

Foto: Stadt-Graz Umweltamt



GRAZER LÄRMKATASTER 2011 STRASSENVERKEHR

Stadt Graz Umweltamt
Kaiserfeldgasse 1/IV | 8011 Graz

Tel.: +43 316 872-4330
Fax: +43 316 872-4309
umweltamt@stadt.graz.at

www.oekostadt.graz.at

Auftraggeber:

Stadt Graz
Umweltamt

Projektleitung:

DI Johann Ofner

Bearbeitung:

DI Dr. techn. Kurt Fallast, Ass.Prof.
DI Clemens Ender
DI Markus Moser
Georg Huber, Bsc

Graz, Dezember 2011

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	5
2	ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSRAHMENS	7
2.1	RÄUMLICHE ABGRENZUNG	7
2.2	ZEITLICHE ABGRENZUNG	7
3	ALLGEMEINES ÜBER LÄRM	8
4	ANALYSE UND AUFBEREITUNG DER DATENGRUNDLAGEN	11
4.1	BERECHNUNGSVORSCHRIFT RVS 04.02.11	11
4.2	LÄRMEMISSIONEN DURCH STRAßENBAHNEN	12
4.3	VERKEHRSNETZ	13
4.4	VERKEHRSERHEBUNGEN	16
4.5	DATEN DES ÖFFENTLICHEN VERKEHRS	16
4.6	SCHWERVERKEHRSERHEBUNG	18
4.7	ANTEIL LÄRMARMER LKW	18
4.8	EINWOHNERDATEN	19
4.9	LÄRMSCHUTZWÄNDE	21
5	AKTUALISIERUNG DER GANGLINIENTYPEN	22
5.1	RADIALSTRABEN	24
5.1.1	Radialstraßen Typ P – Pendler	24
5.1.2	Radialstraßen Typ E – Erledigungsverkehr	25
5.2	GÜRTELSTRABEN	26
5.2.1	Gürtelstraßen Typ P – Pendler	26
5.2.2	Gürtelstraßen Typ E – Erledigungsverkehr	26
5.3	ZUFAHRTEN VON GÜRTEL- UND RADIALSTRABEN	28
5.3.1	Zufahrten von Gürtel- und Radialstraßen Typ Z	28
5.4	INNERSTÄDTISCHE STRABEN	28
5.4.1	Innerstädtische Straßen Typ I	28
5.5	STANDARDGANGLINIE	29
5.5.1	Standardganglinie Typ S - Standard	29

5.6	ANPASSUNG AN DEN VERKEHRSLÄRMKATASTER	30
5.7	ZUWEISUNG DER GANGLINIENTYPEN	30
6	AKTUALISIERUNG DES VERKEHRSMODELLS GRAZ	32
6.1	ALLGEMEINE ERLÄUTERUNGEN ZU VERKEHRSMODELLBERECHNUNGEN	32
6.2	VERWENDETES WIRKUNGSMODELL	35
6.3	NETZMODELLERSTELLUNG	39
6.3.1	Straßenkategorisierung	40
6.3.2	Verkehrsnachfrage	41
6.3.3	Genauigkeit der Modellrechnung	41
6.4	MODELLRECHNUNG 2010 – IST-ZUSTAND	41
6.4.1	Kalibrierung des Verkehrsmodells	41
6.4.2	Vergleich – Modellergebnisse / Zählungen	42
7	ERSTELLUNG DES VERKEHRSLÄRMKATASTERS	44
7.1	VORBEREITEN DER BERECHNUNGSDATEI	44
7.1.1	Grundinformationen aus der GIP	44
7.1.2	Attributergänzungen	44
7.2	BERECHNUNG VON GRUNDWERTEN	45
7.2.1	Berechnung der maßgebenden stündlichen Verkehrsstärke	46
7.2.2	Berechnung der maßgebenden Schwerverkehrsanteile	46
7.2.3	Basiswertberechnung	47
7.2.4	Berechnung des energieäquivalenten Dauerschallpegels	49
7.2.5	Übergabe der Ergebnisse	49
8	ERGEBNISSE UND STATISTISCHE AUSWERTUNGEN	51
8.1	GESAMTLÄRMBILANZEN 2011	52
8.2	LÄRMBILANZEN NACH DEM SUBNETZ	54
8.2.1	Subnetz Autobahnen im Stadtgebiet	55
8.2.2	Subnetz Landesstraßen im Stadtgebiet	57
8.2.3	Subnetz Gemeindestraßen	59
8.2.4	Subnetz Straßenbahn- und Bustrassen	62
8.2.5	Subnetz Sonstige Wege	64
8.3	LÄRMBILANZEN NACH DEM GANGLINIENTYP	66
8.3.1	Radialstraße Typ P – Typ 1	66
8.3.2	Radialstraße Typ E – Typ 2	69
8.3.3	Gürtelstraße Typ P – Typ 3	71
8.3.4	Gürtelstraße Typ E – Typ 4	73
8.3.5	Zufahrten Typ Z – Typ 5	75
8.3.6	Innerstädtische Straßen Typ I – Typ 6	77
8.3.7	Standardganglinie Typ S – Typ 7	79
8.4	REIHUNG DER HÖCHSTEN LÄRMEMISSIONEN	81

9	ZUSAMMENFASSUNG	84
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	86
11	TABELLENVERZEICHNIS	88
12	ANHANG	90

1 Aufgabenstellung

Graz war eine der ersten Städte Österreichs, in der eine Lärmkarte für den Verkehrslärm erstellt wurde. Bereits im Jahr 1967 wurde für den Innenstadtbereich die erste Verkehrslärmkarte erarbeitet.

Diese Karten wurden fortgeschrieben und im Laufe der Jahre immer umfangreicher und auch detaillierter. Im Jahr 1994 wurde für das Hauptstraßennetz im Stadtgebiet der Grazer Lärmkataster-Verkehrslärm erstellt [1], welcher 2000 entsprechend detailliert und verbessert wurde. Grundlage für die Ermittlung der Lärmemissionen waren Verkehrsbelastungen, die als Ergebnis von Umlegungen des Verkehrs, in einem Verkehrsmodell, für das Grazer Hauptstraßennetz ermittelt wurden.

Im Jahr 2003 wurde dieser Lärmkataster aktualisiert. Es wurden die Änderungen aufgrund der allgemeinen Mobilitätsentwicklung der Bevölkerung mit den gesteigerten Verkehrsbelastungen und der veränderten Zusammensetzung des Verkehrs berücksichtigt.

Im Jahr 2005 wurden eine Neukalibrierung des Grazer Verkehrsmodells und die Erstellung einer Datenbank in Angriff genommen. Dazu wurde das gesamte Straßennetz in Abstimmung mit dem Stadtvermessungsamt kompatibel verschlüsselt. Die Parameter der Straßendatenbank wurden gemeinsam mit dem Umweltamt, dem Straßenamt und dem Vermessungsamt erstellt.

Des Weiteren folgte 2007 wiederum eine Aktualisierung des Lärmkatasters. Dazu wurden die Grundlagen des Verkehrsmodells Graz aktualisiert und eine Neukalibrierung durchgeführt.

Für den Verkehrslärmkataster 2011 bietet sich nun eine neue Datengrundlage. Einerseits steht durch die Entwicklung der Geoinformationssysteme eine neue Datenbasis des Streckennetzes zu Verfügung. Andererseits führt die aktuelle Version der Berechnungsvorschrift RVS 04.02.11 zu anderen Ermittlungsgrundlagen für die Berechnung der Lärmemissionen.

Es werden alle Straßen, die durch den motorisierten Individualverkehr oder durch den öffentlichen Verkehr benützt werden, berücksichtigt. Durch die neue Straßennetzgrundlage bedeutet dies, dass der Verkehrslärmkataster 2011 über 12.600 Streckenabschnitte enthält.

Die Straßendaten sind zu überprüfen und das Verkehrsmodell dementsprechend anzupassen. Außerdem sind die Ergebnisse der Schwerverkehrserhebung und aktuelle Zählschleifendaten als Kalibrierungsgrundlage zu verwenden.

Die Verkehrszahlen des öffentlichen Verkehrs werden aktualisiert. Eine Unterteilung erfolgt in Straßenbahnen, städtische Busse und Regionalbusse.

Nach der aktuell gültigen Berechnungsvorschrift RVS 04.02.11 werden die drei Tageszeiträume Tag, Abend und Nacht beurteilt.

Für Straßenbahnzüge wurden aktuelle Schallemissionswerte durch Messungen ermittelt. Die Ergebnisse der Variobahn, der Cityrunner und der Straßenbahnzüge der Serien 500 und 600 sollen ebenfalls miteinbezogen werden.

Vor Fertigstellung des Verkehrslärmkatasters gilt es die gewonnenen Erkenntnisse auf Plausibilität zu kontrollieren. Die Ergebnisse werden nach Emissionsklassen in 5dB-Schritten zusammengefasst und dargestellt. Alle weiteren Ergebnisse sollen im GIS-kompatiblen Format übergeben werden.

2 Abgrenzung des Untersuchungsrahmens

2.1 Räumliche Abgrenzung

Für den Straßenverkehrslärmkataster werden jene Straßen berücksichtigt, die durch den motorisierten Individualverkehr oder durch den öffentlichen Verkehr benützt werden. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich dabei auf das gesamte Grazer Stadtgebiet.

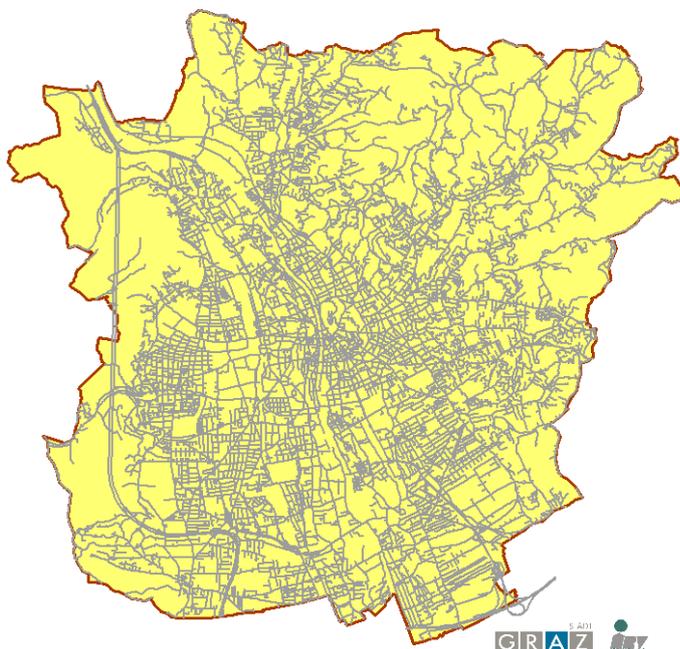


Abbildung 2.1: Übersicht Stadtgebiet Graz [2]

2.2 Zeitliche Abgrenzung

Der Verkehrslärmkataster wird für das Jahr 2011 erstellt. Die Datengrundlage basiert auf den Ergebnissen der Verkehrszählungen aus den Jahren 2010 und 2011.

3 Allgemeines über Lärm

Lärm ist eine Umweltbelastung, von der die Bevölkerung durch die direkte Wahrnehmung sehr stark betroffen ist. Nach einer im Jahre 2007 durchgeführten Mikrozensus-Erhebung [3] fühlen sich rund 39 Prozent der Bevölkerung durch Lärm in der Wohnqualität beeinträchtigt.

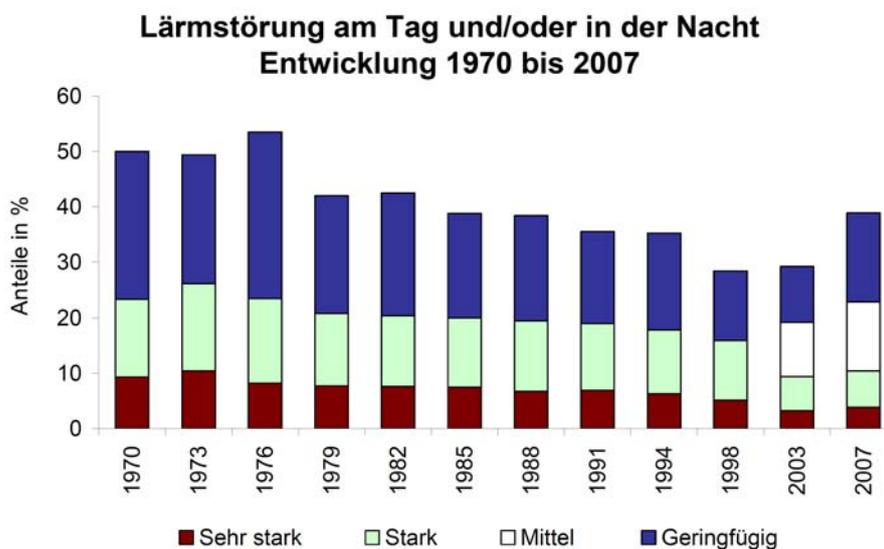


Abbildung 3.1: Lärmstörung am Tag und/oder in der Nacht [3]

Dabei zeigt sich, dass der Anteil der Lärmstörung am Tag und/oder in der Nacht seit einigen Jahren wieder eine steigende Tendenz aufweist. Die folgende Abbildung gibt den Vergleich der Lärmstörung der letzten zwei Mikrozensus-Erhebungen wieder.

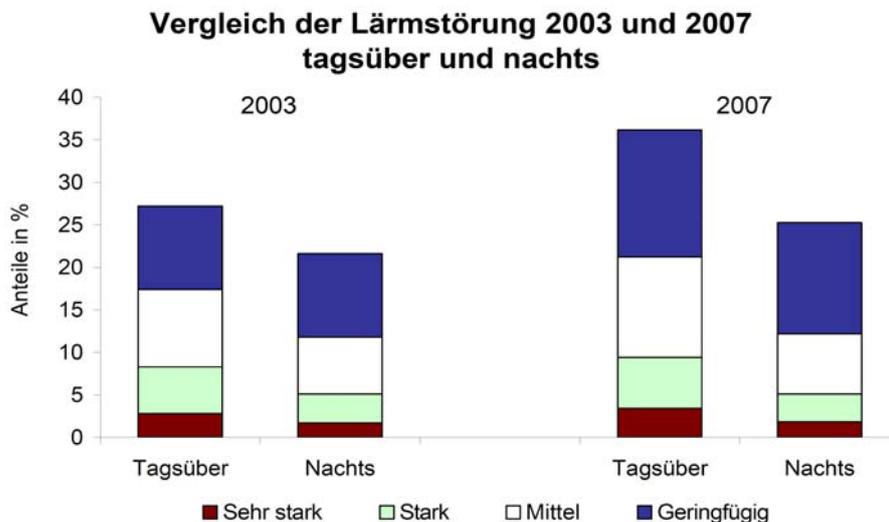


Abbildung 3.2: Vergleich der Lärmstörung [3]

Stellt man die Ergebnisse von 2003 und 2007 getrennt nach der Lärmstörung tagsüber und nachts gegenüber, so ist in beiden Zeitbereichen eine Zunahme der Lärmstörung zu erkennen. Auffällig ist dabei, dass die Zunahme tagsüber mit 8,9 Prozent deutlich über der Zunahme nachts von 3,7 Prozent liegt.

Dabei konnte festgestellt werden, dass die Lärmstörung hervorgerufen durch Verkehr seit 2003 abgenommen hat. Somit sind nicht-verkehrsbedingte Lärmquellen hauptsächlich ausschlaggebend für die Erhöhung der Störungswahrnehmung.

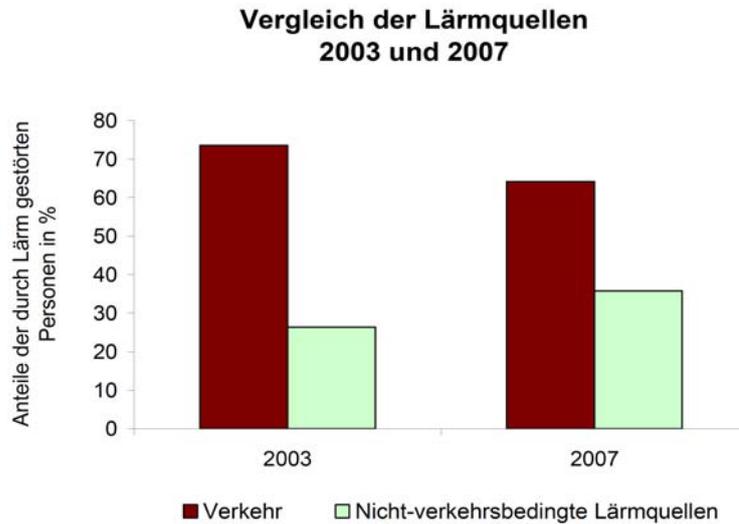


Abbildung 3.3: Vergleich der Lärmquellen [3]

Vergleicht man die Verteilung der Lärmquelle, die durch Verkehr hervorgerufen wird, zeigt sich, dass PKW als am meisten störend von der Bevölkerung wahrgenommen werden. PKW, Straßenbahnen und Eisenbahnen werden nachts sogar als noch störender empfunden, als tagsüber.

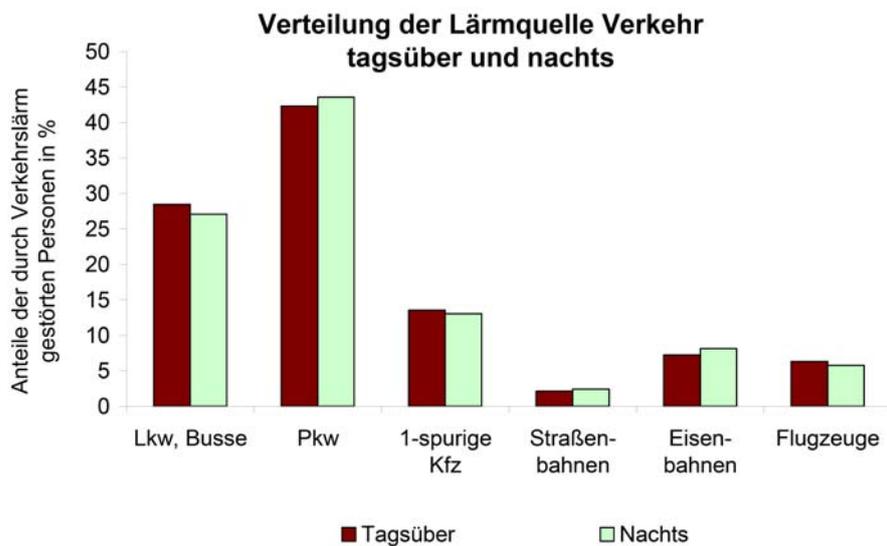


Abbildung 3.4: Verteilung der Lärmquellen als Störwirkung [3]

4 Analyse und Aufbereitung der Datengrundlagen

4.1 Berechnungsvorschrift RVS 04.02.11

Zur Ermittlung der charakteristischen Schallpegelgrößen sind in der RVS 04.02.11 [4] Einflussgrößen festgelegt. Die Schallemission wird dabei als der vom Verkehr auf einer langen, geraden Straße verursachten, A-bewerteten äquivalente Dauerschallpegel beschrieben. Der Abstand zur Emissionslinie beträgt einen Meter.

Der Emissionsschallpegel wird durch folgende Parameter beeinflusst:

- Anzahl der PKW pro Stunde
- Geschwindigkeit der PKW
- Anzahl der leichten LKW pro Stunde
- Anzahl der lärmarmen LKW pro Stunde
- Anzahl der schweren LKW pro Stunde
- Geschwindigkeit der LKW
- Fahrbahndecke
- Fahrbahnlängsneigung

Die Schallemission eines Kraftfahrzeugs setzt sich im Wesentlichen aus dem Antriebsgeräusch und dem Rollgeräusch zusammen. Das Antriebsgeräusch umfasst die Beiträge des Motors einschließlich seiner Nebenaggregate wie z.B. Klimaanlage, Auspuffanlage usw.. Es hängt von der Motordrehzahl, der Motorbelastung und der Bauart des Fahrzeugs ab, nicht aber von der Geschwindigkeit. Die Rollgeräusche hängen von Geschwindigkeit, Fahrbahnoberfläche und Reifentyp ab. Bei niedrigen Geschwindigkeiten (unterhalb ca. 30 bis 50 km/h) überwiegt bei Personenkraftwagen das Antriebsgeräusch gegenüber dem Rollgeräusch. Bei höheren Geschwindigkeiten sind die Reifenrollgeräusche sowie Windgeräusche maßgebend für die Lärmemissionen bei Kfz-Vorbeifahrten. Die Schallpegelabnahme mit der Entfernung beträgt bei freier Schallausbreitung für eine punktförmige Schallquelle (z.B. Ventilator) 6 dB je Entfernungsverdoppelung, für eine linienförmige Schallquelle wie z.B. eine Straße 3 dB je Entfernungsverdoppelung.

Folgende Lärmindizes sind in der RVS 04.02.11 festgelegt:

- L_{day} Tag-Lärmindex, Beurteilungszeitraum 6 bis 19 Uhr

- L_{evening} Abend-Lärmindex, Beurteilungszeitraum 19 bis 22 Uhr
- L_{night} Nacht-Lärmindex, Beurteilungszeitraum 22 bis 6 Uhr
- L_{den} Tag-Abend-Nacht-Lärmindex

Für allgemeine Beurteilungen ist der L_{den} als allgemeiner Lärmindex heranzuziehen. Besonders für den Straßenverkehr hat sich am häufigsten der L_{night} als maßgebend herausgestellt.

Für den Verkehrslärmkataster 2011 wird die Berechnungstabelle der vorangegangenen Bearbeitungen aktualisiert und somit die Änderungen der Berechnungsvorschrift eingearbeitet.

4.2 Lärmemissionen durch Straßenbahnen

Als Grundlage für die Berechnung der Lärmemissionen von Straßenbahnen steht ein aktuelles Gutachten zu Verfügung [5].

Mit registrierten Schallpegelanalysatoren wurden Vorbeifahrten der Straßenbahnzüge der Typen 500 und 600, Cityrunner und Variobahn aufgezeichnet.

Die nachfolgende Grafik zeigt die ausgewerteten Ereignispegel für die Geschwindigkeiten 20 und 40 km/h.

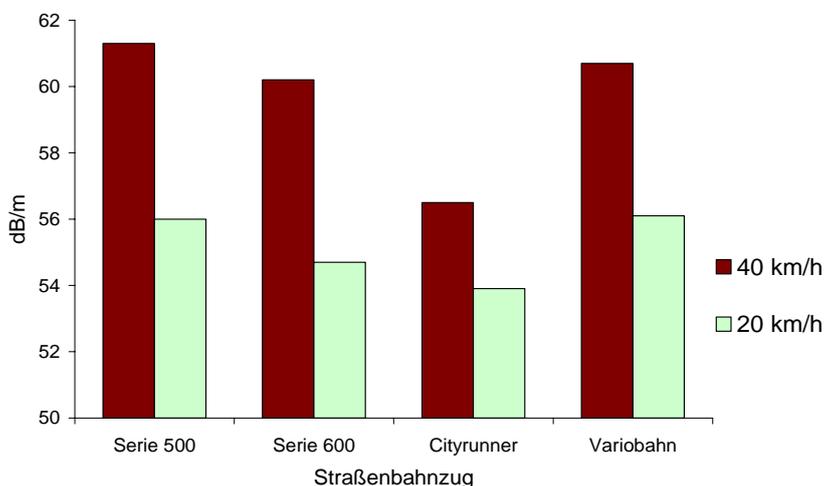


Abbildung 4.1: Längenbezogener Schalleistungspegel [5]

In weiterer Folge wird für das Fahrzeugkollektiv mit einer Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h ein längenbezogener Schalleistungspegel

von 59,7 dB und bei einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h ein längenbezogener Schallleistungspegel von 55,2 dB verwendet.

Bei nachfolgenden Straßenzügen wird eine Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h angenommen.

- Kaiser-Franz-Josef Kai zwischen Haltestelle Schlossbergbahn und Sackstraße
- Sackstraße
- Hauptplatz
- Herrengasse bis Höhe Eisernes Tor
- Murgasse
- Hauptbrücke
- Südtiroler Platz

Für alle anderen Straßenbahnstrecken werden die Pegel bei Geschwindigkeiten von 40 km/h herangezogen.

4.3 Verkehrsnetz

Zum Unterschied zu den vorangegangenen Lärmkatastern dient das Straßennetz der GIP, der **Graphenintegrationsplattform**, als Geometriegrundlage. Bevor jedoch auf die Besonderheiten der GIP eingegangen werden kann, muss ein kurzer Rückblick über die Entwicklung von Geoinformationssystemen gegeben werden, um die Notwendigkeit der GIP und den erzielbaren Fortschritt darzulegen.

Seit einigen Jahren werden derartige Systeme aufgebaut. Sie bieten die Möglichkeit, Informationen zu digitalisieren und anschließend in gewünschter Form darzustellen. Durch die unterschiedlichen Verwaltungsorganisationen entstanden in ihrer Grundform zwar ähnliche, im Detail jedoch unterschiedliche Datenbanken und Datenstrukturen.

Ein Austausch zwischen den Datenbanken war ohne zusätzlichen Aufwand nicht möglich, da sich zum Beispiel das Straßennetz in seiner Darstellungsgenauigkeit unterschied. Die bei Projekten gewonnenen Erkenntnisse konnten in andere Datenbanken nicht automatisiert übertragen werden und verloren bei einer Übernahme an Genauigkeit. Vielfach wurden Informationen mehrfach erhoben und in verschiedenen Datenbanken abgelegt.

