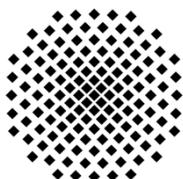


Untersuchung der Wirksamkeit von Geschwindigkeitsbeschränkungen in Stuttgart auf die verkehrsbedingten Lärm- und Schadstoffbelastungen

29. November 2011



Universität Stuttgart

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik

Dokument-Informationen

Auftraggeber:	Landeshauptstadt Stuttgart, Regierungspräsidium Stuttgart
Auftragnehmer:	Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik, Universität Stuttgart
Bearbeiter:	Prof. Dr.-Ing. Markus Friedrich, Dipl.-Ing. Manfred Wacker, Dipl.-Ing. Katrin Immisch unter Mitarbeit von Dipl.-Geogr. Torsten Nagel, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe (Kapitel 4 und Anhänge A1 bis A3)
Version:	1.0
Datum:	29.11.2011
Speicherort:	C:\Projekte\Landeshauptstadt Stuttgart\Lkw-Durchfahrtsverbot\V-Szenarien Stuttgart _ 20111118\Bericht\Bericht_Wirkungen_Lkw-Durchfahrtsverbot_SzG_zusammengefasst _ 20111129.docx

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1 Anlass	7
2 Vorgehensweise	7
3 Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen	9
3.1 Verkehrs- und Netzmodell	9
3.2 Ergebnisse	9
3.2.1 Szenario R1	9
3.2.2 Szenario Ga	10
3.2.3 Szenario Gb	15
3.2.4 Szenario Gc	19
3.2.5 Vergleich der Fahrleistungen in den Szenarien R1, Ga, Gb und Gc	27
4 Ermittlung der Wirkungen auf die Emissionen und Immissionen der Luftschadstoffe	28
4.1 Verkehr, Fahrzeugflotten und Emissionsfaktoren	28
4.1.1 Einführung	28
4.1.2 Verkehr	28
4.1.3 Emissionsfaktoren	33
4.2 Auswirkungen der Maßnahmen innerhalb des Stadtgebiets von Stuttgart	37
4.2.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte	37
4.2.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen	41
4.3 Betrachtungen außerhalb des Stadtgebiets von Stuttgart	48
5 Ermittlung der Wirkungen auf die Lärmemissionen	54
5.1 Berechnung	54
5.2 Ergebnisse	54
6 Ermittlung der Wirkungen auf die Verkehrssicherheit	59
6.1 Berechnung	59
6.2 Ergebnisse	60

7	Literatur	60
	ANHANG A1: Beschreibung des numerischen Verfahrens zur Immissionsermittlung und Fehlerdiskussion	65
A1.1	Einführung	65
A1.2	Berechnung der Immissionen mit PROKAS-V	65
A1.3	Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS-B	65
A1.4	Fehlerdiskussion	67
A1.5	Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte	69
	ANHANG A2: Immissionsdarstellungen für das Hauptverkehrsstraßennetz Stuttgart	71
	ANHANG A3: Emissionsdarstellungen für die Szenarien	86

Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse einer Untersuchung zu den Auswirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen auf das Verkehrsgeschehen in Stuttgart vorgestellt. Diese Wirkungen werden mit Hilfe eines Verkehrsmodells quantifiziert, mit dem Tempo 40-Zonen mit drei unterschiedlichen Ausdehnungen im Stadtgebiet von Stuttgart dargestellt werden. Die Reduktion der Geschwindigkeit bewirkt eine Reduktion der Verkehrsbelastung auf den betroffenen Straßen. Auf Straßen ohne Geschwindigkeitsänderung nehmen die Verkehrsstärken hingegen zu, da diese zum Umfahren genutzt werden. Je nach Szenario kommt es daher zum Einen zu einem Anstieg der Verkehrsbelastung im untergeordneten Straßennetz in Stuttgart und zum Anderen zu erhöhten Verkehrsaufkommen auf weiträumigeren Umfahrungsrouten um Stuttgart, wie beispielsweise den Autobahnen A81 und A8 und Bundesstraßen im Außerortsbereich.

Die Änderungen der Verkehrsbelastungen sind hauptsächlich auf Verlagerungen im Pkw-Verkehr zurückzuführen. Durch das für das Stadtgebiet geltende Durchfahrtsverbot sind verbleibende Lkw durch ihre konkreten Quellen und Ziele gebunden und haben nur noch geringe Möglichkeiten, alternative Routen zu wählen und so die Tempo 40-Zone zu umfahren.

Je größer die Ausdehnung der Tempo 40-Zone ist, desto spürbarer sind die Auswirkungen. Die Fahrleistung sinkt im Stadtgebiet in allen Szenarien leicht ab. Durch großräumige Verkehrsverlagerung ist allerdings ein Anstieg der zurückgelegten Fahrleistung im Umland zu verzeichnen. Gleiches gilt für die Entwicklung der Unfallkosten bei Einführung einer Tempo 40-Zone, die ein Maß für die Verkehrssicherheit sind.

Für NO_x-Freisetzungen weisen die relativen Änderungen bezogen auf den Ausgangszustand für die Variante Ga nur am Neckartor Abnahmen auf. Für die Maßnahmen Gb und Gc zeigen sich aus der Kombination mit den Auswirkungen auf die Verkehrsbelegung und die verringerte Geschwindigkeit teilweise Emissionsminderungen, sodass gegenüber dem Referenzzustand 2010 vereinzelt noch 90 % der NO_x-Emissionen, sonst vergleichbare Emissionen zu erwarten sind.

Die PM10-Emissionen weisen in den betrachteten Straßenabschnitten gegenüber dem Referenzzustand 2010 für die Variante Ga nur am Neckartor Abnahmen auf. Für die Maßnahmen Gb und Gc zeigen sich aus der Kombination mit den Auswirkungen auf die Verkehrsbelegung und die verringerte Geschwindigkeit teilweise Emissionsminderungen, sodass gegenüber dem Referenzzustand 2010 vereinzelt noch 90 % der PM10-Emissionen bzw. vergleichbare Emissionen zu erwarten sind. Bei den PM10-Emissionen ist zu beachten, dass auch eine Berücksichtigung des nicht motorbedingten Anteils durch die betrachteten Maßnahmen erfolgte.

Die relativen Auswirkungen auf die Immissionen sind gegenüber den Emissionen geringer, da auch nicht verkehrsbedingte Beiträge in den Luftschadstoffbelastungen enthalten sind.

Die NO₂-Jahresmittelwerte weisen gegenüber dem Referenzzustand 2010 an der Messstelle Am Neckartor mit der Maßnahme Ga ca. 96 %, an den anderen Messstellen nahezu unveränderte NO₂-Immissionen auf. Mit der Maßnahme Gb sind 95 % bis unveränderte und mit der Maßnahme Gc 94 % bis 99 % der NO₂-Immissionen des Referenzzustandes berechnet.

