasierte Software nutzbar zu sein, müssen Lärmwerte für das gesamte bewertbare Gebiet schnell abfragbar sein; d.h. ein derartiger Datensatz muss i.d.R. flächendeckend vorliegen.

Von offizieller Seite wird die Umgebungslärmkartierung Österreichs zu Darstellungszwecken als WMS-Layer sowie prozessierbar als Shapefiles zur Verfügung gestellt.<sup>1</sup> Sie weist aber, insbesondere was den Abdeckungsgrad des Bundesgebiets betrifft, einigen Einschränkungen auf.<sup>2</sup> DataScience - Geschäftsführer DI Dr. Ronald Weberndorfer hat 2013 zur Modellierung von Mikrolageparametern für die automatisierte Immobilienbewertung dissertiert,<sup>3</sup> ein Teil dieser Arbeit war Lärm (Umfang 16 Seiten). Im Zuge dessen wurde ein österreichweites Lärmraster angefertigt:



Abbildung 1: Österreichweites Lärmraster nach Weberndorfer  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

<sup>1</sup> Vgl. Kapitel 2.3

<sup>2</sup> Vgl. Kapitel 2.3.1 und 2.3.2.1

<sup>3</sup> Vgl. Weberndorfer (2013), S.57ff. Diese Arbeit wird in Kapitel 2.2.3 gesondert behandelt.

Wiewohl die Arbeit von Weberndorfer eine in vielerlei Hinsicht ausgereifte Lärmmodellierung darstellt, bestehen einige Ansatzpunkte zur qualitativen Verbesserung; so wurden für diese Arbeit etwa auch ein eher großes Rasterzellmaß von 25m Seitenlänge gewählt. Im Zuge einer Verwendung als Dateninput für die automatisierte Immobilienbewertung wäre eine kleinere Rasterzellgröße wünschenswert.<sup>4</sup>



Abbildung 2: Detailausschnitt Lärmraster nach Weberndorfer - Hauptbahnhof Wien (QGIS-Screenshot, Hintergrund: Basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Zum Vergleich – die Klassengrenzen der Shapefiles der Umgebungslärmkartierung Österreich, welche in dieser Arbeit noch detailliert behandelt wird,<sup>5</sup> scheinen sich zumindest nach einer ersten rein optischen Analyse inklusive Distanzmessungen im Genauigkeitsbereich von Zentimetern bis Dezimetern zu bewegen.

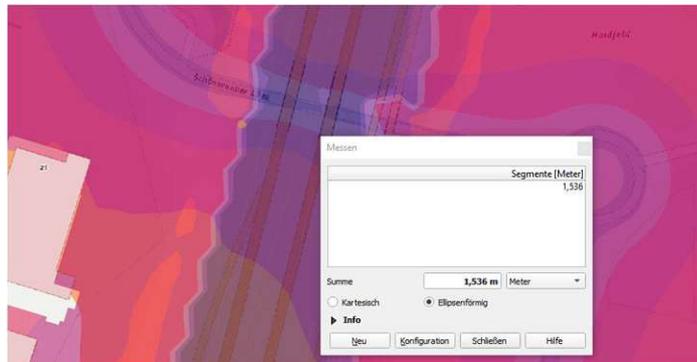


Abbildung 3: Detailausschnitt der Umgebungslärmkartierung als Shapefiles - A2 Südautobahn Nähe Knoten Vösendorf (QGIS-Screenshot, Hintergrund: Basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Nach tiefergehender Recherche ist diese Darstellung allerdings – zumindest einer Vorgabe aus den rechtlichen Grundlagen nach – das Ergebnis einer Interpolation,<sup>6</sup> ferner ist die Berechnung hauptsächlich auf Ballungsräume sowie Bereiche rund um Hauptverkehrsachsen beschränkt.<sup>7</sup>

<sup>4</sup> Dies ist nicht so sehr „zielbezogen“ (zur näherungsweisen Bewertung der Schallimmissionen auf ein durchschnittlich großes Einfamilienhaus reicht ein 25m-Raster i.d.R. aus), sondern gründet mehr darin, dass mit zunehmender Rasterzellgröße vermutlich auch die Ungenauigkeit bei der Modellierung der Einflussfaktoren auf die Schallabnahme steigt, wodurch die Ergebnisgüte wiederum abnimmt.

<sup>5</sup> Vgl. Kapitel 2.3

<sup>6</sup> Vgl. Kapitel 2.3.2.3

<sup>7</sup> Vgl. Kapitel 2.3.2.1

## 1.2. Forschungsfrage und Zielsetzung

Eine Lärmmodellierung kann in analytischer Hinsicht durch die Dimensionen „räumliche Ausdehnung“ (Größe des zu modellierenden Gebietes), „räumlicher Detaillierungsgrad“ (vektor- bzw. koordinatenbasiertes Modell vs. Rastermodell, in letzterem Fall auch Rasterzellgröße), „Berechnungsqualität“ (fachliche Qualität der Berechnungen, Berechnungsgenauigkeit) und „Berechnungsaufwand“ (insbesondere Dauer der Durchrechnung, Spezialisierung der verwendeten Software) beschrieben werden.

Diese Arbeit soll – vorrangig anhand einer praktischen Umsetzung - ausloten, wie gut bzw. hoch sich Berechnungsqualität und räumlicher Detaillierungsgrad unter ausschließlicher Zuhilfenahme von freier Software (QGIS, PostgreSQL, R bzw. R-Studio) bei einer großmaßstäblichen Modellierung über das gesamte österreichische Bundesgebiet hin gestalten lassen. Dies soll im Rahmen einer angemessenen Bearbeitungs- und Rechenzeit geschehen, welche mit maximal einer Woche festgesetzt wird. Gleichzeitig soll die hinter der Modellierung stehende Programmierung modular und skalierbar aufgebaut sein, so dass sowohl die Anzahl der eingehenden Schallquellen wie auch die die Ausbreitung bestimmenden Parameter variabel gewählt werden können.

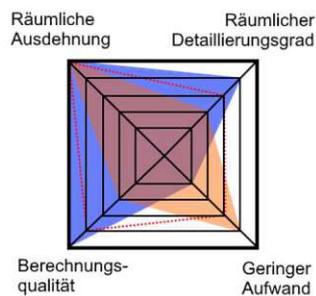


Abbildung 4: Vereinfachte Zielgrafik

(Eigene Bearbeitung. Orange/blau: bestehende Lärmmodellierungen, rot: Ziel der Arbeit)

Da eine vollständige Modellierung aller vier Hauptlärmquellen (Straße, Schiene, Flughafen, Industrie) inklusive Theorie und Qualitätsprüfung weit über den Umfang einer Diplomarbeit hinausgehen würde, wird in dieser Arbeit exemplarisch nur der Straßenlärm modelliert.

Innerhalb der Modellierung des Straßenlärms wiederum ist zwischen der Berechnung des Quellpegels und der Simulation der Ausbreitung zu unterscheiden. Einerseits erneut aus Gründen des Arbeitsumfangs und andererseits, weil die Forschungsfrage mehr in Richtung Modellierbarkeit räumlicher Einflussfaktoren der Ausbreitung abzielt, und darüber hinaus auch aufgrund von unvollständigen Datengrundlagen wird auf eine Berechnung realer Straßenquellpegelwerte (auf Basis von Verkehrsstärkedaten und Daten zu qualitativen Eigenschaften der Straße) verzichtet; für eine großmaßstäbliche Durchrechnung wird auf Defaultwerte zurückgegriffen, welche auf einer

hierarchischen Straßenkategorisierung basieren. Zwecks Qualitätsprüfung werden die Ergebnisse des eigenen Modells mit der Umgebungslärmkartierung Österreich verglichen. Diese Testläufe erfolgt auf Basis von Quellpegeln, die aus ebenjener abgeleitet werden.

Neben der automatisierten Immobilienbewertung lägen mögliche weitere Anwendungsfelder in der örtlichen, überörtlichen Raumplanung und Verkehrsplanung, etwa, wenn es um die Fragen geht, wie sich eine Zu- oder Abnahme des Quellpegels oder eine veränderte Gebäudestruktur auf die Schallbelastung des umliegenden Gebietes auswirken würden (Szenarioanalyse). Gerade dem soll durch den modularen und skalierbaren Aufbau der Programmierung Rechnung getragen werden.

## 2. Inhaltliche Grundlagen

### 2.1. Schalltechnisch relevante Definitionen

#### 2.1.1. Physikalische Betrachtung von Schall und Schallbewertung

##### 2.1.1.1. Schall und Schalldruck

Schall an sich bezeichnet eine Abfolge von Druckschwankungen in einem Medium, die den stationären Druck überlagern. Dabei wird durch eine Quelle ein Überdruck erzeugt, der die Bestandteile des Mediums (im Falle von Luft etwa Gasmoleküle) in eine Schwingung versetzt, welche sich wellenförmig ausbreitet (=Schallwelle). Erreicht die Schwingung das menschliche Trommelfell, so wird Schall hörbar.

Nicht jeder Mensch nimmt ein und dieselben Schallwellen gleich laut wahr, dies ist auch von individuellen Faktoren abhängig. Allerdings lassen sich Druckschwankungen bzw. Druck allgemein physikalisch messen. Die entsprechende SI-Einheit ist das Pascal (p).<sup>8</sup>

##### 2.1.1.2. Frequenz

Neben dem Druck spielt auch die Frequenz, also die Anzahl der Schwingungen pro Zeitraum, für die Wahrnehmung von Schall eine entscheidende Rolle. Die Einheit hierfür ist Hertz (Hz); 1 Hz bedeutet eine Schwingung je Sekunde. Der Mensch kann im Regelfall Frequenzen von 16 bis 20.000 Hz hören, niedrigere Frequenzen werden als Infraschall, höhere als Ultraschall bezeichnet.<sup>9</sup>

##### 2.1.1.3. Dezibel

Da die einheitsbezogene Spannweite des Schalldrucks vom leisesten hörbaren Geräusch (ca. 20 Mikropascal = 20 Millionstel Pascal, etwa das Aufkommen einer Feder am Boden) bis hin zu ernsthaften gesundheitlichen Schäden (ab ca. 100 Pascal) enorm groß ist, wird mittels der Hilfsrechnung  $10 \lg p_2/p_0$  der reale Schalldruck mit dem kleinsten hörbaren Druck in Beziehung gesetzt und ein dimensionsloser Wert innerhalb einer logarithmischen Skala gebildet. Dieser Wert ist das Dezibel (db). Der logarithmische Bezug spiegelt sich etwa dahingehend wider, dass ein um 6db größerer Wert eine Verdopplung des Schalldrucks bedeutet.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Vgl. Thaler et.al. (2007), S.24 und Wikipedia: Schalldruck, online.

<sup>9</sup> Vgl. Thaler et.al. (2007), S.25 und Baunetz\_Wissen: Akustische Begriffe: Frequenz und Schallwellenlänge, online.

<sup>10</sup> Vgl. Thaler et.al. (2007), S.25 und Wikipedia: Bel (Einheit), online.

#### 2.1.1.4. A-Bewertung

Nachdem das menschliche Lautstärkeempfinden sowohl vom Schalldruck wie auch der Schallfrequenz - verschiedene Frequenzen bei gleichem Schalldruck führen zu unterschiedlicher Wahrnehmung - abhängig ist, wurden für das Zusammenspiel aus Druck und Frequenz Bewertungskurven festgelegt, die auch als Filter bezeichnet werden. Jede Bewertungskurve legt einen frequenzabhängigen Ab- oder Zuschlag zum gemessenen Druckpegel fest. Der menschlichen (Lärm)Wahrnehmung kommt der sogenannte A-Filter am nächsten, deswegen werden Pegelangaben im Zusammenhang mit Lärmemissionen üblicherweise in [db], A-bewertet angegeben. Der A-Filter bedingt beispielweise bei einem Ton mit einer Frequenz von 200Hz und einem Druckpegel von 65db einen Abschlag von 10,6db, also einen „Wahrnehmungspegel“ von 54,5db. Ein A-bewerteter Dauerschallpegel wird gemäß EU-Umgebungslärmrichtlinie als Summe der mit den Oktavband-Frequenzen<sup>11</sup> berechneten Pegel gebildet, wobei bei der Summierung die Rechenregeln für Schallpegel<sup>12</sup> anzuwenden sind.<sup>13</sup>

### 2.1.2. Referenzpegel

Nachdem die meisten in der Realität vorkommenden Geräusche nicht konstant und gleichmäßig, sondern wechselhaft sind und die Quelle auch beweglich sein kann, Messungen aber meist über einen längeren Zeitraum geschehen und Aussagen/Darstellungen zu Lärm wenige oder nur einen Referenzwert umfassen, ist es notwendig, entweder statistische Auswertungen oder physikalische Generalisierungen (=Vereinfachungen) vorzunehmen. Auf diesen Wegen entstandene Referenzpegel werden nachfolgend kurz vorgestellt.

#### 2.1.2.1. Basispegel ( $L_{a,95}$ )

Dieser Pegel wird auch als Grundgeräuschpegel bezeichnet. Er stellt den Wert dar, der in 95 % der (festgelegten) Beobachtungszeit mindestens gemessen wird. Somit beschreibt er den Bereich der geringsten vorkommenden Schallpegel.<sup>14</sup>

---

<sup>11</sup> Die vorgegebenen Oktavband-Frequenzen (in Hz) sind: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000. Die zugehörigen Bewertungskorrekturen (in db) sind -26.2, -16.1, -8.6, -3.2, 0, +1.2, +1.0, +1.1 (vgl. ÖAL-Richtlinie Nr.28, S.8)

<sup>12</sup>  $10 * \lg \sum_i 10^{L_i/10}$  – Hintergrund: Das Maß Dezibel – siehe Kapitel 2.1.1.3 - ist keine physikalische Größe, daher müssen die Werte in reale Druckwerte „rückgeführt“, summiert und dann wieder umgerechnet werden.

<sup>13</sup> Vgl. Thaler et.al. (2007), S.26 und Baunetz\_Wissen: Akustische Begriffe: Frequenz und Schallwellenlänge, online. ÖAL-Richtlinie Nr.28, S.8

<sup>14</sup> Vgl. Thaler et.al. (2007), S.29 und IBO: Grundgeräuschpegel, online.

#### 2.1.2.2. *Mittlerer Spitzenpegel ( $L_{a,1}$ )*

Der mittlere Spitzenpegel steht, vom Grundsatz her ähnlich wie der Basispegel, für den höchstgelegenen Wert, der in einem Prozent der Messzeit überschritten wird. Er beschreibt damit die tonale untere Grenze der Schallpegelspitzen.<sup>15</sup>

#### 2.1.2.3. *Maximalpegel ( $L_{a,max}$ )*

Der Maximalpegel ist der höchste, während der Messzeit aufgetretene Schalldruckpegel.<sup>16</sup>

#### 2.1.2.4. *Energieäquivalenter Dauerschallpegel ( $L_{a,eq}$ )*

Der energieäquivalente Dauerschallpegel steht für einen hypothetischen, über den gesamten Messzeitraum kontinuierlich wirkenden Schalldruck, der denselben Energiegehalt aufweist wie die Summe aller real gemessenen, wechselhaften Schallereignisse. Im weitesten Sinne kann er somit als eine Art Durchschnittspegel betrachtet werden.<sup>17</sup>

#### 2.1.2.5. *Praktische Nutzung*

In der planerischen Praxis hat von allen angeführten Pegeln der energieäquivalente Dauerschallpegel die weitaus größte Bedeutung, da er es ermöglicht, Simulationen der Schallausbreitung und Prognosen sinnvoll zu erstellen und Ergebnisse in Karten oder vergleichbarer Form darzustellen. Als Referenzzeiträume werden typischerweise Zeitspannen für (lichten) Tag, Abend und Nacht festgelegt, aber auch ein 24h-Pegel findet Anwendung.

### 2.1.3. **Richt- und Grenzwerte**

Richt- und Grenzwerte in Form von Pegelangaben sind in diversen Gesetzen, Verordnungen und weiteren normativen Dokumenten ausgewiesen. Sie stehen i.d.R. in Abhängigkeit von der Typologie des den die Schallquelle(n) umgebenden Raum und werden entweder als energieäquivalente Dauerschallpegel oder als Beurteilungspegel angegeben. Ein Beurteilungspegel steht für einen energieäquivalenten Dauerschallpegel ergänzt um Zu- oder Abschläge für bestimmte Lärmquellen. So existiert etwa ein Schienenbonus (5db Abschlag), während hingegen bei Betriebslärm meist Zuschläge miteinkalkuliert werden.

---

<sup>15</sup> Vgl. Thaler et.al. (2007), S.29

<sup>16</sup> Vgl. ebd.

<sup>17</sup> Vgl. Thaler et.al. (2007), S.29

#### 2.1.3.1. *Richtwerte der WHO*

Die Weltgesundheitsorganisation WHO definiert als Richtwerte im Sinne eines gerade noch akzeptablen energieäquivalenten Dauerschallpegels im Freien innerhalb von Wohngebieten 55db tagsüber und 45db in der Nacht.<sup>18</sup>

#### 2.1.3.2. *Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung (2006)*

In der Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung wird für durch Hauptstraßen verursachter Straßenlärm ein so genannter Schwellwert von 60db (tagsüber) festgeschrieben. Damit ist gemeint, dass für den Bereich um eine Straße, in dem dieser Wert (noch) überschritten wird, ein Konfliktzonenplan innerhalb der strategischen Lärmkartierung erstellt werden muss.

#### 2.1.3.3. *ÖNORM S 5021 (Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung)*

Die ÖNORM S 5021 bestimmt als Referenzzeiträume die Uhrzeiten 6h-19h, 19h-22h und 22h-6h, und weist für verschiedene Raumtypen unterschiedliche Richtwerte (größtmöglicher akzeptabler Beurteilungspegel) aus. Ruhe- und Kurgebiete sind die niedrigsten Werte zugeordnet (45db/40db/35db), für Wohn- und Kerngebiete werden Werte im Bereich von 50-60db/45-55db/40-50db ausgewiesen.<sup>19</sup>

#### 2.1.3.4. *Planungsrichtwerte der Länder*

Noch etwas detaillierter werden im Handbuch Umgebungslärm die Lärm-Planungsrichtwerte der Bundesländer aufgeschlüsselt. Für Wohngebiete liegen die Werte mehrheitlich bei 50-55db (Tagesindex) bzw. 40-45db (Nachtindex).<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Vgl. ebd., S.25

<sup>19</sup> Vgl. ÖNORM S 5021 (2017), S.8

<sup>20</sup> Vgl. Thaler et.al. (2007), S.40

## 2.2. Existierende technische Lösungen zur Lärmmodellierung

### 2.2.1. CadnaA (proprietäre Software)

Die Software CadnaA (Computer Aided Noise Abatement) der Firma DataKustik GmbH vereinigt Möglichkeiten der Lärmmodellierung und der Beurteilung der Auswirkungen von Lärm auf die Bevölkerung. Es werden alle vier Hauptlärmquellen (Straße, Schiene, Flughafen, Industrie) abgedeckt. Die Arbeitsschritte, welche die Software in dem Zusammenhang bewerkstelligen kann, werden auf der Homepage der Firma wie folgt beschrieben:

Der erste Schritt umfasst die Erstellung eines digitalen Stadtmodells, wobei sämtliche Objekte wie etwa Straßen, Schienen, das Geländemodell oder die Häuser mit den relevanten Daten (Verkehrszahlen, Höhe, Einwohner) aus unterschiedlichen Quellen bezogen werden. Die diversen Dateiformate und Koordinatensysteme können problemlos in CadnaA importiert werden.

Anschließend wird das Modell mit Hilfe von automatisierten Arbeitsschritten zur Vereinfachung und Optimierung auf seine Gültigkeit hin geprüft. Erfolgt diese Prüfung positiv, berechnet CadnaA die Lärmkarten sowie Hausbeurteilungen. Abschließend werden unter Berücksichtigung der Einwohnerzahlen die (...) geforderten Lärmbelastungen automatisch ermittelt.<sup>21</sup>

Zur Verknüpfung mit GIS-Software werden entsprechende Schnittstellen zur Verfügung gestellt. Ferner existieren verschiedene Lizenzmodelle mit unterschiedlicher Funktionalitätsfreigabe. Mit dieser Software wurde die Schweizer Lärmkartierung im Rahmen des sonBASE-Projekts<sup>22</sup> und vermutlich auch die österreichische Lärmkartierung erstellt.

### 2.2.2. SOUNDPlan (proprietäre Software)

Die modular aufgebaute Software SoundPLAN<sub>noise</sub> der Firma SoundPLAN GmbH deckt sehr viele, unterschiedliche Felder im Zusammenhang mit Schallberechnungen ab; die Möglichkeiten reichen von Raumakustikberechnungen über kleinmaßstäbliche Berechnungen bis hin zu landesweiten Lärmkarten. Besonders Merkmal ist eine in die Software integrierte Geodatenbank. Eine detaillierte Übersicht über die einzelnen Funktionalitäten kann auf der Homepage betrachtet werden.<sup>23</sup> Die Software wird zumindest für den Modellierung des Schienenlärms im Rahmen der deutschen Lärmkartierung angewandt.<sup>24</sup>

<sup>21</sup> Zitiert aus: DataKustik GmbH (2022), online.

<sup>22</sup> Vgl. [https://geofiles.be.ch/geoportal/pub/lpi/LAERM\\_LANG\\_DE.pdf](https://geofiles.be.ch/geoportal/pub/lpi/LAERM_LANG_DE.pdf) und <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm/zustand/gis-laermdatenbank-sonbase.html> (zuletzt abgerufen am 15.12.2022)

<sup>23</sup> SoundPLAN (2022), online.

<sup>24</sup> Vgl. <https://www.business-geomatics.com/2023/08/11/15966/> (zuletzt abgerufen am 09.09.2023)

### 2.2.3. Modellierung Mikrolageparameter Lärm (GIS-basierte Lösung im Rahmen einer Dissertation)

Die Dissertation von Weberndorfer (2013) befasst sich mit der GIS-gestützten Modellierung von Mikrolageparametern als Grundlage für die automatisierte Immobilienbewertung bzw. der Analyse der Einflusses solcher Parameter auf die Preisbildung. Ein Teilbereich dessen ist Lärm; im Detail die Generierung eines Rasterlayers, der die Lärmbelastung ausgehend von den drei Hauptverkehrsträgern Straße, Schiene und Flughäfen simuliert. Dabei wird - wie auch in dieser Arbeit – der jeweilige Quellpegel nicht basierend auf realen Verkehrsstärken, Fahr- und Flugplänen errechnet, sondern es werden abgestufte Defaultwerte für die einzelnen Verkehrsachsen und Quellen bestimmt. Die technische Umsetzung erfolgt in ArcGIS, teilweise python-unterstützt, und hat als Ergebnis ein Raster mit 25m Seitenlänge.

Inhaltlich betrachtet erfolgt eine eigene, recherchebasierte Zusammenstellung eines Simulationsmodells für die Schallabnahme, welches sich lose an den gesetzlichen Vorgaben der österreichischen Lärmkartierung orientiert.<sup>25</sup> Die Abnahme wird anhand dreier Faktoren berechnet – zum ersten die reine Distanz- und quelltypabhängige Abnahme, zum zweiten eine (ebenfalls Distanzabhängige) Dämpfungskonstante und zum dritten eine gebietstypologische Pegelveränderung, welche wiederum aus der Summe dreier Bestandteile gebildet wird. Dazu zählen die Bebauung des die Quelle umgebenden Gebietes, die Steigung des Verkehrsweges und die Beschaffenheit des Bodens im Ausbreitungsweg. Für die Bebauung und die Steigung werden allerdings keine „realen“ Wirkungen berechnet, sondern ein Zuschlagsfaktor auf den Quellpegel bestimmt (d.h. bei dichter Bebauung im Straßen-/Schienumfeld, mit zunehmender Gebäudehöhe und größerer Straßensteigung wird der Ausgangs-Quellpegel erhöht). Die Flächendämpfung basiert auf dem Faktum, dass Waldgebiete Schall wesentlich stärker dämpfen als versiegelte Flächen. Wichtig zu erwähnen ist ferner, dass am Ende aus Aufwands- und Rechenkapazitätsgründen keinen einzelnen Straßenabschnitte oder Schienenstücke modelliert und nacheinander aufsummiert werden, sondern Straßen, Schienen und Flughäfen mit gleichem Quellpegel als eine durchgängige Lärmquelle betrachtet, einmalig österreichweit modelliert und erst danach flächendeckend zusammengezählt werden.

---

<sup>25</sup> Vgl. Kapitel 2.3

## 2.3. Umgebungslärmkartierung Österreich - Strategische Lärmkarten

### 2.3.1. Eckdaten und Charakteristik

In Österreich existieren zumindest für einen definierten Abdeckungsbereich<sup>26</sup> strategische Lärmkarten, die die Lärmbelastung vier verschiedener Quelltypen (Straße, Schiene, Flughafen, Industrie-Areale) für die Umgebung darstellen. Der rechtliche Ursprung dieser Lärmkarten liegt in der EU-Richtlinie 2002/49/EG „Über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm“, welche eine Vorschrift zur Erstellung u.a. solcher Lärmkarten auf nationaler Ebene enthielt. Die Richtlinie war in weiterer Folge in nationales Recht umzusetzen, was hauptsächlich mittels der Neufassung des Bundesgesetz über die Erfassung von Umgebungslärm und über die Planung von Lärminderungsmaßnahmen (Bundes-Umgebungslärmschutzgesetz – Bundes-LärmG) 2005 und ferner der Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Methoden und technischen Spezifikationen für die Erhebung des Umgebungslärms (Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung – Bundes-LärmV) 2006 geschah.<sup>27</sup>

Innerhalb dieser gesetzlichen Grundlagen werden sowohl grobe Vorgaben zur Erstellungsmethodik gemacht wie auch die räumliche Abdeckung und der Aktualisierungszeitraum geregelt. So stammen die aktuell gültigen Karten aus 2017; sie wurden bzw. werden im Fünfjahresabstand neu erstellt.<sup>28</sup>

Die Karten selbst liegen im Wesentlichen in drei verschiedenen Varianten vor, die alle über die Portal-Homepage des BMK zum Thema Lärm<sup>29</sup> erreichbar sind:

- Web-GIS (mit Mobile-GIS als Ergänzung)<sup>30</sup>
- WMS-Service
- Shapefiles

In allen Varianten gibt es eine Unterscheidung sowohl nach Quelltyp als auch nach Referenzzeitraum (24h-Index  $L_{den}$  und Nacht-Index  $L_{night}$ ). Die Pegelwerte sind kategorisiert, d.h. es sind nur Wertspannen ersichtlich, allerdings keine exakten Dezibel-Werte.<sup>31</sup>

---

<sup>26</sup> Vgl. Kapitel 2.3.2.1, Abschnitt „Umfang / Abdeckungsbereich der Lärmkarten“

<sup>27</sup> Vgl. Kapitel 2.3.2.2 und 2.3.2.3

<sup>28</sup> Bis Ende Juni 2020 wurde der Kartierungsumfang für 2022 festgelegt, siehe [https://www.laerminfo.at/laermkarten/methoden/berichte/gb\\_2022.html](https://www.laerminfo.at/laermkarten/methoden/berichte/gb_2022.html) (zuletzt abgerufen am 30.08.2022). Mit Beginn der Modellierung innerhalb dieser Arbeit im Sommer 2022 waren noch keine aktualisierten Karten abrufbar, weswegen die Karten von 2017 genutzt werden.

<sup>29</sup> <http://www.laerminfo.at> (zuletzt abgerufen am 30.08.2022)

<sup>30</sup> <https://maps.laerminfo.at/> (WebGIS) und <https://m.laerminfo.at/> (Mobile-GIS) (zuletzt abgerufen am 30.08.2022).

<sup>31</sup> Ausgewiesen werden folgende 5db-Stufen: 55-60db, 60-65db, 65-70db, 70-75db, >75db ( $L_{den}$ ) bzw. 45-50db, 50-55db, 55-60db, 60-65db, 65-70db, >70db ( $L_{night}$ )

Es bestehen aber auch Unterschiede. Der wichtigste davon ist, dass Web-GIS/Mobile-GIS und WMS-Service jeweils österreichweite Darstellungen (ohne Möglichkeit, einzelne Bundesländer allein auswählen zu können) sind, wohingegen die Shapefiles ausschließlich nach Bundesländern getrennt vorliegen.

Das Web-GIS bietet darüber hinaus als einziges Service die Möglichkeit, alle früheren Versionen der Lärmkarten, bis hin zu den Karten für Straßen- und Schienenverkehr aus 2007, zu betrachten (WMS ist nur bis 2012 verfügbar, Shapefiles nur für 2017). Zusätzlich dazu kann man sich den Straßenlärm in Wien auch für die Referenzhöhe 1,5m (Standard = 4m) anzeigen lassen, und es kann eine Lärmkartierung für Autobahnen/Schnellstraßen separat ausgewählt werden.

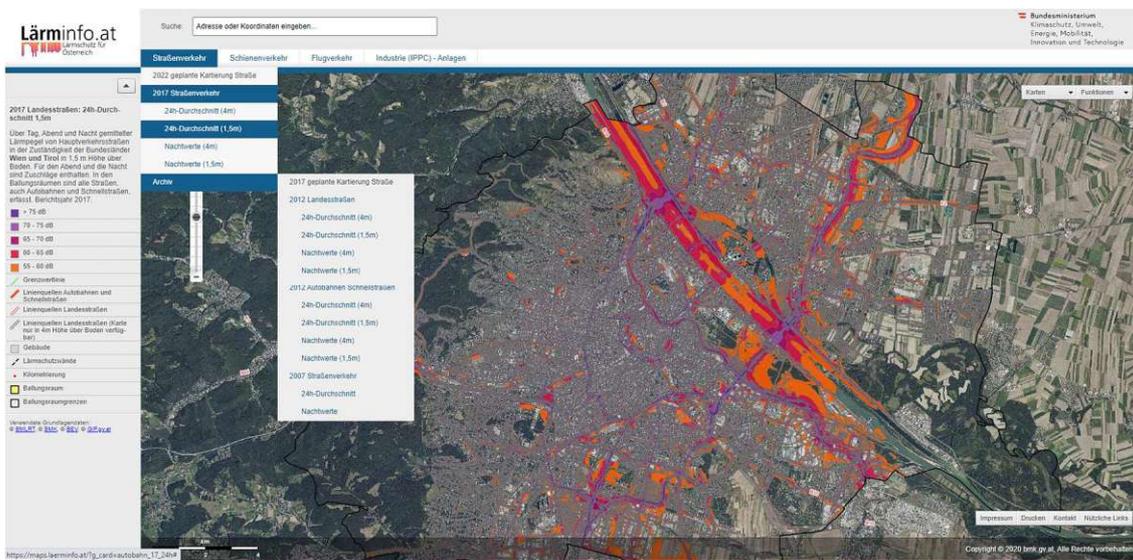


Abbildung 5: Screenshot des laerminfo.at – WebGIS.  
(aufgenommen am 30.08.2022)

Web-GIS, Mobile-GIS und die WMS-Schnittstelle eint, dass jeweils eine Maßstabsbeschränkung eingebaut wurde – im Web- und Mobile-GIS liegt der Mindestmaßstab bei ca. 1:20.000, in der WMS-Schnittstelle bei 1:13.985. Nicht verfügbar ist eine kombinierte Lärmkarte für alle Arten von Lärmquellen, weder für  $L_{den}$ , noch für  $L_{night}$ .

### 2.3.2. Rechtsverbindliche Grundlagen der aktuellen Karten

In den folgenden Kapiteln werden die für die aktuellen Karten relevanten Rechtsgrundlagen analysiert. An dieser Stelle sei der Hinweis angeführt, dass für die Mehrzahl dieser Richtlinien, Gesetze und Verordnungen mittlerweile – Stand 2022/23 – Aktualisierungen bzw. Neufassungen existieren, die nach überblicksartiger Prüfung keine wesentlichen Änderungen mit sich brachten.

### 2.3.2.1. EU-Umgebungslärmrichtlinie (2002)

Die EU-Umgebungslärmrichtlinie (Richtlinie Nummer 2002/49/EG) regelt erstmals den Umgang mit, sowie die Prävention der schädlichen Auswirkungen von Umgebungslärm im gesamten Gebiet der EU. Die wichtigsten Eckpfeiler dieser Richtlinie sind:

- Festlegung von einheitlichen Lärmindizes zur Messung (und zum Vergleich) von auf den Menschen einwirkenden Lärmbelastungen
- Erstellung von nationalen Lärmkarten auf Basis dieser Indizes
- Erstellung von Aktionsplänen und Maßnahmenkatalogen auf Basis der Verschneidung der Lärmkarten mit der Bevölkerungsverteilung

#### Lärmindizes

Als wesentliche Lärmindizes werden  $L_{den}$  und  $L_{night}$  festgelegt. Der  $L_{den}$  wird wie folgt definiert:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left( 12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

Abbildung 6: Formel für  $L_{den}$  gemäß EU-Umgebungslärmrichtlinie (2002)

Anhand dieser Formel lässt sich der Zusammenhang zwischen  $L_{den}$  und  $L_{night}$  gut erkennen: Der  $L_{den}$  stellt einen gewichteten Tagesdurchschnitt dar, der sich aus dem  $L_{day}$  (Dauer des Referenzzeitraums: 12h), dem  $L_{evening}$  (4h) und dem  $L_{night}$  (8h) zusammensetzt, wobei  $L_{evening}$  stärker (+5) und  $L_{night}$  am stärksten (+10) gewichtet werden. Die Richtlinie legt als Zeiträume für die Indizes 07:00-19:00 ( $L_{day}$ ), 19:00-23:00 ( $L_{evening}$ ) und 23:00-07:00 ( $L_{night}$ ) fest, wobei den Mitgliedstaaten die Möglichkeit eingeräumt wird, die Abend-Zeitspanne um eine Stunde zu kürzen und diese entweder dem Tag oder der Nacht zuzuschlagen oder die Zeiten generell um eine Stunde zu verschieben.

Insgesamt handelt es sich bei den Indizes um A-bewertete, energieäquivalente Dauerschallpegel. Der Wert eines solchen Pegels stellt das Energieäquivalent einer theoretischen kontinuierlichen und gleichbleibenden Beschallung zu den realen, d.h. innerhalb eines festgelegten Zeitraums schwankenden Schalldrücken - von Ruhe bis zum maximal lauten Ereignis – dar.<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Vgl. Thaler et.al. (2007), S.29

## Umfang / Abdeckungsbereich der Lärmkarten

Die Lärmkarten müssen (zumindest) Ballungsräume mit mehr als 250.000 Einwohnern insgesamt, Hauptstraßen mit mehr als 6.000.000 Kfz/Jahr, Haupteisenbahnstrecken mit mehr als 60.000 Zügen/Jahr sowie alle Großflughäfen erfassen und deren Lärmbelastung visualisieren. Die zu bearbeitenden Gebiete bzw. Verkehrswege müssen vor jeder Kartierung auch explizit benannt werden.

## Aktualisierung

Die Lärmkarten sind alle fünf Jahre zu aktualisieren bzw. neu zu berechnen.

## Allgemeine Berechnungsvorgaben

Primäre Eingangsparameter- bzw. werte der Emissionsbestimmung sollten so genau bestimmt sein, dass sie eine maximale Schwankungsbreite von +/- 2db zulassen. Standardwerte als Eingangsparameter, z.B. hinsichtlich der Verkehrsstärke, dürfen nicht verwendet werden, es sei denn, der Aufwand für entsprechende Messungen und damit verbundene Kosten wären unverhältnismäßig hoch.

Als Referenzhöhe für den Pegelwert wird 4m über Boden festgelegt. Für Spezialfälle hinsichtlich der Aktionspläne kann der Pegel auch für 1,5m über Boden bestimmt werden. Der Effekt der Schallreflexion an Wohngebäuden kann bei der Berechnung der Schallausbreitung vernachlässigt werden.

## Spezielle Vorgaben und Einflussfaktoren der Schallemissionsberechnung Straßenverkehr

Die Schallemissionsberechnung für den Straßenverkehr erfolgt grundsätzlich mittels Linienschallquellen. Im Optimalfall wird jede Fahrspur durch eine in deren Mitte verlaufende, gleichgerichtete Linie repräsentiert; es sind allerdings auch Vereinfachungen möglich. Linienschallquellen stehen stellvertretend für die Schallemissionen eines Verkehrsflusses, welche sich aus der Summe der Emissionen der einzelnen Fahrzeuge ergeben; unter Berücksichtigung von Verweildauer der Fahrzeuge und Länge des jeweiligen Abschnitts, also auch der Geschwindigkeit.

Straßenfahrzeuge werden in fünf Klassen (leichte, mittelschwere und schwere Fahrzeuge; zweirädrige Fahrzeuge; sonstige Fahrzeuge) unterteilt, die sie möglichst auch in den Verkehrsstärke-Zählwerten widerspiegeln sollten, da sie jeweils unterschiedliche Schalleistungen aufweisen.

Die Schalleistung eines einzelnen Fahrzeugs ergibt sich aus der Addition der beiden Hauptgeräuschquellen, nämlich Rollgeräusche (mitsamt aerodynamischen Geräuschen) und Antriebsgeräusche. In deren Berechnung sind miteinzubeziehen:

- Straßenoberfläche
- Straßensteigung
- Ebenheit der Straße
- Korrektur für Spikereifen in Abhängigkeit vom jeweiligen Gebiet
- Jahresdurchschnittstemperatur

### 2.3.2.2. *Bundes-Umgebungslärmschutzgesetz (2005)*

Das Bundes-Umgebungslärmschutzgesetz von 2005 ist der erste Schritt der Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie in nationales Recht. Dabei werden hauptsächlich Begriffsbestimmungen (Lärmindizes, Ballungsräume, Hauptverkehrsachsen usw.) vorgenommen sowie Umsetzungsfristen terminiert. Die tatsächliche räumliche Abgrenzung eines Ballungsraumes bleibt dem zuständigen Bundesministerium überlassen; sie wird in der nachfolgend beschriebenen Bundes-LärmV vollzogen.

### 2.3.2.3. *Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung (2006)*

Diese – ein Jahr nach dem Bundes-LärmG veröffentlichte – Verordnung hat die nähere Ausgestaltung der Erhebung des Umgebungslärms zum Inhalt. Konkretisiert werden insbesondere die Bestimmungen zu den Lärmindizes sowie einige Anforderungen für die technische Ausarbeitung der Lärmkarten.

Erster und gleichzeitig auch wichtigster Punkt ist die (erlaubte) Abweichung von den Vorgaben der EU-Umgebungslärmrichtlinie hinsichtlich der Referenzzeiträume für die energieäquivalenten Dauerschallpegel. So wird die für Österreich anzuwendende Formel wie folgt definiert:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left( 13 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

Abbildung 7: Formel für  $L_{den}$  gemäß Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung (2006)

$L_{day}$  wurde um eine Stunde verlängert, dafür  $L_{evening}$  um eine Stunde gekürzt. Darüber hinaus wurden Beginn und Ende der Zeiträume wie folgt geändert: 06:00-19:00 ( $L_{day}$ ), 19:00-22:00 ( $L_{evening}$ ) und 22:00-06:00 ( $L_{night}$ ).

Weiters erfolgt eine Präzisierung der Geltungsbereiche für die in der EU-Umgebungslärmrichtlinie geforderten Ballungsräume. Diese werden in Abschnitt 4 wie folgt definiert:

- Ballungsraum Wien: Gemeindegebiete von Wien, Perchtoldsdorf, Brunn am Gebirge, Wiener Neudorf, Maria Enzersdorf und Mödling
- Ballungsraum Graz: Gemeindegebiet von Graz
- Ballungsraum Linz: Gemeindegebiete von Linz und Traun
- Ballungsraum Salzburg: Gemeindegebiet der Stadt Salzburg
- Ballungsraum Innsbruck: Gemeindegebiete von Innsbruck und Völs bis zu einer Seehöhe von 800 m.

Zur detaillierten Berechnung der Lärmindizes des Straßenverkehrs wird auf die Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen, Nummer 04.02.11 („Umgebungslärm durch Straßenverkehr“) verwiesen; gleichzeitig wird ein technischer Rahmen mittels folgender Festlegungen vorgegeben:

- Koordinatensystem wahlweise MGI oder WGS84
- Berechnung als Raster mit 5x5m Größe (in flachen Randzonen ohne Hindernisse Vergrößerung des Rasters auf 10x10m oder 25x25m möglich)
- Bauliche Anlagen sind als Hindernisse zu berücksichtigen
- Reflexion an Hindernissen ist miteinzubeziehen (dies ist durch die EU-Richtlinie nicht zwingend vorgegeben)
- Die Dämpfungseigenschaft des Bodens kann bei ungenügender Datenlage vereinfacht berechnet werden
- Durch Interpolation und Glättung der Rasterlinien soll das Raster in einen Polygonlayer umgewandelt werden, der für den  $L_{den}$  folgende Kategorien ausweist: 55-59db, 60-64db, 65-69db, 70-74db,  $\geq 75db$  ( $L_{night}$  analog, allerdings von 45-49db bis  $\geq 70db$ )

#### 2.3.2.4. RVS 04.02.11 (erstmalig erschienen 2006, letztgültige 2.Abänderung 2019)

Die von der österreichischen Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr herausgegebene, rechtsverbindliche Ausgabe 04.02.11 der „Richtlinien und Vorschriften für den Straßenverkehr“ (RVS) enthält konkrete Rechenvorschriften zur Erstellung der strategischen Lärmkarten.

Im Wesentlichen kann die Richtlinie in zwei Abschnitte eingeteilt werden:

- Berechnung der Schallemission der Lärmquelle
- Berechnung des Immissionserschallpegels für einen bestimmten Ort

## Zur Berechnung der Schallemission

Die Berechnung soll auf den durch Verkehrszählungen bestimmten durchschnittlichen Verkehrsstärken (analog zu den Lärmindizes sollen dies Jahresmittelwerte für Tag, Abend und Nacht sein) der einzelnen Abschnitte basieren. Für den Fall, dass keine nach Tageszeitraum getrennten Werte vorliegen, hält die Richtlinie Richtwert-Tabellen (Verteilung der Verkehrsstärke auf die Zeitabschnitte je nach Straßentyp, Abschätzung Schwerverkehrsanteil) bereit.

Neben der Verkehrsstärke ist auch die Fahrgeschwindigkeit ein wichtiger Faktor innerhalb der Berechnung. Grundsätzlich wird von der erlaubten Höchstgeschwindigkeit ausgegangen; bei offensichtlichen Abweichungen (z.B. bei starken Steigungen oder einer kurvenreichen Strecke) kann auch eine erwartete Betriebsgeschwindigkeit angenommen werden.

Abseits dieser beschriebenen verkehrsbezogenen Parameter fließen auch die beiden straßenbezogenen Parameter Fahrbahndecke (Belag) und Längsneigung in die Berechnung mit ein. Auch dafür stellt die Richtlinie gegliederte Richtwerttabellen zur Verfügung.

## Berechnung des Immissionserschallpegels

Die Richtlinie legt fest, dass generell auf Zehntelstellen genaue Dezibel-Werte zu berechnen sind, die anschließend auf ganze Werte gerundet werden sollen. Hinsichtlich der Berechnungsmethodik werden zwei verschiedene Möglichkeiten beschrieben:

- Berechnung anhand von Straßenabschnitten als Punktschallquellen
- Profilmethode (lange, gerade Abschnitte als Linienschallquellen)

In erstgenanntem Verfahren wird eine Straße in (kürzere) Abschnitte unterteilt, wobei der Winkelsektor eines jeden Abschnitts maximal  $9^\circ$  betragen darf. Der Winkel-Halbierungspunkt auf dem jeweiligen Abschnitt wird für die Simulation als Punktschallquelle angenommen, womit im Vergleich zur Profilmethode im Regelfall genauere Immissionswerte berechnet werden.

Die Rechenschritte beider Verfahren sind ähnlich und schließen folgende Faktoren mit ein:

- Entfernung der Emissionsquelle zum Immissionspunkt
- Luftabsorption
- Dämpfung durch Vegetation und Boden
- Schirmmaß
- Flächenreflexion

Zur Bestimmung des Immissionspegels werden diese Faktoren größtenteils in Abhängigkeit vom Emissionspegel als Dezibel-Werte quantifiziert und von diesem abgezogen. Hinsichtlich der zugehörigen Rechenschritte wird hier an vielen Stellen auf die ÖAL-Richtlinie 28 verwiesen.<sup>33</sup> Der Unterschied zwischen der Simulation des Schallursprungs als Punkt- bzw. Linienschallquelle liegt hauptsächlich in der Berechnung des Entfernungs-Parameters.

### **2.3.3. Dokumente mit methodischen Vorgaben ohne direkte Rechtsverbindlichkeit**

In den beiden nachfolgenden Kapiteln werden überblicksweise die Richtlinien 28 und 36 des österreichischen Arbeitsrings für Lärmbekämpfung (ÖAL) dargestellt, auf welche insbesondere in der RVS 04.02.11 an vielen Stellen verwiesen wird. Zur (rechtlichen, hierarchischen) Einordnung dieser beiden Richtlinien nachfolgend eine Erklärung von der Homepage des ÖAL:

Die Grundidee der Organisation liegt in der interdisziplinären Behandlung von Lärmfragen. Dieses komplexe Thema wird daher nicht nur aus technischer, sondern auch aus medizinischer und rechtlicher Sicht betrachtet. Die Ergebnisse der Arbeiten des ÖAL werden in Form von Richtlinien dokumentiert und verbreitet. Diese Richtlinien verstehen sich als Ergänzungen zu rechtlichen und normativen Regelungen, als good-practice-Sammlungen und Arbeitshilfen, ohne dabei in Konkurrenz mit diesen Regelwerken treten zu wollen.<sup>34</sup>

Die ÖAL-Richtlinien können in ihrer Gesamtheit als eine Art Nachschlagewerk und unverbindliche Anleitung zur Erstellung der Lärmkarten gesehen werden, die die Ausführungen der RVS 04.02.11 teilweise erweitern, aber gleichzeitig auch in eine leichter verständliche Form überführen und um zahlreiche Kontextinformationen ergänzen; darüber hinaus werden relevante Datenbezugsquellen angeführt sowie Lösungsvorschläge für schwierig zu erfassende Daten bzw. bei insgesamt ungenügender Datenlage gemacht.

#### **2.3.3.1. ÖAL-Richtlinie 28 (erstmaliges Erscheinungsjahr unbekannt, aktuelle Fassung 2021)**

Der ÖAL selbst bezeichnet diese Richtlinie im Wesentlichen als

(...) Beitrag der österreichischen Umsetzung in nationales Recht im Zusammenhang mit der Schallausbreitung. (...) behandelt die Dämpfung des Schalls von bodengebundenen Quellen bei Ausbreitung im Freien.<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> Vgl. Kapitel 2.3.3.1

<sup>34</sup> Zitiert aus: Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung (2022), online.

<sup>35</sup> Zitiert aus: ÖAL-Richtlinie 28 (2021), S.3

Tatsächlich wird, wie bereits in Kapitel 2.4.2.4 erwähnt, in den RVS 04.02.11 mehrfach hierauf verwiesen, somit kann in gewisser Weise von indirekter Rechtsverbindlichkeit gesprochen werden.

Die Richtlinie stellt im Wesentlichen das bereits erwähnte Berechnungsverfahren für die Punktschallquellen-Methode in einer sehr detaillierten und umfangreichen Form dar, d.h. es werden mehrere Angaben aus den RVS mathematisch genauer aufgeschlüsselt sowie Ergänzungs- bzw. Erweiterungsmöglichkeiten zur Erhöhung der Genauigkeit aufgezeigt. Insbesondere gilt dies für die Berechnungsfaktoren Bodendämpfung und Beugung (Flächenreflexion).

#### 2.3.3.2. *ÖAL-Richtlinie 36, Blatt 1 (2007)*

Im Blatt (Teil) 1 der ÖAL-Richtlinie 36 wird zunächst der größere Kontext der Lärmkarten (inklusive darauf aufbauender Maßnahmenplanung) erläutert und einige bereits bekannte Begriffsdefinitionen vorgenommen. Bezüglich des Straßenverkehrs werden wesentliche Datengrundlagen der Berechnung benannt, welche aber auch bereits in den RVS zu finden waren. Eine wesentliche Ergänzung ist die explizite Nennung von Parkplätzen und Garagen, welche als Punktschallquellen gesondert in die Berechnung einfließen können.

#### 2.3.3.3. *ÖAL-Richtlinie 36, Blatt 2 (2010)*

In Blatt (Teil) 2 wird etwas mehr auf technische Aspekte eingegangen, wobei dies sowohl die Rahmenbedingungen der Pegelberechnungen als auch die Publikation der Lärmkarten betrifft. Ein nennenswerter Punkt ist der Vorschlag, in einem 10x10m-Raster zu rechnen. Dies weicht deutlich von der 5x5m – Vorgabe aus der Bundes-Lärmschutzverordnung ab. In weiterer Folge wird unter anderem sehr detailliert auf die Klassifizierung und zugehörige farbliche Darstellung der Pegel  $L_{den}$  und  $L_{night}$  eingegangen.

#### 2.3.3.4. *ÖAL-Richtlinie 36, Blatt 4 (2007)*

Blatt (Teil) 4 beinhaltet zunächst allgemeine Empfehlungen hinsichtlich der Datenformate der Eingangsdaten und Berechnungsergebnisse (Shapefiles). Wesentlich konkreter und umfangreicher sind die Vorschläge zur Objektdefinition (Benennung, Anzahl + Typen der Attribute usw.)

### **2.3.4. Datengrundlagen der Lärmkarten**

Gemäß §7 der Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung 2006 besteht eine Verpflichtung zur Auflistung aller verwendeten Daten und deren Bezugszeitraum sowie der Angabe des zur Berechnung und Simulation verwendeten Programms; naheliegend wäre, dass diese Informationen über das bereits in Kapitel 2.4.1 erwähnte Portal [www.laerminfo.at](http://www.laerminfo.at) abrufbar sind.

Tatsächlich existiert im Portalbereich „Lärmkarten“ die Rubrik „Methoden & Daten“ mit folgenden Unterabschnitten:

- Verkehrsdaten
- Zuständige Behörden
- Rechenverfahren
- INSPIRE GIS-Daten
- Ballungsräume
- Berichte

Der Unterabschnitt „Verkehrsdaten“ beinhaltet die Auswahloptionen „Verkehrsdaten Autobahnen und Schnellstraßen“ sowie „Verkehrsdaten Haupteisenbahnstrecken“, wobei nachfolgend auch noch das Jahr gewählt werden muss. Allerdings werden keine tabellarischen Verkehrs(stärke)daten publiziert, sondern nur eine Aufbereitung als Karte, in der Jahresdurchschnittswerte (in Kfz/24h, auf Tausend gerundet) abschnittsweise angegeben und farblich dargestellt werden.

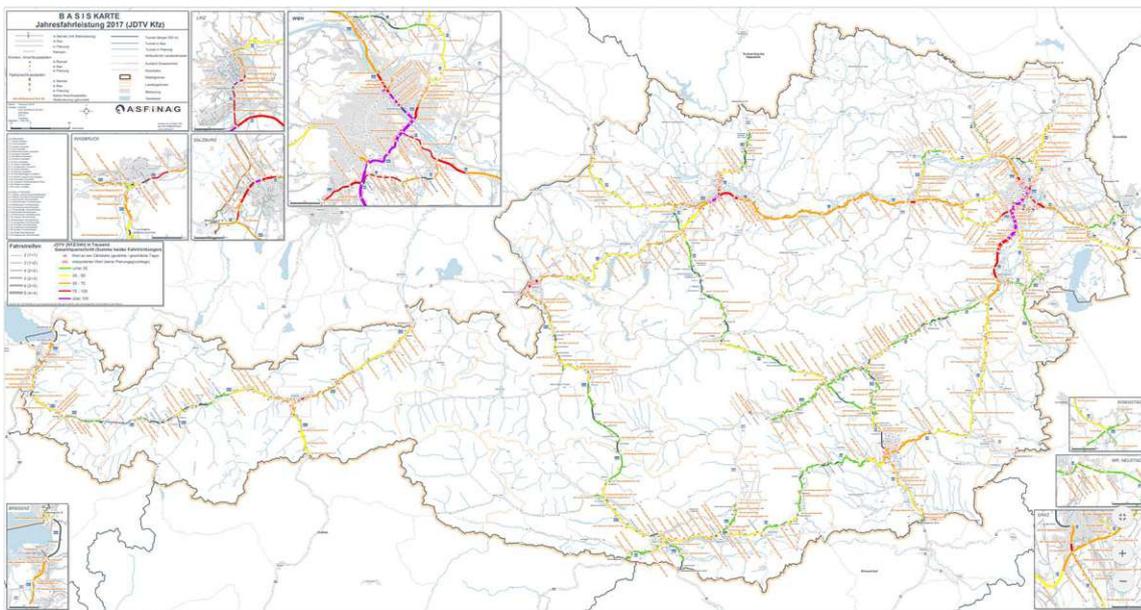


Abbildung 8: Verkehrsstärken-Karte 2017<sup>36</sup>

Unter „Zuständige Behörden“ finden sich die Anschriften der verantwortlichen Stellen auf Bundes- und Landesebene, über „Rechenverfahren“ gelangt man zu den bereits beschriebenen Gesetzestexten und Richtlinien. „INSPIRE GIS-Daten“ stellt einen weiteren Zugangslink zur

<sup>36</sup> <https://www.laerminfo.at/dam/jcr:01d0af0c-56ad-4977-9610-8b62870cf475/ASFINAG%20Karte%20Fahrleistungen%202017.pdf> (zuletzt abgerufen am 03.11.2022).

Umgebungslärmkartierung als Shapefiles<sup>37</sup> dar, „Ballungsräume“ beschreibt das hier gleichfalls schon erwähnte Abdeckungsgebiet auf einer eigenen Seite.

Räumliche Grundlagedaten in Form eines als Shapefile verfügbarem Straßennetz sind, neben dem Schienennetz und Flughafenstandorten, im Eionet / Central Data Repository der European Environment Agency auffindbar, der Link dorthin liegt etwas versteckt auf der Seite „Kartierungsumfang 2017“ im Abschnitt „Berichte“, am Ende der Seite unter „Berichtsdaten Österreich“.

**EIONET**  
Central Data Repository

You are here: Eionet > CDR > Austria > European Union (EU) obligations > Environmental Noise Directive > Noise Directive (DF 1 and DF 5) Report on all major roads, railways, airports and agglomerations > Reporting 2015 > AT\_DF1\_5\_2015\_upd200629

**Services**

- Search by obligation
- Search XML files
- Search for feedback
- Global worklist
- Notifications
- Help

**Account Services**

- I have lost my password

**Note**

Subscribe to receive notifications if you want to stay updated about events in this site.

**Your password**

The Eionet password expires two years after it was last changed.

**Overview | History | Data quality**

**AT\_DF1\_5\_2015\_upd200629**

**Description** Update of the DF1\_5 delivery for 2015: only the traffic volumes in the tabular data for major roads have been completed. Complete set of DF1\_5 noise data for Austria. This deliverable replaces all previous deliverables.

**Obligations** Report on all major roads, railways, airports and agglomerations (DF1 and DF5)

**Period** 2015 - Not applicable

**Coverage** Austria

**Reported** 29 Jun 2020 12:26

**Status** Task(s) waiting to be assigned: **Accept or reject delivery**

**Note**

If you want to stay updated about events in this envelope [Subscribe to receive notifications](#) for this country and the current dataflow(s).

Files in this envelope

1	2	< previous	next	21-37 of 37 items
21	<a href="#">AT_a_Mair_Source.shx</a>	AT_a_Mair_Source.shx	29 Jun 2020	108 B
22	<a href="#">AT_a_Mrail_Source.cpg</a>	AT_a_Mrail_Source.cpg	29 Jun 2020	5 B
23	<a href="#">AT_a_Mrail_Source.dbf</a>	AT_a_Mrail_Source.dbf	29 Jun 2020	70.0 KB
24	<a href="#">AT_a_Mrail_Source.prj</a>	AT_a_Mrail_Source.prj	29 Jun 2020	380 B
25	<a href="#">AT_a_Mrail_Source.sbn</a>	AT_a_Mrail_Source.sbn	29 Jun 2020	3.04 KB
26	<a href="#">AT_a_Mrail_Source.sbx</a>	AT_a_Mrail_Source.sbx	29 Jun 2020	372 B
27	<a href="#">AT_a_Mrail_Source.shp</a>	AT_a_Mrail_Source.shp	29 Jun 2020	1.06 MB
28	<a href="#">AT_a_Mrail_Source.shp.xml</a>	AT_a_Mrail_Source.shp.xml	29 Jun 2020	5.85 KB
29	<a href="#">AT_a_Mrail_Source.shx</a>	AT_a_Mrail_Source.shx	29 Jun 2020	2.29 KB
30	<a href="#">AT_a_Mroad_Source.cpg</a>	AT_a_Mroad_Source.cpg	29 Jun 2020	5 B
31	<a href="#">AT_a_Mroad_Source.dbf</a>	AT_a_Mroad_Source.dbf	29 Jun 2020	0.99 MB
32	<a href="#">AT_a_Mroad_Source.prj</a>	AT_a_Mroad_Source.prj	29 Jun 2020	380 B
33	<a href="#">AT_a_Mroad_Source.sbn</a>	AT_a_Mroad_Source.sbn	29 Jun 2020	37.0 KB
34	<a href="#">AT_a_Mroad_Source.sbx</a>	AT_a_Mroad_Source.sbx	29 Jun 2020	1.18 KB
35	<a href="#">AT_a_Mroad_Source.shp</a>	AT_a_Mroad_Source.shp	29 Jun 2020	6.11 MB
36	<a href="#">AT_a_Mroad_Source.shp.xml</a>	AT_a_Mroad_Source.shp.xml	29 Jun 2020	6.12 KB

Abbildung 9: Screenshot EIONET - Central Data Repository<sup>38</sup>  
(aufgenommen am 04.11.2022)

<sup>37</sup> Vgl. Kapitel 2.3.1

<sup>38</sup> [https://cdr.eionet.europa.eu/at/eu/noise/df5/2015/envxvmpaa/index\\_html?&page=2](https://cdr.eionet.europa.eu/at/eu/noise/df5/2015/envxvmpaa/index_html?&page=2) (zuletzt abgerufen am 04.11.2022).

Die Gesamtübersicht aller im Portal verfügbaren Basisdaten stellt sich wie folgt dar:

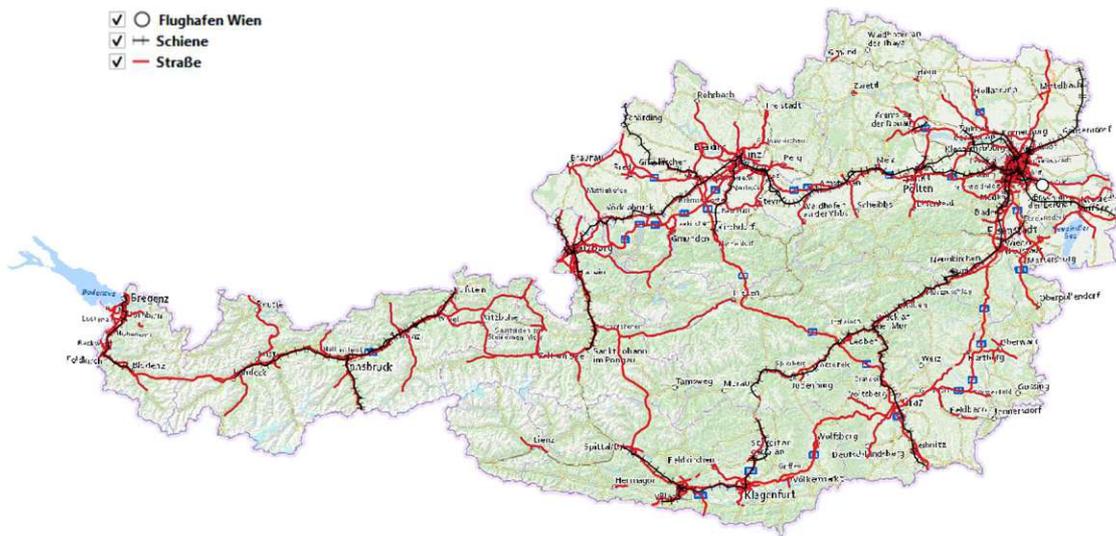


Abbildung 10: Österreichweite Übersicht über verfügbare Basisdaten (QGIS-Screenshot - Hintergrund: Basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Das Straßennetz besitzt, wie auch das Schienennetz und die Flughafenstandorte, keinerlei attributive Informationen, einzig eine fortlaufende ID wird mitgegeben. Im Zuge einer kurzen optischen Prüfung mittels Überlagerung über die Lärm-Shapefiles konnten nachfolgende Feststellungen gemacht werden:

- Entlang der Autobahnen und Schnellstraßen besteht eine (anzunehmende) vollständige Deckung, d.h. Linie und Lärmzonen vorhanden, wobei die Linie des Netzes „einfach mittig“ vorhanden ist, d.h. eine Linie pro Straße und nicht pro Richtung.
- Im Detail besteht allerdings an wenigen Stellen die Ungenauigkeit, dass die Linie im Zuge von Richtungs- bzw. Fahrbahntrennungen, beispielsweise vor zweiröhrigen Tunneln, von der Straßenmitte auf eine der beiden Richtungen „überschwenkt“.



Abbildung 11: Beispiel für Schwenk der Straßennetz-Linie - Pfändertunnel, Vorarlberg (QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

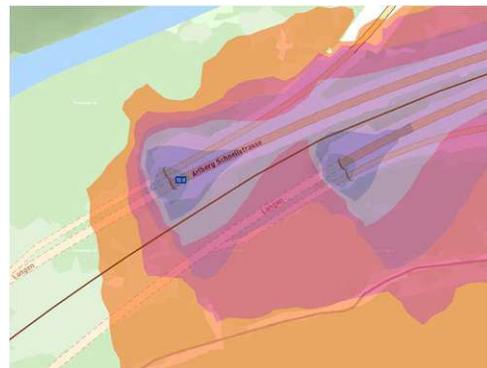


Abbildung 12: Gegenbeispiel mittige Fortführung bei Tunneln - Langen am Arlberg, Vorarlberg (QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

- In innerstädtischen Bereichen von Ballungsräumen existieren einerseits Straßenzüge des Netzes ohne Lärmzonen, andererseits – und weitaus häufiger – ist das Netz bezogen auf ausgewiesene Lärmzonen unvollständig.

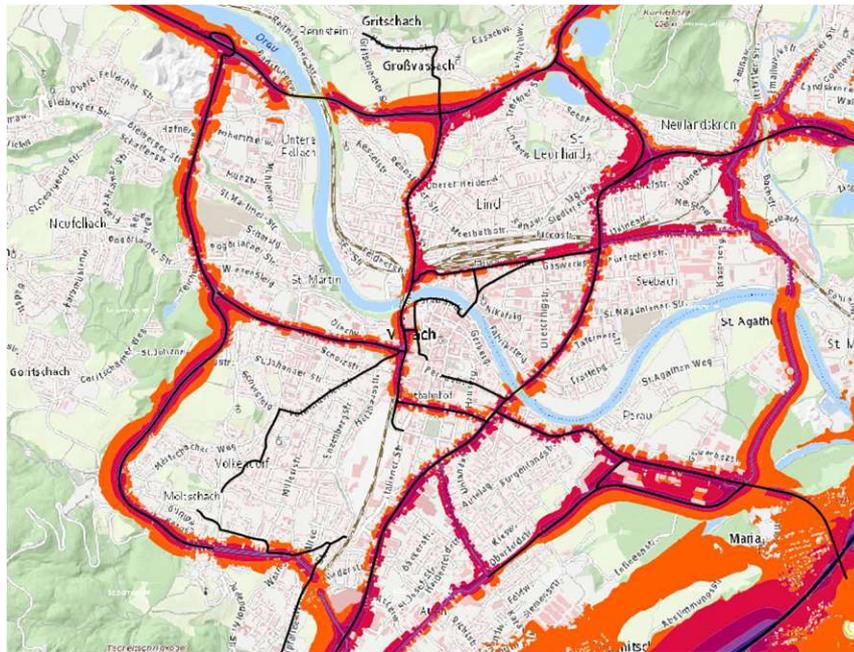


Abbildung 13: Straßenabschnitte ohne Lärmzonen – Villach  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

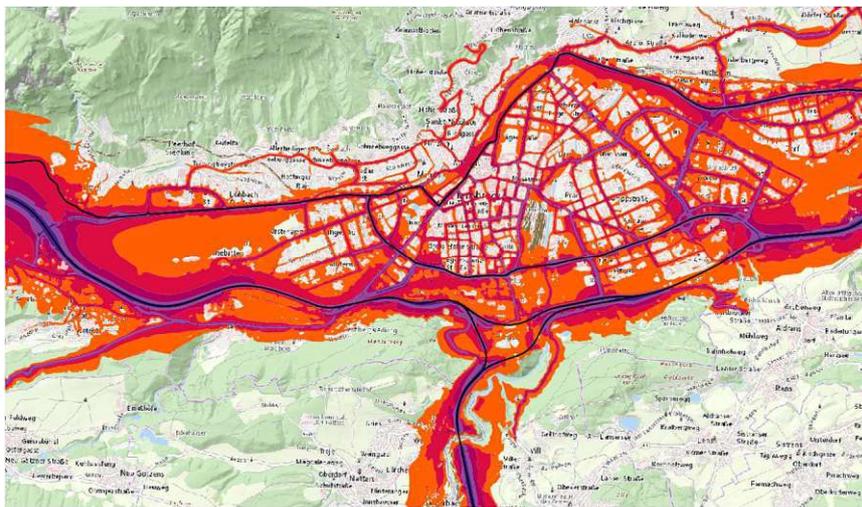


Abbildung 14: Lärmzonen ohne zugrunde liegenden Straßenabschnitt - Innsbruck  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Insofern erscheint es fraglich, ob dieses Straßennetz tatsächlich ein Bestandteil der (für eine automatisierte Berechnung unzweifelhaft notwendigen) Basisdaten war/ist. Weitere denkbare Basisdaten, wie etwa ein Höhenmodell, Daten zu Bodenbeschaffenheit und ähnliches, oder auch Lärmschutzwände konnten nicht gefunden werden.

### 3. Konzept und Methodik der Modellierung

Primäres Ziel dieser Arbeit ist es, zu prüfen, welcher räumliche Detaillierungsgrad und welche Berechnungsqualität man bei ausschließlicher Zuhilfenahme freier Software erreichen kann.<sup>39</sup> Damit ist sowohl die Beschreibung des Grads an technischer Umsetzbarkeit gemeint wie auch, darauf aufbauend, die Messung der aus den softwarebedingten Abstrichen resultierenden Abweichungen zu einem Referenzwert, in diesem Fall die Umgebungslärmkartierung.

#### Mathematische Grundlagen der Modellierung

Da ebenjene in einen rechtlichen Rahmen eingebettet ist und die errechneten Werte auch rechtsverbindlich sind, kann von der fachlichen Richtigkeit der Rechenvorgaben ausgegangen werden, was auch der Verwendung als Vergleichswerte zugrunde liegt. Insofern liegt es auf der Hand, dass die Rechenvorgaben (ÖAL-Richtlinie 28) auch für die eigene Modellierung herangezogen werden; es erfolgt keine eigene recherchebasierte Zusammenstellung eines Rechenweges.

#### Festlegung von und Durchrechnung des Modells in Testgebieten

Nach initialer Programmierung folgen Testläufe des Modellierungscodes einerseits in kleinräumigen Testgebieten mit jeweils einzelnen Abschnitten und andererseits auf Basis von festgelegten Abschnittsfolgen in größeren räumlichen Gebieten. Erstere dienen dem Vergleich mit den Werten der Shapefiles der Umgebungslärmkartierung, wobei diese Werte in einer generalisierten Form vorliegen (keine db-genauen Werte, sondern Klassen) und dadurch keine exakten Aussagen möglich sind, allerdings kann zumindest eine Tendenz hinsichtlich der Korrektheit der Berechnung abgeleitet werden. Mittels der zweitgenannten Vorgangsweise wird festgestellt, wie sich die Code-Performance mit Blick auf die festgelegte Berechnungs- bzw. Bearbeitungszeit von insgesamt einer Woche verhält. Aufbauend auf die Testläufe erfolgen gegebenenfalls Anpassungen und Weiterentwicklungen des Codes.

#### Räumliche Ausdehnung auf das gesamte Bundesgebiet

Zuletzt wird eine Durchrechnung für ganz Österreich durchgeführt und das Ergebnis wie auch der Entwicklungsprozess der Modellierung einer detaillierten Analyse unterzogen.

---

<sup>39</sup> Vgl. Kapitel 1.2

### 3.1. Grundsätzliche Festlegungen

#### 3.1.1. Rasterbasierte Umsetzung

Eine rechnergestützte Simulation der Lärmausbreitung bzw. Lärmbelastung kann technisch auf zwei unterschiedliche Arten durchgeführt werden: vektorbasiert und rasterbasiert. Die erste Variante lässt sich am ehesten als geometrischen Nachbau des Weges beschreiben, den eine Schallwelle vom Ursprung zu einem bestimmten Beobachtungspunkt, dessen Koordinaten als Eingangsvariablen angegeben werden müssen, zurücklegt. Dadurch kann theoretisch ein sehr hoher Genauigkeitsgrad erreicht werden, die Berechnungszeit wäre aber schon für eine einzelne Simulation vergleichsweise lang. Die zweite Variante bedeutet die gleichzeitige Berechnung von (numerischen) Werten für alle Zellen eines durch Zellgröße und Ausdehnung definierten Rasterlayers. Hierfür sind sowohl andere Rasterlayer als auch Vektor-Geometrien als Eingangsvariablen nutzbar. Eine großmaßstäbliche Lärmsimulation, wie sie in dieser Arbeit angedacht ist, kann sinnvoll nur rasterbasiert durchgeführt werden. Der Gedanke einer vektorbasierten Umsetzung soll aber nicht gänzlich verworfen werden, sondern wird im Kapitel 5.3.6, das mögliche Weiterentwicklungen beschreibt, kurz vorgestellt.

Ein maßgeblicher Einflussfaktor auf die Berechnungszeit im Zuge einer rasterbasierten Umsetzung ist die Rastergröße. Nachfolgende Übersicht stellt die Anzahl an Rasterzellen sowie den benötigten Speicherplatz (als Indikator für den Rechenaufwand) für ausgewählte Referenzgebiete sowie für ganz Österreich dar, jeweils bei verschiedenen gewählten Rastergrößen.

Referenzgebiet	Rastergröße	Benötigter Speicherplatz	Anzahl Rasterzellen
Gemeinde Mödling	10m x 10m	19,5 MB	5.133.420
Gemeinde Mödling	5m x 5m	78 MB	20.533.680
Gemeinde Mödling	2,5m x 2,5m	312 MB	82.134.720
Wien	10m x 10m	25,7 MB	6.752.550
Wien	5m x 5m	103 MB	26.999.723
Wien	2,5m x 2,5m	412 MB	107.998.892
NÖ + Wien	10m x 10m	1,26 GB	340.625.912
NÖ + Wien	5m x 5m	5,04 GB	1.362.503.648
NÖ + Wien	2,5m x 2,5m	20,16 GB	5.450.014.592
Österreich	10m x 10m	6,6 GB	1.689.914.328
Österreich	5m x 5m	26,4 GB	6.759.598.320
Österreich	2,5m x 2,5m	Nicht mehr berechnet	Nicht mehr berechnet

*Tabelle 1: Rasterlayer-Kennzahlen für Referenzgebiete*

Darauf aufbauend erscheint eine Umsetzung mittels 5x5m-Raster in noch zu definierenden Testgebieten sinnvoll, für eine österreichweite Durchrechnung muss die Granularität aber sehr wahrscheinlich auf mindestens 10x10m erhöht werden.

### 3.1.2. Serielle Modellierung, Aufsummierung und Parallelisierung

Die rasterbasierte Umsetzung der Modellierung ist als quellzentrierte Variante zu verstehen, d.h. es wird jeweils für eine Straße oder einen Straßenabschnitt die hierauf basierende Schallbelastung der Umgebung bestimmt. Das einzige technische Kriterium ist das Vorhandensein als Linien-String innerhalb eines Vektorlayers, der dann in einen Rasterlayer transferiert wird.

Die Idee für die Bestimmung der Schallbelastung eines größeren Gebietes bzw. des gesamten Bundesgebietes ist, jede Straße zunächst einzeln zu modellieren und die Ergebnis-Layer mit den Schallwerten dann fortlaufend aufzusummieren. Dies erscheint aus praktischen Gründen (Speicherplatzbedarf, Übersichtlichkeit u.a.) erstrebenswerter als eine Zwischenspeicherung der Modellierungen aller Straßen(abschnitte) und folgende Aufsummierung „in einem“. Beim Aufsummieren müssen die Rechenregeln für die Addition von Schallpegeln beachtet werden.

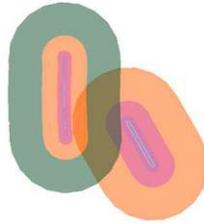


Abbildung 15: Schematische Darstellung zweier überlappender Schall-Ausbreitungsbereiche  
(Eigene Bearbeitung)

Unmittelbar an Berechnung und Aufsummierung wird der nur für die gerade betrachtete Straße erstellte Layer gelöscht; beibehalten wird dagegen nur der kontinuierlich erweiterte Gesamtergebnis-Layer. Alle beschriebenen Vorgänge sollen codebasiert automatisiert durchgeführt werden. Nachfolgend eine grobe Skizzierung der Umsetzung innerhalb einer Schleife:

```

i = 1
while (i <= Anzahl Straßen) {
    if (i == 1) {
        Berechne/Erstelle temporäre Abschnittsmodellierung basierend auf Straße i
        (fortlaufender) Gesamt-Layer = Temporäre Abschnittsmodellierung
    } else {
        Berechne/Erstelle temporäre Abschnittsmodellierung basierend auf Straße i
        (fortlaufender) Gesamt-Layer += Temporäre Abschnittsmodellierung
        Lösche temporäre Abschnittsmodellierung
    }
    i += 1
}

```

Um die Berechnungszeit insgesamt kurz zu halten, ist es zwingend notwendig, die Abfolge der in die Simulation eingehenden Straßenabschnitte räumlich zu gliedern. Hintergrund ist, dass das insgesamt Ergebnis-Raster (oben als „Gesamt-Layer“ bezeichnet) fortlaufend größer wird, dabei aber nicht größer als notwendig werden soll. Auch die Ladezeit des Ergebnis-Rasters spielt in dem Zusammenhang eine Rolle.<sup>40</sup> In dieser Arbeit werden die zu modellierenden Abschnitte zunächst in Autobahnen/Schnellstraßen und übrige Straßen aufgeteilt. Für erstgenannte Straßentypen wird eine Gliederung auf Bundesland-Ebene vorgenommen; d.h. Abschnitte werden entsprechend ihrem anteilig längsten Verlauf einem Bundesland zugeordnet und innerhalb dessen der Länge nach aufsteigend nummeriert, die einzelnen Bundesland-Ergebnisse werden dann von West nach Ost aufsummiert.<sup>41</sup> Die übrigen Straßen werden gemeindeweise modelliert, anschließend erfolgt eine bezirks-, dann bundesland- und schließlich österreichweite Zusammenführung. Am Ende müssen noch die entstandenen Ergebnis-Layer beider Straßen-Typen addiert werden.

Es besteht technisch die Möglichkeit, Berechnungsvorgänge zu parallelisieren, zum einen direkt im Code als Parallelisierung der Schleifendurchläufe und zum anderen als Mehrfach-Aufruf des Scripts. Die erstgenannte Methode wird in der Modellierung ausgeklammert, dafür aber im abschließenden Kapitel „Möglichkeiten zur Weiterentwicklung“ angeführt; von der zweiten Methode wird zumindest in Bezug auf die gleichzeitige Durchrechnung von Autobahnen/Schnellstraßen und übrigen Straßen Gebrauch gemacht.

### **3.1.3. Aggregationslevel und Anzahl der Straßen**

Das zentrale Thema bezogen auf die zuvor vorgestellte Vorgangsweise ist das Aggregationslevel der zu modellierenden Straßen und damit einerseits deren Anzahl, da sich hieraus ergibt, wie oft der Modellierungsvorgang durchgeführt wird, andererseits aber auch die (durchschnittliche) Länge, welche – zusammen mit dem Quellpegelwert - die Ausdehnung des Analysegebiets pro Modellierungsvorgang definiert.

In einem höchstmöglich aufgelösten Straßennetz wird jede Linie sowohl an Änderungspunkten, d.h. wenn im Straßenverlauf die Charakteristik<sup>42</sup> wechselt, als auch an Knotenpunkten (Kreuzungen) gebrochen. Die damit einher gehende, enorm hohe Zahl an Einzelabschnitten und dadurch sich wiederholenden Rechenfolgen (bezogen auf das gesamte Bundesgebiet) erscheint für eine

---

<sup>40</sup> Ein Gedankenexperiment: Das Ergebnis der Modellierung der westlichsten Straße Vorarlbergs würde mit einem burgenländischen Zwischenergebnis aufsummiert werden. Es entsteht ein österreichweites, größtenteils leeres Raster. Eine solche Vorgehensweise wäre langsam und ineffizient.

<sup>41</sup> Vgl. Kapitel 4.1.1.3

<sup>42</sup> z.B. Straßenbreite, Tempolimit, Anzahl Fahrspuren, ...

angestrebte Berechnungszeit von maximal einer Woche zunächst zu groß. Deswegen wird einerseits eine Vorauswahl an tatsächlich (lärm)relevanten Abschnitten getroffen und werden andererseits mehrere ähnliche und gleichzeitig verknüpfte Straßenabschnitte zu einem Abschnitt zusammengefasst (aggregiert). Die Aggregation ist an die Breite und Tiefe der attributiven Informationen des verwendeten Straßen-Datensatzes geknüpft. Dazu können, wie auch schon kurz zuvor erwähnt, etwa Straßenrang (in Form einer hierarchischen Gliederung), Breite, Anzahl der Fahrspuren, Oberflächenbeschaffenheit und Geschwindigkeitsbeschränkung zählen.

Ebenfalls von den vorhandenen Straßenattributen abhängig und mit der Festlegung von Regeln zur Aggregation wechselweise abhängig ist die Zuordnung von Default-Quellpegelwerten zu den Abschnitten. Der Hintergrund der Nutzung solcher Werte anstelle von berechneten Werten wurde bereits in der Einleitung dargelegt.<sup>43</sup> Dazu ist anzumerken, dass reale Messwerte vollumfänglich nur für das Autobahn- und Schnellstraßennetz abrufbar sind. Für Bundes- und Landesstraßen besteht nur eine sehr eingeschränkte Datenverfügbarkeit, die zusätzlich noch je nach Bundesland variiert; insofern wäre auch die Frage zu klären, inwieweit sich Berechnungsergebnisse für einzelne Straße auf andere übertragen bzw. verallgemeinern lassen können.

Einen Ansatzpunkt für die „untere Grenze“ an auszuwählenden Straßenabschnitten bietet die Umgebungslärmkartierung. In ihr beträgt der Grenzwert für die Darstellung von Lärm im 24h-Mittelungspegel 55db; dieser Wert soll auch in der vorliegenden Arbeit als Referenz dienen. Das bedeutet, dass Straßen, denen ein Default-Quellpegel von größer/gleich 55db zuzuordnen ist, jedenfalls in die Modellierung miteinzubeziehen sind. Theoretisch kann ein Wert von über 55db jedoch auch über Summierung von Pegelwerten mehrerer Straßen zurückzuführen sein, weshalb auch Straßen mit leicht niedrigerem Quellpegel berücksichtigt werden sollen. Als realer Grenzwert wird deswegen 50db festgelegt; damit ist einerseits der niedrigste Default-Quellpegelwert gemeint und andererseits die Eigenschaft als Festwert für die Bestimmung der Größe des Berechnungsgebietes pro Abschnitt.<sup>44</sup> Die Aggregation, Defaultwert-Vergabe und Straßenauswahl wird im Kapitel 4.1.1 im Detail behandelt.

---

<sup>43</sup> Vgl. Kapitel 1.2

<sup>44</sup> Vgl. Kapitel 4.2.1.1

### 3.1.4. Schalltechnische Typisierung der Quelle

Eine wesentliche Entscheidung im Zuge der Modellierung ist die Frage der Typisierung der Quelle zur Festlegung des Berechnungswegs. In der Realität ist eine Straße ein Pfad, auf dem sich Punktschallquellen (=Fahrzeuge) in eine oder beide Richtungen bewegen können. Für eine wirklichkeitsgetreue Umsetzung dessen ergäben sich enorm komplexe Anforderungen hinsichtlich Datengrundlagen, Berechnungswegen, Hard- und Softwareinsatz. In der Fachliteratur wird zwischen Punkt-, Linien- und Flächenschallquellen unterschieden. Eine punktförmige Schallquelle ist durch einen kugelförmigen Ausbreitungsweg gekennzeichnet, eine linienförmige Schallquelle durch einen zylindrischen. Eine Flächenschallquelle kann als Ansammlung von Punktschallquellen beschrieben werden, ist für die Zwecke dieser Arbeit aber nicht von Bedeutung. Die distanzbedingte Pegelabnahme wird bei einer Punktschallquelle höher angenommen als bei einer Linienschallquelle. Stark vereinfacht gesagt liegt dies daran, dass sich bei einer Punktschallquelle der Schalldruck gleichmäßig in alle Richtungen ausbreitet (dreidimensional), wohingegen eine Linienschallquelle quasi eine Aneinanderreihung von Punkten mit kreisförmigem (zweidimensionalem) Ausbreitungsweg – und damit quasi rechtwinklig zur Linienquelle - darstellt.