Die Graphenintegrationsplattform GIP [6] soll als neues Referenzsystem eine einheitliche Basis schaffen und in Zukunft als intermodale Verkehrsinformationsplattform dienen.

Für die GIP ist eine klare Datenstruktur definiert, die sich in drei Ebenen gliedert.

- Verkehrsnetz
- Nutzungstreifen
- Nutzungsbedingungen

Die wichtigste Ebene stellt das Verkehrsnetz dar. Hier wird die Netzgeometrie definiert und die einzelnen Abschnitte werden mit eindeutigen ID's versehen. Die einzelnen Abschnitte können dabei nur durch die jeweils regionale, zuständige Behörde geändert werden. Dazu sind Subnetze definiert, die die Zuständigkeit eindeutig definieren.

Die Nutzungstreifen definieren die baulich voneinander getrennten Verkehrswege auf dem Verkehrsnetz (z.B.: Landesstraßen, Gehwege, Fußwege,...).

Die Nutzungsbedingungen definieren die tatsächliche Nutzung.

Somit können Informationen der verschiedensten Verkehrswege über Nutzungsbedingungen und Nutzungstreifen eindeutig auf dem Verkehrsnetz abgebildet werden.

Für die Erstellung des Lärmkatasters bedeutet dies, dass nun das Straßennetz der GIP verwendet wird. Das zur Verfügung gestellte Verkehrsnetz umfasst alle Verkehrswege für das Stadtgebiet Graz [2]. Die Bearbeitung beschränkt sich dabei auf folgende Wegarten:

- Autobahnen im Stadtgebiet
- Landesstraßen im Stadtgebiet
- Gemeindestraßen
- Straßenbahn- und Bustrassen
- Sonstige Wege,...

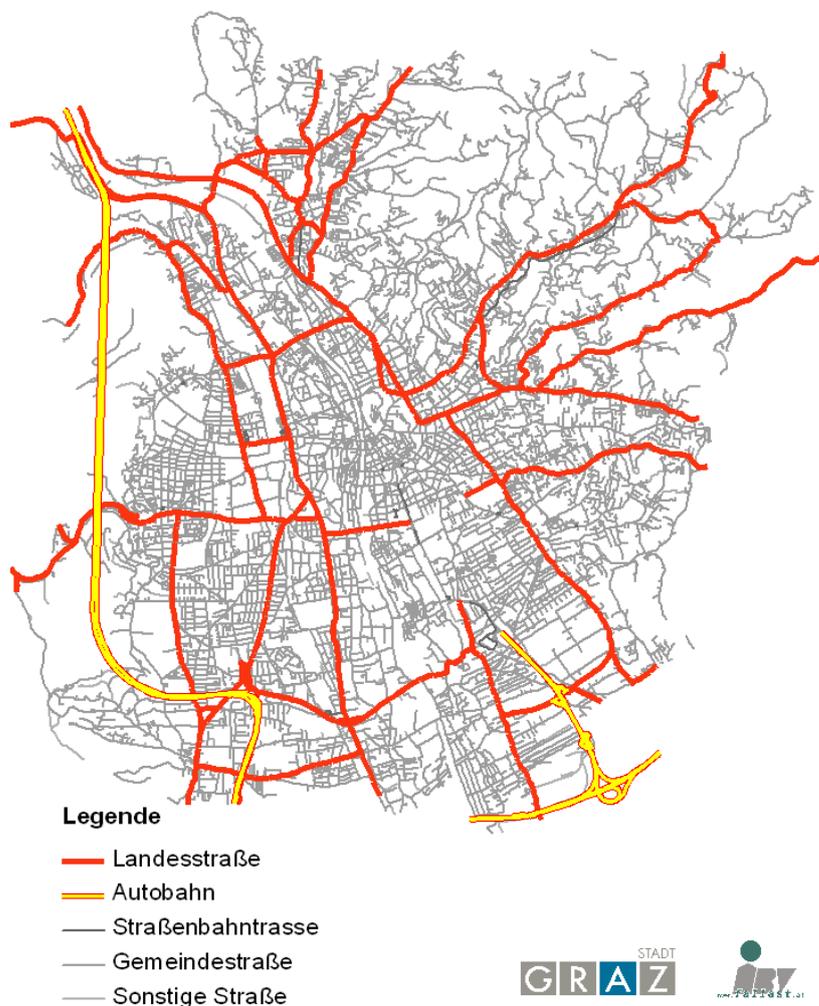


Abbildung 4.2: Überblick Grazer Straßennetz [2]

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die GIP auf einen hohen Detaillierungs- bzw. Genauigkeitsgrad verzichtet. Bei Kreisverkehren, Lagen von Brücken und dergleichen besteht das Hauptaugenmerk auf der Beziehung zwischen den einzelnen Verkehrsträgern. Für den Verkehrslärmkataster ist die Genauigkeit ausreichend.

Durch die neue Straßennetzgrundlage beinhaltet der Verkehrslärmkataster 2011 über 12.600 Streckenabschnitte.

Alle Ergebnisse werden am zur Verfügung gestellten Graphen dargestellt.

4.4 Verkehrserhebungen

Zur Kalibrierung des Verkehrsmodells stehen des Weiteren die aktuellen Zählraten der Zählstellen des Grazer Stadtgebietes, sowie die aktuellen Verkehrserhebungen der Zählstellen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung zur Verfügung.

Für den Verkehrslärmkataster wird die Gesamtverkehrsbelastung eines durchschnittlichen Werktages in Teilverkehrsbelastungen in den Zeiträumen Tag, Abend und Nacht unterteilt werden. Für die weitere Beurteilung werden die Durchschnittsbelastungen der jeweiligen Zeiträume verwendet.

4.5 Daten des Öffentlichen Verkehrs

Der öffentliche Verkehr soll unterteilt nach dem Straßenbahn-, Stadtbus- und Regionalbusverkehr dargestellt werden.

Für die Abbildung des Öffentlichen Verkehrs können mehrere Datengrundlagen angeführt werden. Einerseits stehen Informationen der letzten Verkehrslärmkataster, andererseits die aktuellen Fahr- und Linienpläne zur Verfügung [7].

Als Ermittlungszeitraum wurde der März des Jahres 2011 gewählt. Dieser Monat liegt außerhalb der Ferienzeit und enthält weder Feiertage noch Feiertage.

Für den Verkehrslärmkataster muss die Verkehrsbelastung in den Zeiträumen Tag, Abend und Nacht unterteilt werden. Für die weitere Beurteilung werden die Durchschnittsbelastungen der jeweiligen Zeiträume verwendet. Die errechneten Mittelwerte wurden aus dem belastungsreichsten Werktag_{MO-FR} ermittelt.

Es wird darauf hingewiesen, dass diese Glättung dazu führt, dass speziell in den Nachtstunden ein Verzerrern der berechneten Emissionsergebnisse möglich ist. Als Beispiel kann hier angeführt werden, dass insbesondere in den Stunden vor Mitternacht und in den frühen Morgenstunden größere Abweichungen zum durchschnittlich auftretenden Öffentlichen Verkehr im Beurteilungszeitraum Nacht zu erwarten sind. Dies gilt es besonders dort zu beachten, wo Straßenbahnen auf getrennten Gleiskörpern geführt werden, da hier Abweichungen einen höheren Einfluss auf die Verkehrslärmemissionen haben, als bei Straßen im Mischverkehr.

Die Abbildung 4.3 zeigt eine Übersicht über das Liniennetz der Straßenbahnen und die relative Verkehrsbelastung anhand der Strichstärken.

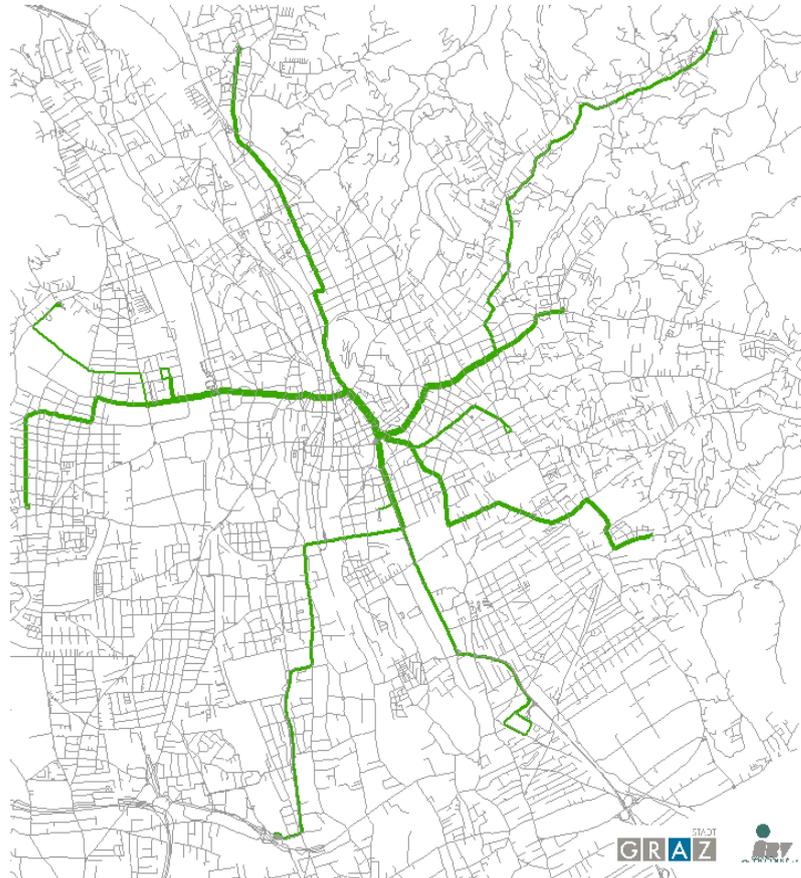


Abbildung 4.3: Überblick Grazer Straßenbahnnetz [2]

Die Abbildung 4.4 der Buslinien zeigt die flächenhafte Erschließung des Grazer Stadtgebietes durch die eingesetzten Stadt- und Regionalbusse. Auch hier zeigen die Liniestärken die Belastung der dargestellten Strecken.

Die Belastung aus dem Busverkehr wird im Verkehrslärmkataster durch die Erhöhung des Schwerverkehrsanteils berücksichtigt.

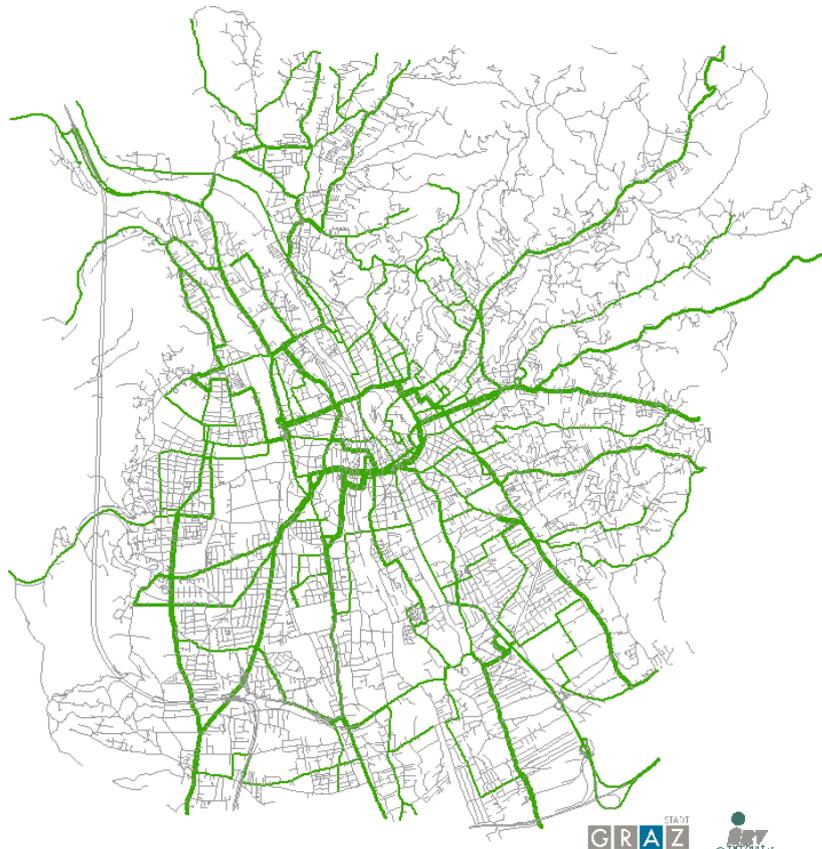


Abbildung 4.4: Überblick Grazer Busnetz [2]

4.6 Schwerverkehrserhebung

Die Ergebnisse der verkehrstechnischen Untersuchung Schwerverkehrsmodell Graz 2010 [8] werden bei der Erstellung des aktuellen Straßenverkehrslärmkatasters berücksichtigt.

Die im Rahmen dieses Projektes ermittelten Quell-Ziel-Beziehungen wurden anhand von Befragungen von Lkw-Lenkern erhoben und in die Schwerverkehrsmatrix eingearbeitet. Damit ist eine verbesserte Kalibrierung des Verkehrsmodells möglich, dies ermöglicht eine deutliche Steigerung der Aussagekraft des berechneten Schwerverkehrs in Graz.

4.7 Anteil lärmarmen LKW

Der Anteil der lärmarmen LKW ist nach RVS 04.02.11 [4] stichprobenartig zu erheben. Ebenfalls aus der Schwerverkehrserhebung ab-

geleitet ergibt sich ein Anteil von lärmarmen Schwerverkehrsfahrzeugen von 71 Prozent im Grazer Stadtverkehr [8].

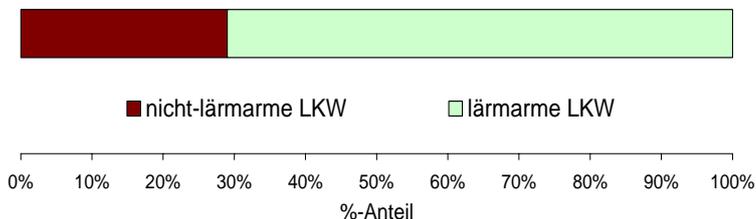


Abbildung 4.5: Anteil lärmarmer LKW [8]

4.8 Einwohnerdaten

Da für das untergeordnete Straßennetz die Verkehrsbelastung nicht im Verkehrsmodell ermittelt werden kann sondern aufgrund der Einwohner abgeschätzt wird, dient als Grundlage die gemeldeten Einwohner pro Adresse.

Die Bevölkerungsstatistik zeigt, aufgeteilt nach Zählsprengeln, in den letzten Jahren deutliche Unterschiede in der Entwicklung der Einwohnerzahlen [9]. Steigt in manchen Zählsprengeln die Bevölkerungsdichte rapide, stagniert bzw. sinkt sie in anderen Sprengeln erheblich.

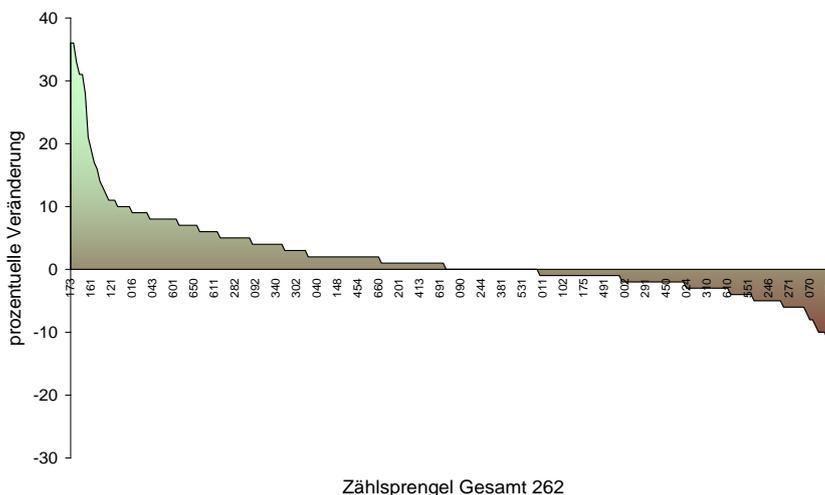


Abbildung 4.6: Prozentuelle Veränderung der Einwohner je Zählsprengel [9]

Um das tatsächliche Verkehrsaufkommen der Einwohner im untergeordneten Straßennetz abschätzen zu können, werden einerseits die Regulierungsrichtlinie der Stadt Graz [10] und andererseits das Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung [11] in Betracht gezogen.

Nach den Vorgaben der Regulierungsrichtlinie für Anlieger- und Sammelstraßen in Graz gelten folgende Annahmen:

Bebauung: Einfamilienhäuser (Dichte 0,2 bis 0,5)

- 4 Personen pro Einfamilienhaus
- 2 Kraftfahrzeuge pro Einfamilienhaus
- Autofahrten + 20 % Besucher und sonstige Zufahrten pro Tag
- dies entspricht 7,2 Kfz-Fahrten pro Tag und Einfamilienhaus

Bebauung: Geschosswohnbau (Dichte 0,4 bis 0,8)

- 3 Personen pro Wohneinheit
- 1,5 Personenkraftwagen pro Wohneinheit
- 4,5 Autofahrten + 20 % Besucher und sonstige Zufahrten pro Tag,
- dies entspricht 5,4 Autofahrten pro Tag und Wohneinheit

Erkenntnisse des Grazer Mobilitätsverhaltens:

- Anteil mobiler Personen: 86 Prozent
- Anteil MIV-Lenker: 35,7 Prozent
- Durchschnittlich 1,5 Ausgänge mobiler Personen pro Werktag
- dies ergibt 1,1 Autofahrten pro Tag und Einwohner

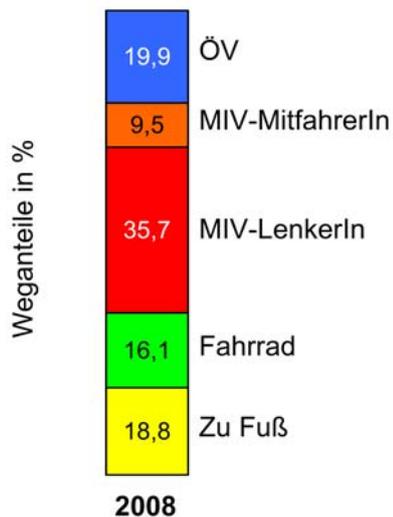


Abbildung 4.7: Modal Split Graz 2008 [11]

Für die weitere Bearbeitung wird angenommen, dass je Einwohner 1,5 Kfz-Fahrten pro Tag durchgeführt werden.

Die Informationen der Einwohnerdaten werden automatisiert auf die Abschnitte der GIP übertragen.

4.9 Lärmschutzwände

Die Ergebnisse der Befahrung des Landes- bzw. Bundesstraßennetzes im Grazer Stadtgebiet wurden zur Ermittlung der Eigenschaften der Lärmschutzwände aufbereitet. Die Übergabe dieser Daten erfolgt im Shape-Format.

Informationen zu den Attributen der LSW-Daten:

- bauart: Holz, Beton, Alu, Glas, Damm
- hoehe: Gesamthöhe in Meter (über Fahrbahnniveau)
- auf_damm: 0 = LSW steht auf keinem Damm, 1 = LSW steht auf einem Damm
- schall: abs = schallabsorbierende Eigenschaft, schallreflektierende Eigenschaft

5 Aktualisierung der Ganglinientypen

Als Grundlage für die Aktualisierung der Ganglinientypen dient die Bearbeitung der Standardganglinien im Grazer Stadtgebiet [12].

Die Stadt Graz beauftragte im Mai 2006 die Untersuchung von Standardganglinien im Stadtgebiet von Graz. Dafür wurden aus 43 Kreuzungen und den 127 zugehörigen Zählschleifen und weiteren 7 Querschnittszählungen Tagesganglinien für 32 Straßenquerschnitte zusammengefasst, um vorhandene Ganglinientypen zu aktualisieren oder neue Ganglinientypen erstellen zu können.

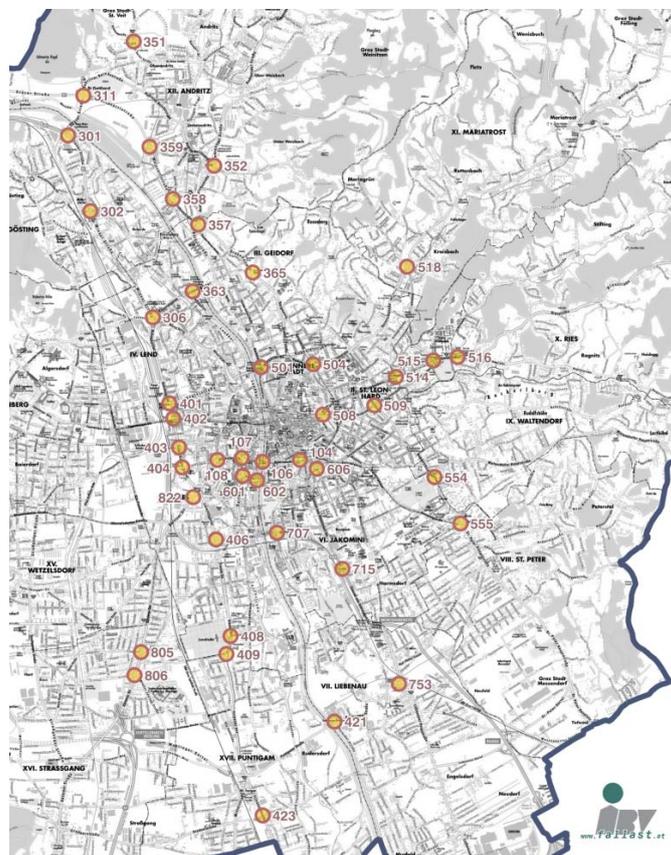


Abbildung 5.1: Übersicht Kreuzungen [12]

Aus den absoluten Ganglinien wurden jeweils relative Tagesganglinien gebildet, um vergleichbare Datengrundlagen zu erhalten. Beim Vergleich der Daten wurde festgestellt, dass Ganglinien für Radialstraßen, Gürtelstraßen, Zufahrten für Gürtel- und Radialstraßen zu neuen

Ganglinientypen zusammengefasst werden können. Die detaillierte Analyse der relativen Tagesganglinien ergab, dass die Ganglinien der Querschnittsbelastung durch zwei Hauptfaktoren beeinflusst werden.

- An Querschnitten, die sehr stark vom Pendlerverkehr beeinflusst werden, erzeugt diese Verkehrsart erkennbare Morgen- und Abendspitzen.
- Bei Querschnitten mit starkem Einfluss des Erledigungsverkehrs sorgen diese Fahrten für ein Auffüllen der Schwachlastzeiten zwischen Morgen- und Abendspitze, sodass eine gleichmäßige Auslastung über den Tagesverlauf feststellbar ist.

Durch die detaillierte Analyse und den Vergleich der relativen Tagesganglinien der zur Verfügung stehenden Querschnitte, konnten sieben Ganglinientypen für das Stadtgebiet Graz als repräsentative relative Tagesganglinien, ermittelt werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt einen Überblick über die Ganglinientypen.

Tabelle 5.1: Ganglinientypen: Relative Tagesganglinien für MIV (Anteile des stündlichen Verkehrs am Tagesverkehr)

Zeit	Ganglinientypen						
	Radialstraßen Typ P	Radialstraßen Typ E	Gürtelstraßen Typ P	Gürtelstraßen Typ E	Zufahrten Typ Z	Innerstädtische Straßen Typ I	Standardganglinie Typ S
00:00 - 01:00	0,63	0,62	0,81	0,77	0,77	0,88	0,75
01:00 - 02:00	0,32	0,42	0,45	0,50	0,46	0,47	0,44
02:00 - 03:00	0,24	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,33
03:00 - 04:00	0,22	0,39	0,29	0,40	0,36	0,34	0,33
04:00 - 05:00	0,40	0,83	0,44	0,75	0,69	0,49	0,60
05:00 - 06:00	1,76	2,90	1,84	2,45	2,34	1,52	2,13
06:00 - 07:00	4,44	5,33	4,77	4,87	4,81	4,08	4,72
07:00 - 08:00	7,51	6,04	8,54	6,51	6,84	6,98	7,07
08:00 - 09:00	6,81	6,15	7,09	6,19	6,36	6,61	6,53
09:00 - 10:00	5,96	5,79	5,77	5,74	5,83	6,49	5,93
10:00 - 11:00	5,54	5,93	5,49	5,64	5,72	6,29	5,77
11:00 - 12:00	5,29	5,73	5,45	5,92	5,66	6,02	5,68
12:00 - 13:00	5,70	5,80	5,44	5,81	5,87	5,89	5,75
13:00 - 14:00	5,80	5,95	5,38	6,01	5,81	5,72	5,78
14:00 - 15:00	5,84	6,35	5,31	6,23	6,10	5,98	5,97
15:00 - 16:00	6,54	6,19	6,52	6,34	6,41	6,48	6,41
16:00 - 17:00	7,47	6,89	7,00	6,69	6,88	6,83	6,96
17:00 - 18:00	7,64	6,86	6,80	6,95	6,89	6,69	6,97
18:00 - 19:00	6,87	6,19	6,65	5,83	6,07	5,92	6,26
19:00 - 20:00	5,04	4,79	4,96	5,03	5,23	4,96	5,00
20:00 - 21:00	3,58	3,59	4,09	3,93	3,83	3,59	3,77
21:00 - 22:00	2,85	2,94	2,86	2,98	2,94	2,93	2,92
22:00 - 23:00	2,16	2,30	2,13	2,31	2,29	2,44	2,27
23:00 - 00:00	1,39	1,70	1,57	1,79	1,48	2,02	1,66

5.1 Radialstraßen

Für die Erstellung der Standardganglinien für Radialstraßen wurden acht Querschnitte untersucht und zu zwei Ganglinientypen zusammengefasst, da sich die Tagesganglinien, die überwiegend vom Pendlerverkehr beeinflusst werden, stark von den Tagesganglinien mit zusätzlichem Erledigungsverkehr unterscheiden.