Die PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) weisen an der Luftmessstation am Neckartor gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme Ga ca. 96 %, an den anderen Messstellen unveränderte PM10-Immissionen auf. Mit der Maßnahme Gb sind Verringerungen der PM10-Immissionen Am Neckartor auf ca. 97 % und an der Hohenheimer Straße auf ca. 95 % des Referenzzustandes, mit der Maßnahme Gc an den betrachteten Abschnitten auf 94 % bis 98 % des Referenzzustandes berechnet.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass entsprechend den Ansätzen für die Emissionsberechnungen bei Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Hauptverkehrsstraßen ein gewisses Minderungspotenzial der verkehrsbedingten Schadstoffbeiträge besteht, insbesondere wenn sich diese Beschränkungen auch auf die Verkehrsbelegungen auswirken.

Änderungen in der Lärmbelastung fallen moderat aus. Sie beschränken sich vor allem auf die Tempo 40-Zone und deren nähere Umgebung.

1 Anlass

Zum 01.03.2010 ist für das Gebiet der Landeshauptstadt Stuttgart im Rahmen des Aktionsplans zur Luftreinhaltung ein Durchfahrtsverbot für Lkw über 3,5 t in Kraft getreten. Das von diesem Durchfahrtsverbot betroffene Gebiet reicht über die Markungsgrenze der Landeshauptstadt Stuttgart hinaus und umfasst eine Verbotszone, die das Stadtgebiet Stuttgart sowie einen östlich an dieses angrenzenden Bereich, der von der A8 im Süden, der B313 im Osten und der B10 im Norden umgrenzt wird, umfasst, wobei die genannten Straßen nicht unter das Lkw-Durchfahrtsverbot fallen. Abschließend wurde diese Durchfahrtsverbotszone im Westen um das Gebiet der Stadt Gerlingen und das östlich der A81 und südlich der B10 liegende Gebiet der Stadt Korntal-Münchingen, das dem Ortsteil Korntal entspricht, erweitert.

Für dieses, in den vorherigen Untersuchungen als Szenario R1 bezeichnete Lkw-Durchfahrtsverbot, soll nun ergänzend die Wirksamkeit drei verschiedener Szenarien zur Geschwindigkeitsbeschränkung in Stuttgart untersucht werden. Nach der Abgabe des vorherigen Berichtes zu den Geschwindigkeitsbeschränkungen in Stuttgart im Juni 2010 stellte sich im Abstimmungsprozess zur Umsetzung des Lkw-Durchfahrtsverbots heraus, dass das verwendete Verkehrsmodell insbesondere in den Bereichen Bietigheim-Bissingheim-Pleidelsheim und im Bereich der Schurwaldquerung zwischen der B10 und der B29 die dort bei kleinräumigen Untersuchungen gezählten Verkehrsstärken nicht ausreichend genau abbildet. Daher wurde das vorhandene Verkehrsmodell anhand der für diesen Raum vorliegenden Ergebnisse von Verkehrszählungen ein weiteres Mal kalibriert.

Auf Basis dieses neu kalibrierten Modells werden für die Szenarien Ga, Gb und Gc die verkehrlichen Wirkungen, die Wirkungen auf die Lärmemissionen, die Wirkungen auf die Luftbelastung und die Wirkungen auf die Verkehrssicherheit für das gesamte Straßennetz der Region Stuttgart untersucht.

2 Vorgehensweise

Um die Wirkungen von Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Lärm und Luftschadstoffe zu untersuchen, müssen in einem ersten Schritt die aus diesen Maßnahmen resultierenden verkehrlichen Wirkungen, die Verkehrsverlagerungen im Straßenverkehr, ermittelt werden. Aus den daraus resultierenden Verkehrsstärken des Pkw- und Lkw-Verkehrs auf den einzelnen Streckenabschnitten können dann im Anschluss die Lärmemissionen, die Emissionen und Immissionen von Luftschadstoffen sowie die Wirkungen auf die Verkehrssicherheit berechnet werden. In diesem Bericht werden folgende Szenarien vorgestellt:

- Szenario R1: Ist-Zustand seit 01.03.2010 ohne Geschwindigkeitsbeschränkungen, mit Lkw-Durchfahrtsverbot Stuttgart
- Szenario Ga: Lkw-Durchfahrtsverbot gemäß Szenario R1 und Geschwindigkeitsbeschränkung auf der B14 zwischen Marienplatz (Tunnelmund Heslacher Tunnel) und

dem Knotenpunkt Am Neckartor / Heilmannstraße / Cannstatter Straße für alle Fahrzeuge auf 40 km/h und zwischen dem Knotenpunkt Am Neckartor / Heilmannstraße / Cannstatter Straße und dem Schwanenplattunnel für alle Fahrzeuge auf 50 km/h (jeweils beide Fahrtrichtungen).

- Szenario Gb: Lkw-Durchfahrtsverbot gemäß Szenario R1 und Geschwindigkeitsbeschränkung für alle Fahrzeuge auf 40 km/h auf allen Straßen, auf denen heute schneller als 30 km/h gefahren werden darf, in dem gemäß Bild 1 definierten Gebiet im „Stuttgarter Talkessel“. Auf Straßen, auf denen heute die zulässige Höchstgeschwindigkeit 30 km/h oder weniger beträgt, bleibt diese Regelung bestehen.
- Szenario Gc: Lkw-Durchfahrtsverbot gemäß Szenario R1 und Geschwindigkeitsbeschränkungen für alle Fahrzeuge auf 40 km/h auf allen Straßen, auf denen heute schneller als 30 km/h gefahren werden darf und die innerhalb der Ortseingangstafeln der Landeshauptstadt Stuttgart liegen. Auf Straßen, auf denen heute die zulässige Höchstgeschwindigkeit 30 km/h oder weniger beträgt, bleibt diese Regelung bestehen.