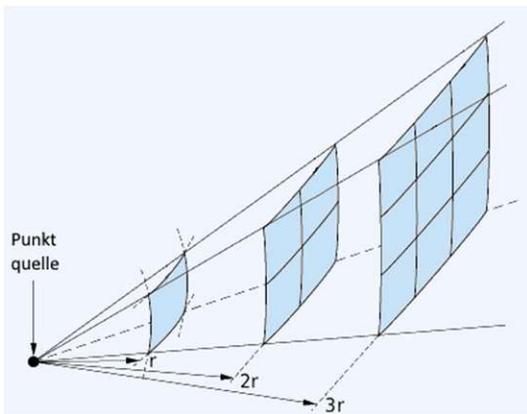


Abbildung 16: Projektion einer kugelförmigen Schallausbreitung (Eigene Bearbeitung)

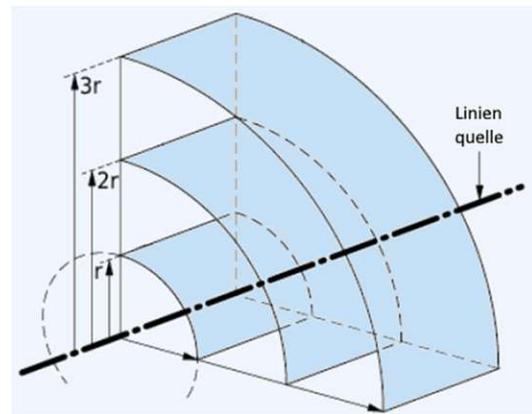


Abbildung 17: Projektion einer zylindrischen Schallausbreitung (Eigene Bearbeitung)

Als Konsequenz daraus ist bei der Nutzung von Linienquellen zunächst immer die geringstmögliche (rechtwinklige) Distanz von einem Messpunkt zur Quelle als Berechnungsbasis heranzuziehen.

In der ÖAL-Richtlinie 28 wird explizit darauf hingewiesen, dass das in ihr beschriebene Verfahren zur Modellierung der Schallausbreitung von (statischen) Punktquellen ausgeht:

Reale Quellen werden durch eine Reihe von Punktquellen oder – im Falle des Eisenbahn- oder Straßenverkehrs – durch inkohärente Linienquellen beschrieben. Das Ausbreitungsverfahren beruht auf der Annahme, dass Linien- oder Flächenquellen zuvor aufgeteilt werden, damit sie mittels einer Reihe

äquivalenter Punktquellen dargestellt werden können. Dies kann als Aufbereitung der Quelldaten oder im Rahmen der Pathfinder-Komponente der Berechnungssoftware erfolgen. Die Mittel, mit denen dies erfolgt, gehören nicht zum Anwendungsbereich der aktuellen Methodik.<sup>45</sup>

Hintergrund dessen ist vor allem die Tatsache, dass in der Realität der direkte Pfad vom Messpunkt zum nächstgelegenen Punkt auf einer Linienschallquelle nicht zwingend der Ausbreitungsweg sein muss, bei dem die geringste Pegelminderung vorliegt; beispielsweise etwa dann nicht, wenn sich auf diesem Pfad ein Hindernis (Gebäude o.ä.) befindet.

Weiters zu beachten ist die Auswirkung von Kurven: Für Berechnungspunkte, die von einer Straße „umgeben“ sind, existieren mehrere gleich (oder ähnlich) lange Pfade zur Straße. Im Falle einer Aufteilung der Straße in eine ausreichend hohe Anzahl an äquivalente Punktschallquellen ist die Annahme naheliegend, dass für den entsprechenden Punkt ein höherer Pegelwert berechnet wird, als wenn die Straße als Linienschallquelle definiert wird und die Berechnung damit nur auf einem einzigen Pfad beruht.



Abbildung 18: Hindernis im Ausbreitungsweg  
(Eigene Bearbeitung auf Basis der Basemap.at-  
Verwaltungsgrundkarte Standard)

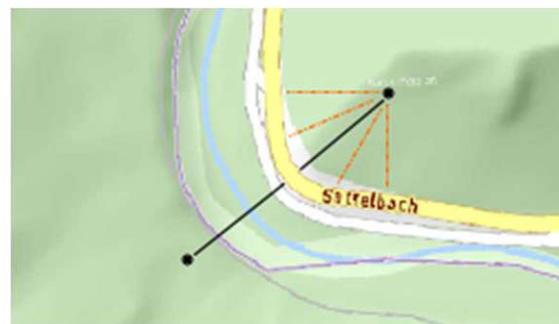


Abbildung 19: Verzerrung durch Kurven  
(Eigene Bearbeitung auf Basis der Basemap.at-  
Verwaltungsgrundkarte Standard)

Die Aufteilung einer Straße in Punktschallquellen würde also der ÖAL-Richtlinie gerecht werden und zweifellos eine präzisere Simulation ermöglichen, als dies mit Linienquellen möglich ist, gleichzeitig aber einen Mehraufwand bedeuten, der weit über den gesteckten Rahmen dieser Arbeit hinaus geht. So wäre zunächst Anzahl und Abstand der eine Straße repräsentierenden Punktschallquellen zu bestimmen; wesentlich ist auch, dass für jeden beliebigen Messpunkt im theoretischen Schallausbreitungsgebiet<sup>46</sup> eine Pegelabnahme entlang der Pfade zu allen festgelegten Punktschallquellen berechnet und alle Werte dann aufsummiert werden müssten. Dies ist ohne fachspezifische Software aufgrund der entstehenden Datenmenge und Komplexität nicht möglich.

<sup>45</sup> Zitiert aus: ÖAL-Richtlinie 28 (2021), S.10

<sup>46</sup> Durch diejenige Distanz begrenztes Gebiet, ab der die Pegelabnahme bei optimalen Ausbreitungsbedingungen (keine Hindernisse, keine Bodendämpfung, d.h. nur geometrisch entfernungsbedingte Minderung) zur Unterschreitung der Wahrnehmungsschwelle – oder eine vorher zu definierende Schwelle – führt.

Insofern ist die Nutzung von Linienschallquellen für den Zweck dieser Arbeit alternativlos. Die Unklarheit, ob die Pegelminderung des bei Linienschallquellen angenommenen geraden bzw. zur Straße rechtwinkligen Ausbreitungswegs tatsächlich der Realität am nächsten kommt (vgl. Abbildung 20), muss aber jedenfalls als erster wesentlicher Unsicherheitsfaktor der Modellierung benannt werden.

### 3.1.5. Geometrische Repräsentanz und Berechnungsursprung

Nach der Entscheidung für Linienquellen als Berechnungsbasis ist in einem zweiten Schritt zu definieren, wo der Berechnungsursprung angesetzt wird. Dies ist mittelbar abhängig von der geometrischen Repräsentanz der Straße in einem Rasterlayer. Vektorbasiert kann eine Straße entweder als Linie (die allenfalls eine attributive Information über die Breite verfügt) oder als Polygon (das sich in einem GIS mittels Puffer aus einer Linie erstellen lässt) modelliert werden. Beides ist grundsätzlich in ein Raster übertragbar.

Im Falle einer rein linienförmigen Modellierung würden nur solche Rasterzellen als Straße klassifiziert werden (und damit den Ausgangspegel als Wert zugewiesen bekommen), die eine Linie berühren oder schneiden. Der Berechnungsursprung läge dann auch direkt an der Linie. Bei einer Modellierung als Polygon werden all jene Rasterzellen zur Straßenzellen, die sich entweder innerhalb des Polygons befinden oder dieses schneiden/berühren. Der Berechnungsursprung läge an der Außenkante des Polygons. Möglich ist auch eine Mischform, d.h. Berechnung von der Linie weg, allerdings mit nachgestellter Überlagerung eines Straßen-Polygons mit dem Ausgangswert.

Bei den Shapefiles der Umgebungslärmkartierung kommt es des Öfteren vor, dass allein auf der Fahrbahn einer Straße unterschiedliche Werte (Wertklassen) ausgewiesen werden, was eher auf eine linienhafte Straßenmodellierung und damit eine Berechnung der Ausbreitung direkt von der Linie weg hindeutet.



Abbildung 20: B17 Triester Straße, Wien  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Um der Realität möglichst nahe zu kommen, erscheint die geometrische Repräsentanz als Polygon besser, auch wenn dies in der Umgebungslärmkartierung offenbar anders umgesetzt ist. Die Frage des Berechnungsursprungs – wesentlich für einen späteren Vergleich – wird hiervon vorläufig getrennt. Die Umsetzung im Code soll beide Varianten beinhalten, die dann mittels Steuerparameter ausgewählt werden können.

### 3.1.6. Endpunkte und Kreuzungen

Aufgrund der Charakteristik von Linienschallquellen ergibt sich ferner das Endpunktproblem: Es stellt sich die Frage, ob und wie der Einfluss von Linienschallquellen auf solche Beobachtungspunkte zu simulieren ist, die nicht im zylinderförmigen (Haupt-)Ausbreitungsweg liegen und damit eine rechtwinklige Verbindung zur Straße aufweisen, sondern „neben“ bzw. nahe den Enden – unabhängig davon, ob die Straße an sich als Linie oder Polygon modelliert worden ist.

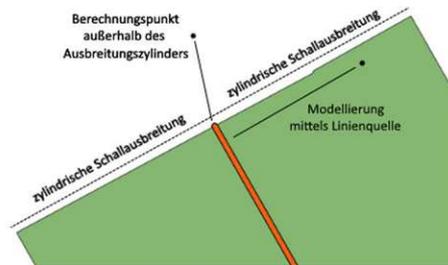


Abbildung 21: Endpunktproblem  
(Eigene Bearbeitung)

Außer im Falle einer Sackgasse sind die virtuellen Endpunkte eines Straßenabschnittes aber keine realen Straßenenden,<sup>47</sup> sondern markieren entweder eine Rang- oder physische Änderung entlang einer durchgehenden Straße, oder sie fallen mit Kreuzungen zusammen.

Würde die Schallausbreitung rein zylindrisch – d.h. wie in der vorherigen Grafik im Endpunkt rechtwinklig begrenzt – modelliert werden, so wäre ein Einfluss eines Straßenabschnittes auf einen Folgeabschnitt hinsichtlich der Schallausbreitung im Übergangsbereich ausgeschlossen, da es zwischen den Zylindern keine oder bei anschließenden Kurven allenfalls in Randbereichen existierende Überschneidungen gäbe. Bei Kreuzungen mit Straßen gleichen Quellpegels stellt dies eine logische bzw. fachlich korrekte Vorgehensweise dar; in allen anderen Fällen wäre eine Schallausbreitung über die rechtwinklige Begrenzung hinaus anzunehmen, allerdings nicht als Linienquelle, sondern als – mit einer deutlich größeren Schallabnahme verbundenen - Punktquelle.

<sup>47</sup> Neben realen Endpunkten (Sackgassen) existieren auch nicht-reale Endpunkte, nämlich alle Grenzübergänge, an denen eine durchgehende Straße außerhalb Österreichs nicht mehr erfasst ist. Dies spielt aber für die eigene Modellierung der Arbeit keine echte Rolle.

Modellierungstechnisch wäre dies so zu lösen, dass neben dem zylindrischen zusätzlich auch ein zunächst kreisförmiger Ausbreitungsbereich an den Endpunkten bestimmt wird, von der der zylinderförmige Ausbreitungsbereich abgezogen wird, so dass eine Halbkreis-Erweiterung entsteht, in der die entsprechend höher berechnete Schallabnahme zum Tragen kommt. Damit einhergehen würde allerdings zunächst die Notwendigkeit zusätzlicher topologischer Analysen, d.h. ob die anschließenden Straßen denselben Quellpegelwert aufweisen oder nicht. Nach eingehender Überlegung und Abwägung wird entschieden, diesen Punkt aufgrund der durch Punktquellen generierten sehr niedrigen Schallwerte und damit insgesamt geringer Auswirkungen initial nicht weiter zu verfolgen, sondern alle Straßen geometrisch einheitlich – nach Möglichkeit zylindrisch - zu modellieren. Dafür erfolgt eine Aufnahme in die Liste der Möglichkeiten zur Weiterentwicklung.<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> Vgl. Kapitel 5.3.4

## 3.2. Vorgaben zur Berechnung der Ausbreitung gemäß ÖAL-Richtlinie 28

In diesem Kapitel wird zunächst die Grundformel der Berechnung vorgestellt und auf deren einzelne Komponenten eingegangen. In weiterer Folge wird erläutert, welche Formeln und Vorgaben unverändert, welche nur eingeschränkt bzw. in adaptierter Form und welche nicht übernommen werden (können), und inwieweit in letzterem Fall eine Alternativlösung möglich ist.

### 3.2.1. Grundformel der Berechnung

Die Formel lautet  $L_F = L_{W,0,dir} - A_F$ , wobei  $L_F$  den zu berechnenden Pegel repräsentiert,  $L_{W,0,dir}$  den Basispegel und  $A_F$  die Gesamtdämpfung, die als Summe einzelner Dämpfungsfaktoren ( $A_F = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary}$ ) bestimmt ist. Diese lassen sich wie folgt beschreiben:

- $A_{div}$  stellt die distanzabhängige, geometrische Ausbreitungsdämpfung dar<sup>49</sup>
- $A_{atm}$  steht für die Dämpfung aufgrund von Luftabsorption, ebenfalls distanzabhängig
- $A_{boundary}$  repräsentiert die aus der Wechselwirkung mit Boden und Hindernissen entstehende Dämpfung

### 3.2.2. Übernahme, Anpassungen und Weglassungen

#### 3.2.2.1. Weglassung der Mehrfachberechnung gemäß A-Bewertung

Die ÖAL-Richtlinie weist als Ergebnis einen A-bewerteten Langzeit-Dauerschallpegel aus.<sup>50</sup> Dies würde eine Mehrfachdurchrechnung jeder abschnittswisen Ausbreitung mit verschiedenen Frequenzen, Bewertungskorrektur und abschließender Aufsummierung erfordern, was aus Zeitgründen nicht möglich ist. Anstelle dessen wird nur eine Berechnung für das mittlere 1000Hz-Oktavband durchgeführt, da bei dieser Frequenz als einziger keine Korrektur vorzunehmen ist. Somit ist jedenfalls davon auszugehen, dass die Modellierung tendenziell etwas niedrigere Werte ausweisen wird als das Referenzraster. Ein Hinweis auf die vollständige Berechnung wird als Unterkapitel 5.3.7 in die Liste der Möglichkeiten zur Weiterentwicklung aufgenommen.

<sup>49</sup> In der Fachliteratur wird die geometrische Abnahme oftmals nicht direkt auf den Quellpunkt bezogen, sondern auf einen zwischen Quelle und Berechnungspunkt gelegenen Bezugspunkt:

$$L_2 = L_1 - 20 \times \lg(r_2/r_1)$$

$L_1$  ... Pegel am Bezugspunkt (mit Lage zwischen Quelle und Berechnungspunkt)

$L_2$  ... Pegel am Berechnungspunkt

$r_1 / r_2$  ... Direkte (Schräg)Entfernung zwischen Bezugspunkt / Berechnungspunkt und Quelle

Dies liegt darin begründet, dass eine exakte Messung mit akustischer Technik ja nie direkt am Punkt der Quelle, sondern nur in einem bestimmten Abstand (Bezugspunkt  $L_1$ ) durchgeführt werden kann. Der Zusammenhang zwischen den beiden Formeln wird ersichtlich, wenn man  $r_1$  mit 1m ansetzt und  $L_{1,nur}$  mittels  $A_{div}$  berechnet:  $A_{div}$  wird aufgrund  $\lg(1) = 0$  selbst zu 0, wodurch  $L_1$  den Quellwert annimmt,  $r_1$  kürzt sich weg. Damit ist die Ursprungsgleichung  $L_F = L_{W,0,dir} - A_F$  für  $A_F = A_{div}$  wiederhergestellt.

<sup>50</sup> Siehe dazu Kapitel 2.1.1.4

### 3.2.2.2. Schalleistungspegel versus Schalldruckpegel / $A_{div}$

In Bezug auf die Grundformel ist festzuhalten, dass  $L_{W,0,dir}$  im Detail einen Schalleistungspegel beschreibt, wohingegen  $L_F$  für einen Schalldruckpegel steht.<sup>51</sup> Nachdem der energieäquivalente Dauerschallpegel (Zielgröße der RVS 04.02.11, in der Umgebungslärmkartierung Österreichs sowie in dieser Arbeit als Quellpegel genutzt) aber als Druckpegel definiert ist, muss die Formel für die Nutzung als Grundlage der Modellierung an einer Stelle korrigiert werden. Dies geschieht durch Adaption der Berechnung des ersten Terms  $A_{div}$  (geometrische Ausbreitungsdämpfung), dessen Formel wie folgt lautet:

$$A_{div} = 20 \times \lg(d) + 11$$

Die Variable  $d$  entspricht der direkten (Schräg-)Entfernung zwischen Quelle und Berechnungspunkt in Meter, die Konstante 11 beschreibt den Unterschied zwischen Schalldruckpegel und Schalleistungspegel am Ursprung in Dezibel. Da in der Modellierung, wie zuvor beschrieben, auch der Quellpegel ein Druckpegel ist, muss diese Konstante weggelassen werden.

### 3.2.2.3. Nutzung von Linienquellen anstelle von Punktquellen

Wie bereits in Kapitel 3.1.4 erwähnt, wird in der ÖAL-Richtlinie 28 die Verwendung von Punktschallquellen vorgeschrieben, was sich allerdings mit Open-Source-Software praktisch nicht umsetzen lässt. Es ist aber möglich, die in der Richtlinie angegebene, von Punktquellen ausgehende Formel der distanzabhängigen Pegelminderung für Linienquellen zu adaptieren, nämlich durch eine Änderung des Multiplikators (in der Definition von  $A_{div}$ , siehe oben) von 20 auf 10.<sup>52</sup> Dieser Multiplikator wird in weiterer Folge als Source-Faktor bezeichnet.

### 3.2.2.4. Übernahme Dämpfungskoeffizient Luft / $A_{atm}$

Der zweite Term  $A_{atm}$  steht für die luftabsorptionsbedingte Schalldämpfung. Er hängt gleichfalls von der Distanz ab und wird wie folgt bestimmt:

$$A_{atm} = (\alpha_{atm} \times d) / 1000$$

$\alpha_{atm}$  ist der Koeffizient der Dämpfung in der Atmosphäre in db/km, der sich aus der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und der für die Pegelberechnung angenommenen Frequenz bestimmen lässt. Im Rahmen der strategischen Lärmkartierung wird gemäß der ÖAL-Richtlinie eine

<sup>51</sup> Vgl. sengpielaudio: Schalleistungsrechner, online

<sup>52</sup> Vgl. Städtebauliche Lärmfibel, online.

Durchschnittstemperatur von  $10^\circ$  sowie eine durchschnittliche Luftfeuchtigkeit von 70% angenommen, dies wird so auch in die eigene Modellierung übertragen.

### 3.2.2.5. *Ausbreitungsweg - Distanz, Dämpfung, Beugungen und Reflexionen / $A_{boundary}$*

Das Thema der Abbildung des Ausbreitungsweges (zwischen Quelle und Messpunkt), welches im Wesentlichen die Bestimmung der Distanz in Kombination mit Beugungen, Dämpfungen und Reflexionen beinhaltet, ist das komplexeste im Rahmen der Modellierung, und gleichzeitig das auf Rasterbasis am schwierigsten umzusetzende.

Hinsichtlich der Distanz ist zunächst festzuhalten, dass in der Berechnung von  $A_{div}$  und  $A_{atm}$  die direkte Schrägdistanz als Eingangsparameter vorkommt. Diese sollte sich durch Kombination eines 2D-Distanzrasters mit einem Höhenraster bestimmen lassen. Definitiv an eine Grenze stößt die rasterbasierte Umsetzung aber beim dritten Term  $A_{boundary}$ .

$A_{boundary}$  kann entweder als rein bodenbedingter Dämpfungsfaktor  $A_{ground}$  ohne Beugungen, gebäudebedingte Dämpfungen und Reflexionen, also ohne Hindernisse, berechnet werden, oder – im Falle eines oder mehrerer Hindernisse im Ausbreitungsweg – als  $A_{dif}$ , wobei hier alle Einflussfaktoren in eine gemeinsame Berechnung zusammengefasst werden. In der Richtlinie werden explizit zwei Kriterien beschrieben, anhand derer entschieden werden kann, ob für eine Quelle-Empfänger-Relation die Berechnung von  $A_{dif}$  erforderlich ist.<sup>53</sup>

Die Rastertechnik ist primär darauf ausgelegt, entweder jeweils gleich gelegene Rasterzellen zweier bzw. mehrerer Layer oder bestimmte Rasterzellen eines einzelnen Layers miteinander in Beziehung zu setzen und dementsprechende Berechnungen anzustellen. Die Analyse eines Pfades, d.h. von Rasterzellen auf einem Weg zwischen einer definierten Quelle und einem Empfänger, wäre nur äußerst umständlich und ggf. wieder mit Hilfe von vektorbasierten Methoden umzusetzen,<sup>54</sup> und nachdem jede Rasterzelle (ausgenommen Straßen-Rasterzellen) im Analysebereich eine Empfängerzelle darstellt, ist eine rasterbasierte Berechnung von Hindernis-bedingten Beugungen, Dämpfungen und Reflexionen im Grunde nicht umsetzbar. Selbst bei einer Berechnung von  $A_{ground}$  muss aus diesem Grund ein Abstrich gemacht werden, da hier im Unterschied zu  $A_{div}$  und  $A_{atm}$  als Distanzparameter nicht die direkte Schrägentfernung, sondern eine Projektion auf die mittlere Gelände-Ebene heranzuziehen ist, welche als Näherung an das tatsächliche Relief mittels der

<sup>53</sup> Vgl. ÖAL-Richtlinie Nr. 28 (2021), S.19. Angeführt werden die Weglängendifferenz (zwischen gerader und gebrochener Linie) und das Rayleigh-Kriterium.

<sup>54</sup> Vgl. Kapitel 3.1.1

Methode der kleinsten Quadrate definiert ist. Eine solche lässt sich aber aus demselben Grund wie bei Beugungen, Dämpfungen und Reflexionen mit Rastertechnik nicht generieren.

Um aber die Thematik der Hindernisse nicht gänzlich außen vor zu lassen, wird in der Programmierung ein alternativer Ansatz gewählt, der den Einfluss behelfsmäßig abbildet:

In  $R^{55}$  besteht die Möglichkeit, neben der Luftlinien-Distanz (auch als Euklidische Distanz bezeichnet) eine sogenannte GridDistance zu bestimmen. Dabei handelt es sich um Distanzwerte für alle Rasterzellen eines Layers ausgehend von einer einzugebenden Quelle, die die Länge eines Pfades repräsentieren, der Hindernisse (die auch als Rasterlayer vorliegen müssen) „umgeht“. Nachteilig dabei ist, dass ausschließlich die Kantenseite und/oder Diagonale einer Rasterzelle als Streckenteil erfasst werden, somit entsteht gerade bei kurvigen Straßen im hindernisfreien Bereich eine künstliche Verlängerung im Vergleich zur Luftlinie.<sup>56</sup> Die so ermittelte Distanz soll dann anstelle der Luftlinie für die Bestimmung von  $A_{div}$ ,  $A_{atm}$  und  $A_{boundary}$  herangezogen werden.

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die Ergebnisse der eigenen Modellierung denen des Referenzrasters, d.h. der österreichischen Lärmkartierung, gegenübergestellt. Neben der insgesamten Übereinstimmung und dem Verlauf der Abnahme gilt dabei das Interesse in besonderem Maße auch den Rasterzellen im Abschattungsbereich von Gebäuden, d.h. inwieweit die Berechnung mittels GridDistance die Effekte realer Beugungen und Dämpfungen kompensieren kann. Falls dies unzureichend erscheint, wäre ggf. zusätzlich ein Kompensationsfaktor für explizit im Abschattungsbereich von Gebäuden gelegene Rasterzellen einzuführen.<sup>57</sup>

#### 3.2.2.6. *Brücken*

Ein Nebenthema im Zusammenhang mit der Distanzbestimmung ist der Umgang mit Brücken. Für eine korrekte Berechnung wäre auf alle Fälle deren Höhe und – jedenfalls für den Nahbereich - auch die Beugung bzw. Abschirmung<sup>58</sup> ebenjener miteinzubeziehen. Nachdem es sich dabei um eine Beugung direkt an der Quelle und nicht im Ausbreitungsweg handelt, wäre dies ggf. eingeschränkt umsetzbar, bliebe aber trotzdem mit sehr hohem Aufwand für verhältnismäßig wenige Fälle verbunden. Deswegen wird das Thema in der Modellierung übersprungen, d.h. es werden Brücken wie eine auf dem Boden befindliche Straße modelliert. Es erfolgt aber zumindest eine Aufnahme in das Kapitel 5.3 mit den möglichen Weiterentwicklungen.

---

<sup>55</sup> Vgl. Kapitel 3.4 (Bibliothek „Raster“)

<sup>56</sup> Vgl. Kapitel 4.3.1.3

<sup>57</sup> Vgl. Kapitel 4.3.1.3 und 4.3.3

<sup>58</sup> Die Fahrbahn einer Brücke wirkt immer als Schallabschirmung, da zwischen Quelle (Fahrzeuge auf der Brücke) und Berechnungspunkt unterhalb einer Brücke situiert

### 3.3. Datengrundlagen

Als primäre Datengrundlagen für die Modellierung erforderlich sind ein Straßengraph, ein Höhenmodell sowie ein Hindernis-Layer (Gebäude, ggf. auch ergänzt um Lärmschutzwände und ähnliches). Ebenso wie für den Software-Einsatz soll auch für die Datengrundlagen gelten, dass diese offen und kostenlos abrufbar sind.

#### 3.3.1. Straßengraph

Wie in Kapitel 3.1.3 angeführt, sind im Zuge dieser Arbeit die vorhandenen attributiven Informationen entscheidend für Durchführbarkeit und Modellierungsqualität. Manche dieser Informationen sind de-facto Muss-Kriterien, wie etwa eine hierarchische Gliederung, andere sind Kann-Anforderungen, die die Qualität des erzielbaren Ergebnisses anheben würden. Dazu zählen:

- Trennung und Kennzeichnung von in Tunnels befindlichen Straßen
- Angabe der Breite der Fahrbahn

Eine nicht-attributive, optionale Anforderung ist außerdem, dass im Falle einer hinreichenden räumlichen Trennung der Richtungsfahrbahnen bei Autobahnen und Schnellstraßen diese auch als zwei getrennte Linien modelliert sind. Dabei muss die Eigenschaft als Richtungsfahrbahn allerdings auch zwingend ausgewiesen werden.

Nach initialer Begutachtung der über die Portale „Open Data Österreich“<sup>59</sup> und „INSPIRE Österreich“<sup>60</sup> frei verfügbaren österreichweiten Straßennetze wird für die Modellierung ein aktueller (Stand 08/22) Abzug des GIP-Netzes<sup>61</sup> genutzt, aus dem der Layer „LINKNETZ“ ausgewählt wird.<sup>62</sup>

#### 3.3.2. Höhenmodell

Über data.gv.at kann das „Digitale Geländemodell aus Airborne Laserscan Daten“<sup>63</sup> abgerufen werden, welches Bodenhöhenangabe in einem 10x10m-Raster beinhaltet und sich dabei für die Nutzung sehr gut eignet.

---

<sup>59</sup> <https://data.gv.at> (zuletzt abgerufen am 20.09.2022)

<sup>60</sup> <https://inspire.gv.at> (zuletzt abgerufen am 20.09.2022)

<sup>61</sup> Ein aktueller Abzug wird alle zwei Monate über data.gv.at veröffentlicht, darin enthalten ist unter anderem ein Geo-Package mit mehreren Kanten- und Knoten-Layern sowie alle Lookup-Tabellen (Erklärung/Beschreibung von Attributen und deren mögliche Ausprägungen). <https://data.gv.at/katalog/dataset/3fefc838-791d-4dde-975b-a4131a54e7c5> (zuletzt abgerufen am 20.09.2022)

<sup>62</sup> Zur Begründung siehe Kapitel 4.1.1

<sup>63</sup> <https://data.gv.at/katalog/dataset/d88a1246-9684-480b-a480-ff63286b35b7> (zuletzt abgerufen am 20.09.2022)

### 3.3.3. Hindernis-Layer

Für eine realitätsnahe Lärmmodellierung sind, selbst wenn die Berechnung von Beugungen und Reflexionen nur hilfswise möglich ist, Layer mit Darstellungen von Objekten, die die Schallausbreitung ablenken oder unterbrechen, äußerst wertvoll. Nachfolgende Kapitel beschäftigen sich mit der (freien) Verfügbarkeit solcher Layer und inwieweit sie genutzt werden (können).

#### 3.3.3.1. Gebäude

Ein österreichweiter Gebäude-Datensatz ist in der seit 2019 als Vektor-TileCache zur Verfügung stehenden Verwaltungsgrundkarte basemap.at enthalten. Offline steht dies im (proprietären) Format ESRI VTPK zu Verfügung, dies kann aber mit Hilfe des Tools „vtpk2mbtiles“<sup>64</sup> in das offene „mbtiles“ – Format konvertiert werden. Der relevante Layer ist „Gebäude\_F\_Gebäude“.

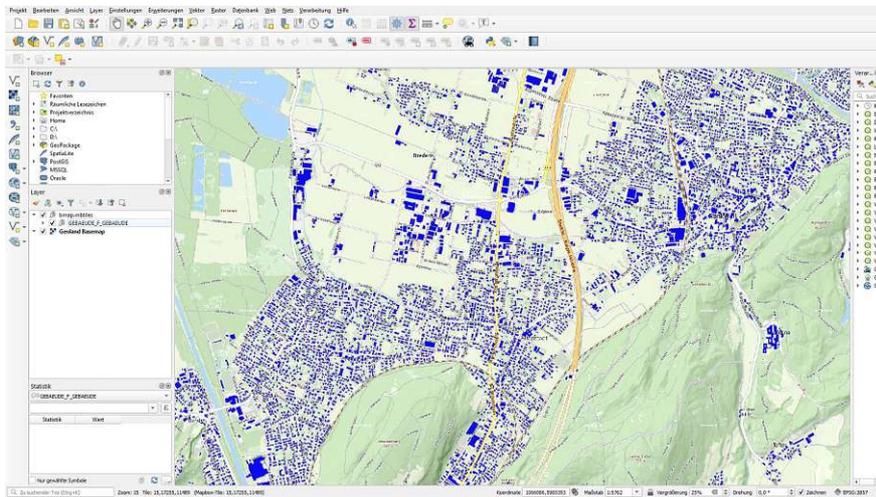


Abbildung 22: Layer Gebäude\_F\_Gebäude  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Leider gibt es eine interne Beschränkung des geladenen Ausschnittes auf Zoomlevel 15 (d.h. ab 14 erfolgt keine Anzeige mehr). Es ist zwar in QGIS möglich, den Layer zu exportieren (z.B. als Shapefile oder als GeoJSON), allerdings wird dabei immer nur der geladene Ausschnitt exportiert, auch wenn als Bezugsrahmen die Bounding Box von ganz Österreich gewählt wird. Andere Herangehensweisen (mittels ogr2ogr<sup>65</sup> oder Vorab-Extrahieren des Layers und Konversion in ein Shapefile oder GeoJSON) brachten auch kein zufriedenstellendes Ergebnis. Sehr wahrscheinlich ließe sich ein vollständiger Layer mittels Python-Code zusammenstellen, auf diese Möglichkeit wird hier aber verzichtet.

<sup>64</sup> <https://www.data.gv.at/anwendungen/vtpk2mbtiles/> (zuletzt abgerufen am 29.11.2021)

<sup>65</sup> <https://gdal.org/programs/ogr2ogr.html> (zuletzt abgerufen am 26.02.2023)

Von den einzelnen Bundesländern bieten nur Wien und Tirol nutzbare Datensätze an; für Wien wird über data.gv.at sowohl eine Flächen-Mehrweckkarte (mit einer attributiven Unterscheidung nach Gebäuden, Flugdächern, Glashäusern, Stationseinrichtungen, Überbauungen und sonstigen Bauwerken) als auch die Realnutzungskartierung (Objektkategorisierung auf drei Level, oberste Kategorie: Baulandnutzung, Grünlandnutzung, Verkehr; mittlere Kategorie weist Gebäude aus) veröffentlicht, für Tirol ein Gebäude-Datensatz<sup>66</sup> über das landeseigene Geoinformationssystem TIRIS, allerdings ohne attributive Information.



Abbildung 23: Flächen-Mehrweckkarte Wien  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)



Abbildung 24: Realnutzungskartierung Wien  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

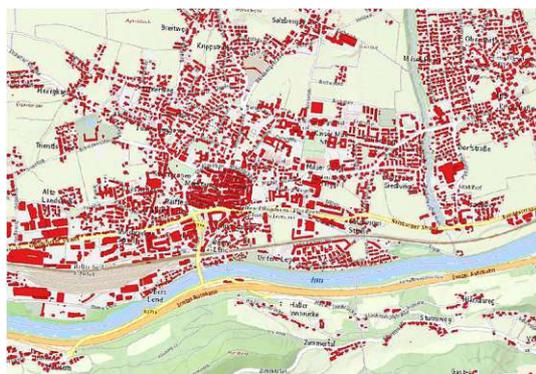


Abbildung 25: Gebäude-Datensatz Tirol (Ausschnitt Hall in Tirol)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

<sup>66</sup> <https://data-tiris.opendata.arcgis.com/datasets/gebaeude-1?geometry=7.290%2C46.549%2C15.820%2C47.855>  
(zuletzt abgerufen am 04.10.2022)

Zu allen weiteren Bundesländern konnten auf data.gv.at, dem INSPIRE-Portal für Österreich sowie den einzelnen Landes-Geoinformationssystemen keine vergleichbaren Daten gefunden werden.

Wie aber schon in der Einleitung dieses Kapitels beschrieben, ist ein flächendeckend verfügbarer Gebäude-Datensatz für eine sinnvolle Lärmmodellierung nahezu unumgänglich. Die DataScience Service GmbH hat im Sommer 2021 im Zuge eines Forschungsprojektes an Programmierung und Durchführung von Extraktions-Algorithmen aus OpenStreetMap-Daten unter anderem einen österreichweiten Gebäude-Layer erstellt, der zwar abseits der Geometrie keine weiteren attributiven Informationen, wie etwa Höhenangaben, enthält, allerdings eine sehr hohe Genauigkeit aufweist. Für die Nutzung im Zuge dieser Arbeit wurde eine freundliche Genehmigung erteilt.

#### 3.3.3.2. *Lärmschutzwände*

Über data.gv.at ist nur ein einziger Datensatz mit Lärmschutzwänden abrufbar, allerdings geographisch auf Wien beschränkt und nur 28 Objekte umfassend. Eine darüber hinaus gehende Suche, sowohl über das INSPIRE-Portal wie auch über die Homepage der Asfinag, brachte keine Ergebnisse. Leider gibt es auch innerhalb der GIP keinen Layer, in dem Straßenabschnitte über eine Information bezüglich angrenzender Lärmschutzwände verfügen. Insofern können Lärmschutzwände, wenngleich diese eine fundamentale Bedeutung bei der Dämpfung der Schallausbreitung haben, bei der Modellierung nicht berücksichtigt werden, was eine gravierende Herabstufung der überhaupt erreichbaren Realitätsnähe der Modellierung bedeutet. Eine Idee zur Generierung eines Lärmschutzwand-Layers wird in Kapitel 5.3.3 beschrieben.

#### 3.3.3.3. *Sonstige Hindernisse*

Über Gebäude hinaus gehende, potenziell schallausbreitungsrelevante Bebauungen werden in der Modellierung ebenfalls nicht miteinbezogen.

### 3.4. Software-Einsatz

Für die Durchführung dieser Arbeit kann, mit freundlicher Erlaubnis der DataScience Service GmbH, deren bestehende technische Infrastruktur genützt werden. Dies betrifft die Open-Source-Datenbank PostgreSQL (Version 12.14) mit PostGIS-Erweiterung (Version 2.5.5) und der browsergestützten graphischen Benutzeroberfläche pgAdmin 4 (6.2-7.0) sowie die freie Programmiersprache R (4.1.2-4.2.3) mit Entwicklungsumgebung R-Studio (1.4.1106-1.4.1717), die für die Programmierung der Modellierung genutzt werden.

Um den erforderlichen Funktionsumfang vollumfänglich nutzen zu können, ist es notwendig, in R-Studio einige Bibliotheken zu laden, die als spezifische Erweiterungen von R dienen. Diese sind

- DBI (enthält Schnittstellendefinitionen für die Kommunikation zwischen R und relationalen Datenbanken)
- RPostgreSQL (spezifische Kommunikation mit dem PostgreSQL – Datenbanktyp)
- Raster (Lesen, Bearbeiten und Speichern von Rasterdatensätzen in R)
- gdalUtilities (GDAL = Geospatial Data Abstraction Library; enthält für R nutzbare Funktionen, etwa Geodatenkonvertierung)
- dplyr (spezielle R-Funktionen für Datenanalyse in R von nicht-nativen Datenformaten)
- igraph (Analyse und Darstellung von Graphen und Netzwerken)

Alle genannten Programme sind auf einem kommerziell gehosteten Server installiert, es wäre aber auch möglich, sie lokal zu installieren. Als Zwischenspeicher und Ablageort der Ergebnisse der Modellierung wird einerseits das Dateiverzeichnis des Servers verwendet und andererseits in der Datenbank ein eigenes Schema „noise\_model“ angelegt. Zusätzlich dazu kommt QGIS in der stabilen Long-Term Version 3.22.14 („Bialowieza“) als Desktop-Variante zum Einsatz.

### 3.5. Testing

Wie bereits mehrfach zuvor ausgeführt, soll die Umgebungslärmkartierung als Referenz für die Ergebnisse der Modellierung herangezogen werden, wobei festzuhalten ist, dass vor allem wegen deren generalisierter Form (Wertklassen) die Aussagekraft des Vergleichs der Werte eingeschränkt ist. Dieser Vergleich erfolgt aus mehreren Gründen in kleinräumigen Testgebieten und nur bezogen auf einzelne Abschnitte. Zu prüfen ist vorab aber auch die alleinige – topologische und inhaltliche - Qualität der Shapefiles an sich (Plausibilität der Werte auch ohne Detailwissen über die Berechnungsparameter). Hierfür wird sowohl eine toolbasierte wie auch eine optisch-manuelle Analyse in QGIS durchgeführt.

#### 3.5.1. Qualitätsprüfung der Shapefiles der Umgebungslärmkartierung

##### 3.5.1.1. Rein technische Prüfung (Topologie, Fehlerstellen)

QGIS besitzt zur Qualitätsüberprüfung und Reparatur von Shapefiles mehrere Möglichkeiten in Form von Built-In-Algorithmen; die Gebräuchlichsten sind „Gültigkeit prüfen“<sup>67</sup> und „Geometrie reparieren“<sup>68</sup>. „Gültigkeit prüfen“ analysiert vor allem auf topologische Konsistenz hin; es stehen zwei unterschiedliche Methoden der Prüfung, QGIS und GEOS, zur Verfügung, wobei QGIS eine detailliertere Prüfung liefert.<sup>69</sup> Beiden gemein ist der Output zweier Shapefile-Datensätze „Ungültige Ausgabe“ und „Gültige Ausgabe“ sowie einen Extra-Punkt datensatz mit den Koordinaten der Fehlerstellen.

Die beschriebene QGIS-Prüfung wird für alle  $L_{den}$ -Shapefiles durchgeführt. QGIS stellt für die allermeisten Algorithmen standardmäßig die Möglichkeit der Batchprozessierung zur Verfügung, d.h. die Verarbeitung geschieht stapelweise hintereinander, ein einzelner Aufruf des Algorithmus für jedes Shapefile ist nicht notwendig.

---

<sup>67</sup> QGIS-eigene Beschreibung: „Dieser Algorithmus führt eine Gültigkeitsprüfung auf die Geometrien eines Vektorlayers aus. Die Geometrien werden in drei Gruppen eingeteilt (gültig, ungültig und Fehler) je Gruppe ein Vektorlayer erzeugt. Der Algorithmus verwendet die strikte OGC-Definition für Polyongültigkeit, bei dem ein Polygon als ungültig markiert wird, wenn ein selbstüberschneidender Ring ein inneres Loch verursacht. Wenn "Ringselbstüberschneidungen ignorieren" angehakt ist, wird diese Regel ignoriert und eine nachsichtigere Prüfung angewendet.“

<sup>68</sup> QGIS-eigene Beschreibung: „Dieser Algorithmus versucht eine gültige Repräsentation von einer gegebenen Geometrie ohne den Verlust von Eingabestützpunkten zu erzeugen. Bereits gültige Geometrien werden ohne weiteres zurückgeliefert. Gibt immer mehrteilige Geometrielayer. Hinweis: M-Werte werden bei der Ausgabe fallen gelassen.“

<sup>69</sup> Während GEOS bei der ersten gefundenen Fehlerstelle eines Polygons die Prüfung des Polygons abbricht, analysiert QGIS asynchron, d.h. im Falle eines mehrfach fehlerhaften Polygons werden alle Fehlerstellen ausgewiesen. Siehe dazu [https://frab.fossgis-konferenz.de/system/event\\_attachments/attachments/000/000/234/original/APH\\_19\\_fossgis2018\\_datenqualitaet\\_sicherstellen\\_mit\\_qgis.pdf?1522082540](https://frab.fossgis-konferenz.de/system/event_attachments/attachments/000/000/234/original/APH_19_fossgis2018_datenqualitaet_sicherstellen_mit_qgis.pdf?1522082540) (zuletzt abgerufen am 30.11.2022)

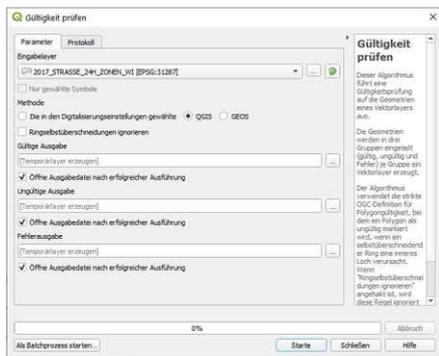


Abbildung 26: Gültigkeit prüfen als Einzelaufwurf (QGIS-Screenshot)

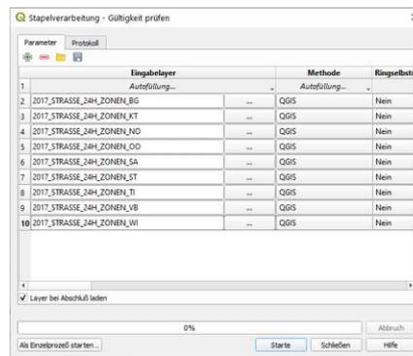


Abbildung 27: Gültigkeit prüfen als Stapelverarbeitung (QGIS-Screenshot)

	Anzahl Polygone	davon gültig	davon ungültig	Anzahl Fehlerstellen
Burgenland	7.310	7.303	7	8
Kärnten	28.555	28.543	12	18
Niederösterreich	77.801	77.696	105	208
Oberösterreich	73.599	73.370	229	509
Salzburg	35.296	35.275	21	46
Steiermark	78.743	78.405	338	798
Tirol	22.855	22.847	8	23
Vorarlberg	20.795	20.788	7	14
Wien	142.118	139.414	2.704	9.845

Tabelle 2: Gültigkeitsprüfung für Lden-Shapefiles

Beispielhaft sei hier das Ergebnis für Wien graphisch dargestellt:



Abbildung 28: Gültige Polygone Lden Wien (139.414) (QGIS-Screenshot)

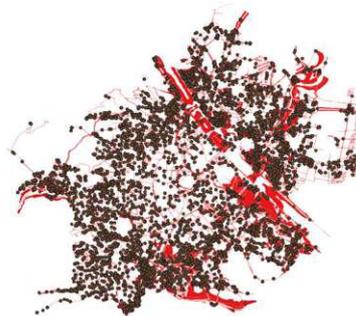


Abbildung 29: Ungültige Polygone (2.704) und Fehlerstellen (9.845) Lden Wien (QGIS-Screenshot)

Zwar ist die Anzahl der ungültigen Polygone in Relation zur Anzahl der gültigen Polygone gering, rein optisch betrachtet schein aber die Flächensumme der ungültigen Polygone zu überwiegen. Dies ließe sich in QGIS technisch problemlos feststellen (Berechnung der Fläche eines Polygons mittels Field Calculator), allerdings wird aus Gründen des Aufwand-Nutzen-Faktors darauf verzichtet.

### 3.5.1.2. Optische Prüfung (Plausibilität)

Ziel der optischen Prüfung ist vor allem, festzustellen, ob die dargestellten Schallwert-Polygone sowohl in Bezug auf die zugrunde liegenden Straßen als auch im Verhältnis untereinander auf den ersten Blick plausibel erscheinen, oder ob es (topologische) Fehler gibt, die in der technischen Überprüfung nicht auffallen – etwa übereinander liegende Polygone.

Nachdem die Shapefiles der Lärmkartierung jeweils bundeslandweise heruntergeladen werden können<sup>70</sup>, erfolgt zunächst ein Blick auf die innerösterreichischen Grenzgebiete. Dies erfolgt von West nach Ost. Die erste Bundesland-Grenze mit Lärmpolygenen ist dabei der Pass Thurn mit der B161 zwischen Tirol und Salzburg (die Grenze zwischen Vorarlberg und Tirol verläuft im Arlbergtunnel der S16 – an dieser Stelle existieren dementsprechend keine Lärmpolygone).



Abbildung 30: Offizielle Lärmpolygone am Pass Thurn  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Die bundesland-eigenen Lärmpolygone sind hier einander ähnlich, aber nicht konsistent und erscheinen auch nicht topologisch aufeinander abgestimmt. Ein sehr ähnliches Bild bietet die salzburgerisch-steirische Grenze bei Mandling/Enns, mit der Ennstal-Bundesstraße als Lärmquelle:

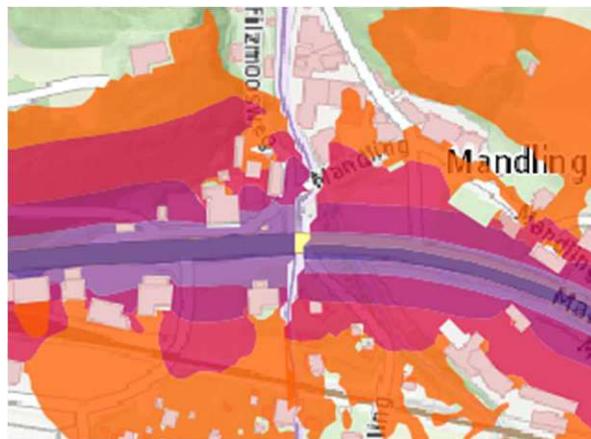


Abbildung 31: Salzburgerisch-Steirische Grenze bei Mandling/Enns  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

<sup>70</sup> Vgl. Kapitel 2.3.1

An der salzburgerisch-oberösterreichische Grenze Strobl/St. Wolfgang setzt sich die oben festgestellte Problematik fort; zusätzlich dazu erscheint der Maximal-Schallpegelwert in der Mitte der Straße in einer logisch nicht leicht nachvollziehbaren Punkt- bzw. Ellipsenform. Ob dies auf eine Nutzung von Punktschallquellen zurückzuführen ist, auf spezielle Gegebenheiten vor Ort (besondere Berücksichtigung von Beugungen) oder beides, kann nur auf Basis der optischen Analyse nicht sicher gesagt werden.

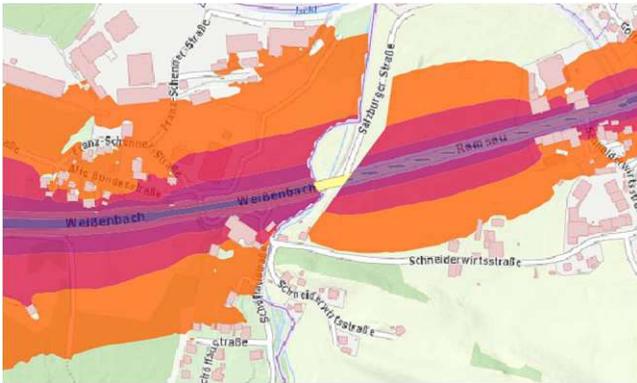


Abbildung 32: Salzburgerisch-oberösterreichische Grenze bei Strobl bzw. St. Wolfgang (QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

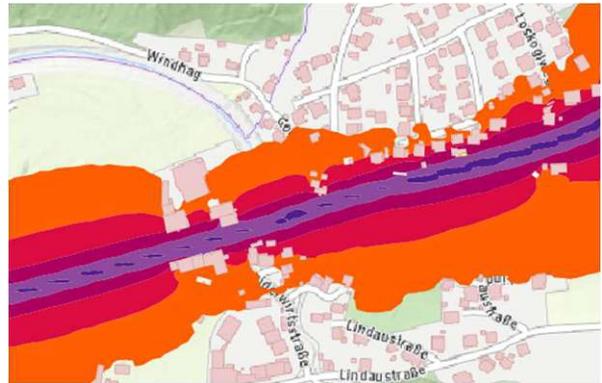


Abbildung 33: Punkt- bzw. Ellipsenform des Maximalwertes in Oberösterreich (QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Gerade in Oberösterreich, und dort insbesondere in der Landeshauptstadt Linz, kommen solche – auf den ersten Blick – unregelmäßige punktuelle Variationen des Maximalpegels relativ häufig vor, wohingegen gerade in Wien tendenziell mehr kontinuierliche Maximalpegel-Polygone zu finden sind, allerdings sind auch hier einzelne punktförmige Maxima zu erkennen. In den übrigen Landeshauptstädten ist ebenfalls beides zu finden.



Abbildung 34: Linz-Bahnhofsviertel (QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)



Abbildung 35: Wien-Wieden (QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Zurück zu den „unabgestimmten“ Übergänge bzw. Bruchstellen – diese lassen sich nach vollständiger Prüfung des gesamten Bundesgebietes an fast allen Bundesland-Grenzen von Bundesstraßen oder niederrangigeren Straßen finden:



Abbildung 36: Oberösterreichisch-niederösterreichische Grenze bei Mauthausen  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)



Abbildung 37: Grenze Wien-Niederösterreich bei Vösendorf (Kreuzung B13a/B17/B223)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Dagegen sind die Übergänge fast aller autobahn- und schnellstraßenbasierten Lärmpolygone an den Bundeslandgrenzen mehr oder weniger fließend.

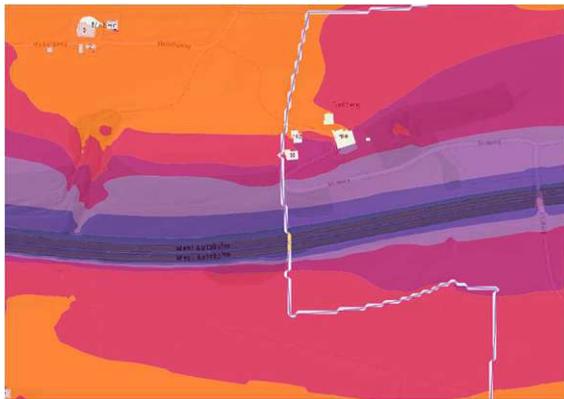


Abbildung 38: A1 an der salzburgerisch-oberösterreichische Grenze  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

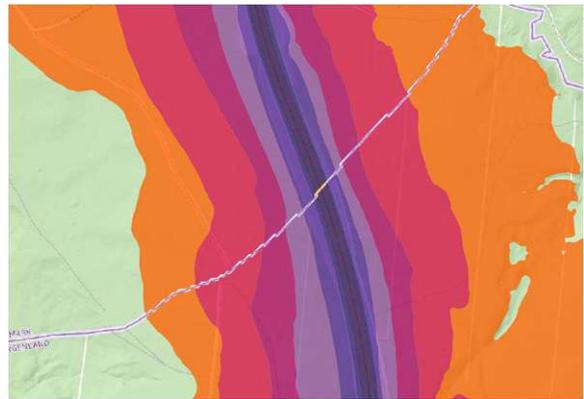


Abbildung 39: A2 an der steirisch-burgenländischen Grenzen  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Ausnahmen davon stellen alle Übergänge an der Bundesland-Grenze Wien-Niederösterreich dar, wobei das Ausmaß der Abweichungen variiert:

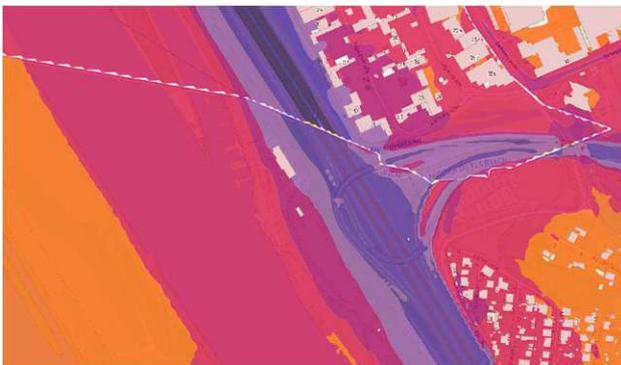


Abbildung 40: A22 (Donauufer-Autobahn)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)



Abbildung 41: A21 (Außenring-Autobahn)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Die (primäre) Erklärung für alle diese Inkonsistenzen liefert ein Blick in die Attributtabelle der einzelnen Datensätze, bzw. der Vergleich der Werte bei den Grenz-Polygonen bezogen auf das Attribut „ZUST“ (steht offensichtlich für Zuständigkeit). In dem Zusammenhang gibt es in den einzelnen Bundesländern die folgenden Ausprägungen:

- Vorarlberg: „BMVIT“, „VB“
- Tirol: „ALLE“, „BMVIT“, „TI“
- Salzburg: „ALLE“, „BMVIT“, „SA“
- Kärnten: „BMVIT“, „KT“
- Steiermark: „ALLE“, „BMVIT“, „ST“
- Oberösterreich: „ALLE“, „BMVIT“, „OÖ“
- Niederösterreich: „ALLE“, „BMVIT“, „NÖ“
- Burgenland: „BMVIT“, „BG“
- Wien: „ALLE“, „BMVIT“

An dieser Stelle sei auf Kapitel 2.4.2.3 verwiesen, in dem die amtliche Definition der Ballungszentren dargelegt wird. Nach detaillierter Analyse der Lärmpolygone an den geographischen Grenzen der beschriebenen Ballungszentren lässt sich gesichert sagen, dass das Attribut „ALLE“ sämtliche Lärmpolygone – auch für Autobahnen und Schnellstraßen - innerhalb solcher Ballungszentren kennzeichnet bzw. eine Art gemeinsame/übergreifende Zuständigkeit festlegt, das Attribut „BMVIT“ die Zuständigkeit des Verkehrsministeriums für die Lärmpolygone von Autobahnen und Schnellstraßen sowie die Länderkürzel-Attribute die Zuständigkeit der jeweiligen Landesstellen für Bundes- und Landesstraßen mit hohem Verkehrsaufkommen, beides jeweils abseits der Ballungsräume. Offensichtlich erfolgte im Zuge der Erstellung keine bzw. nur eine ungenügende Abstimmung bezüglich der Datengrundlagen und Rechenmethoden, auch. Selbst an der Bundesland-Grenze innerhalb des Ballungsraums Wien (= Abbildung 37) existieren Abweichungen. Sehr deutlich erkennbar werden die unterschiedlichen Zuständigkeiten auch an der nachfolgenden Abbildung:



Abbildung 42: Kurzer Wiener Abschnitt der A21 mit Umfeld. Nordwestlich im Bild: Wien (Zuständigkeit „ALLE“), südwestlich: Perchtoldsdorf (Zuständigkeit ebenfalls „ALLE“), östlich: Vösendorf (Zuständigkeit: BMVIT und Land NÖ) (QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

In der oberen Abbildung im Bereich der Gemeinde Vösendorf wird, gleichzeitig neben den vorhandenen Inkonsistenzen, eine besonders gravierende Unzulänglichkeit deutlich: Die Ergebnisse der einzelnen zuständigen Institutionen wurden nicht aufaddiert, sondern lediglich zusammengeführt und übereinander gelegt. Deutlicher erkennbar ist dies anhand von zwei Beispielen aus Niederösterreich und Oberösterreich:

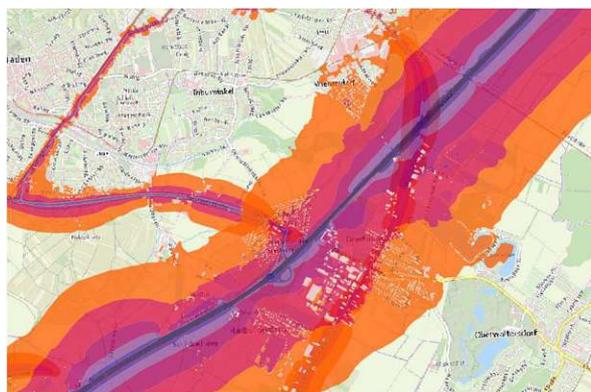


Abbildung 43: A2 und Bundes/Landesstraßen im Bereich Baden (Niederösterreich)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)



Abbildung 44: A1 und Bundes/Landesstraßen im Bereich Ansfelden (Oberösterreich)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Die über die WMS-Schnittstelle (vgl. Kapitel 2.4.1) abrufbaren österreichweiten Tiles entsprechen genau jener überlappenden Darstellung in QGIS, wo die Shapefiles der Bundesländer ohne weitere Anpassung geladen wurden. Immerhin ist es aufgrund des Vorhandenseins des Attributs „ZUST“ möglich, die Polygone entsprechend zu filtern, jeweils einzeln zu rastern und dann aufzuaddieren, um einen einigermaßen korrekten Referenz-Rasterlayer zu generieren, welcher die Grundlage der vergleichsweisen Tests bildet (siehe nächstes Kapitel). Davon unabhängig bleiben allerdings die Wert-Inkonsistenzen bestehen, d.h. es werden Werte von Polygonen aufaddiert, deren Berechnungslogiken und/oder Grundlagedaten offenbar voneinander abweichen.

Der Vollständigkeit wegen werden abschließend auch noch weitere Sachverhalte benannt, die gegebenenfalls nicht unkorrekt, aber zumindest fragwürdig erscheinen. Einerseits sind dies auf den ersten Blick willkürlich festgelegte Begrenzungen von Bundes- bzw. Landesstraßen mit erhöhtem Verkehrsaufkommen, unten dargestellt am Beispiel der Stadt Wels, und andererseits nicht erklärable Straßenlücken, wie sie etwa in Kärnten zu finden sind.

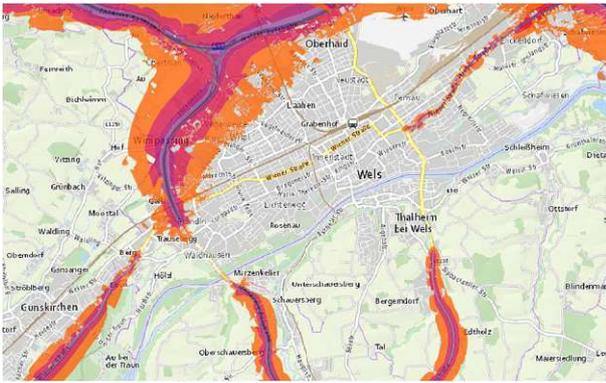


Abbildung 45: Stadt Wels  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-  
Verwaltungsgrundkarte Standard)

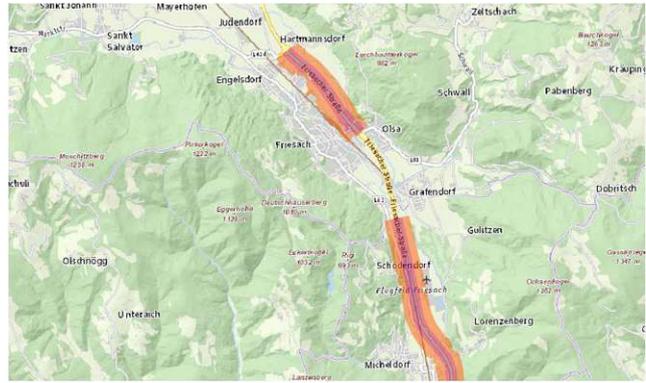


Abbildung 46: Friesacher Bundesstraße  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-  
Verwaltungsgrundkarte Standard)

Offensichtlich aber werden Brücken (bzw. die Entfernung zum Boden) und auch Lärmschutzwände in angemessener Form berücksichtigt, wie die nachfolgend angeführten Beispiele zeigen:

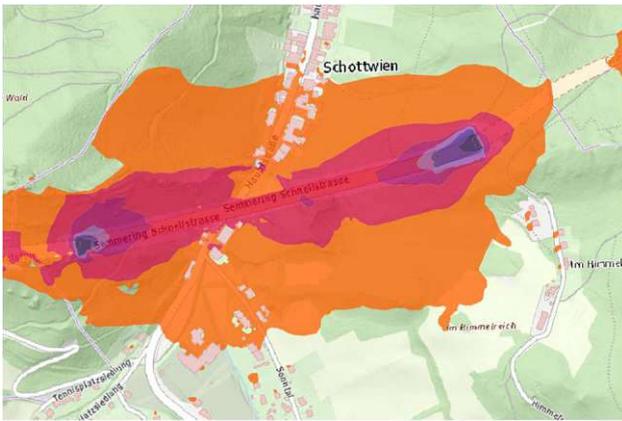


Abbildung 47: S16, Talübergang Schottwien  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-  
Verwaltungsgrundkarte Standard)



Abbildung 48: A23, Hochtrasse über der Donaainsel  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-  
Verwaltungsgrundkarte Standard)

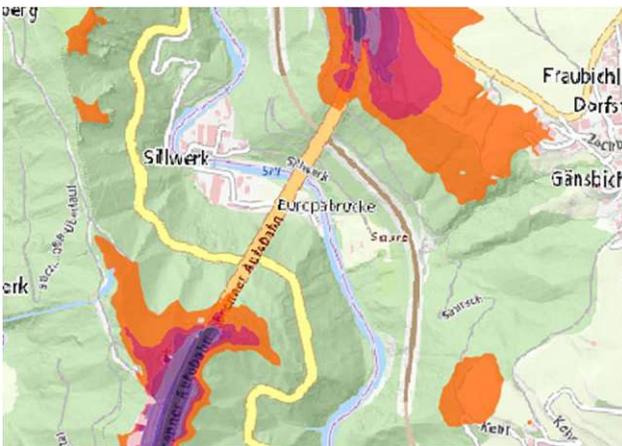


Abbildung 49: A13, Europabrücke (höchste Brücke  
Österreichs)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-  
Verwaltungsgrundkarte Standard)

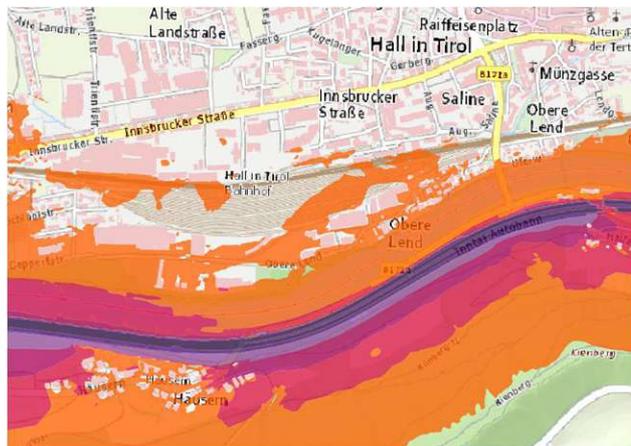


Abbildung 50: A12 bei Hall in Tirol mit Lärmschutzwand  
im Norden  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-  
Verwaltungsgrundkarte Standard)

### 3.5.1.3. *Schlussfolgerung hinsichtlich Durchführbarkeit von Tests*

Basierend auf den Erkenntnissen der Prüfung werden für die Durchführung von vergleichenden Tests folgende Festlegungen getroffen:

- Innerhalb eines (abgegrenzten) Testgebiets sollen die Werte der eigenen Modellierung nur mit solchen Referenzwerten verglichen werden, die von einer singulären Straße (Ausnahme: Richtungsfahrbahnen einer Autobahn; in dem Fall ein bestimmter Abschnitt mit zwei Fahrbahnen) ausgehen. Einerseits verbietet sich basierend auf den zuvor gemachten Feststellungen die Nutzung eines Testgebietes mit mehreren Straßen, die verschiedenen verantwortlichen Stellen zuzuordnen sind, andererseits sind aber auch schon überlappende Schallausbreitungsbereiche problematisch, da aus den Shapefiles die Anwendung der Rechenregeln zur Schalladdition selbst bei typgleichen Straßen nicht gesichert hervor geht. Grundsätzlich sind die potenziell voneinander abweichenden Berechnungslogiken und/oder genutzten Grundlagedaten bei der Interpretation der Vergleiche verschiedener Testgebiete zu berücksichtigen.
- Der Quellpegel des/der Straße/n im Ausschnitt sollte eine linienförmige Ausprägung aufweisen, nachdem in der eigenen Modellierung Straßen als Linienquellen modelliert werden und somit ein Vergleich mit (unregelmäßigen) punkt- bzw. ellipsenförmigen Quellpegeln als nicht sinnvoll oder angemessen erscheint.
- Offensichtlich über Brücken oder entlang von Lärmschutzwänden führende Straßen sollen nicht herangezogen werden, da deren Effekte in der eigenen Lärmmodellierung nicht oder nur unzureichend abgebildet werden können.

### 3.5.2. **Vergleichende Prüfung**

Die Grundvoraussetzung für eine sinnvolle Durchführung von vergleichenden Tests ist ein gleicher Quellpegelwert bei der eigenen Modellierung und der offiziellen Lärmkartierung. Für Erstere wurde festgelegt, dass als Ausgangspegel Defaultwerte in Abhängigkeit der Eigenschaften der Straße genutzt werden, gegebenenfalls weichen diese aber von den in der Lärmkartierung vorkommenden Werten ab. Deswegen werden ihm Rahmen der Tests die Werte der Quellpegel für die Durchrechnung der eigenen Modellierung aus den Shapefiles der offiziellen Lärmkartierung abgeleitet; anders ausgedrückt, sind die Werte der Shapefiles in diesem Zusammenhang sowohl Ausgangs- wie auch Zielwerte. Aus vergleichbarem Grund wird auch hinsichtlich Gebäude (bzw. Hindernisse generell) analog verfahren, und zwar in dem alle Nullwert-Rasterzellen der Lärmkartierung gefiltert und als Hindernisse für die GridDistance festgelegt werden.

Nun werden in den Shapefiles aber keine exakten Werte, sondern nur Wertklassen in 5db-Schritten ausgewiesen. Im Rahmen der Tests ist es ohne größeren Aufwand durchführbar, die Testgebiete mit jedem der möglichen fünf (ganzzahligen) Werte als Ausgangswert durchzurechnen und zu prüfen, bei welchem Wert die größte Übereinstimmung vorliegt. Dies wird in der praktischen Umsetzung auch so durchgeführt. Es wäre allerdings theoretisch auch möglich, den Ausgangswert auf Basis der Übergänge der Wertklassen zu errechnen. In weiterer Folge wird der entsprechende Rechenweg zur Bestimmung exemplarisch dargelegt.

### 3.5.2.1. Bestimmung von exakten Quellpegelwerten innerhalb der Shapefile-Wertklassen

Die wesentlichste Annahme hierbei ist, dass sich zumindest unmittelbar an den Grenzen der Wertklassen exakte db-Werte bestimmen lassen – damit ist gemeint, dass nach der Konvertierung der Lärmpolygone zu Rasterzellen eine Zelle der (beispielhaften) Wertklasse 60-64, die an eine Zelle der Klasse 65-69 angrenzt, den exakten Wert 64 zugewiesen bekommt, der benachbarten Zelle aus der höheren Klasse wird der Wert 65 zugewiesen.

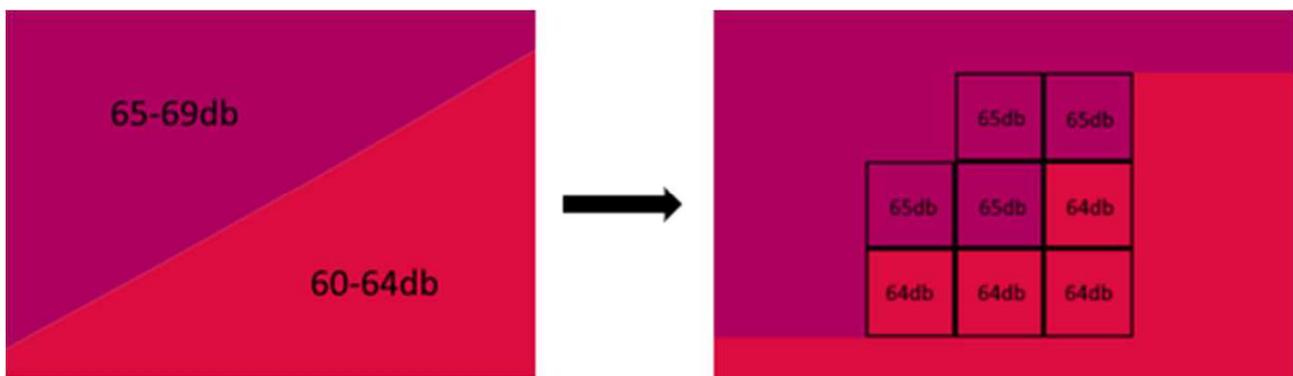


Abbildung 51: Exakte db-Werte an Klassengrenzen  
(Eigene Bearbeitung)

Die Rastergröße müsste hier sehr klein gewählt werden, da mit steigender Größe sehr wahrscheinlich auch ein direkt proportionaler „Generalisierungsfehler“ eintritt.

Mithilfe dieser exakt bestimmten Werte können nun die Quellpegelwerte errechnet werden. Diese werden sachgemäß in der Straßenmitte angenommen. Bezogen auf die Tests sind die entsprechenden Rasterzellen solche Zellen, die den Straßengraphen schneiden oder zumindest berühren. Die Formel für die Rechnung basiert nun auf der – auch aus den Vorgaben der ÖAL-Richtlinie Nr.28 abgeleiteten - Überlegung, dass die erste Klassengrenze i.d.R. „räumlich“ noch sehr nahe zum Quellpegel liegt und deshalb auf dieser geringen Entfernung nur die distanzbasierte Dämpfung  $A_{div}$  in der Schallausbreitung eine Rolle spielt (und nicht auch  $A_{atm}$  und/oder  $A_{boundary}$ ). Sie stellt damit eine Umkehrung der Formel der Schallausbreitung dar und lautet wie folgt:

**Quellpegelwert = Festgestellter Wert an erster Wertklassengrenze + 10 x lg(Distanz in m)**

Die Distanzmessung zwischen Klassengrenze und Straßenmitte lässt sich in QGIS auch manuell, mittels der „Linie messen“ – Funktion, durchführen, d.h. es müssen keine zusätzlichen Rasterlayer erzeugt werden.

Im Zusammenhang mit den oben erläuterten Annahmen, aber auch aus einem anderen Grund gibt es für die Durchführbarkeit dieser Berechnung folgende Voraussetzungen:

- Die zur geometrischen Repräsentation des Quellpegels nächstgelegene Wertklassengrenze sollte im besten Fall auf oder zumindest im unmittelbaren Nahbereich der Straße verortet sein, der Abstand aber mehr als einen Meter betragen. Erstere ist durch die Reduktion auf  $A_{div}$  begründet, Zweitere durch den in der Formel enthaltenen Logarithmus.
- Die Schallquelle (Straße) muss geometrisch auch tatsächlich in der Mitte der obersten Quellpegel-Wertklasse verortet sein

#### 3.5.2.2. *Testgebiete*

Bei der Auswahl der Testgebiete ist zunächst wesentlich, dass sie den in den Kapiteln 3.5.1.3 und 3.5.2 definierten Anforderungen und Voraussetzungen genügen, darüber hinaus gilt es aber auch, mittels der Testgebiete verschiedene Raumtypen und Straßeneigenschaften abzubilden und abzudecken. Es sollen dementsprechend vorkommen:

- Straßen mit unterschiedlichen Quellpegelwertklassen
- Gerade und kurvige Straßenabschnitte
- Städtischer und ländlicher Raum, damit zusammenhängend: Gebäude (dicht bebauter Raum / schwach bebauter Raum / keine Gebäude vorhanden),
- Verschiedene Geländeausprägungen

Es werden für die Durchführung der Tests sieben Testgebiete ausgewählt, welche den Vorgaben genügen und die die oben genannten unterschiedlichen Charakteristika abdecken. Die exakte geographische Definition erfolgt durch das das umgebende Rechteck definierende Koordinatenpaar (angegeben im Referenzsystem EPSG 31287 – MGI / Austria Lambert).

- B17 Triester Straße bei Neunkirchen
- B8 Angerner Straße in Strasshof/Nordbahn
- Krottenbachstraße, 1190 Wien
- B172 Walchseestraße bei Kössen, Tirol

- A2 Südautobahn bei Wiener Neustadt
- A8 Innkreis-Autobahn bei Utzenaich
- S16 Arlberg-Schnellstraße bei Wald am Arlberg

Zwecks besserer Lesbarkeit und Nachvollziehbarkeit ist die (räumliche) Kurzbeschreibung der Testgebiete den Ergebnissen der Durchläufe des Modellierungscodes für Ebenjene im Kapitel 4.3.2 vorangestellt.

## 4. Praktische Umsetzung

Das folgende Kapitel umfasst sowohl die Beschreibung der notwendigen Aufbereitung der Basisdaten wie auch das Kernstück der Arbeit, die eigene Modellierung bzw. deren Programmierung.

### 4.1. Aufbereitung der Basisdaten

Die für die eigene Modellierung genutzten Datenquellen – hierzu zählen gemäß Kapitel 3.3 der Verkehrsgraph, das Höhenmodell sowie der Gebäude-Layer – müssen so aufbereitet und zwischengespeichert werden, dass sie den inhaltlichen und technischen Anforderungen, die sich aus der Modellierung und der genutzten Software ergeben, genügen.

#### 4.1.1. Straßengraph

In Kapitel 3.1.3 wurden die Fragen aufgeworfen, welche Straßen bzw. Straßentypen generell in die Modellierung mit aufgenommen werden sollen und wie hoch das Aggregationslevel der Straßen sein bzw. welchen Regeln die Vergabe von Default-Quellpegelwerten folgen soll. Zuletzt wurde als Rahmen definiert, dass zumindest Straßen mit einem angenommenen geringeren Default-Quellpegelwert als 50db nicht berücksichtigt werden.

Zunächst sei in Fortführung von Kapitel 3.1.3 noch erwähnt, dass ein höheres Aggregationslevel nicht zwingend mit einer niedrigeren insgesamten Berechnungszeit einher gehen muss. Zwar ist die Anzahl der zu simulierenden Straßenabschnitte ein wesentlicher Parameter, allerdings ist sie immer im Zusammenhang mit der (variablen) Größe des zu modellierenden Gebietes pro Abschnitt zu sehen. Diese ergibt sich, wie bereits zuvor erwähnt, aus der Länge des Abschnitts, welche mit zunehmendem Aggregationslevel im Durchschnitt größer wird, und vor allem aus dem Default-Quellpegelwert. Die Ausdehnung des Gebietes ist nämlich zwingend so zu wählen, dass zumindest alle Rasterzellen enthalten sind, für in der Simulation des jeweiligen Abschnittes einen Wert von mindestens 50db berechnet werden würde;<sup>71</sup> somit führt ein größerer Default-Quellpegelwert auch zu einem größeren Untersuchungsgebiet, wobei hier sogar ein exponentieller Zusammenhang gegeben ist. Gerade bei einem rasterbasierten, komplexen Berechnungsmodell ist anzunehmen, dass ein solcher exponentieller Zusammenhang dann auch zwischen der Gebietsgröße und der jeweiligen Berechnungsdauer besteht.

---

<sup>71</sup> Vgl. Kapitel 3.1.3

Ziel muss es somit sein, eine angemessene Balance hinsichtlich Auswahl der eingehenden Straßenabschnitte (ggf. auch Nichteinbeziehung von Straßen mit Default-Quellpegelwert von etwa 50-60db), einem technischen und fachlichen Kriterien folgendem Aggregationslevel sowie einer nachvollziehbaren, adäquaten Default-Quellpegelwertvergabe zu finden, unter Berücksichtigung der eingangs festgelegten maximalen Bearbeitungsdauer von einer Woche.

Hierzu müssen zunächst die zur Verfügung stehenden Straßengraphen bzw. deren attributive Informationen analysiert werden. Aus den Graphen des GIP-Abzugs (Paket B – GIP-Network: Basisnetz) kommen die Layer „EDGE“ und „LINKNETZ“ für eine Nutzung infrage. Beide enthalten Geometrien, die die Straßenmittelachsen repräsentieren. Im Layer „LINKNETZ“ erfolgt eine Aufsplittung aller Straßen an jedem (real existierenden, d.h. niveaugleichen) Kreuzungspunkt, wohingegen im Layer „EDGE“ kreuzende Straßen unterschiedlicher Subnetze nicht geteilt werden.<sup>72</sup> Nachdem die Einteilung der Subnetze nicht direkt aus bestimmten attributiven Information abgeleitet ist und im Layer „LINKNETZ“ wesentlich mehr Attribute, unter anderem Durchschnitts- und erlaubte Höchstgeschwindigkeit, ausgewiesen werden, wird die Entscheidung getroffen, diesen Layer für die Modellierung heranzuziehen.

Spalte	Format	Beschreibung
LINK_ID (PK)	integer	Eindeutige ID des GIP-Links.
FROM_NODE	integer	Eindeutige ID des Start-Knotens. Dadurch ist die Digitalisierungsrichtung des Links implizit definiert.
TO_NODE	integer	Eindeutige ID des End-Knotens.
NAME1	string	Hauptname des Links.
NAME2	string	Möglichweise weitere vorhandene Namen des Links mit Schrägstrich getrennt. Für eine korrekte Verwendung der Namen wird empfohlen, die Routingexport – Tabellen StreetNames und Link2StreetNames zu nutzen.
SPEEDCAR_T	integer	Durchschnittsgeschwindigkeit (Routinggeschwindigkeit) für PKW in Digitalisierungsrichtung in km/h.
SPEEDCAR_B	integer	Durchschnittsgeschwindigkeit (Routinggeschwindigkeit) für PKW gegen Digitalisierungsrichtung in km/h.
VMAX_CAR_T	integer	Höchstgeschwindigkeit für PKW in Digitalisierungsrichtung in km/h.
VMAX_CAR_B	integer	Höchstgeschwindigkeit für PKW gegen Digitalisierungsrichtung in km/h.
ACCESS_TOW	integer	Befahrbarkeit laut Bitmaske in Digitalisierungsrichtung auf dem Link.
ACCESS_BKW	integer	Befahrbarkeit laut Bitmaske gegen Digitalisierungsrichtung auf dem Link.
LENGTH	float	Länge des Links in Metern. Bitte um Beachtung, dass durch projektionsbedingte Umrechnungen Ungenauigkeiten in der Länge auftreten können, die sich je nach Projektion bis zu 0,5% bewegen können.
FRC	integer	Funktionale Straßenbedeutung Wertedomäne laut Tabelle LUT_FRC
LANES_TOW	integer	Spurenanzahl für den Fließverkehr in Digitalisierungsrichtung.
LANES_BKW	integer	Spurenanzahl für den Fließverkehr gegen Digitalisierungsrichtung.
FORMOFWAY	integer	Bauliche Ausprägung des Links. Wertedomäne laut Tabelle LUT_FOW

MAXHEIGHT	float	Höhenbeschränkung in Metern.
MAXWIDTH	float	Breitenbeschränkung in Metern.
MAXPRESS	float	Tonnagebeschränkung in Tonnen.
ABUTTERCAR	integer	PKW Fahrverbot ausgenommen Anrainer.
URBAN	integer	Kennzeichnet, ob der Link „innerorts“ oder „außerorts“ liegt. Dies betrifft nicht die STVO-Maßnahme „Ortsgebiet“, sondern ist eine allgemeine Kennzeichnung, ob ein Link innerorts oder Freiland-Charakter hat.
WIDTH	float	Breite der Fahrbahn in Metern. Falls keine Fahrbahn vorhanden, ist das Feld mit -1 befüllt, vollständige Breite ergibt sich aus Tabelle LINKUSE im Routingexport.
TOLL	integer	Links mit TOLL=1 sind Mautstraßen oder zeitlich befristete Mautstraßen.
BAUSTATUS	integer	Baustatus des Links. Nur Links mit Status „aktiv“ (5) sind für das Routing relevant. Wertedomäne laut Tabelle LUT_STATUS
SUBNET_ID	integer	Subnetz des Links. Jeder Link in der GIP ist einem Subnetz zugeordnet, das seine organisatorische Zugehörigkeit kennzeichnet.
ONEWAY_CAR	integer	Redundantes Attribut, welches die PKW-Befahrbarkeit kennzeichnet. -1 Fahrverbot 0 Einbahn gegen Digitalisierungsrichtung 1 Einbahn in Digitalisierungsrichtung 2 beidseitig freigegeben
ONEWAY_BK	integer	Redundantes Attribut, welches die Rad-Befahrbarkeit kennzeichnet. -1 Fahrverbot 0 Einbahn gegen Digitalisierungsrichtung 1 Einbahn in Digitalisierungsrichtung 2 beidseitig freigegeben
ONEWAY_BUS	integer	Redundantes Attribut, welches die Busbefahrbarkeit kennzeichnet. -1 Fahrverbot 0 Einbahn gegen Digitalisierungsrichtung 1 Einbahn in Digitalisierungsrichtung 2 beidseitig freigegeben
EDGE_ID	long	Abschnitts-ID der GIP.
EDGECAT	string	Straßenkategorie Wertedomäne laut Tabelle LUT_STREETCATEGORY

Tabelle 3: Attribute des Layers LINKNETZ

<sup>72</sup> Die gesamte Dokumentation ist unter <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/3fefc838-791d-4dde-975b-a4131a54e7c5#resources> (19.09.2022) abrufbar. Zum Thema der Subnetze wird auf deren Absatz 1.1.1 verwiesen: *Innerhalb einer Landes-GIP erfolgt eine weitere Untergliederung des Verkehrsnetzes in „Subnetze“, die von der organisatorischen Struktur des GIP-Partners abhängen. So gibt es pro Landes-GIP zumeist ein Subnetz für Landesstraßen, eines für Gemeindestraßen und diverse andere Subnetze (niederrangiges Wegenetz, ÖV-Subnetze, ...). Eine detaillierte Auflistung aller verfügbaren Subnetze findet sich in der Lookup-Tabelle LUT\_SUBNET.)*

Eine relevante attributive Information, die im Layer „LINKNETZ“ wie auch im Layer „EDGE“ fehlt, ist, ob es sich bei dem betreffenden Abschnitt um eine Brücke oder einen Tunnel handelt. Hierfür gibt es in der GIP einen eigenen Datensatz „BRUNNEL“, der aber leider nicht direkt mit „LINKNETZ“ in Verbindung gebracht werden kann, da es keine eindeutige ID gibt und auch die Linien im Layer nicht völlig deckungsgleich sind. Darüber hinaus sind Linien des „LINKNETZ“-Layers an Tunnelportalen oder Brückenden im Regelfall auch nicht gebrochen.