5.1.1 Radialstraßen Typ P – Pendler

Radialstraßen, die hauptsächlich vom Pendlerverkehr beeinflusst werden, weisen deutliche Morgen- und Abendspitzenbelastungen auf. Die Spitzenstunden erreichen Anteile von rund 7,5% am Tagesverkehr.

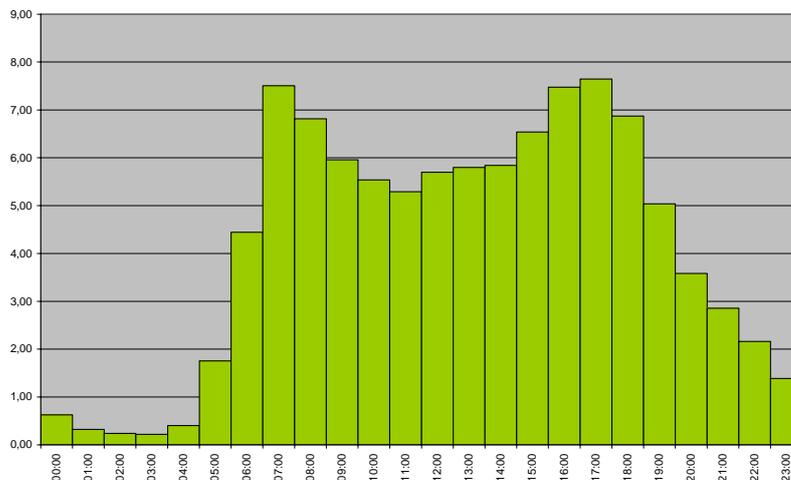


Abbildung 5.2: Standardganglinie für Radialstraßen Typ P [12]

5.1.2 Radialstraßen Typ E – Erledigungsverkehr

Bei Radialstraßen, deren Tagesganglinie zusätzlich durch Fahrten des Erledigungsverkehrs beeinflusst wird, ist deutlich festzustellen, dass der Erledigungsverkehr die schwächer belasteten Stunden über den Vormittag und Mittag mit zusätzlichen Fahrten auffüllt. Die Anteile der Spitzenstunden am Tagesverkehr sind bei diesem Ganglinientyp mit 7% damit auch etwas geringer.

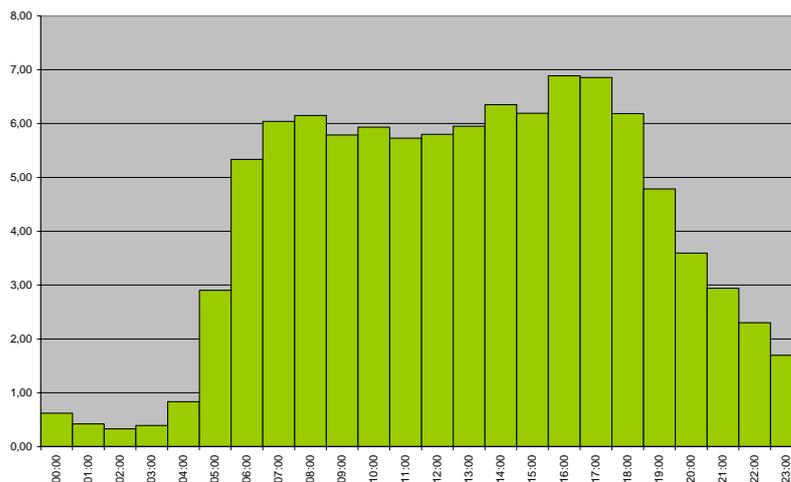


Abbildung 5.2: Standardganglinie für Radialstraßen Typ E [12]

5.2 Gürtelstraßen

Für die Erstellung der Standardganglinien für Gürtelstraßen wurden sechs Querschnitte untersucht und zu zwei Standardganglinien zusammengefasst, da sich die Tagesganglinien, die überwiegend vom Pendlerverkehr beeinflusst werden, stark von den Tagesganglinien mit zusätzlichem Erledigungsverkehr unterscheiden.

5.2.1 Gürtelstraßen Typ P – Pendler

Gürtelstraßen, die hauptsächlich vom Pendlerverkehr beeinflusst werden, weisen deutliche Morgen- und Abendspitzenbelastungen auf. Der Anteil in der Morgenspitze übersteigt 8% am Tagesverkehr.

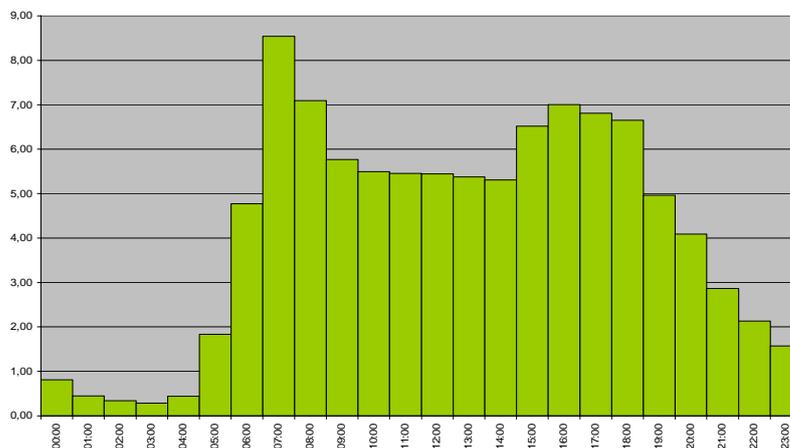


Abbildung 5.3: Standardganglinie für Gürtelstraßen Typ P [12]

5.2.2 Gürtelstraßen Typ E – Erledigungsverkehr

Bei Gürtelstraßen, deren Tagesganglinie zusätzlich durch Erledigungsverkehr beeinflusst wird, ist deutlich festzustellen, dass der Erledigungsverkehr das Tal über den Vormittag und Mittag auffüllt. Die Anteile der Spitzenstunde am Tagesverkehr sind mit rund 7% deutlich geringer.

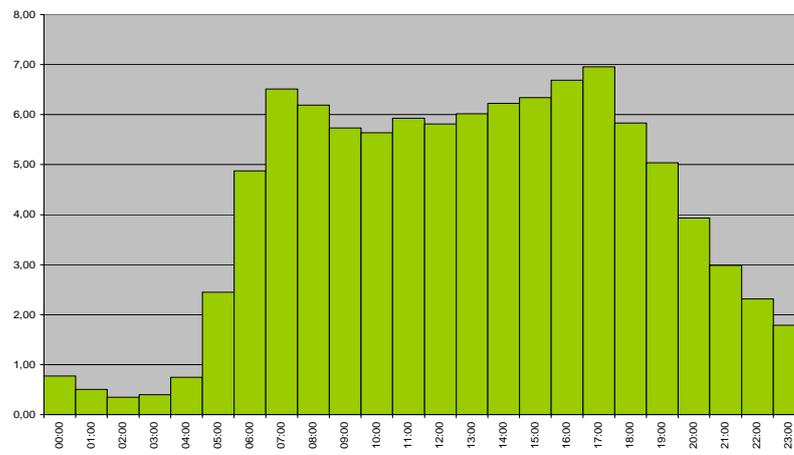


Abbildung 5.4: Standardganglinie für Gürtelstraßen Typ E [12]

5.3 Zufahrten von Gürtel- und Radialstraßen

5.3.1 Zufahrten von Gürtel- und Radialstraßen Typ Z

Für die Erstellung der Standardganglinien für Zufahrten von Gürtel- und Radialstraßen wurden 13 Querschnitte untersucht und zu einer Standardganglinie zusammengefasst.

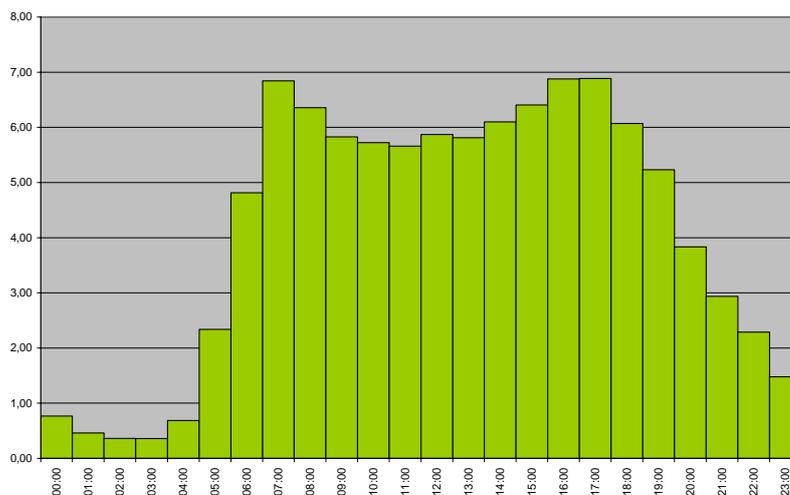


Abbildung 5.5: Standardganglinie für Zufahrten Typ Z [12]

5.4 Innerstädtische Straßen

5.4.1 Innerstädtische Straßen Typ I

Für die Erstellung der Standardganglinien für innerstädtische Straßen wurden 13 Querschnitte untersucht und zu einer Standardganglinie zusammengefasst. Dieser Straßentyp weist auch ziemlich ausgeglichene Stundenanteile am Tagesverkehr auf. Die Spitzenstunde hat einen Anteil von 7% am Tagesverkehr.

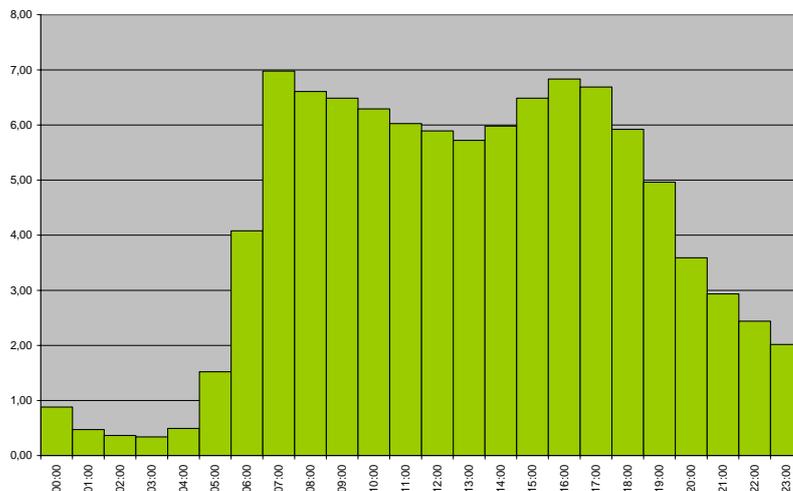


Abbildung 5.6: Standardganglinie für Innerstädtische Straßen Typ I [12]

5.5 Standardganglinie

5.5.1 Standardganglinie Typ S - Standard

Für die Erstellung der Standardganglinie wurden die Ganglinientypen der Radial-, Gürtelstraßen, der Zufahrten für Gürtel- und Radialstraßen und der innerstädtischen Straßen zu einem Ganglinientyp zusammengefasst. Der Anteil am Tagesverkehr beträgt in der Spitzenstunde rund 7%.

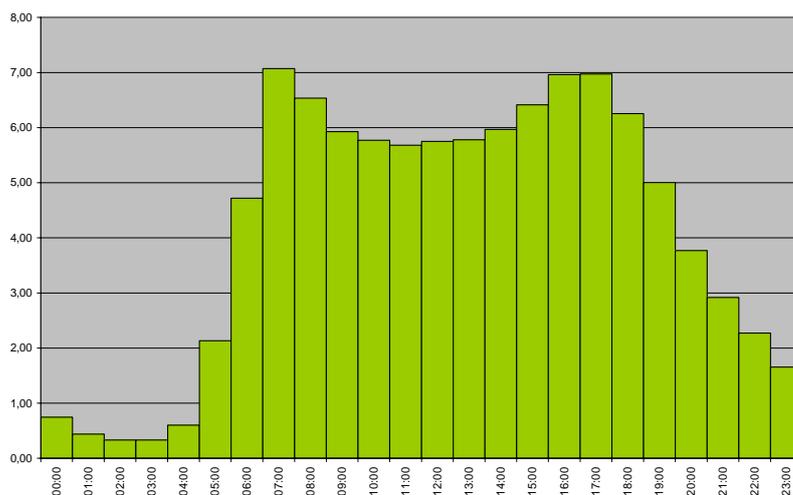


Abbildung 5.7: Standardganglinie Typ S [12]

5.6 Anpassung an den Verkehrslärmkataster

Zur leichteren Visualisierung im Verkehrslärmkataster wird die Bezeichnung wie folgt festgelegt.

Bezeichnung des Ganglinientyps	Bezeichnung im Verkehrslärmkatasters
Radialstraße Typ P	Typ 1
Radialstraße Typ E	Typ 2
Gürtelstraße Typ P	Typ 3
Gürtelstraße Typ E	Typ 4
Zufahrten Typ Z	Typ 5
Innerstädtische Straßen Typ I	Typ 6
Standardganglinie Typ S	Typ 7

Tabelle 5.2: Bezeichnung der Ganglinientypen

5.7 Zuweisung der Ganglinientypen

Die Zuweisung der Ganglinientypen erfolgte nach den zuvor beschriebenen Kriterien. Kann einer Strecke kein Ganglinientyp eindeutig zugeordnet werden, so wird die Standardganglinie herangezogen.

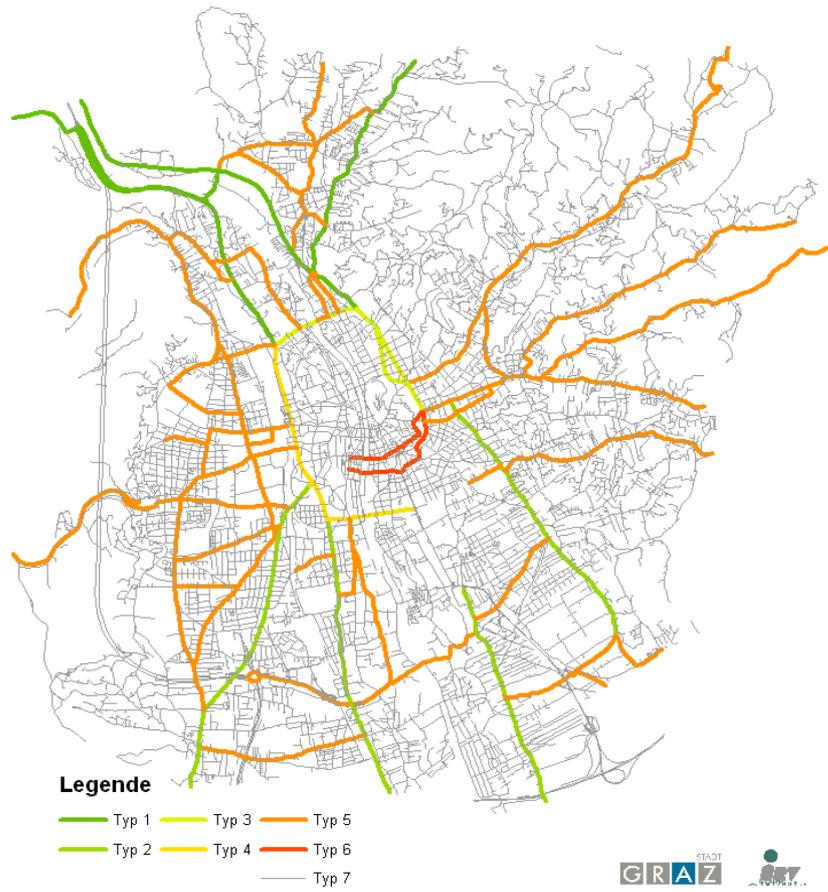


Abbildung 5.3: Übersicht Ganglinientypen [2]

6 Aktualisierung des Verkehrsmodells Graz

Wie zuvor beschrieben wird zur Ermittlung der Verkehrsstärken das bestehende Verkehrsmodell Graz aktualisiert und mit den vorliegenden Daten kalibriert. Einer allgemeinen Erläuterung zu Verkehrsmodellberechnungen folgen die Beschreibungen des eingesetzten Wirkungsmodells und der Netzmodellerstellung.

6.1 Allgemeine Erläuterungen zu Verkehrsmodellberechnungen

Wie schon bei den vorangegangenen Verkehrslärmkatastern wurde die Ermittlung der Verkehrsstärken mit dem Programm VISUM (**V**erkehr **I**n **S**tädten **U**mlegungs **M**odell) durchgeführt. Dieses Programm wurde von der PTV System Software und Consulting GmbH in Karlsruhe entwickelt und wird als Programm für die rechnerunterstützte Verkehrsplanung, welche der Analyse und der Planung des Systems Verkehr dient, bezeichnet.

VISUM ist ein makroskopisches Verkehrsmodell, das die planungsrelevanten Aspekte des Öffentlichen Verkehrs und des Individualverkehrs in einem integrierten Modell abbilden kann. Das Verkehrsmodell besteht aus einem Netzmodell, einem Verkehrsnachfragemodell und verschiedenen Wirkungsmodellen.

Das **Netzmodell** enthält die Daten des Verkehrsangebotes, es besteht aus Verkehrsbezirken, Knoten und den verschiedenen Streckenabschnitten des Straßennetzes.

Das **Verkehrsnachfragemodell** enthält die Daten der Verkehrsnachfrage (Quelle-Ziel-Beziehungen). Die Nachfragematrizen können für verhaltenshomogene Benutzergruppen (z.B. Erwerbstätige mit oder ohne Pkw, Schüler, Studenten) verkehrsmittelspezifisch aus Strukturdaten berechnet und mit Verkehrsbefragungen abgeglichen werden.

Die nachfolgende Abbildung 6.1 erläutert den Aufbau des Rechenprogramms:

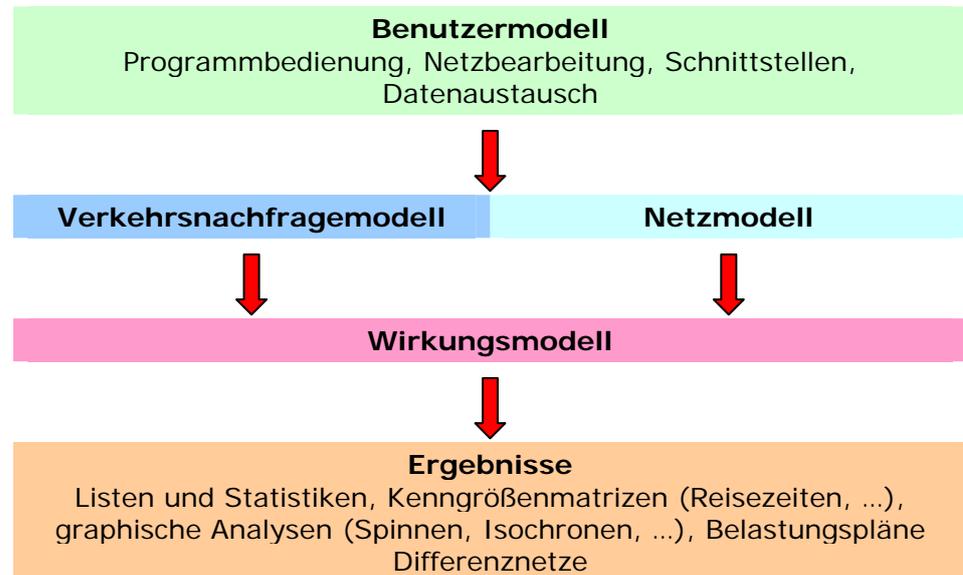


Abbildung 6.1: Aufbau des Rechenprogramms

Die Daten des Netzmodells und des Nachfragemodells sind die Eingangsdaten für die **Wirkungsmodelle**. VISUM stellt verschiedene Wirkungsmodelle zur Analyse und Bewertung eines Verkehrsangebotes zur Verfügung. Das Wirkungsmodell bildet das Verkehrsverhalten der Kfz-Lenker nach. Es ermittelt so Verkehrsstärken auf einzelnen Straßenabschnitten und benutzerbezogene Kenngrößen (Bestwege für Quelle-Ziel-Beziehungen, Routen, Reisezeiten, etc.).

Rechnergestützte Verkehrsplanung mit VISUM

Bei der rechnerunterstützten Verkehrsplanung mit VISUM kommt es in der Zustandsanalyse und im Entwurfsprozess zu einer Aufgabenteilung zwischen dem Planer und dem Rechner. Während der Planer, ausgehend vom heutigen Zustand, seinen Entwurf (Lösungsvorschlag) schrittweise verbessert, ermittelt der Rechner die Wirkungen der aktuellen Lösung. Für die rechnergestützte Verkehrsplanung wird das System Verkehr dazu in einem Verkehrsmodell abgebildet, das wie alle Modelle eine Abstraktion der realen Verkehrsabläufe darstellt. Ziel der Modellierung ist die modellgestützte Vorbereitung von Entscheidungen, die in der realen Welt getroffen werden.

Bei der Ermittlung der Auswirkungen der einzelnen Planfälle (z.B. Verkehrswirksamkeit der Planfälle) liefert VISUM Werte für die Kenn-

größen des Verkehrsangebotes, die dann der Bewertung einer Lösung dienen. Die Kenngrößen lassen sich dabei unterteilen in:

- **Kenngrößen der Benutzer:** Beschreiben die Verbindungsqualität zwischen Verkehrszellen
- **Kenngrößen der Betreiber:** Quantifizieren den betrieblichen und finanziellen Aufwand für die Realisierung eines Angebotes
- **Kenngrößen der Umwelt:** geben die Wirkung des MIV auf die Umwelt an

Netzmodell (Datenbasis) von VISUM

Das Verkehrsmodell in VISUM besteht aus den Daten des Verkehrsangebotes und der Verkehrsnachfrage. Die Daten des Verkehrsangebotes werden in einem Netzmodell abgebildet. Das in VISUM integrierte Netzmodell unterscheidet die Modi IV und ÖV. Durch die Kombination von Verkehrsmittel und Modus kann der Planer verschiedene Verkehrssysteme definieren. IV-Verkehrssysteme sind abhängig von der zulässigen Geschwindigkeit und der Streckenkapazität, ÖV-Verkehrssysteme verkehren nach einem Fahrplan.

Das Netzmodell umfasst die folgenden Netzobjekte, die interaktiv modifiziert werden können:

- **Knoten:** Straßenknoten oder ÖV-Haltestellen
- **Bezirke** Einspeisungspunkte der Verkehrsnachfrage
- **Strecken** Geschwindigkeiten und Kapazität für den IV, Fahrzeiten für den ÖV
- **Abbiegebeziehungen** Abbiegezuschläge für den IV, Weichen und Wendemöglichkeiten für den ÖV
- **Linien** Liniename, Linienvariante, Linienweg und Fahrplan

Zusätzlich können im Netzmodell betriebliche Informationen über ÖV-Fahrzeuge und ÖV-Betreiber verwaltet werden.

Analyse des Verkehrsangebotes mit VISUM

Ein Verkehrsangebot kann unter verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet und ausgegeben werden, z.B. als

- Belastungsdifferenz zweier Netzvarianten

- Spinnen, die diejenigen Routen filtern, die vom Anwender selektierte Netzobjekte (Knoten, Strecken, Bezirke) benutzen
- Auswertung der Belastungen im Netz nach Verkehrsarten (Quell-, Ziel-, Durchgangs, Außen- und Binnenverkehr)
- Knotenstrompläne, die die IV-Abbiegeströme an Straßenknoten zeigen
- Isochronen zur Klassifizierung der Erreichbarkeit von Netzobjekten und zum Vergleich von Reisezeiten im IV und ÖV
- Graphische Routensuche, die die IV-Routen und die ÖV-Verbindungen zwischen Netzknoten visualisiert

Einsatzmöglichkeiten von VISUM für Planungsaufgaben im IV

- Simulation verkehrsplanerischer oder baulicher Maßnahmen zur Prognose der resultierenden Verkehrsbelastung und ihrer Wirkungen
- Prognose der Wirkungen von Straßennutzungsgebühren
- Separate Betrachtung verschiedener IV-Verkehrssysteme (Pkw, Lkw, Rad)
- Abgleich einer Fahrtenmatrix mit aktuellen Zählwerten
- Ermittlung von Lärm- und/oder Schadstoffemissionen
- Datengrundlage für Immissionsberechnungen

6.2 Verwendetes Wirkungsmodell

Allgemeines zu Wirkungsmodellen

Jedes Verkehrsangebot hat vielfältige Wirkungen, die sich durch Maßnahmen verändern können. Wirkungen auf die Nutzer des Verkehrsangebotes. Wirkungen auf die Betreiber, die das Verkehrsangebot realisieren sollen. Wirkungen auf die Allgemeinheit, der durch das Verkehrsangebot Kosten und Nutzen entstehen. Wirkungen auf die Aufgabenträger des ÖV, die ein eventuelles politisches Defizit verantworten müssen. Wirkungen auf die Umwelt, die durch die Folgen des Verkehrs beeinträchtigt wird.

- Nutzer des Verkehrsangebotes: Nutzer des IV-Verkehrsangebotes sind insbesondere die Kfz-Fahrer und ihre Mitfahrer, aber auch nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer wie Radfahrer und Fußgänger. Nutzer des ÖV-Verkehrsangebotes sind die ÖV-Fahrgäste.
- Betreiber des Verkehrsangebotes: Das Straßennetz wird in der Regel vom Staat, den Ländern oder den Gemeinden angeboten.