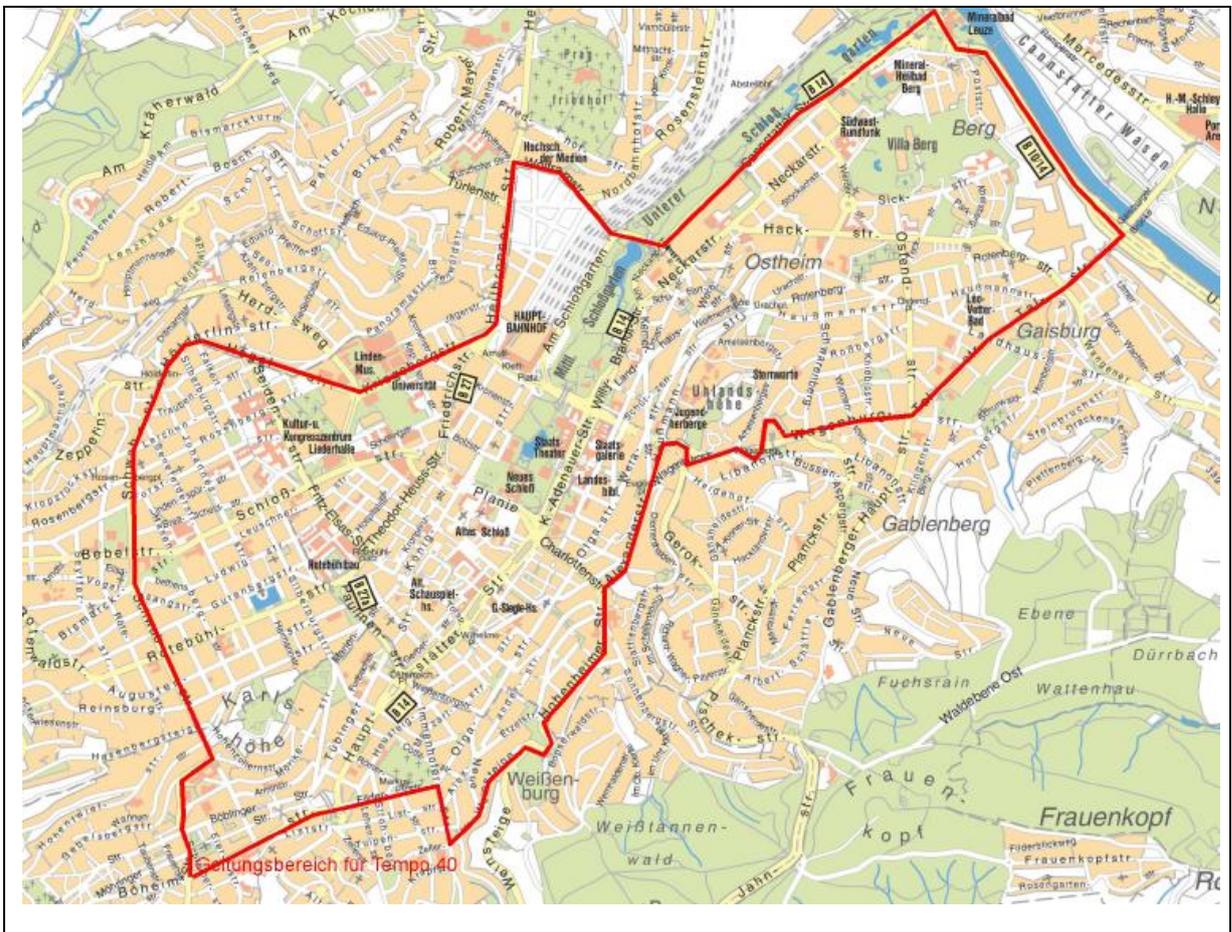


Bild 1: Tempo 40-Zone in Szenario Gb

Als Referenzszenario, anhand dessen die Wirkungen der geschwindigkeitsbeschränkenden Maßnahmen quantifiziert werden, dient das Szenario R1. Es bildet den aktuellen Zustand in

Stuttgart seit 01.03.2010 mit Lkw-Durchfahrtsverbot ab. In allen Szenarien wird die mittlerweile eröffnete Autobahnauffahrt Esslingen-West mit modelliert.

Als Referenzzustand für die Berechnung der Luftschadstoffemissionen und -immissionen wird in Stuttgart die derzeitige Regelung der Umweltzone, ganzjähriges Fahrverbot für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung d.h. Kraftfahrzeuge mit gelber und grüner Plakette frei, für das Jahr 2010 und die Geschwindigkeitsregelung auf der Cannstatter Straße von Anfang 2010 angesetzt.

3 Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen

3.1 Verkehrs- und Netzmodell

Eine Geschwindigkeitsbeschränkung beeinflusst aufgrund veränderter Reisezeiten die Routenwahl der Fahrer, so dass es zu einer Verlagerung der Verkehrsströme kommt. Diese Verlagerung führen im Straßennetz zu Entlastungen und Mehrbelastungen, wobei Entlastungen insbesondere für den Teil des Stuttgarter Straßennetzes zu erwarten sind, für den die Geschwindigkeitsbeschränkungen gelten. Zur Quantifizierung der Wirkungen der Geschwindigkeitsbeschränkungen wird das Verkehrsmodell der Region Stuttgart verwendet.

Grundlage des Verkehrsmodells ist das gemeinsame Netzmodell der Region und der Stadt Stuttgart (Region_Stuttgart_5), das 1.171 Verkehrszellen und in der Region Stuttgart das komplette Straßennetz umfasst.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Szenario R1

Bild 2 zeigt die werktäglichen Pkw- und Lkw-Verkehrsbelastungen für das Szenario R1. Dieses Szenario bildet die Referenz für die nachfolgend vorgestellten Geschwindigkeits-szenarien.