Hinsichtlich Brücken wurde in Kapitel 3.2.2.6 festgelegt, dass diese wie normale, d.h. am Boden befindliche Straßen modelliert werden. Tunnel sollen aber in der Modellierung berücksichtigt, d.h. Abschnitte in Tunneln herausgefiltert, werden. Die genaue Vorgehensweise dazu wird im Kapitel 4.1.1.5 beschrieben.

Die Gesamtanzahl an Abschnitten im Layer „LINKNETZ“ beträgt 1.941.823. In den beiden direkt nachfolgenden Kapiteln 4.1.1.1 und 4.1.1.2 wird eine Vorfilterung und Aufteilung in die Kategorien Autobahnen/Schnellstraße und potenziell relevante, allgemeine Straßen beschrieben. Auf Basis der so reduzierten Menge an Abschnitten wird eine ganze Reihe an Tests und Probeläufen mit Auswahlkriterien, unterschiedlichen Aggregationsmodellen und Defaultwerten durchgeführt. In den weiteren Kapiteln dieses Arbeitsabschnitts wird die finale Vorgehensweise beschrieben, die sich als am praktikabelsten herausgestellt hat.

#### 4.1.1.1. *Vorfilterung auf grundsätzlich relevante Abschnitte*

In einem ersten Schritt gilt es, solche Abschnitte aus dem „LINKNETZ“-Layer herauszufiltern, die aus fachlichen Gründen für die Modellierung keine Rolle spielen. Dazu zählen Abschnitte außerhalb Österreichs,<sup>73</sup> nicht zum Straßennetz gehörende bzw. nicht mit dem motorisierten Individualverkehr in Bezug stehende Abschnitte,<sup>74</sup> noch in Planung oder Errichtung befindliche Straßen sowie solche Straßen, deren Geschwindigkeitsbegrenzung oder Angabe von realer Durchschnittsgeschwindigkeit einen (deutlich) geringeren Quellpegelwert als 50db mit sich bringen.

Die Filterung auf rein österreichische Abschnitte geschieht durch Verschneidung mit der zuvor auf die Gesamtfläche Österreichs aggregierte Verwaltungsgrundkarte (VGD),<sup>75</sup> als Ergebnis bleiben

---

<sup>73</sup> Im Layer „LINKNETZ“ sind sehr viele Straßen Bayerns (etwa auch das große Deutsche Eck) und Südtirols, sowie grundsätzlich von grenznahen Gebieten enthalten

<sup>74</sup> Die GIP stellt eine multimodale Plattform dar, somit sind hier Abschnitte aller möglichen Verkehrsarten- bzw. träger erfasst

<sup>75</sup> Abrufbar unter <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/51bdc6dc-25ae-41de-b8f3-938f9056af62>. Die VGD wurde auf die Fläche Österreichs hochaggregiert, damit bei der Verschneidung die Straßen (zunächst noch) nicht entlang von administrativen Grenzen getrennt werden

1.905.544 Abschnitte übrig. Festzuhalten ist, dass grenznahe Straßen, gerade solche des höherrangigen Netzes, für österreichisches Gebiet gegebenenfalls lärmtechnisch relevant sein können; dieser Verlust wird hier allerdings in Kauf genommen.<sup>76</sup>

Noch nicht fertige Abschnitte werden über das Attribut Baustatus gekennzeichnet. Es umfasst die Ausprägungen „unbekannt“, „fiktiv“, „in Bau“, „in Planung“, „gewidmet“ und „aktiv“.<sup>77</sup> Miteinbezogen werden einzig Abschnitte mit Status „aktiv“. Gleichzeitig werden auch die nicht zum MIV zählenden bzw. aus verkehrstechnischen Gründen nicht zu berücksichtigende Abschnitte herausgenommen. Grundlage dafür sind die Attribute FRC (Funktionale Straßenbedeutung), FOW (Bauliche Ausprägung) und EDGE CAT (Abschnittskategorie).<sup>78</sup> Es wird auf folgende Ausprägungen gefiltert:<sup>79</sup>

### FRC

- Straßen des transnationalen Netzes (0)
- Straßen des transregionalen Netzes (1)
- Straßen des zentralörtlichen Netzes (2)
- Straßen des regionalen Netzes (3)
- Gemeindeverbindungen (4)
- Straßen des innerörtlichen Netzes (5)
- Sammelstraßen (6)
- Straßen der internen Erschließung (7)
- Sonstige Straßen (8)

### FOW

- Unbekannt (-1)
- Autobahn (1)
- Fahrbahnteilung (keine Autobahn) (2)
- Ungeteilte Fahrbahn (3)
- Kreisverkehr (4)
- Unstrukturierte Kreuzung (8)

---

<sup>76</sup> Eine Alternative, um grenznahe Abschnitte miteinzubinden, wäre die Erstellung eines Buffers um das österreichische Staatsgebiet als Grundlage für die Verschneidung mit dem Straßennetz

<sup>77</sup> Siehe GIP-Dokumentation, S.15f.

<sup>78</sup> Siehe GIP-Dokumentation, S.11f (FRC), S.13f (FOW) und S.24 (EDGE CAT)

<sup>79</sup> Code siehe Anhang A8.1

- Ab-/Einbiegefahrbahn (10)
- Servicestraße-Fahrbahn/Pannestreifen (11)
- Spezielle Fahrbahnführung (17)
- Sonstige (599)

### EDGE CAT

- Autobahn (A)
- Landesstraße B (B)
- Gemeindestraße (G)
- Hauptstraße (H)
- Hauptstraße A (HA)
- Hauptstraße B (HB)
- Landesstraße L (L)
- nicht bekannt (N)
- andere Straße (R)
- Schnellstraße (S)

Danach sind noch 948.385 Abschnitte vorhanden. Die eingangs erwähnte, noch nicht durchgeführte Aussortierung von Straßen mit geringen Geschwindigkeitswerten wird erst nach der folgenden Aufteilung in Autobahnen/Schnellstraßen und restlichen Straßen und auch nur für Letztere durchgeführt. Bei einer Prüfung in QGIS wurden in seltenen Fällen auch Autobahnabschnitte mit sehr niedrigen Geschwindigkeitswerten gefunden, diese werden vorerst aber bewusst ignoriert, da bei einer Autobahn oder Schnellstraße generell von relevanter Lärmbelastung auszugehen ist.

#### 4.1.1.2. *Trennung in Autobahnen/Schnellstraßen und restliche Straßen*

In Kapitel 3.1.2 wurde bereits die Trennung zwischen Autobahnen und Schnellstraßen einerseits, sowie alle restlichen Straßen andererseits angesprochen. Durch die unterschiedliche Art der jeweiligen Aufsummierung - bundeslandweise seriell bei Autobahnen und Schnellstraßen, gemeindeweise bei restlichen Straßen<sup>80</sup> - werden Anpassungen im Code notwendig. Dies geht einher mit der vorgesehenen äußeren Parallelisierung, d.h. gleichzeitiges Starten von Codes, die eine bestimmte Menge (eben Autobahnen und Schnellstraßen zum einen und restliche Straßen zum anderen) der insgesamt zu modellierenden Abschnitte erfassen.

---

<sup>80</sup> Vgl. Kapitel 3.1.2

Im Linienset Autobahnen/Schnellstraßen sollen konkret nur die durchgehenden Fahrbahnen enthalten sein, die Zu- und Abfahrten werden schon allein aus dem Grund der als deutlich geringer anzunehmenden Lärmrelevanz den übrigen Straßen zugeteilt. Durchgehende Autobahn/Schnellstraßen-Fahrbahnen werden durch die Attributkombination FRC 0, FOW 1 und EDGE CAT A/S definiert.<sup>81</sup>

- Anzahl Abschnitte Autobahnen/Schnellstraßen: 3.581
- Anzahl Abschnitte übrige Straßen: 944.804

Bei den übrigen Straßen werden nun auch noch die Abschnitte mit sehr niedrigen Geschwindigkeitswerten, also solche, die in jedem Fall einen Default-Quellpegelwert von unter 50db zugewiesen bekommen würden, herausgefiltert. Dies geschieht mittels der Felder SPEEDCAR\_T/SPEEDCAR\_B (Durchschnittsgeschwindigkeit) und VMAX\_CAR\_T/VMAX\_CAR\_B (erlaubte Höchstgeschwindigkeit).<sup>82</sup> Im Datensatz verbleiben Abschnitte mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit größer oder gleich 20 bzw. mit Höchstgeschwindigkeit größer oder gleich 30, oder wenn in allen Fällen die Angabe fehlt.<sup>83</sup> Die Anzahl der Straßenabschnitte beträgt nun 936.638.

#### 4.1.1.3. *Aggregation Autobahnen*

Nach eingehender Prüfung kommen für die Aggregation von Autobahnen und Schnellstraßen die Attribute NAME, EDGE CAT, SPEEDCAR\_T/SPEEDCAR\_B, VMAX\_CAR\_T/VMAX\_CAR\_B, LANES\_FROM/LANES\_TO (from und to bezieht sich einzig auf die Digitalisierungsrichtung), WIDTH und URBAN in Frage. Gleichzeitig stellen diese Felder auch die Parameter der Defaultwert-Vergabe dar. Es wird entschieden, die Attribute NAME und URBAN unverändert zu nutzen, LANES\_FROM/LANES\_TO zusammenzuführen, auf WIDTH zu verzichten und aus den Attributen SPEEDCAR\_T/SPEEDCAR\_B sowie VMAX\_CAR\_T/VMAX\_CAR\_B eine neue Richtwert-Spalte SPEED zu generieren. Für diese Spalte wird der Wert aus SPEEDCAR\_T/SPEEDCAR\_B, sofern vorhanden, übernommen, ansonsten der Maximalwert aus VMAX\_CAR\_T/VMAX\_CAR\_B.<sup>84</sup> Die zusammengeführte Spalte LANES enthält die Gesamtzahl an Fahrstreifen auf dem Abschnitt.<sup>85</sup>

Die finale Aggregation nach NAME, EDGE CAT, URBAN, SPEED und LANES liefert 453 Objekte vom Typ Multi-Lines, d.h. auch räumlich getrennte Abschnitte können hierbei zu einem Objekt

<sup>81</sup> Code siehe Anhang A8.2

<sup>82</sup> Siehe GIP-Dokumentation, S.22f. Die Suffixe \_T und \_B stehen für in bzw. gegen Digitalisierungsrichtung

<sup>83</sup> Code siehe Anhang A8.3

<sup>84</sup> Code siehe Anhang A8.4

<sup>85</sup> Code siehe Anhang A8.5

zusammengefasst sein.<sup>86</sup> Für die Modellierung sind allerdings nur einteilige Objekte gewünscht, weswegen abschließend in einteilige Geometrien konvertiert wird.<sup>87</sup> Dies liefert einen Layer mit 1042 Objekten.

#### 4.1.1.4. *Reduktion und Aggregation Straßen*

Die Anzahl der Abschnitte nach der Filterung auf geringe Geschwindigkeit (936.638) ist in jedem Fall noch zu hoch; es erscheint sowohl eine weitere Reduktion wie auch Aggregation notwendig.

Für die Reduktion wird die funktionale Straßenbedeutung (FRC) herangezogen, die Straßen in neun Kategorien einteilt.<sup>88</sup> Es wird die pauschale Annahme getroffen, dass Sammelstraßen, Straßen der internen Erschließung und sonstige Straßen (FRC 6-8) grundsätzlich nicht lärmrelevant sind und daher ebenfalls unberücksichtigt bleiben können. Übrig bleiben nun 319.107 Abschnitte mit FRC 0-5.<sup>89</sup>

In weiterer Folge wird eine neue Spalte SPEED analog zu den Autobahnen und Schnellstraßen erstellt. Aufgrund der größeren Wertspanne wird diese aber im Fall der übrigen Straßen nicht direkt als Aggregationsparameter herangezogen, sondern zuvor noch klassifiziert (neue Spalte SPEEDGROUP):<sup>90</sup>

- Der Wert -1 (unbekannt) bleibt unverändert bestehen
- Wert  $\leq 40$  wird zu 1 reklassifiziert
- $> 40$  und  $\leq 60$  zu 2
- $> 60$  und  $\leq 90$  zu 3
- $> 90$  zu 4

Die Aggregation erfolgt nun mittels der Felder NAME, FRC, URBAN und SPEEDGROUP. Das Feld EDGE CAT wird hier nicht berücksichtigt, da es, anders als bei den Autobahnen und Schnellstraßen, bei der späteren Defaultwert-Vergabe nicht als Kriterium herangezogen wird. Hierbei entstehen zunächst 23.752 Multi-Lines, nach Durchführung des „Mehr- zu einteilig“-Algorithmus sind es 67.016 Abschnitte.<sup>91</sup>

---

<sup>86</sup> QGIS-Algorithmus „Auflösen“

<sup>87</sup> QGIS-Algorithmus „Mehr- zu einteilig“

<sup>88</sup> Vgl. Kapitel 4.1.1.1

<sup>89</sup> Code siehe Anhang A8.6

<sup>90</sup> Code siehe Anhang A8.7

<sup>91</sup> Prozentuell betrachtet „entstehen“ bei den übrigen Straßen deutlich mehr einteilige Abschnitte als bei den Autobahnen und Schnellstraßen. Der Grund liegt darin, dass die Auflösung u.a. nach Namen bei den übrigen Straßen zunächst viele gleichlautende Straßen (z.B. „Hauptstraße“) in unterschiedlichen Gemeinden zusammenfügt. Aufgrund

#### 4.1.1.5. Tunnelprüfung

Ziel ist es, die Information, ob ein Abschnitt (oder, vermutlich eher der Standardfall, ein Teil eines oder Teile mehrerer Abschnitte) ein Tunnel ist, vom Layer BRUNNEL auf die verbliebenen Abschnitte des ursprünglichen LINKNETZ-Layers – aufgeteilt in Autobahnen/Schnellstraßen und übrige Straßen - zu übertragen, und die betroffenen Abschnitte anschließend herauszufiltern.

Der Layer BRUNNEL enthält das Feld BRL\_BEZ mit den Einträgen „Brücken“, „Galerie“, „Passage“, „Tunnel“, „Unterflurtrasse“, „Unterführung“ und „Überführung“. Hier wird zunächst auf „Tunnel“ und „Unterflurtrasse“ gefiltert. Da es, wie bereits geschrieben, keine layerübergreifende ID gibt und die Linien der Layer auch nicht exakt deckungsgleich sind, ist die vordergründig einfachste Methode – der „symmetrische Differenz“-Algorithmus in QGIS – nicht anwendbar.

Deswegen wird um die gefilterten BRUNNEL-Abschnitte ein 5cm-Buffer erzeugt und in diesem neuen Layer eine Spalte „Tunnel“ mit Wert „True“ hinzugefügt. Um die nachfolgende Verschneidung mit den LINKNETZ-Abschnitten einfacher zu gestalten, wird der Buffer aus einem Layer mit der Staatsfläche Österreich ausgestanzt, in diesem Layer eine gleichlautende Spalte „Tunnel“ mit Wert „False“ erzeugt und im Anschluss die beiden Layer zusammengeführt. Der zusammengeführte Layer (mit „Tunnel“ = „True“ oder „False“) wird nun sowohl mit den Autobahn- und Schnellstraßenabschnitten wie auch den übrigen Straßenabschnitten verschnitten (QGIS-Algorithmus „Verschneiden“).

Ein im Zuge dieser Vorgehensweise auftretendes Problem muss noch gelöst werden, nämlich die Überschneidungen von Tunneln mit darüber liegenden, nicht in Tunneln befindlichen Straßen. Durch die Verschneidung des Buffers mit den Abschnitten werden über einem Tunnel kreuzend verlaufene Abschnitte fälschlicherweise unterbrochen. Nachdem im BRUNNEL-Layer zusätzlich auch noch nicht zwischen Verkehrsträgern unterschieden werden kann (d.h. es sind auch alle Eisenbahn- und sonstige Tunnel erfasst), tritt dieser Fall sogar häufig auf. Hinzu kommt, dass die Kreuzungen öfters in einem sehr flachen Winkel verlaufen, was zu einer im Vergleich zu einer rechtwinkligen Kreuzung zu größeren Längen der falschen Tunnelabschnitte führt.

Insofern ist die Definition von Grenzwerten erforderlich, ab denen ein mit „Tunnel“ = „True“ markierter Abschnitt tatsächlich als Tunnel erkannt bzw. festgelegt wird. Nach einer längeren Analyse der Längen der „True“-Abschnitte zusammen mit einer optischen Prüfung werden als Grenzwerte 10m bei Autobahnen/Schnellstraßen und 5m bei den übrigen Straßen festgelegt. Dies

---

der anzunehmenden räumlichen Trennung (und damit verbundener Aufteilung im Zuge des „Mehr- zu einteilig“-Algorithmus) ist eine vorherige explizite Zuordnung zu Gemeinden nicht notwendig.

erfolge auch mit Blick auf die angestrebten Rastergrößen von 5 bzw. 10m. Eine minimale Fehleranzahl (etwa unterhalb der Grenzwerte liegende Abschnitte in tatsächlichen Tunneln) wird im Zuge dessen in Kauf genommen.<sup>92</sup>

Abschließend muss aufgrund der vorangegangenen, fälschlichen Teilungen wie auch wegen der Entfernung von Tunneln gegebenenfalls tatsächlich getrennter Abschnitte sowohl für die Autobahnen/Schnellstraßen als auch für die übrigen Straßen noch einmal der bereits angewandte, layerspezifische „Auflösen“- sowie der „Mehr- zu Einteilig“-Algorithmus durchgeführt werden. Der Autobahnen/Schnellstraßen-Layer fasst nun 1.305, der Layer der übrigen Straßen 68.012 Abschnitte.

#### 4.1.1.6. *Defaultwert-Vergabe*

Zur Orientierung bei der Festlegung von Default-Quellpegelwerten wird die Arbeit von Weberndorfer (2012)<sup>93</sup> herangezogen, weiterführende Literatur bzw. aussagekräftige fachliche Quellen konnten nicht ausgemacht werden. Für die Modellierung des Straßenlärms werden folgenden fünf Straßenkategorien Werte zugeordnet:<sup>94</sup>

- Autobahn (85db)
- Fernstraße (78db)
- Fernstraße – Einbahn (76db)
- Hauptstraße (73db)
- Hauptstraße (70db)

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei Default-Quellpegelwerten – auf denen die Modellierung dieser Arbeit aufbaut - um Werte handelt, die sich ausschließlich an der Straßenbedeutung und den Straßeneigenschaften orientieren, nicht aber an real gemessenen Verkehrsstärken. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse unbedingt mit zu berücksichtigen.

Bei den Autobahnen und Schnellstraßen existieren folgende wertrelevante Attribute:

- SPEED (zuvor erstellt; Wertspanne von 30 bis 130, Durchschnitt 100,14)
- Lanes (Anzahl Fahrstreifen, von 0 – offenbar Datenfehler – bis 5)

---

<sup>92</sup> Zunächst wird eine neue Spalte „length\_ai“ (ai für „after intersect“) erstellt, in der die Länge des Abschnittes eingetragen wird (\$length im QGIS Field calculator). Anschließend wird eine weitere Spalte „Tunnel\_Final“ erzeugt, die die Grenzwert-Regel auf die bestehende True/False-Information anwendet. Zuletzt wird dann nach „Tunnel\_Final“ = „False“ gefiltert. Codes siehe Anhang A4.8

<sup>93</sup> Vgl. Kapitel 2.2.2.2

<sup>94</sup> Vgl. Weberndorfer (2012), S.48

- Edgecat (Autobahn oder Schnellstraße)
- Urban („im städtischen Gebiet befindlich“, -1 für nein und 1 für ja)

Zunächst wird eine Ausgangs-Wertspanne von 80-90db festgelegt und diese an die SPEED-Werte gekoppelt. Ein Abschnitt mit dem (maximalen) SPEED-Wert von 130 bekommt 90db zugewiesen, ein Abschnitt mit 70db oder weniger (Deckelung nach unten) 80db. Für alle Werte dazwischen wird ein linearer Verlauf festgelegt, d.h. ein SPEED-Wert von 100 entspricht 85db.

Die anderen Attribute werden als Zu- und/oder Abschlagskriterium definiert:

- Lanes: 0/1 = -5%, 2 = keine Änderung, 3 = +5%, 4/5 = +10%
- Edgecat: Autobahn = keine Änderung, Schnellstraße -5%
- Urban: -1 = keine Änderung, 1 = +5%

Technisch erfolgt dies durch Anlegen der Hilfsspalten speed\_he (Deckelung SPEED nach unten), db\_he (db-Wert Ausgangs-Wertspanne), lanes\_he (Zu/Abschlag Lanes), egdecat\_he (Abschlag Edgecat), urban\_he (Zuschlag Urban) sowie der Spalte db\_default mit dem finalen Ergebnis.<sup>95</sup>

Für die übrigen Straßen werden die Felder FRC (Funktionelle Straßenbedeutung, noch 0-5 enthalten)<sup>96</sup> und SPEEDGROUP (zuvor erstellt) als Grundlage der Wertbestimmung herangezogen. In einer zweidimensionalen Matrix erfolgt eine direkte Eintragung von Ausgangswerten:

		FRC					
		0	1	2	3	4	5
Speedgroup	-1 (unbekannt)	78	76	73	70	67	64
	1 (<= 40)	67	65	62	60	55	50
	2 (40-60)	72	69	66	63	60	57
	3 (60-90)	78	76	73	70	67	64
	4 (>90)	80	78	75	72	70	68

Tabelle 4: Defaultwertzuweisung Straßen

Die Zwischenspeicherung erfolgt analog zu den Autobahnen und Schnellstraßen in einer Hilfsspalte. Wie zuvor wird das Feld Urban, mit derselben Regel, als Zuschlagskriterium herangezogen und für das Endergebnis eine neue Spalte db\_default angelegt.<sup>97</sup>

<sup>95</sup> Codes siehe Anhang A4.9

<sup>96</sup> Vgl. Kapitel 4.1.1.4

<sup>97</sup> Codes siehe Anhang A4.10

#### 4.1.1.7. Räumliche Gliederung und Modellierungsreihenfolge

In Kapitel 3.1.2 wurde bereits die Notwendigkeit einer räumlichen Gliederung der zu modellierenden Abschnitte dargestellt; damit ist einerseits gemeint, dass der jeweils nächste zu modellierende Abschnitt in einem räumlichen Naheverhältnis zum vorherigen Abschnitt stehen soll, und andererseits auch, dass nicht österreichweit alle Abschnitte in einer kontinuierlichen Reihenfolge modelliert und aufsummiert werden, sondern nur innerhalb des definierten Bezugsgebiets, welche dann erst in einem nachfolgenden Schritt österreichweit zusammengezählt werden.

In der praktischen Umsetzung werden die Abschnitte nun zunächst den erwähnten räumlichen Bezugsgebieten zugeteilt. Für die Autobahnen und Schnellstraßen werden aufgrund deren überregionalem Charakter, größeren Längen und existierenden Bezirken ohne solche Abschnitte die österreichischen Bundesländer gewählt, für die übrigen Straßen die Gemeinden. Im originalen LINKNETZ-Layer gibt es das Feld „Sustainer“, welches diverse Bezugscode enthält. Diese stellen allerdings nur die politisch-administrative Verantwortlichkeit da, welche von der Abschnittskategorie abhängig ist und außerdem nach der vorherigen Aggregationsschritten ohnehin nicht mehr angewendet werden kann. Deswegen wird für die Zuteilung der QGIS-Algorithmus „Attribute nach Position verknüpfen“ genutzt. Dabei wird ein Abschnitt zu dem Bundesland oder der Gemeinde zugeordnet, in dem er sich entweder komplett oder in dem sich der längste Teil des Abschnitts befindet, ohne dass der Abschnitt an den Grenzen aufgeteilt wird.

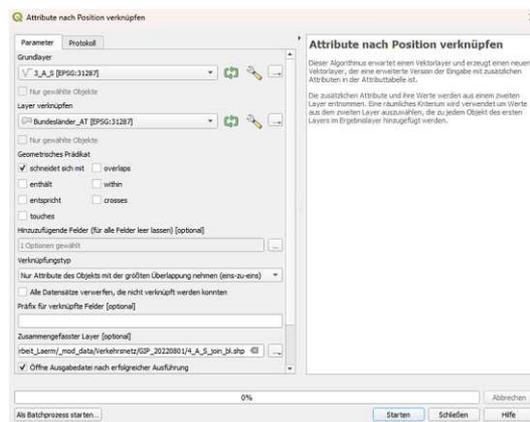


Abbildung 52: Algorithmus "Attribute nach Position verknüpfen" (QGIS-Screenshot)

Anschließend wird ein neues Feld „length\_fin“ angelegt, welches die tatsächliche, nunmehrige Länge der Abschnitte enthält. Diese wird mittels QGIS – Field Calculator berechnet (\$length).<sup>98</sup> Die

<sup>98</sup> Dieser Schritt ist aufgrund der erfolgten Schritte „Auflösen“ und „Mehr- zu einteilig“ am Ende der Tunnelprüfung notwendig

Abschnitt sollen innerhalb eines Bundeslandes bzw. einer Gemeinde der Länge nach aufsteigend sortiert werden; dieser Schritt erfolgt allerdings aufgrund praktischer Probleme erst nach dem Import in die Datenbank (siehe nächstes Kapitel).

#### 4.1.1.8. *Datenbank-Import*

Beide Layer werden über die in QGIS integrierte Verbindungsmöglichkeit in die DSS-Postgres-Datenbank importiert. Dabei wird zunächst kein neuer Primary Key angelegt. Um eine dauerhafte Sortierung zu generieren, werden zwei neue, sortierte Tabellen mit dem Suffix `_sorted` mittels direkt in der Datenbank durchgeführter SQL-Queries erstellt und dabei gleichzeitig ein aufsteigend numerischer Primary Key angelegt; die Sortierung erfolgt dabei, wie zuvor beschrieben, erstens nach Bundesland/Gemeinde und zweitens nach der Länge.<sup>99</sup>

#### 4.1.2. **Höhenmodell**

Das Höhenmodell liegt im Original bereits in der für die Modellierung genutzte Projektion EPSG 31287 vor. Zur Nutzung im Rahmen der Tests wird eine Kopie mit einer Rastergröße von 5x5m erstellt, wobei keine Veränderung der Daten erfolgt (alle vier 5x5m-Rasterzellen innerhalb einer 10x10m-Rasterzelle erhalten denselben Originalwert). Die beiden Dateien werden aus Performance-Gründen nicht in die PostgreSQL-Datenbank importiert, sondern nur im Dateisystem abgelegt.

#### 4.1.3. **Gebäude-Layer**

Der von der DataScience Service GmbH erstellte, auf OpenStreetMap basierende Gebäude-Layer wird ohne Änderungen als Table in das Arbeitsschema importiert.

---

<sup>99</sup> Code siehe Anhang A8.11

## 4.2. Initiale Programmierung

Basierend auf den Festlegungen in Kapitel 3.1.2 und zwecks besserer Übersichtlichkeit und Testbarkeit wird die Programmierung auf zwei Skripte aufgeteilt. Das erste Skript beinhaltet die sich wiederholende Modellierung von Abschnitten und Aufsummierung der Ergebnisse bis auf die Ebene der Bundesländer bzw. Gemeinden, das zweite Skript führt die Aufsummierung bis hin zu einem gemeinsamen österreichweiten Lärmraster durch. Wichtig zu erwähnen ist, dass es sich dabei tatsächlich um eine Aufsummierung und nicht bloß Zusammenfügung handelt, da Rasterergebnisse zum Einen grundsätzlich als Rechtecke vorliegen und nicht wie Polygone theoretisch dem Grenzverlauf von Bundesländern und/oder Gemeinden folgen könnten, und zum Anderen die Abschnitte den räumlichen Einheiten nur zugeordnet, aber nicht an den Grenzen gebrochen wurden, weswegen die Lärmmodellierung eines Bundeslandes oder einer Gemeinde in den meisten Fällen auch in die angrenzenden Gebiete übergeht.

Beide Skripte werden in R geschrieben, wobei die zugehörige Entwicklungsumgebung R-Studio - wie im Übrigen auch QGIS - einen direkten Zugriff auf die PostgreSQL-Datenbank erlaubt; d.h. Befehle zu Tabellenerstellung, -abfrage und -manipulation können in das R-Skript „verpackt“ werden. Die spezifischen R-Bibliotheken und die via PostgreSQL-Erweiterung PostGIS zur Verfügung stehenden Bearbeitungsmöglichkeiten für Geodaten überschneiden sich teilweise in ihrem Funktionsumfang, wodurch für einzelne Schritte der Modellierung technisch oftmals mehrere Möglichkeiten der Umsetzung zur Verfügung stehen.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass sich die nachfolgenden Beschreibungen auf die vorläufig fertigen Codes vor Durchführung der qualitativen Tests in den festgelegten Testgebieten beziehen. Die funktionelle Abfolge entspricht dabei nicht immer der chronologischen Entwicklung. Um bei Vorhandensein mehrerer Optionen eine Wahl treffen zu können, welche Funktionen bzw. Art der Durchführung unter den Prämissen Qualität und Zeitersparnis besser geeignet ist, wurde der Code permanent anhand einzelner bewusst ausgewählter Abschnitte oder ganzer Gemeinden getestet.

### 4.2.1. Modellierungscode

Das Skript lässt sich in zwei Hauptabschnitte und mehrere Unterabschnitte einteilen. Im (oberen) Definitionsteil werden alle notwendigen Variablen und Funktionen bereitgestellt, im (unteren) Teil „Eigentliche Berechnung“ erfolgt die Programmierung der Modellierung. Die Codebasis für die (automatisierte) Durchführung von vergleichenden Tests zwischen Umgebungslärmkartierung und Ergebnissen ist vollständig in beide Abschnitte integriert.

#### 4.2.1.1. Hauptabschnitt „Definitionen“

Zunächst werden alle notwendigen Erweiterungen („Libraries“) der Basis-Funktionalität von R geladen; diese wurden bereits in Kapitel 3.4. aufgelistet. Weiters wird die notwendige Verbindung zur PostgreSQL-Datenbank aufgebaut, welche erst am Ende des Skripts wieder geschlossen wird. Schließlich folgt die – wesentliche – Unterscheidung, ob Autobahnen oder (gewöhnliche) Straßen modelliert werden sollen. Dies wird mittels der Variable „street\_type“ gesteuert, welche die Werte „Autobahn“ oder „Straße“ annehmen kann.

Im darauf folgenden Unterabschnitt „Berechnungsmethodiken und Variablen“ werden alle fachlichen Eingangsparameter der Modellierung definiert. Der Grundgedanke in dem Zusammenhang ist, das Skript flexibel zu halten im Sinne einfach durchzuführender Änderungen bzw. Anpassungen der Inputs, um gegebenenfalls prüfen zu können, wie sich diese auf die Modellierung auswirken. Dem wird mit der Parametrisierung Rechnung getragen. Eingangsparameter sind:

- „street\_rep\_calc\_start“ (steht für Straßenrepräsentanz und Berechnungsursprung - „line/line“ für eine vollständige Modellierung der Straßen als Linien, „polygon/polygon“ analog als Polygone<sup>100</sup> mit Lärm-Berechnungsursprung an der Polygongrenze, „polygon/line“ für eine Modellierung als Polygon, wobei der Berechnungsursprung allerdings auf der Ursprungs-Straßenlinie verbleibt)
- „distance\_calc\_logic“ (für die Art der Distanzbestimmung von der Straße weg – „eukl\_dist“ für Euklidische Distanz = Direkte Luftlinie, „grid\_dist“ für rasterbasierte Distanzbestimmung mit Einbeziehung von Hindernissen)
- „distance\_height\_logic“ (Einbeziehung des Höhenmodells in die Distanzberechnung – 2D oder 3D)

---

<sup>100</sup> Straßenpolygone werden mittels Pufferung der Straßenlinie mit der halben Breite der Straße, welche aus dem Original-Straßengraph stammt, als Radius erzeugt

- „gpath\_default\_value“ (bodenbedingter Dämpfungsparameter - wird gemäß ÖAL-Richtlinie 28 standardmäßig mit 0,8 angesetzt)
- „height\_db\_source“ (Höhe der Schallquelle über Boden - wird gemäß RVS 04.02.11 standardmäßig mit 0,05m angesetzt)
- „height\_db\_measure“ (Höhe, für die die Modellierung am Empfangspunkt durchzuführen ist – wird gemäß RVS 04.02.11 standardmäßig mit 4m angesetzt)
- „value\_fm“ (Frequenz des Schalls im Zuge der Ausbreitung – wie bereits in Kapitel 3.2.2.1 erläutert, wird die Modellierung nur für eine Frequenz von 1000Hz durchgeführt. Durch die Parametrisierung könnten aber auch abweichende Frequenzen unkompliziert durchgerechnet werden)
- „value\_c“ (Schallgeschwindigkeit in m/s – in der ÖAL-Richtlinie 28 auf 340m/s abgerundet)
- „alphaAtm“ (Koeffizient der Dämpfung in der Atmosphäre in db/km – bei einer Frequenz von 1000Hz mit Wert 4 festgelegt)
- „source\_factor“ (Multiplikator bei der Berechnung der Schallabnahme in Abhängigkeit von der Typisierung der Quelle; es wird gemäß Festlegung in Kapitel 3.1.6 der Wert 10 für Linienquellen zugewiesen)
- „radius\_region\_buffer\_limit“ (Deckelungsparameter für die Größe des zu modellierenden Gebietes, wird mit 5000m festgelegt)
- „raster\_size“ (Die Rastergröße für die Berechnung)

Im nächsten Unterabschnitt wird ein Temporär-Ordner für die Modellierung angelegt und alle notwendigen Pfade zu den Eingangsdaten, in Abhängigkeit des Abschnitt-Typs Autobahn oder Straße, festgeschrieben. Daneben wird eine Liste der jeweiligen administrativen Einheiten erzeugt, innerhalb derer Abschnitte nacheinander modelliert werden (bei Autobahnen Bundesländer, bei Straßen Gemeinden). Zusätzlich dazu wird im Falle der Modellierung von Autobahnen noch ein Zahlenreihen-Array erzeugt, das es ermöglicht, ein Zwischenergebnis innerhalb eines Bundeslandes nach einer festzulegenden Anzahl an Abschnitten in eine Rasterdatei zu schreiben, anschließend wieder zu laden und damit weiterzurechnen. Dies ist notwendig, da die Speicherkapazität am Server zum einen geteilt und zum anderen begrenzt ist, und in R-Studio jegliche Zwischenergebnisse von Rasteroperationen als Temporärdateien gesichert und mit nachfolgenden Ergebnissen virtuell verknüpft bleiben. Erst nach einem Datelexport können die Temp-Files gelöscht und somit wieder Speicherplatz frei gegeben werden.

In einem weiteren Unterabschnitt werden die für die Modellierung wesentlichen Funktionen definiert und bereitgestellt. Hierzu zählen die Abfrage des db-Wertes („get\_db\_street“) und die Berechnung der Breite der polygonisierten Straße („get\_street\_buffer\_width“), jeweils anhand der in der Tabelle eingetragenen Werte („width“ und „db\_street“), sowie die Bestimmung der Größe des Untersuchungsgebietes („get\_buffer\_width“). Bezüglich der Straßenbreite ist anzumerken, dass in einigen wenigen Fällen kein, oder ein nur sehr kleiner Wert vorhanden ist.

	width numeric	count bigint
1	-1.0000000000000000	105
2	0.5000000000000000	2
3	1.5000000000000000	2
4	2.0000000000000000	16
5	2.2000000000000000	10
6	2.5000000000000000	20

Abbildung 53: Feld Straßenbreite (width)  
(pgAdmin-Screenshot)

Für solche Fälle wird entschieden, den Wert mit einem Defaultwert von 1,75m zu überschreiben. Die „get\_buffer\_width“-Funktion hat gemäß Erkenntnis aus den Testläufen den mit Abstand größten Einfluss auf die Dauer der Modellierung eines einzelnen Abschnittes hat. In Kapitel 3.1.3 wurden 50db als Schwellwert für die Relevanz bezogen auf die gesamthafte Modellierung festgelegt. Das bedeutet, dass das Untersuchungsgebiet so groß sein sollte, dass mindestens alle Rasterzellen enthalten sind, für die ein Ergebnis der abschnittsweisen Modellierung von größer/gleich 50db errechnet werden würde. Die Pegelabnahme besteht mathematisch betrachtet aus drei Teilen –  $A_{div}$ ,  $A_{atm}$  und  $A_{boundary}$ ,<sup>101</sup> wobei der distanzbedingte Term  $A_{div}$  als maßgebendster Teil betrachtet werden kann. Deswegen, und auch weil die Formel kurz und einfach gehalten ist, wird entschieden, die Größe des Untersuchungsgebiets über eine Umkehrung von  $A_{div}$  zu bestimmen – das bedeutet, es wird die Entfernung zur Quelle bestimmt, bei der die rein distanzbedingte Pegelabnahme den Wert 50db erreicht, und diese Entfernung als Radius für die Erstellung eines Buffers um den Quellabschnitt verwendet, welcher später gerastert wird.

In der Formel für  $A_{div}$  ist allerdings ein Logarithmus enthalten, zwischen der Zunahme des Quellpegels und der Distanz besteht ein exponentieller Zusammenhang. Bei einem Quellpegel von 85db (=Ausgangs-Mittelwert bei der Bestimmung des Default-Quellpegelwertes bei Autobahnen<sup>102</sup>) beträgt der Wert 3.162m, bei 90db aber schon 10.000m. Bei dieser Distanz ist allerdings davon

<sup>101</sup> Vgl. Kapitel 3.2.1

<sup>102</sup> Vgl. Kapitel 4.1.1.6

auszugehen, dass der errechnete Pegelwert wegen der zusätzlichen Abnahmefaktoren  $A_{atm}$  und  $A_{boundary}$  bereits weit unter 50db liegt. Testläufe über größere Gebietseinheiten haben nahe gelegt, dass auch hinsichtlich der insgesamten Berechnungsdauer ein exponentieller Zusammenhang besteht und ein fallweiser Buffer-Radius von 10.000m oder mehr die angestrebte maximale Berechnungs- bzw. Bearbeitungsdauer von einer Woche sprengen würde. Deshalb wird der Radius als Kompromiss mit 5.000m gedeckelt (Variable „radius\_region\_buffer\_limit“, siehe weiter oben).

Zuletzt wird noch die Aktivierung von Testläufen für Einzelabschnitte variabelengesteuert ermöglicht. Dazu zählen die Angabe der jeweiligen Street-ID, des Extents des Testgebietes sowie des Pegelwertes, der im Falle eines Vergleichs mit dem Referenzraster aus diesem (manuell) abgeleitet wird und den in der Tabelle vorhandenen Defaultwert ersetzt.

#### 4.2.1.2. Hauptabschnitt „Eigentliche Berechnung“

Die Klammer des eigentlichen Modellierungscode bilden zwei Schleifen. Die äußere, eine for-Schleife, iteriert durch die administrativen Einheiten (bei Autobahnen: Bundesländer, bei Straßen: Gemeinden), welche zuvor aus der Datenbank geladen wurden. Die innere while-Schleife basiert auf einer Zählervariablen (i), welche zu Beginn auf die kleinste existierende ID eines Abschnitts in der jeweiligen administrativen Einheit gesetzt wird und nach jeder (abschnittsweisen) Modellierung und Auf-Addition um 1 erhöht wird, bis die letzte ID erreicht ist.

In einem ersten Schritt wird der Dezibelwert des Abschnitts mit der bereits zuvor erwähnten Funktion „get\_db\_street“ aus der Datenbank abgefragt. Direkt im Anschluss wird mittels der nativen PostgreSQL-Anbindung über einen dbGetQuery-Befehl das Modellierungsgebiet als Puffer um den Straßenabschnitt direkt in der Datenbank erzeugt; die Breite liefert dabei die „get\_buffer\_width“ – Funktion.

Gemäß der Festlegung in Kapitel 3.1.6 soll der Puffer eine zylindrische Form (mit einer abschließenden Kante im 90 Grad – Winkel zur Straße) annehmen. Dies wäre eigentlich mit der Einstellung „Flach“ des Parameters „Endstil“ im QGIS-Puffer-Tool möglich. Allerdings musste nach einigen Tests festgestellt werden, dass es bei dieser Einstellung bei kurvigen Straßen zu Selbstverschneidungen kommt, die zu größeren Lücken im Außenbereich einer Kurve und fallweise auch direkt an der Straße führen.

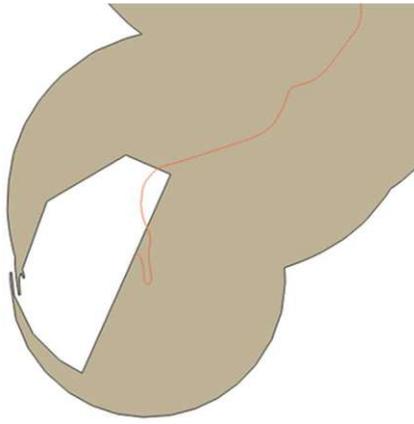


Abbildung 54: Fehlerhafter Puffer bedingt durch Selbstverschneidung  
(QGIS-Screenshot)

Nachdem einerseits keine (einfache) Lösung gefunden werden konnte, einen fehlerfreien zylindrischen Puffer zu generieren, und andererseits eine Unterscheidung zwischen relativ geraden Straßen, bei denen die ursprünglich geplante Einstellung angewandt werden kann, und anderen Straßen sowohl technisch schwierig als auch wegen der dann inkohärenten Berechnung grundsätzlich zu hinterfragen ist, wird die vordergründig einfachste Lösung, nämlich ein Puffer mit Endstil „rund“ (de facto eine Kombination aus Zylinder und Kreisen mit demselben Radius an den Endpunkten, bei der keine Selbstverschneidungen auftreten) gewählt. Leider führt dies nun unweigerlich dazu, dass an Kreuzungen und Abschnittsübergängen fälschliche Pegelüberhöhungen aufgrund der überlappenden Puffer, der der linienquellgemäßen Ausbreitungsbereich darstellt, entstehen.

Das auf diese Art erzeugte Gebietspolygon wird unmittelbar im Anschluss genutzt, um einen deckungsgleichen Ausschnitt des Gebäude-Datensatzes zu generieren, gleichfalls wieder direkt in der PostgreSQL-Datenbank.

Es folgt nun das Rastern des Gebietspolygons. Dafür wird ebenjenes zunächst mittels ogr2ogr aus der Datenbank als GeoJSON-Datei in das lokale Projektverzeichnis exportiert. In der Rastern-Funktion wäre zwar auch die direkte Abfrage aus der Datenbank möglich, allerdings führte dies bei einigen Probeläufen zu Timeout-Errors, weswegen der Dateiexport-Zwischenschritt, der keine relevante Verzögerung bedingt, angewandt wird. Für den nunmehr generierten Rasterlayer wird auch gleich der Extent (= begrenzende Koordinaten) bestimmt, der später noch mehrfach gebraucht wird. Dieselbe Prozedur erfolgt beim Rastern des Gebäude-Layers, allerdings erfolgt hier vorab noch ein Test, ob in dem Ausschnitt überhaupt Häuser vorhanden sind.

Im Anschluss erfolgt das Rastern der Straße, abhängig vom gewählten „street\_rep\_calc\_start“ entweder auf Basis der einfachen Linie oder einer mittels der hinterlegten Straßenbreite gepufferte Variante.<sup>103</sup> Das Standard-Ergebnis wäre nun ein Layer mit den db-Werten der Straße und 0-Zellen, allerdings kommt es in ganz wenigen Fällen zu Layern, die nur aus db-Werten, d.h. aus Straßenzellen bestehen – nämlich wenn die Straße zum einen den kleinstmöglichen Defaultwert (50db) zugewiesen bekommen hat und zum anderen auf ganzer Länge absolut gerade, d.h. exakt Nord-Süd- oder West-Ost-orientiert ist. Ist dies der Fall, so ist eine weitere Modellierung obsolet, und es kann gleich zur Aufsummierung übergegangen werden. Deswegen erfolgt vor Durchführung aller weiteren Modellierungsschritte eine Prüfung mittels „if/else“, ob im Straßen-Rasterlayer auch 0-Zellen vorhanden sind.

Der nächste Schritt ist nun die Distanzberechnung. Wie schon in der Methodik-Beschreibung ausgeführt, ist die Rastertechnik nicht geeignet, um Beugungen, Dämpfungen und Reflexionen bedingt durch Hindernisse wie auch den Geländeeinfluss im Ausbreitungsweg korrekt nachzubilden. Für Zweiteres konnte keine Kompensationslösung gefunden werden; als Ersatz für Ersteres wird folgender Weg beschritten: Statt der direkten Schrägentfernung bzw. deren Projektion auf eine mittlere Gelände-Ebene, die bei Berechnung von Beugungs- und Reflexionseffekten als Eingangswert verbleibt, wird eine GridDistance<sup>104</sup> unter Umgehung von Hindernissen bestimmt; dafür wird der (gerasterte) Gebäude-Layer genützt. Eine rein euklidische (hindernisfreie/direkte) Distanz kann als alternative Methode (Steuerparameter „distance\_calc\_logic“<sup>105</sup>) für die Distanzberechnung zu Testzwecken ausgewählt werden.

Beide Distanzen sind zunächst nur zweidimensional berechnete Werte, d.h. die Höhe der Quell- und Ziel-Rasterzelle (die aus dem vorhanden Höhenmodell abgefragt werden können) wurden noch nicht berücksichtigt. Dies wäre aber zur Bestimmung der direkten Schrägdistanz<sup>106</sup> notwendig. An dieser Stelle zeigt sich leider eine weitere, gravierende Einschränkung: Es konnte selbst nach aufwändiger Suche keine Funktion oder Tool, weder in QGIS noch in einer R-Library, gefunden werden, die ein Höhenmodell als Input für eine Punkt-zu-Punkt-3D-Distanzberechnung erlaubt. Der

---

<sup>103</sup> Die Rastern-Funktion beinhaltet einen Bug, der allerdings in diesem Fall umgangen werden kann. Unter a\_nodata kann man eigentlich einen Wert für die NoData-Zellen angeben, allerdings wird die damit verbundene Intention gewissermaßen umgekehrt: Ohne Angabe (= Weglassen des Parameters) wird 0 für NoData-Zellen eingebrannt; mit Angabe eines Wertes, egal welchem, wird immer NULL eingebrannt. Für die nachfolgende Distanzberechnung mittels raster::distance ist es notwendig, dass alle Zellen abseits der Straße den Wert 0 annehmen, um in der Distanzberechnung erfasst zu werden.

<sup>104</sup> Vgl. Kapitel 3.2.2.5

<sup>105</sup> Vgl. Kapitel 4.2.1.1

<sup>106</sup> Vgl. Kapitel 3.2.2.5

Kern des Problems dabei ist, dass im Zuge der GridDistance-Berechnung keinerlei Information (etwa ein zusätzlicher Rasterlayer) über die Zuordnung von Quell-Rasterzellen (der Straße) zu den Ziel-Rasterzellen ausgegeben wird, d.h. welche Quell-Rasterzelle für eine Ziel-Rasterzelle als Ausgangsbasis herangezogen wurde und damit die nächstgelegene ist. Diese Beziehung bräuchte es aber, um eine echte 3D-Distanz berechnen zu können.

Als (bei weitem nicht optimale) Ersatzlösung wird eine Pseudo-3D-Distanzbestimmung programmiert, die sowohl auf die Euklidische Distanz wie auch die GridDistance angewendet werden kann: Es wird mittels Verschneidung aller Straßen-Rasterzellen mit den Höhenmodell eine durchschnittliche Höhe für den jeweiligen Straßenabschnitt bestimmt, danach unter Berücksichtigung der Quellhöhe über Boden (defaultmäßig 0,05m) und der Höhe der hypothetischen Messung in der Zielzelle über Boden (defaultmäßig 4m) die Differenz mit dem Höhenwert der Zielzelle gebildet und diese mitsamt dem Distanzwert in die pythagoräische Formel eingesetzt. Analog zur Auswählbarkeit GridDistance/Euklidischer Distanz bleibt auch die Einstellungsmöglichkeit 2D, also ein Wegfall der Pseudo-3D-Berechnung, bestehen, wobei die Einbeziehung von Quell- und Zielhöhe auch bei der 2D-Einstellung erfolgt.

Nachdem nun die grundlegenden Datenschichten vorbereitet sind, erfolgt die Berechnung der drei Dämpfungsfaktoren  $A_{div}$ ,  $A_{atm}$  und  $A_{boundary}$  als jeweils eigene Rasterlayer. Die Formeln für  $A_{div}$  und  $A_{atm}$  sind einfach gehalten, dagegen sind für  $A_{boundary}$ , selbst ohne Beugungen, eine Vielzahl an Berechnungsschritten, die u.a. die bodenbedingte Dämpfung abbilden, notwendig. Die Faktoren werden dann addiert, vom Ausgangs-Dezibelwert der Straße abgezogen und auf das gerasterte Untersuchungsgebiet übertragen („simulated\_noise\_raster\_singlepart“), womit die Modellierung eines einzelnen Abschnittes zunächst abgeschlossen ist. Falls in den Einstellungen zu Beginn für Berechnungsursprung und Straßenrepräsentanz („street\_rep\_calc\_start“) die Mischform „line\_polygon“ eingestellt ist, werden noch alle auf einer polygonisierten und gerasterten Straße befindlichen Zellen mit dem Ausgangswert überschrieben, auch wenn für diese im Zuge der Modellierung ein Wert berechnet wurde.

Am Ende der Schleife erfolgt nun, sofern es sich nicht um den allerersten Abschnitt handelt, die Addition des eben erzeugten Abschnitts-Rasters mit dem – kontinuierlich wachsenden – Ergebnis-Raster, unter Beachtung der Rechenregeln für Schallpegel. Dies macht, übertragen auf R und Rasterlayer, eine Aufteilung in mehrere Rechenschritte mit logarithmischen Funktionen notwendig. Der Schritt, in dem die Addition zweier Layer geschieht, erfolgt mittels der R-nativen „mosaic“-Funktion, welche den Vorteil hat, dass NULL-Werte in einem Raster ignoriert und der Wert des

anderen Rasters übernommen wird. Der Ergebnis-Layer bleibt bei der Modellierung von Strassen für den gesamten Durchlauf einer Gemeinde als Variable in R erhalten (und wird nach jeder Addition überschrieben), bei Autobahnen wird er aber, wie schon zu Beginn des Kapitels beschrieben, nach einer festgelegten Anzahl an Abschnitten – welche mit 5 bestimmt wird – als TIFF-Datei exportiert und unmittelbar danach wieder neu geladen. Sind alle Abschnitte einer räumlichen Einheit modelliert und aufsummiert, so wird der Ergebnis-Layer gleichfalls exportiert, wobei die Bezeichnung der räumlichen Einheit in den Dateinamen einfließt.

#### **4.2.2. Aggregierungscode**

Der Code summiert in einem Durchlauf sowohl Strassen (beginnend auf Gemeindeebene) wie auch Autobahnen (beginnend auf Bundesland-Ebene) österreichweit auf und addiert die beiden Ergebnis-Layer schlussendlich zu einem Gesamtergebnis.

Dafür werden insgesamt vier ineinander verschachtelten for-Schleifen programmiert. Vier (und nicht drei) deshalb, da bei den Straßen noch eine Zwischen-Aufsummierung auf Bezirksebene erfolgt, um den Prozess ein wenig effizienter zu gestalten. Die Addition zweier einzelner Ergebnis-Layer erfolgt genau gleich wie im Aggregationscode mit Hilfe der Mosaic-Funktion.

Neben dem finalen österreichweiten kombinierten Ergebnis werden auch alle Zwischenergebnisse der einzelnen räumlichen Einheiten (Gemeinde, Bezirk, Bundesland, Österreich) als GTiff-Raster abgelegt.

## 4.3. Prüfungen, Test und Code-Anpassungen

### 4.3.1. Festlegung und Ausgabe-Programmierung der Testergebnisse

Für die Durchrechnung in Testgebieten und Probeläufe in größeren Gebieten wurde die Programmierung der Schleife dahingehend ergänzt, dass die Liste der Street-IDs nicht nur aus der Datenbank geladen, sondern auch manuell eingetragen werden kann, so dass dann auch nur für diese eine Simulation durchgeführt wird. Hierfür muss der Steuerparameter „run\_by\_ID“ auf „True“ gesetzt werden. Für einen Vergleich der Modellierung mit dem Referenzraster ist ferner zum einen der Extent (=die begrenzenden Koordinaten) des Testgebiets, welches tatsächlich immer ein Ausschnitt aus dem gesamten Modellierungsgebiet eines Abschnitts sein muss, anzugeben, sowie zum anderen der db-Wert, der manuell aus dem Referenzraster hergeleitet wird. Eine Einschränkung existiert in Bezug auf die Gebäude: Nachdem sich NULL-Zellen im Referenzraster nicht weiter zwischen Gebäude-Zellen und „db<55“-Zellen unterscheiden lassen und überdies der Gebäudebestand wohl nicht deckungsgleich wäre (was für einen korrekten Vergleich aber notwendig ist), werden für die Testgebiete alle NULL-Zellen des Referenzrasters als Gebäude-Zellen angenommen und übertragen – es erfolgt hier kein Zugriff auf den DSS-Gebäude-Layer.

Die Aktivierung erfolgt durch einen weiteren Steuerparameter („vergleich\_analyse\_active“). Alle Ergebnisse des Vergleichs, inklusive der Parameter-Einstellungen (Straßenrepräsentanz, Berechnungsursprung, Art der Distanzberechnung, Source-Faktor) und Charakteristik / Statistiken zu Testgebiet und Straße vorab, werden am Ende als Text in der Konsole des R-Studios ausgegeben.

```
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 79db"  
[1] "Einstellungen:"  
[1] "street_rep_calc_start: line_line"  
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"  
[1] "distance_height_logic: 3d"  
[1] "source_factor: 10"
```

Abbildung 55: Parameter-Einstellungen  
(R-Studio-Screenshot)

#### 4.3.1.1. Gebiets- und Straßencharakteristik

Als Gebiets- und Straßencharakteristik werden, vorrangig zwecks Einschätzung der Größe des Effekts der limitierten Distanzberechnung, einerseits die Gelände-Durchschnittshöhe (im Wertebereich des Referenzrasters), die durchschnittliche Abweichung von der Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle sowie die maximale Abweichung als Maßstäbe für die Ebenheit des Testgebiet-Geländes, und andererseits dieselben Kennwerte nur für die Straßenzellen ausgegeben. Bei einer großen durchschnittlichen Abweichung zwischen Straßen-Durchschnittshöhe und Höhe je

Straßenzelle ist davon auszugehen, dass es bei der Pseudo-3D-Distanzberechnung zur größeren Wertverzerrungen kommt.

```
[1] "TESTGEBIET (Teilausschnitt aus simuliertem Gebiet)"
[1] "Länge des Rasters: 520m"
[1] "Breite des Rasters: 630m"
[1] "Anzahl Zellen: 13104"
[1] "Gelände-Durchschnittshöhe: 310.88m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 1.06m"
[1] "Maximale Abweichung: 3.69m"
[1] "-----"
[1] "STRASSE"
[1] "Straßen-Durchschnittshöhe: Simuliertes Gebiet 315.43m; Testgebiet 311.53m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Straßen-Durchschnittshöhe pro Zelle: Simuliertes Gebiet 6.61m; Testgebiet 3.91m"
[1] "Maximale Abweichung: Simuliertes Gebiet 13.48m; Testgebiet 6.98m"
```

Abbildung 56: Nicht-variable Statistiken zu Gebiet und Straße (Testgebiet B17)  
(R-Studio-Screenshot)

#### 4.3.1.2. Zellstatistiken

Neben den vorher erwähnten topographischen Statistiken wird noch, einem generellen Überblick dienend, angeführt, wie viele Zellen im Untersuchungsgebiet überhaupt Werte enthalten und wie viele NULL(NA)-Zellen sind, sowohl für den Layer aus der eigenen Modellierung wie auch das Referenzraster. Erstere Zahl ist variabel und von den Parameter-Einstellungen abhängig, da im Zuge der Modellierung alle Zellen mit einem Wert kleiner 50db zu NULL-Zellen reklassifiziert werden. Zu beachten ist, dass – wie in Kapitel zuvor erwähnt – alle NULL-Zellen des Referenzrasters für den Vergleich als Gebäude-Zellen der eigenen Modellierung angenommen werden (und den NULL-Wert somit auch in der Auswertung beibehalten). Deswegen kann die Anzahl an NULL-Zellen der eigenen Modellierung niemals kleiner als die des Referenzrasters sein, bzw. andersherum die Anzahl der Zellen mit db-Werten niemals größer. Liegen die Zahlen sehr nahe beieinander, ist das ein erster Indikator für eine allgemein gute Übereinstimmung.

```
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
```

Abbildung 57: Zellstatistiken (Testgebiet B17)  
(R-Studio-Screenshot)

#### 4.3.1.3. Vergleichende Prüfung

Der Vergleich der Ergebnisse der Modellierung und des Referenzrasters gliedert sich in drei Teile: Zu Beginn erfolgt eine Wert-Differenz-Statistik, gefolgt von einer Detailanalyse der Unterschiede je nach Wertklasse und abschließend eine Betrachtung vom Verhältnis zwischen Euklidischer Distanz und GridDistance ausgehend, welches einen Anhaltspunkt für Abschattungseffekte, insbesondere hinter Gebäuden, darstellt. Wichtig zu erwähnen ist, dass für die Vergleichbarkeit die Ergebnisse der Modellierung zuvor nach demselben Schema wie das Referenzraster reklassifiziert werden (z.B. wird der Wert 73db zur Klasse 70-74db).

### Wertklassen-Differenz insgesamt

In dieser Tabelle werden die Wertklassen beider Layer direkt miteinander verglichen. Ausgegeben wird die Anzahl an Zellen je nach Abweichung – eine Differenz von 5 bedeutet etwa eine um eine Stufe höhere Wertklasse im Modell als im Referenzraster; bei 0 gehören die Zellen jeweils zur selben Klasse. Prozentuelle Anteile werden sowohl bezogen auf die Anzahl der Wertzellen des Referenzrasters („overall\_ratio“, Hauptmerkmal für die Beurteilung des eigenen Modells, unter Beachtung der getroffenen Parameter-Einstellungen) wie auch auf die der eigenen Modellierung („inner\_ratio“). Die unterste Zeile vervollständigt die „overall\_ratio“ mit der Anzahl der Zellen, die im eigenen Modell weniger als 55db aufweisen und deshalb zu NULL reklassifiziert werden.

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?)
1             -5         741          0.09          0.09          1.027
2              0        7498          0.89          0.89          1.02
3              5         200          0.02          0.02          1.015
4             rN           0          0.00
```

Abbildung 58: Wertklassen-Differenz-Tabelle (Testgebiet B17)  
(R-Studio-Screenshot)

Die rechte Spalte weist im Vorgriff auf den dritten Teil noch das durchschnittliche Verhältnis zwischen Euklidischer Distanz und GridDistance aus. Die Hypothese dahinter ist, dass je größer die Wertdifferenz (GridDistance kann nicht berechnete Dämpfungseffekte nicht ausreichend kompensieren) ist, desto eher größer ist auch der Distanzunterschied (weil ein Merkmal des Abschattungsbereichs von Gebäuden). Allerdings ist dieser Wert wegen des Kurveneffektes mit Vorsicht zu genießen: Wie bereits in Kapitel 4.2.1.2 beschrieben, kommt es bei der GridDistance gerade bei einem kurvigen Abschnitt entlang von Rasterzellkanten bzw. Diagonalen zu einer künstlichen Erhöhung der Distanz im Vergleich zur Luftlinie. Eine manuelle Prüfung hat ergeben, dass ein Unterschied der Distanzwerte von bis zu 9% (1.09) rein kurvenbedingt sein kann.

### Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen

Diese Tabelle analysiert die Unterschiede je nach spezifischer Wertklasse, einmal von der Arbeitsmodellierung ausgehend und einmal vom Referenzraster. Dabei wird die durchschnittliche Abweichung je Wertklasse ausgegeben.<sup>107</sup> Die Zone 55 bedeutet 55-59db, 60 60-64db usw.

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.0000000 -2.5695931
4  70 -2.4489796 -3.0190174
3  65 -1.2725451 -0.4854369
2  60  0.1557632  0.0000000
1  55  0.0000000  0.2592689
```

Abbildung 59: Unterschiede nach Wertklassen (Testgebiet B17)  
(R-Studio-Screenshot)

<sup>107</sup> Der Wert 0.80933945 (Zone 75, mean\_model) ist das Ergebnis der Rechnung „Anzahl Zellen mit Wert 75 in der Modellierung \* 75 – Summe der Werte alle überlagernden Zellen im Referenzraster, geteilt durch Anzahl Zellen“

## Wertklassen-Unterschiede nach Distanzverhältnis

Die dritte Analyse dient der Messung der Qualität der GridDistance-Methode. Dafür wird das bereits zuvor beschriebene Distanzverhältnis (zwischen Euklidischer Distanz und GridDistance) herangezogen. Je größer dieses für eine Zelle ist, desto eher kann davon ausgegangen werden, dass sich die Zelle im Abschattungsbereich von Gebäuden befindet. Zunächst wird das Verhältnis in Klassen eingeteilt (siehe Zeile 3 des Screenshots) und die Anzahl an zugehörigen Zellen ausgegeben, danach die durchschnittliche Wertabweichung pro Zelle errechnet. Explizit Berücksichtigung findet hier die bereits erwähnte Grenze von 9% (als erste Klasse), bis zu der der Unterschied rein kurvenbedingt sein kann,<sup>108</sup> weswegen solche Zellen für den Zweck dieser Analyse ausscheiden müssen. Diese Zellen sind naturgemäß in der absoluten Überzahl, was die eigentliche Aussage auf sehr wenige Zellen stützt.

Aus einer einzigen Tabelle kann der Unterschied zum Referenzraster abgelesen werden, ebenso wichtig ist es aber, die Tabellen zweier Durchrechnungen, einmal mit GridDistance und einmal (test/vergleichsweise) mit Euklidischer Distanz zu vergleichen. Die Werte der GridDistance-Methode im Abschattungsbereich sollten näher am Referenzraster liegen als die der Durchrechnung mit euklidischer Distanz.

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         350  0.03  1.2979351          63.20381           20    143.96180
2     2         155  0.01  1.5909091          54.54176           15    136.01471
3     3         209  0.02  1.9138756          41.81555           10    102.95630
4     4          75  0.01  2.8000000          32.42077            5     96.17692
5    999        12703 0.94  0.2098919          59.70321            0    170.88007
```

*Abbildung 60: Unterschiede nach Distanzverhältnis (Testgebiet B8, mit GridDistance)  
(R-Studio-Screenshot)*

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         350  0.03  1.6907514          63.20381           20    143.96180
2     2         155  0.01  2.4025974          54.54176           15    136.01471
3     3         209  0.02  2.7511962          41.81555           10    102.95630
4     4          75  0.01  4.2000000          32.42077            5     96.17692
5    999        12703 0.94  0.3166055          59.70321            0    170.88007
```

*Abbildung 61: Unterschiede nach Distanzverhältnis (Testgebiet B8, mit Euklidischer Distanz)  
(R-Studio-Screenshot)*

<sup>108</sup> Natürlich ist nicht ausgeschlossen, dass Zellen mit einem Distanzverhältnis von kleiner/gleich 1.09 auch im Abschattungsbereich von Gebäuden liegen. Nach optischer Analyse ist der Kurveneffekt allerdings in der großen Mehrzahl der alleinige Grund. Erst bei einem Wert von größer 1.09 ist sichergestellt, dass es einen Einfluss von Gebäuden gibt.

### 4.3.2. Ergebnisse der Durchrechnung in Testgebieten

Jedes der bereits in Kapitel 3.5.2.2 gelisteten Testgebiete wird nachfolgend kurz beschrieben sowie ein Bild und die auf den Rasterzellen basierende Gebiets- und Straßencharakteristik mitangeführt. Die Testläufe werden, ungeachtet Kapitel 3.5.2.1, i.d.R. für alle nach optischer Prüfung plausiblen, ganzzahligen db-Werte durchgeführt; fallweise auch für höhere Werte, wenn absehbar wird, dass mit diese eine höhere Übereinstimmung erzielbar ist. Außerdem werden die Einstellungen Straßenrepräsentanz/Berechnungsursprung („line\_line“ vs. „polygon\_polygon“) und Distanzbestimmung („eukl\_dist“ vs. „grid\_dist“, 2D vs. Pseudo-3D) variiert, bis der höchste Grad an Übereinstimmung gefunden ist. Begonnen wird dabei immer mit den Einstellungen „line\_line“, „grid\_dist“ und „Pseudo-3D“. Pro Testgebiet erfolgt eine Nennung ausgewählter Testläufe<sup>109</sup> mitsamt Beschreibung der Ergebnisse, im Folgekapitel 4.3.3 wird eine Gesamt-Fazit gezogen.

---

<sup>109</sup> Die Ergebnisse aller durchgeführten Testläufe sind im Anhang A5 zu finden.

#### 4.3.2.1. Testgebiet 1 – B17 Triester Straße bei Neunkirchen

##### Gebietsbeschreibung

Hierbei handelt es sich um einen völlig geraden und flachen Abschnitt der B17 mit beidseitig gleichmäßiger Schallausbreitung und ohne Gebäude. Deswegen sollte der Einfluss der distanzbestimmenden Parameter minimal ausfallen; allenfalls könnte ein geringer Kurveneffekt wegen der leichten Schrägversetzung<sup>110</sup> der Straße auftreten.

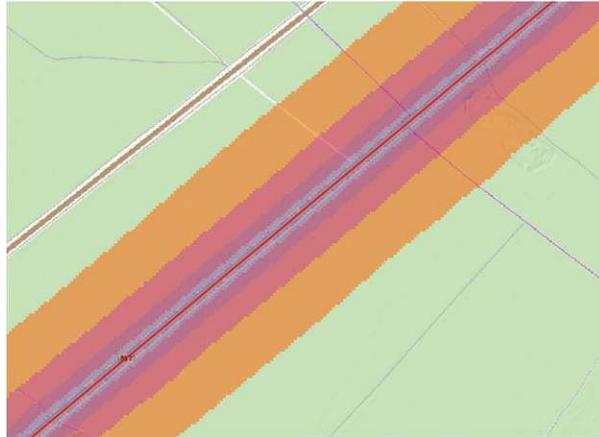


Abbildung 62: Testgebiet 1 (näherungsweise Ausschnitt)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

- Aus Lärmkartierung abgeleitete Quellpegelwertspanne: 75-79db
- Koordinaten des eingrenzenden Rechtecks: 612500 433830, 613130 434350
- Maße: 520m Länge, 630m Breite, 13.104 Zellen
- Gelände-Durchschnittshöhe (im Wertbereich des Referenzrasters): 310,88m
- Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 1,06m
- Maximale Abweichung: 3,69m

##### Detailbetrachtung des Straßenabschnitts im Testgebiet und insgesamt

- Straßen-Durchschnittshöhe:
  - Testgebiet: 311,53m
  - gesamter Abschnitt (über Testgebietsgrenzen hinaus): 315,43m
- Durchschnittliche Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 3,91m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 6,61m
- Maximale Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 6,98m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 13,48m

<sup>110</sup> Bei 0,45 oder 90° Straßenausrichtung sollte es theoretisch keinen Kurveneffekt geben, da Parallelität zu Rasterkanten- oder diagonale gegeben ist. Der Abschnitt scheint eine Neigung von ca. 35-40° aufzuweisen.

## Testläufe (Auszug)

### 77db, „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 1577 0.19 0.19 1.025
2 0 6862 0.81 0.81 1.019
3 rN 0 0.00
```

### 78db, „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 741 0.09 0.09 1.027
2 0 7498 0.89 0.89 1.02
3 5 200 0.02 0.02 1.015
```

### 77db, „polygon\_polygon“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 481 0.06 0.06 1.027
2 0 7863 0.93 0.93 1.02
3 5 95 0.01 0.01 1.002
4 rN 0 0.00
```

### 78db, „polygon\_polygon“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 83 0.01 0.01 1.07
2 0 7637 0.90 0.9 1.019
3 5 719 0.09 0.09 1.022
4 rN 0 0.00
```

### 78db, „line\_line“, „eukl\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 538 0.06 0.06 1.008
2 0 7534 0.89 0.89 1.022
3 5 367 0.04 0.04 1.019
4 rN 0 0.00
```

### 77db, „polygon\_polygon“, „eukl\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 417 0.05 0.05 1.024
2 0 7921 0.94 0.94 1.02
3 5 101 0.01 0.01 1.004
4 rN 0 0.00
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
```

```
zone mean_model mean_orig
5 75 0.8073394 -0.10706638
4 70 -0.1121076 -0.15055468
3 65 -0.4717813 -0.84546926
2 60 -0.4119378 -0.20240214
1 55 -0.1156290 0.01685248
```

## Beschreibung der Ergebnisse

Aufgrund der Charakteristika dieses Testgebietes (flach, keine Gebäude) ist es sehr gut dazu geeignet, anhand dessen die Basis-Qualität der eigenen Modellierung zu beurteilen. Der Quellpegelbereich im Referenzraster ist flächig ausgeprägt, was die Vermutung nahe legt, dass die Einstellung „polygon\_polygon“ etwas bessere Ergebnisse erzielen wird als „line\_line“.



Abbildung 63: Detailausschnitt Testgebiet B17  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

Tatsächlich ist es auch so, dass über alle durchgeführten Testläufe betrachtet „polygon\_polygon“ hier besser abschneidet. Die höchsten Übereinstimmungen werden für diese Einstellung bei einem Quellpegelwert von 76db erzielt; für „line\_line“ liegt dieser Wert bei 77db. Das ist angesichts dessen, dass „polygon\_polygon“ ja auch zu einer „Verschiebung“ des Berechnungsursprungs nach außen (an die Straßenkante) führt, keine Überraschung. Ferner wurde, wie bereits in der Beschreibung des Testgebiets prognostiziert, festgestellt, dass „eukl\_dist“ hier minimal bessere Ergebnisse liefert als „grid\_dist“, wobei die Abweichung in jedem Fall nur maximal ein Prozent beträgt. Zwischen „2D“ und „Pseudo-3D“ wurde gar kein Unterschied festgestellt – dies erscheint aber angesichts der ausgesprochenen Ebenheit sowohl des Gebiets als auch der Straße, zusammen mit dem auf Wertklassen basierenden Vergleich durchaus realistisch.

Das insgesamt beste Ergebnis wurde also mit den Einstellungen „polygon\_polygon“, „Pseudo-3D“ und „eukl\_dist“ bei einem Quellpegelwert von 76db erzielt und beträgt überaus erfreuliche 94% vollständige Deckungsgleichheit mit dem Referenzraster, basierend auf allen Wertklassen  $\geq 55$ db. Hierbei fällt der Wertbereich der eigenen Modellierung etwas größer aus als der des Referenzrasters (das bedeutet, dass die 55db-Grenze, ab der zu NULL reklassifiziert wird, bei der eigenen Modellierung „weiter weg“ von der Straße liegt als beim Referenzraster), bei 75db ist es aber noch umgekehrt, insofern unterstreicht auch dies die Modellqualität. Der Blick auf die Tabellen mit den Detailunterschieden je Wertklasse ergibt kein einheitliches Bild. Im Testlauf mit dem besten Ergebnis kann eine leicht zu schnelle Abnahme im Vergleich zum Referenzraster bis zu etwa 60/65db hin festgestellt werden, die sich dann aber wieder verlangsamt.

#### 4.3.2.2. Testgebiet 2 - B8 Angerner Straße in Strasshof/Nordbahn

##### Gebietsbeschreibung

In diesem Testgebiet kommt ein eher hoher Quellpegelwert und eine hohe Zahl an Gebäuden in unmittelbarer Straßennähe zusammen – es handelt sich um einen Ausschnitt aus dem zentrumsnahen Ortsgebiet von Strasshof.

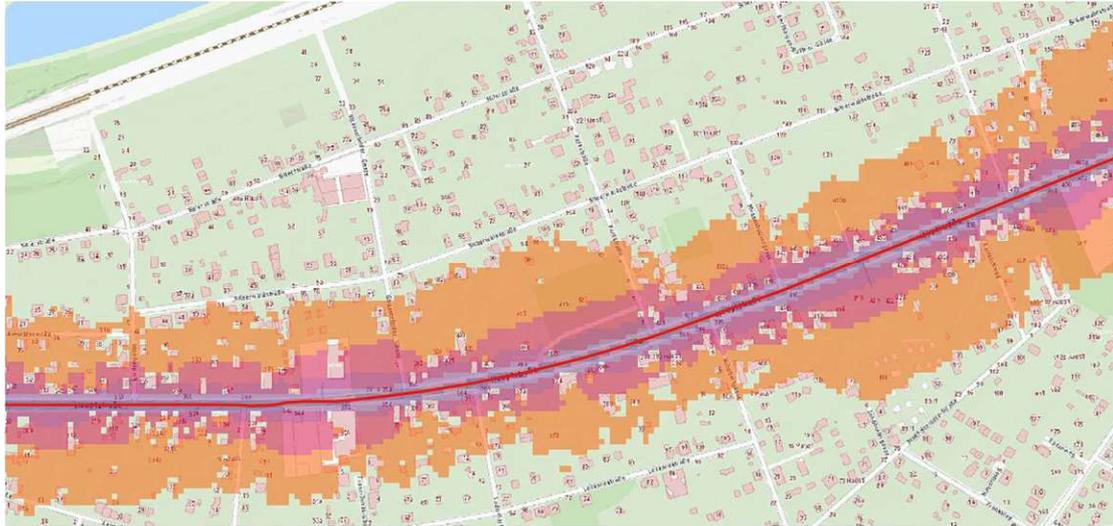


Abbildung 64: Testgebiet 2 (näherungsweise Ausschnitt)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

- Aus Lärmkartierung abgeleitete Quellpegelwertspanne: 75-79db
- Koordinaten des eingrenzenden Rechtecks: 646570 496420, 648020 497060
- Maße: 640m Länge, 1.450m Breite, 37.120 Zellen
- Gelände-Durchschnittshöhe (im Wertbereich des Referenzrasters): 164,3m
- Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 0,64m
- Maximale Abweichung: 8,50m

##### Detailbetrachtung des Straßenabschnitts im Testgebiet und insgesamt

- Straßen-Durchschnittshöhe:
  - Testgebiet: 164,85m
  - gesamter Abschnitt (über Testgebietsgrenzen hinaus): 164,17m
- Durchschnittliche Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 0,74m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 0,53m
- Maximale Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 2,02m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 2,02m

## Testläufe (Auszug)

### 76db, „polygon\_polygon“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         625           0.05      0.05         1.033
2              0        10798          0.80      0.84         1.045
3              5         1379          0.10      0.11         1.061
4             10           5          0.00           0         1.107
5             rN          706          0.05
```

### 77db, „line\_line“, „grid\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         1143           0.08      0.09         1.018
2              0        10831          0.80      0.81         1.048
3              5         1434          0.11      0.11         1.074
4             10           5          0.00           0         1.092
5             rN          100          0.01
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
```

```
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
```

```
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         355  0.03  1.239436620          69.82151          20       148.6607
2     2         165  0.01  2.575757576          58.43576          15       141.1559
3     3         182  0.01  2.307692308          47.07806          20       107.7033
4     4          45  0.00  2.888888889          36.43938          20        70.0000
5   999        12745  0.94  0.007105637          64.32889           0       175.5705
```

### 76db, „polygon\_polygon“, „eukl\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         509           0.04      0.04         1.024
2              0        10891          0.81      0.83         1.045
3              5         1638          0.12      0.13         1.067
4             10           13          0.00           0         1.317
5             rN          462          0.03
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
```

```
  zone mean_model mean_orig
5    75  1.89853556  0.00000000
4    70  0.08818342  0.831818182
3    65 -0.12036435 -0.711829436
2    60  1.27639155  0.009956193
1    55 -0.08827238  0.793994319
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
```

```
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
```

```
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         350  0.03  1.6907514          63.20381          20       143.96180
2     2         155  0.01  2.4025974          54.54176          15       136.01471
3     3         209  0.02  2.7511962          41.81555          10       102.95630
4     4          75  0.01  4.2000000          32.42077          15        96.17692
5   999        12703  0.94  0.3206854          59.70321           0       170.88007
```

## Beschreibung der Ergebnisse

Vorab ist festzuhalten, dass aufgrund der Vielzahl an Gebäuden in diesem Testgebiet die zuvor erzielte vollständige Übereinstimmung von bis zu 94% nicht realistisch erscheint. Gelände und Straße sind aber gleichfalls sehr eben, somit kommt dem Vergleich zwischen „grid\_dist“ und „eukl\_dist“, sowohl untereinander als auch mit dem Referenzraster, besondere Bedeutung zu.

Beim Blick auf die Ergebnisse kann zunächst festgestellt werden, dass es eine durchaus ähnliche Tendenz zum vorherigen Testgebiet gibt. So schneidet „polygon\_polygon“ wieder etwas besser ab als „line\_line“, wobei die Unterschiede allgemein eher gering ausfallen. „Polygon\_polygon“ erzielt das Maximum bei 76db, „line\_line“ bei 77db, beides also wieder innerhalb der durch das Referenzraster vorgegebenen Quellpegelspanne. Auffallend ist hier, dass die Ergebnisse von „polygon\_polygon“ bei 76db und 77db sehr nahe beieinander liegen; bei 77db gibt es aber eine nahezu 100%ige Übereinstimmung der Größe des Wertebereichs, wohingegen bei 76db zwar die Wertklassen-Übereinstimmung besser ist, der Wertbereich aber kleiner ausfällt. Zwischen „2D“ und „Pseudo-3D“ kann wiederum fast kein Unterschied festgestellt werden – „2D“ bringt minimal bessere Werte, allerdings fällt das Plus im Promillebereich aus.

Eine Überraschung stellt die Tatsache dar, dass trotz der von Gebäuden eingefassten Straße die größtmögliche Übereinstimmung mit der Euklidischen Distanz erzielt wird, nämlich mit 81% bei 76db („polygon\_polygon“, 2D), wengleich der Unterschied zum Resultat von 80% bei 77db und „line\_line“ nur marginal ausfällt. Dies lässt sich am ehesten dadurch erklären, dass die GridDistance ja eine künstliche Verlängerung der Distanz – und damit eine ganz leicht größere Schallabnahme - bewirkt, die den um 1db höheren Quellpegel in gewisser Weise kompensiert.

Beim Blick auf die Tabellen mit den Unterschieden je nach klassifiziertem Distanzverhältnis GridDistance zu Euklidischer Distanz wird jedoch klar, dass die Euklidische Distanz im Vergleich zur GridDistance unabhängig von den restlichen Einstellungen schlechtere Werte im Abschattungsbereich von Gebäuden liefert; gleichzeitig muss aber festgehalten werden, dass die Abweichungen zum Referenzraster in diesen Bereich noch größer sind als der Unterschied untereinander. Das bedeutet, dass die GridDistance berechnungstechnisch zwar in die richtige Richtung weist, den Dämpfungseffekt von Gebäuden in der bestehenden Form aber noch nicht weit genug abbildet.

#### 4.3.2.3. Testgebiet 3 - Krottenbachstraße, 1190 Wien

##### Gebietsbeschreibung

Dieser – kleine - Ausschnitt steht stellvertretend für städtisches Gebiet, es handelt sich um einen kurzen Abschnitt der Krottenbachstraße in Wien, der beidseitig dicht von Gebäuden umgeben ist.

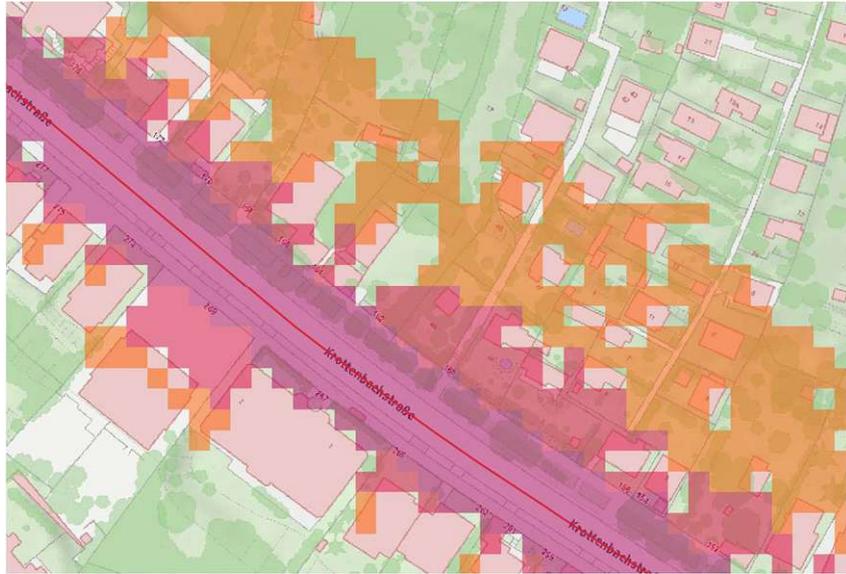


Abbildung 65: Testgebiet 3 (näherungsweise Ausschnitt)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

- Aus Lärmkartierung abgeleitete Quellpegelwertspanne: 65-69db
- Koordinaten des eingrenzenden Rechtecks: 621060 487380, 621260 487510
- Maße: 130m Länge, 200m Breite, 1.040 Zellen
- Gelände-Durchschnittshöhe (im Wertbereich des Referenzrasters): 251,74m
- Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 7,36m
- Maximale Abweichung: 24,6m

##### Detailbetrachtung des Straßenabschnitts im Testgebiet und insgesamt

- Straßen-Durchschnittshöhe:
  - Testgebiet: 243,86m
  - gesamter Abschnitt (über Testgebietsgrenzen hinaus): 224,58m
- Durchschnittliche Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 19,28m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 13,99m
- Maximale Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 21,33m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 28,62m

## Testläufe (Auszug)

### 69db, „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -10          134           0.24           0.39           1.013
2           -5           122           0.22           0.36           1.043
3            0            87           0.15           0.25           1.017
4           rN           222           0.39
```

### 74db, „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1           -5           136           0.24           0.24           1.013
2            0           342           0.61           0.61           1.049
3            5            87           0.15           0.15           1.017
4           rN            0           0.00
```

### 73db, „polygon\_polygon“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1           -5            81           0.14           0.14           1.013
2            0           352           0.62           0.63           1.05
3            5           130           0.23           0.23           1.003
4           rN            2           0.00
```

### 72db, „line\_line“, „eukl\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1           -5            40           0.07           0.07           1.048
2            0           444           0.79           0.8           1.038
3            5            74           0.13           0.13           1.015
4           rN            7           0.01
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
```

```
zone mean_model mean_orig
4  70  5.0000000  NA
3  65  0.0500000  0.4076087
2  60 -0.3409091 -0.1612903
1  55 -0.1077586  0.4600000
```

### 72db, „line\_line“, „grid\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1           -5            45           0.08           0.08           1.05
2            0           438           0.78           0.79           1.037
3            5            70           0.12           0.13           1.011
4           rN            12           0.02
```

## Beschreibung der Ergebnisse

Besondere Beachtung muss hier dem Vergleich zwischen „2D“ und „Pseudo-3D“ gelten, nachdem die Straßenzellen eine sehr hohe „innere“ durchschnittliche Abweichung vom Höhen-Durchschnittswert aufweisen. Wie in den Kapiteln 4.2.1.2 und 4.3.1.1 dargelegt, kann es dadurch zu größeren Wertverzerrungen kommen. Das Gebiet selbst ist zwar auch nicht eben, allerdings ist die Varianz hier geringer als nur in Bezug auf die Straße. Darüber hinaus gibt es eine in Relation zur Gebietsgröße beträchtliche Anzahl an Gebäuden, und die Quellpegelspanne liegt deutlich niedriger als bei den vorherigen Straßen.