Diese „Betreiber“ des Straßennetzes müssen über Investitionen für den Ausbau und die Erhaltung der Straßeninfrastruktur entscheiden. Die Betreiber im ÖV sind Verkehrsunternehmen und Verkehrsverbänden, im weiteren Sinne gehören auch die ÖV-Aufgabenträger zu den Betreibern. Um das ÖV-Angebot zu realisieren erstellen die ÖV-Betreiber Liniennetzpläne und Fahrpläne, aus denen der Nutzer dann Fahrtmöglichkeiten auswählt. Um den Fahrer- und Fahrzeugeinsatz zu planen, erstellen die ÖV-Betreiber Fahrzeugumlaufpläne und Dienstpläne.

Wirkungsmodelle für die Benutzer im IV

Ziel des Benutzermodells ist es, die Wirkungen eines Verkehrsangebotes auf die Verkehrsteilnehmer zu ermitteln. Wichtige Kenngrößen zur Beurteilung eines Verkehrsangebotes sind die Kenngrößen Reisezeit und Fahrtkosten zwischen zwei Verkehrsbezirken. Um diese benutzerbezogenen Kenngrößen zu ermitteln, werden die Ortsveränderungen der Verkehrsteilnehmer nachgebildet. Ein IV-Benutzer wählt für eine Ortsveränderung eine Route, die ihm günstig erscheint. Eine Route beschreibt den räumlichen Verlauf des Weges innerhalb eines Netzes.

Kern der Verfahren zur Nachbildung von Ortsveränderungen sind Suchalgorithmen, die Routen bzw. Verbindungen zwischen einer Quelle und einem Ziel ermitteln. Als Suchalgorithmen werden so genannte Bestweg-Verfahren eingesetzt, die den „besten“, d.h. den widerstandskürzesten Weg bestimmen. Der Widerstand kann sich dabei aus Zeiten, Entfernungen oder Kosten zusammensetzen. Auf die gefundene Route werden dann die Fahrten einer Quelle-Ziel-Beziehung aufgeteilt. Diese Kombination von Wegsuche und Fahrtenaufteilung wird als Umlegung bezeichnet.

Für jede Route zwischen zwei Verkehrsbezirken lassen sich Kenngrößen, berechnen, die die Qualität der Verbindung beschreiben. Außerdem erhält man durch die Umlegung Belastungswerte für Strecken und Abbiegebeziehungen. Im Gegensatz zu einer Qualitätskenngröße, wie sie z.B. die Reisezeit darstellt, ist die Kenngröße Belastung nur eine indirekte Kenngröße, die sich allein für die Bewertung eines Verkehrsangebotes nicht eignet. Die Belastung dient vielmehr zur Ableitung von z.B.: belastungsabhängigen Wartezeiten, die die Reisezeit bestimmen oder Lärm- und Schadstoffemissionen, die Indikatoren für die Umwelt darstellen.

VISUM stellt drei Umlegungsverfahren zur Verfügung:

Das **Sukzessivverfahren** teilt die Fahrtenmatrix in mehrere Teilmatrizen auf. Diese Teilmatrizen werden dann schrittweise auf das Netz umgelegt, wobei für die Routensuche der Widerstand berücksichtigt wird, der sich aus der Belastung des vorhergehenden Schrittes ergibt.

Das **Gleichgewichtsverfahren** verteilt die Nachfrage entsprechend dem ersten Wardrop'schen Prinzip: „Jeder einzelne Verkehrsteilnehmer wählt seine Route derart, dass die Fahrtdauer auf allen alternativen Routen letztlich gleich ist und jeder Wechsel auf eine andere Route die persönliche Fahrzeit erhöhen würde.“ Ausgehend von einer Sukzessivumlegung als Startlösung wird der Gleichgewichtszustand in einer mehrstufigen Iteration hergestellt. Im inneren Iterationsteilschritt werden paarweise je zwei Routen einer Beziehung durch Verlagern von Fahrzeugen ins Gleichgewicht gebracht. In der äußeren Iteration wird überprüft, ob aufgrund des aktuellen Netzzustands neue Routen mit geringeren Widerständen gefunden werden können.

Das **Lernverfahren** bildet den „Lernprozess“ der Verkehrsteilnehmer bei der Benutzung des Netzes ab. Ausgehend von einer Alles-oder-Nichts-Umlegung berücksichtigen die Fahrer die Informationen der letzten Fahrt für die neue Routensuche.

Für diese Modellberechnung wurde das **Lernverfahren** verwendet. Unter der Voraussetzung, dass eine ausreichende Anzahl von Iterationsschritten (im vorliegenden Fall wurden sie mit $N = 1.300$ begrenzt) durchgeführt wird, liefert das Lernverfahren im Vergleich zum Sukzessiv- bzw. Gleichgewichtsverfahren wirklichkeitsnahe und stabile Ergebnisse. Auch bei einem nicht voll ausgelasteten Netz abseits der Hauptrouten ergibt sich eine gute Verteilung der Verkehrsnachfrage auf Alternativrouten.

Die Routenwahl eines Verkehrsteilnehmers in der Realität wird sowohl von objektiven wie auch subjektiven Faktoren beeinflusst. Kenngrößen, die die Routenwahl bestimmen, sind insbesondere

- die voraussichtliche Reisezeit für die Route,
- die Länge der Route
- evtl. Straßenbenutzungsgebühren.

Darüber hinaus kann eine Vielzahl weiterer Faktoren einen Einfluss auf die Routenwahl haben. Man kann sich z.B. vorstellen, dass Verkehrsteilnehmer mit guter Ortskenntnis andere Routen wählen als

Ortsfremde, die sich vor allem am übergeordneten, gut ausgeschilderten Straßennetz orientieren.

Im motorisierten Individualverkehr werden die Reisezeiten von der Auslastung der Strecken und Abbiegebeziehungen bestimmt, die sich aus den Verkehrsstärken und der Kapazität (Leistungsfähigkeit) der einzelnen Netzobjekte ergibt. Daher schwanken die Reisezeiten im Individualverkehr und lassen sich vor Fahrtantritt nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit prognostizieren. Bei freiem Verkehrsfluss ergibt sich z.B. die Fahrtzeit t_0 für einen Streckenabschnitt aus der Länge des Streckenabschnittes und der zulässigen Geschwindigkeit v_0 . Im belasteten Netz ergibt sich die Streckenfahrzeit aus einer sogenannten **Capacity-Restraint-Funktion** (CR-Funktion bzw. Widerstandsfunktion). Diese Kapazitätsbeschränkungsfunktion beschreibt den Zusammenhang zwischen der aktuellen Verkehrsstärke q und der Kapazität (Leistungsfähigkeit) des Streckenabschnittes q_{\max} . Ergebnis der CR-Funktion ist die Fahrzeit im belasteten Netz t_{akt} (Widerstand im belasteten Netz). VISUM stellt mehrere Funktionstypen für die CR-Funktionen zur Verfügung. Im vorliegenden Verkehrsmodell für die wurden zwei verschiedene CR-Funktionen verwendet.

- CR-Funktion nach LOHSE: Für die Straßenkategorien Autobahn, Rampen und Hauptverkehrs- und Verkehrsstraßen auf denen sich der Großteil des Verkehrsgeschehens abspielt, wurde die nach LOHSE modifizierte Form der BPR-Funktion (siehe unten) verwendet. Die Funktion weist im Überlastungsbereich ($q > q_{\max}$) einen linearen Anstieg der Fahrzeiten, entsprechend der Warteschlangentheorie auf. Dadurch werden im Überlastungsbereich realistische Zeiten und ein besseres Verhalten in den Umlegungen erreicht, da sich in der Realität durch kleine Veränderungen der Verkehrsstärke keine überproportionalen Fahrzeitenänderungen ergeben, wie dies in der BPR-Funktion der Fall ist.

$$t_{\text{akt}} = t_0 * \left(1 + a * \left(\frac{q}{q_{\max} * c} \right)^b \right) \quad \text{für } q < q_{\max}$$

$$t_{\text{akt}} = t_0 * \left(1 + a * \left(\frac{q}{q_{\max} * c} \right)^b \right) + a * b * t_0 * q_{\max}^{b-1} * \left(\frac{q}{q_{\max} * c} - q_{\max} \right) \quad \text{für } q > q_{\max}$$

- CR-Funktion des BPR: Für die Kategorien Sammel- und Anliegerstraße und das untergeordnete Netz wurde die BPR-Funktion aus dem Traffic Assignment Manual des amerikanischen Bureau of Public Roads verwendet. Die BPR-Funktion stellt die Grundform der verschiedenen Kapazitätsbeschränkungsfunktionen dar und kann im vorliegenden Fall ohne Modifizierung für das „untergeordnete Straßennetz“ verwendet werden, da hier kaum Überlastungen ($q > q_{\max}$) zu erwarten sind.

$$t_{\text{akt}} = t_0 * \left(1 + a * \left(\frac{q}{q_{\text{max}} * c} \right)^b \right)$$

Für die einzelnen Straßenkategorien wurden in Anlehnung an die Qualitätsstufen des Verkehrsflusses entsprechend dem HBS 2001 bzw. der Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Querschnitte entsprechend SCHNABEL/LOHSE bzw. der Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS-Q der FGSV) die Parameter a, b, c und q_{max} gewählt.

6.3 Netzmodellerstellung

In enger Zusammenarbeit mit dem Magistrat der Stadt Graz wurden 2003 aus der Straßendatenbank der Stadt folgende Informationen zur Netzmodellerstellung verwendet:

- Lage der Straße: hier wurde unterschieden zwischen Brücken, Tunnel und im Gelände liegenden Straßen. Es wurden jeweils die Straßenachsen zwischen zwei Knotenpunkten in Form eines DWG-Files zur Verfügung gestellt.
- Knotenpunkte: da jeder Straßenzug oder –abschnitt durch einen eindeutigen Anfangs- bzw. Endpunkt definiert wird, wurden die Knotenpunkte entsprechend der Straßendatenbank ins Verkehrsmodell eingearbeitet.
- Attribute zu den Straßenabschnitten: in den Datensätzen des Informationssystems waren mehrere verkehrlich relevante Informationen enthalten, wie Straßennamen, Straßentypen, Straßenbreiten usw.

Aufgrund dieser Daten entstand 2003 das neue Verkehrsmodell für die Stadt Graz.

Für die Bearbeitung des Lärmkatasters 2005 wurde die Wegedatei des Vermessungsamtes der Stadt Graz neu überarbeitet. Die Graphenkanten wurden so unterteilt, dass an allen Punkten mit Änderungen der lärmrelevanten Eigenschaften der Straße neue Abschnitte eingeführt wurden. So wurden z.B. Straßenabschnitte mit Beschränkungen der zulässigen Geschwindigkeiten, die vom Regelfall abweichen, als eigene Straßenabschnitte eingefügt. Damit sind im verwendeten Verkehrsmodell mehr als 12.200 Streckenabschnitte enthalten.

Für den Verkehrslärmkataster 2011 wurde das Verkehrsnetz erneut überarbeitet und aktualisiert.

6.3.1 Straßenkategorisierung

Für die vorhandenen Straßen wurde in Abhängigkeit von deren Funktion im Straßennetz und Verkehrsbelastung eine Einteilung in Straßenkategorien vorgenommen. Diese umfasst die folgenden sechs Kategorien:

Autobahnen

Sie haben im Netzmodell die Funktion von Hauptverkehrsstraßen, werden jedoch aufgrund ihrer getrennten Linienführung, Anbaufreiheit und Lage im Stadtgebiet getrennt vom übrigen Hauptverkehrsstraßennetz dargestellt und ausgewertet.

Hauptverkehrsstraßen

Darunter werden vor allem Bundes- und Landesstraßen mit höherer Bedeutung verstanden

Verkehrsstraßen

Unter Verkehrsstraßen sind Landesstraßen mit geringer Bedeutung bzw. Gemeindestraßen mit einer höherrangigen Funktion zu verstehen.

Sammelstraßen

Das sind Straßen, welche die Funktion haben den Verkehr aus den Anliegerstraßen aufzunehmen, um ihn in das übergeordnete Netz von Verkehrs- und Hauptverkehrsstraßen zu leiten.

Anliegerstraßen

Darunter versteht man die Straßen mit erschließender Funktion, Zufahrten zu Siedlungen, Betriebserschließungsstraßen, usw.

Untergeordnetes Netz

Als weitere Kategorien für das Straßennetz mit untergeordneter Bedeutung wurden noch **Hauszufahrten** und **Fußgängerzonen, Geh- bzw. Radwege, Sonstiges** definiert.

Im verwendeten Verkehrsmodell sind alle Autobahnen, Hauptverkehrs- und Verkehrsstraßen sowie die Sammelstraßen enthalten. Die Verkehrsbelastung für diese Straßenzüge wird aus dem Verkehrsmodell ermittelt.

Im Bereich der Anliegerstraßen wurden nur jene Strecken in das Verkehrsmodell aufgenommen, die einen „Schleichweg“ ermöglichen würden bzw. wegen ihrer Bedeutung im Netz als wesentlich anzusehen sind. Die Verkehrsbelastungen für die Anliegerstraßen sind deshalb nur teilweise aus den Daten des Verkehrsmodells ableitbar.

6.3.2 Verkehrsnachfrage

Die Ergebnisse der Schwerverkehrserhebung wurden in die vorliegende LKW-Matrix eingearbeitet.

Des Weiteren wurden in einem interaktiven Prozess die vorgegebene PKW-Matrix und die aktualisierte Lkw-Matrix bei der Analyse des Ist-Zustandes durch Vergleich der Umlegungsergebnisse mit den Ergebnissen von Querschnittszählungen im Großraum Graz kalibriert.

Die auf diesem Weg aktualisierten Matrizen der Verkehrsbeziehungen für den Kfz-Verkehr wurden als Eingangsgröße für die Verkehrsnachfrage zugrunde gelegt.

6.3.3 Genauigkeit der Modellrechnung

Die Anwendung eines Verkehrsmodells verfolgt das Ziel, die realen (gezählten) Verkehrsstärken auf den unterschiedlichen Streckenabschnitten des Straßennetzes zu reproduzieren. Die Aussagekraft der Ergebnisse für das Straßennetz wird anhand der Übereinstimmung von Modellergebnissen und Zählungen bestimmt.

6.4 Modellrechnung 2010 – IST-Zustand

6.4.1 Kalibrierung des Verkehrsmodells

Um detaillierte Aussagen über die Verkehrsbelastungen im Ist-Zustand zu bekommen wurde eine Kalibrierung des Verkehrsmodells im Planungsgebiet vorgenommen. Zielsetzung der Kalibrierung ist, das bestehende Verkehrsaufkommen im Rechenmodell an den verschiedenen Straßenquerschnitten so gut wie möglich abzubilden. Folgende Vergleichsdaten wurden dazu berücksichtigt:

- Dauerzählstellen des Landes Steiermark
- Dauerzählstellen der ASFINAG und LARIS-Daten
- Händische bzw. automatische Zählungen des Bearbeiters im erweiterten Planungsgebiet
- Zählschleifendaten des Verkehrssteuerungssystems Graz

Von der Fachabteilung 18A, Gesamtverkehr und Projektierung der Steiermärkischen Landesregierung wurden die Daten der Dauerzählstellen im erweiterten Planungsgebiet bzw. der unmittelbar benach-

barten Dauerzählstellen am Rand des Planungsgebietes zur Verfügung gestellt. Die Werte des „Verkehrsbelastungsplans“ Steiermark sind über das Internet – über den digitalen Atlas der Steiermark – abrufbar. Die veröffentlichten Werte stellen jeweils nur im unmittelbaren Nachbarbereich einer Zählung „genaue“ Werte dar, während auf den Abschnitten, in welchen im betreffenden Jahr keine Zählung durchgeführt wurde eine Fortschreibung der Vorjahreswerte erfolgt. Erfolgt diese Fortschreibung über mehrere Jahre ergeben sich teilweise größere Differenzen zu den Nachbarabschnitten.

Von der ASFINAG konnten die Dauerzählstellen im österreichischen Autobahn- und Schnellstraßennetz verwendet werden.

Vom Referat für Lichtsignalanlagen des Straßenamts der Stadt Graz wurden Zählschleifendaten aus dem Jahr 2010 zur Verfügung gestellt. Anhand von vorhandenen händischen Zählungen konnten diese Daten teilweise in Pkw und Lkw unterschieden werden.

Zusätzlich zu den Dauerzählstellen wurden vom Bearbeiter im Planungsgebiet automatische Verkehrszählungen mit Hilfe von Seitenraddargeräten (Querschnittszählungen) durchgeführt.

Insgesamt konnten für die Kalibrierung des Verkehrsmodells im erweiterten Planungsgebiet 219 Beobachtungswerte (Sollwerte) verwendet werden

Methodisch erfolgte die Kalibrierung des Verkehrsmodells durch zwei aufeinanderfolgende Arbeitsschritte:

- Überprüfung des Netzmodells durch Umlegung der Quell-/Zielmatrizen aus den Lenkerbefragungen
- Kalibrierung der Nachfragematrix durch den Vergleich von im Modell errechneten Verkehrsstärken mit den Zählungen

Die Kalibrierung des Rechenmodells kann nicht als einmaliger Rechenprozess angesehen werden. Die Kalibrierung ist ein interaktiver Prozess zwischen Rechner und Bearbeiter, bei dem die Nachfragematrizen bzw. das Netzmodell aufgrund der Analyse des IST-Zustandes durch Vergleich der Umlegungsergebnisse mit den Ergebnissen der durchgeführten Kreuzungs- bzw. Querschnittszählungen fortlaufend verbessert werden.

6.4.2 Vergleich – Modellergebnisse / Zählungen

Für die Berechnung und Bewertung der Korrelation zwischen berechneter Verkehrsstärke (Umlegung im Verkehrsmodell) und beobachte-

ter Verkehrsstärke (Zählwerte) wurde der Mittlere relative Fehler (MittRelFehler) herangezogen.

Insgesamt ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen berechneten und beobachteten Werten.

7 Erstellung des Verkehrslärmkatasters

Nach sorgfältiger Analyse und Aufbereitung der Daten erfolgt die Berechnung der Emissionsschallpegel der Abschnitte des Grazer Straßennetzes.

7.1 Vorbereiten der Berechnungsdatei

Die Grundlage der Berechnungsdatei wird aus mehreren Quellen zusammengeführt.

7.1.1 Grundinformationen aus der GIP

Die GIP ist ein Datenmodell, bei dem Straßen und Wege verschiedener Organisationseinheiten für eine intermodale Verkehrsauskunft verwaltet und bearbeitet werden können.

Zusätzlich können Informationen eines kommerziellen Anbieters in die GIP integriert werden, um die Möglichkeit eines routingfähigen Straßengraphen zu schaffen. Aufbauend auf diesen Datenbestand können weitere verkehrsrelevante Inhalte abgebildet werden (Verkehrsmodell, Verkehrslage, verkehrliche Maßnahmen, ...). Ziel ist es, dass für alle straßenbezogenen Themen die GIP die Grundlage bildet.

Aus dem zu Verfügung gestellten Verkehrsgraph der GIP werden folgende Daten entnommen und tabellarisch aufbereitet:

- OBJECT_ID
- SUBNET_ID
- Name des Abschnitts in der GIP
- Abschnittslänge

7.1.2 Attributergänzungen

Um Informationen von Lärmkatastern aus den Vorjahren und vom Graphen des Verkehrsmodells übernehmen zu können, müssen die Netze aus der GIP, der Lärmkataster und des Verkehrsmodells miteinander verglichen werden. Den Abschnitten der GIP werden, durch ARCGis automatisiert, die Abschnitts_IDs der anderen Kataster und

des Modells zugewiesen. Nachfolgende Kontrollen aktualisieren bzw. ergänzen die Ergebnisse.

Des Weiteren werden die Erkenntnisse der Einwohnerdaten und des öffentlichen Verkehrs auf die einzelnen Abschnitte übertragen.

Nach erfolgter Plausibilitätskontrolle wurden folgende Attribute und Grundinformationen ergänzt:

Tabelle 7.1: Ergänzung der Attribute

Attribut	Grundlage
Belag	aus vorangegangenem Lärmkataster
Steigung	aus vorangegangenem Lärmkataster
Ganglinientyp	aus vorangegangenem Lärmkataster aus Verkehrsmodell und vorangegange- nem Lärmkataster bzw. ergänzt)
Typ	aus Verkehrsmodell und vorangegange- nem Lärmkataster
Kapazität	aus Verkehrsmodell und vorangegange- nem Lärmkataster
Geschwindigkeit	aus Verkehrsmodell und vorangegange- nem Lärmkataster
Einwohner	aus den Einwohnerdaten
Anzahl PKW	aus Verkehrsmodell
Anzahl LKW	aus Verkehrsmodell
Anzahl Regionalbusse (Tag, Abend, Nacht)	aus den Daten des öffentlichen Verkehrs
Anzahl Stadtbusse (Tag, Abend, Nacht)	aus den Daten des öffentlichen Verkehrs
Anzahl Straßenbahnen (Tag, Abend, Nacht)	aus den Daten des öffentlichen Verkehrs

7.2 Berechnung von Grundwerten

Ehe die Berechnung nach der Richtlinie RVS 04.02.11 [4] erfolgen kann, müssen zunächst Information wie die Kfz-Anzahl und der Schwerverkehrsanteil je Beurteilungszeitraum berechnet werden. Für jene Abschnitte die im Verkehrsmodell nicht berücksichtigt werden, erfolgt eine Abschätzen der Verkehrsbelastung wie in Kapitel 4.8 beschrieben. Für jene Abschnitte die auch nach diesem Verfahren keine Verkehrsbelastung aufweisen, wird angenommen, dass eine Grundbe-

lastung von 10 Kfz pro Tag vorliegt. Dies stellt eine Belastung dar, wie sie auch für Straßen, auf denen eigentlich kein Kfz-Verkehr vorgesehen ist, auftreten kann (Wartungsarbeiten, usw.)

Ausgehend von diesen Daten werden nachfolgende Berechnungsschritte durchgeführt und die Berechnungsdatei jeweils um diese Ergebnisse erweitert.

7.2.1 Berechnung der maßgebenden stündlichen Verkehrsstärke

Die für Lärmberechnungen maßgebende stündliche Verkehrsstärke errechnet sich aus der jährlich durchschnittlichen Tagesverkehrsstärke JDTV und einem Bemessungsfaktor.

Die jährlich durchschnittliche Verkehrsstärke je Abschnitt wird aus den Erkenntnissen des Verkehrsmodells gewonnen.

- $MSV_L = k_L \cdot JDTV$

Tabelle 7.2: Bemessungsfaktor für Verkehrslärmberechnungen [4]

Straßentyp	Bemessungsfaktor		
	Tag 6 bis 19 Uhr	Abend 19 bis 22 Uhr	Nacht 22 bis 6 Uhr
Straßen mit überwiegend überregionalem Verkehr	0,060	0,036	0,014
Straßen mit überwiegend regionalem Verkehr	0,064	0,029	0,010
Hauptstraßen innerorts	0,062	0,035	0,011
Sammel- und Anliegerstraßen innerorts	0,062	0,041	0,009

7.2.2 Berechnung der maßgebenden Schwerverkehrsanteile

Das Verkehrsmodell liefert den Schwerverkehrsanteil an der jährlich durchschnittlich auftretenden Verkehrsstärke.

Für die Berechnung des Verkehrslärmkatasters werden diese Ergebnisse noch weiter bearbeitet, da zur Berechnung der Grundwerte die Anzahl des Schwerverkehrs für jeden Beurteilungszeitraum berechnet werden muss. Außerdem werden der Anteil leichter und schwerer Fahrzeuge und der Anteil der lärmarmen LKW abgeschätzt. Dazu werden einerseits die Richtwerte der Richtlinie und andererseits die Erkenntnisse der Schwerverkehrserhebung herangezogen. Ebenso wird die Anzahl der Regional- und Stadtbusse über einen, um die Anzahl verkehrender Busse, erhöhten Schwerverkehrsanteil berücksichtigt.

Zur Abschätzung des Anteils schwerer und leichter LKWs werden die Richtwerte in Tabelle 7.3 Tabelle verwendet.

Tabelle 7.3: Richtwerte Anteil leichter und schwerer LKW [4]

Straßentyp	Anteil am Schwerverkehr	
	leichte LKW	schwere LKW
Straßen mit überwiegend überregionalem Verkehr	25%	75%
Straßen mit überwiegend regionalem Verkehr	90%	10%
Hauptstraßen innerorts	60%	40%
Sammel- und Anliegerstraßen innerorts	95%	5%

Anschließend wird der Anteil von lärmarmen Schwerverkehrsfahrzeugen von 71 Prozent berücksichtigt.

Das Ergebnis bildet die Anzahl

- schwerer bzw. leichter LKW,
- unterteilt in lärmarme bzw. nicht lärmarme LKW,
- je Beurteilungszeitraum ab.

7.2.3 Basiswertberechnung

Anschließend werden die Basiswerte, in Abhängigkeit der Attribute des jeweiligen Straßenabschnittes, für die Fahrzeugemission berechnet.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die berücksichtigten Fahrbahndeckschichten. Bei Pflasterdeckschichten werden die Basiswerte für Asphaltbeton in Abhängigkeit der erlaubten Geschwindigkeit und der Pflasterart zwischen 2 und 6 dB erhöht.

Tabelle 7.4: Basiswerte der Fahrzeugemission [4]

Fahrbahndecke	Basiswerte für die Fahrzeugemission				
	$L_{PKW,F}$	$L_{LKW,F}$	$L_{LKW,lärmarm,F}$	$L_{LKW_s,F}$	$L_{LKW_s,lärmarm,F}$
Asphaltbeton	48,8	56,3	54,3	60,3	58,3
Offenporiger Asphalt	45,6	51,2	49,2	55,2	53,2
Waschbeton	50,3	55,8	53,8	59,8	57,8

Der Einfluss der Geschwindigkeit wird folgendermaßen berücksichtigt.