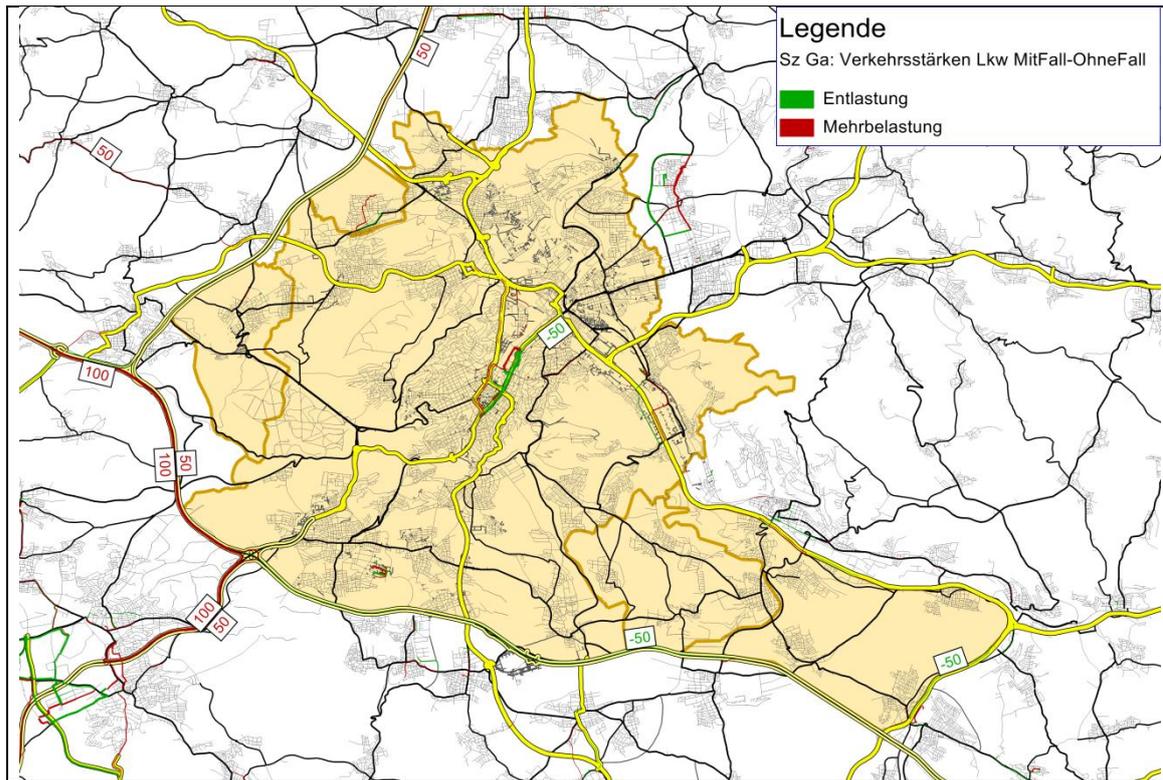


Bild 4: Szenario Ga - Veränderung der Lkw-Verkehrsstärke gegenüber Szenario R1

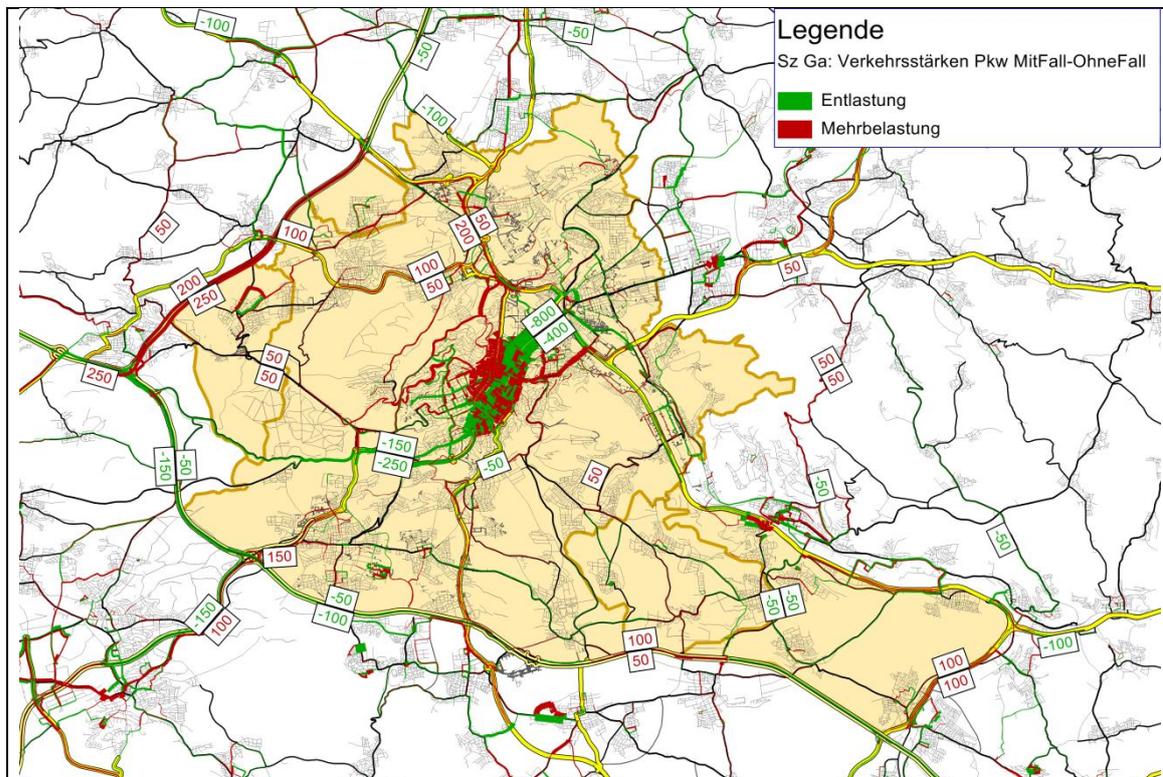


Bild 5: Szenario Ga - Veränderung der Pkw-Verkehrsstärke gegenüber Szenario R1

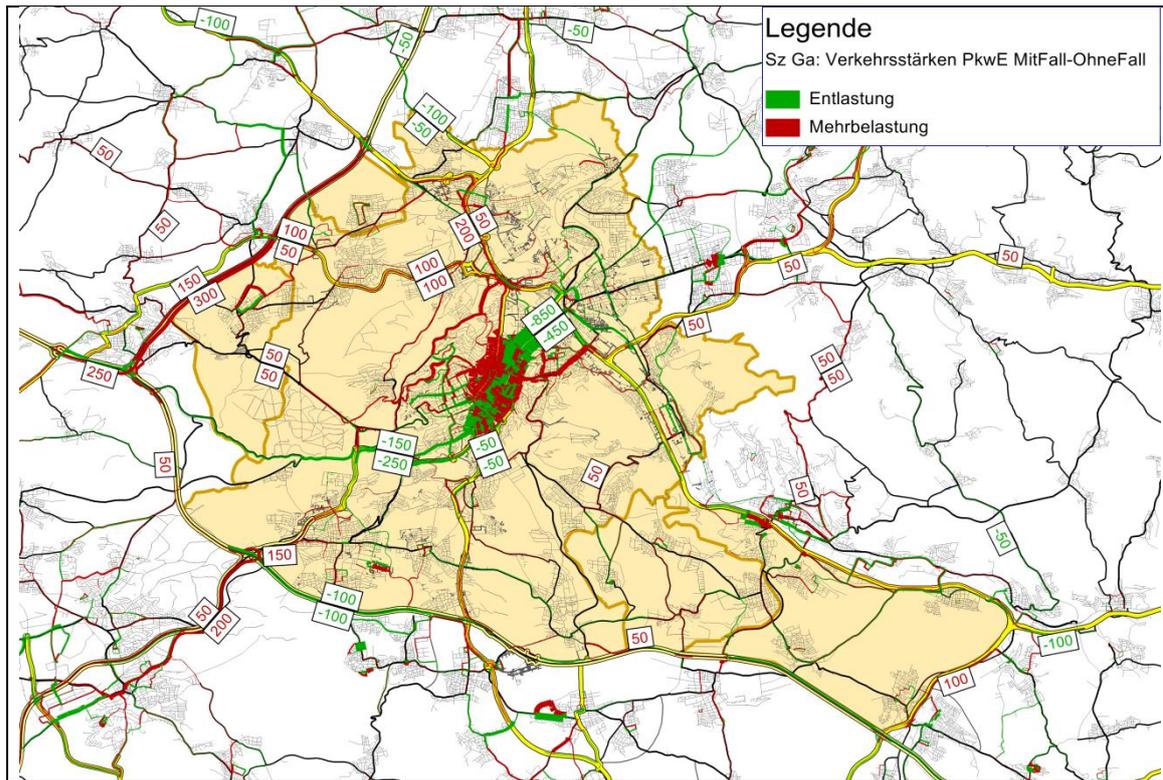


Bild 6: Szenario Ga - Veränderung der Gesamtverkehrsstärke in Pkw-Einheiten gegenüber Szenario R1