Ungeachtet dem Höhen-Thema ist die erste Auffälligkeit der Ergebnisse, dass die größten Übereinstimmungen in allen möglichen Parameter-Kombinationen erst mit Quellpegeln erreicht werden, die deutlich über der aus dem Referenzraster abgeleiteten (65-69db) liegen. Das würde auf eine initial und/oder insgesamt zu schnell modellierte Schallabnahme schließen lassen. So wird das beste Ergebnis mit 79% bei einem Quellpegel von 72db und den Einstellungen „line\_line“, „eukl\_dist“ und „2D“ erzielt. Tatsächlich ist dies auch weit besser als das beste Ergebnis unter Anwendung der Pseudo-3D-Methodik (62%, 73db, „polygon\_polygon“, „grid\_dist“), womit sich die eingangs aufgestellte Vermutung bestätigt. Bezüglich der Quellpegelhöhe sei aber noch ein Blick auf das Referenzraster geworfen, der eine (mögliche) Erklärung liefert:

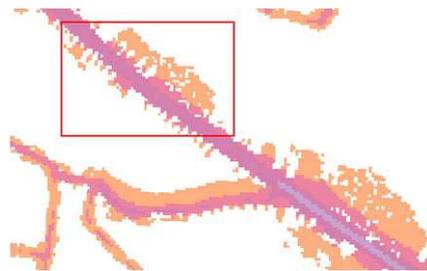


Abbildung 66: Ausschnitt Referenzraster (Testgebiet 3 in rotem Rahmen)  
(QGIS-Screenshot)

Hier sieht man, dass nur einige Meter weiter südöstlich des Testgebietes noch eine Quellpegelspanne von 70-74db „endet“, die Ausdehnung der Spanne 65-69db ändert sich aber nur unwesentlich. Insofern kann von einem realen Quellpegel am oberen Ende, d.h. um die 69db, ausgegangen werden, was die Ergebnisse der eigenen Modellierung etwas besser erscheinen lässt.

Im Vergleich zwischen „grid\_dist“ und „eukl\_dist“ fällt das Resümee uneinheitlich aus; in manchen Einstellungen schneidet „eukl\_dist“ wie im Testgebiet zuvor trotz der hohen Zahl an Gebäuden etwas besser ab; in anderen Fällen gibt es wiederum nur einen Unterschied von plus/minus zehn Rasterzellen besser oder schlechter.

#### 4.3.2.4. Testgebiet 4 - B172 Walchseestraße bei Kössen, Tirol

##### Gebietsbeschreibung

Die Besonderheit dieses in alpinem Gelände gelegenen Testgebietes ist die Lage der Straße an einem Südhang, der im mittleren Bereich steil ansteigt. Gen Norden besteht dagegen offener Talboden. Im Lärm-Ausbreitungsbereich existieren so gut wie keine Gebäude.

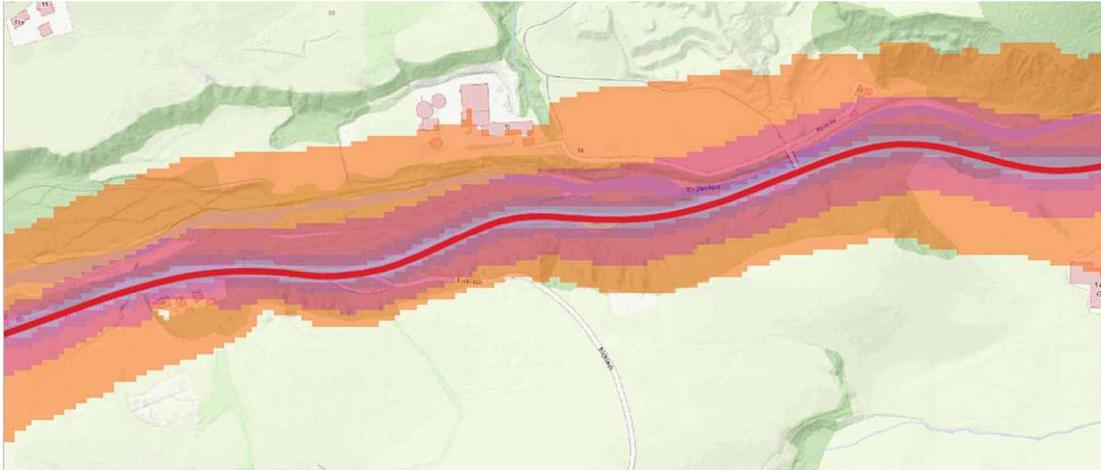


Abbildung 67: Testgebiet 4 (näherungsweise Ausschnitt)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

- Aus Lärmkartierung abgeleitete Quellpegelwertspanne: 70-74db
- Koordinaten des eingrenzenden Rechtecks: 326080 416940, 327510 417470
- Maße: 530m Länge, 1.430m Breite, 30.316 Zellen
- Gelände-Durchschnittshöhe (im Wertbereich des Referenzrasters): 645,51m
- Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 12,95m
- Maximale Abweichung: 32,64m

##### Detailbetrachtung des Straßenabschnitts im Testgebiet und insgesamt

- Straßen-Durchschnittshöhe:
  - Testgebiet: 633,08m
  - gesamter Abschnitt (über Testgebietsgrenzen hinaus): 632,57m
- Durchschnittliche Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 6,7m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 7,07m
- Maximale Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 13,95m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 14,25m

## Testläufe (Auszug)

### 74db, „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!?)
1             -10         148           0.01         0.01         1.003
2              -5        4611           0.31         0.44         1.025
3               0        5784           0.39         0.55         1.033
4               5         42           0.00           0           1.053
5             rN        4132           0.28
```

### 77db, „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!?)
1              -5         756           0.05           0.05         1.009
2               0       12409           0.84           0.84         1.033
3               5       1532           0.10           0.1         1.029
4             rN         20           0.00
```

### 77db, „line\_line“, „grid\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!?)
1              -5         406           0.03           0.03         1.008
2               0       12548           0.85           0.85         1.032
3               5       1742           0.12           0.12         1.03
4              10           1           0.00           0           1.062
5             rN         20           0.00
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75 5.000000000          NA
4   70 0.02873563 -0.04285714
3   65 -0.16826923 0.00000000
2   60 1.20554222 0.31505405
1   55 -0.03096432 0.70764331
```

### 77db, „line\_line“, „eukl\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!?)
1              -5         366           0.02           0.02         1.003
2               0       12201           0.83           0.83         1.031
3               5        2138           0.15           0.15         1.036
4              10           3           0.00           0           1.075
5             rN          9           0.00
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75 5.000000000          NA
4   70 0.028735632 -0.042857143
3   65 0.093322273 0.009068924
2   60 1.450701277 0.519377801
1   55 -0.003860408 0.886019590
```

### 76db, „polygon\_polygon“, „eukl\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!?)
1              -5         348           0.02           0.02         1.023
2               0       12012           0.82           0.86         1.032
3               5        1622           0.11           0.12         1.023
4             rN         735           0.05
```

## Beschreibung der Ergebnisse

Basierend auf den Erkenntnissen der vorherigen Testgebiete kann hier zunächst die Vermutung aufgestellt werden, dass wegen des kurvigen Verlaufs und der fehlenden Gebäude Berechnungen mit „eukl\_dist“ bessere Ergebnisse liefern als mit „grid\_dist“. Die wahrscheinlich durch den Südhang bedingte ungleichmäßige Größe der beidseitigen Schallausbreitung spricht eher für „Pseudo-3D“, andererseits ist die straßeninterne durchschnittliche Höhenabweichung mit 6,7m auch nicht gerade gering, was wiederum bei zweidimensionaler Berechnung bessere Ergebnisse erwarten ließe.

Betrachtet man nun die Ergebnisse, so fällt als erstes auf, dass die höchsten Übereinstimmungswerte bei allen Einstellungen erneut erst mit einem Quellpegel erreicht werden, der deutlich über der Referenzspanne liegt. Jedoch steigt ebenjene in unmittelbarer Nähe des Testgebietes, anders als beim Testgebiet zuvor, nicht an, so dass hierfür zunächst keine offensichtliche Erklärung vorliegt.

Das insgesamt beste Ergebnis wird mit 85% – doch überraschend - mit „line\_line“, „grid\_dist“ und „2D“ bei einem Quellpegel von 77db erreicht; hierbei besteht auch eine fast vollständige Deckungsgleichheit der Größe der Wertbereiche (nur 20 Rasterzellen Unterschied). Bei denselben Einstellungen und 76db beträgt die Übereinstimmung immerhin noch 79%. Zum Vergleich – mit der Euklidischen Distanz werden Überstimmungen von 80% (76db) und 83% (77db) erzielt, also nur unwesentlich schlechter, aber in gewisser Weise konstanter. An dieser Stelle noch einmal in Erinnerung gerufen sei, dass die GridDistance für einige Rasterzellen zu einer künstlichen Verlängerung der Distanz und damit zu einer etwas schnelleren bzw. größeren Schallabnahme führt (Kurveneffekt). Der Unterschied zwischen „2D“ und „Pseudo-3D“ ist marginal, so kommt letztere Einstellung auf bis zu 84%. Auch die Testläufe mit „polygon\_polygon“ erzielten im besten Fall jeweils Werte über 80%, bleiben aber immer, wenn auch in sehr geringem Maße, hinter dem besten „line\_line“-Ergebnis bei ansonsten gleichen Parametereinstellungen zurück.

Die Tendenzen in den Tabellen mit den Detailunterschieden nach Wertklassen ähnelt den Beobachtungen, die in diesem Zusammenhang bereits beim ersten Testgebiet gemacht wurden: Das Tempo der Schallabnahme in der eigenen Modellierung stellt sich im Vergleich zum Referenzraster bis zur vorletzten Wertklasse (60-64db) als ein wenig zu schnell steigend dar, um dann aber wieder abzunehmen.

#### 4.3.2.5. Testgebiet 5 – A2 Südbahnhof bei Wiener Neustadt

##### Gebietsbeschreibung

Das Testgebiet umfasst einen flachen Bereich in der Nähe des Autobahnknotens Wiener Neustadt ohne räumliche Besonderheiten. Die A2 macht hier eine langgezogene Kurve Richtung Südwesten. Beachtenswert ist die beginnende Aufteilung der Richtungsfahrbahnen im Norden.

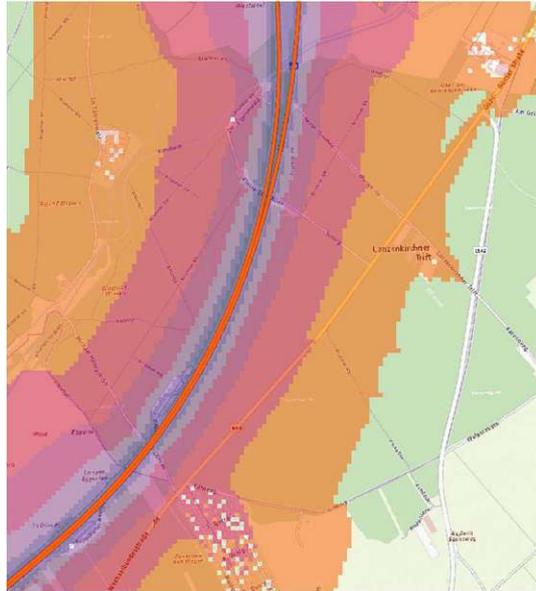


Abbildung 68: Testgebiet 5 (näherungsweise Ausschnitt)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

- Aus Lärmkartierung abgeleitete Quellpegelwertspanne: 85-89db
- Koordinaten des eingrenzenden Rechtecks: 613630 431170, 616600 434470
- Maße: 3.300m Länge, 2.970m Breite, 392.040 Zellen
- Gelände-Durchschnittshöhe (im Wertbereich des Referenzrasters): 306,95m
- Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 4,64m
- Maximale Abweichung: 19,77m

##### Detailbetrachtung des Straßenabschnitts im Testgebiet und insgesamt

- Straßen-Durchschnittshöhe:
  - Testgebiet: 311,80m
  - gesamter Abschnitt (über Testgebietsgrenzen hinaus): 305,99m
- Durchschnittliche Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 7,07m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 20,16m
- Maximale Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 16,21m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 82,10m

## Testläufe (Auszug)<sup>111,112</sup>

### 86db „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -15         2           0.00         0           1
2             -10        1483          0.01         0.01         1.01
3              -5       40022          0.14         0.14         1.02
4              0      214676          0.73         0.77         1.027
5              5       24159          0.08         0.09         1.03
6             10         1          0.00         0           1.218
7             rN       14477          0.05
```

### 88db „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -10         244           0.00         0           1.014
2              -5      13953          0.05         0.05         1.02
3              0     183980          0.62         0.62         1.024
4              5     96581          0.33         0.33         1.029
5             10         18          0.00         0           1.035
6             15         1          0.00         0           1.218
7             rN         43          0.00
```

### 86db „polygon\_polygon“, „grid\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -10         2           0.00         0           1
2              -5      33207          0.11         0.12         1.018
3              0     220924          0.75         0.79         1.026
4              5     26689          0.09         0.1         1.03
5             10         1          0.00         0           1.24
6             rN     13997          0.05
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8   90      NA -10.00000000
7   85  1.0536105 -0.91043084
6   80 -1.5295679 -1.84700554
5   75 -1.9375000 -2.83389742
4   70 -2.0399974 -2.71792235
3   65 -0.4961173 -0.89429808
2   60  0.6648010  0.04061562
1   55 -0.2458925  0.80829668
```

<sup>111</sup> Nach näherer Betrachtung des Referenzrasters wurde festgestellt, dass im Testgebiet genau zwei Straßen-Rasterzellen den Wert 90-94db erhalten, vermutlich ein Datenfehler im Referenzraster. Das ist der Grund, weshalb in der ersten Gesamtübersichts-Tabelle eine Zeile mit Unterschied „-15“ bzw. in der Tabelle der Unterschiede nach Wertklassen eine Zeile mit 90 existiert. Für die Gesamtauswertung spielt das aber keine Rolle und kann deshalb ignoriert werden.

<sup>112</sup> Bei Berechnung mit 88db (oder mehr) und der Einstellung „grid\_dist“ gibt es eine Differenz an Wert-Zellen von 43, obwohl hier bereits keine Differenz mehr existieren sollte. Der Grund davor sind Wert-Zellen im Referenzraster, die sich als Quasi-Exklaven innerhalb eines NULL-Bereichs befinden und keinen Kontakt zu dem zusammenhängenden Wertebereich haben. Bei der Berechnung der GridDistance werden sie aufgrund der Insellage zu NULL-Zellen umgewandelt, da hier für eine Wertbestimmung eine durchgehende Verbindung zur Quelle erforderlich ist. Anders bei der Euklidischen Distanz, hier wird ein Wert bestimmt.

## Beschreibung der Ergebnisse

In diesem Testgebiet wird die eigene Modellierung nun erstmals auf eine Autobahn angewandt. Dies bringt mit sich, dass zwei Abschnitte – je einer pro Richtungsfahrbahn – zunächst getrennt simuliert und dann addiert werden. Das kann ggf. dazu führen, dass die zuvor beobachtete, etwas zu schnell ansteigende Schallabnahme hier abgemildert wird. Ferner ist dieses Testgebiet das mit Abstand größte von allen, allerdings auch fast ohne Gebäude. Zumindest zwischen „line\_line“ und „polygon\_polygon“ sind in der insgesamten Übereinstimmung geringere Unterschiede zu erwarten als zuvor, da davon auszugehen ist, dass sich die Schallabnahme beider Einstellungen in einem so großen Gebiet mit zunehmendem Abstand von der Straße hin angleicht.

Die erzielten Ergebnisse bestätigen diese Vermutung bzw. übertreffen sie sogar: Einerseits werden die pro Parameter-Einstellung besten Läufe ausschließlich bei ein und demselben Quellpegel – 86db – erzielt, andererseits fallen die prozentuellen Unterschiede zwischen ebenjenen auch nur äußerst gering aus. Der beste Wert – 75% - wurde bei „polygon\_polygon“, „grid\_dist“ und „2D“ erzielt, dem gegenüber stehen immer noch 73% bei „line\_line“, „eukl\_dist“ und „Pseudo-3D“.

Auffällig ist, dass bei 86db, wiederum auch in allen Einstellungen, der Wertebereich der eigenen Modellierung noch deutlich kleiner ist als der des Referenzrasters. Eine Angleichung erfolgt erst im Übergang von 87db zu 88db, wobei bei diesem Pegel die Übereinstimmung in den Basis-Einstellungen auf nur mehr knapp über 60% sinkt. Dies ist ein starkes Zeichen dafür, dass die eigene Modellierung mit zunehmend höherem Quellpegel eine zu schnelle Schallabnahme produziert, wahrscheinlich gibt es hier einen direkten Zusammenhang. Bestätigt wird dies durch die Werte in den Tabellen mit den Unterschieden nach Wertklasse. Hier wird erneut und diesmal sehr deutlich sichtbar, dass die Dezibelwerte hin zum mittleren Bereich zu schnell fallen – so sind, von der eigenen Modellierung aus betrachtet, beim Lauf mit dem besten Ergebnis in dessen Quellpegelbereich die Werte noch größer, in der Klasse 70-74db dann aber um durchschnittlich 2db niedriger als dies Referenzrasters, was angesichts der Größe des Gebietes und der Anzahl der Wertzellen doch beträchtlich ist. Der Unterschied wird dann aber rapide kleiner, im Bereich von 60-64db sind die eigenen Werte dann im Durchschnitt sogar nochmal leicht größer, bevor sie zum Ende hin erneut wieder kleiner werden.

#### 4.3.2.6. Testgebiet 6 - A8 Innkreis-Autobahn bei Utzenaich

##### Gebietsbeschreibung

In diesem Testgebiet verläuft die A8 in einem hügeligen Bereich mit ein paar Häusern in der Umgebung. Die Straßenführung ist relativ gerade.

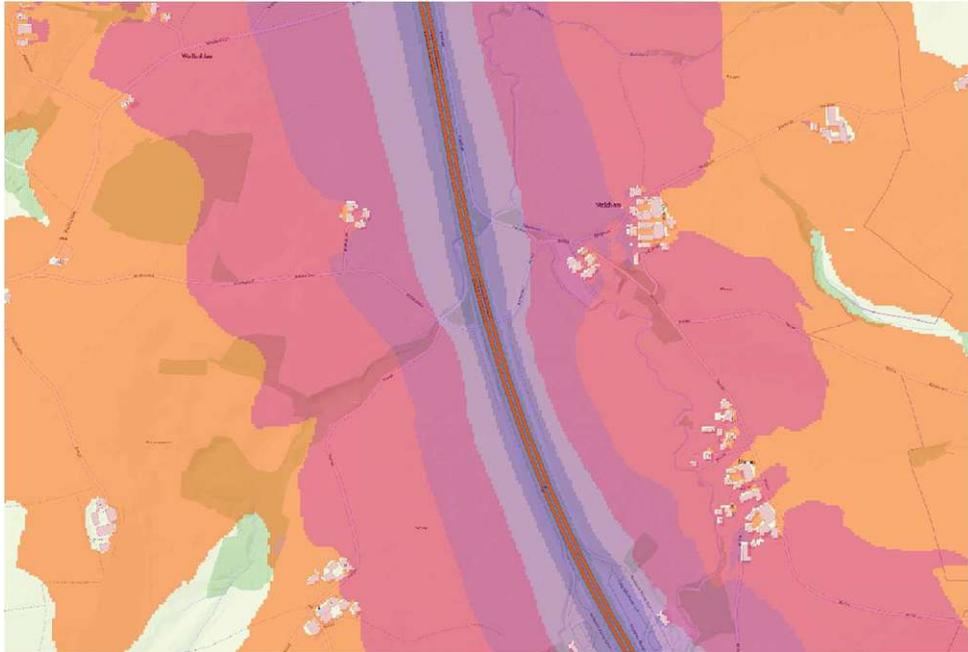


Abbildung 69: Testgebiet 6 (näherungsweise Ausschnitt)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

- Aus Lärmkartierung abgeleitete Quellpegelwertspanne: 85-89db
- Koordinaten des eingrenzenden Rechtecks: 410600 485970, 412700 487380
- Maße: 1.410m Länge, 2.100m Breite, 118.440 Zellen
- Gelände-Durchschnittshöhe (im Wertbereich des Referenzrasters): 405,28m
- Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 13,52m
- Maximale Abweichung: 49,47m

##### Detailbetrachtung des Straßenabschnitts im Testgebiet und insgesamt

- Straßen-Durchschnittshöhe:
  - Testgebiet: 388,04m
  - gesamter Abschnitt (über Testgebietsgrenzen hinaus): 399,57m
- Durchschnittliche Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 11,54m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 43,87m
- Maximale Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 16,05m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 91,15m

## Testläufe (Auszug)

### 86db, „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -10 1 0.00 0 1.056
2 -5 9985 0.09 0.09 1.032
3 0 92063 0.82 0.82 1.041
4 5 9989 0.09 0.09 1.049
5 10 28 0.00 0 1.041
6 rN 0 0.00
```

### 86db, „polygon\_polygon“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 7589 0.07 0.07 1.032
2 0 93224 0.83 0.83 1.041
3 5 11224 0.10 0.1 1.048
4 10 29 0.00 0 1.047
5 rN 0 0.00
```

### 86db, „polygon\_polygon“, „grid\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 7372 0.07 0.07 1.033
2 0 93346 0.83 0.83 1.041
3 5 11319 0.10 0.1 1.048
4 10 29 0.00 0 1.047
5 rN 0 0.00
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
```

```
zone mean_model mean_orig
7 85 1.33532934 0.0000000
6 80 0.26344676 1.3220461
5 75 -0.08151231 -1.1962865
4 70 -0.48672566 -1.5195531
3 65 0.11283243 -0.7074009
2 60 0.59159990 0.1842922
1 55 -0.16531914 0.8736183
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
```

```
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
```

```
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 738 0.01 0.2506775 871.7820 97.08244 1041.081
2 2 322 0.00 0.0000000 890.9178 108.16654 1025.280
3 3 617 0.01 0.0000000 892.4849 91.78780 1014.359
4 999 110389 0.99 0.1797281 474.9330 0.00000 1142.377
```

### 86db, „polygon\_polygon“, „eukl\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 6118 0.05 0.05 1.03
2 0 91611 0.82 0.82 1.041
3 5 14305 0.13 0.13 1.049
4 10 32 0.00 0 1.048
5 rN 0 0.00
```

## Beschreibung der Ergebnisse

Das Testgebiet weist einige Ähnlichkeiten mit dem vorherigen auf, so handelt es sich wieder um eine Autobahn, die Quellpegelspanne liegt erneut bei 85-89db und es gibt zwei getrennte Fahrbahnen. Es ist andererseits nur rund ein Viertel so groß und deutlich hügeliger geprägt, zudem existiert eine nennenswerte Zahl an Gebäuden.

Bei der Charakteristik der Ergebnisse überwiegen die Parallelen allerdings deutlich. So werden auch hier die höchsten Übereinstimmungen in allen Einstellungen bei demselben Quellpegel wie bei der A2 erzielt (86db), und die Unterschiede zwischen den einzelnen Maxima jeder Einstellung fallen sehr niedrig aus, wenngleich der Grad an Übereinstimmung höher ausfällt. Das beste Ergebnis wird mit 83% bei „polygon\_polygon“, „grid\_dist“ und „2D“ erzielt, „Pseudo-3D“ kommt ebenfalls auf (gerundet) 83% bei geringfügig schlechterer Nachkommastelle. Die Einstellung „line\_line“, „eukl\_dist“ und „Pseudo-3D“ als niedrigstes bestes Ergebnis pro Einstellung erreicht gleichfalls noch gute 81%.

Dass das Niveau der Grade an Übereinstimmung in diesem Testgebiet höher liegt als im Testgebiet zuvor, kann am ehesten mit dem Größenvergleich erklärt werden. Das hier getestete Gebiet rund um die A8 ist, wie oben bereits geschrieben, nur ein Viertel so groß wie das der A2, weshalb sich berechnungsintensive Ungenauigkeiten dort, also mit zunehmender Größe, stärker auswirken.

Blickt man auf die Tabellen mit den Unterschieden nach Distanzverhältnis und gleichzeitig auf den Screenshot des Testgebietes, so fallen mehrere Dinge auf. Zunächst liegen im Nahebereich der Fahrbahnen – bei einer Autobahn natürlich erwartbar – keine Gebäude; die nächstgelegenen befinden sich im Abstand von etwa 180m, die meisten sind aber deutlich größer entfernt. Mit zunehmender Entfernung wird das Verhältnis zwischen „grid\_dist“ und „eukl\_dist“ unmittelbar hinter den Gebäuden aber auch kleiner und der Effekt auf die Schallabnahme nimmt ab. Ferner gibt es ganz im Westen, am Rande des Wertbereichs, eine geographische Besonderheit (Hangrücken), die dort Rasterzellen mit größerem Verhältnis erzeugt. Dadurch erklärt sich die zunächst nicht nachvollziehbare Tatsache des durchschnittlichen Unterschieds von etwa 0,25db im Bereich eines Distanzverhältnisses von 1.09 bis 1.25, und des nicht messbaren Unterschieds bei größeren Distanzverhältnissen.

#### 4.3.2.7. Testgebiet 7 – S16 Arlberg-Schnellstraße bei Wald am Arlberg

##### Gebietsbeschreibung

Das Testgebiet beinhaltet einen Teil der langgezogenen Westrampe der S16 innerhalb des Kloostertales, von Bludenz hinauf zum Arlberg-Straßentunnel. Insofern ist eine Troglage bei ansteigender Straßenneigung gegeben. Im Nahebereich der Straße befinden sich nur wenige Gebäude, im hinteren Schallausbreitungsbereich ein paar mehr.

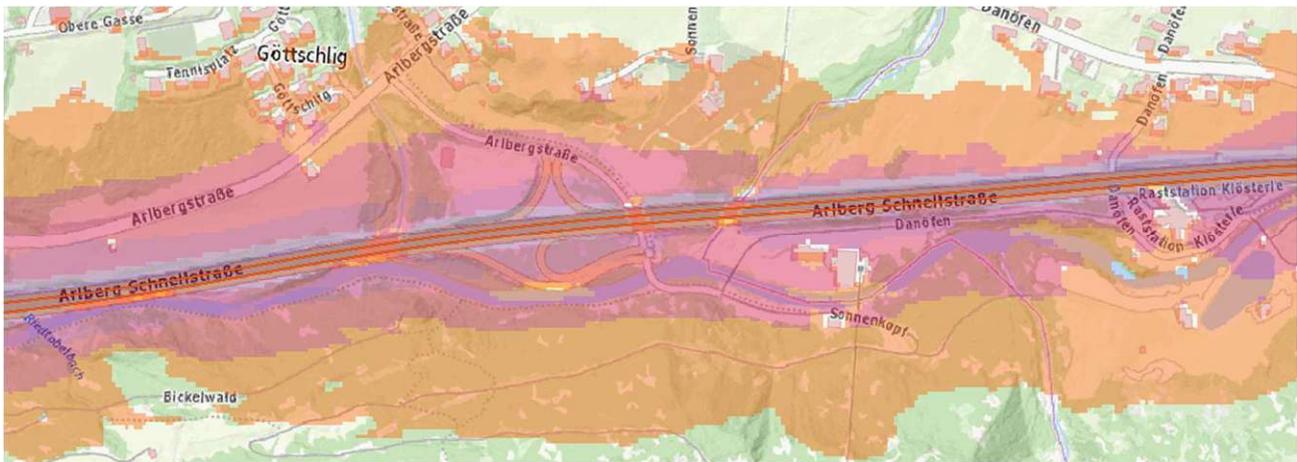


Abbildung 70: Testgebiet 7 (näherungsweise Ausschnitt)  
(QGIS-Screenshot, Hintergrund: basemap.at-Verwaltungsgrundkarte Standard)

- Aus Lärmkartierung abgeleitete Quellpegelwertspanne: 75-79db
- Koordinaten des eingrenzenden Rechtecks: 150570 363790, 152060 364340
- Maße: 550m Länge, 1.490m Breite, 32.780 Zellen
- Gelände-Durchschnittshöhe (im Wertbereich des Referenzrasters): 1.021,43m
- Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 22,25m
- Maximale Abweichung: 110,65m

##### Detailbetrachtung des Straßenabschnitts im Testgebiet und insgesamt

- Straßen-Durchschnittshöhe:
  - Testgebiet: 999,13m
  - gesamter Abschnitt (über Testgebietsgrenzen hinaus): 979,47m
- Durchschnittliche Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 20,3m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 43,79m
- Maximale Abweichung:
  - Straßenzellen im Testgebiet zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 46,92m
  - Straßenzellen gesamter Abschnitt zu Durchschnitt gesamter Abschnitt: 120,83m

## Testläufe (Auszug)<sup>113</sup>

### 77db „line\_line“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -10         470           0.02         0.02         1.012
2           -5        2129           0.09         0.09         1.015
3            0       16923           0.71         0.72         1.02
4            5        3872           0.16         0.16         1.019
5           10         203           0.01         0.01         1.012
6           15          26           0.00          0           1
7           rN         109           0.00
```

### 76db „polygon\_polygon“, „grid\_dist“, „Pseudo-3D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -10         127           0.01         0.01         1.015
2           -5       2875           0.12         0.12         1.019
3            0      17382           0.73         0.74         1.02
4            5       2803           0.12         0.12         1.021
5           10         161           0.01         0.01         1.139
6           15          47           0.00          0         1.426
7           rN         337           0.01
```

### 76db „polygon\_polygon“, „eukl\_dist“, „2D“

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1            -5        1284           0.05         0.05         1.019
2             0       17895           0.75         0.76         1.02
3             5        4072           0.17         0.17         1.021
4            10         346           0.01         0.01         1.032
5            15          56           0.00          0         1.01
6            20          10           0.00          0           5
7            rN          69           0.00
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
```

```
  zone mean_model mean_orig
6   80 5.0000000      NA
5   75 2.2909468 -0.6564748
4   70 1.4959016  0.7037643
3   65 1.8967681  0.4964539
2   60 1.5681197  0.4351343
1   55 -0.3361886 1.1317647
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
```

```
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
```

```
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         172  0.01  1.0755814      94.86613      18.02776      200.9975
2     2          54  0.00  2.0370370      75.14711      15.00000      148.0709
3     3          88  0.00  3.0681818      70.39731      10.00000      199.0603
4     4          61  0.00  7.4590164      53.53936       0.00000      185.0000
5   999       23248  0.98  0.7515423     102.22436       0.00000      285.0000
```

<sup>113</sup> In diesem Testgebiet tritt dasselbe Datenproblem wie bei der A2 auf – es existieren 109 Insel-Wertzellen.

## Beschreibung der Ergebnisse

Der Straßenabschnitt des letzten Testgebietes, die Arlberg-Schnellstraße, stellt sich als eine Mischung zwischen Autobahn und normaler Straße dar, da es einerseits wieder zwei Fahrstreifen gibt, andererseits die Quellpegelspanne aber deutlich niedriger liegt. Sowohl Straße wie auch gesamtes Gebiet weisen eine sehr hohe durchschnittlich Höhenabweichung auf, was jeweils Argumente für „2D“ und „Pseudo-3D“ sind.

Aufgrund dieser Gegebenheiten nicht ganz erwartet, liegen die pro Parameter-Einstellung erzielten besten Ergebnisse auch hier sehr nahe beieinander und werden, ausgenommen bei den initialen Standardeinstellungen (hier bei 77db) ausnahmslos bei 76db erzielt. Am besten schneidet die Kombination „polygon\_polygon“, „eukl\_dist“ und „2D“ mit 75% Übereinstimmung ab, denselben Prozentsatz erreicht auch die Durchrechnung mit „grid\_dist“. Ein Lauf mit „Pseudo-3D“ (und „polygon\_polygon“, „eukl\_dist“) erreichte immerhin auch noch 74%. Festgehalten kann aber werden, dass – wenn auch eben nur minimal, aber doch – jeweils „polygon\_polygon“ etwas besser abschneidet als „line\_line“, „2D“ als „Pseudo-3D“ und „eukl\_dist“ als „grid\_dist“.

Im Gegensatz dazu überaus deutlich wird anhand der Distanzverhältnis-Tabellen einmal mehr, dass die GridDistance zwar im Vergleich mit der Euklidischen Distanz einen messbaren Effekt in Bezug auf die ersatzweise Abbildung der gebäudebedingten Dämpfung hat, dieser allerdings noch zu schwach ausgeprägt ist.

### 4.3.3. Gesamt-Interpretation und Anpassungen für weitere Testläufe

Betrachtet man die jeweils besten Ergebnisse aller sieben Testgebiete, so wird im Durchschnitt eine Übereinstimmung von rund 81,7% erzielt, was einen durchaus akzeptablen Wert darstellt. Die 94% des Testgebiets 1 – B17 stechen dabei heraus; gleichsam ist klar, dass sich dieser Wert in Gebieten mit wechselhafter Charakteristik und Vorhandensein von Einflussfaktoren nicht erzielen lassen kann.

In der näheren Analyse steht zunächst der Verlauf der Schallabnahme im Vordergrund. Bei den beiden Autobahn-Abschnitten mit hohem Quellpegel (Südautobahn, Innkreisautobahn) ist eine, im Vergleich zu den Referenzrastern, bis etwa zum Wert von 70db zu schnell von Statten gehende, exponentielle Schallabnahme zu beobachten. Danach nimmt die Intensität der Schallabnahme wieder ab. Bei den Straßen mit geringem Quellpegel ist dies zwar nicht in dieser Intensität, aber doch auch in versetztem Maße bis zu einem Pegel von etwa 65db gleichfalls vorhanden. Bis zu 55db-Grenze erfolgt dann meist eine Wellenbewegung, d.h. die Werte werden zunächst noch einmal größer, um dann wieder abzunehmen.

Die initial zu stark voranschreitende Abnahme ist sehr wahrscheinlich der Grund dafür, dass in fünf von sieben Testgebieten die „polygon\_polygon“ – Einstellung bessere Werte hervor brachte, da diese den Ursprung der Schallausbreitung nach außen hin verschiebt. Ein Mitgrund könnte auch die fehlende A-Bewertung in der eigenen Modellierung sein,<sup>114</sup> was vor allem die höheren Wertbereiche betrifft. Eine Möglichkeit, dem gegenzusteuern, wäre eine Modifikation (Verringerung) der durch die ÖAL-Richtlinie vorgegebenen Berechnungsparameter Gpath-Koeffizient und Source-Faktor.

Der Gpath-Koeffizient steht für die Dämpfungskapazität des Bodes (0 = asphaltierte Straße = keine Dämpfung bis hin zu 1 = weicher Waldboden, Schnee = maximale Dämpfung), anteilmäßig übertragen auf den gesamten Ausbreitungsweg. Für die (verallgemeinernde) Berechnung der Lärmkartierung wird der Wert defaultmäßig mit 0.8 angenommen, allerdings wären streng genommen jegliche befestigte Verkehrsflächen (im Ausbreitungsweg, abseits der Straßenquelle) gesondert mit 0, also keiner Bodendämpfung und damit zu höheren db-Werten führend, zu berechnen.<sup>115</sup> Nachdem, wie schon an einer vorherigen Stelle erklärt, eine rasterbasierte Modellierung keine Pfadanalyse auf einfachem Weg erlaubt, wurde dies außer Acht gelassen. Eine Verringerung kommt dieser Vorgabe also in gewisser Weise näher. Der Source-Faktor wurde bereits

---

<sup>114</sup> Vgl. Kapitel 3.2.2.1

<sup>115</sup> Vgl. ÖAL-Richtlinie 28 (2021), S.14f

in Kapitel 3.2.2.3 erläutert; der Wert von 10 repräsentiert Linienquellen, 20 – und damit eine exponentiell höhere Abnahme – Punktquellen. Eine geringfügige Verringerung dieses Wertes sollte zu einer langsameren Abnahme führen. Dies wird in einer zweiten Runde an Testläufen untersucht, welche im nachfolgenden Kapitel beschrieben werden.

Aufgrund der bereits mehrfach erklärten Einschränkungen bei der Distanzbestimmung bzw. der notwendigen Vereinfachung des Ausbreitungswegs im Zuge einer rasterbasierten Umsetzung ist ein hügeliges oder gar gebirgiges Terrain der erreichbaren Qualität der Modellierung natürlich nicht zuträglich. Wie erwartet liefert die Pseudo-3D-Berechnungsmethode in den Testgebieten mit hoher innerer durchschnittlicher Abweichung von der Straßen-Durchschnittshöhe markant schlechtere Ergebnisse als mit der reinen 2D-Berechnung. Tatsächlich liefert ebenjene in allen Testgebieten näher am Referenzraster liegende Werte, wenngleich der Unterschied zu „Pseudo-3D“ in flacheren Gebieten geringer ist. Überdies fällt die insgesamt Übereinstimmung zwischen solchen und Gebieten mit variablem Gelände nicht übermäßig zurück. Insofern muss davon ausgegangen werden, dass eine Miteinbeziehung von Höhen in die Berechnung nur dann Sinn macht, wenn sie auch der Realität entspricht, also eine direkte Beziehung zwischen Quell- und Zielzelle hergestellt werden kann, weswegen bei der österreichweiten Modellierung die 2D-Methode angewendet wird.

Zuletzt betrachtet werden die Effekte der Berechnung mittels GridDistance bzw. GridDistance vs. Euklidische Distanz. Dass die erstgenannte Variante nicht an die Genauigkeit einer Miteinbeziehung von tatsächlichen Beugungen/Dämpfungen und Reflexionen herankommen kann, liegt auf der Hand. Aus den Tabellen, die die Unterschiede nach Wertklassen im Abschattungsbereich von Gebäuden zum Inhalt haben, geht hervor, dass die mittels GridDistance bestimmten Werte zwar in die richtige Richtung zeigen, allerdings noch deutlich zu niedrig liegen. Im Zuge einer Vermutung dessen wurde im Kapitel 3.2.2.5 bereits ein möglicher Kompensationsfaktor in den Raum gestellt, der der Modellierung nunmehr hinzugefügt werden soll. Idealerweise sollte die Bestimmung der Größe hauptsächlich auf einer realen Berechnung von Beugungs-, Dämpfungs- und Reflexionseffekten basieren. Darauf wird im Rahmen dieser Arbeit aus Komplexitätsgründen verzichtet, nachdem ein Nachbau dessen auf Basis der Begutachtung der Berechnungsvorgaben in der ÖAL-Richtlinie äußerst zeitintensiv erscheint. Stattdessen wird versucht, einen passenden Wert über zusätzliche Testläufe und Analysen der Tabellen mit den Unterschieden nach Distanzverhältnis-Klassen zu generieren, analog zu den Anpassungen des Gpath-Koeffizienten und des Source-Faktors. Basierend auf der logarithmischen Logik der Schallabnahme wird der Dämpfungsfaktor als Exponent der GridDistance-Werte in allen Zellen, bei denen das Distanzverhältnis größer als 1,09 ist und die

somit gesichert im Abschattungsbereich eines Gebäudes liegen, definiert. Der Einbau im Code erfolgt im Anschluss an die Berechnung der GridDistance, wobei zuvor noch die Distanzverhältnis-Unterscheidung hinzugefügt wird.

Gleichzeitig scheint es so, dass der Kurveneffekt die Qualität der eigenen Modellierung doch in einem Ausmaß einschränkt, das verbesserungswürdig erscheint, nachdem „eukl\_dist“ in vier von sieben Testgebieten bessere Ergebnisse lieferte, wenn auch teilweise nur minimal, aber eben doch. Deswegen wird für die abschließende Durchrechnung eine Kombinationslösung („combined\_dist“) neu programmiert: Wenn das Distanzverhältnis nicht größer ist als 1,09, dann wird die Euklidische Distanz als Basis für die Schallabnahme-Berechnungen verwendet, ansonsten die GridDistance, welche ggf. noch mit dem Kompensationsfaktor multipliziert wird. Die Unterscheidung muss bereits für die Einfügung des Dämpfungsfaktors vorgenommen werden, siehe oben.

#### **4.3.4. Zusätzliche Testläufe**

Bezüglich der Reihenfolge der zusätzlichen Testläufe erfolgen zunächst Versuche mit Anpassungen des Gpath-Koeffizienten und des Source-Faktors im Testgebiet B17, da dieses frei von Gebäuden und gleichzeitig auch relativ flach ist; d.h. es gibt keine Einflussfaktoren auf den mathematischen Kern der Modellierung der Schallausbreitung. Im Anschluss wird zunächst im Testgebiet B8 die kombinierte Distanzberechnung angewandt und dann die Berechnung des bereits beschriebenen Dämpfungsfaktors integriert. Abschließend geschieht die gleichzeitige Anwendung aller etwaigen Änderungen auf die restlichen Testgebiete. Basierend auf den insgesamten Ergebnissen werden im Folgekapitel 4.3.5. die finalen Einstellungen für Probeläufe in größeren Gebieten und die österreichweite Durchrechnung festgelegt.

##### *4.3.4.1. Anpassung Gpath-Koeffizient und Source-Faktor*

Der initial beste Lauf des Testgebiets B17 (rund 94% Übereinstimmung) weist einen deutlichen Überhang an Zellen mit zu niedrigem db-Wert im Verhältnis zu solchen mit zu hohem Wert auf. Durch Anpassung des Gpath-Koeffizienten und des Source-Faktor soll es gelingen, diese Werte in den Übereinstimmungsbereich zu bringen, ohne allzu viele übereinstimmende Werte zu überhöhen. Begonnen wird mit einer schrittweisen Reduktion des Gpath-Koeffizienten.

Es wurden Testläufe mit Werten bis hin zu 0.725 durchgeführt, zunächst ohne Änderung des Source-Faktors. Dabei hat sich herausgestellt, dass eine tatsächlich eine Verbesserung erzielt wird, allerdings nur in geringem Rahmen. Bei 0.79 ist das Ergebnis noch gleich wie mit 0.8, etwas besser ist es bei 0.78 (94,08% Übereinstimmung im Vergleich zu ursprünglich 93,86%). Der Prozentsatz wie

auch die Anzahl an Zellen, die um eine Klasse zu hoch und zu niedrig (!) sind, bleibt bis 0.75 gleich. Bei 0.725 wird zwar noch ein besseres Ergebnis als im Original, allerdings schlechter als mit 0.75/0.78 erzielt.

Ergebnis Testlauf mit Gpath 0.75:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1             -5         392         0.0465         0.05         1.024
2              0        7939         0.9408         0.94         1.02
3              5         108         0.0128         0.01         1.005
4             rN           0         0.0000
```

Im Anschluss erfolgten Testläufe mit verringertem Source-Faktor in 0,05-Schritten; zunächst ohne gleichzeitige Änderung des Gpath-Koeffizienten, dann mit. Die Prämisse hierbei war, dass ein Source-Faktor gefunden werden sollte, der schon alleinig eine Verbesserung mit sich bringt, dabei im Idealfall aber auch noch einen leichten mengenmäßigen Überhang an mit zu hohem Pegelwert modellierten Zellen aufweist, welche dann mit verringertem Gpath zur Übereinstimmung gebracht werden sollen.

Ergebnisse Testläufe mit Source-Faktor 9.9 (oben) und 9.85 (unten) ohne Änderung Gpath:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1             -5         245         0.0290         0.03         1.037
2              0        8010         0.9492         0.95         1.02
3              5         184         0.0218         0.02         1.007
4             rN           0         0.0000
```

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1             -5         177         0.0210         0.02         1.051
2              0        8045         0.9533         0.95         1.019
3              5         217         0.0257         0.03         1.013
4             rN           0         0.0000
```

Erkennbar ist, dass schon allein dadurch mehr als 1% zusätzliche Übereinstimmung gewonnen werden konnte. Nach einigen weiteren kombinierten Versuchen konnte die Übereinstimmung bis zu aufgerundet 96% gesteigert werden (Source-Faktor 9.89 und Gpath-Koeffizient 0.78).

Ergebnis Testlauf mit Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1             -5         181         0.0214         0.02         1.05
2              0        8070         0.9563         0.96         1.02
3              5         188         0.0223         0.02         1.007
4             rN           0         0.0000
```

#### 4.3.4.2. Einführung kombinierte Distanzberechnung und Dämpfungsfaktor

Das Testgebiet B8 Angerner Straße eignet sich aufgrund der Vielzahl an Gebäuden direkt an, und auch in etwas Abstand zu Straße, sowie der sehr geringen gebiets- und straßeninternen Höhenabweichung besonders gut für die erstmalige kombinierte Distanzberechnung (GridDistance und Euklidische Distanz) und die Hinzufügung und Bestimmung des Dämpfungsfaktors.

In einem ersten Schritt wird zunächst nur ein Lauf mit kombinierter Distanzberechnung durchgeführt. In den vorherigen Testläufen erreichte die GridDistance eine Übereinstimmung von gerundet 80% (10.824 übereinstimmende Rasterzellen), die Euklidische Distanz 81% (10.891 Zellen), jeweils mit den weiteren Einstellungen „polygon\_polygon“ und „2D“. Die kombinierte Distanzbereich allein bringt eine – wenn auch nur leichte – Verbesserung auf 10.946 übereinstimmenden Zellen.

Ergebnis Testlauf mit kombinierter Distanzberechnung und sonst originalen Einstellungen („polygon\_polygon“, „2D“, Source-Faktor 10 und Gpath-Koeffizienz 0.8):

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         528         0.0391         0.04         1.027
2              0        10946         0.8100         0.84         1.046
3              5         1553         0.1149         0.12         1.063
4             10           5         0.0004           0         1.107
5             rN         481         0.0400
```

Vor der Integration des Dämpfungsfaktors sollen noch die angepassten Werte des Gpath-Koeffizienten und des Source-Faktors berücksichtigt werden. Allerdings fällt beim Betrachten der oberen Tabelle (wie gleichfalls auch des erstmaligen Testlaufs) auf, dass hier, anders als im Testgebiet 1 – B17, die Zellen mit bereits zu hohen Werten klar in der Überzahl sind. Dies spräche eigentlich nicht dafür, dass sich das Ergebnis mit Verringerung der Parameter-Werte verbessern lässt. Nichtsdestotrotz wird eine Lauf mit ebenjenen Einstellungen durchgeführt.

Ergebnis Testlauf mit kombinierte Distanzberechnung, Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         378         0.0280         0.03         1.017
2              0        10949         0.8103         0.83         1.046
3              5         1919         0.1420         0.14         1.062
4             10           8         0.0006           0         1.115
5             rN         259         0.0200
```

Es finden zwar Verschiebungen statt, allerdings bleibt es doch etwas überraschend bezogen auf die insgesamte Übereinstimmung ein Nullsummenspiel (tatsächlich sogar gibt es drei Rasterzellen mehr mit Übereinstimmung). Der Umfang des Wertbereichs nähert sich erwartungsgemäß dem des Referenzrasters weiter an, was für eine Beibehaltung der Änderungen der Parameter spricht.

Schließlich erfolgt nun die Hinzufügung bzw. Aktivierung des Dämpfungsfaktors. Es wurden Testläufe mit Werten von 1.05 bis hin zu 1.10 durchgeführt. Das beste Ergebnis erzielte dabei der Lauf mit einem Dämpfungsfaktor von 1.08. Auffallend dabei ist allerdings, dass trotz der exponentiellen Ausformung die Zellen mit dem größten Distanzunterschied immer noch geringere Werte als im Referenzraster aufweisen.

Ergebnis Testlauf mit kombinierter Distanzberechnung, Dämpfungsfaktor 1.08, Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5          431          0.0319          0.03          1.036
2       0         10995          0.8137          0.83          1.046
3       5          1748          0.1294          0.13          1.053
4      10           3          0.0002           0          1.053
5      rN           336          0.0200
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  1.89853556  0.00000000
4  70  0.10416667  0.86363636
3  65 -0.16200762 -0.50894085
2  60  1.47684437  0.03584229
1  55 -0.07708038  0.83987232
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1   1         350  0.03  0.1839465          63.20381          20          143.96180
2   2          155  0.01 -0.1773050          54.54176          15          136.01471
3   3          209  0.02  0.7552083          41.81555          10          102.95630
4   4           75  0.01  1.5753425          32.42077          15           96.17692
5  999         12703  0.94  0.5071360          59.70321           0          170.88007
  
```

#### 4.3.4.3. Testläufe mit Änderungen in allen restlichen Testgebieten

##### Testgebiet 3 – Krottenbachstraße

Die Übereinstimmung beim besten initialen Testlauf, der mit Euklidischer Distanz durchgeführt wurde, betrug hier 79% (444 Rasterzellen) bei 40 Zellen mit zu niedrigen, 74 mit zu hohen und 7 mit Falsch-NULL-Werten. Die Anzahl an Gebäuden in Relation zur Größe des Testgebiets ist eigentlich hoch, allerdings weist hier nur ein sehr geringer Prozentsatz an Zellen (25 von 565) eine größeres Distanzverhältnis von 1.09 auf. Somit wird die Änderung durch die kombinierte Distanzberechnung bzw. den Dämpfungsfaktor hier nur marginal ausfallen bzw. wäre nur bedingt aussagekräftig. Deswegen wird zunächst nur ein Lauf mit geänderten Gpath-Koeffizienten und Source-Faktor (aber noch mit Euklidischer Distanz) durchgeführt.

Analog zum Testgebiet 2 wird auch hier, trotz des Überhangs an zunächst zu hoch modellierten Zellen, noch eine geringfügige Verbesserung erzielt – nunmehr gibt es 448 statt zuvor 444 übereinstimmende Rasterzellen.

Ergebnis Testlauf mit Euklidischer Distanz, Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1             -5           40           0.0708           0.07           1.048
2              0           448           0.7929           0.8           1.038
3              5            74           0.1310           0.13           1.015
4             rN            3           0.0100
```

Die Anwendung der kombinierten Distanz und des Dämpfungsfaktors bringt nun allerdings eine Verschlechterung, die dadurch hervorgerufen wird, dass die 8 Rasterzellen, in denen das Distanzverhältnis größer als 1,125 ist (Klassen 2 und 3), nun deutlich zu geringe Werte annehmen. Gleichzeitig ist aber auch hervorzuheben, dass die Werte von Zellen mit einem Distanzverhältnis im Bereich von 1,09 bis unter 1,125 gleich bleiben.

Ergebnis Testlauf mit kombinierter Distanzberechnung, Dämpfungsfaktor 1.08, Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1             -5           43           0.0761           0.08           1.056
2              0           441           0.7805           0.79           1.036
3              5            73           0.1292           0.13           1.013
4             rN            8           0.0100
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
```

```
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
```

	zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	17	0.03	0.0000000	45.57187	28.28427	78.10250
2	2	3	0.01	-2.5000000	37.81227	21.21320	60.20797
3	3	5	0.01	-2.5000000	31.69193	18.02776	53.15073
4	999	540	0.96	0.3066914	25.12511	0.00000	75.00000

### Testgebiet 4 – B172 Walchseestraße

In diesem Testgebiet gibt es nur zwei Zellen mit einem Distanzverhältnis größer als 1,09, allerdings wurde das beste Ergebnis (85% Übereinstimmung) mit GridDistance erreicht, die Euklidische Distanz erreichte nur 82%. Insofern ist anzunehmen, dass die vorgesehenen Parameter-Änderungen eher eine Verschlechterung bewirken werden, zumal auch die Anzahl der Zellen mit zu großen Werten deutlich größer ist als die der zu kleinen. Das Ergebnis des neuen Testlaufs bestätigt diese Vermutung: Tatsächlich geht die Übereinstimmung auf nur mehr etwas über 83% zurück, ist damit sogar niedriger als mit Euklidischer Distanz.

Ergebnis Testlauf mit kombinierter Distanzberechnung, Dämpfungsfaktor 1.08, Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5         361         0.0245         0.02         1.003
2           0        11784         0.8007         0.8         1.031
3           5         2569         0.1746         0.17         1.036
4          10           3         0.0002           0         1.075
5           rN           0         0.0000
```

Untersucht wurde nun, wie sich die Änderungen bei einem Quellpegel von 76db, d.h. 1db weniger als beim besten Lauf, auswirken. Hierbei wurden initial 81% (GridDistance) bzw. 80% (Euklidische Distanz) erreicht, allerdings im Unterschied zum besten Lauf mit „polygon\_polygon“. Erzielt werden konnte immerhin eine Steigerung auf leicht über 82%.

### Testgebiet 5 – A2 Südautobahn

Nunmehr folgten die Autobahn-Testgebiete. Auch wenn sich die Charakteristik des Testgebiets 5 und der A2 Südautobahn in den meisten Punkten deutlich vom vorherigen Testgebiet unterscheidet, so sind die Voraussetzungen, in welche Richtung sich die adaptierten Parametereinstellungen auswirken werden, doch recht ähnlich. Auch hier wurde der initial beste Lauf mit GridDistance erreicht, und die Zahl der Zellen mit zu geringen Werten ist höher als die derjenigen mit zu großen.

So überrascht es auch nicht, dass die Übereinstimmung erneut zurück geht, diesmal von 75% auf 73%. Immerhin nähert sich aber die Größe des Wertbereichs der des Referenzrasters deutlich an. Festgehalten werden muss auch, dass im Abschattungsbereich von Gebäuden nunmehr deutlich geringere Werte als im Referenzraster berechnet werden, d.h. der Dämpfungsfaktor von 1.08 wäre für die spezifischen Gegebenheiten dieses Testgebiets zu groß.

Ergebnis Testlauf mit kombinierter Distanzberechnung, Dämpfungsfaktor 1.08, Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -10           2         0.0000           0           1
2           -5        26313         0.0893         0.09         1.017
3           0       215855         0.7322         0.75         1.025
4           5        46468         0.1576         0.16         1.032
5          10           1         0.0000           0         1.24
6           rN        6181         0.0200
```

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

```
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         383     0 -1.6666667       1066.5830       81.39410       1184.662
2     2         114     0 -2.5000000       999.3750       82.46211       1137.475
3     3          39     0  0.0000000       817.8529       77.62087       1116.893
4   999       294241     1  0.3491889       549.3819         0.00000       1465.307
```

Testweise wurde auch ein Lauf mit einem verringerten Dämpfungsfaktor von 1.05 durchgeführt, hierbei kam es aber zu keiner Änderung des Ergebnisses, was bedeutet, dass sich die entstandenen Werte innerhalb derselben Klassengrenzen bewegen wie zuvor.

Um eine insgesamt höhere Übereinstimmung bei gleichzeitiger Angleichung der Größe des Wertebereichs zu erzielen, kämen zwei konträre Herangehensweisen in Frage: Zum einen über den nächstniedrigeren Quellpegel (85db) und schrittweiser stärkerer Absenkung des Source-Faktors, oder zum anderen über den nächsthöheren Quellpegel und Erhöhung des Source-Faktors über den Standardwert hinaus. Dies wird nun noch exemplarisch geprüft, wobei die Gpath-Korrektur und der Dämpfungsfaktor mit 0.78 und 1.08 beibehalten werden. Das Resümee dessen ist, dass sich das Ergebnis des besten initialen Laufs mit GridDistance tendenziell weder auf die eine noch auf die andere Art übertreffen bzw. gar erzielen lässt. 85db und ein Source-Faktor von 9.7 erzielten 74,09% Übereinstimmung bei 4% Falsch-NULL-Rasterzellen, 87db und 10.4 74,31% bei wiederum 4%. Zwar sind dies per se keine schlechten Werte, dass es auf diese Art keine Möglichkeit zur Verbesserung gibt, überrascht dennoch.

### Testgebiet 6 – A8 Innkreis-Autobahn

Die Auswirkungen der Änderungen stellen sich hier spiegelbildlich zum vorher analysierten Testgebiet dar, nachdem die Eckpfeiler des initial besten Laufs gleich wie bei den vorherigen Testgebieten waren (GridDistance und deutlich mehr zu geringe als zu hohe Werte). Die Größe des Minus an Übereinstimmung fällt hierbei nochmal um eine Stufe größer aus, nämlich von ursprünglich 83% auf nur mehr 76%.

Ergebnis Testlauf mit kombinierter Distanzberechnung, Dämpfungsfaktor 1.08, Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?)
1             -5      3898         0.0348         0.04         1.031
2              0     85645         0.7642         0.78         1.039
3              5     20871         0.1862         0.19         1.046
4             10         32         0.0003          0         1.048
5             rN      1620         0.0100
```

### Testgebiet 7 – S16 Arlberg-Schnellstraße

Auch beim letzten Testgebiet ist beim besten vorherigen Lauf die Zahl der Zellen mit zu geringen Werten größer als die derjenigen mit zu großen, allerdings ist dieser einerseits mit Euklidischer Distanz durchgeführt worden und andererseits weist auch der Lauf mit GridDistance noch deutlich

zu geringe Werte im Abschattungsbereich von Gebäuden auf, somit müsste zumindest die Anwendung der kombinierten Distanzberechnung und des Dämpfungsfaktors eine Verbesserung bringen.

Der erste zusätzliche Testlauf mit allen geänderten Einstellungen brachte ein minimal schlechteres Ergebnis als der originale Testlauf, es stimmen nun 137 Zellen weniger exakt überein. Gleichzeitig aber weisen die Zellen im Abschattungsbereich nun deutlich näher am Referenzraster liegende Werte auf. Ein Ergebnis überrascht allerdings deutlich, nämlich dass die Ausdehnung des Wertebereichs merkbar kleiner wird.

Ergebnis Testlauf mit kombinierter Distanzberechnung, Dämpfungsfaktor 1.08, Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         1086         0.0458         0.05         1.039
2              0        17758         0.7483         0.75         1.045
3              5         4358         0.1836         0.18         1.038
4             10          342         0.0144         0.01         1.044
5             15           66         0.0028           0         1.651
6             rN          122         0.0100
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         310  0.01  0.4220779         110.21230           10         268.0019
2     2         111  0.00  0.4545455          96.97861            5         200.9975
3     3         162  0.01  0.6250000          94.94558           10         200.1250
4     4          102  0.00  3.5204082          83.97981            0         185.0000
5   999        22938  0.97  0.8783902         101.90384            0         285.0000
```

Nachdem die Verringerung des Gpath-Koeffizienten und des Source-Faktors eigentlich eine Ausdehnung des Wertebereichs wegen geringerer Schallabnahme bewirken, muss die Ursache dessen in der kombinierten Distanzberechnung und/oder im Dämpfungsfaktor liegen. Um dem nachzugehen, wird zunächst ein weiterer Lauf mit Euklidischer Distanz, d.h. nur mit verringertem Gpath-Koeffizienten und Source-Faktor durchgeführt.

Ergebnis Testlauf mit Euklidischer Distanz, Source-Faktor 9.89 und Gpath 0.78:

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         1052         0.0443         0.04         1.036
2              0        17796         0.7499         0.75         1.045
3              5         4460         0.1879         0.19         1.041
4             10          354         0.0149         0.01         1.052
5             15           56         0.0024           0         1.053
6             20           10         0.0004           0           5
7             rN           4         0.0000
```

```

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         310  0.01  1.3064516      110.21230         10    268.0019
2     2         111  0.00  1.9819820       96.97861          5    200.9975
3     3         162  0.01  2.3456790       94.94558         10    200.1250
4     4          102  0.00  4.6078431       83.97981          0    185.0000
5    999        22938 0.97  0.8783902       101.90384          0    285.0000
  
```

Tatsächlich sind die Ausdehnungen der Wertebereich der eigenen Modellierung und des Referenzrasters nunmehr fast gleich (nur vier Falsch-NULL-Zellen), und auch die insgesamt Übereinstimmung ist um ein paar Rasterzellen größer. Die einzig mögliche Schlussfolgerung daraus ist, dass die kombinierte Distanzberechnung und der Dämpfungsfaktor zwar die Werte im Abschattungsbereich von Gebäuden im Grunde nahe an die des Referenzrasters heranbringt, allerdings sehr viele Zellen, die bei der Berechnung mit Euklidischer Distanz noch über 55db erreicht hatten, unter diese Grenze fallen lässt. Dies hängt wahrscheinlich mit der Tatsache zusammen, dass bei Testläufen jegliche NULL-Wert-Bereiche des Referenzrasters als Gebäude angenommen werden. Der Vollständigkeit halber wird auch noch der Testlauf ohne geänderten Gpath-Koeffizienten und Source-Faktor, aber mit kombinierter Distanzberechnung und Dämpfungsfaktor durchgeführt. Er fällt in etwa so aus, wie es anhand der gemachten Feststellungen erwartbar ist.

Ergebnis Testlauf mit kombinierter Distanzberechnung, Dämpfungsfaktor 1.08, Source-Faktor 10 und Gpath 0.8:

```

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         1321         0.0557         0.06         1.042
2              0         17852         0.7522         0.76         1.045
3              5          3966         0.1671         0.17         1.035
4             10           334         0.0141         0.01         1.041
5             15            66         0.0028          0         1.65
6             rN           193         0.0100
  
```

```

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         310  0.01  0.2970297      110.21230         10    268.0019
2     2         111  0.00  0.2727273       96.97861          5    200.9975
3     3         162  0.01  0.4402516       94.94558         10    200.1250
4     4          102  0.00  3.3163265       83.97981          0    185.0000
5    999        22938 0.97  0.7451135       101.90384          0    285.0000
  
```

### 4.3.5. Finale Parameter-Einstellungen

Die Ergebnisse aller Testläufe liefern Tendenzen, wie etwa, dass „polygon\_polygon“ bei höheren Quellpegeln besser funktioniert bzw. die Verringerung des Source-Faktors bei niedrigeren. Es scheint allerdings so, dass es keine alleinige Einstellung gibt, die jedem Straßentyp und dessen Umgebung bestmöglich gerecht wird; auch müssten noch wesentlich mehr Testläufe gemacht werden, um typweise bzw. quellpegelabhängige, optimierte Einstellungen festlegen zu können.

Für die nachfolgenden Probeläufe in größeren Gebieten bzw. der österreichweiten Durchrechnung werden die Einstellungen wie folgt gewählt:<sup>116</sup>

- Straßenrepräsentanz und Berechnungsursprung: „polygon\_polygon“
- Höhenparameter: 2D
- Kompensationsfaktor gebäudebedingte Dämpfung: 1.08
- Hindernisparameter: „combined\_dist“
- Source-Faktor: Bis Quellpegelhöhe 79 9.89, von 80-84 9.95, ab 85 10
- Gpath-Koeffizient 0.78

### 4.3.6. Probeläufe in größeren Gebieten

Zur Einschätzung der Dauer einer österreichweiten Durchrechnung bzw. ob diese im selbst gesteckten zeitlichen Rahmen bliebe, werden zunächst noch gebietsweise Testläufe durchgeführt, die zumindest eine ungefähre Hochrechnung erlauben. Hierfür wird die Rastergröße zunächst auf 10x10m hinaufgesetzt, im Unterschied zu den Probeläufen in den Testgebieten mit 5x5m.<sup>117</sup> Die Gesamtzahl an österreichweit zu modellierenden Autobahnen beträgt 1.305 (bei einer durchschnittliche Länge von 4.586m und einem Quellpegel von 84db), die der Straßen 68.012 (647m, 63db).<sup>118</sup>

#### 4.3.6.1. Gemeinde Mödling (Strassen)

Anzahl der zu modellierender Abschnitte: 13 (durchschnittliche Länge 846m, Pegel 61db)

```

[1] "---- Start Time: 2023-12-02 13:26:38"
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))
[1] "---- End Time: 2023-12-02 13:27:03"
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))
[1] "---- Running Time: 24.58814 secs ----"
  
```

Abbildung 71: Laufzeit Gemeinde Mödling (Strassen)  
(R-Studio-Screenshot)

<sup>116</sup> Die quellpegelabhängigen Einstellungen werden im Code mittels If/Else-Statements umgesetzt.

<sup>117</sup> Vgl. Kapitel 3.1.1

<sup>118</sup> Vgl. Kapitel 4.1.1.5

#### 4.3.6.2. Gemeinde Liezen (Strassen)

Anzahl der zu modellierenden Abschnitte: 85 (durchschnittliche Länge 540m, Pegel 65db)

```
[1] "---- Start Time: 2023-12-02 13:29:13"  
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))  
[1] "---- End Time: 2023-12-02 13:32:36"  
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))  
[1] "---- Running Time: 3.381872 mins ----"
```

Abbildung 72: Laufzeit Gemeinde Liezen (Strassen)  
(R-Studio-Screenshot)

#### 4.3.6.3. Stadt Linz (Strassen)

Anzahl der zu modellierenden Abschnitte: 907 (durchschnittliche Länge 251m, Pegel 63db)

```
[1] "---- Start Time: 2023-12-02 13:37:39"  
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))  
[1] "---- End Time: 2023-12-02 14:12:24"  
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))  
[1] "---- Running Time: 34.76112 mins ----"
```

Abbildung 73: Laufzeit Gemeinde Liezen (Strassen)  
(R-Studio-Screenshot)

#### 4.3.6.4. Bundesland Vorarlberg (Autobahnen)

Anzahl der zu modellierenden Abschnitte: 60 (durchschnittliche Länge 2.358m, Pegel 84db)

```
[1] "---- Start Time: 2023-12-02 14:37:56"  
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))  
[1] "---- End Time: 2023-12-02 14:57:11"  
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))  
[1] "---- Running Time: 19.25948 mins ----"
```

Abbildung 74: Laufzeit Bundesland Vorarlberg (Autobahnen)  
(R-Studio-Screenshot)

#### 4.3.6.5. Bundesland Burgenland (Autobahnen)

Anzahl der zu modellierenden Abschnitte: 161 (durchschnittliche Länge 4.586m, Pegel 84db)

```
[1] "---- Start Time: 2023-12-02 15:03:54"  
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))  
[1] "---- End Time: 2023-12-02 15:34:09"  
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))  
[1] "---- Running Time: 30.24836 mins ----"
```

Abbildung 75: Laufzeit Bundesland Burgenland (Autobahnen)  
(R-Studio-Screenshot)

#### 4.3.6.6. Einschätzung der Durchrechnung für Österreich

Die nachfolgenden Ergebnisse und deren Hochrechnung – wiewohl bei der Modellierung von Straßen in Wien und vor allem Autobahnen in den flächengroßen Bundesländern von einem zeitlichen Mehraufwand ausgegangen werden muss - lassen den Schluss zu, dass die Berechnungs- bzw. Bearbeitungsdauer für eine österreichweite Modellierung unter dem angestrebten Maximum von einer Woche bleiben wird. Deswegen wird auch die Rastergröße von 10x10m beibehalten.

## 4.4. Durchlauf der Modellierung für Österreich

### 4.4.1. Modellierungscode

Die tatsächliche Berechnungsdauer der parallel gestarteten Läufe betrug mit rund 25 Stunden für Autobahnen und 31 Stunden für Straßen noch einmal deutlich weniger Zeit als vorab eingeschätzt.

```
> print("Simulation finished")
[1] "Simulation finished"
> #####
> dbDisconnect(con)
[1] TRUE
> rm(con)
> rm(drv)
> end_time <- Sys.time()
> running_time <- end_time - start_time
> # gc()
> print(paste0("---- Start Time: ", start_time))
[1] "---- Start Time: 2023-12-05 09:18:19"
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))
[1] "---- End Time: 2023-12-06 10:19:27"
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))
[1] "---- Running Time: 1.042455 days ----"
```

Abbildung 76: Abgeschlossene Modellierung für Autobahnen (10x10m-Raster)  
(Screenshot Kommando-Terminal Server)

```
> print("Simulation finished")
[1] "Simulation finished"
> #####
> dbDisconnect(con)
[1] TRUE
> rm(con)
> rm(drv)
> end_time <- Sys.time()
> running_time <- end_time - start_time
> # gc()
> print(paste0("---- Start Time: ", start_time))
[1] "---- Start Time: 2023-12-05 09:18:07"
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))
[1] "---- End Time: 2023-12-06 16:46:17"
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))
[1] "---- Running Time: 1.311228 days ----"
```

Abbildung 77: Abgeschlossene Modellierung Straßen (10x10m-Raster)  
(Screenshot Kommando-Terminal Server)

Deswegen wurde entschieden, beide Läufe auch noch mit der geringeren Rastergröße von 5x5m durchzuführen. Zu erwarten ist eine maximal drei- bis viermal so lange Rechenzeit. Schlussendlich wurden 5 Tage für Autobahnen und 2 Tage für Straßen benötigt. Hierzu ist anzumerken, dass zum einen für die Autobahnen die Anzahl an Abschnitten, nach denen das Zwischenergebnis in eine Datei geschrieben und der Temp-Ordner gelöscht wird, auf vier reduziert werden musste und zum anderen dies auch für die Straßen (mit Anzahl 50) eingeführt werden musste, da es bei der Modellierung der Stadt Wien als einer einzigen Gemeinde vor deren Abschluss zu einer Vollausslastung des Serverspeichers kam und der erstmalige 5x5m-Lauf dadurch gestoppt wurde. Die

Unterschiede bei der Zunahme der Laufzeiten lassen den Schluss zu, dass bei einer Vierteilung der Rastergröße nicht zwangsläufig von einer Vervierfachung auszugehen ist, weil sich die Menge an Rasterzellen vervierfacht, sondern vielmehr von exponentiellen Zusammenhängen, abhängig von der Länge der Straße und der Größe des Berechnungsgebietes. Der längste Autobahnabschnitt weist etwas über 121km Länge auf; allein für diesen Abschnitt betrug die Rechenzeit beim 5x5m-Raster ca. 7 Stunden. Unabhängig davon spielt für die Laufzeit auch die Serverauslastung eine Rolle. Da auf dem für die Modellierung genutzten Server ständig auch andere, unterschiedlich große Prozesse des Unternehmens, in dem der Verfasser dieser Arbeit tätig ist, laufen, sind Laufzeiten grundsätzlich immer Schwankungen unterworfen.

```
> print("Simulation finished")
[1] "Simulation finished"
> #####
> dbDisconnect(con)
[1] TRUE
> rm(con)
> rm(drv)
> end_time <- Sys.time()
> running_time <- end_time - start_time
> # gc()
> print(paste0("---- Start Time: ", start_time))
[1] "---- Start Time: 2023-12-13 15:25:19"
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))
[1] "---- End Time: 2023-12-18 15:33:03"
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))
[1] "---- Running Time: 5.005376 days ----"
```

Abbildung 78: Abgeschlossene Modellierung für Autobahnen (5x5m-Raster)  
(Screenshot Kommando-Terminal Server)

```
> print("Simulation finished")
[1] "Simulation finished"
> #####
> dbDisconnect(con)
[1] TRUE
> rm(con)
> rm(drv)
> end_time <- Sys.time()
> running_time <- end_time - start_time
> # gc()
> print(paste0("---- Start Time: ", start_time))
[1] "---- Start Time: 2023-12-13 15:25:06"
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))
[1] "---- End Time: 2023-12-15 14:53:06"
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))
[1] "---- Running Time: 1.977789 days ----"
```

Abbildung 79: Abgeschlossene Modellierung für Straßen (5x5m-Raster)  
(Screenshot Kommando-Terminal Server)

#### 4.4.2. Aggregierungscode

Der Zeitbedarf für den Durchlauf des Aggregierungscodes fällt im Vergleich zu den Modellierungs-codes deutlich geringer aus und damit, insgesamt betrachtet, nicht ins Gewicht.