Tabelle 7.5: Kennwerte für den Einfluss der Geschwindigkeit [4]

Fahrbahndecke	Basiswerte für die Fahrzeugemission in dB		
	$K_{V,PKW,F}$	$K_{V,LKW,F}$	$K_{V,LKWärmam,F}$
Asphaltbeton	$20,0 \cdot \lg(V/50)$	$5,9 \cdot \lg(V/50)$	$15,9 \cdot \lg(V/50)$
Offenporiger Asphalt	$20,5 \cdot \lg(V/50)$	$7,6 \cdot \lg(V/50)$	$17,6 \cdot \lg(V/50)$
Waschbeton	$21,6 \cdot \lg(V/50)$	$6,0 \cdot \lg(V/50)$	$16,0 \cdot \lg(V/50)$

Der Einfluss der Steigung wird nach folgenden Tabellen berücksichtigt.

Tabelle 7.6: Kennwerte für den Einfluss der Längsneigung bei PKW [4]

Einfluss der Längsneigung in dB		
Längsneigung [%]	$K_{L,PKW}$	
	Steigung	schwere LKW
≤ 8	0	0
9	1	0
10	2	0
11	3	0
12	3	0
13	3	1
14	3	2
≥ 15	3	3

Tabelle 7.7: Kennwerte für den Einfluss der Längsneigung bei LKW [4]

Einfluss der Längsneigung in dB		
Längsneigung [%]	$K_{L,LKW}$	
	Steigung	schwere LKW
≤ 2	0	0
4	2	0
6	4	1
8	5	2
10	6	3
12	7	4
≥ 14	8	4

7.2.4 Berechnung des energieäquivalenten Dauerschallpegels

Zur Ausweisung der Lärmindizes Tag, Abend und Nacht (L_{day} , L_{evening} , L_{night}) werden die energieäquivalenten Dauerschallpegel für die Beurteilungszeiträume berechnet.

Dafür werden folgende Formeln verwendet [4]:

$$L_{A,eq} = 10 \cdot \lg \left(10^{L_{eq,PKW}/10} + 10^{L_{eq,LKWI}/10} + 10^{L_{eq,LKWI,lärmarm}/10} + 10^{L_{eq,LKWS}/10} + 10^{L_{eq,LKWS,lärmarm}/10} \right) \text{ [dB]}$$

mit

$$L_{eq,PKW} = L_{PKW,F} + K_{V,PKW,F} + K_{L,PKW} + 10 \lg M_{PKW} \text{ [dB]}$$

$$L_{eq,LKWI} = L_{LKWI,F} + K_{V,LKWI,F} + K_{L,LKW} + 10 \lg M_{LKWI} \text{ [dB]}$$

$$L_{eq,LKWI,lärmarm} = L_{LKWI,lärmarm,F} + K_{V,LKWI,lärmarm,F} + K_{L,LKW} + 10 \lg M_{LKWI,lärmarm} \text{ [dB]}$$

$$L_{eq,LKWS} = L_{LKWS,F} + K_{V,LKWS,F} + K_{L,LKW} + 10 \lg M_{LKWS} \text{ [dB]}$$

$$L_{eq,LKWS,lärmarm} = L_{LKWS,lärmarm,F} + K_{V,LKWS,lärmarm,F} + K_{L,LKW} + 10 \lg M_{LKWS,lärmarm} \text{ [dB]}$$

Zur Berechnung des Lärmindex Tag-Abend-Nacht wird folgende Formel verwendet.

$$L_{den} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{24} (13 \cdot 10^{L_{\text{day}}/10} + 3 \cdot 10^{(L_{\text{evening}} + 5)/10} + 8 \cdot 10^{(L_{\text{night}} + 10)/10}) \right) \text{ [dB]}$$

7.2.5 Übergabe der Ergebnisse

Die Übergabe der Ergebnisse erfolgt einerseits durch die Abgabe der Berechnungsdatei und andererseits als Shapefile im GIS-Format.

Weil bei der Übergabe eines Shapefiles der Attributname auf zehn Zeichen gekürzt wird, werden folgende Abkürzungen verwendet:

SV_Ant_d Schwerverkehrsanteil Tag (day)

SV_Ant_e Schwerverkehrsanteil Abend (evening)

SV_Ant_n Schwerverkehrsanteil Nacht (night)

Reg_d Anzahl Regionalbusse Tag (day)

Reg_e Anzahl Regionalbusse Abend (evening)

Reg_n	Anzahl Regionalbusse Nacht (night)
Stadt_d	Anzahl Stadtbusse Tag (day)
Stadt_e	Anzahl Stadtbusse Abend (evening)
Stadt_n	Anzahl Stadtbusse Nacht (night)
Bim_d	Anzahl Straßenbahn Tag (day)
Bim_e	Anzahl Straßenbahn Abend (evening)
Bim_n	Anzahl Straßenbahn Nacht (night)
Lden_Mit	Lärmindex Tag-Abend-Nacht mit ÖV-Berücksichtigung
Lde_Ohne	Lärmindex Tag-Abend-Nacht ohne ÖV-Berücksichtigung
Lden_Bim	Lärmindex Tag-Abend-Nacht nur Straßenbahnen
Ld_Mit	Lärmindex Tag mit ÖV-Berücksichtigung
Le_Mit	Lärmindex Abend mit ÖV-Berücksichtigung
Ln_Mit	Lärmindex Nacht mit ÖV-Berücksichtigung
Ld_Ohne	Lärmindex Tag ohne ÖV-Berücksichtigung
Le_Ohne	Lärmindex Abend ohne ÖV-Berücksichtigung
Ln_Ohne	Lärmindex Nacht ohne ÖV-Berücksichtigung

8 Ergebnisse und statistische Auswertungen

Ein Hauptzweck für die Erstellung einer aktuellen Fassung des Lärmkatasters ist die Analyse von Trends der Lärmentwicklung in Graz.

Ein direkter Vergleich der Lärmemissionen mit den Ergebnissen der vorangegangenen Verkehrslärmkataster ist jedoch nicht möglich. Einerseits bewirkt die Veränderung der Rechenvorschrift eine neue Berechnungsbasis, andererseits sorgt die Datenbasis GIP mit ihrem Verkehrsnetz für eine neue Grundlage.

Im Lärmkataster 2000 waren insgesamt 1.069 km Straßennetz enthalten. Durch die Abstimmung der Straßendaten mit dem Stadtvermessungsamt wurde vor allem das untergeordnete Straßennetz stark erweitert. Das bearbeitete Straßennetz umfasst in den Bearbeitungen für den Lärmkataster 2005 und 2007 1.219 km Straßen. Mit der Datengrundlage GIP werden nun 1286 km Straßen berücksichtigt. Es werden Längenbilanzen nach der Zuständigkeit als Straßenerhalter (Tab. 8.1) und nach dem Ganglinientyp (Tab. 8.2) angeführt.

Tabelle 8.1: Längenbilanz nach Straßenerhalter (Subnetz)

SUBNETZ	2011	
	Länge [km]	Anteil [%]
Autobahnen	48,5	3,8
Landesstraßen	127,4	9,9
Gemeindestraßen	1043,5	81,1
Straßenbahn- und Bustrassen	12,2	1
Sonstige Straßen	54,3	4,2
Summe	1285,9	100

Tabelle 8.2: Längenbilanz nach dem Ganglinientyp

2011			
Bezeichnung des Ganglinientyps	Ganglinientyp	Länge [km]	Anteil [%]
Radialstraße Typ P	Typ 1	20,6	1,6
Radialstraße Typ E	Typ 2	19,2	1,5
Gürtelstraße Typ P	Typ 3	4,8	0,4
Gürtelstraße Typ E	Typ 4	4,7	0,4
Zufahrten Typ Z	Typ 5	97,0	7,5
Innerstädtische Straßen Typ I	Typ 6	3,8	0,3
Standardganglinie Typ S	Typ 7	1135,8	88,3
	Summe	1285,9	100

Die Ergebnisse werden einerseits in Gesamtlärbilanzen andererseits nach dem Subnetz und dem Ganglinientyp dargestellt. Die Betrachtung nach dem Subnetz wurde deshalb gewählt, da sich die Datenbasis GIP langfristig in ihrer Struktur nicht ändern wird und da deshalb ein Vergleich nach dem Subnetz als am sinnvollsten erscheint. Die Abbildungen sind dabei so gewählt und aufbereitet, dass sie mit Ergebnissen zukünftiger Verkehrslärmkataster ohne großen Aufwand ergänzt werden können.

8.1 Gesamtlärbilanzen 2011

Die Gesamtlärbilanzen und alle nachfolgend abgebildeten Ergebnisse beziehen sich auf Schallemissionen unter Berücksichtigung des öffentlichen Verkehrs.

Die Gesamtlärbilanz über den Zeitraum Tag zeigt, dass rund 48 % des gesamten Straßennetzes Schallemissionen unter 60 dB aufweisen. Dies bedeutet aber, dass auf mehr als der Hälfte des Wegenetzes die Schallemissionen von 60 dB überschritten werden.

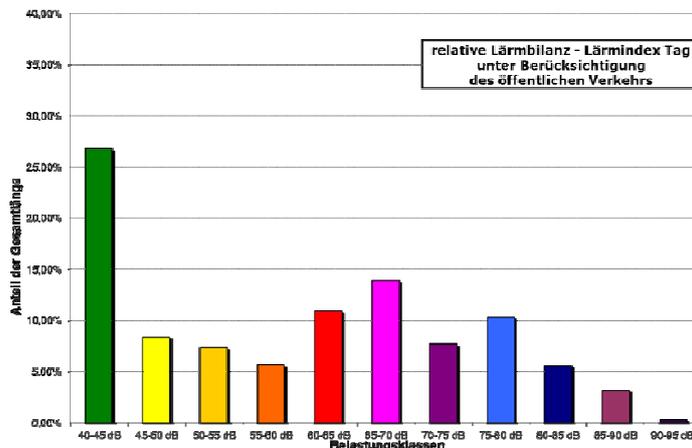


Abbildung 8.1: Gesamtlärmbilanz (Schallemissionen) Zeitraum Tag,

Betrachtet man den Beurteilungszeitraum Abend zwischen 19:00 und 22:00 Uhr, erkennt man, dass bereits weniger Lärm aufgrund der geringeren Verkehrsbelastung emittiert wird. Es fallen keine Straßenabschnitte mehr in die Belastungsklasse zwischen 90 und 95 dB.

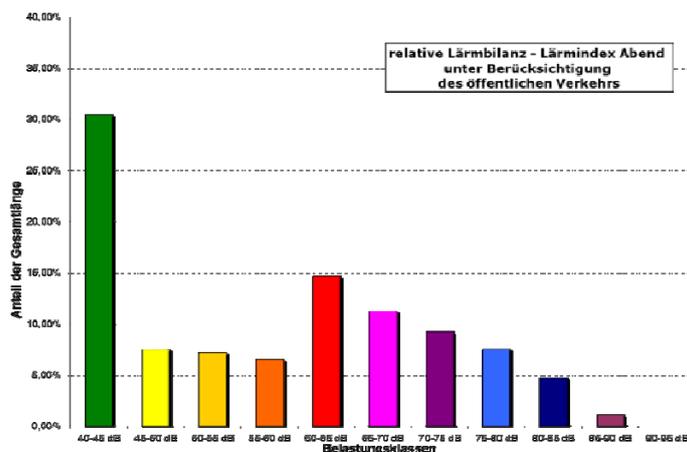


Abbildung 8.2: Gesamtlärmbilanz (Schallemissionen) Zeitraum Abend

In der Nacht steigt der Anteil der Straßenlängen mit geringen Lärmemissionen unter 45dB auf insgesamt 41 % an.

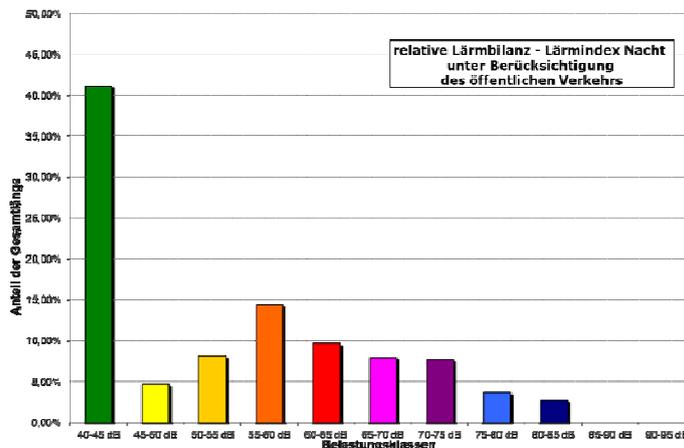


Abbildung 8.3: Gesamtlärmbilanz (Schallemissionen) Zeitraum Nacht

Errechnet man sich aus diesen Ergebnissen den Lärmindex Tag-Abend-Nacht und vergleicht man die Schallemissionen über die Längen der Abschnitte zur Gesamtlänge, so gibt es keine Straße, die im Verkehrslärmkataster berücksichtigt wurde, die Schallemissionen von weniger als 50 dB aufweist.

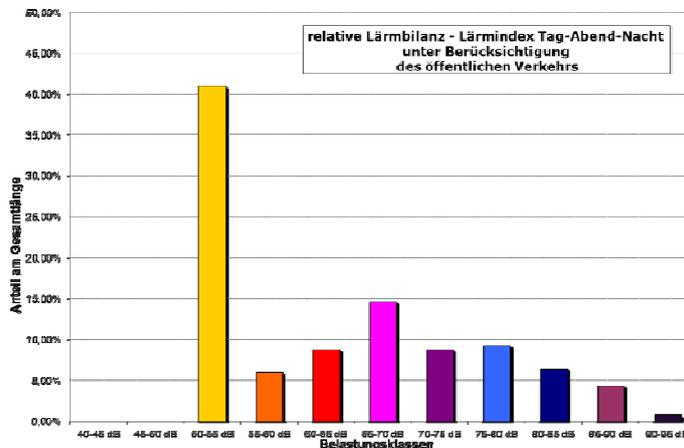


Abbildung 8.4: Gesamtlärmbilanz (Schallemissionen) Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.2 Lärmbilanzen nach dem Subnetz

Die nachfolgenden Abbildungen und Beschreibungen beziehen sich auf die Ergebnisse der Berechnungen unterteilt nach der Zugehörigkeit zu einem Subnetz. Wiederum wird die Gesamtverkehrsbelastung

(unter Berücksichtigung des öffentlichen Verkehrs) als Grundlage verwendet.

8.2.1 Subnetz Autobahnen im Stadtgebiet

Die Abschnitte des Autobahnnetzes weisen die höchsten Schallemissionen auf. Die Ursache dafür sind die hohen Verkehrsstärken und Geschwindigkeiten. Der Anteil des Straßennetzes mit einer Belastung über 85 dB beträgt fast 80 %.

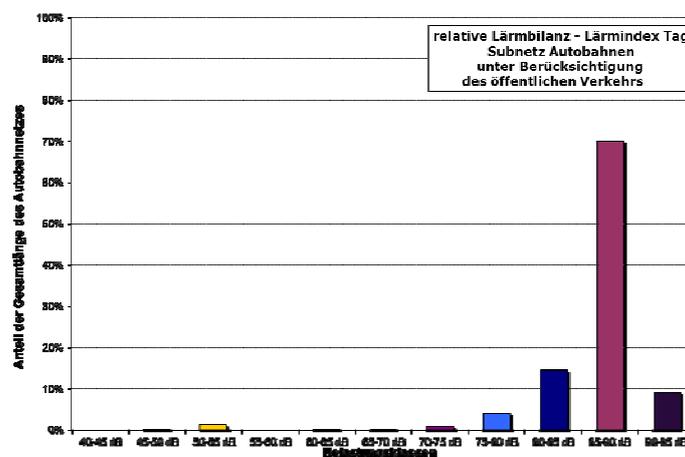


Abbildung 8.5: Lärmbilanz (Schallemissionen) Autobahnen - Zeitraum Tag

Wie auch in der Gesamtbilanz ist die Abnahme der Schallemissionen als Folge der geringeren Verkehrsbelastungen in den Abbildungen für die Zeiträume Abend und Nacht erkennbar.

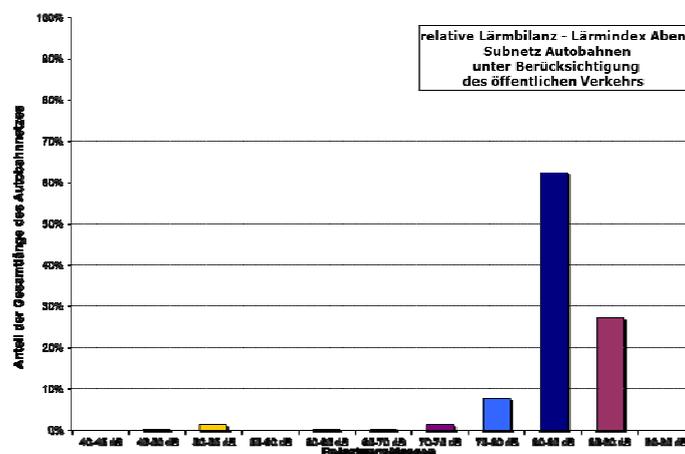


Abbildung 8.6: Lärmbilanz (Schallemissionen) Autobahnen - Zeitraum Abend

Der Anteil gering belasteter Abschnitte erklärt sich in allen Beurteilungszeiträumen durch das Bestehen von Ausweichen und wenig belasteten Autobahnrampen im Subnetz Autobahnen.

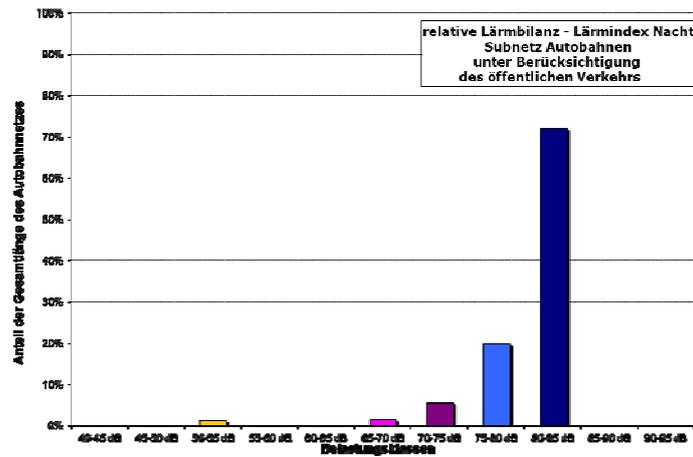


Abbildung 8.7: Lärmbilanz (Schallemissionen) Autobahnen - Zeitraum Nacht

In der Nacht sinken die berechneten Lärmemissionen auf allen Abschnitten unter 85 dB. Die insgesamt 48,5 km Autobahnen im Stadtgebiet weisen die in Abb. 8.8 dargestellten Anteile an Schallemissionen für Tag-Abend-Nacht auf.

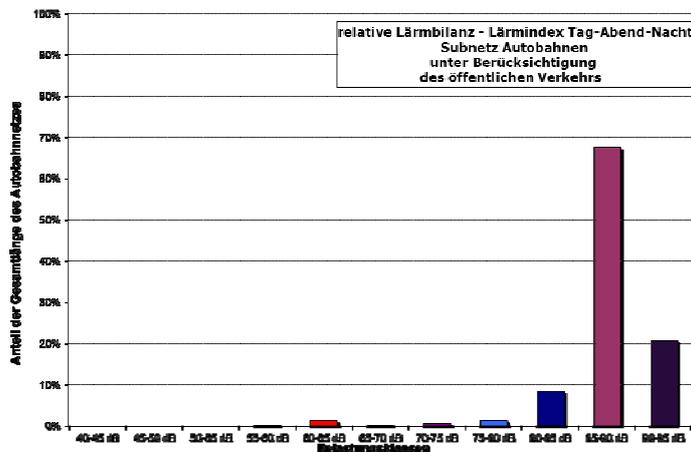


Abbildung 8.8: Lärmbilanz (Schallemissionen) Autobahnen - Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.2.2 Subnetz Landesstraßen im Stadtgebiet

Rund ein Zehntel des gesamten Straßennetzes der Stadt Graz entfällt auf Landesstraßen, die sich wiederum aus den durch das Land Steiermark übernommenen Bundesstraßen und den bis zu diesem Zeitpunkt bestehenden Landesstraßen zusammensetzen.

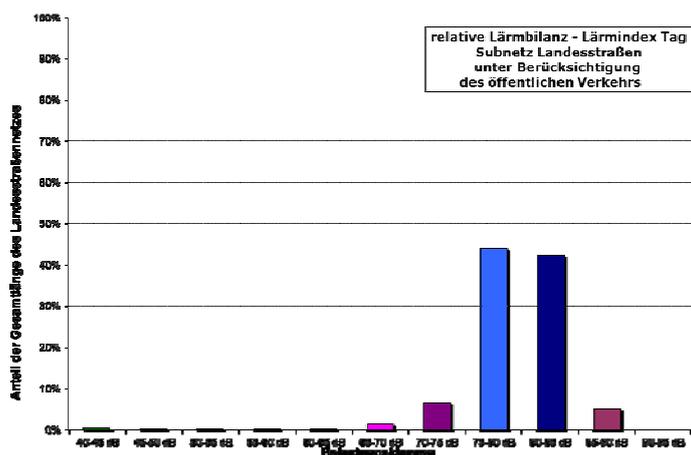


Abbildung 8.9: Lärmbilanz (Schallemissionen) Landesstraßen Zeitraum Tag

Auch hier werden durch die hohe Verkehrsbelastung hohe Emissionsschallpegel erreicht. Der Großteil des Landesstraßennetzes, rund 86%, fällt im Beurteilungszeitraum Tag in die Belastungsklassen zwischen 75 und 85 dB.

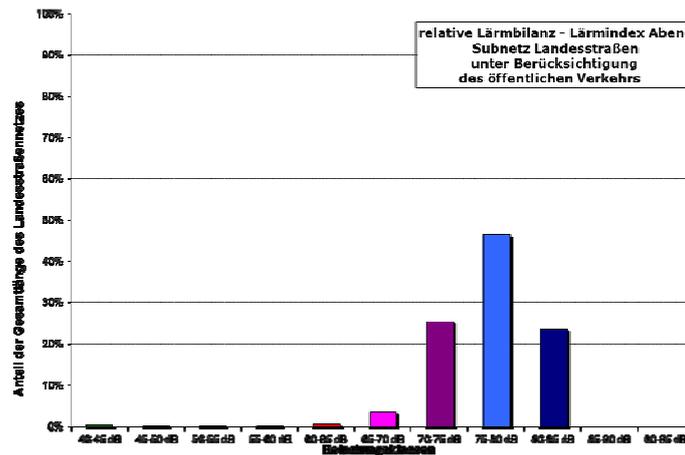


Abbildung 8.10: Lärmbilanz (Schallemissionen) Landesstraßen Zeitraum Abend

Während des Abends und in der Nacht sinkt die Verkehrsbelastung soweit, dass zwischen 22:00 und 06:00 Uhr Emissionsschallpegel von mehr als 80 dB nicht erreicht werden (Abb. 8.11)

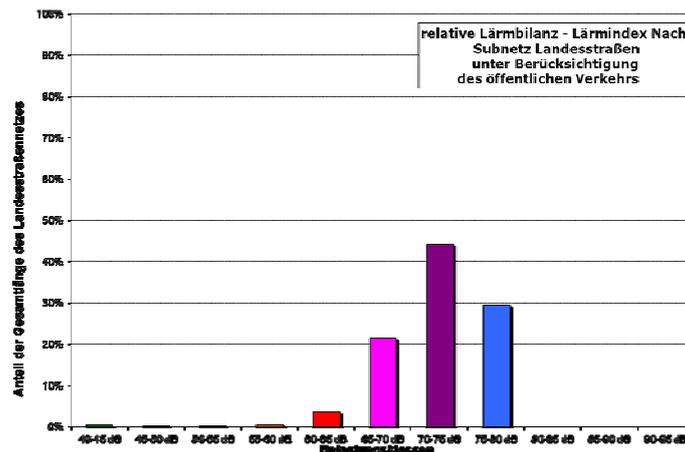


Abbildung 8.11: Lärmbilanz (Schallemissionen) Landesstraßen Zeitraum Nacht

Die Abbildung der relativen Lärmbilanz Tag-Abend-Nacht zeigt zwar in der Belastungsklasse 80-85 dB eine Spitze, verläuft aber im Vergleich zu den Autobahnen schon weitaus flacher (Abb.8.12).

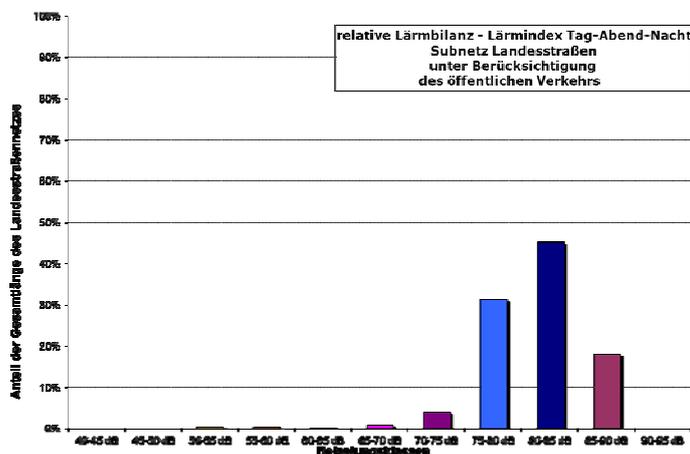


Abbildung 8.12: Lärmbilanz (Schallemissionen) Landesstraßen Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.2.3 Subnetz Gemeindestraßen

Das Gemeindestraßennetz der Stadt Graz umfasst rund 1044 km und hat damit einen Anteil von etwa 81 % des Gesamtnetzes. Die Verkehrsbelastungen unterscheiden sich dabei erheblich. Folglich zeigen die Auswertungen eine hohe Streuung der Ergebnisse.