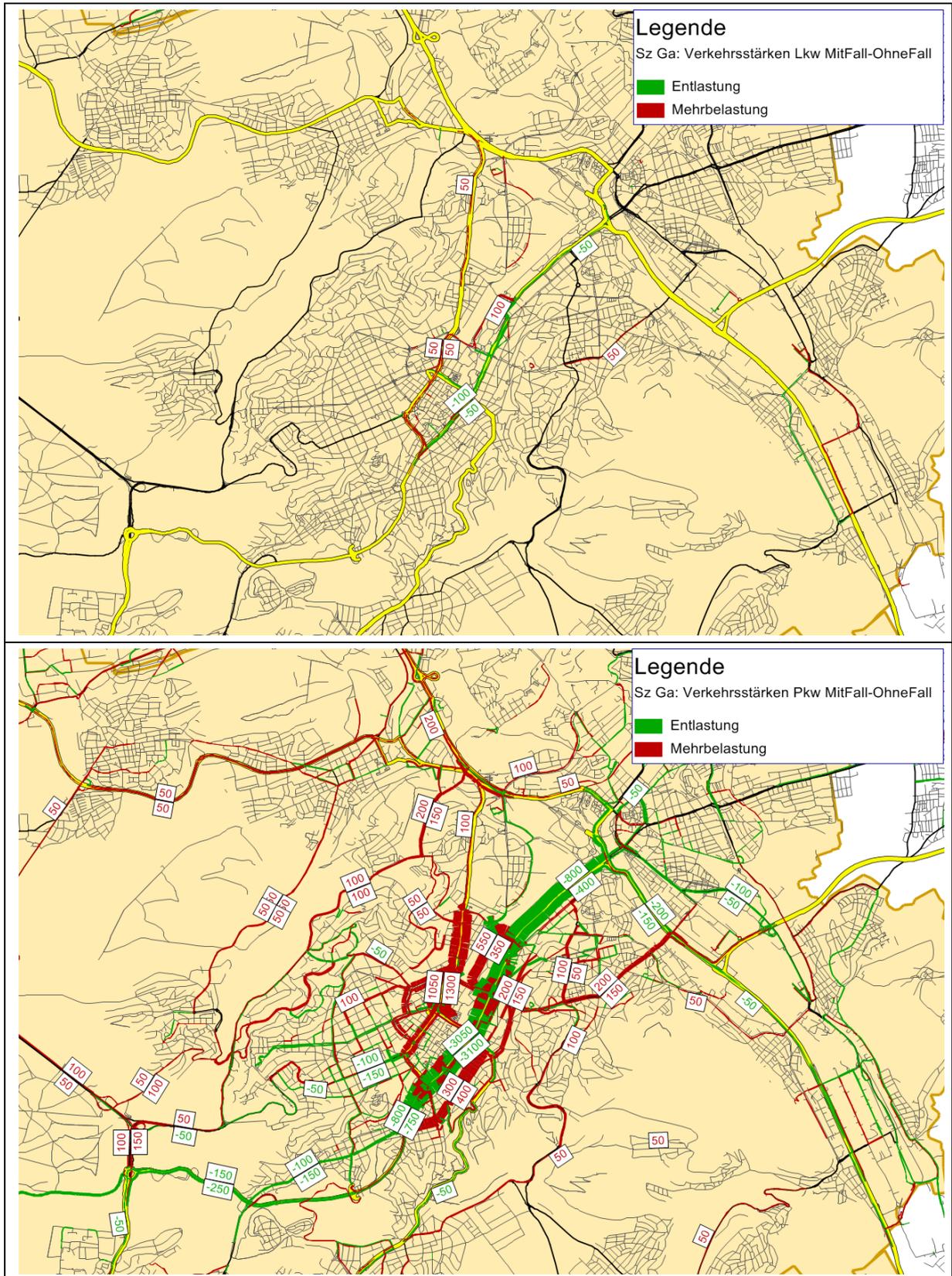


Bild 7: Szenario Ga -Veränderung der Lkw- und Pkw-Verkehrsstärke gegenüber Szenario R1 im Innenstadtbereich

3.2.3 Szenario Gb

In Bild 8 bis Bild 11 sind die Wirkungen der Maßnahmen in Szenario Gb auf das Verkehrsgeschehen dargestellt. Da nun nicht nur auf der B14 die Geschwindigkeitsbegrenzung gilt, sondern auf allen Straßen in der Innenstadt, ist es vor allem für den Durchgangsverkehr attraktiver, diesen Bereich zu meiden und großräumig zu umfahren. Daher werden mehr Straßen vom Pkw- und Lkw-Verkehr entlastet als in Szenario Ga. Die Fahrten werden auf die Autobahn A81 westlich von Stuttgart verlagert, wo z.B. die tägliche Pkw-Verkehrslast im Vergleich zu Szenario Ga in diesem Szenario nochmals um weitere 850 Pkw/24h ansteigt. Auch auf Land- und Kreisstraßen außerhalb des Stadtgebietes wie der L1201 im Osten, der L1140 im Norden und der L1136 und der K1656 im Westen von Stuttgart kommt es durch Ausweichverkehr zu leicht erhöhtem Pkw-Verkehrsaufkommen.