```
> end_time <- Sys.time()
> running_time <- end_time - start_time
> print(paste0("---- Start Time: ", start_time))
[1] "---- Start Time: 2023-12-18 19:51:45"
> print(paste0("---- End Time: ", end_time))
[1] "---- End Time: 2023-12-19 03:20:10"
> print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))
[1] "---- Running Time: 7.473464 hours ----"
> dbDisconnect(con)
[1] TRUE
```

Abbildung 80: Abgeschlossene Aggregation österreichweit  
(Screenshot Kommando-Terminal Server)

Nachfolgend wird das Gesamt-Ergebnis für Österreich in einer Karte dargestellt:

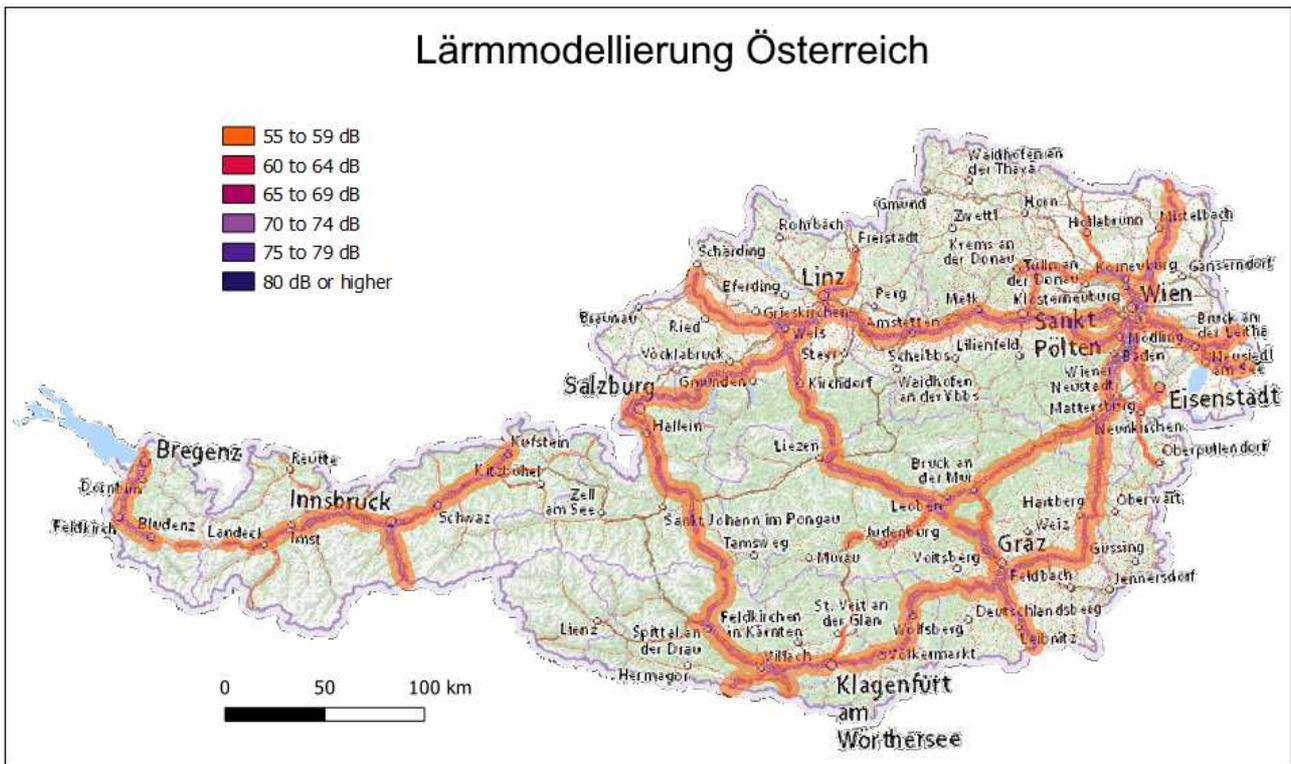


Abbildung 81: österreichweite Lärmmodellierung  
(eigene Darstellung)

## 5. Analyse

### 5.1. Rückschau Entwicklungsprozess der Modellierung

In der Rückschau auf den Entwicklungsprozess der Modellierung insgesamt ist zunächst festzuhalten, dass die Nutzung der technischen Infrastruktur der DataScience Service GmbH insbesondere den Einstieg in die Programmierung des Codes deutlich vereinfacht hat. Zwar wäre es möglich, eine eigene PostgreSQL-Datenbank und ein R-Studio aufzusetzen, jedoch ist der Aufwand, alle notwendigen Einstellungen zu treffen und vor allem Kompatibilität und Konnektivität untereinander herzustellen, sicher nicht unerheblich. Dies gilt in einem ähnlichen Sinn auch für die Nutzung der Dateispeicherung am Server. So war es ausreichend, eine R-Datei neu zu erstellen und die passenden Pfade für das Speichern und Laden von Zwischenergebnissen anzugeben.

Tatsächlich bestand zu Beginn nur dahingehend Gewissheit, dass eine rasterbasierte Modellierung mittels R und PostgreSQL praktisch möglich ist, allerdings fehlten Erfahrungswerte und, darauf aufbauend, eine Einschätzung, wie lange die Durchrechnung eines einzelnen Abschnittes in etwa dauern würde. Nach Begutachtung der ÖAL-Richtlinie war jedenfalls mit einer großen Menge an Zwischenergebnissen im Rahmen der Simulation zu rechnen.<sup>119</sup>

Noch bevor das große Thema der Auswahl von in die Modellierung miteinzubeziehenden Abschnitten, welches in der Dokumentation der praktischen Umsetzung vorgereicht ist, begonnen wurde, wurde ein rudimentärer Basiscode programmiert, der zunächst nur die geometrische Ausbreitungsdämpfung  $A_{div}$  beinhaltete. Nach ersten einzelnen Probeläufen mit Gemeindestraßen, die nur auf die Feststellung der grundsätzlichen Durchführbarkeit abzielten, wurde klar, dass die selbst auferlegte maximale Rechenzeit von einer Woche für einen österreichweiten Durchlauf bei einer abgestimmten Auswahl von Abschnitten sehr wahrscheinlich eingehalten werden kann; eine Einschätzung des qualitativen Aspektes war zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht möglich.

Die weitere Entwicklung des Codes (insbesondere Berechnung von  $A_{atm}$  und  $A_{boundary}$  sowie Ausgabe der Ergebnisse der vorab definierten qualitativen Testgebiete) erfolgt dann größtenteils parallel und eng verwoben mit dem Auswahlprozess der Abschnitte und dazugehöriger Prozessierung, vor allem der Tunnelprüfung und der Defaultwertvergabe.

---

<sup>119</sup> Ein großer Teil von temporären Zwischenergebnissen ist darauf zurückzuführen, dass es in der Bearbeitung von Rastern in R keine unmittelbare If-Else-Unterscheidung gibt. Um diese nachzubilden, werden meist 0/1-Reklassifizierungen, Multiplikationen des Wertrasters mit ebenjenen und abschließende Zusammenführung durchgeführt.

Dazu ist zunächst zu sagen, dass die Einflussgrößen auf die Berechnungsdauer, sowohl pro Abschnitt wie auch insgesamt, vorab etwas falsch eingeschätzt wurden. Herausgestellt hat sich nämlich, dass Menge und Umfang von Zwischenschritten in Rahmen der Modellierung eines einzelnen Abschnitts keine wesentliche Rolle spielen; ferner ist die Anzahl der Abschnitte an sich auch keine aussagekräftige Zahl. Vereinfacht gesagt, ob am Ende einige tausend Abschnitte mehr oder weniger durchgerechnet werden, macht zunächst noch keinen Unterschied. Entscheidend sind die Größe des Untersuchungsgebiet pro Abschnitt, die von dem vergebenen Default-Quellpegelwert und der Länge des Abschnitts abhängt, sowie die Rasterzellgröße. Die Annahme, dass eine durch Aggregation verringerte Zahl an Abschnitten zu einer Zeiteinsparung in der Modellierung insgesamt führen würde, erwies sich als trügerisch; somit war auch der getätigte Aufwand für die Festlegung und Bearbeitung des Prozesses der Aggregation in Relation zu anderen Teilen der Arbeit übermäßig hoch. Ähnliches kann eingeschränkt auch für die Defaultwertvergabe gelten, wiewohl hier aufgrund der nur losen fachlichen Fundierung zwangsweise eigene Überlegungen angestellt werden mussten. Gewissermaßen war es das Ziel, eine große Varianz an Quellpegeln abzubilden, da von einer solchen ja auch in der Realität ausgegangen werden muss.

In Bezug auf die räumliche Gliederung der Abschnitte zwecks praktikabler Modellierungsreihenfolge ist zu sagen, dass Autobahnen anstelle von Bundesländern gleichwohl auch Gemeinden zugeordnet werden könnten, ohne sie zu brechen.<sup>120</sup> Für eine korrekte Reihung aufsteigend nach Größe pro Bundesland würde dies aber wieder zusätzlichen Aufwand bedeuten, der sich mit den potenziellen Vereinfachungen im Code aufhebt.

Die letzte große Entwicklung war die Aufbereitung und Ausgabe der umfangreichen Vergleichstabellen zwischen der eigenen Modellierung und dem Referenzraster im Zuge der Durchrechnung in den Testgebieten; hierzu gehörte zunächst auch die Programmierung der Möglichkeit von variablen Eingaben je Testgebiet und das Ausschneiden mit dem jeweiligen Extent. Die insgesamt Wertklassen-Differenz-Tabelle brachte den geringsten Arbeitsaufwand mit sich, deutlich komplexer war die Programmierung der Tabellen mit den Unterschieden nach Wertklasse und nach klassifiziertem Distanzverhältnis sowie auch der Wiedergabe der Testgebiets-Charakteristika.

Allgemein gesehen ist bis hin zur finalen Version der Codes sehr viel Zeit in Bugfixing und Exception-Handling geflossen. So kam es bei den Probeläufen in größeren Gebieten wie auch der

---

<sup>120</sup> Vgl. Kapitel 4.1.1.7

österreichweiten Durchrechnung zunächst zu Abbrüchen des Codes, etwa weil eine Straßengeometrie zum einen völlig gerade ist und zum anderen den kleinstmöglichen Default-Quellpegel zugewiesen bekommt, was dazu führt, dass abseits der Straße keine weiteren Rasterzellen simuliert werden, oder weil ein Abschnitt einen Straßenbreiten-Wert von -1 aufweist, was zunächst nicht aufgefallen ist. Dazu kamen noch, wie auch in Kapitel 4.4.1 beschrieben, Abbrüche wegen Speicherplatz-Auslastung des Servers aufgrund der kontinuierlichen und/oder gebietspezifischen Zunahme an großen Temp-Files, weswegen die Zwischenspeicherung in eine Datei nach einer bestimmten Anzahl Abschnitten und gleichzeitiges vollständiges Löschen des Temporär-Ordners implementiert wurde.

Zum Ende hin war es eigentlich noch der Plan, testweise eine Beugung 1.Ordnung gemäß ÖAL semi-manuell zu berechnen, um einen realen Vergleichswert für die Bestimmung des Dämpfungsfaktor zu generieren. Aufgrund der enormen Komplexität der zugrunde liegenden Rechenschritte, des absehbaren Zeitaufwandes und der im Raum stehenden Alternativlösung, die dann auch umgesetzt wurde, nämlich den Dämpfungsfaktor allein über Vergleiche mit dem Referenzraster in den hauptsächlich betroffenen Zonen (Schallabschattungsbereich hinter Gebäuden in Bezug auf die Straße), wurde davon allerdings Abstand genommen.

## 5.2. Conclusio

Als die beiden Kernelemente der Arbeit lassen sich die Programmierung der Lärmmodellierung an sich und der Vergleich mit der Umgebungslärmkartierung Österreichs benennen. Als Grundlage dessen wurde letztere, wie in Kapitel 3.5 umfangreich dargestellt, sehr detailliert qualitätsgeprüft. Die dabei festgestellten Unzulänglichkeiten und Unklarheiten, vor allem die inkohärenten Quellpegeldarstellungen, haben schon etwas überrascht. Daraus resultierten auch die meisten der bei der Definition von Testgebieten notwendigen Einschränkungen. Bei der optischen Begutachtung der Lärmkartierung ist, davon unabhängig, zusätzlich noch der große Effekt von Lärmschutzwänden auf die Schallausbreitung aufgefallen. Nachdem bei der Recherche von Grundlagedaten klar wurde, dass unter vorläufig vertretbarem Aufwand kein Datensatz mit Lärmschutzwänden zu akquirieren ist, stand fest, dass eine realitätsnahe Modellierung an vielen Stellen nicht möglich sein wird. Inwieweit sich Eigenschaften von Lärmschutzwänden hinsichtlich Dämpfung auch mit der in der Modellierung angewandten Ersatzlösung (Dämpfungsfaktor) abbilden ließen, bleibt offen. Positiv ist in diesem Zusammenhang sicher anzuführen, dass auch eine Modellierung mit einer Rastergröße von 5x5m für die Fläche Österreichs noch mit vertretbarer Rechenzeit durchgeführt werden kann – eine Auflösung, unter der die Einbindung von Lärmschutzwänden, falls den ein entsprechender Datensatz doch verfügbar gemacht werden kann,<sup>121</sup> einigermaßen realitätskonform möglich sein sollte. Bei 10x10m stünden in dem Zusammenhang wegen der normalerweise eher geringen Breite von Lärmschutzwänden doch Bedenken im Raum. Ebenfalls positiv ist, dass mit einem auf OSM-Daten basierenden österreichweiten Gebäude-Datensatz gearbeitet werden konnte. Dieser wurde zwar nicht selbst erstellt, er genügt aber der Prämisse der freien Verfügbarkeit und Prozessierbarkeit mit Open-Source-Technologien.<sup>122</sup>

Wie schon in Kapitel 4.3.3 beschrieben, erscheint die erzielte Übereinstimmung von durchschnittlich 81,7% in den Testgebieten angesichts der aufgetretenen Schwierigkeiten bei der Programmierung relativ zufriedenstellend. Tatsächlich liegt der Wert auch über dem, was zu Beginn erwartet worden ist. Gleichzeitig kann nicht sicher gesagt werden, dass sich ein solcher Wert als Durchschnitt aller Straßenabschnitte Österreichs erzielen lassen würde.

Das Thema der Integration von Höhenwerten zur Bestimmung echter 3D-Distanzen stellt mit Sicherheit die größte Problemstelle dar, unabhängig der Tatsache, dass der Einfluss des Geländes zwischen zwei Messpunkten auf Rasterbasis ohnehin nicht wirklich miteinbezogen werden kann.

---

<sup>121</sup> Vgl. Kapitel 5.3.3

<sup>122</sup> Die Gebäude wurden mittels Python-Skripts, teilweise in R eingebettet, aus OSM extrahiert.

Zwar war schon allein aufgrund der Konzeption der Pseudo-3D-Methode klar, dass diese bei stark geneigten Straßen sehr wahrscheinlich schlechter abschneiden wird als die einfache 2D-Distanzbestimmung. Dass diese aber in allen sieben Testgebieten bessere Werte liefert, hat doch überrascht. Hier liegt zweifelsfrei noch einiges an Verbesserungspotenzial.<sup>123</sup>

Hinsichtlich des Dämpfungsfaktors ist zu sagen, dass dieser die reale gebäudebedingte Dämpfung zwar nicht perfekt abbildet, aber die fehlende Berechnungsmöglichkeit auf Rasterbasis ausreichend gut kompensiert. Nicht eingeschlossen sind davon allerdings Reflexionen und Beugungen. Wie hoch deren tatsächlicher Einfluss auf die Schallausbreitung ist bzw. sein kann, bleibt vorerst unklar.

Schließlich sei in dieser Reihe noch das Flat-Buffer-Problem erwähnt, das zur Verwendung von abgerundeten, an den Abschnittsenden überstehenden Gebietspuffern geführt hat. Bereits beschrieben wurde, dass die Buffer-Überlappungen zu fälschlicherweise überhöhten Werten führen. Im Vergleich zu den oben beschriebenen Einschränkungen erscheint dies aber eher als ein geringes Problem. Einerseits, weil die Schallabnahme zu Beginn immer am höchsten ist und andererseits wegen der Rechenregeln für die Addition von Schallpegeln, so führt etwa die Addition zweier gleich hoher Pegel beispielsweise nur zu einem um 3db höheren Pegel.

Zusammenfassend bleibt die Erkenntnis, dass eine rein Open-Source-gestützte, codebasierte Modellierung klarerweise nicht die Genauigkeit und Qualität einer auf Schallausbreitung hin spezialisierte Software erzielen kann. Ungeachtet der benannten Einschränkungen und trotz vieler Herausforderungen konnten zu Beginn gesteckte Ziele erreicht werden – so ist eine modulare und skalierbare Programmierung entstanden, die einen sehr hochaufgelösten Datensatz für ganz Österreich in einem annehmbaren Zeitraum erstellen kann. Gleichzeitig kann die Modellierung auch nur für einen Straßenabschnitt oder eine definierte Menge an Straßenabschnitten durchgeführt werden, ohne dass im Code Änderungen vorgenommen werden müssen. Wie die Bestimmung der Abschnitte sind alle auf die Ausbreitung Einfluss nehmenden Variablen parametrisiert und können angepasst werden, um etwa eine in der Einleitung erwähnte Analyse verschiedener Szenarien, etwa durch Tempolimits veränderte Quellpegel, durchführen zu können. Abschließend explizit zu erwähnen ist die leichte Erweiterungsfähigkeit und Adaptierbarkeit des Codes. Dies gilt sowohl für etwaige zusätzliche Inputs (Brücken, Lärmschutzwände, ...) wie auch für mögliche extern programmierte Lösungen der ausgemachten Problemstellen, welche die Qualität der Modellierung unzweifelhaft noch weiter steigen könnten.

---

<sup>123</sup> In ArcGIS besteht beispielsweise die Möglichkeit einer 3D-Distanzberechnung unter Angabe eines Höhenrasters. Es müsste schlichtweg eine entsprechend ähnliche Funktion für die R-Raster-Bibliothek geschrieben werden.

### 5.3. Möglichkeiten zur Weiterentwicklung

#### 5.3.1. Berechnung (und Prüfung) des Quellpegels

Anstelle der in dieser Arbeit aus Zeitgründen und wegen der Schwerpunktsetzung verwendeten Default-Quellpegelwerte wäre es für eine größere Realitätsnähe der Modellierung selbstverständlich zweckdienlich, anhand von tatsächlichen Beobachtungen und Eigenschaften für die Abschnitte individuelle oder wenigstens gruppenspezifische Quellpegelwerte zu errechnen. Rechtsverbindliche Bestimmungen dafür sind in der RVS 04.02.11 enthalten; diese wurde bereits in Kapitel 2.3.2.4 vorgestellt.

Hierfür zwingend notwendig sind sogenannte DTV-Werte für Straße – damit gemeint ist die durchschnittliche Anzahl an Kfz/Tag. Solche Daten werden in Österreich je nach Straßenhierarchie von verschiedenen Stellen verwaltet. So ist die ASFINAG für Daten zu Autobahnen und Schnellstraßen zuständig; alle weiteren Straßen, auch die ehemaligen Bundesstraßen (B-Straßen), fallen in den Zuständigkeitsbereich der Länder. Datenumfang, Aktualität und Art der Zurverfügungstellung sind teilweise sehr heterogen. Weitere notwendige Grundlagedaten wären im Straßennetz-Datensatz vorhanden (durchschnittliche bzw. vorgeschriebene Geschwindigkeit) bzw. ließen sich berechnen (Neigung einer Straße mithilfe des Höhenmodells), es fehlt allerdings die Information über den Straßenbelag (Asphalt/Beton/...), wiewohl dies nur eine untergeordnete Rolle in der Berechnung spielt.

Nachfolgend kurz zusammengefasst die Ergebnisse einer Recherche hinsichtlich verfügbarer DTV-Werte, für Autobahnen österreichweit bzw. für übrige Straßen auf Bundesländer-Ebene:

#### Autobahnen und Schnellstraßen (österreichweit)

Daten sind hierzu in ausreichender Qualität und auch nach Fahrzeugklassen aufgeschlüsselt von der ASFINAG erhältlich.<sup>124</sup>

Autobahn	Station	Zählstellennamen	Zählstellennummer	Abschnitt (von - bis)	Richtung	Fahrzeugklasse	DTVMS	DTVVF	DTVMO	DTVDD	DTVFR	DTVSA	DTVSA	DTVSA	Sonn- und Feiertage	Gezählte Tage	Geschätzte Tage
							Kfz/24h										
A01	15,9	Pressbaum	355	Wien Auhof - Prießbaum	Staatsgrenze Walseberg	Kfz	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		0	0
A01	15,9	Pressbaum	355	Wien Auhof - Prießbaum	Staatsgrenze Walseberg	Kfz > 3,5t htG	209	276	292	286	235	64	63	63		365	0
A01	15,9	Pressbaum	355	Wien Auhof - Prießbaum	Staatsgrenze Walseberg	Kfz <= 3,5t htG	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		0	0
A01	15,9	Pressbaum	355	Prießbaum - Wien Auhof	WienAuhof	Kfz	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		0	0
A01	15,9	Pressbaum	355	Prießbaum - Wien Auhof	WienAuhof	Kfz <= 3,5t htG	256	337	331	355	291	106	55	365		365	0
A01	15,9	Pressbaum	355	Prießbaum - Wien Auhof	WienAuhof	Kfz <= 3,5t htG	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		0	0
A01	15,9	Pressbaum	355	gesamt	gesamt	Kfz	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		0	0
A01	15,9	Pressbaum	355	gesamt	gesamt	Kfz > 3,5t htG	465	613	623	641	526	170	118	365		365	0
A01	15,9	Pressbaum	355	gesamt	gesamt	Kfz <= 3,5t htG	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		0	0
A01	26,8	Kn. Steinhäusl	751	Prießbaum - Kn. Steinhäusl	Staatsgrenze Walseberg	Kfz	11.379	11.714	10.738	11.469	13.323	10.685	10.458	10.458		333	32
A01	26,8	Kn. Steinhäusl	751	Prießbaum - Kn. Steinhäusl	Staatsgrenze Walseberg	Kfz <= 3,5t htG	253	338	353	350	285	70	67	365		333	32
A01	26,8	Kn. Steinhäusl	751	Prießbaum - Kn. Steinhäusl	Staatsgrenze Walseberg	Kfz > 3,5t htG	11.126	11.376	10.379	11.119	13.038	10.615	10.391	333		333	32
A01	26,8	Kn. Steinhäusl	751	Kn. Steinhäusl - Prießbaum	WienAuhof	Kfz	12.624	12.734	12.359	12.722	13.117	11.945	13.244	290		365	75
A01	26,8	Kn. Steinhäusl	751	Kn. Steinhäusl - Prießbaum	WienAuhof	Kfz <= 3,5t htG	304	406	406	427	347	110	61	365		365	0
A01	26,8	Kn. Steinhäusl	751	Kn. Steinhäusl - Prießbaum	WienAuhof	Kfz <= 3,5t htG	12.320	12.328	11.953	12.295	12.770	11.235	13.183	290		365	75
A01	26,8	Kn. Steinhäusl	751	gesamt	gesamt	Kfz	24.003	24.448	23.097	24.191	26.440	22.230	23.702	289		365	76
A01	26,8	Kn. Steinhäusl	751	gesamt	gesamt	Kfz > 3,5t htG	557	744	765	777	632	180	128	365		365	0
A01	26,8	Kn. Steinhäusl	751	gesamt	gesamt	Kfz <= 3,5t htG	23.446	23.704	22.332	23.414	25.808	22.050	23.574	289		365	76

Abbildung 82: DTV-Werte für Autobahnen und Schnellstraßen österreichweit (Excel-Screenshot)

<sup>124</sup> <https://www.asfinag.at/verkehr-sicherheit/verkehrszahlung/> (zuletzt abgerufen am 01.10.2023)

## Wien

Die Stadt Wien bietet über data.gv.at ein sehr umfangreiches CSV-File mit automatisch erfassten Daten stationärer Zählgeräte zum Download an, das alle größeren Bundes- und Gemeindestraßen und, falls keine Einbahnstraße, jeweils beide Richtungen umfasst.<sup>125</sup>

JAH	MONAT	ZNR	ZNAME	STR	STRNR	RINAME	FZTYP	DTVMS	DTVMF	DTVMO	DTVDD	DTVFR	DTVSA	DTVSF	TVMAX	TVMAXT
2023	JUNI	1075	Reichsbrücke	B		8 Leopoldstad	Kfz	19243	21426	20388	22402	19916	15132	13364	25727	Mi,07.06.
2023	JUNI	1075	Reichsbrücke	B		8 Leopoldstad	LkwÄ	634	808	798	856	698	278	190	978	Mi,07.06.
2023	JUNI	1075	Reichsbrücke	B		8 Donaustadt	Kfz	17128	18350	17506	18547	18553	15283	13470	19779	Fr,02.06.
2023	JUNI	1075	Reichsbrücke	B		8 Donaustadt	LkwÄ	696	866	860	884	826	371	240	989	Mo,26.06.
2023	JUNI	1075	Reichsbrücke	B		8 Gesamt	Kfz	36371	39776	37893	40949	38469	30415	26833	44477	Mi,07.06.
2023	JUNI	1075	Reichsbrücke	B		8 Gesamt	LkwÄ	1330	1673	1658	1740	1524	649	431	1880	Mi,07.06.
2023	JUNI	1078	Westbahnhof	B		221 Wienzeile	Kfz	39699	40761	39318	40922	41531	39841	35122	43327	Fr,30.06.
2023	JUNI	1078	Westbahnhof	B		221 Wienzeile	LkwÄ	1158	1434	1419	1466	1369	633	420	1557	Do,29.06.
2023	JUNI	1078	Westbahnhof	B		221 Stadthalle	Kfz	32448	33174	32413	33206	33706	32671	29222	34690	Fr,02.06.
2023	JUNI	1078	Westbahnhof	B		221 Stadthalle	LkwÄ	916	1116	1138	1137	1048	536	381	1217	Do,15.06.
2023	JUNI	1078	Westbahnhof	B		221 Gesamt	Kfz	72147	73935	71731	74128	75236	72512	64345	77349	Fr,30.06.
2023	JUNI	1078	Westbahnhof	B		221 Gesamt	LkwÄ	2074	2550	2557	2603	2418	1189	801	2744	Do,29.06.

Abbildung 83: Verkehrszählwerte Wien (Excel-Screenshot)

## Niederösterreich

Für Niederösterreich können ebenfalls Daten über data.gv.at bezogen werden, allerdings ist der Aktualitätsstand 2019, und es fehlt eine Richtungsangabe. Der LKW-Anteil wird ausgewiesen.<sup>126</sup>

Zst-ID	Zst-Nr	Zst-Name	Strasse	Kilometer	Jahr	JDTV_Kfz	JDTV_Lkw	Strassenmeisterei	Strassenbauabteilung	Gemeinde	Bezirk
12003	DZ 2003	DZ Ried am Riederberg	B1	27,085	2019	7 521		423 StrBA 2	StrM.Tulln	Sieghartskirchen	Tulln
12004	DZ 2004	DZ Köttlach	B17	65,354	2019	8 196		410 StrBA 4	StrM.Glogg	Wimpassing im Schwarzatal	Neunkirchen
12005	DZ 2005	DZ Wr. Neudorf	B17	10,193	2019	27 843	1 122	StrBA 2	StrM.Mödling	Wiener Neudorf	Mödling
12008	DZ 2008	DZ Eibesbrunn	B7	13,526	2019	5 886		279 StrBA 3	StrM.Wolke	Großebersdorf	Mistelbach
12009	DZ 2009	DZ Glaubendorf	B4	21,685	2019	11 483	1 055	StrBA 1	StrM.Ravel	Heldenberg	Hollabrunn
12010	DZ 2010	DZ Niederschrems	B41	0,454	2019	11 596		889 StrBA 8	StrM.Schre	Schrems	Gmünd
12011	DZ 2011	DZ Dürnstein-Tunnel	B3	121,032	2019	7 560		360 StrBA 7	StrM.Krems	Dürnstein	Krems-Land

Abbildung 84: Verkehrszählwerte Niederösterreich (Excel-Screenshot)

## Burgenland

Das Burgenland bietet einen Download von Zählstellen-Daten an nahezu allen Bundesstraßen, aber nur sehr wenigen Gemeindestraßen an.<sup>127</sup>

**Durchschnittlicher täglicher Verkehr auf Landesstraßen**  
Montag - Sonntag, Kfz/24h, Dauerzählstellen

Straße	Zählstellennummer	Zählstellenname	Zählstellen km	2020	2021	2022
B10	3164	Bruckneudorf-Ost	44,815	7.233	8.003	8.701
B10	3144	Parndorf-Ost	51,324	6.856	7.284	8.094
B10	3308	Zurndorf-Ost	66,270	3.606	3.651	4.123
B16	3110	Wulkaprodersdorf-Süd1	48,218	15.367	16.151	19.238
B16	3340	Klingenbach	49,203	14.379	14.409	18.179
B50	3311	Parndorf-Süd	16,390	9.609	9.892	11.121
B50	3167	Neusiedl Nord-West	20,064	9.508	9.155	9.887

Abbildung 85: Verkehrszählwerte Burgenland (PDF-Screenshot)

<sup>125</sup> <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/4707e82a-154f-48b2-864c-89fffc6334e1> (zuletzt abgerufen am 01.10.2023)

<sup>126</sup> <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/25be09e4-ed4d-4c26-bcab-8ce0dc97385b#resources> (zuletzt abgerufen am 01.10.2023)

<sup>127</sup> [https://www.burgenland.at/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Land\\_und\\_Politik/Land/Statistik/Energie\\_Umwelt\\_Mobilitaet/Verkehr/T6\\_Taeglicher\\_Verkehr\\_Landesstrassen.pdf](https://www.burgenland.at/fileadmin/user_upload/Downloads/Land_und_Politik/Land/Statistik/Energie_Umwelt_Mobilitaet/Verkehr/T6_Taeglicher_Verkehr_Landesstrassen.pdf) (zuletzt abgerufen am 01.10.2023)

## Oberösterreich

In Oberösterreich können Verkehrszählwerte über das digitale Rauminformationssystem DORIS abgefragt werden, das via Browser frei zugänglich ist.<sup>128</sup>

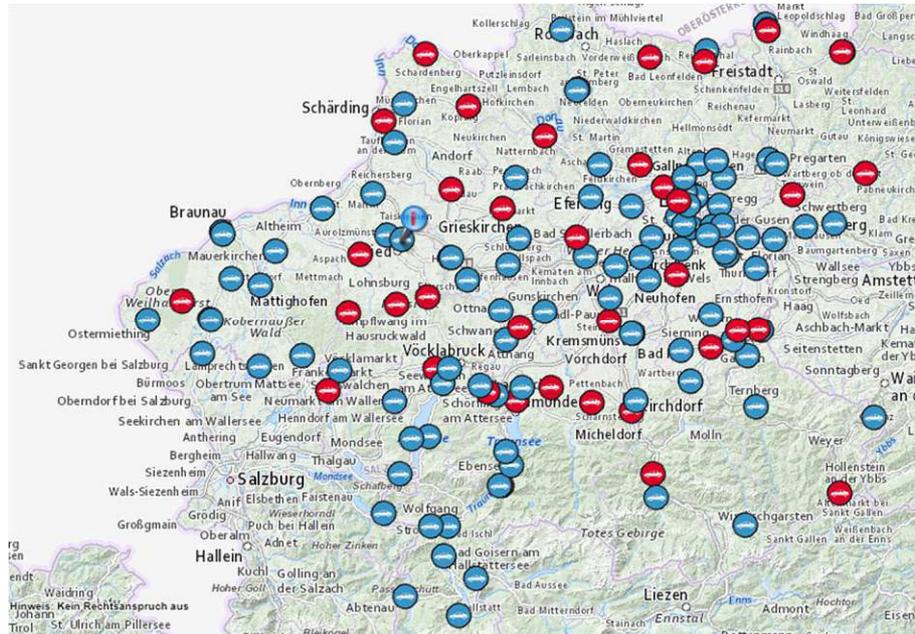


Abbildung 86: DORIS mit Verkehrszählstellen  
(Browser-Screenshot; rot = Radardauerzählung, blau = Induktionsdauerzählung)

Zur Verfügung gestellt werden neben den Tagesdurchschnittswerten auch der Anteil an Fahrzeugen, die länger als ein gewöhnlicher PKW sind.

B148 Altheimer Straße		Abfragedatum: 01.10.2023	
Stationierung:	12,0+87m (Km-Taferl in der Natur + Länge in Meter)		
Gemeinde:	Kirchdorf am Inn	Freiland	
Zähltyp/-zeitraum:	BM: Induktion-Dauerzählung Bundesministerium (tägl. 0:00-24:00h)	06.April.2021 bis 30.April.2021	
<b>Zähl-Ergebnisse im Zeitraum (Zähldauer: 19 Tage(e)); Zähl-Nr.: 2021 04 0040</b>			
DTV Werkverkehr:	11960 KFZ/24h	davon KFZ länger als PKW:	32 %
DTV Gesamtverkehr:	11087 KFZ/24h	davon KFZ länger als PKW:	30 %
<b>Dauerzählstelle (DZ.-Nr./-Name: 4023 / B148 Kirchdorf a.Inn); volles Jahr: 2022</b>			
JDTV Werkverkehr:	14450 KFZ/24h	davon KFZ länger als PKW:	%
JDTV Gesamtverkehr:	14099 KFZ/24h	davon KFZ länger als PKW:	%

Abbildung 87: Details zu Verkehrszählwerten Oberösterreich  
(Browser-Screenshot)

<sup>128</sup> <https://wo.doris.at/weboffice/synserver?project=weboffice&client=core&user=guest&view=vkz> (zuletzt abgerufen am 01.10.2023)

## Steiermark

Für die Steiermark konnte auch nach intensiver Suche auf den landeseigenen (Web-)Portalen keine DTV-Werte gefunden werden.

## Kärnten

Das Land Kärnten bietet zwei PDF's, getrennt nach (landeseigenen) Bundesstraßen und Landesstraßen, als Download an.<sup>129</sup> Es wird ein Schwerverkehrs-Prozentsatz ausgewiesen, und die Anzahl an Zählstellen insgesamt erscheint für beide Straßentypen, im Vergleich zur Fläche des Bundeslandes, relativ hoch.

<b>B69 Südsteirische Grenzstraße</b>				
Zählstelle	Abschnitt	bei km	JDTV	JDTLV%
Lavamünd	1	0,668	971	7

<b>B70 Packer Straße</b>				
Zählstelle	Abschnitt	bei km	JDTV	JDTLV%
Landesgrenze	1	61,400	1.198	8
Kettner	2	66,000	758	6
Preitenegg	3	68,475	876	5
Twimberger Graben	4	82,000	3.461	17
St. Gertraud	5	86,500	5.791	11
Frantschach Nord	6	87,500	7.485	11

Abbildung 88: DTV-Werte Kärnten (B-Straßen)  
(PDF-Screenshot)

<b>L1 Pirkacher Straße</b>				
Zählstelle	Abschnitt	bei km	JDTV	JDTLV%
Flaschberg	1	3,600	775	5

<b>L2 Steiner Straße</b>				
Zählstelle	Abschnitt	bei km	JDTV	JDTLV%
Rassnig	1	0,150	672	6

<b>L3 Amlacher Straße</b>				
Zählstelle	Abschnitt	bei km	JDTV	JDTLV%
Berg im Drautal	1	1,212	626	6
Amlach	2	4,000	822	6

Abbildung 89: DTV-Werte Kärnten (L-Straßen)  
(PDF-Screenshot)

## Salzburg

Das Land Salzburg hat für das Jahr 2021 einen sehr umfangreichen Bericht zur Erhebung und teilweise Hochrechnung von DTV-Werten veröffentlicht, welcher auch Rohdaten beinhaltet. Eine Unterteilung in Fahrzeugtypen ist vorhanden.<sup>130</sup>

Zst.-Nr.	Lage	Erfassungsart	Zählstellenname Fahrzeugart	Jahresdurchschnittlicher täglicher Verkehr				DTVw Mo-Fr	DTVu Mo-Sa	JDTV 6 - 19h	JDTV 19 - 22h	JDTV 22 - 6h	
				Mo-So	Anteile %	Mo-Fr	Sa+So						So+Fe
<b>L 246 Mandlwand Landesstraße</b>													
L246.5002	1,4+90m	SDR	<b>Mühlbach am Hochkönig</b>										
			Gesamtverkehr	811		779	883	866	659	949	725	56	30
			Motorräder + Pkw + Lieferwagen	767	94,6	726	861	848	609	896	685	54	28
			Lkw + Bus + Pkw mit Anhänger	41	5,1	50	21	18	47	48	37	2	2
			Lkw mit Anhänger + Sattelzüge	3	0,4	3	1	0	3	5	3	0	0
			Lkw-ähnliche Fahrzeuge	44	5,4	53	22	18	50	53	40	2	2
<b>L 247 Thumersbacher Landesstraße</b>													
L247.5001	0,4+73m	SDR	<b>Thumersbach</b>										
			Gesamtverkehr	1650		1381	2236	1908	1392	1688	1443	162	45
			Motorräder + Pkw + Lieferwagen	1572	95,3	1286	2199	1875	1296	1605	1368	159	45
			Lkw + Bus + Pkw mit Anhänger	75	4,5	92	37	32	93	81	71	3	1
			Lkw mit Anhänger + Sattelzüge	3	0,2	3	0	1	3	2	3	0	0
			Lkw-ähnliche Fahrzeuge	78	4,7	95	37	33	96	83	74	3	1

Abbildung 90: Verkehrsstärken Salzburg  
(PDF-Screenshot)

<sup>129</sup> <https://strassenbau.ktn.gv.at/Themen/Verkehrsz%C3%A4hlung/Verkehrsz%C3%A4hlungen> (zuletzt abgerufen am 01.10.2023)

<sup>130</sup> [https://www.salzburg.gv.at/verkehr/\\_Documents/verkehrsstaerken2021\\_salzburg.pdf](https://www.salzburg.gv.at/verkehr/_Documents/verkehrsstaerken2021_salzburg.pdf) (zuletzt abgerufen am 01.10.2023)

## Tirol

Das Land Tirol publiziert, ähnlich wie Salzburg, einen umfangreichen Report zur Verkehrslage. DTV-Werte finden sich im Anhang. Auch hier ist der aktuelle Datenstand das Jahr 2021.<sup>131</sup>

Straße	Zählstelle			Kfz/24 h alle Kraftfahrzeuge			LkwÄ/24 h Lkw-ähnlicher Verkehr			LkwGV/24 h Lkw-Güterverkehr			SLZ/24 h Sattelfahrzeuge und Lkw mit Anhänger		
	Nr	Name	Typ	2020	2021	± %	2020	2021	± %	2020	2021	± %	2020	2021	± %
B176 Kössener Straße	8276	Schwendt	MD	1.746	1.655	-5,2	75	79	5,3				5	5	0,0
	8326	Kössen-Nord	MD	1.603	1.236	-22,9	50	43	-14,0				10	8	-20,0
B177 Seefeldler Straße	8204	Reith bei Seefeld	MD	9.276	10.258	10,6	356	313	-12,1				92	114	23,9
	8038	Scharnitz	IS	6.558	6.924	5,6	406	437	7,6	332	358	7,8	94	88	-6,4

Abbildung 91: DTV-Werte Tirol  
(PDF-Screenshot)

## Vorarlberg

DTV-Werte können für Vorarlberg über das landeseigene Geoinformationssystem VOGIS bezogen werden.<sup>132</sup> Der Detaillierungsgrad ist hoch (nach Richtungen und Fahrzeugtyp getrennt, ebenfalls Ausweisung von Tages- und Stundenmaxima), die Aktualität mit Letztstand September 2022 gut. Die räumliche Abdeckung ist sehr stark auf das dichtbesiedelte Rheintal fokussiert, dünner besiedelte Regionen wie etwa der Bregenzerwald weisen deutlich weniger Zählstellen auf.

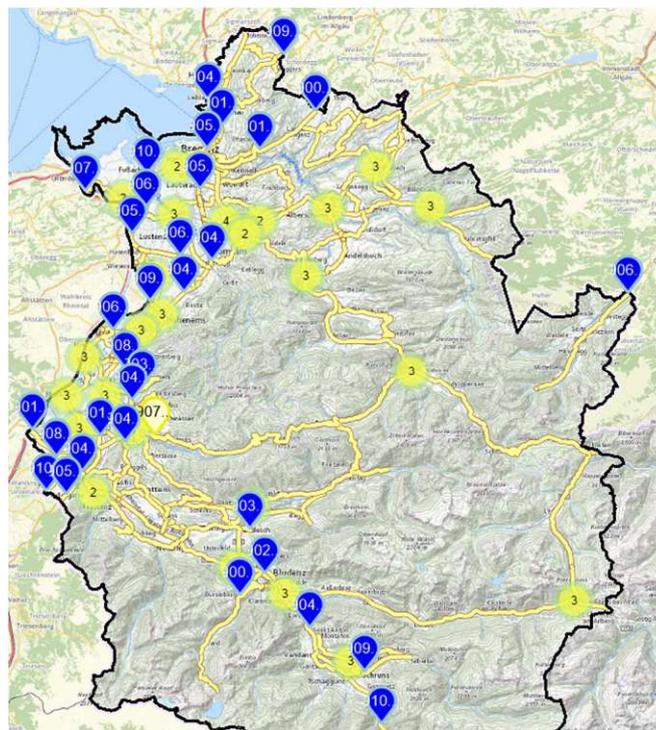


Abbildung 92: Verkehrszählstellen Vorarlberg  
(Browser-Screenshot)

<sup>131</sup> [https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/verkehr/verkehrsplanung/Dateien/VB\\_2021\\_Download.pdf](https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/verkehr/verkehrsplanung/Dateien/VB_2021_Download.pdf) (zuletzt abgerufen am 02.10.2023)

<sup>132</sup> <https://atlas.vorarlberg.at/portal/map/Transport%20und%20Verkehr/Verkehrsz%C3%A4hlstellen> (zuletzt abgerufen am 02.10.2023)

Anhand optischer Prüfungen der Shapefiles ist eher davon auszugehen, dass Straßen zunächst als Polylinien modelliert wurden und nicht als (flächige) Polygone, allerdings lassen sich ja auch punktuelle Quellpegelspitzen finden.<sup>133</sup> Es konnte jedenfalls keine Dokumentation der tatsächlichen Vorgehensweise gefunden werden. Daneben sind die Lärmwerte des Referenzrasters, wie schon mehrmals beschrieben, generalisiert; d.h. es werden keine expliziten Werte ausgewiesen, sondern nur Wertklassen. Es wäre dahingehend also nur die Prüfung möglich, ob sich ein errechneter Quellpegel innerhalb zweier Grenzen befindet oder nicht.

### 5.3.2. Brücken

Wie schon in Kapitel 4.1.1 ausgeführt, sind im LIKNETZ-Layer Brücken leider nicht explizit ausgewiesen bzw. werden Straßenabschnitte an Brückenenden auch nicht gebrochen. Kapitel 4.1.1.5 analysiert zu Beginn den BRUNNEL-Layer, der mit LINKNETZ nicht direkt in Beziehung gesetzt werden kann, und darüber hinaus auch nicht nach Verkehrsträger unterscheidet. Für die Übertragung der Eigenschaft „Straße ist Brücke“ müsste zunächst im BRUNNEL-Layer auf Brücken gefiltert werden und dann eine ähnliche Vorgehensweise wie die für die Tunnel beschriebene gewählt werden.

Die Miteinbeziehung in die Modellierung an sich wäre allerdings auch wieder mit Schwierigkeiten verbunden, da die Bestimmung des db-Wertes für einen Punkt in Bodennähe definiert ist (Höhe: 4m) und Brücken von lärmrelevanten Straßen höherer Ordnung meistens eine größere Höhe aufweisen, wodurch die Brücke selbst zu einem Dämpfungs- bzw. Beugungselement (zwischen Quelle = Fahrzeug und Messpunkt) wird, dessen Einfluss allerdings maßgeblich vom Winkel zum Berechnungspunkt am Boden abhängt. Eventuell ließe sich hier im Nahebereich einer Brücke mit einem variablen Dämpfungsfaktor, je nach Höhe und Beschaffenheit der Brücke sowie in Abhängigkeit vom Quellpegelwert arbeiten; diese wäre aber jedenfalls sehr genau zu prüfen.

---

<sup>133</sup> Vgl. Kapitel 3.5.1.2

### 5.3.3. Lärmschutzwände

In Kapitel 3.3.3.2 wurde erläutert, dass der einzige auffindbare Datensatz geographisch und quantitativ beschränkt und daher nicht wirklich verwendbar ist. Eine zu prüfende Idee wäre hier, ob es mittels KI-gestützter Bilderkennung möglich wäre, aus Luftbildern einen qualitativ ausreichend genauen Vektor-Datensatz zu generieren.<sup>134</sup>

Sofern dies gelänge, wäre die Integration allerdings mit der Einschränkung verbunden, dass Lärmschutzwände nur als „absolute Schranke“ in die Modellierung dieser Arbeit miteinbezogen werden können. Für die realitätskonformere Nutzung als Dämpfungselement müsste  $A_{\text{boundary}}$  vollständig berechnet werden, was allenfalls in einer vektorbasierten Variante<sup>135</sup> möglich wäre.

### 5.3.4. Erweiterung / Verbesserung Endpunkt- bzw. Kreuzungsthematik

Das in Kapitel 4.2.1.1 festgestellte Problem bei der Generierung von zylindrischen Puffern hat eine gravierende Auswirkung auf die in 3.1.6 beschriebene Möglichkeit, mittels eines Kreises an den Endpunkten eines Abschnittes neben der linienquellbedingten zylindrischen Ausbreitung zusätzlich noch eine punktförmige Schallausbreitung in der Verlängerung der Straße zu berechnen. Ohne einen selbstverschneidungsfreien zylindrischen Puffer erscheint dies nur schwer möglich. Ein Ansatz, einen solchen Puffer mittels Hilfsrechnungen herzustellen, wäre eine Linie im rechten Winkel zur Straße an deren Ende (Länge = doppelte Pufferbreite), die deckungsgleich mit der Außenkante eines Zylinders ist. Dann wäre zu prüfen, ob die Wegstrecke von den Endpunkten dieser Linie zu vom Endpunkt weg aneinander gereihten Segmenten der Straße in der Länge der späteren Rasterzellgröße noch größer ist als der Abstand zum Endpunkt oder nicht. Falls nicht, entspricht das der Charakteristik von Kurven nahe dem Endpunkt, die zu Selbstverschneidungen führen würden.

### 5.3.5. Parallelisierung im Code

Bei der Durchführung der Modellierung (für das gesamte Bundesgebiet) wurde nur dahingehend eine Parallelisierung vorgenommen, als dass das Modellierungsskript für Autobahnen/Schnellstraßen und übrige Straße gleichzeitig gestartet wurde. Der Parallelisierungsgrad ließe sich durch Anpassungen des Codes noch viel mehr erhöhen, etwa, dass die Berechnung für mehrere Bundesländer (für Autobahnen und Schnellstraßen) und Gemeinden

---

<sup>134</sup> Die Idee entstand primär aus einem anderen Bereich, mit dem sich die DataScience Service GmbH, der Arbeitgeber des Verfassers, gerade beschäftigt, nämlich der Ableitung von objektspezifischer Information aus StreetView- und Innenraumbildern. Dazu zählen etwa das aus einer Fassadengenerierung heraus abschätzbare Gebäudealter oder die Qualität der nicht-mobilen Ausstattung (Böden, Bad, Küche usw.).

<sup>135</sup> Vgl. Kapitel 5.3.6

(für übrige Straßen) gleichzeitig durchgeführt wird. Limitierender Faktor wäre vorrangig die Arbeitsspeicher-Kapazität des Servers. Vereinfacht gesagt wäre zu prüfen, ab wann durch Parallelisierung gegebenenfalls entstehende Verzögerungen in Berechnungsabfolge und Berechnungsdauer den Zeitgewinn durch Gleichzeitigkeit der Berechnungsaufrufe amortisieren.

### 5.3.6. Vektorbasiertes On-Demand-Berechnungsmodell

Im Verlauf dieser Arbeit wurden die Einschränkungen, die eine rasterbasierte Lösung mit sich bringt, ausführlich erläutert. Zu Beginn des Methodik-Kapitels<sup>136</sup> wurde außerdem erklärt, warum ein vektorbasiertes Berechnungsmodell nicht flächendeckend umgesetzt werden kann. Für den Fall, dass eine Schallmodellierung aber nur punktuell bzw. „on demand“ benötigt wird, wäre eine solche Lösung durchaus von Vorteil, da hier Beugungen, Dämpfungen und/oder Reflexionen (sei es durch Gebäude, Geländeunterschiede, etwa ein Hügel zwischen Quelle und Berechnungspunkt, oder – in der Modellierung außen vor gelassene - Lärmschutzwände) besser miteinbezogen werden können. Gleichzeitig wäre es auch möglich, Bodeneffekte nicht-generalisiert, sondern entsprechend tatsächlichen Gegebenheiten abzubilden.

In der Umsetzung wäre dies eine, anders als die „quellzentrierte“ Raster-Methode, eine „zielzentrierte“ Methode. Nachfolgend wird eine grobe Übersicht über die notwendigen Schritte der zugehörigen Programmierung dargestellt:

- Als (primäre) Eingangsvariable ist ein beliebiges Koordinatenpaar anzugeben.
- Puffer um diesen Punkt generieren. Der Radius muss so gewählt werden, dass innerhalb des Puffers noch alle Straßenabschnitte fallen, deren Lärmausbreitung den Punkt erreicht. Als Referenz kann, wie in der Modellierung dieser Arbeit, der Grenzwert von 50db herangezogen werden (Rückwertberechnung der Distanz anhand Umkehrung von  $A_{div}$ )
- Verschneidung des Puffers mit dem Straßenlayer, um alle möglicherweise relevanten Straßen zu bekommen
- Prüfung für Straßenabschnitte anhand der Distanz, ob sie tatsächlich relevant sind (wenn eine entfernt liegende Autobahn noch einen geringen Einfluss auf die Zielzelle hat, muss sich der Radius des Puffers daran orientieren. Eine kleine Landstraße in etwas geringerer Entfernung wird aber wegen des geringeren Quellpegels keinen Einfluss nehmen und muss deshalb auch nicht mitberechnet werden).

---

<sup>136</sup> Vgl. Kapitel 3.1.1

- Für jeden Abschnitt eine Schallmodellierung bis zum Zielpunkt durchführen und die Werte aufsummieren. Die Details der Berechnung sehen wie folgt aus:
  - Für den Straßenabschnitt wird der zum Berechnungspunkt nächstgelegene Punkt auf der Straße bestimmt
  - Zwischen diesem Punkt und dem Ziel wird eine Linie gebildet
  - Aus der Länge der Linie (=2D-Distanz) und dem Höhenmodell wird die 3D-Distanz, und damit  $A_{div}$  und  $A_{atm}$ , bestimmt – dazwischen liegendes Gelände bzw. Hindernisse werden erst bei  $A_{boundary}$  berücksichtigt
  - Für  $A_{boundary}$  wird die Linie nacheinander mit dem (polygonisierten) Höhenmodell, dem CLC-Layer und einem Layer, der Gebäude und ggf. weitere Hindernisse (Lärmschutzwände) beinhaltet, verschnitten, um ein Pfadmodell zu erhalten.

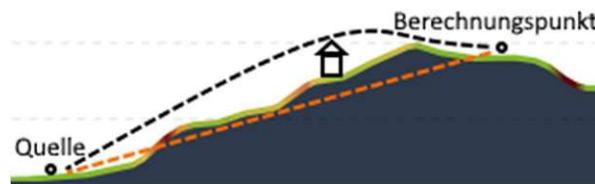


Abbildung 93: Pfadmodell  
(Eigene Bearbeitung)

- Die Linie wird dadurch in sehr kurze Abschnitte unterteilt, wodurch die im Hintergrund stehende Attributtabelle nun eine vollständige Übersicht über die Charakteristik des Verlaufs bietet
- Auf Basis dieser Tabelle kann nun  $A_{boundary}$  in vollständigem Umfang bestimmt werden

### 5.3.7. Vollständige Berechnung eines A-bewerteten Pegels

Wie in Kapitel 3.2.2.1 angeführt, wird die Modellierung nur für eine Frequenz von 1000Hz durchgeführt. Um den Vorgaben aus der ÖAL-Richtlinie vollends zu entsprechen, wären insgesamt acht Berechnungen notwendig, da das Oktavband acht Frequenzen umfasst, einschließlich der Addition oder Subtraktion des db-Wertes zur Bewertungskorrektur und anschließender Addition aller entstandenen Layer gemäß den Rechenregeln für Schallpegel (=A-Bewertung). Die Frequenzen und Bewertungskorrekturen sind in Kapitel 2.1.1.4 aufgeführt.

Eine vereinfachte Möglichkeit, um eine A-Bewertung österreichweit hochzurechnen, wäre, vollständige Berechnung für einige Referenzgebiete (zumindest Gemeinden) durchzuführen und daraus einen Durchschnitts-Multiplikator „1000Hz-Bewertung -> A-Bewertung“ abzuleiten, der

dann auf die gesamte bundesweite Modellierung angewandt wird. Selbstredend wäre dieser Multiplikator aber ungenau und demzufolge mit Unsicherheit behaftet.

### 5.3.8. Modellierung Schiene / Flughafen / Industrie

Für die Modellierung von Schienenlärm und, in eingeschränktem Maße, Industrielärm (ausgenommen solche Anlagen, die impulsförmige und/oder starke tonale Geräusche erzeugen)<sup>137</sup> kann dieselbe Methodik zur Simulation der Ausbreitung angewandt werden wie hier beschrieben. Zur Berechnung des Quellpegels von Schienenlärm existiert, analog zu den Straßen, eine RVE (04.01.02 – Berechnung von Schienenverkehrslärmemissionen) der Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr; für den Quellpegel von Industrielärm konnten keine allgemeingültigen Rechenvorschriften gefunden werden, hier ist sehr wahrscheinlich eine individuelle Abschätzung/Berechnung notwendig.

Hinsichtlich des Fluglärms wurde erstmals 2019 vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie ein Dokument ausgegeben, welches Methoden für die Berechnung und Bewertung von Fluglärm beinhaltet. Ein Update erfolgte 2021. Das Dokument ist online verfügbar.<sup>138</sup>

---

<sup>137</sup> Vgl. ÖAL-Richtlinie 28 (2021), S.9

<sup>138</sup> <https://www.bmk.gv.at/themen/verkehr/luftfahrt/fluglaerm/berechnung.html> (zuletzt abgerufen am 01.10.2023)

# Anhang

## A1 Literatur- und Quellenverzeichnis

basemap.at (2014-2023): Verwaltungsgrundkarte von Österreich, online. URL: <https://basemap.at/> (zuletzt abgerufen am 23.09.2023).

Baunetz\_Wissen: Akustische Begriffe: Frequenz und Schallwellenlänge, online.

Informationsplattform des Architekturmagazins BauNetz. URL:

<https://www.baunetzwissen.de/bauphysik/fachwissen/schallschutz/akustische-begriffe-frequenz-und-schallwellenlaenge-6433010> (zuletzt abgerufen am 20.09.2023)

DataKustik GmbH: Softwarebeschreibung CadnaA / Strategische Lärmkarten. Unternehmenshomepage. URL: <https://www.datakustik.com/de/umgebungs-laerm/laermkartierung> (zuletzt abgerufen am 14.12.2022)

Europäische Union (2002): EU-Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG. Vollständig Bezeichnung: Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Online abrufbar. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02002L0049-20210729> (zuletzt abgerufen am 10.07.2023)

Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (2019): RVS („Richtlinien und Vorschriften für den Straßenverkehr“) 04.02.11 – Berechnung von Schallemissionen und Lärmschutz. Teilauszug.

IBO: Grundgeräuschpegel, online. Erklärender Artikel der IBO GmbH. URL:

<https://www.ibo.at/bauphysik/schallschutz-akustik/grundgeraeschpegel> (zuletzt abgerufen am 21.09.2023)

Land Baden-Württemberg: Städtebauliche Lärmfibel. Herausgegeben vom Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen. Online abrufbar. URL: <https://www.staedtebauliche-laermfibel.de/?p=88&p2=2.4.2> (zuletzt abgerufen am 18.02.2023)

ÖNORM S 5021 (2017): Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und -ordnung. Herausgegeben von Austrian Standards International - Standardisierung und Innovation

Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung (2022): Website-Artikel „Organisationsform und Ziele des ÖAL“, online. URL: <https://oal.at/organisation/organisationsform-ziele> (zuletzt abgerufen am 20.10.2022).

Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung (2021): ÖAL-Richtlinie Nr. 28. Berechnung der Schallausbreitung im Freien und Zuweisung von Lärmpegeln und Bewohnern zu Gebäuden. Online abrufbar. URL: [http://www.oal.at/images/rl\\_downloads/RL28\\_2021-10-01.pdf](http://www.oal.at/images/rl_downloads/RL28_2021-10-01.pdf) (zuletzt abgerufen am 20.10.2022).

Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung (2007): ÖAL-Richtlinie Nr. 36 Blatt 1. Erstellung von Schallimmissionskarten und Konfliktzonenplänen und Planung von Lärminderungsmaßnahmen. Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung. Online abrufbar. URL: [http://www.oal.at/images/rl\\_downloads/rl\\_36\\_bl1\\_2007.pdf](http://www.oal.at/images/rl_downloads/rl_36_bl1_2007.pdf) (zuletzt abgerufen am 20.10.2022).

Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung (2010): ÖAL-Richtlinie Nr. 36 Blatt 2. Erstellung von Lärmkarten und Konfliktzonenplänen und Planung von Lärminderungsmaßnahmen. Anforderungen im Anwendungsbereich der Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG. Online abrufbar. URL: [http://www.oal.at/images/rl\\_downloads/rl\\_36\\_bl2\\_2010.pdf](http://www.oal.at/images/rl_downloads/rl_36_bl2_2010.pdf) (zuletzt abgerufen am 20.10.2022).

Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung (2007): ÖAL-Richtlinie Nr. 36 Blatt 4. Format der Eingabedaten für die Berechnung der Schallimmission durch Straßenverkehr, Schienenverkehr und Betriebsanlagen. Online abrufbar. URL: [http://www.oal.at/images/rl\\_downloads/rl\\_36\\_bl4\\_2007.pdf](http://www.oal.at/images/rl_downloads/rl_36_bl4_2007.pdf) (zuletzt abgerufen am 20.10.2022).

Republik Österreich (2005): Bundes-Umgebungslärmschutzgesetz, erstmals ausgegeben am 04.07.2005. Vollständige Bezeichnung: Bundesgesetz über die Erfassung von Umgebungslärm und über die Planung von Lärminderungsmaßnahmen (Bundes-Umgebungslärmschutzgesetz bzw. Bundes-LärmG). Online abrufbar. URL: [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA\\_2005\\_I\\_60/BGBLA\\_2005\\_I\\_60.pdfsig](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2005_I_60/BGBLA_2005_I_60.pdfsig) (zuletzt abgerufen am 20.07.2022).

Republik Österreich (2006): Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung, erstmals ausgegeben am 05.04.2006. Vollständige Bezeichnung: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Methoden und technischen

Spezifikationen für die Erhebung des Umgebungslärms (Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung – Bundes-LärmV). Online abrufbar. URL:

[https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA\\_2006\\_II\\_144/BGBLA\\_2006\\_II\\_144.pdf](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2006_II_144/BGBLA_2006_II_144.pdf) (zuletzt abgerufen am 24.07.2022).

sengpielaudio: Schallleistungsrechner, online. URL: <http://www.sengpielaudio.com/Rechner-schallleistung.htm#:~:text=Sie%20wird%20berechnet%20und%20in,Schalldruck%20die%20entfernungsbah%C3%A4ngige%20Wirkung%20ist> (zuletzt abgerufen am 18.02.2023)

SoundPLAN GmbH: Softwarebeschreibung SoundPLAN<sub>noise</sub>. Unternehmenshomepage. URL: <https://www.soundplan.eu/de/software/soundplannoise/>

Thaler, Robert / Gartner, Helfried (2007): Handbuch Umgebungslärm. Minderung und Ruhevorsorge. Herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft.

Umweltbundesamt: Darstellungsdienst Lärm (WMS), online. URL:

<https://inspire.lfrz.gv.at/000804/wms?version=1.3.0&request=GetCapabilities> (zuletzt abgerufen am 14.06.2023)

Weberndorfer, Ronald (2013): Modellierung von wertrelevanten Mikrolageparametern für die automatisierte Immobilienbewertung. Dissertation an der TU Wien.

Wikipedia: Schalldruck, online. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Schalldruck> (zuletzt abgerufen am 21.09.2023)

Wikipedia: Bel (Einheit), online. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Bel\\_\(Einheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Bel_(Einheit)) (zuletzt abgerufen am 21.09.2023)

## A2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Österreichweites Lärmraster nach Weberndorfer .....	10
Abbildung 2: Detailausschnitt Lärmraster nach Weberndorfer - Hauptbahnhof Wien .....	11
Abbildung 3: Detailausschnitt der Umgebungslärmkartierung als Shapefiles - A2 Südautobahn Nähe Knoten Vösendorf .....	11
Abbildung 4: Vereinfachte Zielgrafik .....	12
Abbildung 5: Screenshot des laerminfo.at – WebGIS.....	21
Abbildung 6: Formel für $L_{den}$ gemäß EU-Umgebungslärmrichtlinie (2002).....	22
Abbildung 7: Formel für $L_{den}$ gemäß Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung (2006).....	24
Abbildung 8: Verkehrsstärken-Karte 2017.....	29
Abbildung 9: Screenshot EIONET - Central Data Repository .....	30
Abbildung 10: Österreichweite Übersicht über verfügbare Basisdaten.....	31
Abbildung 11: Beispiel für Schwenk der Straßennetz-Linie - Pfändertunnel, Vorarlberg .....	31
Abbildung 12: Gegenbeispiel mittige Fortführung bei Tunneln - Langen am Arlberg, Vorarlberg ...	31
Abbildung 13: Straßenabschnitte ohne Lärmzonen – Villach.....	32
Abbildung 14: Lärmzonen ohne zugrunde liegenden Straßenabschnitt - Innsbruck .....	32
Abbildung 15: Schematische Darstellung zweier überlappender Schall-Ausbreitungsbereiche.....	35
Abbildung 16: Projektion einer kugelförmigen Schallausbreitung.....	38
Abbildung 17: Projektion einer zylindrische Schallausbreitung .....	38
Abbildung 18: Hindernis im Ausbreitungsweg.....	39
Abbildung 19: Verzerrung durch Kurven .....	39
Abbildung 20: B17 Triester Straße, Wien.....	40
Abbildung 21: Endpunktproblem.....	41
Abbildung 22: Layer Gebäude_F_Gebäude .....	48
Abbildung 23: Flächen-Mehrzweckkarte Wien.....	49
Abbildung 24: Realnutzungskartierung Wien .....	49
Abbildung 25: Gebäude-Datensatz Tirol (Ausschnitt Hall in Tirol) .....	49
Abbildung 26: Gültigkeit prüfen als Einzelaufruf .....	53
Abbildung 27: Gültigkeit prüfen als Stapelverarbeitung .....	53
Abbildung 28: Gültige Polygone $L_{den}$ Wien (139.414).....	53
Abbildung 29: Ungültige Polygone (2.704) und Fehlerstellen (9.845) $L_{den}$ Wien .....	53
Abbildung 30: Offizielle Lärmpolygone am Pass Thurn .....	54
Abbildung 31: Salzburgerisch-Steirische Grenze bei Mandling/Enns.....	54

Abbildung 32: Salzburgerisch-oberösterreichische Grenze bei Strobl bzw. St. Wolfgang .....	55
Abbildung 33: Punkt- bzw. Ellipsenform des Maximalwertes in Oberösterreich.....	55
Abbildung 34: Linz-Bahnhofsviertel .....	55
Abbildung 35: Wien-Wieden.....	55
Abbildung 36: Oberösterreichisch-niederösterreichische Grenze bei Mauthausen .....	56
Abbildung 37: Grenze Wien-Niederösterreich bei Vösendorf (Kreuzung B13a/B17/B223).....	56
Abbildung 38: A1 an der salzburgerisch-oberösterreichische Grenze .....	56
Abbildung 39: A2 an der steirisch-burgenländischen Grenzen .....	56
Abbildung 40: A22 (Donauufer-Autobahn).....	56
Abbildung 41: A21 (Außenring-Autobahn) .....	56
Abbildung 42: Kurzer Wiener Abschnitt der A21 mit Umfeld. Nordwestlich im Bild: Wien (Zuständigkeit „ALLE“), südwestlich: Perchtoldsdorf (Zuständigkeit ebenfalls „ALLE“), östlich: Vösendorf (Zuständigkeit: BMVIT und Land NÖ).....	57
Abbildung 43: A2 und Bundes/Landesstraßen im Bereich Baden (Niederösterreich) .....	58
Abbildung 44: A1 und Bundes/Landesstraßen im Bereich Ansfelden (Oberösterreich) .....	58
Abbildung 45: Stadt Wels.....	59
Abbildung 46: Friesacher Bundesstraße .....	59
Abbildung 47: S16, Talübergang Schottwien .....	59
Abbildung 48: A23, Hochtrasse über der Donauinsel.....	59
Abbildung 49: A13, Europabrücke (höchste Brücke Österreichs) .....	59
Abbildung 50: A12 bei Hall in Tirol mit Lärmschutzwand im Norden.....	59
Abbildung 51: Exakte db-Werte an Klassengrenzen.....	61
Abbildung 52: Algorithmus "Attribute nach Position verknüpfen" .....	74
Abbildung 53: Feld Straßenbreite (width) .....	79
Abbildung 54: Fehlerhafter Puffer bedingt durch Selbstverschneidung .....	81
Abbildung 55: Parameter-Einstellungen.....	85
Abbildung 56: Nicht-variable Statistiken zu Gebiet und Straße (Testgebiet B17).....	86
Abbildung 57: Zellstatistiken (Testgebiet B17) .....	86
Abbildung 58: Wertklassen-Differenz-Tabelle (Testgebiet B17) .....	87
Abbildung 59: Unterschiede nach Wertklassen (Testgebiet B17) .....	87
Abbildung 60: Unterschiede nach Distanzverhältnis (Testgebiet B8, mit GridDistance) .....	88
Abbildung 61: Unterschiede nach Distanzverhältnis (Testgebiet B8, mit Euklidischer Distanz).....	88
Abbildung 62: Testgebiet 1 (näherungsweise Ausschnitt) .....	90

Abbildung 63: Detailausschnitt Testgebiet B17 .....	92
Abbildung 64: Testgebiet 2 (näherungsweise Ausschnitt) .....	93
Abbildung 65: Testgebiet 3 (näherungsweise Ausschnitt) .....	96
Abbildung 66: Ausschnitt Referenzraster (Testgebiet 3 in rotem Rahmen).....	98
Abbildung 67: Testgebiet 4 (näherungsweise Ausschnitt) .....	99
Abbildung 68: Testgebiet 5 (näherungsweise Ausschnitt) .....	102
Abbildung 69: Testgebiet 6 (näherungsweise Ausschnitt) .....	105
Abbildung 70: Testgebiet 7 (näherungsweise Ausschnitt) .....	108
Abbildung 71: Laufzeit Gemeinde Mödling (Strassen) .....	122
Abbildung 72: Laufzeit Gemeinde Liezen (Strassen) .....	123
Abbildung 73: Laufzeit Gemeinde Liezen (Strassen) .....	123
Abbildung 74: Laufzeit Bundesland Vorarlberg (Autobahnen).....	123
Abbildung 75: Laufzeit Bundesland Burgenland (Autobahnen) .....	123
Abbildung 76: Abgeschlossene Modellierung für Autobahnen (10x10m-Raster).....	124
Abbildung 77: Abgeschlossene Modellierung Straßen (10x10m-Raster).....	124
Abbildung 78: Abgeschlossene Modellierung für Autobahnen (5x5m-Raster).....	125
Abbildung 79: Abgeschlossene Modellierung für Straßen (5x5m-Raster) .....	125
Abbildung 80: Abgeschlossene Aggregation österreichweit .....	126
Abbildung 81: österreichweite Lärmmodellierung.....	126
Abbildung 82: DTV-Werte für Autobahnen und Schnellstraßen österreichweit.....	132
Abbildung 83: Verkehrszählwerte Wien .....	133
Abbildung 84: Verkehrszählwerte Niederösterreich .....	133
Abbildung 85: Verkehrszählwerte Burgenland .....	133
Abbildung 86: DORIS mit Verkehrszählstellen .....	134
Abbildung 87: Details zu Verkehrszählwerten Oberösterreich .....	134
Abbildung 88: DTV-Werte Kärnten (B-Straßen).....	135
Abbildung 89: DTV-Werte Kärnten (L-Straßen) .....	135
Abbildung 90: Verkehrsstärken Salzburg.....	135
Abbildung 91: DTV-Werte Tirol.....	136
Abbildung 92: Verkehrszählstellen Vorarlberg .....	136
Abbildung 93: Pfadmodell.....	140

## A3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Rasterlayer-Kennzahlen für Referenzgebiete .....	34
Tabelle 2: Gültigkeitsprüfung für Lden-Shapefiles.....	53
Tabelle 3: Attribute des Layers LINKNETZ.....	65
Tabelle 4: Defaultwertzuweisung Straßen.....	73

## A4 Codes

### A4.1 Filterung nach relevanten FRC, FOW und EDGE CAT (QGIS - Filter)

```
"BAUSTATUS" = 5 AND "FRC" IN (0,1,2,3,4,5,6,7,8) AND "FORMOFWAY" IN (-1,1,2,3,4,8,10,11,17,599)
AND "EDGE CAT" IN ('A','B','G','H','HA','HB','L','N','R','S')
```

### A4.2 Filterung durchgehender Autobahn/Schnellstraßen-Fahrbahnen (QGIS - Filter)

```
"FRC" = 0 AND "FORMOFWAY" = 1 AND "EDGE CAT" IN ('A','S')
```

### A4.3 Aussortierung von Straßenabschnitten mit geringer Durchschnitts- und/oder erlaubter Höchstgeschwindigkeit (QGIS – Filter)

```
"SPEEDCAR_T" > 19 OR "SPEEDCAR_B" > 19 OR "VMAX_CAR_T" > 29 OR "VMAX_CAR_B" > 29 OR
("SPEEDCAR_T" = -1 AND "SPEEDCAR_B" = -1 AND "VMAX_CAR_T" = -1 AND "VMAX_CAR_B" = -1)
```

### A4.4 Erstellung einer neuen Spalte „Speed“ (QGIS – Field Calculator)

```
CASE WHEN max("SPEEDCAR_T","SPEEDCAR_B") > -1 THEN max("SPEEDCAR_T","SPEEDCAR_B")
WHEN max("VMAX_CAR_T","VMAX_CAR_B") > -1 THEN max("VMAX_CAR_T","VMAX_CAR_B") ELSE -1 END
```

### A4.5 Erstellung einer neuen Spalte „Lanes“ (QGIS – Field Calculator)

```
CASE WHEN "LANES_TOW" = -1 AND "LANES_BKW" = -1 THEN -1 WHEN "LANES_TOW" != -1 AND "LANES_BKW" !=
-1 THEN "LANES_TOW" + "LANES_BKW" ELSE max( "LANES_TOW" , "LANES_BKW" ) END
```

### A4.6 Herausnehmen aller Straßen mit FRC < 5 (QGIS – Filter)

```
"FRC" IN (0,1,2,3,4,5)
```

### A4.7 Gruppierung der Speed-Werte in neuer Spalte „Speedgroup“ (QGIS – Field Calculator)

```
CASE WHEN "SPEED" = -1 THEN -1 WHEN "SPEED" > -1 AND "SPEED" <= 40 THEN 1 WHEN "SPEED" > 40 AND
"SPEED" <= 60 THEN 2 WHEN "SPEED" > 60 AND "SPEED" <= 90 THEN 3 ELSE 4 END
```

### A4.8 Grenzwertprüfung Tunnel und anschließende Filterung (QGIS - Field Calculator und QGIS – Filter)

```
Case when "Tunnel" = 1 and "length_ai" < 10 / 5 then 0 else "Tunnel" end (FIELD CALCULATOR)
Tunnel_Final = 0 (FILTER)
```

### A4.9 Defaultwert-Zuweisung Autobahnen und Schnellstraßen (QGIS – Field Calculator)

```
Case when speed <= 70 then 70 else speed end (Spalte speed_he)
80+(((speed_he-70)/60)*10) (Spalte db_he)
Case when LANES <= 1 then 0.95 when LANES = 2 then 1 when LANES = 3 then 1.05 else 1.1 end (Spalte
lanes_he)
Case when EDGE CAT = 'S' then 0.95 else 1 end (Spalte edgecat_he)
Case when URBAN = 1 then 1.05 else 1 end (Spalte urban_he)
round(db_he * lanes_he * urban_he) (Spalte db_default)
```

### A4.10 Defaultwert-Zuweisung übrige Straßen (QGIS – Field Calculator)

```
case
when FRC = 0 and SPEEDGROUP = -1 then 78
when FRC = 0 and SPEEDGROUP = 1 then 67
when FRC = 0 and SPEEDGROUP = 2 then 72
when FRC = 0 and SPEEDGROUP = 3 then 78
when FRC = 0 and SPEEDGROUP = 4 then 80
when FRC = 1 and SPEEDGROUP = -1 then 76
when FRC = 1 and SPEEDGROUP = 1 then 65
```

```

when FRC = 1 and SPEEDGROUP = 2 then 69
when FRC = 1 and SPEEDGROUP = 3 then 76
when FRC = 1 and SPEEDGROUP = 4 then 78
when FRC = 2 and SPEEDGROUP = -1 then 73
when FRC = 2 and SPEEDGROUP = 1 then 62
when FRC = 2 and SPEEDGROUP = 2 then 66
when FRC = 2 and SPEEDGROUP = 3 then 73
when FRC = 2 and SPEEDGROUP = 4 then 75
when FRC = 3 and SPEEDGROUP = -1 then 70
when FRC = 3 and SPEEDGROUP = 1 then 60
when FRC = 3 and SPEEDGROUP = 2 then 63
when FRC = 3 and SPEEDGROUP = 3 then 70
when FRC = 3 and SPEEDGROUP = 4 then 72
when FRC = 4 and SPEEDGROUP = -1 then 67
when FRC = 4 and SPEEDGROUP = 1 then 55
when FRC = 4 and SPEEDGROUP = 2 then 60
when FRC = 4 and SPEEDGROUP = 3 then 67
when FRC = 4 and SPEEDGROUP = 4 then 70
when FRC = 5 and SPEEDGROUP = -1 then 64
when FRC = 5 and SPEEDGROUP = 1 then 50
when FRC = 5 and SPEEDGROUP = 2 then 57
when FRC = 5 and SPEEDGROUP = 3 then 64
when FRC = 5 and SPEEDGROUP = 4 then 68
else 999
end (Spalte db_he)

round(db_he * urban_he) (Spalte db_default)

```

## A4.11 Erzeugung sortierter Tabellen in Datenbank (PostgreSQL-Query)

(Autobahnen/Schnellstraßen)

```

CREATE TABLE noise_model.linknetz_20220801_autobahn_sorted AS
SELECT * FROM noise_model.linknetz_20220801_autobahn order by bl, length_fin;
ALTER TABLE noise_model.linknetz_20220801_autobahn_sorted ADD COLUMN ogc_fid SERIAL PRIMARY KEY;

```

(übrige Straßen)

```

CREATE TABLE noise_model.linknetz_20220801_strasse_sorted AS
SELECT * FROM noise_model.linknetz_20220801_strasse order by pg, length_fin;
ALTER TABLE noise_model.linknetz_20220801_strasse_sorted ADD COLUMN ogc_fid SERIAL PRIMARY KEY;

```

## A4.12 Modellierungscode

```

rm(list = ls())
#####
##### DEFINITIONEN #####
#####

#####
### Libraries ###
#####

# Genützte Libraries
library(DBI)
library(RPostgreSQL)
library(raster)
library(gdalUtilities)
library(dplyr)
library(igraph)

# Testweise genützte Libraries, nicht für aktiven Code benötigt
# library(rpostgis)
# library(rgeos)
# library(rgdal)
# library(sp)
# library(sf)

```

```
# library(terra)

#####
### Verbindung zur Postgres ###
#####

drv <- dbDriver("PostgreSQL")
dbname <- "gisdb_utf8"
user <- "rwpq"
password <- "ia4ma1ahx3Aput1iodeiVe1soiKe4E"
host <- "ipax4.ds-s.at"
port <- 5435

# Verbindung tatsächlich aufbauen
con <- dbConnect(drv, dbname = dbname, user = user, password = password, host = host) # port=port

#####
### Unterscheidung Strassentyp ###
#####

street_type <- "Autobahn" # "Autobahn" / "Strasse"

#####
### Berechnungsmethodiken und Variablen ###
#####

# Berechnungsstartpunkt und Straßenrepräsentanz
street_rep_calc_start <- "polygon_polygon" # Alternativen: "line_line", "polygon_line",
"polygon_polygon"

# Distanz: 2D oder Pseudo-3D (2d/3d)
distance_height_logic <- "2d"

# Distanz: eukl_dist / grid_dist / combined
distance_calc_logic <- "combined"

# Korrekturfaktor Dämpfung
damping_corr_factor <- 1.08

# Gpath Average value (Vorgabe aus ÖAL = 0.8)
gpath_default_value <- 0.78

# Höhe Schallquelle (Vorgabe aus RVS = 0.5)
height_db_source <- 0.05

# Höhe Empfänger (Vorgabe aus RVS = 4)
height_db_measure <- 4

# Mittenfrequenz
value_fm <- 1000

# Schallgeschwindigkeit
value_c <- 340

# A_atm_Koeffizient
alphaAtm <- 4

# Quellabhängiger Abnahmefaktor
source_factor <- 10

# Pegelabhängiger Source Faktor
source_factor_var <- TRUE

# Deckelung Größe des Analysegebietes
radius_region_buffer_limit <- 5000

# Rastergröße
raster_size <- 10 # 5 / 10
```

```

raster_size_list <- c(raster_size, raster_size)

#####
### Pfade ###
#####

# Timestamp
timestamp <- gsub("-", "", Sys.Date())

# Generierung Arbeits- und Ablageordner
if (street_type == "Autobahn") {
  save_dir <- paste0("/home/dat/gis_tmp/Noise_Austria/modelling/Autobahnen/autobahnen_mod_run_process_start_",
  timestamp, "/")
} else {
  save_dir <- paste0("/home/dat/gis_tmp/Noise_Austria/modelling/Strassen/strassen_mod_run_process_start_",
  timestamp, "/")
}

if (dir.exists(save_dir)) {
  unlink(save_dir, recursive = T)
}
dir.create(save_dir)
work_dir <- paste0(save_dir, "work_tmp/")
dir.create(work_dir)

# Schema (Postgres), wo alle Tabellen gespeichert werden
schema <- "noise_model"

# Tabelle, die die Straßenabschnitte enthält
if (street_type == "Autobahn") {
  street_table_name <- "linknetz_20220801_autobahn_sorted"
} else {
  street_table_name <- "linknetz_20220801_strasse_sorted"
}
street_table <- paste0(schema, ".", street_table_name)

# Tabelle, die die Gebäude enthält
buildings_table_name <- "osm_buildings_stat"
buildings_table <- paste0(schema, ".", buildings_table_name)

# Speicherort und Koordinatenursprung des Höhenrasters (wurde vorab für 5x5 und 10x10m erstellt)
if (raster_size == 5) {
  height_model_path <- "/home/dat/gis_tmp/Noise_Austria/reference_raster/dgm_at_5x5_20180101.tif"
  origin_height_model <- c(0, 0)
} else {
  height_model_path <- "/home/dat/gis_tmp/Noise_Austria/reference_raster/dgm_at_10x10_20180101.tif"
  origin_height_model <- c(5, 5)
}

# Räumliche Gliederung

if (street_type == "Autobahn") {
  admin_region_column <- "b1"
  sortnum <- "b1_sortnum"
} else {
  admin_region_column <- "gkz"
  sortnum <- "pb_sortnum"
}

# GESAMT-ÖSTERREICH-LAUF
if (street_type == "Autobahn") {
  list_admin_regions <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct ", admin_region_column, ",",
  sortnum, " from ", street_table, " order by ", sortnum))[[1]]
} else {

```

```

list_admin_regions <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct ", admin_region_column, ",",
sortnum, ",pg from ", street_table, " order by ", sortnum, ",pg"))[[1]]
}

# LÄUFE IN GRÖßEREN GEBIETEN
# list_admin_regions <- c("Vorarlberg") # (for testing single Bundesland)
# list_admin_regions <- c("40914","40915") #(for testing bunch of Gemeinden, has to be gkz)

# Anzahl Abschnitte, nach denen ein Zwischenergebnis in eine Datei geschrieben wird (wegen
begrenzter Speicherkapazität)
if (street_type == "Autobahn") {
  num_write_raster <- 4
} else {
  num_write_raster <- 50
}

# if (street_type == "Autobahn") {
# Zwischenspeicherung als Datei (nur bei Autobahnen) - Hintergrund: limitierte Speicherkapazität
in R-Studio
array_write_raster <- list()
array_load_raster <- list()
# Anzahl der Abschnitte
num_rows <- dbGetQuery(con, paste0("select count(distinct ogc_fid) from ", street_table))[[1]]
# Arrays in Abhängigkeit von num_write_raster, die die ID's enthalten, wann Datei-Zwischenergebnis
erzeugt und (im Anschluss) als Basis neu geladen wird
for (k in 1:(floor(round(num_rows / num_write_raster)) - 1)) {
  array_write_raster <- c(array_write_raster, k * num_write_raster)
  array_load_raster <- c(array_load_raster, (k * num_write_raster) + 1)
}
# }

#####
### Funktionen ###
#####

# Funktion zur Bestimmung des Berechnungspuffers (auf welche Entfernung wird spätestens DB min
erreicht)
get_buffer_width <- function(
  db_street = 85,
  source_factor = 10,
  type = "line"
) {
  buffer_width <- 10^((db_street - 50) / source_factor)
  # Deckelung der Buffer-Größe mittels radius_region_buffer_limit - Grund: Wenn der Buffer zu
  groß wird, dauert die Berechnung exponentiell länger
  if (buffer_width > radius_region_buffer_limit) {
    buffer_width <- radius_region_buffer_limit
  }
  return(buffer_width)
}

# Funktion zur Abfrage der Straßenbreite (aus dem Postgres-Table)
get_street_buffer_width <- function(ogc_fid) {
  street_width <- dbGetQuery(con, paste0("select width from ", street_table, " where ogc_fid =
", ogc_fid))
  if (street_width < 2) {
    street_width <- 1.75
  }
  street_buffer_width <- street_width / 2
  return(street_buffer_width)
}

# Abfrage des DB-Wertes eines Straßenstücks (aus dem Postgres-Table)
get_db_street <- function(ogc_fid) {
  db_street <- dbGetQuery(con, paste0("select db_default from ", street_table, " where ogc_fid =
", ogc_fid))
  return(db_street$db_default)
}

```

```

#####
### Code Testing ###
#####

### SINGLE RUN ###

# Um den Code schnell zu testen, wird die Möglichkeit programmiert, nur einen einzelnen Abschnitt
zu modellieren

# Bei run_by_id <- TRUE wird list_admin_regions später überschrieben
run_by_id <- F # Alternative: FALSE

# ID (ogc_fid) des zu modellierenden Abschnitts
street_id <- c(1, 2, 3, 4, 5)

if (run_by_id == TRUE) {
  list_admin_regions <- dbGetQuery(con, paste0("select ", admin_region_column, " from ",
street_table, " where ogc_fid = ", street_id[1]))[[1]]
}

### Vergleich mit Referenzraster ###

# Aktivierung Vergleich (und sonstige Analysen)
vergleich_analyse_active <- F # Alternative FALSE
# Wenn kein single run, vergleich_analyse immer auf FALSE setzen
if (run_by_id != TRUE) {
  vergleich_analyse_active <- FALSE
}

# Speicherort des Straßenlärm-Referenzrasters
ref_raster_path <-
"/home/dat/gis_tmp/Noise_Austria/reference_raster/__strasse_aut_rep_20170101_ausgerichtet_recl.tif"

# Daten des zu vergleichenden Testgebietes
# street_id <- WEITER OBEN EINZUTRAGEN / So programmiert, dass im Straßen-Script für einen Vergleich
auch NUR 1 Abschnitt herangezogen werden kann, im Autobahnscript aber mehrere
db_street_test <- 78
test_extent <- c(612500, 613130, 433830, 434350)

# Referenzdaten von Testgebieten

## Erklärungen
## street_id - die ID desjenigen Abschnitts, der sich im Testgebiet befindet
## db_street_test - Der Quellpegelwert des Abschnitts. Die infrage kommende Wertspanne ist aus dem
Referenzraster abzuleiten,
## exakter Wert ggf. mit Hilfsrechnung, oder Herantasten mittels Durchführung des Codes mit allen
infrage kommenden Werten und Prüfung,
## bei welchem Wert die geringsten Unterschiede feststellbar sind
## test_extent - die Koordinaten der Bounding Box des Testgebiets

# B17 Triester Straße bei Neunkirchen (nur möglich für Straßen-Script)
# street_id <- 55899 (oben zu setzen)
# db_street_test <- zwischen 75 und 79
# test_extent <- c(612500,613130,433830,434350)

# B8 Angerner Straße bei Gänserndorf (nur möglich für Straßen-Script)
# street_id <- 66610
# db_street_test <- zwischen 75 und 79
# test_extent <- c(646570,648020,496420,497060)

# Krottenbachstraße, 1190 Wien (nur möglich für Straßen-Script)
# street_id <- 61976
# db_street_test <- zwischen 65 und 69
# test_extent <- c(621060,621260,487380,487510)

# B172 Walchseestraße bei Kössen (nur möglich für Straßen-Script)

```

```

# street_id <- 6334
# db_street_test <- zwischen 70 und 74
# test_extent <- c(326080,327510,416940,417470)

# A2 Südbahn bei Wiener Neustadt (nur möglich für Autobahn-Script)
# street_id <- c(1148,1149) (oben zu setzen)
# db_street_test <- zwischen 85 und 89
# test_extent <- c(613630,616600,431170,434470)

# A8 Innkreis-Autobahn bei Utzenaich (nur möglich für Autobahn-Script)
# street_id <- c(715,716) (oben zu setzen)
# db_street_test <- zwischen 85 und 89
# test_extent <- c(410600,412700,485970,487380)

# S16 Arlberg-Schnellstraße bei Wald am Arlberg (nur möglich für Autobahn-Script)
# street_id <- c(50,51,52) (oben zu setzen)
# db_street_test <- zwischen 75 und 79
# test_extent <- c(150570,152060,363790,364340)

#####
##### EIGENTLICHE BERECHNUNG #####
#####

# Ausweisung Beginnzeit (zwecks Übersicht)
start_time <- Sys.time()
print(paste0("---- Starting at ", start_time, " ----"))

### Definition / Selektion der modellierten Abschnitte ###

for (admin_region in list_admin_regions) {
  if (run_by_id != TRUE) {
    fid_nums_admin_region <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct ogc_fid from ",
street_table, " where ", admin_region_column, " = '", admin_region, "' order by ogc_fid"))[[1]]
    start_num <- min(fid_nums_admin_region)
    end_num <- max(fid_nums_admin_region)
  } else {
    start_num <- street_id[1]
    end_num <- street_id[length(street_id)]
  }

  i <- start_num
  # Beginn der schleifenartigen Modellierung (Abschnitt für Abschnitt)
  while (i <= end_num) {
    print("#####")
    print(paste0("---- Starting Object Nr. ", i, " ----"))

    # Anmerkung: Bei einem Wertvergleich zweier modellierten Autobahn-Richtungsfahrbahnen mit
dem Referenzraster wird vom selben db-Wert für beide Fahrbahnen ausgegangen
    if (vergleich_analyse_active == TRUE) {
      db_street <- db_street_test
    } else {
      db_street <- get_db_street(i)
    }

    # Falls variable Parameter aktiviert sind
    if (source_factor_var == TRUE) {
      if (db_street <= 79) {
        source_factor <- 9.89
      } else if (db_street <= 84) {
        source_factor <- 9.95
      } else {
        source_factor <- 10
      }
    }
  }

#####
##### PART 1 - PRE-DATA PREP #####
#####

```

```
### Factor Buffer und Buildings Cut in Postgres ###
```

```
print(paste0("---- Factor Buffer ----"))
create_factor_buffer_and_buildings_cut <- dbGetQuery(con, paste0(
```

```
#####
##### PROBLEM #####
#####
```

```
### Endcap Flat macht richtig Probleme (self-intersection etc.) ###
### siehe 2_Problem_buffer_endcap_flat_self_intersect.png ###
```

```
# Deshalb Nutzung von round, wissend, dass dies in der Berechnung an Kreuzungspunkten
zu überhöhten Werten führt
```

```
"CREATE TABLE ", schema, ".object", i, "_factor_buffer AS
      SELECT ST_Buffer(
        (select wkb_geometry from ", street_table, " where ogc_fid =
", i, "),
          ", get_buffer_width(db_street, source_factor, "line"), ",
          'endcap=round join=round'
        ) AS wkb_geometry;
      CREATE INDEX object", i, "_factor_buffer_geom_idx ON ", schema,
".object", i, "_factor_buffer USING gist (wkb_geometry);
```

```
      CREATE TABLE ", schema, ".object", i, "_buildings_cut AS
      SELECT
        ST_Intersection(a.wkb_geometry,b.wkb_geometry) as wkb_geometry FROM ", buildings_table, " a, ",
schema, ".object", i, "_factor_buffer b
        WHERE ST_INTERSECTS(a.wkb_geometry, b.wkb_geometry);
      CREATE INDEX object", i, "_buildings_cut_geom_idx ON ", schema,
".object", i, "_buildings_cut USING gist (wkb_geometry);"
    ))
    rm(create_factor_buffer_and_buildings_cut)
```

```
# Der Buffer und der Gebäude-Ausschnitt müssen jetzt gerastert werden. Rastern in PostGIS
ginge grundsätzlich, allerdings braucht es dafür entweder ein Referenzraster
# oder rasterspezifische Angaben, die man aus einer BoundingBox des Buffers ableiten müsste.
```

```
# Deswegen wird an dieser Stelle der einfachere Weg gegangen und mittels GDAL in R gerastert,
mit dem Raster wird dann auch gleich in R weitergerechnet, erst am Ende erfolgt
# ein Schreiben in die Postgres
```

```
# Dazu kommt noch, dass ein direkter Zugriff auf die Postgres in gdal_rasterize teilweise
zu Problemen (Skript-Abbruch) geführt hat,
# allem Anschein nach wegen timeout-errors. Um das zu vermeiden, wird der Postgres-Table
nicht direkt abgefragt, sondern als Zwischenschritt in ein
# - lokal abgelegtes - GeoJSON geschrieben, auf das dann das gdal_rasterize zugreift
```

```
### Rastern des Factor-Buffers ###
```

```
# factor_buffer_local <-
gdalUtilities::ogr2ogr(
  src_datasource_name = paste0("PG: dbname=", dbname, " host=", host, " user=", user, "
password=", password),
  sql = paste0("select * from ", schema, ".object", i, "_factor_buffer"),
  f = "GeoJSON",
  dst_datasource_name = paste0(work_dir, "object", i, "_factor_buffer.geojson")
)
```

```
# rm(factor_buffer_local)
```

```
rastered_factor_buffer <- raster(gdalUtilities::gdal_rasterize(
  src_datasource = paste0(work_dir, "object", i, "_factor_buffer.geojson"),
  dst_filename = paste0(work_dir, "object", i, "_rastered_factor_buffer.geotiff"),
  at = T,
  burn = source_factor,
```

```

    tr = raster_size_list,
    a_srs = "EPSG:31287",
    of = "GTiff"
    # ,
    # output_Raster = T
    # ,
    # verbose = T
  ))

  ### Setzen des Origins auf den Origin des Höhenmodells - ansonsten immer abhängig von Lage
  der Straße und nicht kompatibel mit Höhenmodell
  raster::origin(rastered_factor_buffer) <- origin_height_model

  ### Bestimmen des Extents des gerasterten Buffers ###

  # Notwendig, um beim Rastern des Straßenabschnitts, der Buildings (und des Höhenrasters)
  dieselben Ausmaße zu haben
  # Ansonsten würde gemäß der Bounding Box der Geometrie gerastert werden

  simulation_extent <- raster::extent(rastered_factor_buffer)
  simulation_extent_coords <- c(simulation_extent[1], simulation_extent[3],
simulation_extent[2], simulation_extent[4])

  # Höhe, Breite und Zellanzahl im zu modellierenden Gebiet

  height_simulation_extent <- nrow(rastered_factor_buffer) * raster_size
  width_simulation_extent <- ncol(rastered_factor_buffer) * raster_size

  ### Rastern des Buildings Cut - nur notwendig, wenn überhaupt Gebäude vorkommen ###

  # nur notwendig, wenn überhaupt Gebäude vorkommen
  # deswegen zunächst ein dahingehender Test

  print(paste0("---- Buildings Cut ----"))

  if (vergleich_analyse_active != TRUE) {
    test_buildings_vorhanden <- dbGetQuery(con, paste0("select count(geb_h_r) from ",
schema, ".object", i, "_buildings_cut"))

    if (test_buildings_vorhanden != 0) {
      buildings_cut_local <- gdalUtilities::ogr2ogr(
        src_datasource_name = paste0("PG: dbname=", dbname, " host=", host, " user=",
user, " password=", password),
        sql = paste0("select * from ", schema, ".object", i, "_buildings_cut"),
        f = "GeoJSON",
        dst_datasource_name = paste0(work_dir, "object", i, "_buildings_cut.geojson")
      )

      rm(buildings_cut_local)

      rastered_buildings_cut <- raster(gdalUtilities::gdal_rasterize(
        src_datasource = paste0(work_dir, "object", i, "_buildings_cut.geojson"),
        dst_filename = paste0(work_dir, "object", i,
"_rastered_buildings_cut.geotiff"),
        a = "geb_h_r",
        te = simulation_extent_coords,
        tr = raster_size_list,
        a_srs = "EPSG:31287",
        of = "GTiff"
        # ,
        # verbose = T
      ))
    }
  }

  delete_buildings_cut_table <- dbGetQuery(con, paste0("DROP TABLE ", schema, ".object", i,
"_buildings_cut"))

```

```

rm(delete_buildings_cut_table)

delete_factor_buffer_table <- dbGetQuery(con, paste0("DROP TABLE ", schema, ".object", i,
"_factor_buffer"))
rm(delete_factor_buffer_table)

### Rastern der Straße ###
print(paste0("---- Rastering Street ----"))

# Hier ist ein bekannter Bug anzumerken, der in dem Fall aber nichts ausmacht. Unter
a_nodata kann man eigentlich einen Wert für die NoData-Zellen angeben
# Allerdings dreht sich das dann gewissermaßen um, das Verhalten der Funktion ist wie
folgt:
# Ohne Angabe (=Weglassen des Parameters) wird 0 für NoData-Zellen eingebracht
# Mit Angabe eines Wertes, und spannenderweise völlig egal, was angegeben wird, wird immer
NULL eingebracht

# Für die nachfolgende Distanzberechnung mittels raster::distance ist es notwendig, dass
alle Zellen abseits der die Straße schneidenden
# (und somit gemäß der vereinfachten Berechnung die Distanz 0, also den Straßenlärmmwert
1:1 annehmen) Zellen NULL als Wert haben, um in der Distanzberechnung erfasst zu werden.

if (street_rep_calc_start == "polygon_polygon") {
  rastered_street_sql <- paste0("select ST_Buffer(a.wkb_geometry, ",
get_street_buffer_width(i), ") as wkb_geometry from ", street_table, " a where ogc_fid = ", i)
} else {
  rastered_street_sql <- paste0("select a.wkb_geometry as wkb_geometry from ",
street_table, " a where ogc_fid = ", i)
}

rastered_street <- raster(gdalUtilities::gdal_rasterize(
  src_datasource = paste0("PG: dbname=", dbname, " host=", host, " user=", user, "
password=", password),
  sql = rastered_street_sql,
  dst_filename = paste0(work_dir, "object", i, "_rastered_street.geotiff"),
  at = T,
  burn = db_street,
  te = simulation_extent_coords,
  tr = raster_size_list,
  a_srs = "EPSG:31287",
  of = "GTiff"
))

### "Normales" Ergebnis der rastered_street wäre, dass im Ergebnis Zellen mit dem db-Wert
der Straße
### und NA-Zellen (um die Straße herum) liegen. Ein Testlauf mit den normalen Straßen ergab
allerdings
### einerseits, dass ein Raster auch nur (!) aus Zellen mit db-Werten bestehen kann - und
zwar im Falle einer
### durchgehend exakt Nord-Süd ("senkrecht") oder Ost-West ("waagrecht") - orientierten
Straße mit Quellpegelwert < 60
### (eigentlich logisch, wurde zuvor aber nicht bedacht, da der Fall doch extrem selten
ist), andererseits kam auch eine
### Raster ohne db-Werte, d.h. nur NA-Zellen, zu Tage, d.h. fehlerhafte Straße o.ä.