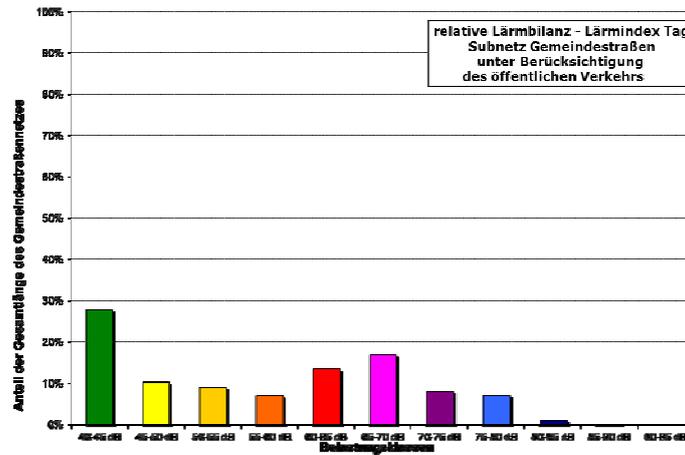


Abbildung 8.13: Lärmbilanz (Schallemissionen) Gemeindestraßen Zeitraum Tag

Deutlich mehr als die Hälfte der Gemeindestraßennetzlängen fällt unter die Belastungsklassen mit Schallemissionen von weniger als 60 dB während des Tages (Abb.8.3).

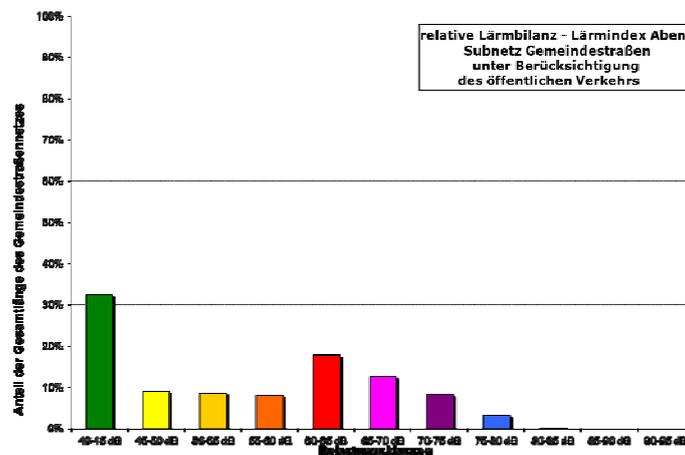


Abbildung 8.14: Lärmbilanz (Schallemissionen) Gemeindestraßen Zeitraum Abend

Am Abend weisen nur mehr 10 % der Abschnitte einen Emissions-schallpegel von über 70 dB auf (Abb.8.14).

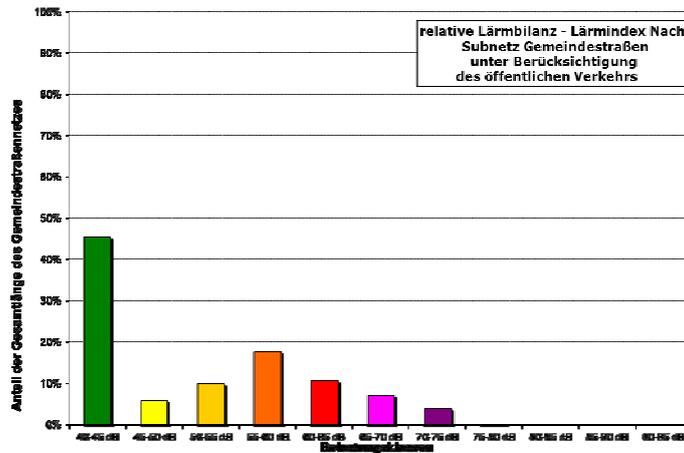


Abbildung 8.15: Lärmbilanz (Schallemissionen) Gemeindefraßen Zeitraum Nacht

Während der Nachtstunden werden noch auf rund einem Fünftel des Gemeindefraßennetzes Emissionsschallpegel von über 60 dB erreicht. Wie schon in der Analyse der Gesamtbilanzen festgehalten, werden bei der Auswertung nach dem Lärmindex Tag-Abend-Nacht nur Emissionen über 50 dB errechnet.

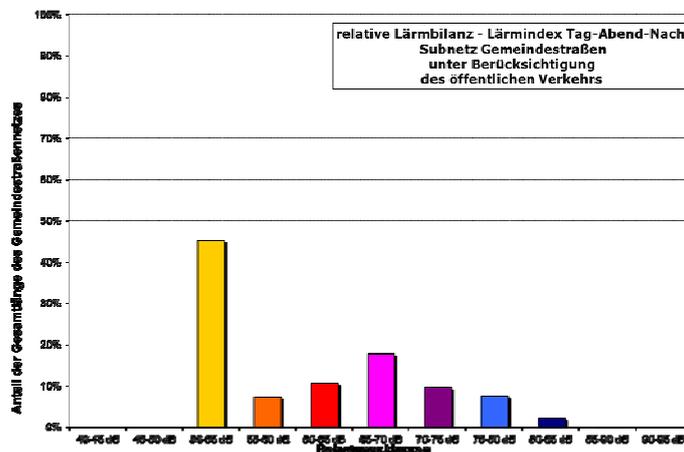


Abbildung 8.16: Lärmbilanz (Schallemissionen) auf Gemeindefraßen Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.2.4 Subnetz Straßenbahn- und Bustrassen

Das Subnetz der Straßenbahn- und Bustrassen umfasst nur rund 1 % des gesamten Straßennetzes. Die insgesamt 12,2 km langen Abschnitte setzen sich aus den eigenständigen Gleiskörpern, Bus- und Tramschleifen zusammen.

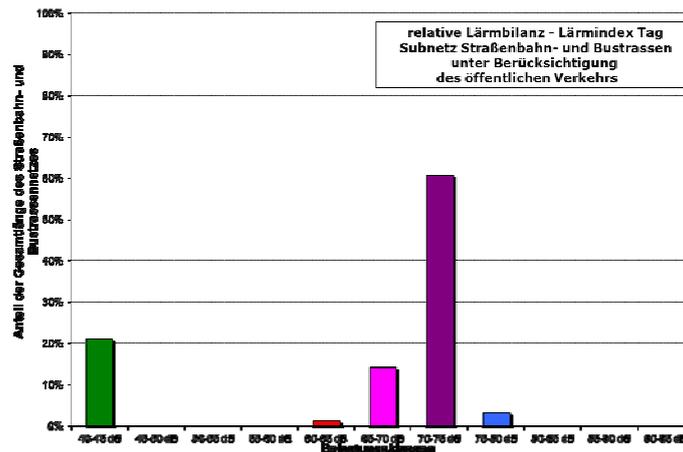


Abbildung 8.17: Lärmbilanz (Schallemissionen) Straßenbahn-Bustrassen Zeitraum Tag

Die Auswertung des Zeitraumes Tag zeigt eine Spitze bei 70-75 dB. Schleifen und Streckenteile, die im Regelbetrieb nur geringe Verkehrsbelastung vorweisen, erklären den hohen Anteil an geringer Schallemission.

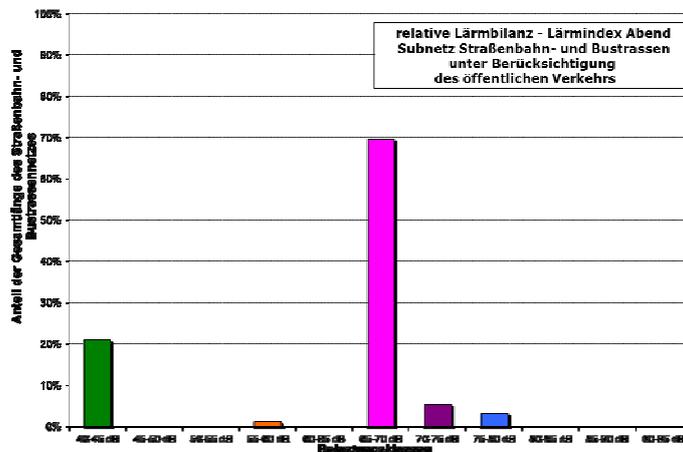


Abbildung 8.18: Lärmbilanz (Schallemissionen) Straßenbahn- und Bustrassen Zeitraum Abend

Ein ähnliches Bild zeigt sich während der Abend- und Nachtstunden, jedoch sinkt der Emissionsschallpegel.

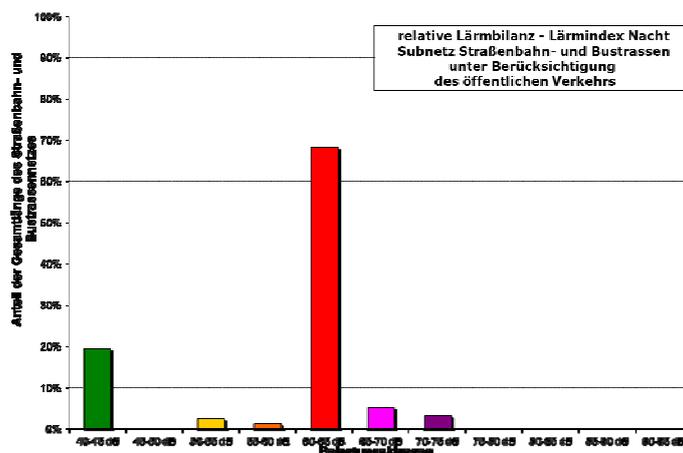


Abbildung 8.19: Lärmbilanz (Schallemissionen) Straßenbahn- und Bustrassen Zeitraum Nacht

Für den Beurteilungs-Lärmindex Tag-Abend-Nacht werden für Straßenbahn- und Bustrassen nur Belastungen größer als 50 dB berechnet.

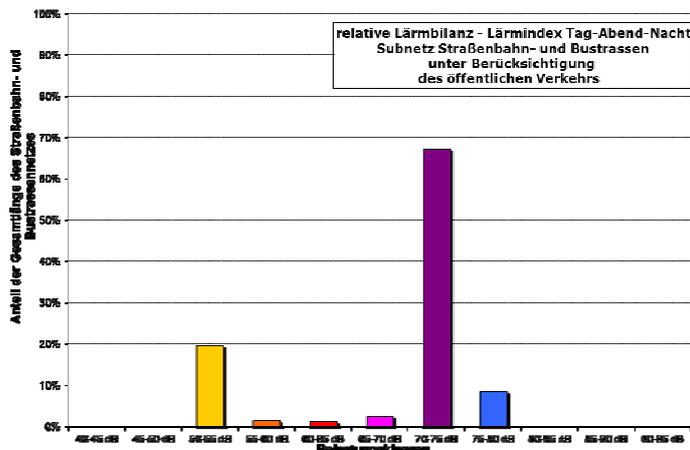


Abbildung 8.20: Lärmbilanz (Schallemissionen) Straßenbahn- Bustrassen Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.2.5 Subnetz Sonstige Wege

Zum Subnetz der sonstigen Straßen und Wege zählen zumeist untergeordnete Wege, Privatstraßen und dergleichen. Außerdem befinden sich darin Abschnitte, die bei der Erstellung des Verkehrsnetzes der GIP keinem Subnetz direkt zugeordnet wurden. Daher enthält die Abbildung der Lärmindizes auch Ergebnisse in fast allen Belastungsklassen.

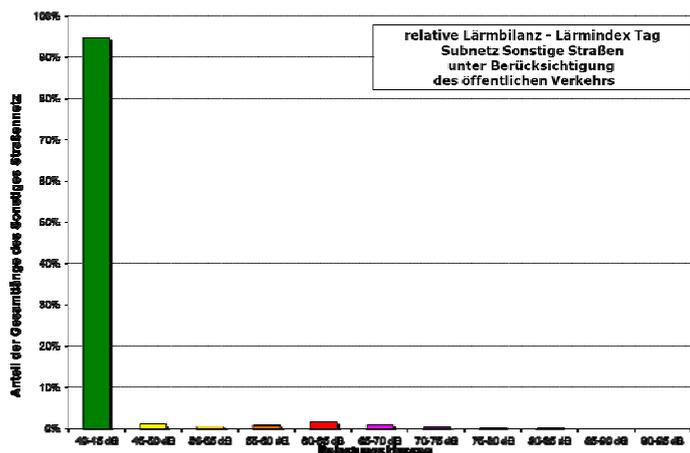


Abbildung 8.21: Lärmbilanz (Schallemissionen) Sonstige Straßen Zeitraum Tag

Sieht man von den nicht zuordenbaren Abschnitten ab, ist deutlich erkennbar, dass auf diesen Straßen kein relevanter Verkehr abgewickelt wird. Die Lärmbelastung ist daher gering.

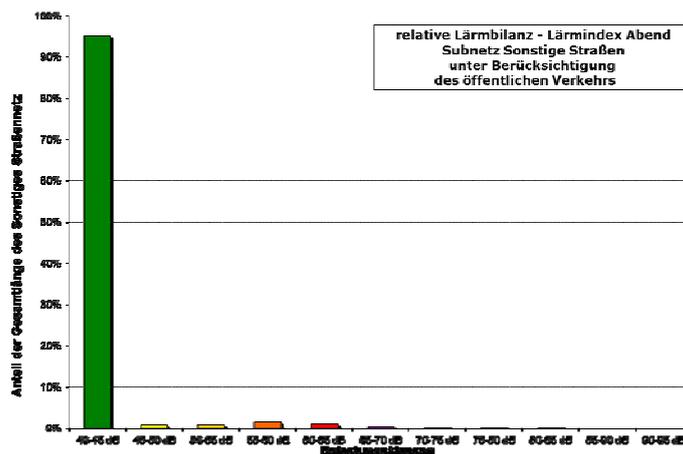


Abbildung 8.22: Lärmbilanz (Schallemissionen) Sonstige Straßen Zeitraum Abend

Die Abbildungen der Zeiträume Abend und Nacht werden zur Vollständigkeit dargestellt.

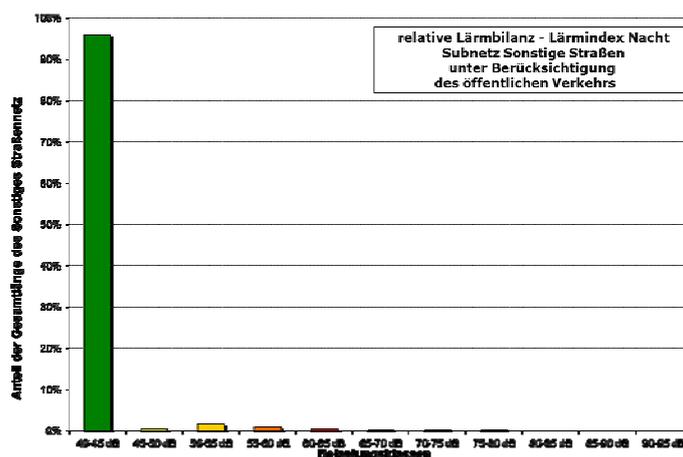


Abbildung 8.23: Lärmbilanz (Schallemissionen) Sonstige Straßen Zeitraum Nacht

Am folgend dargestellten Ergebnis (Abb. 8.24) erklärt sich am besten, warum in den Bilanzen Tag-Abend-Nacht nur Belastungen größer als 50 dB errechnet werden. Der Grund liegt darin, dass beim Emissionspegel des Lärmindex Tag-Abend-Nacht für den Abend- bzw. den Nachtzeitraum, laut Berechnungsvorschrift, 5 bzw. 10 dB dazuge-rechnet werden.

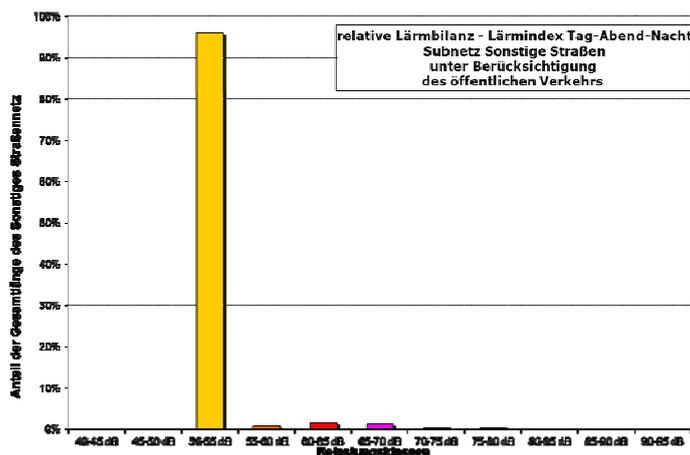


Abbildung 8.24: Lärmbilanz (Schallemissionen) Sonstige Straßen Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.3 Lärmbilanzen nach dem Ganglinientyp

Wie in Kapitel 5 beschrieben, wurden die Ganglinientypzuweisungen ergänzt bzw. aktualisiert. Nachfolgend sollen die Ergebnisse des Verkehrslärmkatasters auch nach dem Ganglinientyp dargestellt werden.

8.3.1 Radialstraße Typ P – Typ 1

Rund 20,6 km des Grazer Straßennetzes wurde der Ganglinientyp 1 zugeordnet. Die relative Lärmbilanz zeigt, dass auf den Radialstraßen des Typs P unterschiedliche tägliche Verkehrsstärken auftreten. Der Großteil der Lärmemissionen, umgerechnet 99 %, beschränkt sich auf die Belastungsklassen 75-90 dB.

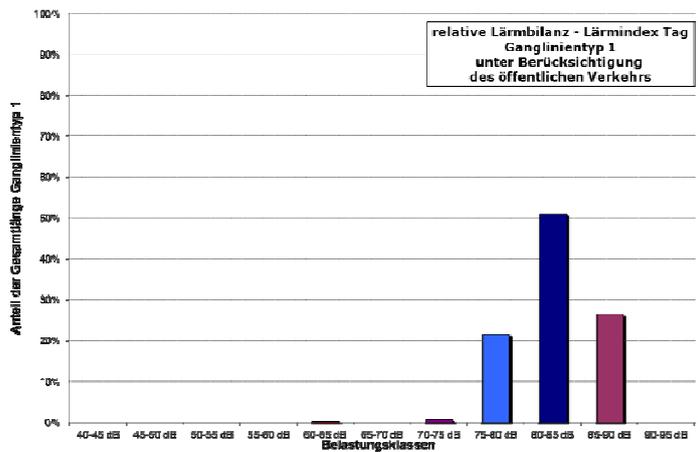


Abbildung 8.25: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 1 Zeitraum Tag

Wie schon bei der Unterscheidung nach dem Subnetz schlägt sich die geringere Verkehrsbelastung in den Abend- und Nachtstunden auf die Ergebnisse der Lärmemissionen nieder.

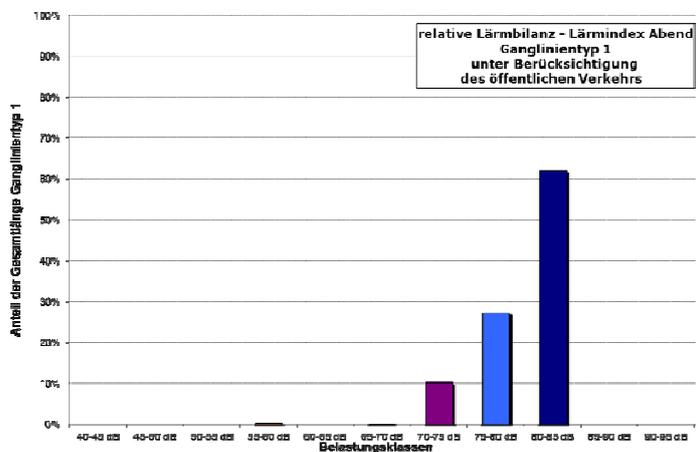


Abbildung 8.26: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 1 Zeitraum Abend

Zur Abendzeit treten noch bei etwa 62 % des Netzes mit dem Ganglinientyp 1 Emissionsschallpegel von 80-85 dB auf. Zwischen 22:00 und 06:00 Uhr rutschen diese Abschnitte eine Belastungsklasse tiefer.

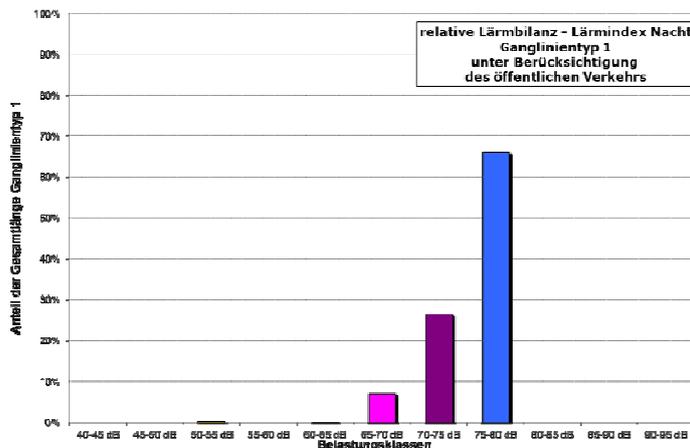


Abbildung 8.27: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 1 Zeitraum Nacht

Vergleicht man folgende Abbildung 8.28 mit den Darstellungen für andere Ganglinientypen, erkennt man, dass Radialstraßen, die hauptsächlich vom Pendlerverkehr beeinflusst werden, über die höchsten Schallemissionen verfügen.

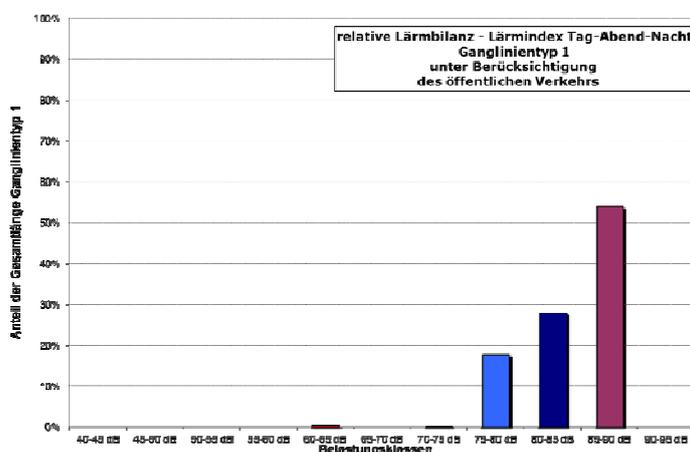


Abbildung 8.28: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 1 Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.3.2 Radialstraße Typ E – Typ 2

Jene Radialstraßen, deren Ganglinie größtenteils vom Erledigungsverkehr beeinflusst wird, nehmen einen ähnlichen Anteil an der Gesamtstraßenlänge, wie die Straßen mit dem Ganglinientyp 2 ein.

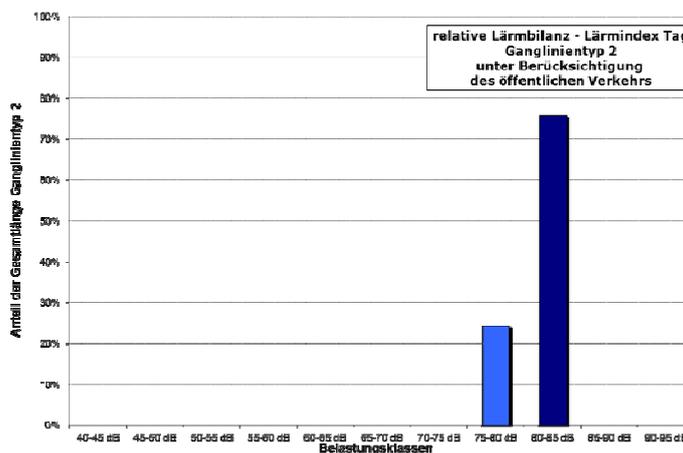


Abbildung 8.29: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 2 Zeitraum Tag

Bedingt durch die geringere Verkehrsbelastung auf diesen Straßenzügen, werden auch kleinere Emissionsschallpegel erreicht.

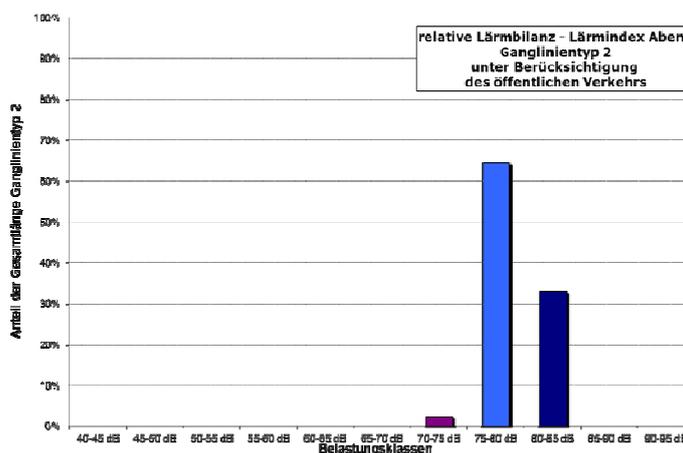


Abbildung 8.30: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 2 Zeitraum Abend

Der Verkehr nimmt in den Nachtstunden soweit ab, dass Emissionen, verursacht durch den Straßenverkehr, nur mehr unter 80 dB auftreten.