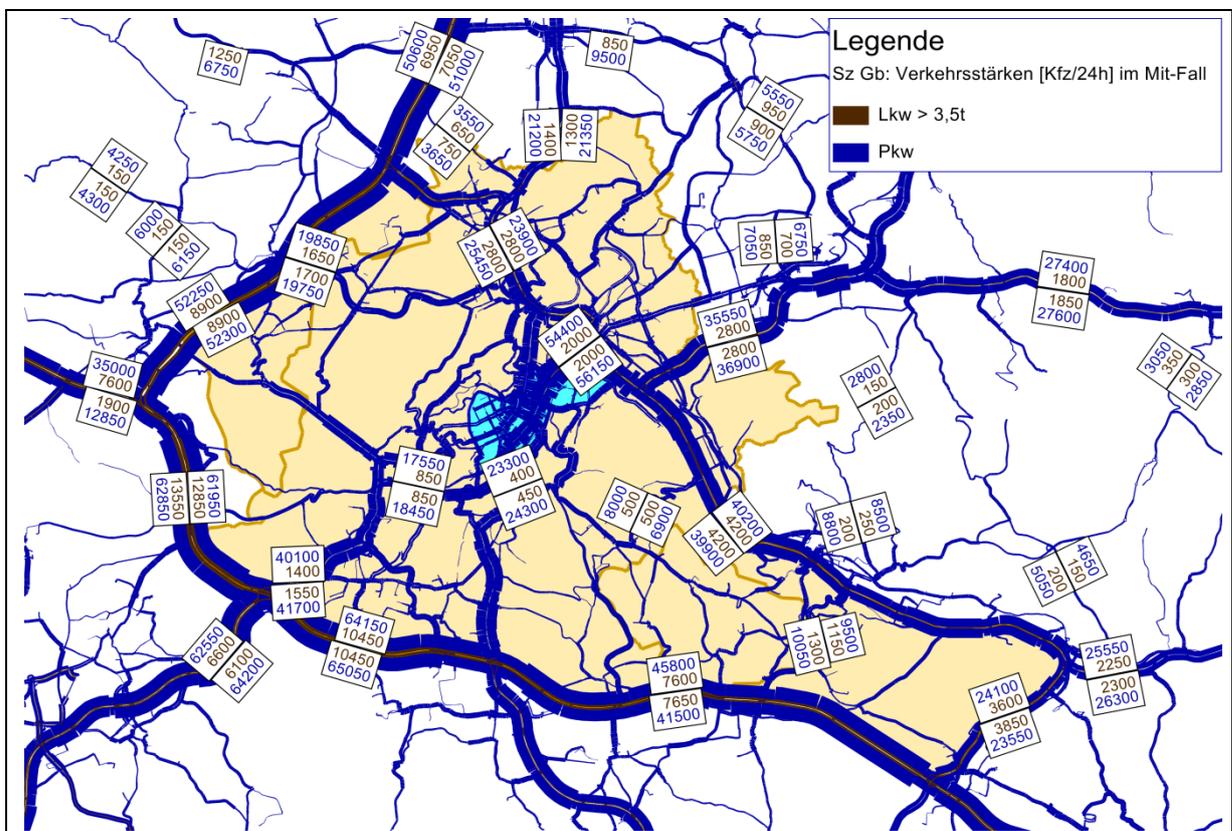


Bild 8: Szenario Gb - Verkehrsstärken an einem Werktag

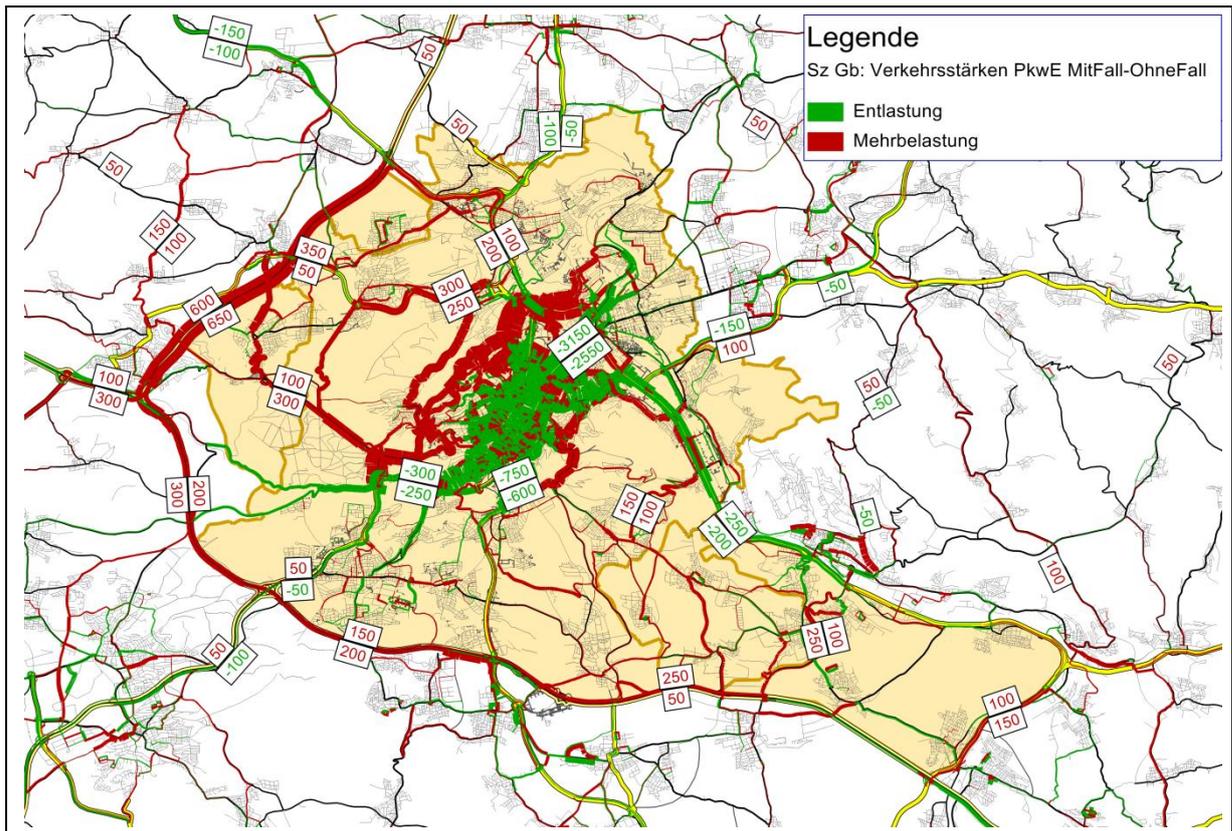


Bild 11: Szenario Gb - Veränderung der Gesamtverkehrsstärke in Pkw-Einheiten gegenüber Szenario R1

Bild 12 zeigt die Veränderung des Verkehrsaufkommens in der Stuttgarter Innenstadt. Die deutlichsten Effekte sind im Pkw-Verkehr festzustellen. So ist auf den Hauptverkehrsstraßen, die von der Geschwindigkeitsbeschränkung unmittelbar betroffen sind, eine teilweise deutliche Verringerung des Verkehrsaufkommens zu erwarten. Allerdings sind auch im Bereich der von der Tempo 40-Regelung betroffenen Zone kleinräumige Verlagerungen auf diejenigen Straßen zu verzeichnen, auf denen bereits heute eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h und weniger gilt (z.B. in Tempo 30-Zonen). Auch auf dem Straßennetz, das die von der Tempo 40-Regelung betroffene Zone umgibt, ist zum Teil deutlicher Mehrverkehr zu beobachten. So erhöht sich die tägliche Verkehrsbelastung auf der Straße "Am Kräherwald" um ca. 1.000 Pkw/24h und auf der Planckstraße um 700 Pkw/24h. Aber auch die Straße „Feuerbacher Tal“ wird noch mit 700 Pkw/24h mehr belastet. Die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 40 km/h im Stuttgarter Talkessel führt somit offensichtlich dazu, dass dieser, wo sinnvoll, entweder komplett umfahren wird, oder aber auch anders angefahren wird, indem man länger auf den Straßen verbleibt, die außerhalb der Regelungszone nicht von der verschärften Geschwindigkeitsbeschränkung betroffen sind. Die Fahrtstrecke innerhalb des Regelungsbereichs wird somit minimiert.