# Object 114 - gerasterte Straße enthält nur db-Werte, aber keine NA-Zellen
# Object 205 - gerasterte Straße enthält nur NA-Zellen

### Beide Fälle machen eine weitere Modellierung obsolet. Im Fall eines nur aus db-Werten
bestehenden Rasters
### soll aber zumindest eine Aufaddition erfolgen; ausschließlich NA-Zellen können
ignoriert werden.
### Jedenfalls ist eine Prüfung und Fallunterscheidung notwendig

raster_elements <- raster::freq(rastered_street) # [[1]][, 1]

if (db_street %in% raster_elements[, 1] && 0 %in% raster_elements[, 1]) {

```

```

### Aufbereitung des Höhenmodells (Höhenrasters) ###

# - Offizielles Höhenmodell (10x10m) ist verfügbar und wurde auf 5x5
"heruntergebrochen".
# - Mittels Crop kann der notwendige Ausschnitt "herausgeschnitten" und in R geladen
werden

# An dieser Stelle wird ein gravierendes Problem festgestellt:
# Ungeachtet der Tatsache, dass in einer rasterbasierten Distanzberechnung die
Einbeziehung von "Unterwegs-Höhen" schwierig bis unmöglich ist
# (allenfalls mit einer Cost-Distance, dies wird hier aber nicht versucht),
# konnte keine Funktion oder Tool (weder in QGIS noch in einer R-Library; im
proprietären ArcGIS war oder ist dies möglich) gefunden werden,
# die ein Höhenmodell als Input für eine Punkt-zu-Punkt-3d-Distanzberechnung erlaubt.
# Die Funktion euklidian_distance berechnet ein 2d-Distanzraster von etwa einer Straße,
nur wird keinerlei Information (etwa ein zusätzlicher Rasterlayer ausgegeben,
# welche Rasterzelle des Inputs zu einer Rasterzelle mit Distanzwert die
"Nächstgelegene" ist. Diese Info bräuchte es aber, um die Höhenwerte der Quell- und Zielzellen
# miteinander in Beziehung zu stellen und so eine 3d-Distanz berechnen zu können. Auch
nach intensiver Recherche und Tests konnte dafür keine praktikable Lösung gefunden werden.

# "Verlegenheits"-Lösung: Berechnung eines durchschnittlichen Höhenwertes pro Straße,
zusammen mit dem vorhandenen Höhenwert jeder Zielzelle wird dann eine
# "Pseudo-3D-Distanz" berechnet

street_recl_baseNA <- raster::reclassify(rastered_street, matrix(c(0, NA), ncol = 2,
byrow = TRUE))

if (distance_height_logic == "3d") {
  print(paste0("---- Height Model ----"))
  height_model <- raster(height_model_path)
  height_model_cropped <- crop(height_model, simulation_extent)
  if (vergleich_analyse_active == T) {
    raster::writeRaster(height_model_cropped, filename = paste0(work_dir,
"object", i, "_height_model_cropped"), format = "GTiff")
  }
}

#####
##### PART 2a - CRITERIA PREP: DISTANCE -> Adiv, Aatm #####
#####

### Distanzberechnung ###

print(paste0("---- Distance Calculation ----"))

## Variante Euclidian Distance ##

# 1) Eukl. Dist Berechnung (Weglassen von Häusern und damit von Beugungen/Dämpfungen)

eukl_rastered_distance_base0 <- raster::distance(street_recl_baseNA)
rm(street_recl_baseNA)

# Recl von 0 auf 1 / Für die Berechnung von A div ist zwingend die Reklassifizierung
des Linienwertes von 0 zu 1 notwendig (wegen Rechenregeln für Logarithmen)

eukl_rastered_distance_base1 <- raster::reclassify(eukl_rastered_distance_base0,
matrix(c(0, 1), ncol = 2, byrow = TRUE))

if (vergleich_analyse_active == TRUE) {
  ref_raster <- raster::raster(ref_raster_path)
  ref_raster_street_extent <- crop(ref_raster, simulation_extent)
  rastered_NA <- raster::reclassify(ref_raster_street_extent, c(54.99999999, Inf,
1))
  raster::writeRaster(rastered_NA, filename = paste0(work_dir, "object", i,
"_rastered_NA"), format = "GTiff")
  eukl_rastered_distance_base0 <- rastered_NA * eukl_rastered_distance_base0
  eukl_rastered_distance_base1 <- rastered_NA * eukl_rastered_distance_base1
}

```

```

      rm(rastered_NA)
    }

    ## Variante Grid Distance ##

    # 1) Recl Buildings (als Blockade bei der Grid Distance)

    if (vergleich_analyse_active == TRUE) {
      # Bei einem Vergleich sollen die Häuser aus dem Referenz(Lärmkarten)raster
      "abgeleitet" werden, nicht aus dem OSM-Datensatz
      rastered_buildings_cut_blockade <- raster::reclassify(ref_raster_street_extent,
        c(-Inf, 54.9999999, 999))
      rastered_buildings_cut_blockade <-
      raster::reclassify(rastered_buildings_cut_blockade, matrix(c(NA, 999), ncol = 2, byrow = TRUE))
      rastered_buildings_cut_blockade <-
      raster::reclassify(rastered_buildings_cut_blockade, c(55, 998, 0))
      raster::writeRaster(rastered_buildings_cut_blockade, filename = paste0(work_dir,
        "object", i, "_rastered_buildings_cut_blockade"), format = "GTiff")
      rm(ref_raster_street_extent)
    } else {
      if (test_buildings_vorhanden != 0) {
        rastered_buildings_cut_blockade <- raster::reclassify(rastered_buildings_cut,
          c(0.00000000000000000000000000000001, Inf, 999))
        # raster::writeRaster(rastered_buildings_cut_blockade, filename =
        paste0(work_dir,"object",i,"_rastered_buildings_cut_blockade"), format = "GTiff")
        # print(extent(rastered_buildings_cut_blockade))
      }
    }

    # 2) Recl Street (Notwendig, um Parametervorgaben von Grid Distance zu erfüllen)
    # rastered_street_recl <- raster::reclassify(rastered_street, cbind(NA, 0))
    rastered_street_recl <- raster::reclassify(rastered_street, cbind(db_street, 1))
    # raster::writeRaster(rastered_street_recl, filename =
    paste0(work_dir,"object",i,"_rastered_street_recl"), format = "GTiff")
    # print(extent(rastered_street_recl))

    # 3) Zusammenfügen von Gebäuden und Straße - Erstellung Basisraster für Berechnung Grid
    Distance
    if (vergleich_analyse_active == TRUE || test_buildings_vorhanden != 0) {
      grid_distance_base_raster_prev <- rastered_street_recl +
      rastered_buildings_cut_blockade
      rm(rastered_buildings_cut_blockade)
    } else {
      grid_distance_base_raster_prev <- rastered_street_recl
    }

    grid_distance_base_raster <- raster::reclassify(grid_distance_base_raster_prev,
      cbind(1000, 1))
    rm(grid_distance_base_raster_prev)

    # 4) Berechnung der Grid Distance
    grid_rastered_distance_base0 <- raster::gridDistance(grid_distance_base_raster, origin
    = 1, omit = 999)
    # raster::writeRaster(grid_rastered_distance_base0, filename =
    paste0(work_dir,"object",i,"_grid_rastered_distance_base0"), format = "GTiff")
    rm(grid_distance_base_raster)

    # 5) Recl Buildings wieder zu NA
    grid_rastered_distance_base0 <- raster::reclassify(grid_rastered_distance_base0,
      matrix(c(999, NA), ncol = 2, byrow = TRUE))

    # 6) Recl von 0 auf 1 / Für die Berechnung von A div ist zwingend die Reklassifizierung
    des Linienwertes von 0 zu 1 notwendig (wegen Rechenregeln für Logarithmen)
    grid_rastered_distance_base1 <- raster::reclassify(grid_rastered_distance_base0,
      matrix(c(0, 1), ncol = 2, byrow = TRUE))

    ## Distanzberechnung generell (Fortsetzung) ##
  
```

```

# Berechnung des Verhältnisses der beiden Distanzberechnungen
rel_dist <- grid_rastered_distance_base1 / eukl_rastered_distance_base1
rel_dist_recl_eukl <- raster::reclassify(rel_dist, c(0, 1.09, 1, 1.09000000001, Inf,
0))
rel_dist_recl_grid <- raster::reclassify(rel_dist, c(0, 1.09, 0, 1.09000000001, Inf,
1))
if (vergleich_analyse_active == TRUE) {
  raster::writeRaster(rel_dist, filename = paste0(work_dir, "object", i,
"_rel_dist"), format = "GTiff")
  raster::writeRaster(rel_dist_recl_eukl, filename = paste0(work_dir, "object", i,
"_rel_dist_recl_eukl"), format = "GTiff")
  raster::writeRaster(rel_dist_recl_grid, filename = paste0(work_dir, "object", i,
"_rel_dist_recl_grid"), format = "GTiff")
}

## Festlegung Wertbasis, abhängig davon, welcher Distanztyp initial gewählt wird

if (distance_calc_logic == "combined") {
  dist_combined_eukl_0 <- rel_dist_recl_eukl * eukl_rastered_distance_base0
  dist_combined_eukl_1 <- rel_dist_recl_eukl * eukl_rastered_distance_base1
  # raster::writeRaster(eukl_rastered_distance_base1, filename = paste0(work_dir,
"object", i, "_eukl_rastered_distance_base1"), format = "GTiff")
  # raster::writeRaster(grid_rastered_distance_base1, filename = paste0(work_dir,
"object", i, "_grid_rastered_distance_base1"), format = "GTiff")

  dist_combined_grid_0 <- (rel_dist_recl_grid *
grid_rastered_distance_base0)^damping_corr_factor
  dist_combined_grid_1 <- (rel_dist_recl_grid *
grid_rastered_distance_base1)^damping_corr_factor

  # raster::writeRaster(dist_combined_grid_1, filename = paste0(work_dir, "object",
i, "_dist_combined_grid_1"), format = "GTiff")
  dist_combined_0 <- dist_combined_eukl_0 + dist_combined_grid_0
  rm(dist_combined_eukl_0)
  rm(dist_combined_grid_0)
  dist_combined_1 <- dist_combined_eukl_1 + dist_combined_grid_1
  rm(dist_combined_eukl_1)
  rm(dist_combined_grid_1)
  # raster::writeRaster(dist_combined_1, filename = paste0(work_dir, "object", i,
"_dist_combined_1"), format = "GTiff")
  rastered_distance_base0 <- dist_combined_0
  rm(dist_combined_0)
  rastered_distance_base1 <- dist_combined_1
  rm(dist_combined_1)
} else if (distance_calc_logic == "eukl_dist") {
  rastered_distance_base0 <- eukl_rastered_distance_base0
  rastered_distance_base1 <- eukl_rastered_distance_base1
} else {
  no_damping_corr_factor_0 <- rel_dist_recl_eukl * grid_rastered_distance_base0
  damping_corr_factor_0_prev <- rel_dist_recl_grid * grid_rastered_distance_base0
  no_damping_corr_factor_1 <- rel_dist_recl_eukl * grid_rastered_distance_base1
  damping_corr_factor_1_prev <- rel_dist_recl_grid * grid_rastered_distance_base1

  damping_corr_factor_0 <- damping_corr_factor_0_prev^damping_corr_factor
  damping_corr_factor_1 <- damping_corr_factor_1_prev^damping_corr_factor

  rastered_distance_base0 <- no_damping_corr_factor_0 + damping_corr_factor_0
  rastered_distance_base1 <- no_damping_corr_factor_1 + damping_corr_factor_1
}
rm(rel_dist_recl_eukl)
rm(rel_dist_recl_grid)
rm(grid_rastered_distance_base0)

# Berechnung des Pseudo-3D-Modells.
# Zusätzlich, auch bei 2D, müssen die vorgegebenen Höhen von Quelle (height_db_source)
und Empfänger (height_db_measure) miteinbezogen werden

if (distance_height_logic == "3d") {

```

```

      height_model_street <- height_model_cropped * rastered_street_recl
      height_model_street_recl <- raster::reclassify(height_model_street, cbind(0, NA))
      rm(height_model_street)
      avg_street_height <- cellStats(height_model_street_recl, "mean", na.rm = TRUE)
      pseudo_b <- abs((height_model_cropped + height_db_measure) - (avg_street_height +
height_db_source))
    } else {
      pseudo_b <- abs(height_db_measure - height_db_source)
    }
    pseudo_distance <- sqrt((rastered_distance_base0^2) + (pseudo_b^2))
    rm(pseudo_b)
    recl_help <- raster::reclassify(rastered_distance_base0, c(0.000000000000000000000001,
Inf, 1))

    rastered_distance_base0 <- pseudo_distance * recl_help
    rm(recl_help)
    rm(pseudo_distance)
    rastered_distance_base1 <- raster::reclassify(rastered_distance_base0, matrix(c(0, 1),
ncol = 2, byrow = TRUE))
    if (vergleich_analyse_active == TRUE) {
      raster::writeRaster(rastered_distance_base1, filename = paste0(work_dir, "object",
i, "_rastered_distance_base1"), format = "GTiff")
    }

    #####
    ### Bei aktiviertem Vergleich / Analyse ###
    #####

    if (vergleich_analyse_active == TRUE) {
      count_street_cells <- subset(as.data.frame(freq(rastered_street_recl)), value ==
1)$count

      rastered_street_recl_test_extent <- crop(rastered_street_recl, test_extent)
      count_street_cells_test_extent <- subset(as.data.frame(freq(rastered_street_recl_test_extent)), value == 1)$count

      # Höhenanalysen (Unsicherheitsindikatoren)
      if (distance_height_logic == "3d") {
        rastered_factor_buffer_test_extent <- crop(rastered_factor_buffer,
test_extent)
        height_model_test_extent <- crop(height_model_cropped, test_extent)

        # Durchschnittliche Geländehöhe
        # im simulierten Gebiet
        rastered_factor_buffer_height_help_recl <-
raster::reclassify(rastered_factor_buffer, c(0.000000000000000000000001, Inf, 1))
        # im Testgebiet
        rastered_factor_buffer_test_extent_height_help_recl <-
raster::reclassify(rastered_factor_buffer_test_extent, c(0.000000000000000000000001, Inf, 1))
        # rm
        rm(rastered_factor_buffer_test_extent)
        # Height model im rastered factor buffer - Bereich
        # im simulierten Gebiet
        height_model_x_factor_buffer <- height_model_cropped *
rastered_factor_buffer_height_help_recl
        # im Testgebiet
        height_model_x_factor_buffer_test_extent <- height_model_test_extent *
rastered_factor_buffer_test_extent_height_help_recl
        # rm
        rm(rastered_factor_buffer_height_help_recl)
        rm(rastered_factor_buffer_test_extent_height_help_recl)
        rm(height_model)
        rm(height_model_cropped)
        # Recl
        # im simulierten Gebiet
        height_model_x_factor_buffer_recl <-
raster::reclassify(height_model_x_factor_buffer, cbind(0, NA))
        # im Testgebiet

```

```

        height_model_x_factor_buffer_test_extent_recl                                     <-
raster::reclassify(height_model_x_factor_buffer_test_extent, cbind(0, NA))
        # rm
        rm(height_model_x_factor_buffer)
        rm(height_model_x_factor_buffer_test_extent)
        # Ausgabe durchschnittliche Geländehöhe
        avg_area_height <- cellStats(height_model_x_factor_buffer_recl, "mean", na.rm
= TRUE)
        avg_area_height_test_extent                                                   <-
cellStats(height_model_x_factor_buffer_test_extent_recl, "mean", na.rm = TRUE)

        # Layer mit Abweichung je Zelle vom Geländehöhen-Durchschnitt
        # im simulierten Gebiet
        area_height_divergence_layer <- abs(height_model_x_factor_buffer_recl -
avg_area_height)
        # im Testgebiet
        area_height_divergence_test_extent_layer                                     <-
abs(height_model_x_factor_buffer_test_extent_recl - avg_area_height_test_extent)
        # rm
        rm(height_model_x_factor_buffer_recl)
        rm(height_model_x_factor_buffer_test_extent_recl)

        # Maximale Abweichung (Gelände gesamt)
        # im simulierten Gebiet
        max_area_height_divergence <- maxValue(area_height_divergence_layer)
        # im Testgebiet
        max_area_height_divergence_test_extent                                       <-
maxValue(area_height_divergence_test_extent_layer)

        # Durchschnittliche Abweichung von Durchschnittshöhe pro Zelle (Gelände gesamt)
        # Recl for cell sum
        # im simulierten Gebiet
        area_height_divergence_layer_recl <- area_height_divergence_layer
        area_height_divergence_layer_recl[!is.na(area_height_divergence_layer_recl)]
<- 1
        # im Testgebiet
        area_height_divergence_test_extent_layer_recl                               <-
area_height_divergence_test_extent_layer

        area_height_divergence_test_extent_layer_recl[!is.na(area_height_divergence_test_extent_layer_recl)] <- 1

        # Counting
        # im simulierten Gebiet
        count_cells_area_height_divergence_raster                                   <-
as.data.frame(freq(area_height_divergence_layer_recl))$count[1]
        # im Testgebiet
        count_cells_area_height_divergence_test_extent_raster                       <-
as.data.frame(freq(area_height_divergence_test_extent_layer_recl))$count[1]
        # Durchschnittsbildung
        # im simulierten Gebiet
        avg_area_height_divergence_per_cell                                         <-
cellStats(area_height_divergence_layer, "sum", na.rm = TRUE) /
count_cells_area_height_divergence_raster
        # im Testgebiet
        avg_area_height_divergence_per_cell_test_extent                             <-
cellStats(area_height_divergence_test_extent_layer, "sum", na.rm = TRUE) /
count_cells_area_height_divergence_test_extent_raster
        # rm
        rm(area_height_divergence_layer)
        rm(area_height_divergence_layer_recl)
        rm(area_height_divergence_test_extent_layer)
        rm(area_height_divergence_test_extent_layer_recl)

        # Durchschnittliche Höhe der Straße
        # im simulierten Gebiet
        # siehe weiter oben
        # im Testgebiet

```

```

        height_model_street_test_extent      <-      height_model_test_extent      *
rastered_street_recl_test_extent
        rm(height_model_test_extent)
        height_model_street_test_extent_recl      <-
raster::reclassify(height_model_street_test_extent, cbind(0, NA))
        rm(height_model_street_test_extent)
        avg_street_height_test_extent      <-
cellStats(height_model_street_test_extent_recl, "mean", na.rm = TRUE)

        # Layer mit Abweichung je Zelle vom Straßenhöhen-Durchschnitt
        # im simulierten Gebiet
        street_height_divergence_layer      <-      abs(height_model_street_recl      -
avg_street_height)
        rm(height_model_street_recl)
        # im Testgebiet
        street_height_divergence_test_extent_layer      <-
abs(height_model_street_test_extent_recl - avg_street_height)
        rm(height_model_street_test_extent_recl)

        # Maximale Abweichung (Straße)
        # im simulierten Gebiet
        max_street_height_divergence      <-      cellStats(street_height_divergence_layer,
"max", na.rm = TRUE)
        # im Testgebiet
        max_street_height_divergence_test_extent      <-
cellStats(street_height_divergence_test_extent_layer, "max", na.rm = TRUE)

        # Durchschnittliche Abweichung von Durchschnittshöhe pro Zelle (Straße)
        # im simulierten Gebiet
        street_height_divergence_layer_recl <- street_height_divergence_layer

        street_height_divergence_layer_recl[!is.na(street_height_divergence_layer_recl)] <- 1
        avg_street_height_divergence_per_cell      <-
cellStats(street_height_divergence_layer, "sum", na.rm = TRUE) / count_street_cells
        rm(street_height_divergence_layer)
        rm(street_height_divergence_layer_recl)
        # im Testgebiet
        street_height_divergence_test_extent_layer_recl      <-
street_height_divergence_test_extent_layer

        street_height_divergence_test_extent_layer_recl[!is.na(street_height_divergence_test_extent_layer
_recl)] <- 1
        avg_street_height_divergence_per_cell_test_extent      <-
cellStats(street_height_divergence_test_extent_layer, "sum", na.rm = TRUE) /
count_street_cells_test_extent
        rm(street_height_divergence_test_extent_layer)
        rm(street_height_divergence_test_extent_layer_recl)
    }
    rm(rastered_street_recl_test_extent)
}
rm(rastered_street_recl)
rm(eukl_rastered_distance_base1)
rm(grid_rastered_distance_base1)

#####
### A div ###
#####

print(paste0("---- A_div ----"))

# Formel gemäß ÖAL Nr.28: 20xlg(d)+11 // 20 = Faktor (bei Punktquellen), Konstante 11
kann weggelassen werden (vgl. Kapitel 3.2)

A_div <- (rastered_factor_buffer * log10(rastered_distance_base1))
# raster::writeRaster(A_div, filename = paste0(work_dir,"object",i,"_A_div"), format =
"GTiff")

#####

```





```

rm(near_A_ground_min)
rm(far_A_ground_min)

# raster::writeRaster(A_ground_min, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_A_ground_min"), format = "GTiff")
A_ground_min <- raster::reclassify(A_ground_min, matrix(c(-3, 0), ncol = 2, byrow =
TRUE))

# 3) A_ground_calc

# Value Gw (prev für value_w)
value_Gw <- gpath_orig

# Value w (prev für value Cf)
# Value_Gw (für die Straße = 0) ^-2,6 oder -1,3 ergibt Inf, beim Dividieren entsteht
NA
# -> führt zur Notwendigkeit von Reklassifizierungen (Aground_min - siehe oben, value_GW
- siehe nächste Zeile)
value_Gw <- raster::reclassify(value_Gw, matrix(c(0, 0.00000000000000000001), ncol =
2, byrow = TRUE))
value_w <- 0.0185 *
(
  ((value_fm^2.5) * (value_Gw^-2.6))
  /
  (
    ((value_fm^1.5) * (value_Gw^-2.6))
    +
    (1.3 * (10^3) * (value_fm^0.75) * (value_Gw^-1.3))
    +
    (1.16 * (10^6))
  )
)
rm(value_Gw)

# value Cf (für A_ground_calc Formel)
value_Cf <- rastered_distance_base0 *
(
  (1 + (3 * value_w * rastered_distance_base0 * exp(-1 * sqrt(value_w *
rastered_distance_base0))))
  /
  (1 + (value_w * rastered_distance_base0))
)
rm(value_w)

# value k (für A_ground_calc Formel)
value_k <- (2 * pi * value_fm) / value_c

# Value a0
# Nicht ausgewiesen, was mit m^-1 in der vorgegebenen Formel für a0 gemeint ist ->
Annahme: Distanz in m - erscheint nach optischer Prüfung von zs und zr auch logisch
# value_a0 <- 2 * (10^(-4)) * ((height_db_source + height_db_measure)^(-1))
# value_a0 <- 2 * (10^(-4)) * ((height_db_source)^(-1))
value_a0 <- 2 * (10^(-4)) * ((1 / (rastered_distance_base1 / 2))^(-1))
# print(paste0("##### Value a0: ", typeof(value_a0), "
#####"))
# if (typeof(value_a0) == "double") {
# print(paste0("##### Value a0: ", value_a0, "
#####"))
# }
# value_a0 <- 2 * (10^(-4)) * ((rastered_distance_base0)^(-1))

# Delta values
value_delta_zs <- value_a0 * ((height_db_source / (height_db_source +
height_db_measure))^2) * ((rastered_distance_base0^2) / 2)
value_delta_zr <- value_a0 * ((height_db_measure / (height_db_source +
height_db_measure))^2) * ((rastered_distance_base0^2) / 2)
rm(value_a0)

```

```

value_delta_zt <- 6 * (10^-3) * (rastered_distance_base0 / (height_db_source +
height_db_measure))
rm(rastered_distance_base0)

# Values zs und zr (für A_ground_calc Formel)
value_zs <- height_db_source + value_delta_zs + value_delta_zt
# raster::writeRaster(value_zs, filename = paste0(work_dir,"object",i,"_value_zs"),
format = "GTiff")
value_zr <- height_db_measure + value_delta_zr + value_delta_zt
# raster::writeRaster(value_zr, filename = paste0(work_dir,"object",i,"_value_zr"),
format = "GTiff")

rm(value_delta_zs)
rm(value_delta_zr)
rm(value_delta_zt)

rm(gpath_orig)
rm(gpath_final)

# A_ground_calc
A_ground_calc_part <- ((4 * (value_k^2)) / (rastered_distance_base1^2)) * ((value_zs^2)
- (sqrt((2 * value_Cf) / value_k) * value_zs) + (value_Cf / value_k)) * ((value_zr^2) - (sqrt((2 *
value_Cf) / value_k) * value_zr) + (value_Cf / value_k))
# A_ground_calc_part <- raster::reclassify(A_ground_calc_part,cbind(NA,0))
# AUS WELCHEM GRUND AUCH IMMER KLAPPT DAS RECLASSIFY HIER NICHT, DESWEGEN WIRD NUN
WEITER OBEN value_Gw von 0 auf 0.0x1 gesetzt, dann klappt die Berechnung auch
# raster::writeRaster(A_ground_calc_part, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_A_ground_calc_part"), format = "GTiff")

# A_ground_calc <- -10 * log10(A_ground_calc_part / (rastered_distance_base1^2))
A_ground_calc <- -10 * log10(A_ground_calc_part)

rm(A_ground_calc_part)
rm(rastered_distance_base1)
rm(value_k)
rm(value_Cf)
rm(value_zs)
rm(value_zr)
# raster::writeRaster(A_ground_calc, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_A_ground_calc"), format = "GTiff")

# 4) MAX - comparison A_ground_calc / A_ground_min -> Bestimmen von A ground
A_ground <- max(A_ground_calc, A_ground_min)
rm(A_ground_calc)
rm(A_ground_min)
# raster::writeRaster(A_ground, filename = paste0(work_dir,"object",i,"_A_ground"),
format = "GTiff")

#####
##### PART 3 - SINGLEPART SIMULATION #####
#####

print(paste0("---- Singlepart Simulation ----"))

# Reklassifizierung Factor Buffer zur Generierung eines Rasters mit Buffergebiet = 1
und Rest = NA zur Multiplikation mit den über die Distanz errechneten Werten

rastered_factor_buffer_NA_1 <- raster::reclassify(rastered_factor_buffer, c(-Inf, 0,
NA, 0.00001, Inf, 1))

# Formel für die distanzgebundene Lärmabnahme

# Lf = Lw,0,dir - (A div + A atm + A ground,f)

simulated_noise_raster_singlepart <- (
# Ausgangswert Lw,0,dir
as.integer(db_street) - (

```

```

        A_div + A_atm + A_ground
      )
      # Eingrenzung des Berechnungsgebietes
    ) * rastered_factor_buffer_NA_1

    if (vergleich_analyse_active == T) {
      raster::writeRaster(A_div, filename = paste0(work_dir, "object", i, "_A_div"),
format = "GTiff")
      raster::writeRaster(A_atm, filename = paste0(work_dir, "object", i, "A_atm"),
format = "GTiff")
      raster::writeRaster(A_ground, filename = paste0(work_dir, "object", i,
"A_ground"), format = "GTiff")
    }
    rm(A_div)
    rm(A_atm)
    rm(A_ground)
    rm(rastered_factor_buffer_NA_1)

    if (street_rep_calc_start == "polygon_line") {
      print(paste0("---- polygon_line_steps ----"))
      rastered_street_real <- raster(gdalUtilities::gdal_rasterize(
        src_datasource = paste0("PG: dbname=", dbname, " host=", host, " user=", user,
" password=", password),
        sql = paste0("select ST_Buffer(a.wkb_geometry, ", get_street_buffer_width(i),
") as wkb_geometry from ", street_table, " a where ogc_fid = ", i),
        dst_filename = paste0(work_dir, "object", i, "_rastered_street_real.geotiff"),
        at = T,
        burn = db_street,
        te = simulation_extent_coords,
        tr = raster_size_list,
        a_srs = "EPSG:31287",
        of = "GTiff"
      ))

      rastered_street_real_helper_prev <- raster::reclassify(rastered_street_real,
matrix(c(0, 1), ncol = 2, byrow = TRUE))
      # raster::writeRaster(rastered_street_real_helper_prev, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_rastered_street_real_helper_prev"), format = "GTiff")
      rastered_street_real_helper <-
raster::reclassify(rastered_street_real_helper_prev, matrix(c(db_street, 0), ncol = 2, byrow =
TRUE))
      # raster::writeRaster(rastered_street_real_helper, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_rastered_street_real_helper"), format = "GTiff")
      rm(rastered_street_real_helper_prev)
      simulated_noise_raster_singlepart <- simulated_noise_raster_singlepart *
rastered_street_real_helper
      simulated_noise_raster_singlepart <- simulated_noise_raster_singlepart +
rastered_street_real
      rm(rastered_street_real_helper)
      rm(rastered_street_real)
      file.remove(paste0(work_dir, "object", i, "_rastered_street_real.geotiff"))
    }
    rm(rel_dist)
  }

  # Fallunterscheidung - rastered_street bestünde nur aus db-Zellen
  if (db_street %in% raster_elements[, 1] && !(0 %in% raster_elements[, 1])) {
    simulated_noise_raster_singlepart <- rastered_street
    # Trick, damit data_source in den memory verschoben wird und nicht bei "rastered_street"
    bleibt -> sonst crasht das Script beim nächsten Abschnitt,
    # da rastered_street gelöscht wird und damit für simulated_noise_raster keine
    data_source mehr existiert
    simulated_noise_raster_singlepart <- simulated_noise_raster_singlepart * 1
  }

  print("Finished Simulation of Singlepart, deleting no longer needed rasters")

  file.remove(paste0(work_dir, "object", i, "_factor_buffer.geojson"))

```

```

file.remove(paste0(work_dir, "object", i, "_rastered_factor_buffer.geotiff"))
if (vergleich_analyse_active != TRUE) {
  if (test_buildings_vorhanden != 0) {
    rm(rastered_buildings_cut)
    file.remove(paste0(work_dir, "object", i, "_buildings_cut.geojson"))
    file.remove(paste0(work_dir, "object", i, "_rastered_buildings_cut.geotiff"))
  }
  rm(test_buildings_vorhanden)
}

#####
##### PART 4 - ADDITION #####
#####

if (db_street %in% raster_elements[, 1]) {
  print("Starting Addition")

  if ((i == 1 || i == start_num) || (!(i %in% array_load_raster)) && street_type ==
"Strasse" && !exists("simulated_noise_raster")) {
    simulated_noise_raster <- simulated_noise_raster_singlepart
    rm(simulated_noise_raster_singlepart)
    if (vergleich_analyse_active == T && length(street_id) > 1) {
      rel_dist_multi <- rel_dist
    }
  } else {
    # Laden des simulated_noise_raster aus Datei zwecks zuvor Klein-Halten des temp-
    Ordners

    # if (street_type == "Autobahn" && i %in% array_load_raster) {
    if (i %in% array_load_raster) {
      if (street_type == "Autobahn") {
        simulated_noise_raster <- raster(paste0(save_dir, "until_object_", i - 1,
"_simulated_noise_raster_autobahn.tif"))
        print("### loading simulated noise raster Autobahn from File ###")
      } else {
        simulated_noise_raster <- raster(paste0(save_dir, "until_object_", i - 1,
"_simulated_noise_raster_strasse.tif"))
        print("### loading simulated noise raster Strasse from File ###")
      }
    }
    simulated_noise_raster_prep <- 10^(simulated_noise_raster / 10)
    simulated_noise_raster_prep <- raster::reclassify(simulated_noise_raster_prep,
c(0, 1, 0))

    simulated_noise_raster_singlepart_prep <- 10^(simulated_noise_raster_singlepart /
10)
    rm(simulated_noise_raster_singlepart)
    simulated_noise_raster_singlepart_prep <-
raster::reclassify(simulated_noise_raster_singlepart_prep, c(0, 1, 0))

    new_simulated_noise_raster_part <- mosaic(simulated_noise_raster_prep,
simulated_noise_raster_singlepart_prep, fun = sum, tolerance = 5)
    rm(simulated_noise_raster_prep)
    rm(simulated_noise_raster_singlepart_prep)
    new_simulated_noise_raster_part <-
raster::reclassify(new_simulated_noise_raster_part, c(0, 2, 1)) # summe 2 ist das resultat von 0+0
(beide recl zu 1+1)

    simulated_noise_raster <- 10 * log10(new_simulated_noise_raster_part)
    rm(new_simulated_noise_raster_part)
    if (vergleich_analyse_active == T && length(street_id) > 1) {
      rel_dist_multi <- mosaic(rel_dist_multi, rel_dist, fun = max, tolerance = 5)
    }
  }
}

print(paste0("---- Finished Object Nr. ", i, " ----"))
# plot(simulated_noise_raster)

```

```

#####
### PART 5 - PRINT VERGLEICHSANALYSEN (falls aktiviert) ###
#####

  if ((i == (end_num)) && (vergleich_analyse_active == TRUE) && db_street %in%
raster_elements[, 1]) {

  # Vorbereitungen

  # Ausschneiden der Test Area vom gerade simulierten Extent
  simulated_noise_raster_test_extent <- crop(simulated_noise_raster, test_extent)
  height_test_extent <- nrow(simulated_noise_raster_test_extent) * raster_size
  width_test_extent <- ncol(simulated_noise_raster_test_extent) * raster_size
  raster::writeRaster(simulated_noise_raster_test_extent, filename = paste0(work_dir,
"object", i, "_simulated_noise_raster_test_extent"), format = "GTiff")
  simulated_noise_raster_test_extent_statraster_prev <-
raster::reclassify(simulated_noise_raster_test_extent, c(-Inf, 54.99999, NA))
  raster::writeRaster(simulated_noise_raster_test_extent_statraster_prev, filename =
paste0(work_dir, "object", i, "_simulated_noise_raster_test_extent_statraster_prev"), format =
"GTiff")
  simulated_noise_raster_test_extent_statraster <-
raster::reclassify(simulated_noise_raster_test_extent_statraster_prev, c(-Inf, Inf, 1))
  simulated_noise_raster_test_extent_statraster <-
raster::reclassify(simulated_noise_raster_test_extent_statraster, matrix(c(-Inf, NA), ncol = 2,
byrow = TRUE))
  raster::writeRaster(simulated_noise_raster_test_extent_statraster, filename =
paste0(work_dir, "object", i, "_simulated_noise_raster_test_extent_statraster"), format = "GTiff")
  statistics_simulated_noise_raster_test_extent <-
as.data.frame(freq(simulated_noise_raster_test_extent_statraster))
  # print(statistics_simulated_noise_raster_test_extent)
  rm(simulated_noise_raster_test_extent_statraster_prev)
  rm(simulated_noise_raster_test_extent_statraster)

  # Ausschneiden des Referenzrasters
  ref_raster_test_extent <- crop(ref_raster, test_extent)
  rm(ref_raster)
  ref_raster_test_extent <- raster::reclassify(ref_raster_test_extent, c(-Inf, 54.99999,
NA)) # Beim Laden des Referenzrasters werden auf unerklärliche Weise manchmal einige NA-Zellen zu
-Inf, deswegen Recl
  ref_raster_test_extent_statraster <- raster::reclassify(ref_raster_test_extent, c(-
Inf, Inf, 1))
  statistics_ref_raster_test_extent <-
as.data.frame(freq(ref_raster_test_extent_statraster))
  rm(ref_raster_test_extent_statraster)
  raster::writeRaster(ref_raster_test_extent, filename = paste0(work_dir, "object", i,
"_ref_raster_test_extent"), format = "GTiff")

  # Ausschneiden rel_dist_check_multi bei mehreren Abschnitten in einem Test
  if (length(street_id) > 1) {
    rel_dist_test_extent <- crop(rel_dist_multi, test_extent)
    rm(rel_dist_multi)
  } else {
    rel_dist_test_extent <- crop(rel_dist, test_extent)
  }

  # Reklassifizieren nach den in den veröffentlichten Lärmkarten ausgewiesenen Klassen
  simulated_noise_raster_test_extent_recl <-
raster::reclassify(simulated_noise_raster_test_extent, c(-Inf, 54.99999, NA, 55, 59.99999, 55, 60,
64.99999, 60, 65, 69.99999, 65, 70, 74.99999, 70, 75, 79.99999, 75, 80, 84.99999, 80, 85, 89.99999,
85, 90, 94.99999, 90, 95, Inf, 95))
  raster::writeRaster(simulated_noise_raster_test_extent_recl, filename =
paste0(work_dir, "object", i, "_simulated_noise_raster_test_extent_recl"), format = "GTiff")
  rm(simulated_noise_raster_test_extent)

  # Es sollen nur solche Rasterzellen miteinander verglichen werden, wo beiderseits Werte
existieren (Ausschluss von 0-Unsicherheit)
  # Hilfsschritt: beide Raster miteinander multiplizieren und zu 0/1-Raster
reklassifizieren (0: zumindest in einem Raster 0 vorhanden, 1: beiderseits db-Werte)

```

```

    comp_area_raster <- ref_raster_test_extent * simulated_noise_raster_test_extent_recl
    # raster::writeRaster(comp_area_raster, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_comp_area_raster"), format = "GTiff")
    comp_area_raster_recl <- raster::reclassify(comp_area_raster, c(0.0000001, Inf, 1))
    comp_area_raster_recl <- raster::reclassify(comp_area_raster_recl, matrix(c(-Inf, NA),
ncol = 2, byrow = TRUE))
    # statistics_comp_area_raster_recl <- as.data.frame(freq(comp_area_raster_recl))
    # print(statistics_comp_area_raster_recl)
    rm(comp_area_raster)
    # raster::writeRaster(comp_area_raster_recl, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_comp_area_raster_recl"), format = "GTiff")

    print("#")
    print("#")
    print("#")
    print("VERGLEICH UND ANALYSE")
    print("-----")
    print(paste0("SIMULIERTES GEBIET (Gesamter Abschnitt)"))
    print(paste0("Länge des Rasters: ", height_simulation_extent, "m"))
    print(paste0("Breite des Rasters: ", width_simulation_extent, "m"))
    print(paste0("Anzahl Zellen: ", (height_simulation_extent * width_simulation_extent) /
(raster_size^2)))
    if (distance_height_logic == "3d") {
      print(paste0("Gelände-Durchschnittshöhe: ", round(avg_area_height, 2), "m"))
      print(paste0("Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro
Zelle: ", round(avg_area_height_divergence_per_cell, 2), "m"))
      print(paste0("Maximale Abweichung: ", round(max_area_height_divergence, 2), "m"))
    }
    print("-----")
    print(paste0("TESTGEBIET (Teilausschnitt aus simuliertem Gebiet)"))
    print(paste0("Länge des Rasters: ", height_test_extent, "m"))
    print(paste0("Breite des Rasters: ", width_test_extent, "m"))
    print(paste0("Anzahl Zellen: ", (height_test_extent * width_test_extent) /
(raster_size^2)))
    if (distance_height_logic == "3d") {
      print(paste0("Gelände-Durchschnittshöhe: ", round(avg_area_height_test_extent, 2),
"m"))
      print(paste0("Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro
Zelle: ", round(avg_area_height_divergence_per_cell_test_extent, 2), "m"))
      print(paste0("Maximale Abweichung: ",
round(max_area_height_divergence_test_extent, 2), "m"))
    }
    print("-----")
    print(paste0("STRASSE"))
    # print(paste0("Anzahl Zellen: ", count_street_cells_test_extent))
    if (distance_height_logic == "3d") {
      print(paste0("Straßen-Durchschnittshöhe: Simuliertes Gebiet ",
round(avg_street_height, 2), "m; Testgebiet ", round(avg_street_height_test_extent, 2), "m"))
      print(paste0("Durchschnittliche Abweichung von Straßen-Durchschnittshöhe pro
Zelle: Simuliertes Gebiet ", round(avg_street_height_divergence_per_cell, 2), "m; Testgebiet ",
round(avg_street_height_divergence_per_cell_test_extent, 2), "m"))
      print(paste0("Maximale Abweichung: Simuliertes Gebiet ",
round(max_street_height_divergence, 2), "m; Testgebiet ",
round(max_street_height_divergence_test_extent, 2), "m"))
    }
    print("-----")
    print("-----")
    print(paste0("WERTVERGLEICH"))
    print(paste0("Analysierter Basispegel-Wert: ", db_street_test, "db"))
    print("Einstellungen:")
    print(paste0("street_rep_calc_start: ", street_rep_calc_start))
    print(paste0("distance_calc_logic: ", distance_calc_logic))
    print(paste0("distance_height_logic: ", distance_height_logic))
    print(paste0("source_factor: ", source_factor))
    print(paste0("gpath_factor: ", gpath_default_value))
    print(paste0("damping_corr_factor: ", damping_corr_factor))
    print("Zellstatistiken:")
  
```

```

print(paste0("Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): ",
(height_test_extent * width_test_extent) / (raster_size^2), "))
print(paste0("Zellstatistik      modelliertes      Raster:      Wert-Zellen      ",
subset(statistics_simulated_noise_raster_test_extent, value == 1)$count, ",      NA-Zellen      ",
subset(statistics_simulated_noise_raster_test_extent, is.na(value))$count, "))
print(paste0("Zellstatistik      Referenzraster:      Wert-Zellen      ",
subset(statistics_ref_raster_test_extent, value == 1)$count, ",      NA-Zellen      ",
subset(statistics_ref_raster_test_extent, is.na(value))$count, "))
print("-----")

# Tatsächliche Vergleichsoperationen

# Berechnung der Wertdifferenz
ref_raster_test_extent_comp <- ref_raster_test_extent * comp_area_raster_recl
# raster::writeRaster(ref_raster_test_extent_comp, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_ref_raster_test_extent_comp"), format = "GTiff")
rm(ref_raster_test_extent)
simulated_noise_raster_test_extent_recl_comp <-
simulated_noise_raster_test_extent_recl * comp_area_raster_recl
# raster::writeRaster(simulated_noise_raster_test_extent_recl_comp, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_simulated_noise_raster_test_extent_recl_comp"), format = "GTiff")
rm(simulated_noise_raster_test_extent_recl)
rm(comp_area_raster_recl)
comp_result_raster <- simulated_noise_raster_test_extent_recl_comp -
ref_raster_test_extent_comp
comp_result_raster <- raster::reclassify(comp_result_raster, matrix(c(-Inf, NA), ncol
= 2, byrow = TRUE))
comp_result_raster <- raster::reclassify(comp_result_raster, matrix(c(Inf, NA), ncol =
2, byrow = TRUE))
# raster::writeRaster(comp_result_raster, filename =
paste0(work_dir,"object",i,"_comp_result_raster"), format = "GTiff")

# Wertvergleichs-Tabelle
comp_table <- as.data.frame(raster::freq(comp_result_raster))

# Wertvergleichs-Tabelle ohne NA
comp_table_without_NA <- comp_table[!(is.na(comp_table$value)), ]
rm(comp_table)

# Wertvergleichs-Tabelle um Prozentangaben ergänzt
comp_table_without_NA <- comp_table_without_NA %>% mutate(overall_ratio = round(count
/ subset(statistics_ref_raster_test_extent, value == 1)$count, 4))
comp_table_without_NA <- comp_table_without_NA %>% mutate(inner_ratio = round(count /
sum(count), 2))
print("(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10:
Modellwerte größer)")

# Miteinbeziehung der rel_dist_test_extent (Verhältnis von grid_dist zu eukl_dist)
rel_dist_test_extent_avg_table <- raster::zonal(rel_dist_test_extent,
comp_result_raster, fun = "mean")
colnames(rel_dist_test_extent_avg_table)[colnames(rel_dist_test_extent_avg_table) ==
"zone"] <- "value"
rel_dist_test_extent_avg_table <- as.data.frame(rel_dist_test_extent_avg_table) %>%
mutate_if(is.numeric, round, digits = 3)

comp_table_without_NA_rel_dist_test_extent <- merge(comp_table_without_NA,
rel_dist_test_extent_avg_table, by = "value", all = TRUE)

colnames(comp_table_without_NA_rel_dist_test_extent)[colnames(comp_table_without_NA_rel_dist_test
_extent) == "mean"] <- "rel_dist_mean (?!)"

colnames(comp_table_without_NA_rel_dist_test_extent)[colnames(comp_table_without_NA_rel_dist_test
_extent) == "value"] <- "db_value_diff"

colnames(comp_table_without_NA_rel_dist_test_extent)[colnames(comp_table_without_NA_rel_dist_test
_extent) == "count"] <- "cell_count"

comp_table_without_NA_rel_dist_test_extent[nrow(comp_table_without_NA_rel_dist_test_extent) + 1, ]

```

```

<- list("rN", (subset(statistics_ref_raster_test_extent, value == 1)$count -
subset(statistics_simulated_noise_raster_test_extent, value == 1)$count),
round((subset(statistics_ref_raster_test_extent, value == 1)$count -
subset(statistics_simulated_noise_raster_test_extent, value == 1)$count) /
(subset(statistics_ref_raster_test_extent, value == 1)$count), 2), "", "")
  rm(statistics_simulated_noise_raster_test_extent)
  rm(statistics_ref_raster_test_extent)
  print(comp_table_without_NA_rel_dist_test_extent)
  rm(comp_table_without_NA)
  rm(rel_dist_test_extent_avg_table)
  rm(comp_table_without_NA_rel_dist_test_extent)
  print("-----")

  # Durchschnittlicher Unterschied je nach Klasse
  diff_avg_in_model_db_classes_table <- raster::zonal(comp_result_raster,
simulated_noise_raster_test_extent_recl_comp, fun = "mean")

colnames(diff_avg_in_model_db_classes_table)[colnames(diff_avg_in_model_db_classes_table) ==
"mean"] <- "mean_model"
  rm(simulated_noise_raster_test_extent_recl_comp)

  # Durchschnittlicher Unterschied je nach Klasse
  diff_avg_in_orig_db_classes_table <- raster::zonal(comp_result_raster,
ref_raster_test_extent_comp, fun = "mean")

colnames(diff_avg_in_orig_db_classes_table)[colnames(diff_avg_in_orig_db_classes_table) ==
"mean"] <- "mean_orig"

  rm(ref_raster_test_extent_comp)

  print("(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv =
Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)")
  diff_avg_in_db_classes_table <- merge(diff_avg_in_model_db_classes_table,
diff_avg_in_orig_db_classes_table, by = "zone", all = TRUE)
  rm(diff_avg_in_orig_db_classes_table)
  rm(diff_avg_in_model_db_classes_table)
  diff_avg_in_db_classes_table <- diff_avg_in_db_classes_table[order(-
diff_avg_in_db_classes_table$zone), ]
  print(diff_avg_in_db_classes_table)
  rm(diff_avg_in_db_classes_table)
  print("-----")

  # Gruppierung der rel_dist_test_extent
  rel_dist_test_extent_recl <- raster::reclassify(rel_dist_test_extent, c(-Inf, 1.09,
999, 1.09000000001, 1.125, 1, 1.12500000001, 1.15, 2, 1.15000000001, 1.25, 3, 1.25000000001, Inf,
4))
  raster::writeRaster(rel_dist_test_extent_recl, filename = paste0(work_dir, "object",
i, "_rel_dist_test_extent_recl"), format = "GTiff")
  # Count rel dist classes table
  count_rel_dist_test_extent_classes_table <-
as.data.frame(raster::freq(rel_dist_test_extent_recl))
  count_rel_dist_test_extent_classes_table <-
count_rel_dist_test_extent_classes_table[!(is.na(count_rel_dist_test_extent_classes_table$value))
, ]
  count_rel_dist_test_extent_classes_table <- count_rel_dist_test_extent_classes_table
%>% mutate(ratio = round(count / sum(count), 2))

colnames(count_rel_dist_test_extent_classes_table)[colnames(count_rel_dist_test_extent_classes_ta
ble) == "value"] <- "zone"

colnames(count_rel_dist_test_extent_classes_table)[colnames(count_rel_dist_test_extent_classes_ta
ble) == "count"] <- "cell_count"
  # Zusammenführung der Wertdifferenzen mit rel_dist_test_extent - Gruppen
  diff_avg_in_rel_dist_test_extent_classes_table <- raster::zonal(comp_result_raster,
rel_dist_test_extent_recl, fun = "mean")

colnames(diff_avg_in_rel_dist_test_extent_classes_table)[colnames(diff_avg_in_rel_dist_test_exten
t_classes_table) == "mean"] <- "db_diff_mean"

```

```

      # Ergänzung: Durchschnittliche Distanz (Eukl Dist) in rel_dist_test_extent - Gruppen
      eukl_rastered_distance_base0_test_extent <- crop(eukl_rastered_distance_base0,
test_extent)
      avg_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table <-
raster::zonal(eukl_rastered_distance_base0_test_extent, rel_dist_test_extent_recl, fun = "mean")

      colnames(avg_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table)[colnames(avg_dist_in_rel_dist_test_exten
t_classes_table) == "mean"] <- "eukl_dist_mean"
      max_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table <-
raster::zonal(eukl_rastered_distance_base0_test_extent, rel_dist_test_extent_recl, fun = "max")

      colnames(max_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table)[colnames(max_dist_in_rel_dist_test_exten
t_classes_table) == "max"] <- "eukl_dist_max"
      min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table <-
raster::zonal(eukl_rastered_distance_base0_test_extent, rel_dist_test_extent_recl, fun = "min")
      rm(eukl_rastered_distance_base0_test_extent)

      colnames(min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table)[colnames(min_dist_in_rel_dist_test_exten
t_classes_table) == "min"] <- "eukl_dist_min"
      max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table <-
merge(min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table,
max_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table, by = "zone", all = TRUE)
      rm(max_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table)
      rm(min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table)
      avg_max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table <-
merge(avg_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table,
max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table, by = "zone", all = TRUE)
      rm(avg_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table)
      rm(max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table)
      diff_db_avg_avg_max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table <-
merge(diff_avg_in_rel_dist_test_extent_classes_table,
avg_max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table, by = "zone", all = TRUE)

      count_rel_dist_test_extent_classes_diff_db_avg_avg_max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_t
able <- merge(count_rel_dist_test_extent_classes_table,
diff_db_avg_avg_max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table, by = "zone", all = TRUE)
      rm(count_rel_dist_test_extent_classes_table)
      rm(diff_db_avg_avg_max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table)

      rm(rel_dist_test_extent_recl)
      print("(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung
der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung")
      print("1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent")
      print("1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09")

      print(count_rel_dist_test_extent_classes_diff_db_avg_avg_max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_cla
sses_table)

      rm(count_rel_dist_test_extent_classes_diff_db_avg_avg_max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classe
s_table)
      rm(avg_max_min_dist_in_rel_dist_test_extent_classes_table)
      rm(diff_avg_in_rel_dist_test_extent_classes_table)

      rm(rel_dist_test_extent)
      rm(comp_result_raster)
    }
    if (db_street %in% raster_elements[, 1] && 0 %in% raster_elements[, 1]) {
      rm(eukl_rastered_distance_base0)
    }

#####
### PART 6 - RASTEREXPORT ###
#####

# if (street_type == "Autobahn" && i %in% array_write_raster && i != end_num) {
if (i %in% array_write_raster && i != end_num) {
  print("### NUM OF ARRAY WRITE RASTER ###")
}

```

```

    if (street_type == "Autobahn") {
      print(paste0("---- writing space saving temp Raster Autobahn ----"))
      raster::writeRaster(simulated_noise_raster, filename = paste0(save_dir,
"until_object_", i, "_simulated_noise_raster_autobahn"), format = "GTiff")

      # Löschen von Temporär-Simulationsraster und temp_rastern wegen Speicherlimit
      if (run_by_id != TRUE && vergleich_analyse_active != TRUE && i - num_write_raster
> 0) {
        if (file.exists(paste0(save_dir, "until_object_", i - num_write_raster,
"_simulated_noise_raster_autobahn.tif"))) {
          print(paste0("---- deleting until files ----"))
          file.remove(paste0(save_dir, "until_object_", i - num_write_raster,
"_simulated_noise_raster_autobahn.tif"))
        }
      }
    } else {
      print(paste0("---- writing space saving temp Raster Strasse ----"))
      raster::writeRaster(simulated_noise_raster, filename = paste0(save_dir,
"until_object_", i, "_simulated_noise_raster_strasse"), format = "GTiff")

      # Löschen von Temporär-Simulationsraster und temp_rastern wegen Speicherlimit
      if (run_by_id != TRUE && vergleich_analyse_active != TRUE && i - num_write_raster
> 0) {
        if (file.exists(paste0(save_dir, "until_object_", i - num_write_raster,
"_simulated_noise_raster_strasse.tif"))) {
          print(paste0("---- deleting until files ----"))
          file.remove(paste0(save_dir, "until_object_", i - num_write_raster,
"_simulated_noise_raster_strasse.tif"))
        }
      }
    }

    if (exists("simulated_noise_raster")) {
      print(paste0("---- DELETING SIMULATED NOISE RASTER ----"))
      rm(simulated_noise_raster)
    }

    print("### Deleting Raster Temp Files ###")
    unlink(paste0(tempdir(), "/raster/"), recursive = T)
  }

  if (i == end_num) { # if (i == end_num && db_street %in% raster_elements[, 1]) {
    #####

    print(paste0("---- writing Raster ----"))

    if (street_type == "Autobahn") {
      if (exists("simulated_noise_raster")) {
        raster::writeRaster(simulated_noise_raster, filename = paste0(save_dir,
admin_region, "_simulated_noise_raster_autobahn"), format = "GTiff")
      }
      print("### Deleting Until. Files Autobahn ###")
      file.remove(paste0(save_dir, list.files(path = save_dir, pattern = "until.*")))
    } else {
      gemeinde <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct pg from ", street_table, "
where ", admin_region_column, " = '", admin_region, "'"))[[1]]
      bezirk <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct pb from ", street_table, " where
", admin_region_column, " = '", admin_region, "'"))[[1]]
      if (exists("simulated_noise_raster")) {
        raster::writeRaster(simulated_noise_raster, filename = paste0(save_dir,
admin_region, "_", gemeinde, "_", bezirk, "_simulated_noise_raster_strasse"), format = "GTiff")
      }
    }

    # if (db_street %in% raster_elements[, 1]) {
    rm(simulated_noise_raster)
  }

```

```

    # }

    print("### Deleting Raster Temp Files ###")
    unlink(paste0(tempdir(), "/raster/"), recursive = T)
}

rm(rastered_factor_buffer)
rm(simulation_extent)
rm(simulation_extent_coords)
rm(height_simulation_extent)
rm(width_simulation_extent)
rm(rastered_street)
file.remove(paste0(work_dir, "object", i, "_rastered_street.geotiff"))
rm(raster_elements)
i <- i + 1
}
# Löschen von Temporär-Simulationsraster und temp_rastern wegen Speicherlimit
unlink(paste0(tempdir(), "/raster/"), recursive = T)
print(paste0("### admin region ", admin_region, " finished ###"))
}
# if (street_type == "Autobahn") {
# rm(array_load_raster)
# rm(array_write_raster)
# }
print("Simulation finished")
#####
dbDisconnect(con)
rm(con)
rm(drv)
end_time <- Sys.time()
running_time <- end_time - start_time
# gc()
print(paste0("---- Start Time: ", start_time))
print(paste0("---- End Time: ", end_time))
print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))

```

### A4.13 Aggregierungscode

```

library(DBI)
library(RPostgreSQL)
library(rgeos)
library(rgdal)
library(raster)
library(gdalUtilities)
library(sp)
library(sf)
library(dplyr)
library(igraph)

#####
### Verbindung zur Postgres ###
#####

drv <- dbDriver("PostgreSQL")
dbname <- "gisdb_utf8"
user <- "rwpg"
password <- "ia4ma1ahx3Aput1iodeiVe1soiKe4E"
host <- "ipax4.ds-s.at"
port <- 5435

con <- dbConnect(drv, dbname = dbname, user = user, password = password, host = host) # port=port

# Schema (Postgres), wo alle Tabellen gespeichert werden
schema <- "noise_model"

# Tabelle, die die Straßenabschnitte enthält
autobahn_table <- paste0(schema, ".linknetz_20220801_autobahn_sorted")

```

```

street_table <- paste0(schema, ".linknetz_20220801_strasse_sorted")

# Timestamp
timestamp <- "20231213"

# Directories
orig_dir_autobahn <-
paste0("/home/dat/gis_tmp/Noise_Austria/modelling/Autobahnen/autobahnen_mod_run_process_start_",
timestamp, "/")
orig_dir_strasse <-
paste0("/home/dat/gis_tmp/Noise_Austria/modelling/Strassen/strassen_mod_run_process_start_",
timestamp, "/")

run_dir <-
paste0("/home/dat/gis_tmp/Noise_Austria/modelling/_Aggregation/aggr_run_based_on_mod_run_",
timestamp, "/")
dir.create(run_dir)

bez_dir_strasse <- paste0(run_dir, "Strassen-Bezirke/")
dir.create(bez_dir_strasse)
bl_dir_strasse <- paste0(run_dir, "Strassen-Bl/")
dir.create(bl_dir_strasse)

# Rastergröße
raster_size <- 5

#####
##### Aggregation #####
#####

start_time <- Sys.time()
print(paste0("---- Starting at ", start_time, " ----"))

for (type in c("Strasse", "Autobahn", "Österreich")) {
  if (type == "Strasse") {
    levels <- c("Bezirk", "Bundesland", "Österreich")
  } else if (type == "Autobahn") {
    levels <- "Österreich"
  } else {
    levels <- "Final_Aggregation"
  }

  print(paste0("----- Starting Type ", type, "-----
-----"))

  for (level in levels) {
    print(paste0("----- Starting Aggregation Level ", level, "-----
-----"))
    if (level == "Bezirk") {
      list_entities <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct pb from ", street_table))[[1]]
    } else if (level == "Bundesland") {
      list_entities <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct bl from ", street_table))[[1]]
    } else {
      list_entities <- "Österreich"
    }

    for (entity in list_entities) {
      if (level == "Bezirk") {
        print(paste0("----- Start Bezirk ", entity, " -----"))
        list_subs <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct gkz from ", street_table, "
where pb = '", entity, "' order by gkz"))[[1]]
      } else if (level == "Bundesland") {
        print(paste0("----- Start Bundesland ", entity, " -----"))
        list_subs <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct pb from ", street_table, "
where bl = '", entity, "' order by pb"))[[1]]
      } else if (level == "Österreich") {
        print(paste0("----- Start Österreich -----
-----"))
      }
    }
  }
}

```

```

        list_subs <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct bl from ", street_table, "
order by bl"))[[1]]
      } else {
        print(paste0("----- Start Finale Aggregation -----
-"))
        list_subs <- c("Strasse", "Autobahn")
      }
      length_subs <- length(list_subs)

      for (identifrier in list_subs) {
        if (level == "Bezirk") {
          gemeinde <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct pg from ", street_table, "
where gkz = '", identifrier, "'"))[[1]]
          bezirk <- dbGetQuery(con, paste0("select distinct pb from ", street_table, "
where gkz = '", identifrier, "'"))[[1]]
          print(paste0("---- Start Gemeinde ", identifrier, "---", gemeinde, " ----"))
          current_raster <- raster(paste0(orig_dir_strasse, identifrier, "_", gemeinde,
"_", bezirk, "_simulated_noise_raster_strasse.tif"))
        } else if (level == "Bundesland") {
          print(paste0("---- Start Bezirk ", identifrier, " ----"))
          current_raster <- raster(paste0(bez_dir_strasse, identifrier, "_finished.tif"))
        } else if (level == "Österreich") {
          print(paste0("---- Start Bundesland ", identifrier, " ----"))
          if (type == "Strasse") {
            current_raster <- raster(paste0(bl_dir_strasse, identifrier,
"_finished.tif"))
          } else {
            current_raster <- raster(paste0(orig_dir_autobahn, identifrier,
"_simulated_noise_raster_autobahn.tif"))
          }
        } else {
          if (identifrier == "Strasse") {
            current_raster <- raster(paste0(run_dir, "Strassen_finished_", timestamp,
".tif"))
          } else {
            current_raster <- raster(paste0(run_dir, "Autobahnen_finished_",
timestamp, ".tif"))
          }
        }

        if (identifrier == list_subs[1]) {
          result <- current_raster
        } else {
          print(paste0("----Start Preparation----"))

          current_raster_prep <- 10^(current_raster / 10)
          rm(current_raster)
          current_raster_prep_recl <- raster::reclassify(current_raster_prep, c(0, 1,
0))

          rm(current_raster_prep)

          already_simulated_prep <- 10^(result / 10)
          already_simulated_prep_recl <- raster::reclassify(already_simulated_prep, c(0,
1, 0))

          rm(already_simulated_prep)

          print(paste0("----Start Addition----"))

          result_prev_prev <- mosaic(current_raster_prep_recl,
already_simulated_prep_recl, fun = sum, tolerance = raster_size)

          rm(current_raster_prep_recl)
          rm(already_simulated_prep_recl)

          print(paste0("----Start Calc After Addition----"))

          result_prev <- raster::reclassify(result_prev_prev, c(0, 1, 1))
          rm(result_prev_prev)

```

```
        result <- 10 * log10(result_prev)
        rm(result_prev)
    }

    if (identifier == list_subs[length_subs]) {
        print(paste0("----Start Writing----"))
        if (level == "Bezirk") {
            raster::writeRaster(result, filename = paste0(bez_dir_strasse, entity,
"_finished"), format = "GTiff")
            print(paste0("---- Finish Bezirk ", entity, " ----"))
        } else if (level == "Bundesland") {
            raster::writeRaster(result, filename = paste0(bl_dir_strasse, entity,
"_finished"), format = "GTiff")
            print(paste0("---- Finish Bundesland ", entity, " ----"))
        } else if (level == "Österreich") {
            if (type == "Strasse") {
                raster::writeRaster(result, filename = paste0(run_dir,
"Strassen_finished_", timestamp), format = "GTiff")
                print(paste0("---- Finish Strassen Österreich ----"))
            } else {
                raster::writeRaster(result, filename = paste0(run_dir,
"Autobahnen_finished_", timestamp), format = "GTiff")
                print(paste0("---- Finish Autobahnen Österreich ----"))
            }
        } else {
            raster::writeRaster(result, filename = paste0(run_dir,
"Österreich_finished_", timestamp), format = "GTiff")
        }
        rm(result)
        unlink(paste0(tempdir(), "/raster/"), recursive = T)
    }
}
}
}

end_time <- Sys.time()
running_time <- end_time - start_time
print(paste0("---- Start Time: ", start_time))
print(paste0("---- End Time: ", end_time))
print(paste0("---- Running Time: ", format(running_time, format = "%H:%M:%S"), " ----"))
dbDisconnect(con)
```

## A5 Testergebnisse

### A5.1 Initiale Durchrechnungen in Testgebieten

#### A5.1.1 Testgebiet 1 – B17 Triester Straße bei Neunkirchen

```
[1] "TESTGEBIET (Teilausschnitt aus simuliertem Gebiet)"
[1] "Länge des Rasters: 520m"
[1] "Breite des Rasters: 630m"
[1] "Anzahl Zellen: 13104"
[1] "Gelände-Durchschnittshöhe: 310.88m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 1.06m"
[1] "Maximale Abweichung: 3.69m"
[1] "-----"
[1] "STRASSE"
[1] "Straßen-Durchschnittshöhe: Simuliertes Gebiet 315.43m; Testgebiet 311.53m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Straßen-Durchschnittshöhe pro Zelle: Simuliertes Gebiet 6.61m; Testgebiet 3.91m"
[1] "Maximale Abweichung: Simuliertes Gebiet 13.48m; Testgebiet 6.98m"
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 6182, NA-Zellen 6922)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         52          0.01          0.01          1.008
2       -5       3482          0.41          0.56          1.026
3        0       2648          0.31          0.43          1.018
4         rN       2257          0.27
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5  75  0.000000 -3.051392
4  70 -3.979592 -4.659271
3  65 -4.825581 -4.720874
2  60 -3.147655 -3.438612
1  55 -2.457088  0.000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439     1    -2.900356         71.93333           0         164.0122
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
```

```

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 7290, NA-Zellen 5814)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5         2407           0.29         0.33         1.028
2           0         4883           0.58         0.67         1.018
3           rN         1149           0.14
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.000000 -2.569593
4  70 -2.678571 -3.351823
3  65 -2.395243 -3.139159
2  60 -1.887160 -2.153025
1  55 -1.316649  0.000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439      1  -1.650892         71.93333              0         164.0122
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5         1577           0.19           0.19         1.025
2           0         6862           0.81           0.81         1.019
3           rN           0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.000000 -2.5695931
4  70 -2.6607539 -3.3280507
3  65 -1.8867925 -2.1966019
2  60 -1.1232933 -0.8318505
1  55 -0.4419759  0.0000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439      1  -0.9343524         71.93333              0         164.0122
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"

```

```

[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         741         0.09         0.09         1.027
2          0        7498         0.89         0.89         1.02
3          5         200         0.02         0.02         1.015
4          rN           0         0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 0.0000000 -2.5695931
4  70 -2.4489796 -3.0190174
3  65 -1.2725451 -0.4854369
2  60 0.1557632 0.0000000
1  55 0.0000000 0.2592689
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439     1  -0.3205356         71.93333           0         164.0122
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 79db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         266         0.03         0.03         1.007
2          0        6911         0.82         0.82         1.021
3          5        1262         0.15         0.15         1.02
4          rN           0         0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 0.0000000 -2.5695931
4  70 -1.0614525 -0.2060222
3  65 0.8925017 0.2022654
2  60 1.5975610 0.6561388
1  55 0.0000000 1.1887477
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439     1   0.5901173         71.93333           0         164.0122

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 7500, NA-Zellen 5604)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1         -5         1300         0.15         0.17         1.03
2          0         6112         0.72         0.81         1.019
3          5          88         0.01         0.01
4         rN          939         0.11
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.8073394 -0.1070664
4  70 -0.1149425 -0.2377179
3  65 -0.6719818 -1.9255663
2  60 -1.1735700 -1.5480427
1  55 -0.9629220  0.0000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439         1         -0.808         67.19348         0         159.1383
-----

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1         -5          481         0.06         0.06         1.027
2          0         7863         0.93         0.93         1.02
3          5          95         0.01         0.01         1.002
4         rN           0         0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.8073394 -0.10706638
4  70 -0.1121076 -0.15055468
3  65 -0.4876937 -0.99514563
2  60 -0.5014687 -0.26245552
1  55 -0.1486895  0.00907441
[1] "-----"

```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999      8439      1 -0.2287001      67.19348      0      159.1383
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -5          83          0.01          0.01          1.07
2       0         7637          0.90          0.9          1.019
3       5          719          0.09          0.09          1.022
4      rN           0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 0.80733945 -0.10706638
4 70 -0.06198347 0.11885895
3 65 0.33513879 0.01618123
2 60 0.89885421 0.38256228
1 55 0.00000000 0.58983666
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999      8439      1  0.3768219      67.19348      0      159.1383
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 79db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -5          10          0.00          0          1
2       0         6270          0.74          0.74          1.019
3       5          2159          0.26          0.26          1.023
4      rN           0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
```

```

5 75 0.8073394 -0.1070664
4 70 1.8156109 0.6973059
3 65 1.9549125 1.3389968
2 60 2.0506016 1.2922598
1 55 0.0000000 1.5024631
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999 8439 1 1.273255 67.19348 0 159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 1577 0.19 0.19 1.025
2 0 6862 0.81 0.81 1.019
3 rN 0 0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 0.0000000 -2.5695931
4 70 -2.6607539 -3.3280507
3 65 -1.8867925 -2.1966019
2 60 -1.1232933 -0.8318505
1 55 -0.4419759 0.0000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999 8439 1 -0.9343524 71.93333 0 164.0122

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 741 0.09 0.09 1.027
2 0 7498 0.89 0.89 1.02
3 5 200 0.02 0.02 1.015

```

```

4          rN          0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.0000000 -2.5695931
4  70 -2.4489796 -3.0190174
3  65 -1.2725451 -0.4854369
2  60  0.1557632  0.0000000
1  55  0.0000000  0.2592689
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439     1  -0.3205356       71.93333           0       164.0122

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5         481          0.06          0.06          1.027
2           0         7863          0.93          0.93          1.02
3           5          95          0.01          0.01          1.002
4          rN          0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.8073394 -0.10706638
4  70 -0.1121076 -0.15055468
3  65 -0.4876937 -0.99514563
2  60 -0.5014687 -0.26245552
1  55 -0.1486895  0.00907441
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439     1  -0.2287001       67.19348           0       159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"

```

```

[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5           83           0.01           0.01           1.07
2           0          7637           0.90           0.9           1.019
3           5           719           0.09           0.09           1.022
4           rN            0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 0.80733945 -0.10706638
4  70 -0.06198347 0.11885895
3  65 0.33513879 0.01618123
2  60 0.89885421 0.38256228
1  55 0.00000000 0.58983666
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999           8439      1    0.3768219           67.19348           0           159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5           1508           0.18           0.18           1.025
2           0           6931           0.82           0.82           1.02
3           rN            0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 0.00000000 -2.5695931
4  70 -2.6607539 -3.3280507
3  65 -1.8260870 -2.0469256
2  60 -1.0489221 -0.7606762
1  55 -0.4072398 0.0000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999           8439      1   -0.8934708           71.93333           0           164.0122

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"

```

```

[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5          538           0.06           0.06           1.008
2           0          7534           0.89           0.89           1.022
3           5           367           0.04           0.04           1.019
4          rN              0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.0000000 -2.5695931
4  70 -1.7316017 -1.4104596
3  65 -0.6877898 -0.4854369
2  60  0.4515539  0.0000000
1  55  0.0000000  0.4757584
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439      1  -0.1013153       71.93333           0       164.0122

```

```

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5          417           0.05           0.05           1.024
2           0          7921           0.94           0.94           1.02
3           5           101           0.01           0.01           1.004
4          rN              0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.8073394 -0.10706638
4  70 -0.1121076 -0.15055468
3  65 -0.4717813 -0.84546926
2  60 -0.4119378 -0.20240214
1  55 -0.1156290  0.01685248
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439      1  -0.187226         67.19348           0       159.1383

```

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5           10           0.00           0           1
2           0          7418           0.88           0.88          1.019
3           5          1011           0.12           0.12           1.03
4           rN           0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5  75 0.8073394 -0.1070664
4  70 0.8905109 0.6973059
3  65 0.6739812 0.5339806
2  60 1.1484230 0.3825623
1  55 0.0000000 0.8024371
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999          8439      1  0.5930797          67.19348           0          159.1383
```

### A5.1.2 Testgebiet 2 – B8 Angerner Bundesstraße

```
[1] "TESTGEBIET (Teilausschnitt aus simuliertem Gebiet)"
[1] "Länge des Rasters: 640m"
[1] "Breite des Rasters: 1450m"
[1] "Anzahl Zellen: 37120"
[1] "Gelände-Durchschnittshöhe: 164.3m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 0.64m"
[1] "Maximale Abweichung: 8.5m"
[1] "-----"
[1] "STRASSE"
[1] "Straßen-Durchschnittshöhe: Simuliertes Gebiet 164.17m; Testgebiet 164.85m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Straßen-Durchschnittshöhe pro Zelle: Simuliertes Gebiet
0.53m; Testgebiet 0.74m"
[1] "Maximale Abweichung: Simuliertes Gebiet 2.02m; Testgebiet 2.02m"

-----
```

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 11111, NA-Zellen 26009)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -10           225           0.02           0.02           1
```

2	-5	3080	0.23	0.28	1.03
3	0	7591	0.56	0.68	1.051
4	5	215	0.02	0.02	1.119
5	rN	2402	0.18		

[1] "-----"  
 [1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
5	75	0.000000 -3.8701518
4	70	-1.964286 -4.9272727
3	65	-4.411765 -3.5281981
2	60	-1.455946 -1.9135802
1	55	-0.775125 0.1971392

[1] "-----"  
 [1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	355	0.03	-0.08116883	69.82151	20	148.6607
2	2	165	0.01	-0.06622517	58.43576	15	141.1559
3	3	182	0.01	0.85365854	47.07806	20	107.7033
4	4	45	0.00	1.33333333	36.43938	20	70.0000
5	999	12745	0.94	-1.60298765	64.32889	0	175.5705

-----  
 [1] "WERTVERGLEICH"  
 [1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"  
 [1] "Einstellungen:"  
 [1] "street\_rep\_calc\_start: line\_line"  
 [1] "distance\_calc\_logic: grid\_dist"  
 [1] "distance\_height\_logic: 3d"  
 [1] "source\_factor: 10"  
 [1] "Zellstatistiken:"  
 [1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"  
 [1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 12594, NA-Zellen 24526)"  
 [1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"  
 [1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean	(?!)
1	-10	8	0.00	0	1
2	-5	2016	0.15	0.16	1.027
3	0	9956	0.74	0.79	1.048
4	5	613	0.05	0.05	1.089
5	10	1	0.00	0	1
6	rN	919	0.07		

[1] "-----"  
 [1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
5	75	0.000000 -2.0489039
4	70	-2.0088496 -3.4636364
3	65	-2.3831776 -2.1698762
2	60	-0.0434522 -0.7666268
1	55	-0.2942488 0.4354095

[1] "-----"  
 [1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	355	0.03	0.6158358	69.82151	20	148.6607
2	2	165	0.01	1.1280488	58.43576	15	141.1559
3	3	182	0.01	1.5934066	47.07806	20	107.7033
4	4	45	0.00	2.0000000	36.43938	20	70.0000
5	999	12745	0.94	-0.6626201	64.32889	0	175.5705

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13413, NA-Zellen 23707)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         1158          0.09          0.09          1.018
2          0         10765          0.80          0.8          1.048
3          5          1485          0.11          0.11          1.073
4         10           5          0.00           0          1.092
5          rN          100          0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.00000000 -1.9814503
4  70 -1.64335664 -2.8181818
3  65 -1.35064935 -0.8390646
2  60  1.43839040  0.0617284
1  55 -0.04599314  0.9058672
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           355  0.03  1.26760563          69.82151          20          148.6607
2     2           165  0.01  2.57575758          58.43576          15          141.1559
3     3           182  0.01  2.28021978          47.07806          20          107.7033
4     4            45  0.00  2.88888889          36.43938          20           70.0000
5    999          12745  0.94  0.02092215          64.32889           0          175.5705
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13492, NA-Zellen 23628)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5           457          0.03          0.03          1.018
2          0          10046          0.74          0.74          1.045
3          5          2965          0.22          0.22          1.063
4         10            24          0.00           0          1.13
5          rN            21          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.00000000 -1.98145025
  
```