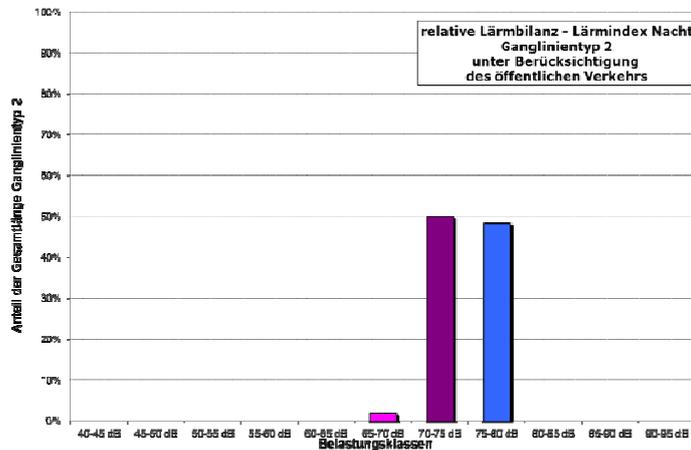


Abbildung 8.31: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 2 Zeitraum Nacht

Die Berechnung des Lärmindex Tag-Abend-Nacht ergibt eine etwas geringere Belastung als bei Radialstraßen des Typs 1.

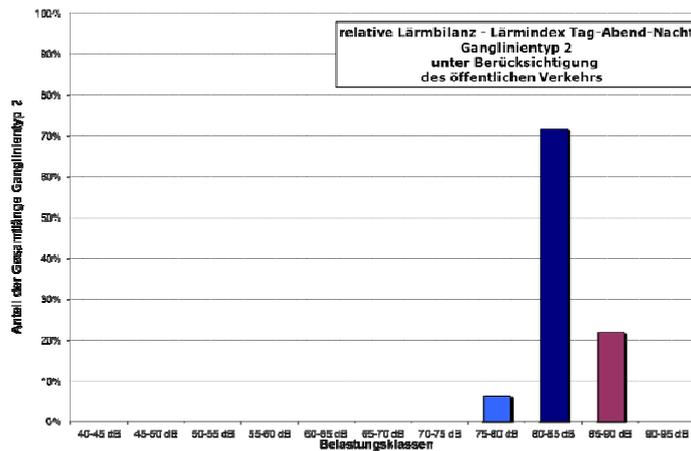


Abbildung 8.32: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 2 Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.3.3 Gürtelstraße Typ P – Typ 3

Der Anteil der typischen Gürtelstraßen des Typs P am Gesamtstraßennetz ist sehr gering und beträgt nur rund einen halben Prozent. Zu den Gürtelstraßen dieses Typs zählen zum Beispiel der Grabengürtel, Teile der Glacis-, Park- und Grabenstraße, sowie der Bergmannsgasse.

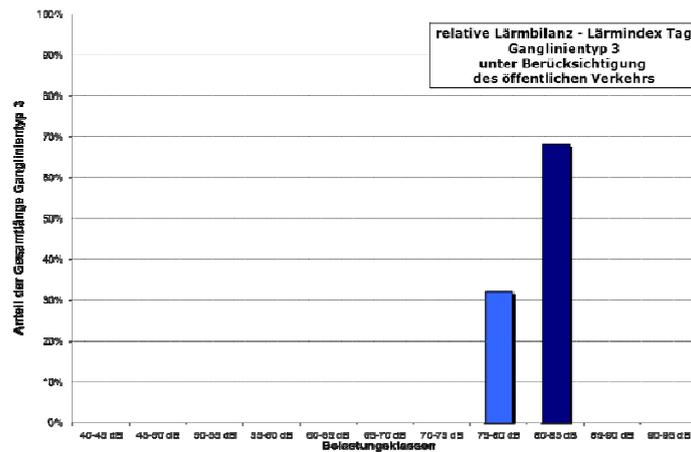


Abbildung 8.33: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 3 Zeitraum Tag

Durch die hohen Verkehrsbelastungen auf diesen Straßenabschnitten werden dementsprechend hohe Lärmemissionen zwischen 75 und 85dB erreicht.

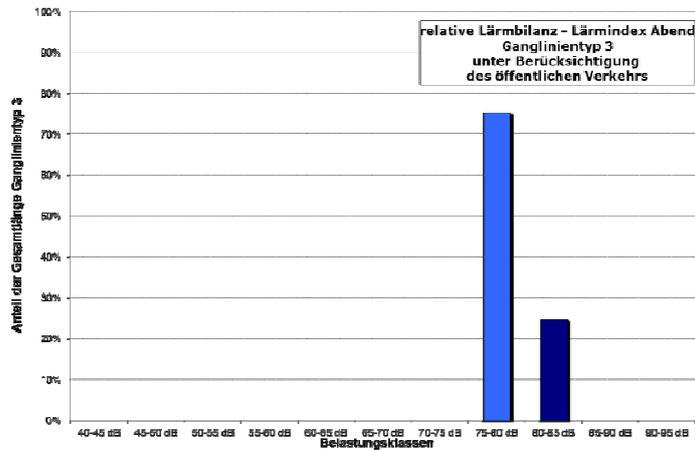


Abbildung 8.34: : Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 3 Zeitraum Abend

Überwiegt im Zeitraum Tag noch der Anteil der Lärmemissionen über 80 dB, werden zur Abend- und Nachtzeit durch geringere Verkehrsbelastungen deutlich geringere Schallemissionen erreicht.

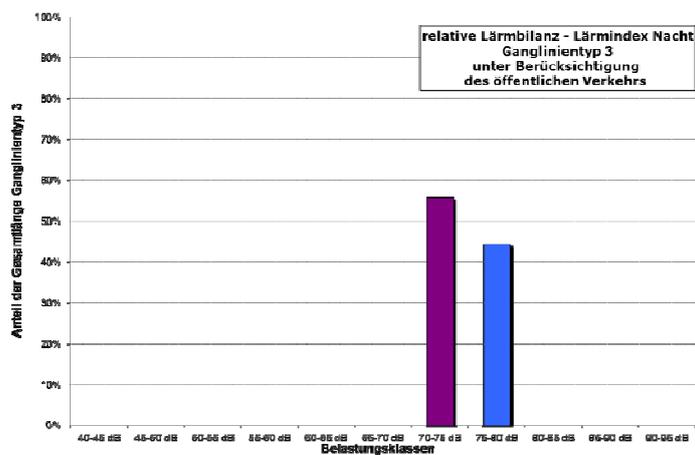


Abbildung 8.35: : Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 3 Zeitraum Nacht

Die Ergebnisse des Lärmindex Tag-Abend-Nacht werden in nachfolgender Abbildung 8.36 dargestellt.

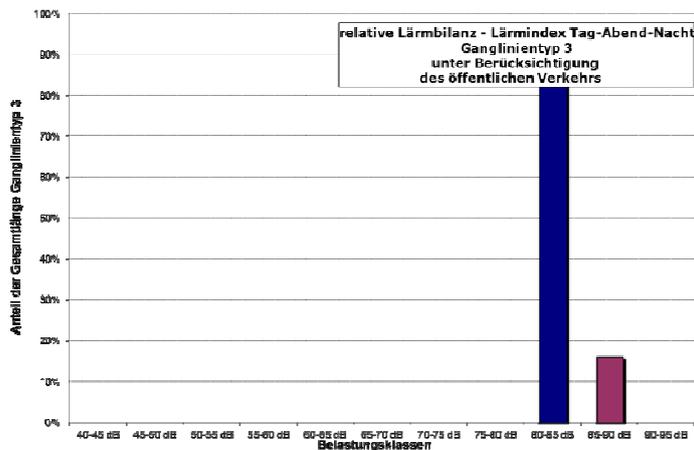


Abbildung 8.36: : Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 3 Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.3.4 Gürtelstraße Typ E – Typ 4

Unter die Gürtelstraßen des Typs E fallen unter anderem Straßenabschnitte des Bahnhofsgürtels. Als einer der höchst belastetsten Straßen der Stadt Graz errechnen sich für diesen Abschnitt hohe Lärmemissionen von 80 bis 90dB.

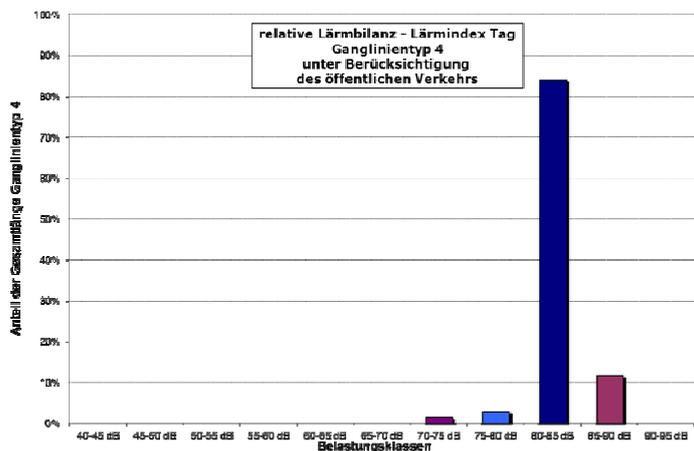


Abbildung 8.37: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 4 Zeitraum Tag

Erst am Abend (Abb. 8.38) und in der Nacht (Abb. 8.39) werden die Lärmemissionen durch die Abnahme der Verkehrsbelastungen geringer.

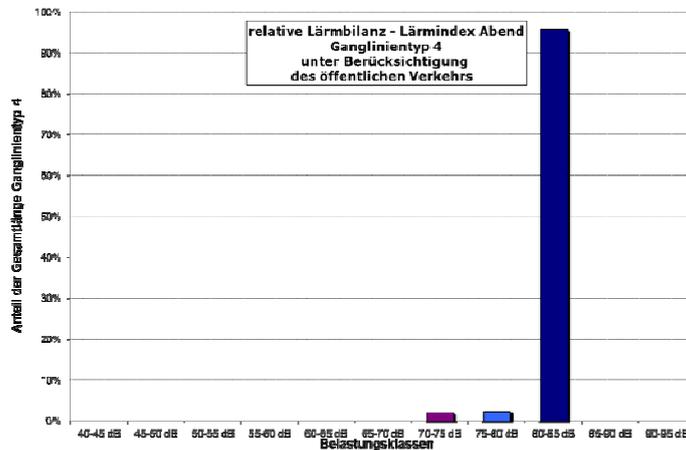


Abbildung 8.38: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 4 Zeitraum Abend

In der Nacht werden bei noch immer hohen Verkehrsstärken hauptsächlich Emissionen zwischen 75-80 dB erreicht.

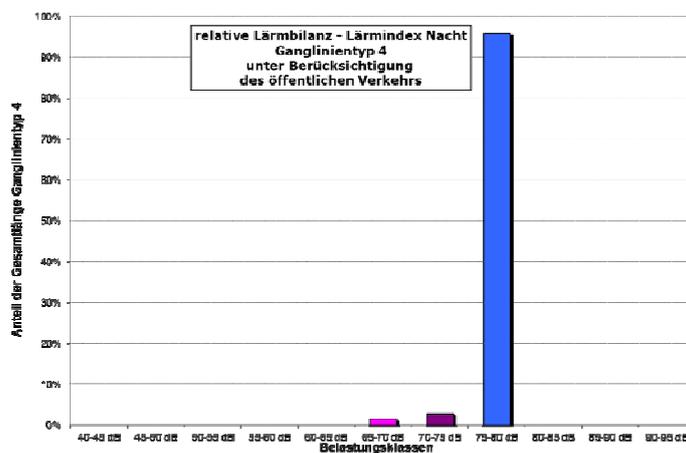


Abbildung 8.39: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 4 Zeitraum Nacht

Durch die Erhöhung des Anteils der Abend- und der Nachtemissionen fallen fast alle Abschnitte beim Lärmindex Tag-Abend-Nacht in die Belastungsklasse 85-90 dB.

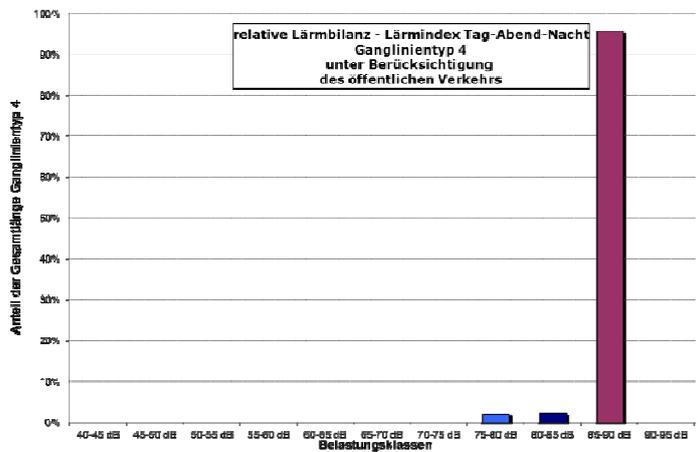


Abbildung 8.40: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 4 Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.3.5 Zufahrten Typ Z – Typ 5

Die Grazer Zufahrten erstrecken sich über das ganze Stadtgebiet. Mit 7,5 % Anteil und einer Länge von knapp 100 km decken sie auch einen nicht zu vernachlässigenden Teil des Netzes ab.

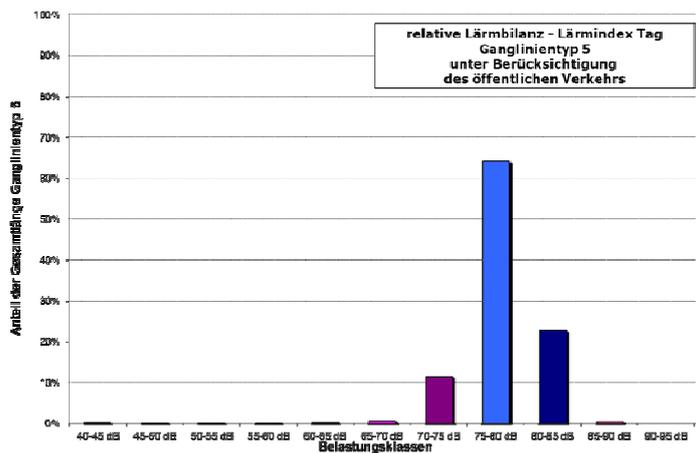


Abbildung 8.41: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 5 Zeitraum Tag

Durch wenig bis stark belastete Straßen gibt es Anteile in fast allen Belastungsklassen.

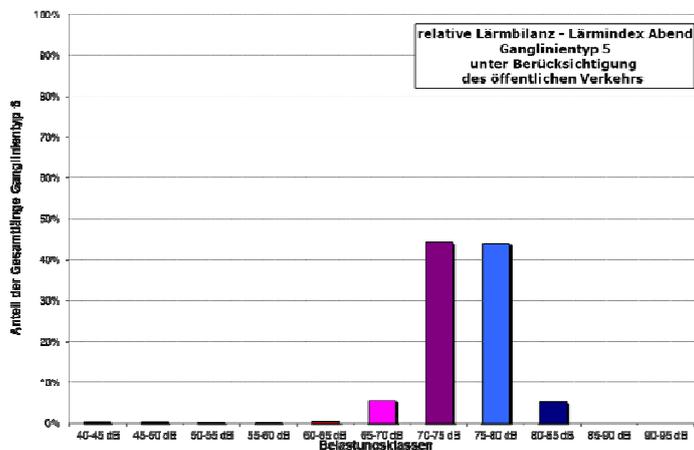


Abbildung 8.42: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 5 Zeitraum Abend

Rund an der Hälfte der Weglängen treten in den Abendstunden Lärmemissionen knapp unter bzw. über 75 dB auf.

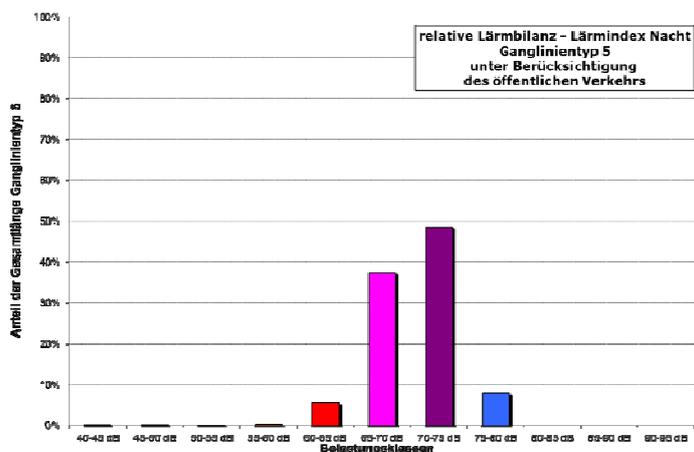


Abbildung 8.43: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 5 Zeitraum Nacht

Zu den Zufahrtstraßen zählen unter anderen die Alte Poststraße, die Waltendorfer Hauptstraße, die Ragnitzstraße, die Ries-, Stiftingtal- und Mariatroster Straße, die Stattegger- oder auch die Thalstraße.

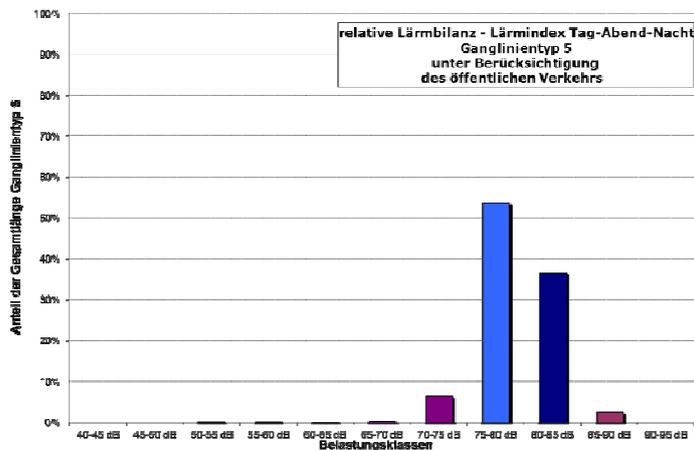


Abbildung 8.44: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 5 Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.3.6 Innerstädtische Straßen Typ I – Typ 6

Neben dem Opern- und dem Joanneumring sind auch andere innerstädtische Straßenzüge diesem Ganglinientyp zugeordnet.

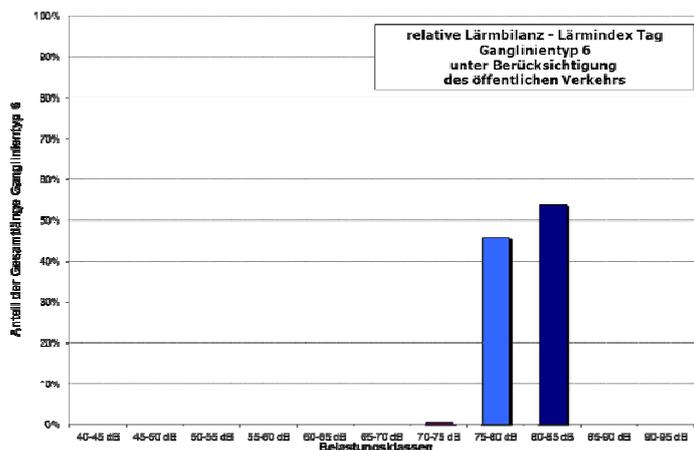


Abbildung 8.45: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 6 Zeitraum Tag

Die betreffenden Straßenabschnitte weisen ähnliche Verkehrsbelastungen auf. Außerdem beträgt die verordnete Geschwindigkeit in allen Fällen 50km/h.

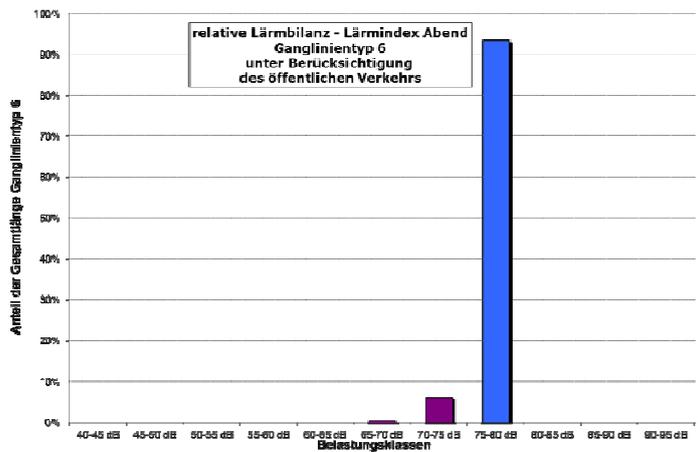


Abbildung 8.46: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 6 Zeitraum Abend

Insgesamt veranschaulichen die Abbildungen Ergebnisse von 3,8 km Straße.

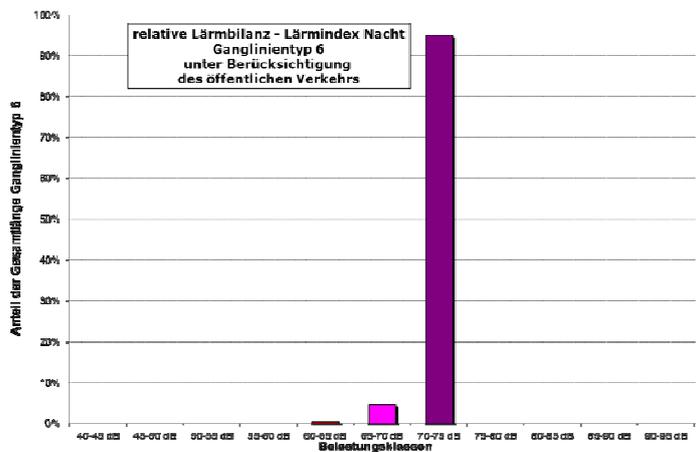


Abbildung 8.47: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 6 Zeitraum Nacht

In der nachfolgenden Abbildung 8.48 ist wieder deutlich der Einfluss der Erhöhung der Abend- und Nachtemissionen, bei der Berechnung des Lärmindex Tag-Abend-Nacht zu erkennen.

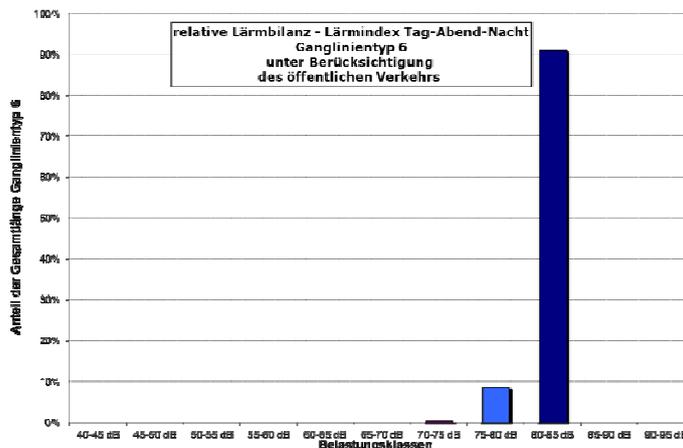


Abbildung 8.48: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 6 Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.3.7 Standardganglinie Typ S – Typ 7

Da bei nicht eindeutiger Möglichkeit der Ganglinientypzuweisung der Typ S verwendet wird, zeigen die Ergebnisse eine weite Streuung der Lärmbelastungen.

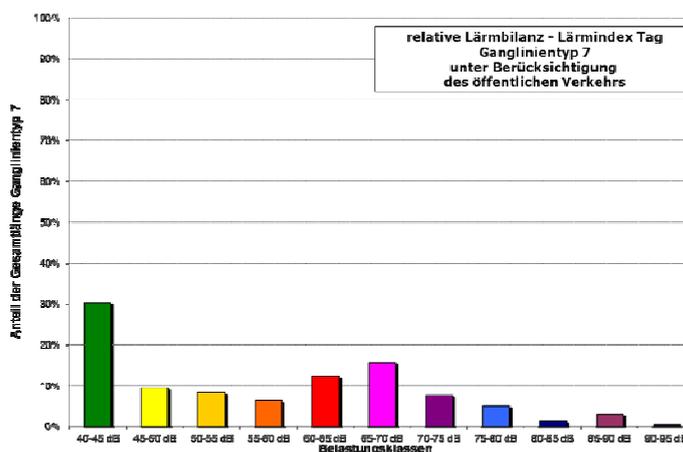


Abbildung 8.49: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 7 Zeitraum Tag

Der Anteil der stark belasteten Straßen ist nur deshalb so hoch, da die Autobahnabschnitte keinem eigenen Typ zugeordnet sind.

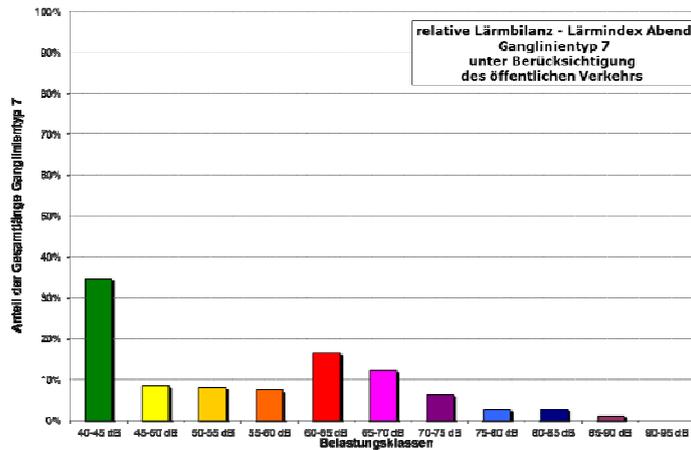


Abbildung 8.50: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 7 Zeitraum Abend

Von den Tag- zu den Abendstunden steigt der Anteil geringer Lärmbelastung von 30 auf 47 %.