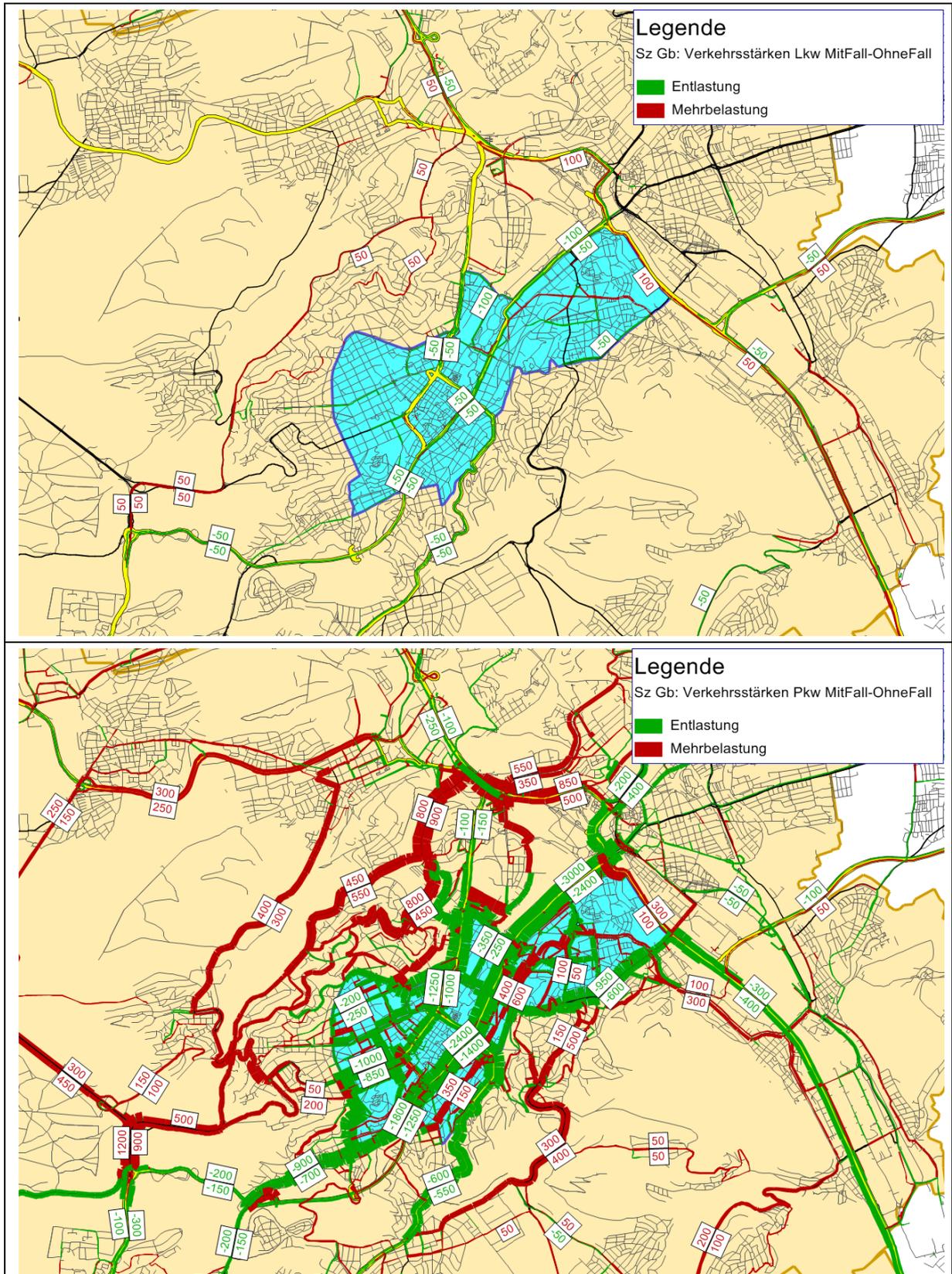


Bild 12: Szenario Gb - Veränderung der Verkehrsstärke gegenüber Szenario R1 in der Stuttgarter Innenstadt (oben: Lkw, unten: Pkw)

Im Lkw-Verkehr (Bild 12 oben) ergeben sich prinzipiell dieselben Effekte, allerdings auf einem wesentlich geringeren Niveau. Durch das Lkw-Durchfahrtsverbot sind Durchgangsverkehre bereits ausgeschlossen. Die verbleibenden Lkw sind durch ihre konkreten Quellen und Ziele gebunden und haben nur noch geringere Möglichkeiten, alternative Routen zu wählen.

3.2.4 Szenario Gc

Um die in den Szenarien Ga und Gb beschriebenen Verlagerungen innerhalb des innerstädtischen Straßennetzes zu vermeiden, wurde im Szenario Gc die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf allen Innerortsstraßen in Stuttgart reduziert, sofern sie heute höher als 40 km/h ist. Als „Innerortsstraße“ werden alle Straßen definiert, die innerhalb der Ortstafeln der Landeshauptstadt Stuttgart liegen.

Die Wirkungen dieser Maßnahme reichen insbesondere im Westen, Norden und Osten über die Markungsgrenze der Landeshauptstadt Stuttgart hinaus, wobei vor allem die Städte Fellbach, Ludwigsburg, Remseck und Korntal von Mehrverkehr betroffen sein werden. Auf der Ortsdurchfahrt von Ludwigsburg, der L1140, ist beispielsweise ein Anstieg des Verkehrsaufkommens um täglich 950 Pkw zu erwarten.

In der Stuttgarter Innenstadt gehen besonders im Pkw-Verkehr die Verkehrsbelastungen zurück. Zu einer Mehrbelastung kommt es auf den Zufahrtsstraßen in die Innenstadt, auf denen man aufgrund der Lage der Ortstafeln so weit wie möglich an das Stadtzentrum heranfahren kann, bevor der Regelungsbereich befahren wird. Dies betrifft zum Beispiel die L1180. Im Lkw-Verkehr wird vor allem die B10/B14 entlastet, die vom Lkw-Durchfahrtsverbot ausgenommen ist und deswegen im Referenzszenario R1 viel Ausweichverkehr aufgenommen hat. Das Stadtgebiet von Stuttgart wird nun sowohl von Pkw als auch von Lkw großräumig umfahren. Im Zuge dessen steigt die tägliche Verkehrsbelastung auf der A8 im Süden von Stuttgart beispielsweise um bis zu 4.400 Pkw-Einheiten/24h an. Auch auf den Schurwaldquerungen ist mit einer starken Mehrbelastung zu rechnen. Starke Zuwächse sind hier insbesondere auf der L1199 zwischen Esslingen und Endersbach mit zusätzlich 1.400 Pkw/24h, auf der L1201 zwischen Plochingen und Endersbach (Pkw: + 400 Pkw/24h) und auf der L1150 zwischen Engelberg und Winterbach (Pkw: + 500 Pkw/24h) zu verzeichnen.