```
4 70 -0.9834639 -0.88636364
3 65 0.4536188 -0.06189821
2 60 2.6878613 0.64715253
1 55 0.0000000 1.70985448
```

```
[1] "-----"
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
```

```
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
```

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	355	0.03	2.2535211	69.82151	20	148.6607
2	2	165	0.01	3.0606061	58.43576	15	141.1559
3	3	182	0.01	3.1593407	47.07806	20	107.7033
4	4	45	0.00	3.8888889	36.43938	20	70.0000
5	999	12745	0.94	0.8415065	64.32889	0	175.5705

```
[1] "WERTVERGLEICH"
```

```
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 79db"
```

```
[1] "Einstellungen:"
```

```
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
```

```
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
```

```
[1] "distance_height_logic: 3d"
```

```
[1] "source_factor: 10"
```

```
[1] "Zellstatistiken:"
```

```
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120"
```

```
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13492, NA-Zellen 23628)"
```

```
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
```

```
[1] "-----"
```

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
```

```
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
```

1	-5	323	0.02	0.02	1
2	0	8054	0.60	0.6	1.043
3	5	5040	0.37	0.37	1.057
4	10	75	0.01	0.01	1.15
5	rN	21	0.00		

```
[1] "-----"
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
```

```
zone mean_model mean_orig
```

5	75	0.0000000	-1.9814503
4	70	-0.6306991	-0.4000000
3	65	2.0690335	0.2372765
2	60	3.6165577	1.9653524
1	55	0.0000000	2.6384989

```
[1] "-----"
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
```

```
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
```

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	355	0.03	3.338028	69.82151	20	148.6607
2	2	165	0.01	3.696970	58.43576	15	141.1559
3	3	182	0.01	4.065934	47.07806	20	107.7033
4	4	45	0.00	5.000000	36.43938	20	70.0000
5	999	12745	0.94	1.692821	64.32889	0	175.5705

```
[1] "WERTVERGLEICH"
```

```
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
```

```
[1] "Einstellungen:"
```

```
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
```

```
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
```

```
[1] "distance_height_logic: 3d"
```

```
[1] "source_factor: 10"
```

```
[1] "Zellstatistiken:"
```

```

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 11542, NA-Zellen 25578)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5         1880           0.14         0.16         1.028
2           0         8890           0.66         0.77         1.048
3           5          771           0.06         0.07         1.059
4          10           1           0.00           0           1
5          rN         1971           0.15
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  1.8985356  0.0000000
4  70  0.0000000 -1.4136364
3  65 -2.1012172 -2.0082531
2  60 -0.3369603 -1.2066906
1  55 -0.5087518  0.3348063
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         350  0.03  0.3301887         63.20381         20         143.96180
2     2         155  0.01  0.4421769         54.54176         15         136.01471
3     3         209  0.02  1.2935323         41.81555         10         102.95630
4     4          75  0.01  2.1232877         32.42077         15          96.17692
5   999        12703  0.94 -0.5665093         59.70321          0         170.88007
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 12807, NA-Zellen 24313)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5          625           0.05           0.05         1.033
2           0        10798           0.80           0.84         1.045
3           5         1379           0.10           0.11         1.061
4          10           5           0.00           0           1.107
5          rN          706           0.05
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  1.89853556  0.0000000
4  70  0.08078995  0.7909091
3  65 -0.31440162 -0.8149931
2  60  0.99206349 -0.2070888
1  55 -0.14813660  0.6511400
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max

```

1	1	350	0.03	1.2979351	63.20381	20	143.96180
2	2	155	0.01	1.5909091	54.54176	15	136.01471
3	3	209	0.02	1.9138756	41.81555	10	102.95630
4	4	75	0.01	2.8000000	32.42077	15	96.17692
5	999	12703	0.94	0.2098919	59.70321	0	170.88007

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13452, NA-Zellen 23668)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5           139           0.01           0.01           1.02
2           0          10683           0.79           0.79           1.045
3           5           2606           0.19           0.19           1.059
4          10            24           0.00            0           1.146
5           rN            61           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75  1.89853556 0.00000000
4   70  0.40229885 1.20909091
3   65  0.74820541 0.09628611
2   60  2.25810413 0.60931900
1   55 -0.01183032 1.22850911
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         350  0.03  2.1000000          63.20381           20          143.96180
2     2         155  0.01  2.5483871          54.54176           15          136.01471
3     3         209  0.02  2.9425837          41.81555           10          102.95630
4     4          75  0.01  3.6000000          32.42077           15           96.17692
5    999        12703 0.94  0.8339256          59.70321            0          170.88007
  
```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13492, NA-Zellen 23628)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5            2           0.00            0           1.04
2           0          8866           0.66           0.66           1.044
3           5          4572           0.34           0.34           1.053
4          10            52           0.00            0           1.185
  
```

```

5           rN           21           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  1.898536  0.000000
4  70  1.578212  1.640909
3  65  2.206806  1.165750
2  60  3.193509  1.475508
1  55  0.000000  2.063441
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           350  0.03     2.900000         63.20381          20    143.96180
2     2           155  0.01     3.193548         54.54176          15    136.01471
3     3           209  0.02     3.803828         41.81555          10    102.95630
4     4            75  0.01     4.800000         32.42077          15     96.17692
5  999          12703  0.94     1.629930         59.70321           0    170.88007

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 12601, NA-Zellen 24519)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         1983           0.15         0.16           1.026
2              0        10002           0.74         0.79           1.048
3              5          615           0.05         0.05           1.089
4             10           1           0.00           0              1
5             rN          912           0.07
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone  mean_model mean_orig
5  75  0.000000000 -1.9814503
4  70 -2.025862069 -3.4318182
3  65 -2.266584767 -2.0529574
2  60  0.004549591 -0.7586619
1  55 -0.293855744  0.4335302
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           355  0.03     0.6140351         69.82151          20    148.6607
2     2           165  0.01     1.1280488         58.43576          15    141.1559
3     3           182  0.01     1.5934066         47.07806          20    107.7033
4     4            45  0.00     2.0000000         36.43938          20     70.0000
5  999          12745  0.94    -0.6407988         64.32889           0    175.5705

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"

```

```

[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13413, NA-Zellen 23707)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5          1143           0.08           0.09           1.018
2           0          10831           0.80           0.81           1.048
3           5           1434           0.11           0.11           1.074
4          10            5           0.00            0           1.092
5           rN            100           0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.00000000 -1.98145025
4  70 -1.64335664 -2.81818182
3  65 -1.32579651 -0.78060523
2  60  1.41855723  0.06571087
1  55 -0.04713336  0.87040619
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           355  0.03  1.239436620           69.82151           20           148.6607
2     2           165  0.01  2.575757576           58.43576           15           141.1559
3     3           182  0.01  2.307692308           47.07806           20           107.7033
4     4            45  0.00  2.888888889           36.43938           20           70.0000
5   999          12745  0.94  0.007105637           64.32889            0           175.5705
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 12811, NA-Zellen 24309)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5            589           0.04           0.05           1.032
2           0          10824           0.80           0.84           1.045
3           5           1392           0.10           0.11           1.062
4          10             6           0.00            0           1.127
5           rN            702           0.05
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  1.89853556  0.00000000
4  70  0.08818342  0.8318182
3  65 -0.22501655 -0.7187070
2  60  1.04197678 -0.1792115
1  55 -0.14802119  0.6507759

```

```

[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 350 0.03 1.2979351 63.20381 20 143.96180
2 2 155 0.01 1.5909091 54.54176 15 136.01471
3 3 209 0.02 2.0574163 41.81555 10 102.95630
4 4 75 0.01 2.8000000 32.42077 15 96.17692
5 999 12703 0.94 0.2285192 59.70321 0 170.88007
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13452, NA-Zellen 23668)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 134 0.01 0.01 1.019
2 0 10734 0.79 0.8 1.045
3 5 2559 0.19 0.19 1.059
4 10 25 0.00 0 1.149
5 rN 61 0.00
  
```

```

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 1.89853556 0.0000000
4 70 0.40229885 1.2090909
3 65 0.77911427 0.1134801
2 60 2.23348348 0.6332139
1 55 -0.01171548 1.1919425
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 350 0.03 2.0571429 63.20381 20 143.96180
2 2 155 0.01 2.5483871 54.54176 15 136.01471
3 3 209 0.02 2.9904306 41.81555 10 102.95630
4 4 75 0.01 3.6000000 32.42077 15 96.17692
5 999 12703 0.94 0.8185264 59.70321 0 170.88007
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 12901, NA-Zellen 24219)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
  
```

```

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -10           8           0.00           0           1
2       -5          1866          0.14          0.14          1.022
3        0         10204          0.76          0.79          1.049
4        5           821          0.06          0.06          1.09
5       10            2          0.00            0          1.257
6       rN           612          0.05
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.0000000 -2.0489039
4  70 -2.0088496 -3.4636364
3  65 -2.2997573 -2.0426410
2  60  0.2921628 -0.5316607
1  55 -0.2105968  0.5584702
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           355  0.03   0.9195402           69.82151           20           148.6607
2     2           165  0.01   2.1951220           58.43576           15           141.1559
3     3           182  0.01   2.0879121           47.07806           20           107.7033
4     4            45  0.00   3.3333333           36.43938           20           70.0000
5   999          12745  0.94  -0.5344799           64.32889            0           175.5705
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13502, NA-Zellen 23618)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -5          1044          0.08          0.08          1.012
2       0          10608          0.79          0.79          1.047
3       5          1831          0.14          0.14          1.075
4      10            19          0.00            0          1.227
5       rN            11          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.0000000 -1.9814503
4  70 -1.64335664 -2.8181818
3  65 -1.04427334 -0.5605227
2  60  1.81687784  0.2429311
1  55 -0.02107652  1.0970168
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           355  0.03   1.8873239           69.82151           20           148.6607
2     2           165  0.01   2.9090909           58.43576           15           141.1559
3     3           182  0.01   3.1318681           47.07806           20           107.7033

```

4	4	45	0.00	4.5555556	36.43938	20	70.0000
5	999	12745	0.94	0.1727658	64.32889	0	175.5705

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13051, NA-Zellen 24069)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5          518          0.04          0.04          1.024
2         0        10883          0.81          0.83          1.045
3         5         1637          0.12          0.13          1.067
4        10          13          0.00           0          1.317
5         rN          462          0.03
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 1.89853556 0.000000000
4  70 0.08078995 0.790909091
3  65 -0.14867485 -0.715268226
2  60 1.27639155 0.009956193
1  55 -0.08827238 0.793994319
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         350 0.03  1.6907514      63.20381          20      143.96180
2     2         155 0.01  2.4025974      54.54176          15      136.01471
3     3         209 0.02  2.7511962      41.81555          10      102.95630
4     4          75 0.01  4.2000000      32.42077          15       96.17692
5    999        12703 0.94  0.3166055      59.70321           0      170.88007

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13512, NA-Zellen 23608)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5          108          0.01          0.01          1.004
2         0        10341          0.77          0.77          1.043
3         5         3009          0.22          0.22          1.06
4        10          54          0.00           0          1.244
5         rN           1          0.00
[1] "-----"

```

```

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone  mean_model mean_orig
5  75  1.8985355649 0.0000000
4  70  0.4022988506 1.2090909
3  65  1.1257606491 0.1581843
2  60  2.5294533459 0.8602151
1  55 -0.0008858965 1.4419404
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         350  0.03   2.6285714         63.20381           20    143.96180
2     2         155  0.01   3.0322581         54.54176           15    136.01471
3     3         209  0.02   3.7799043         41.81555           10    102.95630
4     4          75  0.01   5.4666667         32.42077           15     96.17692
5  999        12703  0.94   0.9805542         59.70321            0    170.88007
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 12901, NA-Zellen 24219)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         1867           0.14           0.14           1.022
2              0        10211           0.76           0.79           1.048
3              5          821           0.06           0.06           1.09
4             10           2           0.00            0           1.257
5             rN          612           0.05
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.0000000 -1.9814503
4  70 -2.0258621 -3.4318182
3  65 -2.2504593 -2.0426410
2  60  0.2921628 -0.5316607
1  55 -0.2105968  0.5584702
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         355  0.03   0.9195402         69.82151           20    148.6607
2     2         165  0.01   2.1951220         58.43576           15    141.1559
3     3         182  0.01   2.0879121         47.07806           20    107.7033
4     4          45  0.00   3.3333333         36.43938           20     70.0000
5  999        12745  0.94  -0.5283081         64.32889            0    175.5705
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"

```

```

[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13502, NA-Zellen 23618)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5      1040      0.08      0.08      1.012
2       0     10610      0.79      0.79      1.047
3       5     1833      0.14      0.14      1.075
4      10       19      0.00       0      1.227
5      rN       11      0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 0.00000000 -1.9814503
4  70 -1.64335664 -2.8181818
3  65 -1.03646833 -0.5467675
2  60 1.82427580 0.2469136
1  55 -0.02107652 1.0970168
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         355 0.03  1.8873239      69.82151         20      148.6607
2     2         165 0.01  2.9090909      58.43576         15      141.1559
3     3         182 0.01  3.1318681      47.07806         20      107.7033
4     4          45 0.00  4.6666667      36.43938         20       70.0000
5    999       12745 0.94  0.1747291      64.32889          0      175.5705
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13051, NA-Zellen 24069)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5         509      0.04      0.04      1.024
2       0     10891      0.81      0.83      1.045
3       5     1638      0.12      0.13      1.067
4      10        13      0.00       0      1.317
5      rN       462      0.03
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 1.89853556 0.00000000
4  70 0.08818342 0.831818182
3  65 -0.12036435 -0.711829436
2  60 1.27639155 0.009956193
1  55 -0.08827238 0.793994319
[1] "-----"

```

```

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 350 0.03 1.6907514 63.20381 20 143.96180
2 2 155 0.01 2.4025974 54.54176 15 136.01471
3 3 209 0.02 2.7511962 41.81555 10 102.95630
4 4 75 0.01 4.2000000 32.42077 15 96.17692
5 999 12703 0.94 0.3206854 59.70321 0 170.88007
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13512, NA-Zellen 23608)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 108 0.01 0.01 1.004
2 0 10337 0.76 0.77 1.043
3 5 3013 0.22 0.22 1.06
4 10 54 0.00 0 1.244
5 rN 1 0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 1.8985355649 0.0000000
4 70 0.4022988506 1.2090909
3 65 1.1336032389 0.1581843
2 60 2.5318396226 0.8681800
1 55 -0.0008858965 1.4419404
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 350 0.03 2.6285714 63.20381 20 143.96180
2 2 155 0.01 3.0322581 54.54176 15 136.01471
3 3 209 0.02 3.8038278 41.81555 10 102.95630
4 4 75 0.01 5.4666667 32.42077 15 96.17692
5 999 12703 0.94 0.9817352 59.70321 0 170.88007
  
```

### A5.1.3 Testgebiet 3 – Krottenbachstraße

```

[1] "TESTGEBIET (Teilausschnitt aus simuliertem Gebiet)"
[1] "Länge des Rasters: 130m"
[1] "Breite des Rasters: 200m"
[1] "Anzahl Zellen: 1040"
[1] "Gelände-Durchschnittshöhe: 251.74m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 7.36m"
[1] "Maximale Abweichung: 24.6m"
[1] "-----"
[1] "STRASSE"
[1] "Straßen-Durchschnittshöhe: Simuliertes Gebiet 224.58m; Testgebiet 243.86m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Straßen-Durchschnittshöhe pro Zelle: Simuliertes Gebiet
13.99m; Testgebiet 19.28m"
[1] "Maximale Abweichung: Simuliertes Gebiet 28.62m; Testgebiet 21.33m"
  
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 66db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 60, NA-Zellen 980)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         10         0.02         0.17         1
2         0         50         0.09         0.83         1
3      rN         505         0.89
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
2  65         0 -1.666667
1  55        -10         NA
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1          17  0.03         NaN         45.57187         28.28427         78.10250
2     2           3  0.01         NaN         37.81227         21.21320         60.20797
3     3           5  0.01         NaN         31.69193         18.02776         53.15073
4    999          540  0.96    -1.666667         25.12511          0.00000         75.00000
-----
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 67db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 200, NA-Zellen 840)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         126         0.22         0.63         1.009
2       -5          24         0.04         0.12         1.05
3         0          50         0.09         0.25         1
4      rN          365         0.65
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
3  65         0.0 -7.159091
2  60         NA -5.000000
1  55        -9.2         NA
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
-----
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 17 0.03 NaN 45.57187 28.28427 78.10250
2 2 3 0.01 NaN 37.81227 21.21320 60.20797
3 3 5 0.01 NaN 31.69193 18.02776 53.15073
4 999 540 0.96 -6.9 25.12511 0.00000 75.00000
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 68db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 275, NA-Zellen 765)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -10 134 0.24 0.49 1.013
2 -5 87 0.15 0.32 1.042
3 0 54 0.10 0.2 1.002
4 rN 290 0.51
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
3 65 0.000000 -7.282609
2 60 NA -5.000000
1 55 -7.888889 0.000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 17 0.03 NaN 45.57187 28.28427 78.10250
2 2 3 0.01 -5.000000 37.81227 21.21320 60.20797
3 3 5 0.01 -5.000000 31.69193 18.02776 53.15073
4 999 540 0.96 -6.465201 25.12511 0.00000 75.00000
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 69db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 343, NA-Zellen 697)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -10 134 0.24 0.39 1.013
2 -5 122 0.22 0.36 1.043
3 0 87 0.15 0.25 1.017
4 rN 222 0.39
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
```

```

zone mean_model mean_orig
3 65 0.00000 -7.282609
2 60 NA -5.000000
1 55 -6.65529 0.000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 17 0.03 NaN 45.57187 28.28427 78.10250
2 2 3 0.01 -5.000000 37.81227 21.21320 60.20797
3 3 5 0.01 -3.333333 31.69193 18.02776 53.15073
4 999 540 0.96 -5.707965 25.12511 0.00000 75.00000

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 70db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 399, NA-Zellen 641)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -10 134 0.24 0.34 1.013
2 -5 124 0.22 0.31 1.042
3 0 91 0.16 0.23 1.045
4 5 50 0.09 0.13 1
5 rN 166 0.29

```

```

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
4 70 5.000000 NA
3 65 NA -5.923913
2 60 NA -5.000000
1 55 -5.616046 0.000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 17 0.03 0.000000 45.57187 28.28427 78.10250
2 2 3 0.01 -2.500000 37.81227 21.21320 60.20797
3 3 5 0.01 -2.500000 31.69193 18.02776 53.15073
4 999 540 0.96 -4.335038 25.12511 0.00000 75.00000

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 71db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 457, NA-Zellen 583)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"

```

```

[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10      124      0.22      0.27      1.014
2       -5      134      0.24      0.29      1.039
3        0      149      0.26      0.33      1.048
4         5       50      0.09      0.11      1
5         rN      108      0.19
  
```

```

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.000000      NA
3  65      NA -5.652174
2  60 -5.000000 -5.000000
1  55 -4.685139  0.000000
  
```

```

[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1          17  0.03   0.000000      45.57187      28.28427      78.10250
2     2           3  0.01  -2.500000      37.81227      21.21320      60.20797
3     3           5  0.01  -2.500000      31.69193      18.02776      53.15073
4    999         540  0.96  -3.713318      25.12511       0.00000      75.00000
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 516, NA-Zellen 524)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
  
```

```

[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         8      0.01      0.02      1.07
2       -5      226      0.40      0.44      1.023
3        0      232      0.41      0.45      1.05
4         5       50      0.09      0.1      1
5         rN       49      0.09
  
```

```

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.000000      NA
3  65      NA -2.500000
2  60 -4.200000 -4.032258
1  55 -1.835443  0.000000
  
```

```

[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1          17  0.03   0.000000      45.57187      28.28427      78.10250
2     2           3  0.01  -2.500000      37.81227      21.21320      60.20797
3     3           5  0.01  -2.000000      31.69193      18.02776      53.15073
4    999         540  0.96  -1.909091      25.12511       0.00000      75.00000
  
```

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 73db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 558, NA-Zellen 482)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1         -5         171         0.30         0.31         1.02
2          0         333         0.59         0.6         1.049
3          5          54         0.10         0.1         1.002
4         rN           7         0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.0000000      NA
3  65           NA -2.282609
2  60 -2.8888889 -1.491935
1  55 -0.6537102  0.080000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           17  0.03  0.000000         45.57187         28.28427         78.10250
2     2            3  0.01  0.000000         37.81227         21.21320         60.20797
3     3            5  0.01 -1.000000         31.69193         18.02776         53.15073
4   999          540  0.96 -1.086142         25.12511          0.00000         75.00000
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 74db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1         -5         136         0.24         0.24         1.013
2          0         342         0.61         0.61         1.049
3          5          87         0.15         0.15         1.017
4         rN           0         0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.0000000      NA
3  65           NA -2.28260870
2  60 -1.65529010 -0.08064516
1  55 -0.04504505  0.71984436
[1] "-----"
```

```

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 17 0.03 0.000000 45.57187 28.28427 78.10250
2 2 3 0.01 0.000000 37.81227 21.21320 60.20797
3 3 5 0.01 1.000000 31.69193 18.02776 53.15073
4 999 540 0.96 -0.462963 25.12511 0.00000 75.00000
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 134 0.24 0.24 1.013
2 0 290 0.51 0.51 1.049
3 5 91 0.16 0.16 1.045
4 10 50 0.09 0.09 1
5 rN 0 0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
4 75 10.000000 NA
3 65 NA -0.923913
2 60 -0.6160458 0.000000
1 55 0.000000 1.770428
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 17 0.03 0.5882353 45.57187 28.28427 78.10250
2 2 3 0.01 1.6666667 37.81227 21.21320 60.20797
3 3 5 0.01 2.0000000 31.69193 18.02776 53.15073
4 999 540 0.96 0.4814815 25.12511 0.00000 75.00000
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 535, NA-Zellen 505)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -10 3 0.01 0.01 1
2 -5 149 0.26 0.28 1.031
  
```

```

3           0           262           0.46           0.49           1.048
4           5           121           0.21           0.23           1
5           rN           30           0.05
    
```

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

```

zone mean_model mean_orig
4 70 5.000000 NA
3 65 NA 1.494565
2 60 -3.157895 -3.588710
1 55 -1.489028 0.000000
    
```

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

```

zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 18 0.03 0.0000000 43.00646 28.28427 72.11103
2 2 13 0.02 0.0000000 31.96448 21.21320 53.15073
3 3 5 0.01 -2.5000000 32.04830 14.14214 55.90170
4 4 1 0.00 -5.0000000 21.21320 21.21320 21.21320
5 999 528 0.93 -0.3087649 20.39799 0.00000 69.46222
    
```

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 73db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: polygon\_polygon"

[1] "distance\_calc\_logic: grid\_dist"

[1] "distance\_height\_logic: 3d"

[1] "source\_factor: 10"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 563, NA-Zellen 477"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

```

db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 81 0.14 0.14 1.013
2 0 352 0.62 0.63 1.05
3 5 130 0.23 0.23 1.003
4 rN 2 0.00
    
```

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

```

zone mean_model mean_orig
4 70 5.0000000 NA
3 65 NA 1.5760870
2 60 -1.5168539 -0.7258065
1 55 -0.3409091 0.1764706
    
```

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

```

zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 18 0.03 0.0000000 43.00646 28.28427 72.11103
2 2 13 0.02 0.3846154 31.96448 21.21320 53.15073
3 3 5 0.01 0.0000000 32.04830 14.14214 55.90170
4 4 1 0.00 -5.0000000 21.21320 21.21320 21.21320
5 999 528 0.93 0.4648956 20.39799 0.00000 69.46222
    
```

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 74db"

[1] "Einstellungen:"

```

[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?)
1      -5          63          0.11          0.11          1
2         0         324          0.57          0.57          1.05
3         5         178          0.32          0.32          1.016
4      rN           0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70 5.0000000      NA
3  65          NA 1.576087
2  60 -0.1229508 0.000000
1  55 0.0000000 1.108949
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Threshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           18 0.03  0.5555556         43.00646         28.28427         72.11103
2     2           13 0.02  1.1538462         31.96448         21.21320         53.15073
3     3            5 0.01  1.0000000         32.04830         14.14214         55.90170
4     4            1 0.00  0.0000000         21.21320         21.21320         21.21320
5   999          528 0.93  1.0321970         20.39799           0.00000         69.46222
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 71db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 506, NA-Zellen 534)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?)
1      -5          103          0.18          0.2          1.032
2         0          346          0.61          0.68          1.039
3         5           57          0.10          0.11          1.003
4      rN           59          0.10
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70 5.0000000      NA
3  65 0.0000000 -0.7336957
2  60 -1.9230769 -1.0483871
1  55 -0.5990783  0.1767677
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Threshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

```

	zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	17	0.03	0.0000000	45.57187	28.28427	78.10250
2	2	3	0.01	-2.5000000	37.81227	21.21320	60.20797
3	3	5	0.01	-1.2500000	31.69193	18.02776	53.15073
4	999	540	0.96	-0.4526749	25.12511	0.00000	75.00000

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 553, NA-Zellen 487)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5           45           0.08           0.08           1.05
2              0          438           0.78           0.79           1.037
3              5           70           0.12           0.13           1.011
4             rN           12           0.02
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4   70  5.0000000      NA
3   65  0.0500000  0.4076087
2   60 -0.4790419 -0.3629032
1   55 -0.2118644  0.3877551
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           17  0.03  0.0000000      45.57187      28.28427      78.10250
2     2            3  0.01  0.0000000      37.81227      21.21320      60.20797
3     3            5  0.01 -1.0000000      31.69193      18.02776      53.15073
4    999          540  0.96  0.2457467      25.12511       0.00000      75.00000
  
```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 73db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 564, NA-Zellen 476)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5           23           0.04           0.04           1.076
2              0          436           0.77           0.77           1.037
3              5          105           0.19           0.19           1.021
4             rN            1           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  
```

```

zone mean_model mean_orig
4 70 5.0000000 NA
3 65 0.04464286 0.73369565
2 60 0.77500000 0.04032258
1 55 0.00000000 1.05468750

```

```

[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 17 0.03 0.3125000 45.57187 28.28427 78.10250
2 2 3 0.01 0.0000000 37.81227 21.21320 60.20797
3 3 5 0.01 1.0000000 31.69193 18.02776 53.15073
4 999 540 0.96 0.7407407 25.12511 0.00000 75.00000

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 74db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 0 370 0.65 0.65 1.039
2 5 195 0.35 0.35 1.029
3 rN 0 0.00

```

```

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
4 70 5.000000 NA
3 65 1.277778 1.358696
2 60 2.796610 1.854839
1 55 0.000000 1.926070
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 17 0.03 0.5882353 45.57187 28.28427 78.10250
2 2 3 0.01 1.6666667 37.81227 21.21320 60.20797
3 3 5 0.01 1.0000000 31.69193 18.02776 53.15073
4 999 540 0.96 1.7685185 25.12511 0.00000 75.00000

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 70db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 486, NA-Zellen 554)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"

```

```

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5          97          0.17          0.2          1.022
2       0         263          0.47          0.54          1.046
3       5         126          0.22          0.26          1.001
4      rN          79          0.14
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.000000      NA
3  65           NA  1.5760870
2  60 -1.835443 -1.3709677
1  55 -0.821256  0.1404494
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           18  0.03  0.0000000          43.00646          28.28427          72.11103
2     2           13  0.02  0.0000000          31.96448          21.21320          53.15073
3     3            5  0.01 -1.6666667          32.04830          14.14214          55.90170
4     4            1  0.00 -5.0000000          21.21320          21.21320          21.21320
5    999          528  0.93  0.3369565          20.39799           0.00000          69.46222

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 71db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 530, NA-Zellen 510)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5          17          0.03          0.03          1.039
2       0         368          0.65          0.69          1.043
3       5         145          0.26          0.27          1.004
4      rN          35          0.06
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.000000      NA
3  65  0.2678571  3.0163043
2  60  0.3793103 -0.1612903
1  55 -0.1682692  0.4729730
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           18  0.03  0.0000000          43.00646          28.28427          72.11103
2     2           13  0.02  0.0000000          31.96448          21.21320          53.15073
3     3            5  0.01  0.0000000          32.04830          14.14214          55.90170
4     4            1  0.00 -5.0000000          21.21320          21.21320          21.21320
5    999          528  0.93  1.295181          20.39799           0.00000          69.46222

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 562, NA-Zellen 478)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1             -5           3           0.01           0.01           1.044
2              0          368           0.65           0.65           1.045
3              5          191           0.34           0.34           1.011
4             rN           3           0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.0000000      NA
3  65  1.43678161  3.2608696
2  60  1.53846154  0.9274194
1  55 -0.04739336  0.8858268
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           18  0.03   0.000000      43.00646      28.28427      72.11103
2     2           13  0.02   1.153846      31.96448      21.21320      53.15073
3     3            5  0.01   0.000000      32.04830      14.14214      55.90170
4     4            1  0.00   0.000000      21.21320      21.21320      21.21320
5   999           528  0.93   1.758555      20.39799       0.00000      69.46222

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 73db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1              0          322           0.57           0.57           1.046
2              5          243           0.43           0.43           1.017
3             rN           0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.0000000      NA
3  65  1.785714  3.288043
2  60  2.471591  1.411290
1  55  0.000000  1.692607
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

```

```

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           18  0.03    1.388889         43.00646         28.28427         72.11103
2     2            9  0.02    1.538462         31.96448         21.21320         53.15073
3     3            5  0.01    1.000000         32.04830         14.14214         55.90170
4     4            1  0.00    0.000000         21.21320         21.21320         21.21320
5    999           528  0.93    2.206439         20.39799          0.00000         69.46222
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 530, NA-Zellen 510)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -10           5           0.01           0.01           1.064
2              -5          226           0.40           0.43           1.023
3               0          249           0.44           0.47           1.052
4               5           50           0.09           0.09              1
5              rN           35           0.06
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4    70  5.000000      NA
3    65           NA -2.418478
2    60 -4.134615 -3.911290
1    55 -1.651235  0.000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           17  0.03    0.000000         45.57187         28.28427         78.10250
2     2            3  0.01   -2.500000         37.81227         21.21320         60.20797
3     3            5  0.01   -1.000000         31.69193         18.02776         53.15073
4    999           540  0.96   -1.814596         25.12511          0.00000         75.00000
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 73db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 562, NA-Zellen 478)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1              -5          166           0.29           0.3           1.018
2               0          339           0.60           0.6           1.049
3               5           57           0.10           0.1           1.007
  
```

```

4           rN           3           0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.0000000    NA
3  65           NA -2.2826087
2  60 -2.7253219 -1.2903226
1  55 -0.5734767  0.1377953
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           17  0.03    0.000000    45.57187    28.28427    78.10250
2     2            3  0.01    0.000000    37.81227    21.21320    60.20797
3     3            5  0.01    0.000000    31.69193    18.02776    53.15073
4    999          540  0.96   -1.013011    25.12511     0.00000    75.00000
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 74db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5          136          0.24          0.24          1.013
2              0          334          0.59          0.59          1.049
3              5           95          0.17          0.17          1.022
4             rN           0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.0000000    NA
3  65           NA -2.2826087
2  60 -1.47840532 -0.08064516
1  55 -0.04672897  0.87548638
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           17  0.03    0.2941176    45.57187    28.28427    78.10250
2     2            3  0.01    1.6666667    37.81227    21.21320    60.20797
3     3            5  0.01    1.0000000    31.69193    18.02776    53.15073
4    999          540  0.96   -0.4074074    25.12511     0.00000    75.00000
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 71db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"

```

```

[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 492, NA-Zellen 548)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -10          63          0.11      0.13          1
2       -5         124          0.22      0.25         1.04
3        0         184          0.33      0.37         1.055
4         5         121          0.21      0.25          1
5        rN          73          0.13
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.000000      NA
3  65          NA -0.1358696
2  60          NA -5.0000000
1  55 -3.369272  0.0000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1    1          18  0.03  0.000000      43.00646      28.28427      72.11103
2    2           13  0.02  0.000000      31.96448      21.21320      53.15073
3    3            5  0.01 -2.500000      32.04830      14.14214      55.90170
4    4            1  0.00 -5.000000      21.21320      21.21320      21.21320
5   999          528  0.93 -1.360691      20.39799       0.00000      69.46222
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 546, NA-Zellen 494)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -10           3          0.01      0.01          1
2       -5         142          0.25      0.26         1.028
3        0         280          0.50      0.51         1.05
4         5         121          0.21      0.22          1
5        rN          19          0.03
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.000000      NA
3  65          NA  1.494565
2  60 -2.941176 -3.306452
1  55 -1.362229  0.000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1    1           18  0.03  0.000000      43.00646      28.28427      72.11103

```

2	2	13	0.02	0.0000000	31.96448	21.21320	53.15073
3	3	5	0.01	-1.0000000	32.04830	14.14214	55.90170
4	4	1	0.00	-5.0000000	21.21320	21.21320	21.21320
5	999	528	0.93	-0.2446184	20.39799	0.00000	69.46222

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 73db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 564, NA-Zellen 476)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5           78           0.14           0.14           1.009
2           0          351           0.62           0.62           1.05
3           5          135           0.24           0.24           1.006
4           rN            1           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4   70  5.0000000      NA
3   65           NA  1.5760870
2   60 -1.3172043 -0.6048387
1   55 -0.2918288  0.2734375
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           18  0.03  0.0000000         43.00646         28.28427         72.11103
2     2           13  0.02  0.7692308         31.96448         21.21320         53.15073
3     3            5  0.01  0.0000000         32.04830         14.14214         55.90170
4     4            1  0.00  0.0000000         21.21320         21.21320         21.21320
5    999          528  0.93  0.5208333         20.39799           0.00000         69.46222

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 74db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5           63           0.11           0.11           1
2           0          315           0.56           0.56           1.049
3           5          187           0.33           0.33           1.019
4           rN            0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"

```

zone	mean_model	mean_orig
4	70 5.00000000	NA
3	65	NA 1.576087
2	60 0.05928854	0.000000
1	55 0.00000000	1.284047

[1] "-----"  
 [1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"  
 [1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	18	0.03	0.8333333	43.00646	28.28427 72.11103
2	2	13	0.02	1.5384615	31.96448	21.21320 53.15073
3	3	5	0.01	1.0000000	32.04830	14.14214 55.90170
4	4	1	0.00	0.0000000	21.21320	21.21320 21.21320
5	999	528	0.93	1.0984848	20.39799	0.00000 69.46222

[1] "WERTVERGLEICH"  
 [1] "Analysierter Basispegel-Wert: 71db"  
 [1] "Einstellungen:"  
 [1] "street\_rep\_calc\_start: line\_line"  
 [1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"  
 [1] "distance\_height\_logic: 2d"  
 [1] "source\_factor: 10"  
 [1] "Zellstatistiken:"  
 [1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"  
 [1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 519, NA-Zellen 521)"  
 [1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"  
 [1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean	(?!)
1	-5	102	0.18	0.2	1.031
2	0	360	0.64	0.69	1.04
3	5	57	0.10	0.11	1.003
4	rN	46	0.08		

[1] "-----"  
 [1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
4	70 5.00000000	NA
3	65 0.00000000	-0.7336957
2	60 -1.9125683	-1.0080645
1	55 -0.5458515	0.1658768

[1] "-----"  
 [1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"  
 [1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	17	0.03	0.0000000	45.57187	28.28427 78.10250
2	2	3	0.01	0.0000000	37.81227	21.21320 60.20797
3	3	5	0.01	-1.0000000	31.69193	18.02776 53.15073
4	999	540	0.96	-0.4426559	25.12511	0.00000 75.00000

[1] "WERTVERGLEICH"  
 [1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"  
 [1] "Einstellungen:"  
 [1] "street\_rep\_calc\_start: line\_line"  
 [1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"  
 [1] "distance\_height\_logic: 2d"  
 [1] "source\_factor: 10"  
 [1] "Zellstatistiken:"  
 [1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"  
 [1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 558, NA-Zellen 482)"

```

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5           40           0.07           0.07           1.048
2           0          444           0.79           0.8            1.038
3           5           74           0.13           0.13           1.015
4           rN            7           0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70 5.0000000      NA
3  65 0.0500000 0.4076087
2  60 -0.3409091 -0.1612903
1  55 -0.1077586 0.4600000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           17 0.03  0.0000000      45.57187      28.28427      78.10250
2     2            3 0.01  0.0000000      37.81227      21.21320      60.20797
3     3            5 0.01  1.0000000      31.69193      18.02776      53.15073
4   999          540 0.96  0.3089888      25.12511       0.00000      75.00000
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 73db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5            1           0.00            0            1
2           0          441           0.78           0.78           1.037
3           5          123           0.22           0.22           1.03
4           rN            0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70 5.0000000      NA
3  65 0.5960265 1.3315217
2  60 1.6666667 0.7258065
1  55 0.0000000 1.0700389
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           17 0.03  0.2941176      45.57187      28.28427      78.10250
2     2            3 0.01  1.6666667      37.81227      21.21320      60.20797
3     3            5 0.01  1.0000000      31.69193      18.02776      53.15073
4   999          540 0.96  1.1018519      25.12511       0.00000      75.00000
-----

```

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 70db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 495, NA-Zellen 545)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5          97          0.17          0.2          1.022
2          0         272          0.48          0.55          1.048
3          5         126          0.22          0.25          1.001
4         rN          70          0.12
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.000000      NA
3  65          NA  1.5760870
2  60 -1.835443 -1.3709677
1  55 -0.787037  0.1336898
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           18  0.03  0.0000000          43.00646          28.28427          72.11103
2     2           13  0.02  0.0000000          31.96448          21.21320          53.15073
3     3            5  0.01 -1.2500000          32.04830          14.14214          55.90170
4     4            1  0.00 -5.0000000          21.21320          21.21320          21.21320
5    999          528  0.93  0.3333333          20.39799           0.00000          69.46222
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 71db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 541, NA-Zellen 499)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5          16          0.03          0.03          1.024
2          0         377          0.67          0.7          1.043
3          5         148          0.26          0.27          1.006
4         rN          24          0.04
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  5.000000      NA
3  65  0.2678571  3.0163043
2  60  0.4697987 -0.1209677
1  55 -0.1395349  0.5150215
[1] "-----"
```

```

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 18 0.03 0.000000 43.00646 28.28427 72.11103
2 2 13 0.02 1.153846 31.96448 21.21320 53.15073
3 3 5 0.01 0.000000 32.04830 14.14214 55.90170
4 4 1 0.00 0.000000 21.21320 21.21320 21.21320
5 999 528 0.93 1.274704 20.39799 0.00000 69.46222
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 563, NA-Zellen 477)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 1 0.00 0 1
2 0 368 0.65 0.65 1.045
3 5 194 0.34 0.34 1.012
4 rN 2 0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
4 70 5.000000 NA
3 65 1.436782 3.2608696
2 60 1.587838 1.0080645
1 55 0.000000 0.9411765
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 18 0.03 0.000000 43.00646 28.28427 72.11103
2 2 13 0.02 1.153846 31.96448 21.21320 53.15073
3 3 5 0.01 1.000000 32.04830 14.14214 55.90170
4 4 1 0.00 0.000000 21.21320 21.21320 21.21320
5 999 528 0.93 1.793169 20.39799 0.00000 69.46222
  
```

#### A5.1.4 Testgebiet 4 – B172 Walchseestraße

```

[1] "TESTGEBIET (Teilausschnitt aus simuliertem Gebiet)"
[1] "Länge des Rasters: 530m"
[1] "Breite des Rasters: 1430m"
[1] "Anzahl Zellen: 30316"
[1] "Gelände-Durchschnittshöhe: 645.51m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 12.95m"
[1] "Maximale Abweichung: 32.64m"
[1] "-----"
[1] "STRASSE"
[1] "Straßen-Durchschnittshöhe: Simuliertes Gebiet 632.57m; Testgebiet 633.08m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Straßen-Durchschnittshöhe pro Zelle: Simuliertes Gebiet
7.07m; Testgebiet 6.7m"
[1] "Maximale Abweichung: Simuliertes Gebiet 14.25m; Testgebiet 13.95m"
  
```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 70db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 26312"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 5497, NA-Zellen 20815)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -15          49          0.00          0.01          1.003
2      -10         1892          0.13          0.34          1.016
3       -5         3086          0.21          0.56          1.03
4        0          470          0.03          0.09          1.013
5         rN         9220          0.63
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4   70  0.000000 -7.153571
3   65 -5.000000 -8.140871
2   60 -7.905313 -5.000000
1   55 -6.437270  0.000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1      0           NaN          55.22681          55.22681          55.22681
2     2           1      0           NaN          49.24429          49.24429          49.24429
3   999         14310    1  -6.382572          62.55938           0.00000          174.64249
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 71db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 29172)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 6602, NA-Zellen 22570)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -15           4          0.00           0          1.02
2      -10         1300          0.09           0.2          1.014
3       -5         4632          0.31           0.7          1.029
4        0           666          0.05           0.1          1.022
5         rN         8115          0.55
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4   70  0.000000 -6.528571
3   65 -5.000000 -6.608222
2   60 -6.998420 -4.986107
1   55 -5.283436  0.000000
[1] "-----"

```

```

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 1 0 NaN 55.22681 55.22681 55.22681
2 2 1 0 NaN 49.24429 49.24429 49.24429
3 999 14682 1 -5.486216 64.17292 0.00000 174.64249
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 7804, NA-Zellen 22512)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -10 723 0.05 0.09 1.007
2 -5 5549 0.38 0.71 1.029
3 0 1532 0.10 0.2 1.029
4 rN 6913 0.47
  
```

```

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
4 70 0.000000 -5.932143
3 65 -5.000000 -5.344619
2 60 -5.885617 -4.742021
1 55 -4.062099 0.000000
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 1 0 0.000000 55.22681 55.22681 55.22681
2 2 1 0 0.000000 49.24429 49.24429 49.24429
3 999 14715 1 -4.482825 64.34892 0.00000 174.64249
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 73db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 9203, NA-Zellen 21113)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -10 343 0.02 0.04 1.004
2 -5 5366 0.36 0.58 1.028
3 0 3488 0.24 0.38 1.031
4 5 6 0.00 0 1.047
5 rN 5514 0.37
  
```

```
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  0.000000 -4.95357143
3  65 -4.619845 -4.84582830
2  60 -4.232794 -4.03638281
1  55 -2.839483  0.01273345
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1   1           1     0   0.000000      55.22681      55.22681      55.22681
2   2           1     0   0.000000      49.24429      49.24429      49.24429
3  999        14715   1  -3.285512      64.34892       0.00000      174.64249
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 74db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 10585, NA-Zellen 19731)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1           -10         148           0.01           0.01           1.003
2            -5         4611           0.31           0.44           1.025
3             0         5784           0.39           0.55           1.033
4             5           42           0.00              0           1.053
5            rN         4132           0.28
```

```
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4  70  0.000000 -4.28571429
3  65 -4.127854 -4.42261185
2  60 -2.681137 -2.95808067
1  55 -1.888889  0.05617978
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1   1           1     0   0.000000      55.22681      55.22681      55.22681
2   2           1     0   0.000000      49.24429      49.24429      49.24429
3  999        14715   1  -2.298498      64.34892       0.00000      174.64249
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
```

```

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 11983, NA-Zellen 18333)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -10           49           0.00           0           1.003
2           -5          3364           0.23           0.28           1.025
3            0          8100           0.55           0.68           1.034
4            5           470           0.03           0.04           1.013
5           rN          2734           0.19
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  5.000000      NA
4  70  0.000000 -2.1535714
3  65 -2.905313 -3.1408706
2  60 -1.437270 -1.9404166
1  55 -1.134752  0.1187695
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0     0.000000      55.22681      55.22681      55.22681
2     2           1     0     0.000000      49.24429      49.24429      49.24429
3   999          14715     1    -1.248644      64.34892       0.00000      174.64249
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13583, NA-Zellen 16733)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -10           4           0.00           0           1.02
2           -5          1854           0.13           0.14           1.022
3            0          11059           0.75           0.81           1.033
4            5           666           0.05           0.05           1.022
5           rN          1134           0.08
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  5.000000      NA
4  70  0.000000 -1.5285714
3  65 -1.9984202 -1.6082225
2  60 -0.2834356 -0.7184287
1  55 -0.3967913  0.2293646
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0     0.000000      55.22681      55.22681      55.22681
2     2           1     0     0.000000      49.24429      49.24429      49.24429
3   999          14715     1    -0.440321      64.34892       0.00000      174.64249

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14697, NA-Zellen 15619)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5          756           0.05         0.05         1.009
2          0         12409           0.84         0.84         1.033
3          5          1532           0.10         0.1         1.029
4         rN           20           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
      zone mean_model mean_orig
5   75  5.00000000    NA
4   70  0.00000000 -0.9321429
3   65 -0.88561673 -0.3446191
2   60  0.93790150  0.2122331
1   55 -0.02393733  0.6305732
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
      zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1      0   5.0000000          55.22681          55.22681          55.22681
2     2           1      0   5.0000000          49.24429          49.24429          49.24429
3   999         14715      1   0.2633549          64.34892           0.00000          174.64249

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5           343           0.02         0.02         1.004
2          0         10880           0.74         0.74         1.032
3          5          3488           0.24         0.24         1.031
4         10           6           0.00         0         1.047
5         rN           0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
      zone mean_model mean_orig
5   75  5.00000000    NA
4   70  0.3801546  0.04642857
3   65  0.7672057  0.15417170

```

```

2 60 2.1605166 0.96361719
1 55 0.0000000 1.50063532
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 1 0 5.000000 55.22681 55.22681 55.22681
2 2 1 0 5.000000 49.24429 49.24429 49.24429
3 999 14715 1 1.072035 64.34892 0.00000 174.64249
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13741, NA-Zellen 16575)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -10 2 0.00 0 1
2 -5 953 0.06 0.07 1.023
3 0 11516 0.78 0.84 1.033
4 5 1270 0.09 0.09 1.017
5 rN 976 0.07
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5 75 5.0000000 NA
4 70 0.3333333 1.1928571
3 65 -0.8524853 -0.6650544
2 60 0.2391464 -0.3150540
1 55 -0.2340174 0.3176675
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 2 0 0.0000000 53.44595 50.99020 55.90170
2 3 1 0 5.0000000 45.27693 45.27693 45.27693
3 999 14714 1 0.1135536 61.18294 0.00000 170.00000
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14713, NA-Zellen 15603)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
  
```

1	-5	322	0.02	0.02	1.005
2	0	11783	0.80	0.8	1.033
3	5	2607	0.18	0.18	1.025
4	10	1	0.00	0	1.08
5	rN	4	0.00		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig	
5	75	5.000000	NA
4	70	0.5429864	1.657142857
3	65	0.4808107	-0.009068924
2	60	1.3674210	0.648563143
1	55	0.0000000	0.847953216

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	2	0	5.0000000	53.44595	50.99020	55.90170
2	3	1	0	5.0000000	45.27693	45.27693	45.27693
3	999	14714	1	0.7763426	61.18294	0.00000	170.00000

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: polygon\_polygon"

[1] "distance\_calc\_logic: grid\_dist"

[1] "distance\_height\_logic: 3d"

[1] "source\_factor: 10"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean	(?!)
1	-5	148	0.01	0.01	1
2	0	9810	0.67	0.67	1.032
3	5	4741	0.32	0.32	1.028
4	10	18	0.00	0	1.045
5	rN	0	0.00		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig	
5	75	5.000000	NA
4	70	1.660207	2.0964286
3	65	1.822838	0.7769045
2	60	2.479615	1.4144477
1	55	0.000000	1.7229987

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	2	0	5.000000	53.44595	50.99020	55.90170
2	3	1	0	5.000000	45.27693	45.27693	45.27693
3	999	14714	1	1.571972	61.18294	0.00000	170.00000

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"

```

[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13627, NA-Zellen 16689)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5          1289           0.09           0.09           1.023
2           0          11557           0.79           0.85           1.033
3           5           781           0.05           0.06           1.024
4           rN          1090           0.07
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 5.000000000      NA
4  70 0.000000000 -0.4714286
3  65 -1.21467391 -0.9885127
2  60 0.09113608 -0.5918798
1  55 -0.35120956 0.2949853
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0     0.000000     55.22681     55.22681     55.22681
2     2           1     0     5.000000     49.24429     49.24429     49.24429
3    999         14715     1    -0.186789     64.34892      0.00000     174.64249
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14697, NA-Zellen 15619)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5           406           0.03           0.03           1.008
2           0          12548           0.85           0.85           1.032
3           5           1742           0.12           0.12           1.03
4          10            1           0.00            0           1.062
5           rN            20           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 5.000000000      NA
4  70 0.02873563 -0.04285714
3  65 -0.16826923 0.00000000
2  60 1.20554222 0.31505405
1  55 -0.03096432 0.70764331
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

```

```

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0   5.0000000         55.22681         55.22681         55.22681
2     2           1     0   5.0000000         49.24429         49.24429         49.24429
3  999       14715     1   0.4545764         64.34892           0.00000        174.64249
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5           22           0.00           0           1.054
2              0        10850           0.74           0.74           1.031
3              5         3834           0.26           0.26           1.032
4             10           11           0.00           0           1.052
5             rN              0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75  5.0000000         NA
4   70  0.4982517  1.1642857
3   65  1.7779599  0.3446191
2   60  2.3061337  1.1442130
1   55  0.0000000  1.6048285
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0   5.0000000         55.22681         55.22681         55.22681
2     2           1     0   5.0000000         49.24429         49.24429         49.24429
3  999       14715     1   1.302073         64.34892           0.00000        174.64249
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13785, NA-Zellen 16531)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5           447           0.03           0.03           1.031
2              0        11852           0.81           0.86           1.032
3              5         1486           0.10           0.11           1.02
4             rN           932           0.06
[1] "-----"
  
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5 75 5.00000000 NA
4 70 0.25349650 2.18928571
3 65 0.04614549 -0.04534462
2 60 0.67375000 -0.18718692
1 55 -0.21172393 0.42014990
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 2 0 2.5000000 53.44595 50.99020 55.90170
2 3 1 0 5.0000000 45.27693 45.27693 45.27693
3 999 14714 1 0.3762154 61.18294 0.00000 170.00000
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14713, NA-Zellen 15603)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 58 0.0 0 1.001
2 0 11735 0.8 0.8 1.032
3 5 2913 0.2 0.2 1.026
4 10 7 0.0 0 1.047
5 rN 4 0.0
```

```
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5 75 5.00000000 NA
4 70 0.6446991404 2.4214286
3 65 1.3483391608 0.2720677
2 60 1.5657894737 0.8687055
1 55 -0.0007773632 0.9166031
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 2 0 5.0000000 53.44595 50.99020 55.90170
2 3 1 0 5.0000000 45.27693 45.27693 45.27693
3 999 14714 1 0.9741672 61.18294 0.00000 170.00000
```

```
-----
1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
```

```

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1           0         9410           0.64           0.64           1.032
2           5         5282           0.36           0.36           1.027
3          10           25           0.00           0           1.047
4           rN           0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  5.000000      NA
4  70  2.093531  2.625000
3  65  2.646336  1.448005
2  60  2.627907  1.638545
1  55  0.000000  1.826557
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           2     0     5.00000     53.44595     50.99020     55.90170
2     3           1     0     5.00000     45.27693     45.27693     45.27693
3   999        14714     1     1.81086     61.18294           0.00000     170.00000
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13808, NA-Zellen 16508)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -10           4           0.00           0           1.02
2           -5        1654           0.11           0.12           1.017
3           0       11398           0.77           0.83           1.034
4           5         752           0.05           0.05           1.026
5           rN         909           0.06
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  5.000000      NA
4  70  0.000000 -1.5285714
3  65 -1.9309463 -1.4510278
2  60 -0.1141445 -0.5180596
1  55 -0.2909977  0.2808505
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0     5.0000000     55.22681     55.22681     55.22681
2     2           1     0     5.0000000     49.24429     49.24429     49.24429
3   999        14715     1    -0.3302912     64.34892           0.00000     174.64249

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14708, NA-Zellen 15608)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5          715          0.05          0.05          1.006
2          0         12138          0.82          0.83          1.033
3          5          1855          0.13          0.13          1.034
4         rN           9          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  5.000000000      NA
4  70  0.000000000 -0.9321429
3  65 -0.687602627 -0.3053204
2  60  1.167491749  0.3546006
1  55 -0.003769034  0.7842514
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0   5.0000000          55.22681          55.22681          55.22681
2     2           1     0   5.0000000          49.24429          49.24429          49.24429
3  999        14715     1   0.3869169          64.34892           0.00000          174.64249

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5          336          0.02          0.02          1.003
2          0         10452          0.71          0.71          1.031
3          5          3917          0.27          0.27          1.035
4         10           12          0.00           0          1.054
5         rN           0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  5.0000000      NA
4  70  0.5383663  0.06071429
3  65  0.9635036  0.24788392

```

```

2 60 2.3547237 1.10071184
1 55 0.0000000 1.69695044
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 1 0 5.000000 55.22681 55.22681 55.22681
2 2 1 0 5.000000 49.24429 49.24429 49.24429
3 999 14715 1 1.224261 64.34892 0.00000 174.64249
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 12545, NA-Zellen 17771)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -10 31 0.00 0 1
2 -5 2153 0.15 0.17 1.023
3 0 9419 0.64 0.75 1.034
4 5 942 0.06 0.08 1.011
5 rN 2172 0.15
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5 75 5.0000000 NA
4 70 0.1438849 0.6214286
3 65 -1.6734007 -2.0012092
2 60 -0.7119697 -1.2997627
1 55 -0.7617579 0.1763777
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 2 0 0.0000000 53.44595 50.99020 55.90170
2 3 1 0 5.0000000 45.27693 45.27693 45.27693
3 999 14714 1 -0.5078935 61.18294 0.00000 170.00000
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13940, NA-Zellen 16376)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
  
```

1	-10	2	0.00	0	1
2	-5	808	0.05	0.06	1.016
3	0	11723	0.80	0.84	1.033
4	5	1407	0.10	0.1	1.021
5	rN	777	0.05		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
5	75 5.0000000	NA
4	70 0.3333333	1.1928571
3	65 -0.7449560	-0.5713422
2	60 0.3919717	-0.1239125
1	55 -0.1503258	0.3834767

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	2	0	2.5000000	53.44595	50.99020	55.90170
2	3	1	0	5.0000000	45.27693	45.27693	45.27693
3	999	14714	1	0.2127431	61.18294	0.00000	170.00000

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: polygon\_polygon"

[1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"

[1] "distance\_height\_logic: 3d"

[1] "source\_factor: 10"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean	(?!)
1	-5	312	0.02	0.02	1.003
2	0	11447	0.78	0.78	1.032
3	5	2957	0.20	0.2	1.029
4	10	1	0.00	0	1.08
5	rN	0	0.00		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
5	75 5.0000000	NA
4	70 0.5429864	1.65714286
3	65 0.6505576	0.02116082
2	60 1.6002066	0.76983918
1	55 0.0000000	1.01143583

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	2	0	5.0000000	53.44595	50.99020	55.90170
2	3	1	0	5.0000000	45.27693	45.27693	45.27693
3	999	14714	1	0.898464	61.18294	0.00000	170.00000

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"

```

[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13845, NA-Zellen 16471)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5          1167           0.08           0.08           1.019
2           0          11781           0.80           0.85           1.033
3           5           897           0.06           0.06           1.029
4           rN           872           0.06
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 5.0000000 NA
4  70 0.0000000 -0.4714286
3  65 -1.2146739 -0.9885127
2  60 0.2227198 -0.4310572
1  55 -0.2630810 0.3686768
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0  5.0000000  55.22681  55.22681  55.22681
2     2           1     0  5.0000000  49.24429  49.24429  49.24429
3   999          14715  1 -0.0982446  64.34892  0.00000  174.64249
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14708, NA-Zellen 15608)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5           366           0.02           0.02           1.003
2           0          12201           0.83           0.83           1.031
3           5           2138           0.15           0.15           1.036
4          10            3           0.00            0           1.075
5           rN            9           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 5.000000000 NA
4  70 0.028735632 -0.042857143
3  65 0.093322273 0.009068924
2  60 1.450701277 0.519377801
1  55 -0.003860408 0.886019590
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

```

```

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0   5.0000000         55.22681         55.22681         55.22681
2     2           1     0   5.0000000         49.24429         49.24429         49.24429
3  999        14715     1   0.6038352         64.34892           0.00000        174.64249
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5           7           0.0           0           1
2             0        10345           0.7           0.7           1.03
3             5         4349           0.3           0.3           1.036
4            10           16           0.0           0           1.061
5             rN            0           0.0
  
```

```

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75  5.0000000         NA
4   70  0.8793375  1.2178571
3   65  2.0364994  0.6741233
2   60  2.4933710  1.2615344
1   55  0.0000000  1.8125794
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           1     0   5.0000000         55.22681         55.22681         55.22681
2     2           1     0   5.0000000         49.24429         49.24429         49.24429
3  999        14715     1   1.4855559         64.34892           0.00000        174.64249
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 12661, NA-Zellen 17655)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5        2022           0.14           0.16           1.02
2             0        9623           0.65           0.76           1.034
3             5        1016           0.07           0.08           1.013
4             rN        2056           0.14
[1] "-----"
  
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,  
negativ = Modellwerte kleiner)"  
  zone mean_model mean_orig  
5 75 5.0000000 NA  
4 70 NA 0.2500000  
3 65 -1.7453855 -1.5084643  
2 60 -0.3268864 -1.1020301  
1 55 -0.6689537 0.2227382  
[1] "-----"  
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der  
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"  
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"  
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"  
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max  
1 1 2 0 0.0000000 53.44595 50.99020 55.90170  
2 3 1 0 5.0000000 45.27693 45.27693 45.27693  
3 999 14714 1 -0.3977722 61.18294 0.00000 170.00000  
-----  
[1] "WERTVERGLEICH"  
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"  
[1] "Einstellungen:"  
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"  
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"  
[1] "distance_height_logic: 2d"  
[1] "source_factor: 10"  
[1] "Zellstatistiken:"  
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316"  
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13982, NA-Zellen 16334)"  
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"  
[1] "-----"  
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"  
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)  
1 -5 348 0.02 0.02 1.023  
2 0 12012 0.82 0.86 1.032  
3 5 1622 0.11 0.12 1.023  
4 rN 735 0.05  
[1] "-----"  
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,  
negativ = Modellwerte kleiner)"  
  zone mean_model mean_orig  
5 75 5.0000000 NA  
4 70 0.25349650 2.18928571  
3 65 0.04614549 -0.04534462  
2 60 0.79693034 -0.05668336  
1 55 -0.13792058 0.50385424  
[1] "-----"  
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der  
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"  
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"  
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"  
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max  
1 1 2 0 5.0000000 53.44595 50.99020 55.90170  
2 3 1 0 5.0000000 45.27693 45.27693 45.27693  
3 999 14714 1 0.4546105 61.18294 0.00000 170.00000  
-----  
[1] "WERTVERGLEICH"  
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"  
[1] "Einstellungen:"  
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"  
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"  
[1] "distance_height_logic: 2d"  
[1] "source_factor: 10"  
[1] "Zellstatistiken:"  
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
```

```

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5          57          0.00          0          1
2           0        11317          0.77          0.77         1.031
3           5         3332          0.23          0.23         1.03
4          10           11          0.00          0          1.06
5           rN           0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 5.0000000      NA
4  70 0.6446991 2.4214286
3  65 1.5443615 0.2720677
2  60 1.8217300 1.0282099
1  55 0.0000000 1.1111817
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           2     0   5.000000    53.44595     50.99020     55.90170
2     3           1     0   5.000000    45.27693     45.27693     45.27693
3    999        14714     1   1.119342     61.18294      0.00000    170.00000
  
```

### A5.1.5 Testgebiet 5 – A2 Südautobahn

```

[1] "TESTGEBIET (Teilausschnitt aus simuliertem Gebiet)"
[1] "Länge des Rasters: 3300m"
[1] "Breite des Rasters: 2970m"
[1] "Anzahl Zellen: 392040"
[1] "Gelände-Durchschnittshöhe: 306.95m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 4.64m"
[1] "Maximale Abweichung: 19.77m"
[1] "-----"
[1] "STRASSE"
[1] "Straßen-Durchschnittshöhe: Simuliertes Gebiet 305.99m; Testgebiet 311.8m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Straßen-Durchschnittshöhe pro Zelle: Simuliertes Gebiet
20.16m; Testgebiet 7.07m"
[1] "Maximale Abweichung: Simuliertes Gebiet 82.1m; Testgebiet 16.21m"
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 265605, NA-Zellen 126435)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -15           2          0.00          0          1
2          -10        2895          0.01          0.01         1.016
3           -5        62638          0.21          0.24         1.02
4           0       193904          0.66          0.73         1.028
5           5         6165          0.02          0.02         1.026
6          10           1          0.00          0          1.218
7           rN       29215          0.10
  
```

```

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8  90      NA -15.0000000
7  85  0.3074518 -5.3990930
6  80 -3.0604027 -5.0360678
5  75 -5.6378850 -4.5960253
4  70 -3.8794049 -4.0457701
3  65 -2.1581871 -2.1630685
2  60 -0.5891234 -0.9234938
1  55 -0.6491749  0.2784735
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  1  373  0 -0.1408451  1070.7083  86.31338  1188.8019
2  2  102  0 -0.1428571  1028.7571  94.33981  1141.8516
3  3   37  0  0.1351351  834.1732  81.39410  892.6926
4 999 294265 1 -1.1727667  553.7020  0.00000  1470.0765
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 280343, NA-Zellen 111697)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1  -15 2 0.00 0 1
2  -10 1483 0.01 0.01 1.01
3  -5 40022 0.14 0.14 1.02
4  0 214676 0.73 0.77 1.027
5  5 24159 0.08 0.09 1.03
6  10 1 0.00 0 1.218
7  rN 14477 0.05
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8  90      NA -15.0000000
7  85  0.3074518 -4.63945578
6  80 -3.5791481 -4.42710955
5  75 -4.2776812 -3.74164714
4  70 -2.6212243 -3.08948316
3  65 -0.7278925 -0.96724202
2  60  0.5915433 -0.02033881
1  55 -0.2547363  0.77512361
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  1  373  0 -0.0255102  1070.7083  86.31338  1188.8019
2  2  102  0 -0.1000000  1028.7571  94.33981  1141.8516
3  3   37  0  0.1351351  834.1732  81.39410  892.6926
4 999 294265 1 -0.3362137  553.7020  0.00000  1470.0765

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 292245, NA-Zellen 99795)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1         -10         852         0.00         0         1.012
2          -5        25275         0.09         0.09         1.02
3           0       210000         0.71         0.72         1.025
4           5        56113         0.19         0.19         1.03
5          10           5         0.00         0         1.067
6           rN         2575         0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
      zone mean_model mean_orig
8    90      NA -10.0000000
7    85  0.30745180 -3.9217687
6    80 -3.07571528 -3.8751887
5    75 -2.88177340 -2.5813590
4    70 -1.55570992 -1.9907431
3    65  0.80190702 -0.4351253
2    60  1.67666107  0.9680780
1    55 -0.07722109  1.4514393
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
      zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         373     0  0.01340483     1070.7083     86.31338     1188.8019
2     2         102     0  0.00000000     1028.7571     94.33981     1141.8516
3     3          37     0  0.27027027     834.1732     81.39410     892.6926
4   999       294265     1  0.49944641     553.7020     0.00000     1470.0765
    
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 88db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 294777, NA-Zellen 97263)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1         -10         244         0.00         0         1.014
2          -5       13953         0.05         0.05         1.02
3           0      183980         0.62         0.62         1.024
4           5       96581         0.33         0.33         1.029
5          10          18         0.00         0         1.035
6           15           1         0.00         0         1.218
    
```

```

7          rN          43          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone  mean_model  mean_orig
8  90      NA -10.0000000
7  85  0.307451798 -3.2324263
6  80 -2.576647097 -2.9323939
5  75 -1.607460036 -1.3481732
4  70 -0.165271569 -0.9521728
3  65  2.020347799  0.1955860
2  60  2.738061003  1.9822903
1  55 -0.007134121  2.2865205
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           373    0  0.02680965      1070.7083      86.31338      1188.8019
2     2           102    0  0.00000000      1028.7571      94.33981      1141.8516
3     3            37    0  0.40540541      834.1732      81.39410      892.6926
4   999          294265    1  1.39625847      553.7020       0.00000      1470.0765
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 89db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 294777, NA-Zellen 97263"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1           -10           2           0.00           0           1
2            -5          6811           0.02           0.02           1.018
3             0         139310           0.47           0.47           1.022
4             5         148598           0.50           0.5           1.029
5            10           55           0.00           0           1.027
6            15            1           0.00           0           1.218
7          rN          43          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model  mean_orig
8  90      NA -10.0000000
7  85  0.5255614 -2.87641723
6  80 -1.7161049 -1.37141419
5  75 -0.2130660 -0.45517660
4  70  1.5362498  0.04165595
3  65  3.1256804  1.33770641
2  60  3.7048627  3.12665873
1  55  0.0000000  3.19565506
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           373    0  0.02680965      1070.7083      86.31338      1188.8019
2     2           102    0  0.00000000      1028.7571      94.33981      1141.8516
3     3            37    0  0.40540541      834.1732      81.39410      892.6926

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 266147, NA-Zellen 125893)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10      613      0.00      0      1.008
2       -5     58364      0.20      0.22      1.02
3       0    199532      0.68      0.75      1.028
4       5     7637      0.03      0.03      1.027
5      10      1      0.00      0      1.24
6      rN    28673      0.10
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
8  90      NA -10.0000000
7  85  1.0536105 -1.4739229
6  80 -2.2529070 -3.1244758
5  75 -3.9011685 -4.1260956
4  70 -3.2873906 -3.7608640
3  65 -1.9638857 -2.0071608
2  60 -0.4958649 -0.8797158
1  55 -0.6255777  0.3009012
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  1      383      0      -0.1408451      1066.5830      81.39410      1184.662
2  2      114      0      -0.2439024      999.3750      82.46211      1137.475
3  3       39      0      0.0000000      817.8529      77.62087      1116.893
4  999    294241      1      -0.9764584      549.3819      0.00000      1465.307

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 280812, NA-Zellen 111228)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1     -10      261      0.00      0      1
2      -5    34942      0.12      0.12      1.019
3       0   218965      0.74      0.78      1.026
4       5    26643      0.09      0.09      1.03
5      10      1      0.00      0      1.24

```

```

6          rN      14008      0.05
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8  90      NA -10.00000000
7  85  1.0536105 -1.20408163
6  80 -2.2403925 -2.81664150
5  75 -2.7039562 -3.10466024
4  70 -2.1826364 -2.76986372
3  65 -0.5193714 -0.89697002
2  60  0.6635380  0.03844532
1  55 -0.2459108  0.80824637
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           383     0 -0.02369668      1066.5830      81.39410      1184.662
2     2            114     0  0.00000000      999.3750      82.46211      1137.475
3     3             39     0  0.13157895      817.8529      77.62087      1116.893
4  999       294241     1 -0.15720087      549.3819       0.00000      1465.307

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 292490, NA-Zellen 99550"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1           -10         155          0.00          0          1
2            -5        20055          0.07          0.07         1.019
3             0       213140          0.72          0.73         1.025
4             5        59134          0.20          0.2          1.03
5            10           6          0.00          0          1.075
6          rN         2330          0.01

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8  90      NA -10.000000
7  85  1.05361050 -1.083900
6  80 -1.38764548 -2.086059
5  75 -1.77100104 -1.959125
4  70 -1.12514705 -1.707637
3  65  0.98143191 -0.380217
2  60  1.73628063  1.036535
1  55 -0.07240348  1.484495
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           383     0  0.02610966      1066.5830      81.39410      1184.662
2     2            114     0  0.04385965      999.3750      82.46211      1137.475
3     3             39     0  0.25641026      817.8529      77.62087      1116.893
4  999       294241     1  0.66407722      549.3819       0.00000      1465.307

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 265609, NA-Zellen 126431)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -15          2          0.00          0          1
2      -10         1076          0.00          0          1.014
3       -5        63265          0.21         0.24          1.02
4       0       195095          0.66         0.73          1.028
5       5         6170          0.02         0.02          1.026
6      10          1          0.00          0          1.218
7      rN       29211          0.10
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8  90      NA -15.0000000
7  85  0.3074518 -3.7052154
6  80 -3.4599006 -4.2970978
5  75 -4.3572151 -4.3916515
4  70 -3.6839089 -4.0213422
3  65 -2.1421821 -2.1531823
2  60 -0.5855388 -0.9234938
1  55 -0.6491580  0.2785101
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  1          373      0   -0.1408451      1070.7083      86.31338      1188.8019
2  2           102      0   -0.1428571      1028.7571      94.33981      1141.8516
3  3            37      0    0.1351351      834.1732      81.39410      892.6926
4 999        294265      1  -1.1159433      553.7020       0.00000      1470.0765
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 280346, NA-Zellen 111694)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -15          2          0.00          0          1
2      -10         304          0.00          0          1.004
3       -5        39591          0.13         0.14          1.019
4       0       216257          0.73         0.77          1.027
5       5       24191          0.08         0.09          1.03
  
```

```

6          10          1          0.00          0          1.218
7          rN          14474         0.05
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model  mean_orig
8  90          NA -15.0000000
7  85  0.3074518  -3.30272109
6  80 -3.2291959  -3.74182184
5  75 -3.0962318  -3.48086436
4  70 -2.4980977  -3.04448444
3  65 -0.7092493  -0.96403570
2  60  0.5928455  -0.01903663
1  55 -0.2547386   0.77526975
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           373     0   0.0000000       1070.7083       86.31338       1188.8019
2     2           102     0  -0.1000000       1028.7571       94.33981       1141.8516
3     3            37     0   0.1351351        834.1732       81.39410        892.6926
4   999       294265     1  -0.2858643        553.7020         0.00000       1470.0765
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 292245, NA-Zellen 99795)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1           -15           2           0.00           0           1
2           -10          110           0.00           0           1.002
3            -5         24302           0.08           0.08           1.019
4             0        211700           0.72           0.72           1.025
5             5         56126           0.19           0.19           1.03
6            10           5           0.00           0           1.067
7            rN          2575           0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model  mean_orig
8  90          NA -15.0000000
7  85  0.30745180  -3.0827664
6  80 -2.60529608  -2.8753565
5  75 -1.94200805  -2.3856635
4  70 -1.46180062  -1.9727436
3  65  0.80861145  -0.4349917
2  60  1.67675644   0.9685741
1  55 -0.07696726   1.4515898
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           373     0   0.01340483       1070.7083       86.31338       1188.8019
2     2           102     0   0.00000000       1028.7571       94.33981       1141.8516

```

3	3	37	0	0.27027027	834.1732	81.39410	892.6926
4	999	294265	1	0.54167681	553.7020	0.00000	1470.0765

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 266147, NA-Zellen 125893)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10          63          0.00          0          1.018
2       -5       57128          0.19          0.21          1.019
3        0      201311          0.68          0.76          1.028
4         5        7644          0.03          0.03          1.027
5         10         1          0.00          0          1.24
6         rN      28673          0.10
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8   90          NA -10.0000000
7   85  1.0536105 -0.9365079
6   80 -1.9969435 -2.3972488
5   75 -2.9019401 -3.7941508
4   70 -3.1271390 -3.7251221
3   65 -1.9456836 -1.9947363
2   60 -0.4909797 -0.8796537
1   55 -0.6255614  0.3010886
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1          383    0  -0.1408451      1066.5830      81.39410      1184.662
2     2           114    0  -0.2439024      999.3750      82.46211      1137.475
3     3            39    0   0.0000000      817.8529      77.62087      1116.893
4   999       294241    1  -0.9324165      549.3819       0.00000      1465.307
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 280823, NA-Zellen 111217)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10          2          0.00          0          1
2       -5      33207          0.11          0.12          1.018
3        0      220924          0.75          0.79          1.026
4         5       26689          0.09          0.1          1.03
  
```

```

5           10           1           0.00           0           1.24
6           rN           13997          0.05
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model  mean_orig
8  90           NA -10.0000000
7  85  1.0536105  -0.91043084
6  80 -1.5295679  -1.84700554
5  75 -1.9375000  -2.83389742
4  70 -2.0399974  -2.71792235
3  65 -0.4961173  -0.89429808
2  60  0.6648010   0.04061562
1  55 -0.2458925   0.80829668
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           383     0  -0.02369668      1066.5830      81.39410      1184.662
2     2           114     0   0.08064516       999.3750      82.46211      1137.475
3     3            39     0   0.26315789       817.8529      77.62087      1116.893
4   999       294241     1  -0.11625171       549.3819       0.00000      1465.307
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 292490, NA-Zellen 99550)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1           -10           2           0.00           0           1
2            -5          18199          0.06           0.06          1.017
3             0         215095          0.73           0.74          1.025
4             5          59188          0.20           0.2           1.03
5            10           6           0.00           0           1.075
6           rN           2330          0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model  mean_orig
8  90           NA -10.0000000
7  85  1.05361050  -0.9104308
6  80 -1.00651042  -0.8673041
5  75 -1.03739700  -1.7439035
4  70 -1.00327154  -1.6878375
3  65  0.98850397  -0.3768770
2  60  1.73655428   1.0369695
1  55 -0.07240729   1.4846832
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           383     0   0.02610966      1066.5830      81.39410      1184.662
2     2           114     0   0.04385965       999.3750      82.46211      1137.475
3     3            39     0   0.25641026       817.8529      77.62087      1116.893

```

4 999 294241 1 0.70202840 549.3819 0.00000 1465.307

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 268918, NA-Zellen 123122)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -15 2 0.00 0 1
2 -10 2700 0.01 0.01 1.014
3 -5 59200 0.20 0.22 1.019
4 0 198484 0.67 0.74 1.028
5 5 8531 0.03 0.03 1.034
6 10 1 0.00 0 1.218
7 rN 25902 0.09
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
8 90 NA -15.0000000
7 85 0.3074518 -5.3934240
6 80 -3.0651596 -4.9136051
5 75 -5.5288462 -4.5131476
4 70 -3.6411231 -3.8812034
3 65 -1.9805238 -1.9777695
2 60 -0.3808447 -0.8182652
1 55 -0.5868538 0.3672033
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 373 0 -0.05102041 1070.7083 86.31338 1188.8019
2 2 102 0 -0.06666667 1028.7571 94.33981 1141.8516
3 3 37 0 0.13513514 834.1732 81.39410 892.6926
4 999 294265 1 -1.04377951 553.7020 0.00000 1470.0765

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 283285, NA-Zellen 108755)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -15 2 0.00 0 1
2 -10 1469 0.00 0.01 1.009
3 -5 38147 0.13 0.13 1.019
4 0 214002 0.73 0.76 1.026

```

```

5           5           29664           0.10           0.1           1.033
6           10          1           0.00           0           1.218
7           rN          11535          0.04

```

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

```

zone mean_model mean_orig
8 90 NA -15.00000000
7 85 0.3074518 -4.62358277
6 80 -3.5691922 -4.41872169
5 75 -4.1253962 -3.59455003
4 70 -2.4399904 -2.88428902
3 65 -0.4827364 -0.89616844
2 60 0.8107285 0.08073517
1 55 -0.2473874 0.92158794

```

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

```

zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 373 0 0.01340483 1070.7083 86.31338 1188.8019
2 2 102 0 0.00000000 1028.7571 94.33981 1141.8516
3 3 37 0 0.27027027 834.1732 81.39410 892.6926
4 999 294265 1 -0.20210094 553.7020 0.00000 1470.0765

```

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: line\_line"

[1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"

[1] "distance\_height\_logic: 3d"

[1] "source\_factor: 10"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 293117, NA-Zellen 98923)"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

```

db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -10 836 0.00 0 1.012
2 -5 23794 0.08 0.08 1.019
3 0 205226 0.70 0.7 1.024
4 5 63254 0.21 0.22 1.032
5 10 6 0.00 0 1.053
6 15 1 0.00 0 1.218
7 rN 1703 0.01

```

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

```

zone mean_model mean_orig
8 90 NA -10.00000000
7 85 0.30745180 -3.9036281
6 80 -3.01832372 -3.8206677
5 75 -2.73970232 -2.3791547
4 70 -1.35866013 -1.8099769
3 65 1.02952473 -0.4003901
2 60 1.86486436 1.1189449
1 55 -0.07262326 1.6183179

```

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

```

zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 373 0 0.02680965 1070.7083 86.31338 1188.8019

```

2	2	102	0	0.00000000	1028.7571	94.33981	1141.8516
3	3	37	0	0.40540541	834.1732	81.39410	892.6926
4	999	294265	1	0.64598273	553.7020	0.00000	1470.0765

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 269453, NA-Zellen 122587)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -10           563           0.00           0           1.006
2           -5          54804           0.19           0.2           1.018
3            0         203884           0.69           0.76           1.028
4            5          10201           0.03           0.04           1.033
5            10            1           0.00           0           1.24
6            rN          25367           0.09
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8   90          NA -10.0000000
7   85  1.0536105 -1.4625850
6   80 -2.2857143 -3.1051837
5   75 -3.7530480 -4.0006943
4   70 -3.0941613 -3.5867832
3   65 -1.7675650 -1.8463101
2   60 -0.2989270 -0.7629536
1   55 -0.5631574  0.3889979
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           383     0 -0.02450980         1066.5830         81.39410         1184.662
2     2            114     0 -0.05494505          999.3750         82.46211         1137.475
3     3             39     0  0.12820513          817.8529         77.62087         1116.893
4   999          294241     1 -0.84960034          549.3819          0.00000         1465.307
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 283710, NA-Zellen 108330)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -10            256           0.00           0           1
2           -5          33232           0.11           0.12           1.017
3            0          217920           0.74           0.77           1.026
  
```

```

4           5           32301           0.11           0.11           1.033
5           10           1           0.00           0           1.24
6           rN           11110           0.04
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8  90      NA -10.0000000
7  85  1.0536105 -1.1984127
6  80 -2.2298387 -2.8065761
5  75 -2.6029618 -2.9662414
4  70 -2.0131523 -2.5644124
3  65 -0.2616877 -0.8440656
2  60  0.8736220  0.1487586
1  55 -0.2390957  0.9530283
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           383     0  0.00000000     1066.5830     81.39410     1184.662
2     2           114     0  0.04385965     999.3750     82.46211     1137.475
3     3            39     0  0.25641026     817.8529     77.62087     1116.893
4   999          294241     1 -0.02550056     549.3819     0.00000     1465.307
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 293313, NA-Zellen 98727)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1           -10           154           0.00           0           1
2            -5           18766           0.06           0.06           1.018
3             0          207924           0.71           0.71           1.024
4             5           66462           0.23           0.23           1.032
5            10             6           0.00           0           1.058
6            15             1           0.00           0           1.24
7            rN           1507           0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8  90      NA -10.0000000
7  85  1.05361050 -1.0827664
6  80 -1.34141064 -2.0231505
5  75 -1.66575367 -1.7603923
4  70 -0.88102947 -1.5762407
3  65  1.18700465 -0.3194303
2  60  1.92190712  1.1864102
1  55 -0.06736469  1.6510470
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           383     0  0.03916449     1066.5830     81.39410     1184.662

```

2	2	114	0	0.08771930	999.3750	82.46211	1137.475
3	3	39	0	0.38461538	817.8529	77.62087	1116.893
4	999	294241	1	0.80952332	549.3819	0.00000	1465.307

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 268921, NA-Zellen 123119)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -15          2          0.00          0          1
2      -10         813          0.00          0         1.007
3       -5       59797          0.20         0.22         1.019
4        0     199752          0.68         0.74         1.028
5         5       8556          0.03         0.03         1.034
6        10         1          0.00          0         1.218
7         rN     25899          0.09
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8   90      NA -15.0000000
7   85  0.3074518 -3.6133787
6   80 -3.4054326 -4.1268244
5   75 -4.2049822 -4.3013972
4   70 -3.4470931 -3.8500900
3   65 -1.9565504 -1.9696201
2   60 -0.3777929 -0.8169631
1   55 -0.5867387  0.3673302
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1          373    0 -0.05102041    1070.7083    86.31338    1188.8019
2     2          102    0 -0.06666667    1028.7571    94.33981    1141.8516
3     3           37    0  0.27027027     834.1732    81.39410    892.6926
4   999       294265    1 -0.98418088     553.7020     0.00000    1470.0765
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 283290, NA-Zellen 108750)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -15          2          0.00          0          1
2      -10         303          0.00          0         1.004
  
```

```

3         -5         37754         0.13         0.13         1.018
4         0         215540         0.73         0.76         1.026
5         5         29690         0.10         0.1         1.033
6         10        1         0.00         0         1.218
7         rN        11530         0.04

```

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

```

zone mean_model mean_orig
8 90 NA -15.00000000
7 85 0.3074518 -3.30158730
6 80 -3.2242729 -3.73678913
5 75 -2.9710062 -3.33029593
4 70 -2.3231387 -2.85163281
3 65 -0.4691594 -0.89469887
2 60 0.8116820 0.08172731
1 55 -0.2473073 0.92191397

```

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

```

zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 373 0 0.01340483 1070.7083 86.31338 1188.8019
2 2 102 0 0.00000000 1028.7571 94.33981 1141.8516
3 3 37 0 0.27027027 834.1732 81.39410 892.6926
4 999 294265 1 -0.15344757 553.7020 0.00000 1470.0765

```

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: line\_line"

[1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"

[1] "distance\_height\_logic: 2d"

[1] "source\_factor: 10"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 293117, NA-Zellen 98923"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