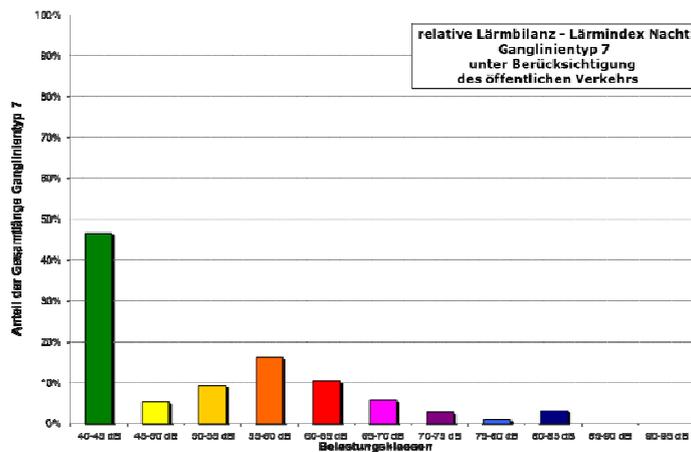


Abbildung 8.51: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 7 Zeitraum Nacht

Die relative Lärmbilanz und die Erkenntnisse für den Zeitraum Tag-Abend-Nacht sind nachfolgend abgebildet.

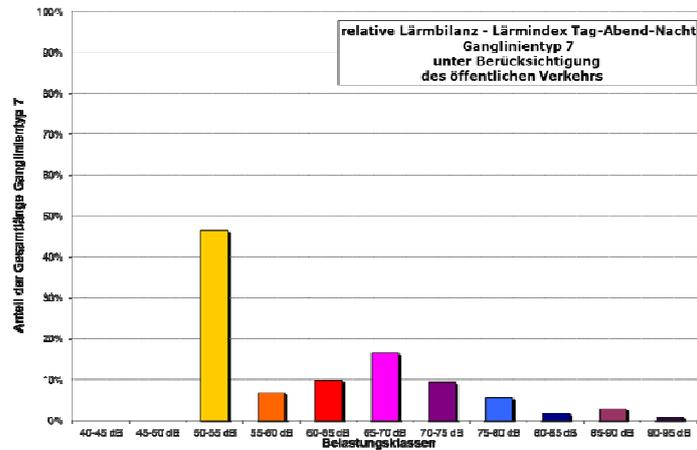


Abbildung 8.52: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 7 Zeitraum Tag-Abend-Nacht

8.4 Reihung der höchsten Lärmemissionen

Zur Reihung der Lärmemissionen werden einzelne Abschnitte zusammengefasst dargestellt. Wie schon im Kapitel zuvor weisen die Autobahnen die höchsten Emissionen, verursacht durch den Straßenverkehr, auf.

Rang	Name	Belag	Ganglinientyp	V [km/h]	Kfz/24h	Lärmindex Tag-Abend- Nacht	Lärmindex Tag	Lärmindex Nacht	Lärmindex Abend
1	A2 westlich Knoten Graz Ost	A	Typ 7	130	34200	92,8	90,8	88,6	84,5
2	A2 östlich Knoten Graz Ost	A	Typ 7	130	28700	92,0	90,1	87,9	83,8
3	A9 südlich Knoten Gratkorn Süd	A	Typ 7	100	32800	90,8	88,9	86,7	82,6
4	A9 nördlich Knoten Seiersberg	A	Typ 7	100	30900	90,7	88,7	86,5	82,4
5	A2 Zubringer Höhe Abfahrt Puckwerk	A	Typ 7	100	30000	90,3	88,4	86,2	82,1
6	Wiener Straße nördlich Kreuzung mit Kalvariengürtel	A	Typ 1	60	35800	88,1	86,2	83,9	79,9
7	Judendorfer Straße auf Höhe Shopping Nord	A	Typ 1	100	15600	87,8	85,9	83,7	79,6
8	Wiener Straße auf Höhe Shopping Nord	A	Typ 1	60	39500	87,6	85,7	83,4	79,3
9	Weblinger Gürtel auf Höhe IKEA	A	Typ 5	60	33400	87,4	85,4	83,2	79,2
10	Eggenberger Gürtel nördlich Kreuzung mit Kärntnerstraße	A	Typ 4	50	45500	87,2	85,3	83,1	79,0
11	Bahnhofgürtel nördlich des Hauptbahnhofes	A	Typ 4	60	26300	87,2	85,3	83,0	79,0
12	Wiener Straße in Richtung Gratkorn Höhe Trainingszentrum	A	Typ 1	70	24400	87,2	85,3	83,0	78,9

Abbildung 8.53: Reihung höchster Lärmemissionen

Westlich und östlich des Knotens Graz-Ost treten tägliche Verkehrsstärken zwischen 28.700 und 34.200 Kfz/h je Richtungsfahrbahn auf. Durch die erlaubte Geschwindigkeit von teilweise 130 km/h errechnet sich nach den Richtlinien und Vorschriften ein Lärmindex Tag von 90,1 bis 90,8 dB.

Die Ränge drei bis fünf belegen ebenfalls Autobahnabschnitte, die stark belastet sind. Jedoch weisen sie eine geringere Verkehrsstärke als die Wienerstraße nördlich der Kreuzung mit dem Kalvariengürtel

auf. Der Unterschied ergibt sich durch die verordnete Geschwindigkeit von 100km/h gegenüber 50km/h für das städtische Straßennetz.

Als höchst belastete Straße (der in der Abbildung dargestellten Abschnitte) errechnet sich für den Abschnitt des Eggenberggürtels - Lazarettgürtels, nördlich der Kreuzung mit der Kärntnerstraße, ein Lärmindex Tag von 87,2 dB.

Diese Erkenntnisse verdeutlichen den Einfluss der Geschwindigkeit auf die Lärmemissionen des Straßenverkehrs.

9 Zusammenfassung

Im Jahr 1994 wurde für das Stadtgebiet von Graz ein Lärmkataster-Verkehrslärm erstellt, der erstmals Verkehrsbelastungen aus einem Verkehrsmodell als Datengrundlage verwendete. In den nächsten Jahren wurde mehrmals eine Aktualisierung vorgenommen. Das Streckennetz wurde immer detaillierter, im Lärmkataster 2000 wurde zusätzlich zu den Strecken des Verkehrsmodells auch das untergeordnete Straßennetz mit den Verkehrsbelastungen aus dem Erschließungsverkehr entsprechend der Einwohnerdaten 2000 aufgenommen. Zur Kalibrierung des Verkehrsmodells stand für den Pkw-Verkehr jeweils eine aktuelle Matrix der Verkehrsbeziehungen zur Verfügung, die Datengrundlage für den Schwerverkehr wurde durch die Fortschreibung und Hochrechnung über einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren immer unschärfer.

Für den Verkehrslärmkataster Graz 2011 liegt nun eine stark veränderte Datengrundlage vor. In den Jahren 2009 und 2010 wurden jeweils an Kreuzungen die Lenker von Schwerfahrzeugen über die Quell-Ziel-Beziehungen befragt. Damit war eine Verbesserung der Quell-Ziel-Matrix des Schwerverkehrs in Graz möglich. Die Schallemissionen der Straßenbahnen konnten aus aktuellen Messungen am derzeit im Einsatz befindlichen Fuhrpark übernommen werden. Schließlich bieten die im Vermessungsamt der Stadt Graz aktuell verwendeten Geo-Informationen-Systeme die Möglichkeit, ein mit der österreichweiten Graphen-Integrations-Plattform GIP kompatibles Wegenetz (rund 12.600 Streckenabschnitte für das Stadtgebiet von Graz) als Datengrundlage für den Verkehrslärmkataster zu verwenden. Als Berechnungsvorschrift findet das Verfahren nach der RVS 04.02.11 mit den aktualisierten Emissionswerten in Abhängigkeit von der Fahrbahndecke Verwendung.

Diese Änderungen der Datengrundlagen führen dazu, dass ein direkter Vergleich der Emissionsdaten mit den vorhergehenden Lärmkatastern nur mehr sehr eingeschränkt möglich ist.

Die Fortschreibung und Dokumentation von Zeitreihen startet damit mit dem Verkehrslärmkataster 2011 neu.

Die Lärmemissionen liegen in einer Datenbank für jeden einzelnen Streckenabschnitt vor. Dabei werden die Lärmemissionen getrennt nach den Zeitabschnitten Tag, Abend und Nacht sowie als Lärmindex L_{den} für den gesamten Tag dokumentiert. Die Lärmemissionen werden

für den Kfz-Verkehr (IV und ÖV) und den Straßenbahnverkehr getrennt ermittelt, in den Tabellen sind die Werte auch als Summe dokumentiert.

Die statistischen Auswertungen erfolgen für Klassen in 5dB-Schritten. Sie zeigen die Anteile der Straßenabschnitte mit der jeweiligen Lärmemissionsklasse.

Die Auswertungen erfolgen einerseits für das gesamte Straßennetz und andererseits unterteilt nach den einzelnen Straßenkategorien, sowie nach den Ganglinientypen. Diese Unterteilung bildet eine detaillierte Grundlage für die künftige Fortschreibung.

Diese fortlaufende Verfolgung der Entwicklung der Lärmemissionen bildet eine wichtige Information für die Aufgaben der Reduktion der Lärmbelastungen und dient als Erfolgskontrolle der Arbeiten.

Der Verkehrslärmkataster Graz 2011 bildet eine wichtige Datengrundlage einerseits für die Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie und andererseits für die Darstellung der Verkehrslärmbelastung im gesamten Stadtgebiet.

Graz, Dezember 2011

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Übersicht Stadtgebiet Graz [2]	7
Abbildung 3.1: Lärmstörung am Tag und/oder in der Nacht [3]	8
Abbildung 3.2: Vergleich der Lärmstörung [3]	9
Abbildung 3.3: Vergleich der Lärmquellen [3]	10
Abbildung 3.4: Verteilung der Lärmquellen als Störwirkung [3]	10
Abbildung 4.1: Längenbezogener Schalleistungspegel [5]	12
Abbildung 4.2: Überblick Grazer Straßennetz [2]	15
Abbildung 4.3: Überblick Grazer Straßenbahnnetz [2]	17
Abbildung 4.4: Überblick Grazer Busnetz [2]	18
Abbildung 4.5: Anteil lärmarter LKW [8]	19
Abbildung 4.6: Prozentuelle Veränderung der Einwohner je Zählsprengel [9]	19
Abbildung 4.7: Modal Split Graz 2008 [11]	21
Abbildung 5.1: Übersicht Kreuzungen [12]	22
Abbildung 5.2: Standardganglinie für Radialstraßen Typ P [12]	25
Abbildung 5.3: Übersicht Ganglinientypen [2]	31
Abbildung 6.1: Aufbau des Rechenprogramms	33
Abbildung 8.1: Gesamtlärmbilanz (Schallemissionen) Zeitraum Tag,	53
Abbildung 8.2: Gesamtlärmbilanz (Schallemissionen) Zeitraum Abend	53
Abbildung 8.3: Gesamtlärmbilanz (Schallemissionen) Zeitraum Nacht	54
Abbildung 8.4: Gesamtlärmbilanz (Schallemissionen) Zeitraum Tag-Abend-Nacht	54
Abbildung 8.5: Lärmbilanz (Schallemissionen) Autobahnen - Zeitraum Tag	55
Abbildung 8.6: Lärmbilanz (Schallemissionen) Autobahnen - Zeitraum Abend	56
Abbildung 8.7: Lärmbilanz (Schallemissionen) Autobahnen - Zeitraum Nacht	56
Abbildung 8.8: Lärmbilanz (Schallemissionen) Autobahnen - Zeitraum Tag-Abend-Nacht	57
Abbildung 8.9: Lärmbilanz (Schallemissionen) Landesstraßen Zeitraum Tag	57

Abbildung 8.10: Lärmbilanz (Schallemissionen) Landesstraßen Zeitraum Abend	58
Abbildung 8.11: Lärmbilanz (Schallemissionen) Landesstraßen Zeitraum Nacht	58
Abbildung 8.12: Lärmbilanz (Schallemissionen) Landesstraßen Zeitraum Tag-Abend-Nacht	59
Abbildung 8.13: Lärmbilanz (Schallemissionen) Gemeindestraßen Zeitraum Tag	60
Abbildung 8.14: Lärmbilanz (Schallemissionen) Gemeindestraßen Zeitraum Abend ..	60
Abbildung 8.15: Lärmbilanz (Schallemissionen) Gemeindestraßen Zeitraum Nacht ...	61
Abbildung 8.16: Lärmbilanz (Schallemissionen) auf Gemeindestraßen Zeitraum Tag-Abend-Nacht	61
Abbildung 8.17: Lärmbilanz (Schallemissionen) Straßenbahn- Bustrassen Zeitraum Tag	62
Abbildung 8.18: Lärmbilanz (Schallemissionen) Straßenbahn- Bustrassen Zeitraum Abend	63
Abbildung 8.19: Lärmbilanz (Schallemissionen) Straßenbahn- Bustrassen Zeitraum Nacht	63
Abbildung 8.20: Lärmbilanz (Schallemissionen) Straßenbahn- Bustrassen Zeitraum Tag-Abend-Nacht	64
Abbildung 8.21: Lärmbilanz (Schallemissionen) Sonstige Straßen Zeitraum Tag	64
Abbildung 8.22: Lärmbilanz (Schallemissionen) Sonstige Straßen Zeitraum Abend ...	65
Abbildung 8.23: Lärmbilanz (Schallemissionen) Sonstige Straßen Zeitraum Nacht ...	65
Abbildung 8.24: Lärmbilanz (Schallemissionen) Sonstige Straßen Zeitraum Tag-Abend-Nacht	66
Abbildung 8.25: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 1 Zeitraum Tag	67
Abbildung 8.26: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 1 Zeitraum Abend	67
Abbildung 8.27: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 1 Zeitraum Nacht	68
Abbildung 8.28: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 1 Zeitraum Tag-Abend-Nacht	68
Abbildung 8.29: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 2 Zeitraum Tag	69
Abbildung 8.30: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 2 Zeitraum Abend	69
Abbildung 8.31: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 2 Zeitraum Nacht	70
Abbildung 8.32: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 2 Zeitraum Tag-Abend-Nacht	70

Abbildung 8.33: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 3 Zeitraum Tag	71
Abbildung 8.34: : Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 3 Zeitraum Abend ..	72
Abbildung 8.35: : Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 3 Zeitraum Nacht ...	72
Abbildung 8.36: : Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 3 Zeitraum Tag- Abend-Nacht	73
Abbildung 8.37: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 4 Zeitraum Tag	73
Abbildung 8.38: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 4 Zeitraum Abend.....	74
Abbildung 8.39: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 4 Zeitraum Nacht	74
Abbildung 8.40: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 4 Zeitraum Tag-Abend- Nacht	75
Abbildung 8.41: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 5 Zeitraum Tag	75
Abbildung 8.42: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 5 Zeitraum Abend.....	76
Abbildung 8.43: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 5 Zeitraum Nacht	76
Abbildung 8.44: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 5 Zeitraum Tag-Abend- Nacht	77
Abbildung 8.45: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 6 Zeitraum Tag	77
Abbildung 8.46: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 6 Zeitraum Abend.....	78
Abbildung 8.47: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 6 Zeitraum Nacht	78
Abbildung 8.48: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 6 Zeitraum Tag-Abend- Nacht	79
Abbildung 8.49: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 7 Zeitraum Tag	79
Abbildung 8.50: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 7 Zeitraum Abend.....	80
Abbildung 8.51: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 7 Zeitraum Nacht	80
Abbildung 8.52: Lärmbilanz (Schallemissionen) Ganglinientyp 7 Zeitraum Tag-Abend- Nacht	81
Abbildung 8.49: Reihung höchster Lärmemissionen	82

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 5.1: Ganglinientypen: Relative Tagesganglinien für MIV (Anteile des stündlichen Verkehrs am Tagesverkehr)	24
--	----

Tabelle 5.2: Bezeichnung der Ganglinientypen	30
Tabelle 7.1: Ergänzung der Attribute	45
Tabelle 7.2: Bemessungsfaktor für Verkehrslärberechnungen [4]	46
Tabelle 7.3: Richtwerte Anteil leichter und schwerer LKW [4]	47
Tabelle 7.4: Basiswerte der Fahrzeugemission [4]	47
Tabelle 7.5: Kennwerte für den Einfluss der Geschwindigkeit [4]	48
Tabelle 7.6: Kennwerte für den Einfluss der Längsneigung bei PKW [4]	48
Tabelle 7.7: Kennwerte für den Einfluss der Längsneigung bei LKW [4]	48
Tabelle 8.1: Längenbilanz nach dem Subnetz	51
Tabelle 8.2: Längenbilanz nach dem Ganglinientyp	52

12 Anhang

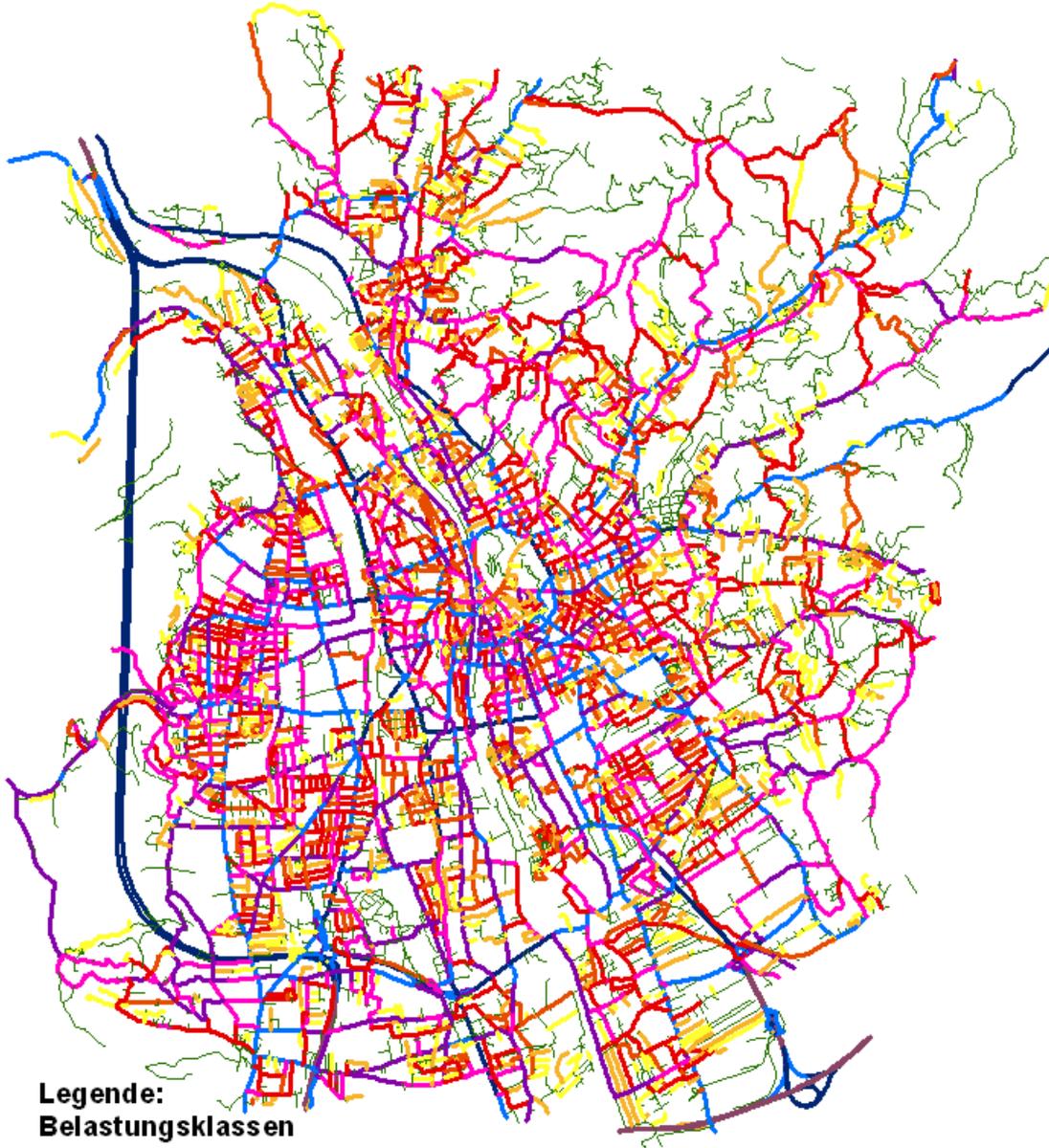
Gesamtlärmbilanz Lärminde Tag



**Legende:
Belastungsklassen**

— 40-45 dB	— 60-65 dB	— 80-85 dB
— 45-50 dB	— 65-70 dB	— 85-90 dB
— 50-55 dB	— 70-75 dB	— 90-95 dB
— 55-60 dB	— 75-80 dB	

Gesamtlärmbilanz Lärmindex Abend



**Legende:
Belastungsklassen**

— 40-45 dB	— 60-65 dB	— 80-85 dB
— 45-50 dB	— 65-70 dB	— 85-90 dB
— 50-55 dB	— 70-75 dB	— 90-95 dB
— 55-60 dB	— 75-80 dB	

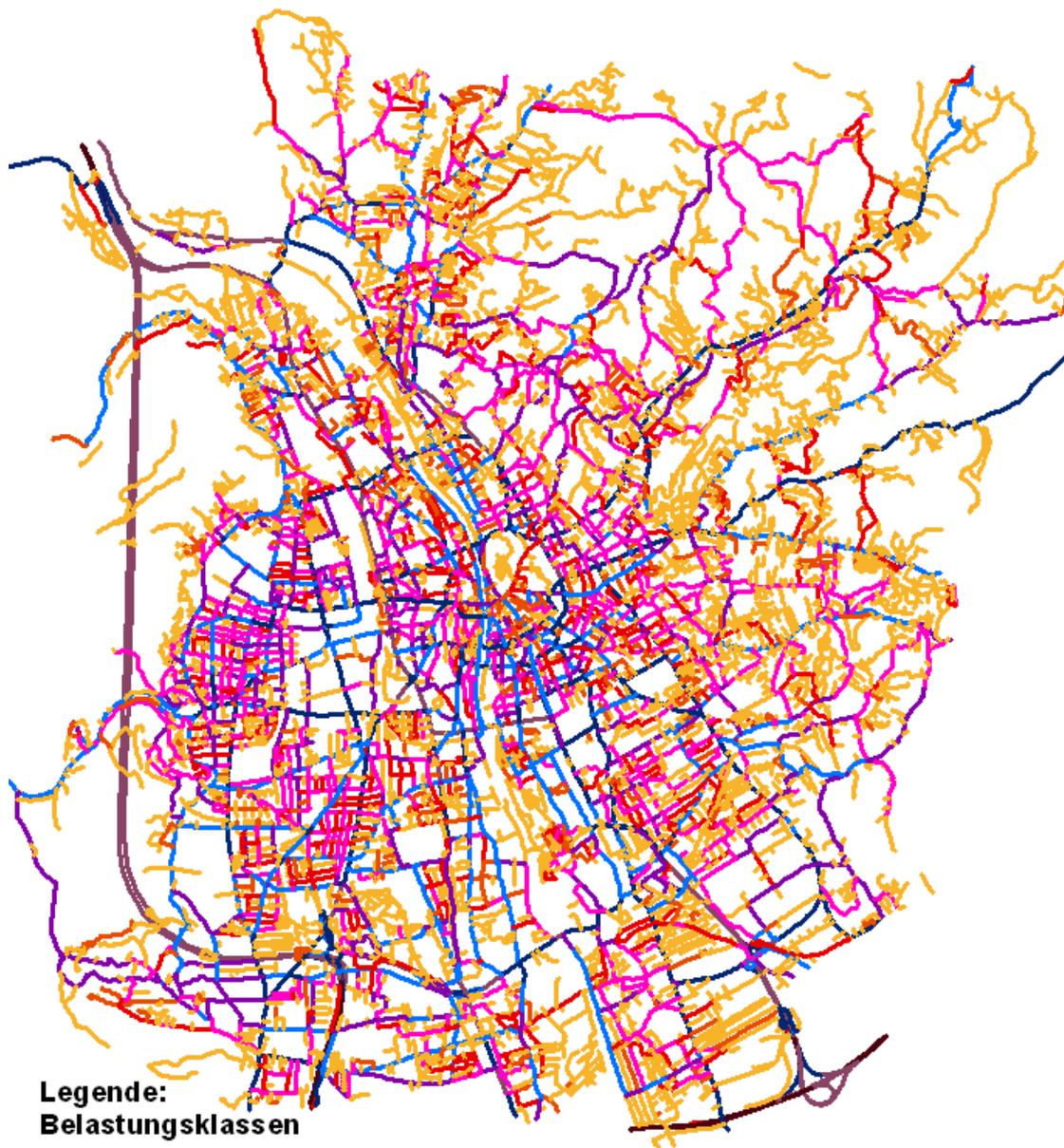
Gesamtlärmbilanz LärmindeX Nacht



Legende: Belastungsklassen

— 40-45 dB	— 60-65 dB	— 80-85 dB
— 45-50 dB	— 65-70 dB	— 85-90 dB
— 50-55 dB	— 70-75 dB	— 90-95 dB
— 55-60 dB	— 75-80 dB	

Gesamtlärmbilanz Lärminde Tag-Abend-Nacht



**Legende:
Belastungsklassen**

— 40-45 dB	— 60-65 dB	— 80-85 dB
— 45-50 dB	— 65-70 dB	— 85-90 dB
— 50-55 dB	— 70-75 dB	— 90-95 dB
— 55-60 dB	— 75-80 dB	