```

db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?! )
1 -15 2 0.00 0 1
2 -10 108 0.00 0 1.002
3 -5 22852 0.08 0.08 1.018
4 0 206799 0.70 0.71 1.024
5 5 63349 0.21 0.22 1.032
6 10 6 0.00 0 1.053
7 15 1 0.00 0 1.218
8 rN 1703 0.01

```

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

```

zone mean_model mean_orig
8 90 NA -15.00000000
7 85 0.30745180 -3.0804989
6 80 -2.58047875 -2.8350948
5 75 -1.85164835 -2.2277185
4 70 -1.25858752 -1.7760350
3 65 1.04486858 -0.3907711
2 60 1.86619223 1.1206811
1 55 -0.07241402 1.6185797

```

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 373 0 0.02680965 1070.7083 86.31338 1188.8019
2 2 102 0 0.00000000 1028.7571 94.33981 1141.8516
3 3 37 0 0.40540541 834.1732 81.39410 892.6926
4 999 294265 1 0.68848654 553.7020 0.00000 1470.0765
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 269455, NA-Zellen 122585)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -10 39 0.00 0 1.012
2 -5 53381 0.18 0.2 1.018
3 0 205803 0.70 0.76 1.028
4 5 10231 0.03 0.04 1.033
5 10 1 0.00 0 1.24
6 rN 25365 0.09
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
8 90 NA -10.0000000
7 85 1.0536105 -0.9331066
6 80 -1.8578848 -2.2672370
5 75 -2.7428910 -3.6756921
4 70 -2.9274375 -3.5368989
3 65 -1.7433315 -1.8376262
2 60 -0.2955261 -0.7616514
1 55 -0.5630607 0.3892635
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 383 0 -0.0245098 1066.5830 81.39410 1184.662
2 2 114 0 0.0000000 999.3750 82.46211 1137.475
3 3 39 0 0.2564103 817.8529 77.62087 1116.893
4 999 294241 1 -0.8031623 549.3819 0.00000 1465.307
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 283713, NA-Zellen 108327)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -10 39 0.00 0 1.012
2 -5 53381 0.18 0.2 1.018
3 0 205803 0.70 0.76 1.028
4 5 10231 0.03 0.04 1.033
5 10 1 0.00 0 1.24
6 rN 25365 0.09
```

1	-10	2	0.00	0	1
2	-5	31520	0.11	0.11	1.017
3	0	219844	0.75	0.77	1.026
4	5	32346	0.11	0.11	1.033
5	10	1	0.00	0	1.24
6	rN	11107	0.04		

[1] "-----"  
 [1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
8	90	NA -10.0000000
7	85	1.0536105 -0.9104308
6	80	-1.5266742 -1.8428116
5	75	-1.8551611 -2.6820272
4	70	-1.8692962 -2.5250707
3	65	-0.2443672 -0.8421953
2	60	0.8747038 0.1504948
1	55	-0.2388907 0.9534880

[1] "-----"  
 [1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	383	0	0.01305483	1066.5830	81.39410
2	2	114	0	0.04385965	999.3750	82.46211
3	3	39	0	0.25641026	817.8529	77.62087
4	999	294241	1	0.01448078	549.3819	0.00000

-----  
 [1] "WERTVERGLEICH"  
 [1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"  
 [1] "Einstellungen:"  
 [1] "street\_rep\_calc\_start: polygon\_polygon"  
 [1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"  
 [1] "distance\_height\_logic: 2d"  
 [1] "source\_factor: 10"  
 [1] "Zellstatistiken:"  
 [1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"  
 [1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 293313, NA-Zellen 98727"  
 [1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220"  
 [1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean	(?!)
1	-10	2	0.00	0	1
2	-5	16937	0.06	0.06	1.016
3	0	209780	0.71	0.72	1.024
4	5	66587	0.23	0.23	1.032
5	10	6	0.00	0	1.058
6	15	1	0.00	0	1.24
7	rN	1507	0.01		

[1] "-----"  
 [1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
8	90	NA -10.0000000
7	85	1.05361050 -0.9104308
6	80	-0.99046883 -0.8354303
5	75	-0.97592082 -1.5842229
4	70	-0.76035076 -1.5345847
3	65	1.20535565 -0.3086090
2	60	1.92343810 1.1886425
1	55	-0.06720563 1.6512336

[1] "-----"  
 [1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 383 0 0.03916449 1066.5830 81.39410 1184.662
2 2 114 0 0.08771930 999.3750 82.46211 1137.475
3 3 39 0 0.38461538 817.8529 77.62087 1116.893
4 999 294241 1 0.84809076 549.3819 0.00000 1465.307
```

### A5.1.6 Testgebiet 6 – A8 Innkreis-Autobahn

```
[1] "TESTGEBIET (Teilausschnitt aus simuliertem Gebiet)"
[1] "Länge des Rasters: 1410m"
[1] "Breite des Rasters: 2100m"
[1] "Anzahl Zellen: 118440"
[1] "Gelände-Durchschnittshöhe: 405.28m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 13.52m"
[1] "Maximale Abweichung: 49.47m"
[1] "-----"
[1] "STRASSE"
[1] "Straßen-Durchschnittshöhe: Simuliertes Gebiet 399.57m; Testgebiet 388.04m"
[1] "Durchschnittliche Abweichung von Straßen-Durchschnittshöhe pro Zelle: Simuliertes Gebiet 43.87m; Testgebiet 11.54m"
[1] "Maximale Abweichung: Simuliertes Gebiet 91.15m; Testgebiet 16.05m"
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 109033, NA-Zellen 9407)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -10 79 0.00 0 1.005
2 -5 21409 0.19 0.2 1.033
3 0 85009 0.76 0.78 1.042
4 5 2536 0.02 0.02 1.054
5 rN 3033 0.03
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
7 85 0.0606469 -2.2957516
6 80 -4.0697674 -4.5893372
5 75 -2.4877793 -3.0079576
4 70 -2.0383979 -2.7946927
3 65 -1.1471264 -1.9686038
2 60 -0.6734155 -0.8331923
1 55 -0.6880548 0.2327974
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 726 0.01 0.1344538 882.4648 105.11898 1045.765
2 2 322 0.00 0.0000000 895.6472 112.36103 1029.964
3 3 613 0.01 0.0000000 896.9341 96.17692 1018.946
4 999 110405 0.99 -0.8829337 479.3684 0.00000 1146.702
```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10           1           0.00           0           1.056
2       -5          9985           0.09           0.09           1.032
3        0          92063           0.82           0.82           1.041
4         5          9989           0.09           0.09           1.049
5        10           28           0.00           0           1.041
6         rN            0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7  85  0.06064690 -2.0057190
6  80 -2.31603774 -2.8854467
5  75 -1.31195335 -1.9814324
4  70 -1.01009292 -1.8442737
3  65 -0.07458065 -0.8094245
2  60  0.51433709  0.1198534
1  55 -0.18426143  0.8281667
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           726  0.01  0.220385675           882.4648           105.11898           1045.765
2     2           322  0.00  0.000000000           895.6472           112.36103           1029.964
3     3           613  0.01  0.000000000           896.9341            96.17692           1018.946
4   999          110405  0.99  0.001177483           479.3684              0.00000           1146.702
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5           3617           0.03           0.03           1.029
2         0          84255           0.75           0.75           1.041
3         5          24162           0.22           0.22           1.045
4        10           32           0.00           0           1.042
5         rN            0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7  85  0.06064690 -2.0057190

```

```

6  80 -1.54853129 -1.0842939
5  75 -0.29698829 -0.7679045
4  70  0.04827089 -0.8819832
3  65  1.10956436 -0.0341018
2  60  1.72545064  0.9331641
1  55 -0.01706901  1.8474064
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         726  0.01   0.2479339         882.4648      105.11898      1045.765
2     2         322  0.00   0.0000000         895.6472      112.36103      1029.964
3     3         613  0.01   0.0000000         896.9341       96.17692      1018.946
4   999       110405  0.99   0.9317060         479.3684         0.00000      1146.702
    
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 88db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         1006           0.01           0.01           1.019
2              0        68284           0.61           0.61           1.041
3              5        42699           0.38           0.38           1.042
4             10           77           0.00              0           1.045
5             rN              0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone  mean_model mean_orig
7   85  0.059055118 -1.9240196
6   80 -0.577581987 -0.1188761
5   75  0.858585859  0.0795756
4   70  1.178520794  0.3289106
3   65  2.247849481  0.6107322
2   60  2.710981347  1.8639312
1   55 -0.007896399  2.9161794
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         726  0.01   0.48209366         882.4648      105.11898      1045.765
2     2         322  0.00   0.06211180         895.6472      112.36103      1029.964
3     3         613  0.01   0.02446982         896.9341       96.17692      1018.946
4   999       110405  0.99   1.89167157         479.3684         0.00000      1146.702
    
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
    
```

```

[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 109256, NA-Zellen 9184)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10           8           0.00           0           1.042
2       -5          18622          0.17           0.17          1.033
3        0          87343          0.78           0.8           1.041
4         5           3283          0.03           0.03           1.049
5         rN           2810          0.03
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7  85  1.3353293  0.0000000
6  80  0.0250000 -1.0698847
5  75 -1.3305874 -2.2904509
4  70 -1.4888930 -2.4546089
3  65 -0.9601473 -1.8288146
2  60 -0.5926914 -0.7701636
1  55 -0.6536996  0.2510997
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           738  0.01   0.1282051         871.7820         97.08244         1041.081
2     2           322  0.00   0.0000000         890.9178         108.16654         1025.280
3     3           617  0.01   0.0000000         892.4849         91.78780         1014.359
4    999          110389  0.99  -0.7113701         474.9330           0.00000         1142.377
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5           7589          0.07          0.07          1.032
2       0          93224          0.83          0.83          1.041
3        5          11224          0.10          0.1           1.048
4       10           29          0.00           0           1.047
5         rN           0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7  85  1.3353293  0.0000000
6  80  0.1315789  0.7456772
5  75 -0.3542010 -1.2732095
4  70 -0.5200642 -1.5307263
3  65  0.1093798 -0.7113466
2  60  0.5877411  0.1807671
1  55 -0.1676468  0.8693158
[1] "-----"

```

```

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           738 0.01   0.2506775       871.7820       97.08244       1041.081
2     2           322 0.00   0.0000000       890.9178       108.16654       1025.280
3     3           617 0.01   0.0000000       892.4849       91.78780       1014.359
4   999        110389 0.99   0.1655962       474.9330         0.00000       1142.377
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1           -5         2155           0.02           0.02           1.032
2            0         83475           0.74           0.74           1.041
3            5        26404           0.24           0.24           1.044
4           10            32           0.00            0           1.048
5            rN              0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8   90 5.00000000      NA
7   85 1.45751634 0.57189542
6   80 1.27616747 1.54538905
5   75 0.48377917 0.00530504
4   70 0.41660660 -0.49790503
3   65 1.25220206 0.06453977
2   60 1.78872383 0.99069374
1   55 -0.01646018 1.89727070
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           738 0.01   0.2777778       871.7820       97.08244       1041.081
2     2           322 0.00   0.0000000       890.9178       108.16654       1025.280
3     3           617 0.01   0.0000000       892.4849       91.78780       1014.359
4   999        110389 0.99   1.0993849       474.9330         0.00000       1142.377
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 109062, NA-Zellen 9378)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
  
```

```

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10           8           0.00           0           1.052
2       -5          20792          0.19           0.19          1.034
3        0          85705          0.76           0.79          1.042
4         5           2557          0.02           0.02          1.054
5        rN           3004          0.03
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7  85  0.0606469 -2.0057190
6  80 -2.1516214 -2.5936599
5  75 -1.5993857 -2.9549072
4  70 -1.9822377 -2.7639665
3  65 -1.1340749 -1.9581760
2  60 -0.6697250 -0.8289622
1  55 -0.6851967  0.2331104
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           726  0.01   0.1337793           882.4648       105.11898       1045.765
2     2           322  0.00   0.0000000           895.6472       112.36103       1029.964
3     3           613  0.01   0.0000000           896.9341        96.17692       1018.946
4    999          110405  0.99  -0.8465724           479.3684         0.00000       1146.702
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10           1           0.00           0           1.056
2       -5          9667          0.09           0.09          1.032
3        0          92322          0.82           0.82          1.041
4         5          10048          0.09           0.09          1.049
5        10           28           0.00           0           1.041
6        rN           0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7  85  0.06064690 -2.0057190
6  80 -1.88846154 -2.0208934
5  75 -0.98440208 -1.9336870
4  70 -0.97064014 -1.8331006
3  65 -0.07000413 -0.8035060
2  60  0.51892812  0.1235195
1  55 -0.18173940  0.8323588
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max

```

1	1	726	0.01	0.22038567	882.4648	105.11898	1045.765
2	2	322	0.00	0.00000000	895.6472	112.36103	1029.964
3	3	613	0.01	0.00000000	896.9341	96.17692	1018.946
4	999	110405	0.99	0.01825099	479.3684	0.00000	1146.702

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5          3475           0.03           0.03           1.029
2           0          84350           0.75           0.75           1.041
3           5          24209           0.22           0.22           1.045
4          10           32           0.00           0           1.042
5           rN           0           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7   85 0.06064690 -2.00571895
6   80 -1.41348974 -0.59438040
5   75 -0.09832273 -0.76127321
4   70 0.05973802 -0.87290503
3   65 1.11231721 -0.03015614
2   60 1.72670686 0.93415116
1   55 -0.01707734 1.84895086
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         726 0.01 0.2479339      882.4648      105.11898      1045.765
2     2         322 0.00 0.0000000      895.6472      112.36103      1029.964
3     3         613 0.01 0.0000000      896.9341       96.17692      1018.946
4   999       110405 0.99 0.9402654      479.3684         0.00000      1146.702

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 109283, NA-Zellen 9157)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -10           8           0.00           0           1.042
2           -5          17972           0.16           0.16           1.034
3           0          87986           0.79           0.81           1.041
4           5           3317           0.03           0.03           1.049

```

```

5          rN      2783      0.02
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7  85  1.33532934  0.0000000
6  80  0.04716981  0.8609510
5  75 -0.45414656 -2.2440318
4  70 -1.44279971 -2.4266760
3  65 -0.94748633 -1.8189505
2  60 -0.58841569 -0.7662155
1  55 -0.65121437  0.2521157
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         738  0.01  0.1277955         871.7820         97.08244         1041.081
2     2          322  0.00  0.0000000         890.9178         108.16654         1025.280
3     3          617  0.01  0.0000000         892.4849         91.78780         1014.359
4   999       110389  0.99 -0.6795573         474.9330          0.00000         1142.377
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         7372          0.07          0.07          1.033
2              0        93346          0.83          0.83          1.041
3              5        11319          0.10          0.1          1.048
4             10           29          0.00           0          1.047
5             rN              0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7  85  1.33532934  0.0000000
6  80  0.26344676  1.3220461
5  75 -0.08151231 -1.1962865
4  70 -0.48672566 -1.5195531
3  65  0.11283243 -0.7074009
2  60  0.59159990  0.1842922
1  55 -0.16531914  0.8736183
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         738  0.01  0.2506775         871.7820         97.08244         1041.081
2     2          322  0.00  0.0000000         890.9178         108.16654         1025.280
3     3          617  0.01  0.0000000         892.4849         91.78780         1014.359
4   999       110389  0.99  0.1797281         474.9330          0.00000         1142.377
-----

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         2137         0.02         0.02         1.032
2          0        83404         0.74         0.74         1.041
3          5        26493         0.24         0.24         1.044
4         10          32         0.00          0         1.048
5         rN           0         0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8   90 5.00000000         NA
7   85 1.45751634 0.57189542
6   80 1.40122511 1.59942363
5   75 0.52486987 0.07029178
4   70 0.42284973 -0.49022346
3   65 1.25496784 0.06707626
2   60 1.79001889 0.99210378
1   55 -0.01646776 1.89870485
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         738  0.01  0.2777778         871.7820         97.08244        1041.081
2     2          322  0.00  0.0000000         890.9178        108.16654        1025.280
3     3          617  0.01  0.0000000         892.4849         91.78780        1014.359
4   999        110389  0.99  1.1042314         474.9330          0.00000        1142.377
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 111470, NA-Zellen 6970)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -10          78         0.00          0         1.005
2          -5        18866         0.17         0.17         1.032
3           0        88495         0.79         0.79         1.043
4           5         4030         0.04         0.04         1.057
5          10           1         0.00          0         1.05
6         rN          596         0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig

```

```

7 85 0.0606469 -2.2916667
6 80 -3.9792060 -4.5461095
5 75 -2.3391910 -2.7891247
4 70 -1.7501313 -2.5307263
3 65 -0.9000821 -1.7307367
2 60 -0.3970012 -0.6271856
1 55 -0.5590327 0.3520245
    
```

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	726	0.01	0.1377410	882.4648	105.11898
2	2	322	0.00	0.0000000	895.6472	112.36103
3	3	613	0.01	0.0000000	896.9341	96.17692
4	999	110405	0.99	-0.6834595	479.3684	0.00000

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: line\_line"

[1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"

[1] "distance\_height\_logic: 3d"

[1] "source\_factor: 10"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

	db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean	(?!)
1	-5	8410	0.08	0.08	1.03	
2	0	90676	0.81	0.81	1.041	
3	5	12948	0.12	0.12	1.05	
4	10	32	0.00	0	1.042	
5	rN	0	0.00			

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
7	85 0.0606469	-2.0057190
6	80 -2.3008435	-2.8602305
5	75 -1.2198841	-1.7201592
4	70 -0.7212639	-1.5726257
3	65 0.2610720	-0.6716081
2	60 0.7597791	0.3406655
1	55 -0.1126941	1.0373320

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	726	0.01	0.2479339	882.4648	105.11898
2	2	322	0.00	0.0000000	895.6472	112.36103
3	3	613	0.01	0.0000000	896.9341	96.17692
4	999	110405	0.99	0.2067841	479.3684	0.00000

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: line\_line"

[1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"

```
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -5      2977      0.03      0.03      1.026
2       0     80767      0.72      0.72      1.04
3       5     28290      0.25      0.25      1.045
4      10       32      0.00      0      1.042
5      rN       0      0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
7  85 0.06064690 -2.0057190
6  80 -1.50061881 -0.9041787
5  75 -0.04351266 -0.6007958
4  70  0.35110623 -0.5991620
3  65  1.37860815  0.1065329
2  60  1.96505993  1.1144952
1  55 -0.01711222  2.1123933
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         726  0.01  0.25482094      882.4648      105.11898      1045.765
2     2         322  0.00  0.04658385      895.6472      112.36103      1029.964
3     3         613  0.01  0.02446982      896.9341      96.17692      1018.946
4   999     110405  0.99  1.14732123      479.3684       0.00000      1146.702
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 111574, NA-Zellen 6866)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1     -10         5      0.00      0      1.042
2      -5     16177      0.14      0.14      1.032
3       0    90499      0.81      0.81      1.042
4       5     4892      0.04      0.04      1.053
5      10         1      0.00      0      1.059
6      rN     492      0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
7  85 1.33532934  0.0000000
6  80 0.02192982 -0.9690202
5  75 -1.22013652 -2.0663130
4  70 -1.21782525 -2.2039106
3  65 -0.71374432 -1.5948932
2  60 -0.31353050 -0.5690919
```

```

1 55 -0.53247677 0.3775289
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 738 0.01 0.1490515 871.7820 97.08244 1041.081
2 2 322 0.00 0.0000000 890.9178 108.16654 1025.280
3 3 617 0.01 0.0000000 892.4849 91.78780 1014.359
4 999 110389 0.99 -0.5148002 474.9330 0.00000 1142.377

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 6118 0.05 0.05 1.03
2 0 91611 0.82 0.82 1.041
3 5 14305 0.13 0.13 1.049
4 10 32 0.00 0 1.048
5 rN 0 0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
7 85 1.3353293 0.0000000
6 80 0.2144772 0.7853026
5 75 -0.2798507 -1.0159151
4 70 -0.2534068 -1.2555866
3 65 0.4440374 -0.5805761
2 60 0.8299945 0.4028483
1 55 -0.0991068 1.0811288
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 738 0.01 0.2777778 871.7820 97.08244 1041.081
2 2 322 0.00 0.0000000 890.9178 108.16654 1025.280
3 3 617 0.01 0.0000000 892.4849 91.78780 1014.359
4 999 110389 0.99 0.3718668 474.9330 0.00000 1142.377

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"

```

```

[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         1677          0.01          0.01          1.031
2          0        79679          0.71          0.71          1.04
3          5        30678          0.27          0.27          1.045
4         10          32          0.00           0          1.048
5          rN           0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
8  90 5.000000000      NA
7  85 1.45751634 0.5718954
6  80 1.31828979 1.5634006
5  75 0.72816826 0.1074271
4  70 0.68927640 -0.1864525
3  65 1.51575115 0.2139113
2  60 2.02535823 1.1748449
1  55 -0.01740207 2.1607131
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         738 0.01 0.33197832      871.7820      97.08244      1041.081
2     2          322 0.00 0.04658385      890.9178     108.16654     1025.280
3     3          617 0.01 0.02431118      892.4849      91.78780     1014.359
4   999        110389 0.99 1.31398962      474.9330       0.00000     1142.377
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 111480, NA-Zellen 6960"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -10          8          0.00           0          1.052
2          -5        18305          0.16          0.16          1.032
3           0        89116          0.80          0.8          1.042
4           5         4050          0.04          0.04          1.057
5          10          1          0.00           0          1.05
6          rN         586          0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
7  85 0.0606469 -2.0057190
6  80 -2.1516214 -2.5936599
5  75 -1.4950779 -2.7440318
4  70 -1.7236842 -2.5146648
3  65 -0.8888679 -1.7267910
2  60 -0.3941674 -0.6229554
1  55 -0.5573007 0.3528399
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"

```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 726 0.01 0.1377410 882.4648 105.11898 1045.765
2 2 322 0.00 0.0000000 895.6472 112.36103 1029.964
3 3 613 0.01 0.0000000 896.9341 96.17692 1018.946
4 999 110405 0.99 -0.6505705 479.3684 0.00000 1146.702
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 7941 0.07 0.07 1.03
2 0 91100 0.81 0.81 1.041
3 5 12993 0.12 0.12 1.05
4 10 32 0.00 0 1.042
5 rN 0 0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
7 85 0.0606469 -2.0057190
6 80 -1.6954420 -1.4877522
5 75 -0.6948183 -1.6299735
4 70 -0.6744258 -1.5628492
3 65 0.2657388 -0.6704808
2 60 0.7625969 0.3436266
1 55 -0.1114437 1.0402003
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 726 0.01 0.2479339 882.4648 105.11898 1045.765
2 2 322 0.00 0.0000000 895.6472 112.36103 1029.964
3 3 613 0.01 0.0000000 896.9341 96.17692 1018.946
4 999 110405 0.99 0.2300620 479.3684 0.00000 1146.702
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 2851 0.03 0.03 1.026
2 0 80804 0.72 0.72 1.04
```

3	5	28379	0.25	0.25	1.045
4	10	32	0.00	0	1.042
5	rN	0	0.00		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
7	85	0.06064690 -2.0057190
6	80	-1.41348974 -0.5943804
5	75	0.08821171 -0.5636605
4	70	0.38472108 -0.5796089
3	65	1.38485292 0.1132969
2	60	1.96803653 1.1156232
1	55	-0.01713894 2.1169164

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	726	0.01	0.25482094	882.4648	105.11898
2	2	322	0.00	0.04658385	895.6472	112.36103
3	3	613	0.01	0.02446982	896.9341	96.17692
4	999	110405	0.99	1.15705810	479.3684	0.00000

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: polygon\_polygon"

[1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"

[1] "distance\_height\_logic: 2d"

[1] "source\_factor: 10"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 111582, NA-Zellen 6858)"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean	(?!)
1	-10	5	0.00	0	1.042
2	-5	15609	0.14	0.14	1.032
3	0	91046	0.81	0.82	1.042
4	5	4921	0.04	0.04	1.053
5	10	1	0.00	0	1.059
6	rN	484	0.00		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
7	85	1.33532934 0.0000000
6	80	0.04716981 0.8609510
5	75	-0.42435424 -2.0278515
4	70	-1.19978951 -2.1948324
3	65	-0.70486111 -1.5929204
2	60	-0.31142938 -0.5647208
1	55	-0.53085035 0.3784652

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	738	0.01	0.1490515	871.7820	97.08244
2	2	322	0.00	0.0000000	890.9178	108.16654
3	3	617	0.01	0.0000000	892.4849	91.78780
4	999	110389	0.99	-0.4876029	474.9330	0.00000

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         5864          0.05          0.05          1.03
2          0         91692          0.82          0.82          1.041
3          5         14478          0.13          0.13          1.049
4         10          32          0.00          0          1.048
5         rN           0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
      zone mean_model mean_orig
7   85  1.33532934  0.0000000
6   80  0.73654391  1.4661383
5   75  0.03368137 -0.7785146
4   70 -0.21090853 -1.2451117
3   65  0.44763932 -0.5794487
2   60  0.83254690  0.4051043
1   55 -0.09849634  1.0837764
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
      zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         738  0.01  0.2777778         871.7820         97.08244         1041.081
2     2          322  0.00  0.0000000         890.9178         108.16654         1025.280
3     3           617  0.01  0.0000000         892.4849         91.78780         1014.359
4   999        110389  0.99  0.3912075         474.9330          0.00000         1142.377
    
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         1642          0.01          0.01          1.031
2          0         79603          0.71          0.71          1.04
3          5         30789          0.27          0.27          1.045
4         10          32          0.00          0          1.048
5         rN           0          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
    
```

	zone	mean_model	mean_orig
8	90	5.00000000	NA
7	85	1.45751634	0.5718954
6	80	1.40122511	1.5994236
5	75	0.76655983	0.1697613
4	70	0.71555982	-0.1668994
3	65	1.52160995	0.2209571
2	60	2.02741534	1.1763959
1	55	-0.01741891	2.1634711

[1] "-----"  
 [1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

	zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	738	0.01	0.33197832	871.7820	97.08244	1041.081
2	2	322	0.00	0.04658385	890.9178	108.16654	1025.280
3	3	617	0.01	0.02431118	892.4849	91.78780	1014.359
4	999	110389	0.99	1.32060260	474.9330	0.00000	1142.377

### A5.1.7 Testgebiet 7 – S16 Arlberg-Schnellstraße

[1] "TESTGEBIET (Teilausschnitt aus simuliertem Gebiet)"  
 [1] "Länge des Rasters: 550m"  
 [1] "Breite des Rasters: 1490m"  
 [1] "Anzahl Zellen: 32780"  
 [1] "Gelände-Durchschnittshöhe: 1021.43m"  
 [1] "Durchschnittliche Abweichung von Gelände-Durchschnittshöhe pro Zelle: 22.25m"  
 [1] "Maximale Abweichung: 110.65m"  
 [1] "-----"  
 [1] "STRASSE"  
 [1] "Straßen-Durchschnittshöhe: Simuliertes Gebiet 979.47m; Testgebiet 999.13m"  
 [1] "Durchschnittliche Abweichung von Straßen-Durchschnittshöhe pro Zelle: Simuliertes Gebiet 52.62m; Testgebiet 20.03m"  
 [1] "Maximale Abweichung: Simuliertes Gebiet 120.83m; Testgebiet 46.92m"

-----  
 [1] "WERTVERGLEICH"  
 [1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"  
 [1] "Einstellungen:"  
 [1] "street\_rep\_calc\_start: line\_line"  
 [1] "distance\_calc\_logic: grid\_dist"  
 [1] "distance\_height\_logic: 3d"  
 [1] "source\_factor: 10"  
 [1] "Zellstatistiken:"  
 [1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"  
 [1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 21788, NA-Zellen 10992)"  
 [1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"  
 [1] "-----"  
 [1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"  
 db\_value\_diff cell\_count overall\_ratio inner\_ratio rel\_dist\_mean (!)  
 1 -10 724 0.03 0.03 1.033  
 2 -5 5408 0.23 0.25 1.041  
 3 0 14202 0.60 0.65 1.043  
 4 5 1371 0.06 0.06 1.027  
 5 10 67 0.00 0 1.045  
 6 15 16 0.00 0 1.042  
 7 rN 1944 0.08

[1] "-----"  
 [1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

	zone	mean_model	mean_orig
5	75	1.8181818	-5.391187
4	70	-1.7010309	-4.472177
3	65	-4.1879562	-3.719232
2	60	-0.8413164	-1.897444
1	55	-1.0451201	0.514023

```
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 254 0.01 -0.2788845 124.5497 20 272.2591
2 2 99 0.00 -0.3030303 111.5618 15 205.0000
3 3 139 0.01 0.4379562 110.3227 10 203.9608
4 4 70 0.00 0.3787879 119.5173 15 190.0000
5 999 23061 0.98 -1.2479397 105.9535 0 290.0000
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23343, NA-Zellen 9437)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -10 545 0.02 0.02 1.033
2 -5 3754 0.16 0.16 1.041
3 0 16716 0.70 0.72 1.045
4 5 2208 0.09 0.09 1.03
5 10 98 0.00 0 1.043
6 15 22 0.00 0 1.043
7 rN 389 0.02
```

```
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 1.8181818 -5.2473022
4 70 -0.8940397 -3.8502455
3 65 -2.6814580 -2.3487693
2 60 0.3534801 -0.7901973
1 55 -0.5852122 0.7389381
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 259 0.01 0.1158301 125.3163 20 272.2591
2 2 99 0.00 0.3535354 111.5618 15 205.0000
3 3 139 0.01 0.8992806 110.3227 10 203.9608
4 4 70 0.00 0.6428571 119.5173 15 190.0000
5 999 23056 0.98 -0.5314805 105.9408 0 290.0000
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23623, NA-Zellen 9157)"
```

```

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -10         470           0.02         0.02         1.036
2           -5        2129           0.09         0.09         1.038
3           0       16923           0.71         0.72         1.049
4           5        3872           0.16         0.16         1.04
5          10         203           0.01         0.01         1.037
6          15          26           0.00           0           1.037
7           rN         109           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6   80 5.0000000      NA
5   75 1.8209408 -4.9505396
4   70 -0.3738318 -3.5597381
3   65 -1.1194923 -0.8927826
2   60 1.4558841  0.3380783
1   55 -0.2224988 1.2856019
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         268  0.01  0.8395522      127.3705         20      272.2591
2     2          106  0.00  1.1320755      117.0329         15      205.0000
3     3           146  0.01  1.5410959      114.3602         10      203.9608
4     4            70  0.00  0.8571429      119.5173         15      190.0000
5   999        23033  0.98  0.2520297      105.8555          0      290.0000

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 78db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23623, NA-Zellen 9157)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -10         378           0.02         0.02         1.043
2           -5        1349           0.06         0.06         1.035
3           0       14116           0.59         0.6          1.05
4           5        7343           0.31         0.31         1.052
5          10         409           0.02         0.02         1.034
6          15          28           0.00           0           1.045
7           rN         109           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6   80 5.0000000      NA
5   75 1.82094082 -4.53687050
4   70 -0.41587902 -3.28968903
3   65 0.37030004 -0.01460159
2   60 2.66714422  1.26819799
1   55 -0.02388773  2.51455547
[1] "-----"

```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 276 0.01 2.264493 128.2936 20 272.2591
2 2 106 0.00 2.405660 117.0329 15 205.0000
3 3 146 0.01 2.979452 114.3602 10 203.9608
4 4 70 0.00 1.928571 119.5173 15 190.0000
5 999 23025 0.97 1.270358 105.8370 0 290.0000
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 21962, NA-Zellen 10818)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -10 189 0.01 0.01 1.037
2 -5 4581 0.19 0.21 1.042
3 0 15202 0.64 0.69 1.042
4 5 1831 0.08 0.08 1.032
5 10 116 0.00 0.01 1.342
6 15 43 0.00 0 1.138
7 rN 1770 0.07
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 2.1662031 -1.2544964
4 70 1.8461538 -2.1522095
3 65 -1.8929303 -2.8911139
2 60 -0.3244747 -1.5262051
1 55 -0.9368509 0.5932664
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 304 0.01 -0.2483444 109.19957 10 268.0019
2 2 111 0.00 -0.1801802 96.97861 5 200.9975
3 3 162 0.01 0.1875000 94.94558 10 200.1250
4 4 102 0.00 2.6020408 83.97981 0 185.0000
5 999 22944 0.97 -0.6587290 101.91943 0 285.0000
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23395, NA-Zellen 9385)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
```

```

[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         127          0.01         0.01         1.038
2       -5        2875          0.12         0.12         1.042
3        0       17382          0.73         0.74         1.045
4         5        2803          0.12         0.12         1.035
5        10         161          0.01         0.01         1.161
6        15          47          0.00          0         1.467
7         rN         337          0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6  80 5.0000000 NA
5  75 2.1677105 -1.2275180
4  70 2.3737374 -1.8617021
3  65 -0.6856469 -1.5039633
2  60 0.7132993 -0.4019735
1  55 -0.4978968 0.8344015
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  1         310  0.01  0.274193548      110.21230         10      268.0019
2  2          111  0.00  0.585585586       96.97861          5      200.9975
3  3           162  0.01  0.895061728       94.94558          10     200.1250
4  4           102  0.00  2.843137255       83.97981           0     185.0000
5  999        22938  0.97  0.004403347      101.90384           0     285.0000
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23623, NA-Zellen 9157)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         120          0.01         0.01         1.042
2       -5        1415          0.06         0.06         1.038
3        0       16823          0.71         0.71         1.048
4         5        4899          0.21         0.21         1.042
5        10         296          0.01         0.01         1.066
6        15          70          0.00          0         1.492
7         rN         109          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6  80 5.6701031 NA
5  75 2.5457716 0.0000000
4  70 2.8600823 -1.5507365
3  65 0.4820937 -0.1919065
2  60 1.7504178 0.6624070
1  55 -0.1697837 1.4547600
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

```

```

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           320 0.01  1.0468750         112.49525          10      268.0019
2     2            116 0.00  1.4655172         100.92064           5      200.9975
3     3            169 0.01  1.7159763          98.97495          10      200.1250
4     4            103 0.00  3.2524272          85.00913           0      190.0000
5   999          22915 0.97  0.8335152         101.81802           0      285.0000
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 22100, NA-Zellen 10680)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -10           90           0.00           0           1.043
2              -5          4354           0.18           0.2           1.039
3               0          15678           0.66           0.71           1.043
4               5          1848           0.08           0.08           1.029
5              10           102           0.00           0           1.044
6              15            28           0.00           0           1.034
7              rN          1632           0.07
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75  1.8181818 -3.246403
4   70 -2.1536797 -2.684124
3   65 -1.0299697 -1.789737
2   60  0.3037617 -1.298124
1   55 -0.8684299  0.644945
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           254 0.01 -0.05976096         124.5497          20      272.2591
2     2            99 0.00  0.05050505         111.5618          15      205.0000
3     3           139 0.01  0.69343066         110.3227          10      203.9608
4     4            70 0.00  0.75757576         119.5173          15      190.0000
5   999          23061 0.98 -0.56272335         105.9535           0      290.0000
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23479, NA-Zellen 9301)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  
```

```

db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5      2623      0.11      0.11      1.04
2       0      17605      0.74      0.75      1.045
3       5      3004      0.13      0.13      1.033
4      10       216      0.01      0.01      1.034
5      15        31      0.00        0      1.035
6      rN       253      0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 1.8126888 -2.8327338
4  70 -1.1329201 -1.3870704
3  65  0.7755829 -0.5298290
2  60 1.1649061 -0.1666127
1  55 -0.4676730  0.9290944
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         259  0.01   0.5019305         125.3163          20      272.2591
2     2          99  0.00   0.8080808         111.5618          15      205.0000
3     3         139  0.01   1.3309353         110.3227          10      203.9608
4     4          70  0.00   0.8571429         119.5173          15      190.0000
5    999        23056  0.98   0.1778544         105.9408           0      290.0000
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23623, NA-Zellen 9157)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5      1413      0.06      0.06      1.034
2       0      16881      0.71      0.71      1.048
3       5      4964      0.21      0.21      1.044
4      10       330      0.01      0.01      1.034
5      15        35      0.00        0      1.044
6      rN       109      0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6  80 5.0000000      NA
5  75 1.7621145 -2.7383094
4  70 -0.6207112 -1.0270049
3  65 1.6257431  0.2899458
2  60 2.0412054  0.8912973
1  55 -0.1622229  1.5479937
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         268  0.01   1.2500000         127.3705          20      272.2591
2     2         106  0.00   1.6981132         117.0329          15      205.0000

```

3	3	146	0.01	2.2602740	114.3602	10	203.9608
4	4	70	0.00	1.2142857	119.5173	15	190.0000
5	999	23033	0.98	0.8965397	105.8555	0	290.0000

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 22293, NA-Zellen 10487)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5          3023          0.13          0.14          1.041
2       0         16575          0.70          0.74          1.042
3       5          2475          0.10          0.11          1.033
4      10           161          0.01          0.01          1.043
5      15           59          0.00           0          1.722
6      rN          1439          0.06
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 2.1662031 -0.6609712
4  70 0.5124451 -0.4418985
3  65 0.3095329 -0.8406341
2  60 0.7189488 -0.8637981
1  55 -0.7626459 0.7368190
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  1          304 0.01  0.09933775      109.19957          10      268.0019
2  2          111 0.00  0.45045045       96.97861           5      200.9975
3  3          162 0.01  0.65625000       94.94558          10      200.1250
4  4          102 0.00  3.52040816       83.97981           0      185.0000
5 999         22944 0.97 -0.03584312      101.91943           0      285.0000
-----

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23508, NA-Zellen 9272)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5          1430          0.06          0.06          1.042
2       0         17878          0.75          0.76          1.045
3       5          3813          0.16          0.16          1.036
4      10           321          0.01          0.01          1.043
5      15           66          0.00           0          1.65
-----

```

```

6          rN          224          0.01
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6  80  5.0000000      NA
5  75  2.1677105 -0.6564748
4  70  1.5141431  0.6751227
3  65  1.7911413  0.4046725
2  60  1.4502069  0.2814623
1  55 -0.3797583  1.0567686
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           310  0.01   0.7419355      110.21230           10      268.0019
2     2           111  0.00   1.2612613      96.97861            5      200.9975
3     3           162  0.01   1.4814815      94.94558           10      200.1250
4     4            102  0.00   3.6764706      83.97981            0      185.0000
5    999          22938  0.97   0.6629277      101.90384            0      285.0000
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: grid_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23623, NA-Zellen 9157)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5           536           0.02           0.02           1.036
2              0          16281           0.69           0.69           1.048
3              5           6257           0.26           0.26           1.044
4             10            468           0.02           0.02           1.047
5             15             81           0.00              0           1.536
6          rN           109           0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6  80  5.6701031      NA
5  75  2.5413403  0.5485612
4  70  1.8586957  0.9779051
3  65  2.5868326  1.0492282
2  60  2.2868984  1.3013588
1  55 -0.1241255  1.7415421
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           320  0.01   1.625000      112.49525           10      268.0019
2     2           116  0.00   2.241379      100.92064            5      200.9975
3     3           169  0.01   2.485207      98.97495           10      200.1250
4     4            103  0.00   4.077670      85.00913            0      190.0000
5    999          22915  0.97   1.434868      101.81802            0      285.0000
-----

```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 22012, NA-Zellen 10768)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         714         0.03         0.03         1.032
2       -5        5229         0.22         0.24         1.04
3        0       14543         0.61         0.66         1.043
4         5        1441         0.06         0.07         1.03
5        10         69         0.00          0         1.046
6        15         16         0.00          0         1.042
7         rN        1720         0.07
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75 1.8181818 -5.3911871
4   70 -1.7010309 -4.4312602
3   65 -4.0911121 -3.6670839
2   60 -0.7397384 -1.7567130
1   55 -0.9789729  0.5324804
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         254  0.01  -0.1587302         124.5497         20         272.2591
2     2          99  0.00   0.1010101         111.5618         15         205.0000
3     3         139  0.01   0.8273381         110.3227         10         203.9608
4     4          70  0.00   0.6428571         119.5173         15         190.0000
5   999       23061  0.98  -1.1832436         105.9535          0         290.0000
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23517, NA-Zellen 9263)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         539         0.02         0.02         1.032
2       -5        3563         0.15         0.15         1.04
3        0       16950         0.71         0.72         1.045
4         5        2338         0.10         0.1         1.033
5        10         105         0.00          0         1.049
6        15          22         0.00          0         1.043
7         rN         215         0.01
[1] "-----"

```

```

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5 75 1.8181818 -5.2473022
4 70 -0.8441558 -3.8175123
3 65 -2.5701944 -2.2215269
2 60 0.4693141 -0.6680686
1 55 -0.5328382 0.7791177
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 259 0.01 0.4247104 125.3163 20 272.2591
2 2 99 0.00 0.8585859 111.5618 15 205.0000
3 3 139 0.01 1.3309353 110.3227 10 203.9608
4 4 70 0.00 0.7857143 119.5173 15 190.0000
5 999 23056 0.98 -0.4627643 105.9408 0 290.0000

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -10 470 0.02 0.02 1.036
2 -5 2007 0.08 0.08 1.036
3 0 16816 0.71 0.71 1.048
4 5 4198 0.18 0.18 1.043
5 10 215 0.01 0.01 1.039
6 15 26 0.00 0 1.037
7 rN 0 0.00

[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6 80 5.000000 NA
5 75 1.820941 -4.9505396
4 70 -0.308642 -3.5597381
3 65 -1.016336 -0.7676262
2 60 1.610893 0.4254287
1 55 -0.195468 1.3932444
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 268 0.01 1.2500000 127.3705 20 272.2591
2 2 106 0.00 1.5566038 117.0329 15 205.0000
3 3 146 0.01 1.9520548 114.3602 10 203.9608
4 4 70 0.00 1.2142857 119.5173 15 190.0000
5 999 23033 0.98 0.3440715 105.8555 0 290.0000

-----

[1] "WERTVERGLEICH"

```

```

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 22193, NA-Zellen 10587)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         184          0.01         0.01         1.036
2       -5        4387          0.18         0.2          1.041
3        0       15548          0.66         0.7          1.042
4         5        1911          0.08         0.09          1.034
5        10         111          0.00         0.01          1.039
6        15          42          0.00          0          1.046
7        20          10          0.00          0           5
8         rN        1539          0.06
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75  2.2893646 -1.2544964
4   70  1.8181818 -2.1317512
3   65 -1.8762525 -2.8076763
2   60 -0.2247444 -1.3895180
1   55 -0.8706674  0.6241135
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1          304  0.01 -0.09933775      109.19957          10      268.0019
2     2           111  0.00  0.27027027       96.97861           5      200.9975
3     3           162  0.01  0.70987654       94.94558          10      200.1250
4     4           102  0.00  3.57843137       83.97981           0      185.0000
5   999        22944  0.97 -0.59545476      101.91943           0      285.0000

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23566, NA-Zellen 9214)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         127          0.01         0.01         1.038
2       -5        2692          0.11         0.11         1.04
3        0       17568          0.74         0.75         1.045
4         5        2965          0.12         0.13         1.037
5        10         162          0.01         0.01         1.05
6        15          42          0.00          0          1.046
7        20          10          0.00          0           5
8         rN        166          0.01
[1] "-----"

```

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
6	80	5.0000000 NA
5	75	2.2909468 -1.2275180
4	70	1.9072165 -1.8617021
3	65	-0.6344262 -1.3725490
2	60	0.8320971 -0.2830799
1	55	-0.4495500 0.8871414

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	310	0.01	0.56451613	110.21230	10
2	2	111	0.00	1.12612613	96.97861	5
3	3	162	0.01	1.48148148	94.94558	10
4	4	102	0.00	3.92156863	83.97981	0
5	999	22938	0.97	0.07048129	101.90384	0

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: polygon\_polygon"

[1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"

[1] "distance\_height\_logic: 3d"

[1] "source\_factor: 10"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean	(?!)
1	-10	120	0.01	0.01	1.042
2	-5	1323	0.06	0.06	1.036
3	0	16659	0.70	0.7	1.048
4	5	5246	0.22	0.22	1.044
5	10	312	0.01	0.01	1.049
6	15	62	0.00	0	1.04
7	20	10	0.00	0	5
8	rN	0	0.00		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
6	80	5.6701031 NA
5	75	2.6966292 0.0000000
4	70	2.6530612 -1.5507365
3	65	0.5731707 -0.1022111
2	60	1.8884370 0.7651246
1	55	-0.1451682 1.5660348

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	320	0.01	1.484375	112.49525	10
2	2	116	0.00	1.853448	100.92064	5
3	3	169	0.01	2.159763	98.97495	10
4	4	103	0.00	4.271845	85.00913	0
5	999	22915	0.97	0.923849	101.81802	0

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 22300, NA-Zellen 10480)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10         89         0.00         0         1.042
2       -5        4168         0.18         0.19         1.038
3         0       15936         0.67         0.71         1.043
4         5        1970         0.08         0.09         1.032
5        10         109         0.00         0         1.05
6        15          28         0.00         0         1.034
7         rN        1432         0.06
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75  1.8181818 -3.241906
4   70 -2.1544276 -2.680033
3   65 -0.9181050 -1.672924
2   60  0.4201886 -1.171951
1   55 -0.8159473  0.681918
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         254  0.01   0.1587302       124.5497         20       272.2591
2     2          99  0.00   0.5050505       111.5618         15       205.0000
3     3         139  0.01   1.1510791       110.3227         10       203.9608
4     4          70  0.00   0.8571429       119.5173         15       190.0000
5   999       23061  0.98  -0.4932342       105.9535          0       290.0000
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23642, NA-Zellen 9138)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5        2435         0.10         0.1         1.038
2          0       17733         0.75         0.75         1.045
3          5        3212         0.14         0.14         1.036
4         10         229         0.01         0.01         1.036
5         15          33         0.00         0         1.042
6         rN          90         0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"

```

```

zone mean_model mean_orig
5 75 1.8126888 -2.83273381
4 70 -1.0454854 -1.35433715
3 65 0.8724937 -0.39424280
2 60 1.2871074 -0.01941119
1 55 -0.4187974 0.98515202
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 259 0.01 0.8880309 125.3163 20 272.2591
2 2 99 0.00 1.2626263 111.5618 15 205.0000
3 3 139 0.01 2.0503597 110.3227 10 203.9608
4 4 70 0.00 1.1428571 119.5173 15 190.0000
5 999 23056 0.98 0.2590786 105.9408 0 290.0000
    
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 1331 0.06 0.06 1.033
2 0 16635 0.70 0.7 1.047
3 5 5389 0.23 0.23 1.047
4 10 341 0.01 0.01 1.034
5 15 36 0.00 0 1.045
6 rN 0 0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
6 80 5.0000000 NA
5 75 1.7569546 -2.7293165
4 70 -0.5321101 -0.9656301
3 65 1.7361638 0.3796412
2 60 2.1904080 0.9923973
1 55 -0.1460216 1.6701771
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 268 0.01 1.7350746 127.3705 20 272.2591
2 2 106 0.00 2.1226415 117.0329 15 205.0000
3 3 146 0.01 2.8767123 114.3602 10 203.9608
4 4 70 0.00 2.2857143 119.5173 15 190.0000
5 999 23033 0.98 0.9972648 105.8555 0 290.0000
    
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 75db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
    
```

```

[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 22493, NA-Zellen 10287)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         2849          0.12         0.13         1.039
2          0        16795          0.71         0.75         1.042
3          5         2617          0.11         0.12         1.034
4         10          173          0.01         0.01         1.063
5         15           49          0.00           0         1.053
6         20           10          0.00           0           5
7         rN         1239          0.05
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75  2.2893646 -0.6609712
4   70  0.3676471 -0.4378069
3   65  0.3771155 -0.7217355
2   60  0.8402744 -0.7416694
1   55 -0.7141617  0.7849741
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           304  0.01  0.36423841      109.19957           10      268.0019
2     2           111  0.00  0.85585586       96.97861            5      200.9975
3     3           162  0.01  1.29629630       94.94558            10      200.1250
4     4            102  0.00  4.16666667       83.97981             0      185.0000
5   999          22944  0.97  0.03060426      101.91943            0      285.0000
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23663, NA-Zellen 9117)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         1284          0.05          0.05          1.04
2          0        17895          0.75          0.76          1.044
3          5         4072          0.17          0.17          1.038
4         10          346          0.01          0.01          1.049
5         15           56          0.00           0          1.052
6         20           10          0.00           0           5
7         rN           69          0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6   80  5.0000000      NA
5   75  2.2909468 -0.6564748
4   70  1.4959016  0.7037643

```

```

3 65 1.8967681 0.4964539
2 60 1.5681197 0.4351343
1 55 -0.3361886 1.1317647
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 310 0.01 1.1935484 110.21230 10 268.0019
2 2 111 0.00 1.8468468 96.97861 5 200.9975
3 3 162 0.01 2.2530864 94.94558 10 200.1250
4 4 102 0.00 4.5098039 83.97981 0 185.0000
5 999 22938 0.97 0.7451135 101.90384 0 285.0000
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 482 0.02 0.02 1.034
2 0 15988 0.67 0.67 1.046
3 5 6691 0.28 0.28 1.047
4 10 488 0.02 0.02 1.048
5 15 73 0.00 0 1.049
6 20 10 0.00 0 5
7 rN 0 0.00
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6 80 5.6701031 NA
5 75 2.6919758 0.5485612
4 70 1.8544936 1.0024550
3 65 2.6858877 1.1055486
2 60 2.4180574 1.4210611
1 55 -0.1058509 1.8683205
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 320 0.01 2.140625 112.49525 10 268.0019
2 2 116 0.00 2.629310 100.92064 5 200.9975
3 3 169 0.01 2.958580 98.97495 10 200.1250
4 4 103 0.00 5.679612 85.00913 0 190.0000
5 999 22915 0.97 1.533712 101.81802 0 285.0000
  
```

## A5.2 Durchrechnungen nach Anpassungen

### A5.2.1 Testgebiet 1 (Anpassung Gpath-Koeffizient und Source-Faktor)

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
  
```

```
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "gpath_factor: 0.75"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         392         0.0465         0.05         1.024
2          0        7939         0.9408         0.94         1.02
3          5         108         0.0128         0.01         1.005
4         rN           0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 0.80733945 -0.10706638
4  70 -0.11210762 -0.15055468
3  65 -0.47178131 -0.84546926
2  60 -0.39195355 -0.14679715
1  55 -0.08455035  0.02592689
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439     1  -0.1682664         67.19348           0         159.1383

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "gpath_factor: 0.7"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5         366         0.0434         0.04         1.03
2          0        7891         0.9351         0.94         1.02
3          5         182         0.0216         0.02         1.007
4         rN           0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 0.807339450 -0.107066381
4  70 -0.112107623 -0.150554675
3  65 -0.487693710 -0.995145631
2  60 -0.294003868 -0.006672598
1  55 -0.003983006  0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
```

1 999 8439 1 -0.1090177 67.19348 0 159.1383

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "gpath_factor: 0.725"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5          361      0.0428      0.04      1.026
2       0          7936     0.9404      0.94      1.02
3       5           142     0.0168      0.02      1.004
4      rN              0     0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.80733945 -0.10706638
4  70 -0.11210762 -0.15055468
3  65 -0.47178131 -0.84546926
2  60 -0.31300485 -0.07784698
1  55 -0.04559666  0.07000259
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439    1 -0.1297547      67.19348      0      159.1383
```

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "gpath_factor: 0.775"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5          392      0.0465      0.05      1.024
2       0          7939     0.9408      0.94      1.02
3       5           108     0.0128      0.01      1.005
4      rN              0     0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.80733945 -0.10706638
4  70 -0.11210762 -0.15055468
3  65 -0.47178131 -0.84546926
```

```

2 60 -0.39195355 -0.14679715
1 55 -0.08455035 0.02592689
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999      8439      1 -0.1682664      67.19348      0      159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "gpath_factor: 0.7625"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5      392      0.0465      0.05      1.024
2       0     7939      0.9408      0.94      1.02
3       5      108      0.0128      0.01      1.005
4      rN       0      0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 0.80733945 -0.10706638
4 70 -0.11210762 -0.15055468
3 65 -0.47178131 -0.84546926
2 60 -0.39195355 -0.14679715
1 55 -0.08455035 0.02592689
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999      8439      1 -0.1682664      67.19348      0      159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5      392      0.0465      0.05      1.024
2       0     7939      0.9408      0.94      1.02
3       5      108      0.0128      0.01      1.005

```

```

4          rN          0          0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.80733945 -0.10706638
4  70 -0.11210762 -0.15055468
3  65 -0.47178131 -0.84546926
2  60 -0.39195355 -0.14679715
1  55 -0.08455035  0.02592689
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439     1  -0.1682664         67.19348             0         159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "gpath_factor: 0.79"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?)
1          -5          417          0.0494          0.05          1.024
2           0          7921          0.9386          0.94          1.02
3           5           101          0.0120          0.01          1.004
4          rN          0          0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.8073394 -0.10706638
4  70 -0.1121076 -0.15055468
3  65 -0.4717813 -0.84546926
2  60 -0.4119378 -0.20240214
1  55 -0.1156290  0.01685248
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439     1  -0.187226         67.19348             0         159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.95"
[1] "gpath_factor: 0.8"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"

```

```

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         392         0.0465         0.05         1.024
2              0        7939         0.9408         0.94         1.02
3              5         108         0.0128         0.01         1.005
4             rN           0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.80733945 -0.10706638
4  70 -0.11210762 -0.15055468
3  65 -0.47178131 -0.84546926
2  60 -0.39195355 -0.14679715
1  55 -0.08455035  0.02592689
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439     1  -0.1682664         67.19348           0         159.1383
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.95"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5         363         0.0430         0.04         1.026
2              0        7937         0.9405         0.94         1.02
3              5         139         0.0165         0.02         1.004
4             rN           0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.80733945 -0.10706638
4  70 -0.11210762 -0.15055468
3  65 -0.47178131 -0.84546926
2  60 -0.31970862 -0.08229537
1  55 -0.04813947  0.06611356
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439     1  -0.1327171         67.19348           0         159.1383
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"

```

```
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.95"
[1] "gpath_factor: 0.75"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5         329         0.0390         0.04         1.028
2           0        7928         0.9394         0.94         1.02
3           5         182         0.0216         0.02         1.007
4          rN           0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.807339450 -0.107066381
4  70 -0.112107623 -0.150554675
3  65 -0.471781305 -0.845469256
2  60 -0.225667190 -0.006672598
1  55 -0.003983006  0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999         8439     1 -0.08709563         67.19348           0         159.1383

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.95"
[1] "gpath_factor: 0.765"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5         339         0.0402         0.04         1.028
2           0        7941         0.9410         0.94         1.02
3           5         159         0.0188         0.02         1.003
4          rN           0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.80733945 -0.10706638
4  70 -0.11210762 -0.15055468
3  65 -0.47178131 -0.84546926
2  60 -0.27435388 -0.02891459
1  55 -0.01710977  0.09204045
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
      zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999      8439      1 -0.1066477      67.19348      0      159.1383
```

```
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.9"
[1] "gpath_factor: 0.8"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5          245          0.0290          0.03          1.037
2           0         8010          0.9492          0.95          1.02
3           5          184          0.0218          0.02          1.007
4           rN           0          0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
      zone mean_model mean_orig
5  75  0.807339450 -0.107066381
4  70 -0.112107623 -0.150554675
3  65 -0.430327869 -0.505663430
2  60 -0.062956946 -0.002224199
1  55 -0.003983006  0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
      zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999      8439      1 -0.03614172      67.19348      0      159.1383
```

```
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.9"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5          201          0.0238          0.02          1.045
2           0         8051          0.9540          0.95          1.02
3           5          187          0.0222          0.02          1.007
4           rN           0          0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
      zone mean_model mean_orig
5  75  0.807339450 -0.107066381
```

```

4 70 -0.112107623 -0.150554675
3 65 -0.402525651 -0.327669903
2 60 0.026915114 0.004448399
1 55 -0.003983006 0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999 8439 1 -0.008294822 67.19348 0 159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.9"
[1] "gpath_factor: 0.75"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 177 0.0210 0.02 1.051
2 0 8045 0.9533 0.95 1.019
3 5 217 0.0257 0.03 1.013
4 rN 0 0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 0.8073394 -0.1070664
4 70 -0.1121076 -0.1505547
3 65 -0.3917766 -0.2427184
2 60 0.1298969 0.0133452
1 55 0.0000000 0.1594504
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999 8439 1 0.02369949 67.19348 0 159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.9"
[1] "gpath_factor: 0.765"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 185 0.0219 0.02 1.049

```

2	0	8044	0.9532	0.95	1.019
3	5	210	0.0249	0.02	1.012
4	rN	0	0.0000		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
5	0.807339450	-0.107066381
4	-0.112107623	-0.150554675
3	-0.398126464	-0.271035599
2	0.103050289	0.008896797
1	-0.001336541	0.151672284

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	999	8439	1	0.01481218	67.19348	0	159.1383

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: polygon\_polygon"

[1] "distance\_calc\_logic: combined"

[1] "distance\_height\_logic: 3d"

[1] "source\_factor: 9.9"

[1] "gpath\_factor: 0.77"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean (?!)	
1	-5	192	0.0228	0.02	1.048
2	0	8060	0.9551	0.96	1.02
3	5	187	0.0222	0.02	1.007
4	rN	0	0.0000		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig
5	0.807339450	-0.107066381
4	-0.112107623	-0.150554675
3	-0.399686520	-0.291262136
2	0.045719036	0.004448399
1	-0.003983006	0.121856365

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	999	8439	1	-0.002962436	67.19348	0	159.1383

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: polygon\_polygon"

[1] "distance\_calc\_logic: combined"

[1] "distance\_height\_logic: 3d"

[1] "source\_factor: 9.9"

[1] "gpath\_factor: 0.775"

```
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5           195         0.0231         0.02           1.047
2              0          8057         0.9547         0.95           1.02
3              5           187         0.0222         0.02           1.007
4             rN              0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.807339450 -0.107066381
4  70 -0.112107623 -0.150554675
3  65 -0.400628437 -0.303398058
2  60  0.039435450  0.004448399
1  55 -0.003983006  0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439      1 -0.004739898      67.19348           0      159.1383
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.9"
[1] "gpath_factor: 0.767"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1             -5           187         0.0222         0.02           1.049
2              0          8065         0.9557         0.96           1.02
3              5           187         0.0222         0.02           1.007
4             rN              0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.807339450 -0.107066381
4  70 -0.112107623 -0.150554675
3  65 -0.398126464 -0.271035599
2  60  0.056226572  0.004448399
1  55 -0.003983006  0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439      1           0      67.19348           0      159.1383
```

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.85"
[1] "gpath_factor: 0.8"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1             -5           177           0.0210           0.02           1.051
2              0          8045           0.9533           0.95           1.019
3              5           217           0.0257           0.03           1.013
4             rN              0           0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.8073394 -0.1070664
4  70 -0.1121076 -0.1505547
3  65 -0.3917766 -0.2427184
2  60  0.1298969  0.0133452
1  55  0.0000000  0.1594504
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999           8439      1  0.02369949          67.19348           0          159.1383
```

```
-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.88"
[1] "gpath_factor: 0.8"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1             -5           181           0.0214           0.02           1.05
2              0          8070           0.9563           0.96           1.02
3              5           188           0.0223           0.02           1.007
4             rN              0           0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  0.807339450 -0.107066381
4  70 -0.112107623 -0.150554675
3  65 -0.392080745 -0.246763754
2  60  0.068922306  0.006672598
1  55 -0.003983006  0.121856365
[1] "-----"
```

```

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999      8439      1  0.004147411      67.19348      0      159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.8"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -5      198      0.0235      0.02      1.046
2       0     8054      0.9544      0.95      1.02
3       5     187      0.0222      0.02      1.007
4      rN       0      0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 0.807339450 -0.107066381
4 70 -0.112107623 -0.150554675
3 65 -0.401574803 -0.315533981
2 60 0.033167496 0.004448399
1 55 -0.003983006 0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 999      8439      1 -0.00651736      67.19348      0      159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.885"
[1] "gpath_factor: 0.8"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1      -5     187      0.0222      0.02      1.049
2       0    8065      0.9557      0.96      1.02
3       5     187      0.0222      0.02      1.007
4      rN       0      0.0000
[1] "-----"

```

```

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone  mean_model  mean_orig
5  75  0.807339450 -0.107066381
4  70 -0.112107623 -0.150554675
3  65 -0.398126464 -0.271035599
2  60  0.056226572  0.004448399
1  55 -0.003983006  0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439    1          0          67.19348          0          159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5         181          0.0214          0.02          1.05
2           0        8070          0.9563          0.96          1.02
3           5         188          0.0223          0.02          1.007
4          rN           0          0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone  mean_model  mean_orig
5  75  0.807339450 -0.107066381
4  70 -0.112107623 -0.150554675
3  65 -0.392080745 -0.246763754
2  60  0.068922306  0.006672598
1  55 -0.003983006  0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999      8439    1  0.004147411          67.19348          0          159.1383

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.895"
[1] "gpath_factor: 0.767"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"

```

```

[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1         -5         178         0.0211         0.02         1.05
2          0        8044         0.9532         0.95         1.019
3          5         217         0.0257         0.03         1.013
4         rN           0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
      zone mean_model mean_orig
5    75 0.8073394 -0.1070664
4    70 -0.1121076 -0.1505547
3    65 -0.3920807 -0.2467638
2    60 0.1277824 0.0133452
1    55 0.0000000 0.1594504
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
      zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1    999         8439         1         0.023107         67.19348         0         159.1383
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.895"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
      db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1         -5         191         0.0226         0.02         1.048
2          0        8061         0.9552         0.96         1.02
3          5         187         0.0222         0.02         1.007
4         rN           0         0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
      zone mean_model mean_orig
5    75 0.807339450 -0.107066381
4    70 -0.112107623 -0.150554675
3    65 -0.399373532 -0.287216828
2    60 0.047817048 0.004448399
1    55 -0.003983006 0.121856365
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
      zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1    999         8439         1 -0.002369949         67.19348         0         159.1383
  
```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
  
```

```

[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.885"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 13104)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 8439, NA-Zellen 4665)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5          177          0.0210          0.02          1.051
2          0         8047          0.9535          0.95          1.019
3          5          215          0.0255          0.03          1.013
4          rN           0          0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 0.8073394 -0.1070664
4  70 -0.1121076 -0.1505547
3  65 -0.3917766 -0.2427184
2  60 0.1258770 0.0133452
1  55 0.0000000 0.1568577
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1  999          8439    1  0.02251452          67.19348           0          159.1383
  
```

### A5.2.2 Testgebiet 2 (Einführung kombinierte Distanzberechnung und Dämpfungsfaktor)

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "gpath_factor: 0.8"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13032, NA-Zellen 24088)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1         -5          528          0.0391          0.04          1.027
2          0         10946          0.8100          0.84          1.046
3          5          1553          0.1149          0.12          1.063
4         10           5          0.0004           0           1.107
5          rN          481          0.0400
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75 1.89853556 0.00000000
4  70 0.08078995 0.79090909
3  65 -0.27722772 -0.72214580
2  60 1.20383227 -0.04978096
1  55 -0.09370608 0.74315161
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  
```

	zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	350	0.03	1.2979351	63.20381	20	143.96180
2	2	155	0.01	1.5909091	54.54176	15	136.01471
3	3	209	0.02	1.9138756	41.81555	10	102.95630
4	4	75	0.01	2.8000000	32.42077	15	96.17692
5	999	12703	0.94	0.3166055	59.70321	0	170.88007

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13254, NA-Zellen 23866)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5           378           0.0280           0.03           1.017
2           0          10949           0.8103           0.83           1.046
3           5           1919           0.1420           0.14           1.062
4          10            8           0.0006           0           1.115
5          rN           259           0.0200
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  1.89853556  0.0000000
4  70  0.10416667  0.8636364
3  65 -0.07500000 -0.4951857
2  60  1.61062628  0.1672640
1  55 -0.03935111  0.9393102
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           350  0.03   1.380814           63.20381           20   143.96180
2     2           155  0.01   1.948052           54.54176           15   136.01471
3     3           209  0.02   2.248804           41.81555           10   102.95630
4     4            75  0.01   2.866667           32.42077           15    96.17692
5    999          12703 0.94   0.507136           59.70321            0   170.88007
-----

```

```

-----
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor_type: to_the_power_of"
[1] "damping_corr_factor: 1.05"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13223, NA-Zellen 23897)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
-----

```

```

db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 406 0.0300 0.03 1.028
2 0 11002 0.8142 0.83 1.046
3 5 1812 0.1341 0.14 1.057
4 10 3 0.0002 0 1.053
5 rN 290 0.0200
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 1.89853556 0.00000000
4 70 0.10416667 0.86363636
3 65 -0.15862944 -0.50550206
2 60 1.52803369 0.08562326
1 55 -0.05858138 0.87640449
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 350 0.03 0.6441718 63.20381 20 143.96180
2 2 155 0.01 0.4333333 54.54176 15 136.01471
3 3 209 0.02 1.4603960 41.81555 10 102.95630
4 4 75 0.01 2.2602740 32.42077 15 96.17692
5 999 12703 0.94 0.5071360 59.70321 0 170.88007

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor_type: to_the_power_of"
[1] "damping_corr_factor: 1.075"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13183, NA-Zellen 23937)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1 -5 426 0.0315 0.03 1.035
2 0 10997 0.8138 0.83 1.046
3 5 1757 0.1300 0.13 1.054
4 10 3 0.0002 0 1.053
5 rN 330 0.0200
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 1.89853556 0.00000000
4 70 0.10416667 0.86363636
3 65 -0.16200762 -0.50894085
2 60 1.48336910 0.04579849
1 55 -0.07323988 0.84518272
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 350 0.03 0.29801325 63.20381 20 143.96180
2 2 155 0.01 -0.07092199 54.54176 15 136.01471

```

3	3	209	0.02	0.84615385	41.81555	10	102.95630
4	4	75	0.01	1.57534247	32.42077	15	96.17692
5	999	12703	0.94	0.50713598	59.70321	0	170.88007

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor_type: to_the_power_of"
[1] "damping_corr_factor: 1.1"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13142, NA-Zellen 23978)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1          -5          449          0.0332          0.03          1.04
2           0         10971          0.8119          0.83          1.046
3           5          1719          0.1272          0.13          1.051
4          10           3          0.0002           0          1.053
5          rN           371          0.0300
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5  75  1.89853556  0.000000000
4  70  0.10416667  0.863636364
3  65 -0.16211062 -0.512379642
2  60  1.45407468  0.001991239
1  55 -0.09029523  0.824425441
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         350  0.03  -0.2372263         63.20381         20         143.96180
2     2         155  0.01  -0.2554745         54.54176         15         136.01471
3     3         209  0.02   0.3494624         41.81555         10         102.95630
4     4          75  0.01   1.2328767         32.42077         15          96.17692
5    999        12703  0.94   0.5071360         59.70321          0         170.88007
  
```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 3d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor_type: to_the_power_of"
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 37120)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 13177, NA-Zellen 23943)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 13513, NA-Zellen 23607)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
  
```

1	-5	431	0.0319	0.03	1.036
2	0	10995	0.8137	0.83	1.046
3	5	1748	0.1294	0.13	1.053
4	10	3	0.0002	0	1.053
5	rN	336	0.0200		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig	
5	75	1.89853556	0.00000000
4	70	0.10416667	0.86363636
3	65	-0.16200762	-0.50894085
2	60	1.47684437	0.03584229
1	55	-0.07708038	0.83987232

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	350	0.03	0.1839465	63.20381	20	143.96180
2	2	155	0.01	-0.1773050	54.54176	15	136.01471
3	3	209	0.02	0.7552083	41.81555	10	102.95630
4	4	75	0.01	1.5753425	32.42077	15	96.17692
5	999	12703	0.94	0.5071360	59.70321	0	170.88007

### A5.2.3 Testgebiet 3

[1] "WERTVERGLEICH"

[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"

[1] "Einstellungen:"

[1] "street\_rep\_calc\_start: line\_line"

[1] "distance\_calc\_logic: eukl\_dist"

[1] "distance\_height\_logic: 2d"

[1] "source\_factor: 9.89"

[1] "gpath\_factor: 0.78"

[1] "damping\_corr\_factor: 1"

[1] "Zellstatistiken:"

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"

[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 562, NA-Zellen 478)"

[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"

[1] "-----"

[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"

db_value_diff	cell_count	overall_ratio	inner_ratio	rel_dist_mean	(?)
1	-5	40	0.0708	0.07	1.048
2	0	448	0.7929	0.8	1.038
3	5	74	0.1310	0.13	1.015
4	rN	3	0.0100		

[1] "-----"

[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"

zone	mean_model	mean_orig	
4	70	5.0000000	NA
3	65	0.0500000	0.4076087
2	60	-0.3409091	-0.1612903
1	55	-0.1059322	0.4527559

[1] "-----"

[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"

[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel\_dist\_test\_extent"

[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"

zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max	
1	1	17	0.03	0.0000000	45.57187	28.28427	78.10250
2	2	3	0.01	0.0000000	37.81227	21.21320	60.20797
3	3	5	0.01	1.0000000	31.69193	18.02776	53.15073
4	999	540	0.96	0.3066914	25.12511	0.00000	75.00000

-----

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 72db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 1040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 557, NA-Zellen 483)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 565, NA-Zellen 475)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5           43          0.0761          0.08          1.056
2           0          441          0.7805          0.79          1.036
3           5           73          0.1292          0.13          1.013
4          rN            8          0.0100
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
4   70 5.0000000      NA
3   65 0.0500000 0.4076087
2   60 -0.3779070 -0.2822581
1   55 -0.1702128 0.4417671
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1           17 0.03 0.0000000      45.57187      28.28427      78.10250
2     2            3 0.01 -2.5000000      37.81227      21.21320      60.20797
3     3            5 0.01 -2.5000000      31.69193      18.02776      53.15073
4   999           540 0.96 0.3066914      25.12511       0.00000      75.00000
```

#### A5.2.4 Testgebiet 4

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 77db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: line_line"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1          -5           361          0.0245          0.02          1.003
2           0          11784          0.8007          0.8          1.031
3           5           2569          0.1746          0.17          1.036
4          10            3          0.0002           0          1.075
5          rN            0          0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
5   75 5.0000000      NA
```

```
4 70 0.02873563 -0.042857143
3 65 0.09332227 0.009068924
2 60 1.74275849 0.525968890
1 55 0.00000000 1.158831004
```

```
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 1 0 0.0000000 55.22681 55.22681 55.22681
2 2 1 0 0.0000000 49.24429 49.24429 49.24429
3 999 14715 1 0.7522936 64.34892 0.00000 174.64249
```

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 30316"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 14330, NA-Zellen 15986)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 14717, NA-Zellen 15599)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 209 0.0142 0.01 1.012
2 0 12100 0.8222 0.84 1.032
3 5 2020 0.1373 0.14 1.027
4 10 1 0.0001 0 1.08
5 rN 387 0.0300
```

```
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
5 75 5.00000000 NA
4 70 0.25349650 2.1892857
3 65 0.30264496 0.0241838
2 60 1.10030932 0.2280517
1 55 -0.05052825 0.6808767
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 2 0 0.0000000 53.44595 50.99020 55.90170
2 3 1 0 0.0000000 45.27693 45.27693 45.27693
3 999 14714 1 0.6327214 61.18294 0.00000 170.00000
```

### A5.2.5 Testgebiet 5

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
[1] "Zellstatistiken:"
```

```

[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 288639, NA-Zellen 103401)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10           2         0.0000         0           1
2       -5        26313         0.0893         0.09         1.017
3         0       215855         0.7322         0.75         1.025
4         5        46468         0.1576         0.16         1.032
5        10           1         0.0000         0           1.24
6         rN         6181         0.0200
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model  mean_orig
8  90      NA -10.0000000
7  85  1.0536105 -0.9104308
6  80 -1.4088687 -1.6574400
5  75 -1.6773492 -2.4876334
4  70 -1.6446460 -2.2543070
3  65  0.3385049 -0.6530220
2  60  1.3412156  0.5862291
1  55 -0.1469966  1.2716848
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         383     0  -1.6666667      1066.5830       81.39410      1184.662
2     2          114     0  -2.5000000       999.3750       82.46211      1137.475
3     3           39     0   0.0000000       817.8529       77.62087      1116.893
4   999       294241     1   0.3491889       549.3819         0.00000      1465.307
-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor: 1.05"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 288703, NA-Zellen 103337)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -10           2         0.0000         0           1
2       -5        26313         0.0893         0.09         1.017
3         0       215919         0.7324         0.75         1.025
4         5        46468         0.1576         0.16         1.032
5        10           1         0.0000         0           1.24
6         rN         6117         0.0200
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model  mean_orig
8  90      NA -10.0000000
7  85  1.0536105 -0.9104308
6  80 -1.4088687 -1.6574400
5  75 -1.6773492 -2.4876334
4  70 -1.6446460 -2.2543070

```

```

3 65 0.3385049 -0.6530220
2 60 1.3412156 0.5862291
1 55 -0.1469019 1.2710554

```

```
[1] "-----"
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
```

```
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
```

	zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	383	0	-1.6666667	1066.5830	81.39410	1184.662
2	2	114	0	-2.5000000	999.3750	82.46211	1137.475
3	3	39	0	0.0000000	817.8529	77.62087	1116.893
4	999	294241	1	0.3491115	549.3819	0.00000	1465.307

```
[1] "WERTVERGLEICH"
```

```
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 85db"
```

```
[1] "Einstellungen:"
```

```
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
```

```
[1] "distance_calc_logic: combined"
```

```
[1] "distance_height_logic: 2d"
```

```
[1] "source_factor: 9.7"
```

```
[1] "gpath_factor: 0.78"
```

```
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
```

```
[1] "Zellstatistiken:"
```

```
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040"
```

```
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 284171, NA-Zellen 107869"
```

```
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220"
```

```
[1] "-----"
```

```
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
```

```
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
```

1	-10	2	0.0000	0	1
2	-5	35066	0.1189	0.12	1.017
3	0	218443	0.7409	0.77	1.026
4	5	30659	0.1040	0.11	1.033
5	10	1	0.0000	0	1.24
6	rN	10649	0.0400		

```
[1] "-----"
```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer, negativ = Modellwerte kleiner)"
```

```
zone mean_model mean_orig
```

8	90	NA	-10.00000000
7	85	1.0536105	-0.91043084
6	80	-1.5973872	-1.94094951
5	75	-2.2253158	-3.22702421
4	70	-2.3115721	-2.89791720
3	65	-0.5703724	-0.94506493
2	60	0.8171858	0.05134311
1	55	-0.2380818	0.94834495

```
[1] "-----"
```

```
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
```

```
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
```

```
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
```

	zone	cell_count	ratio	db_diff_mean	eukl_dist_mean	eukl_dist_min	eukl_dist_max
1	1	383	0	-1.6666667	1066.5830	81.39410	1184.662
2	2	114	0	-2.5000000	999.3750	82.46211	1137.475
3	3	39	0	0.0000000	817.8529	77.62087	1116.893
4	999	294241	1	-0.0775097	549.3819	0.00000	1465.307

```
[1] "WERTVERGLEICH"
```

```
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 87db"
```

```
[1] "Einstellungen:"
```

```
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
```

```
[1] "distance_calc_logic: combined"
```

```
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10.4"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 392040)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 282084, NA-Zellen 109956)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 294820, NA-Zellen 97220)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?)
1      -10         2      0.0000         0         1
2       -5      28147      0.0955         0.1       1.016
3        0     219084      0.7431         0.78       1.026
4         5      34850      0.1182         0.12       1.033
5        10         1      0.0000         0         1.24
6         rN     12736      0.0400
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
8  90      NA -10.0000000
7  85  1.05361050 -0.9104308
6  80 -1.22421117 -1.2950847
5  75 -1.41079308 -2.2580925
4  70 -1.53965785 -2.2633068
3  65  0.04815588 -0.7619035
2  60  0.94937690  0.2745120
1  55 -0.23548847  0.9917429
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         383     0 -1.6666667      1066.5830      81.39410      1184.662
2     2          114     0 -2.5000000      999.3750      82.46211      1137.475
3     3           39     0  0.0000000      817.8529      77.62087      1116.893
4   999      294241     1  0.1188531      549.3819       0.00000      1465.307
```

### A5.2.6 Testgebiet 6

```
[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 86db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 118440)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 110446, NA-Zellen 7994)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 112066, NA-Zellen 6374)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?)
1      -5         3898      0.0348         0.04       1.031
2         0      85645      0.7642         0.78       1.039
3         5      20871      0.1862         0.19       1.046
4        10         32      0.0003         0         1.048
5         rN     1620      0.0100
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
7  85  1.3353293  0.0000000
```

```

6 80 0.9219858 1.5273775
5 75 0.1580965 -0.4854111
4 70 0.0179265 -0.9748603
3 65 0.8510306 -0.2671777
2 60 1.3868661 0.7091089
1 55 -0.0402628 1.6353568
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 738 0.01 0.09090909 871.7820 97.08244 1041.081
2 2 322 0.00 0.00000000 890.9178 108.16654 1025.280
3 3 617 0.01 0.00000000 892.4849 91.78780 1014.359
4 999 110389 0.99 0.77166282 474.9330 0.00000 1142.377
  
```

### A5.2.7 Testgebiet 7

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23610, NA-Zellen 9170)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (?!)
1 -5 1086 0.0458 0.05 1.039
2 0 17758 0.7483 0.75 1.045
3 5 4358 0.1836 0.18 1.038
4 10 342 0.0144 0.01 1.044
5 15 66 0.0028 0 1.651
6 rN 122 0.0100
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
zone mean_model mean_orig
6 80 5.0000000 NA
5 75 2.1677105 -0.6564748
4 70 1.5712013 0.7774141
3 65 2.0122137 0.6132666
2 60 1.6771269 0.6009382
1 55 -0.2808023 1.2101284
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1 1 310 0.01 0.4220779 110.21230 10 268.0019
2 2 111 0.00 0.4545455 96.97861 5 200.9975
3 3 162 0.01 0.6250000 94.94558 10 200.1250
4 4 102 0.00 3.5204082 83.97981 0 185.0000
5 999 22938 0.97 0.8783902 101.90384 0 285.0000
  
```

```

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
  
```

```

[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: eukl_dist"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 9.89"
[1] "gpath_factor: 0.78"
[1] "damping_corr_factor: 1"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23728, NA-Zellen 9052)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5      1052      0.0443      0.04      1.036
2       0     17796      0.7499      0.75      1.045
3       5     44600      0.1879      0.19      1.041
4      10      354      0.0149      0.01      1.052
5      15       56      0.0024      0      1.053
6      20       10      0.0004      0      5
7      rN         4      0.0000
[1] "-----"
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,
negativ = Modellwerte kleiner)"
  zone mean_model mean_orig
6  80 5.0000000      NA
5  75 2.2909468 -0.6564748
4  70 1.5424266 0.7774141
3  65 2.0176775 0.6341260
2  60 1.7227872 0.6413782
1  55 -0.2676353 1.2419040
[1] "-----"
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max
1     1         310 0.01  1.3064516      110.21230      10      268.0019
2     2         111 0.00  1.9819820      96.97861      5      200.9975
3     3         162 0.01  2.3456790      94.94558      10      200.1250
4     4         102 0.00  4.6078431      83.97981      0      185.0000
5    999        22938 0.97  0.8783902      101.90384      0      285.0000

-----

[1] "WERTVERGLEICH"
[1] "Analysierter Basispegel-Wert: 76db"
[1] "Einstellungen:"
[1] "street_rep_calc_start: polygon_polygon"
[1] "distance_calc_logic: combined"
[1] "distance_height_logic: 2d"
[1] "source_factor: 10"
[1] "gpath_factor: 0.8"
[1] "damping_corr_factor: 1.08"
[1] "Zellstatistiken:"
[1] "Anzahl Zellen im Untersuchungsgebiet (innerhalb des Rasters): 32780)"
[1] "Zellstatistik modelliertes Raster: Wert-Zellen 23539, NA-Zellen 9241)"
[1] "Zellstatistik Referenzraster: Wert-Zellen 23732, NA-Zellen 9048)"
[1] "-----"
[1] "(1) Wertklassen-Differenz insgesamt (-5/-10: Modellwerte kleiner, 5/10: Modellwerte größer)"
  db_value_diff cell_count overall_ratio inner_ratio rel_dist_mean (!)
1      -5     1321      0.0557      0.06      1.042
2       0    17852      0.7522      0.76      1.045
3       5     3966      0.1671      0.17      1.035
4      10      334      0.0141      0.01      1.041
5      15       66      0.0028      0      1.65
6      rN      193      0.0100
[1] "-----"

```

```
[1] "(2) Durchschnittliche Abweichung nach einzelnen Wertklassen (positiv = Modellwerte größer,  
negativ = Modellwerte kleiner)"  
  zone mean_model mean_orig  
6   80 5.0000000      NA  
5   75 2.1677105 -0.6564748  
4   70 1.5254934  0.7037643  
3   65 1.8915094  0.4735086  
2   60 1.5153509  0.3930767  
1   55 -0.3497469  1.0977348  
[1] "-----"  
[1] "(3) Umkehrung: Einteilung des Distanzverhältnisses in Klassen und Berechnung der  
durchschnittlichen Wertklassen-Abweichung"  
[1] "1.09 = Max. Treshold für Kurveneffekt auf rel_dist_test_extent"  
[1] "1: 1.09-1.125, 2: 1.125-1.15, 3: 1.15-1.25, 4: 1.25-max, 999: min-1.09"  
  zone cell_count ratio db_diff_mean eukl_dist_mean eukl_dist_min eukl_dist_max  
1     1         310  0.01  0.2970297      110.21230         10      268.0019  
2     2         111  0.00  0.2727273      96.97861          5      200.9975  
3     3         162  0.01  0.4402516      94.94558         10      200.1250  
4     4         102  0.00  3.3163265      83.97981          0      185.0000  
5   999        22938  0.97  0.7451135      101.90384         0      285.0000
```