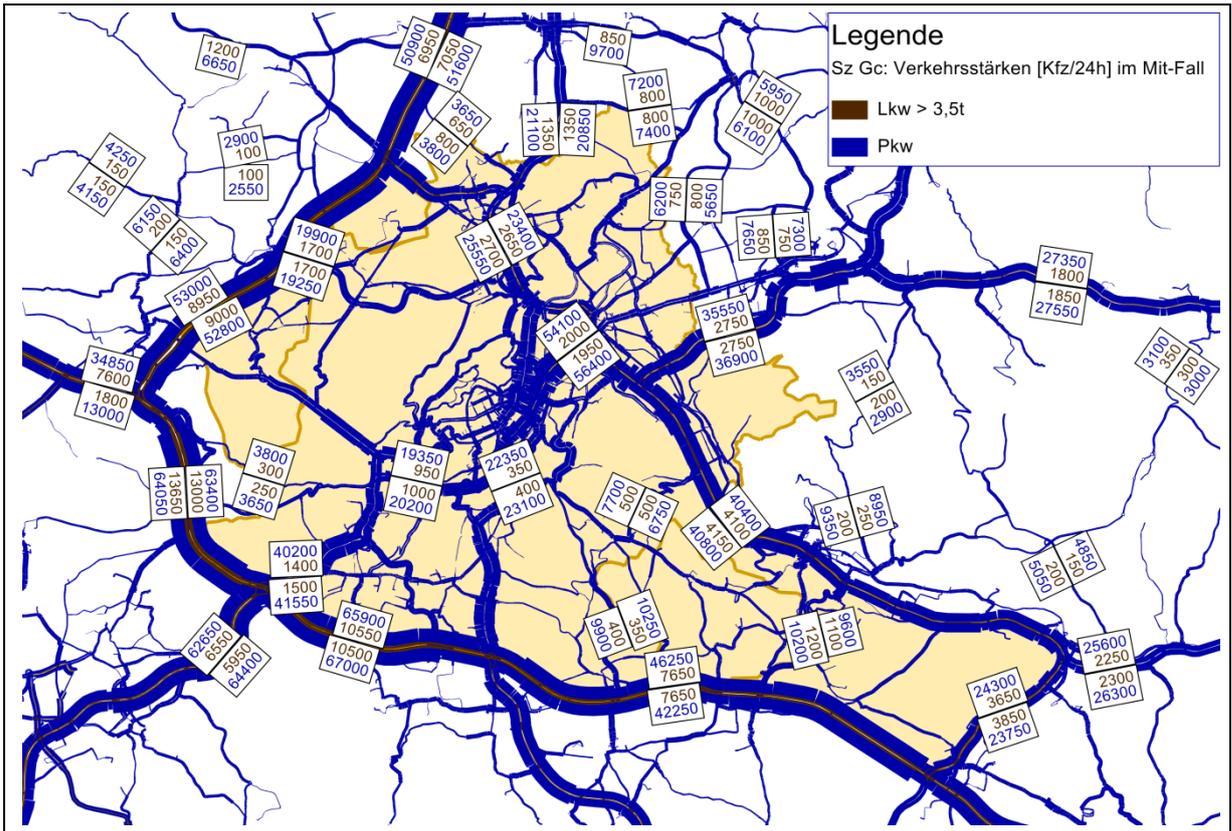


Bild 13: Szenario Gc - Verkehrsstärken an einem Werktag

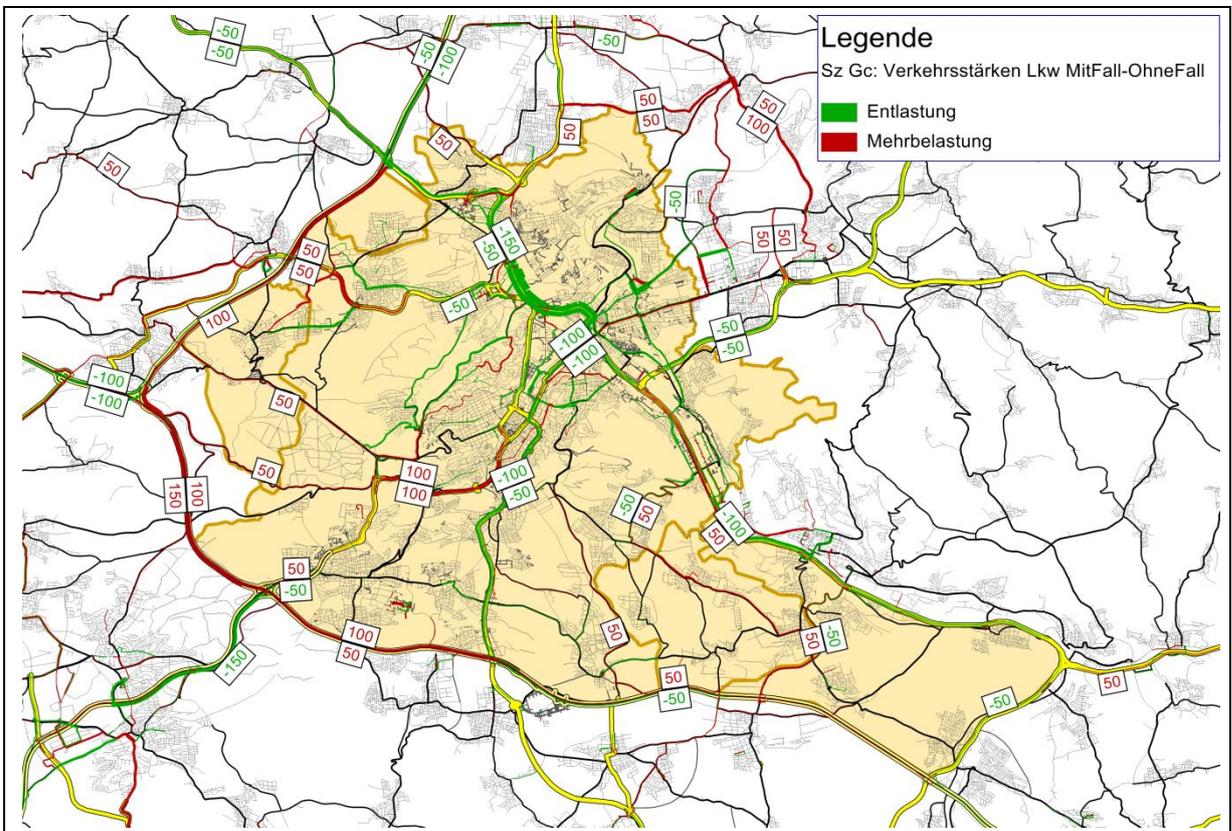


Bild 14: Szenario Gc - Veränderung der Lkw-Verkehrsstärke gegenüber Szenario R1

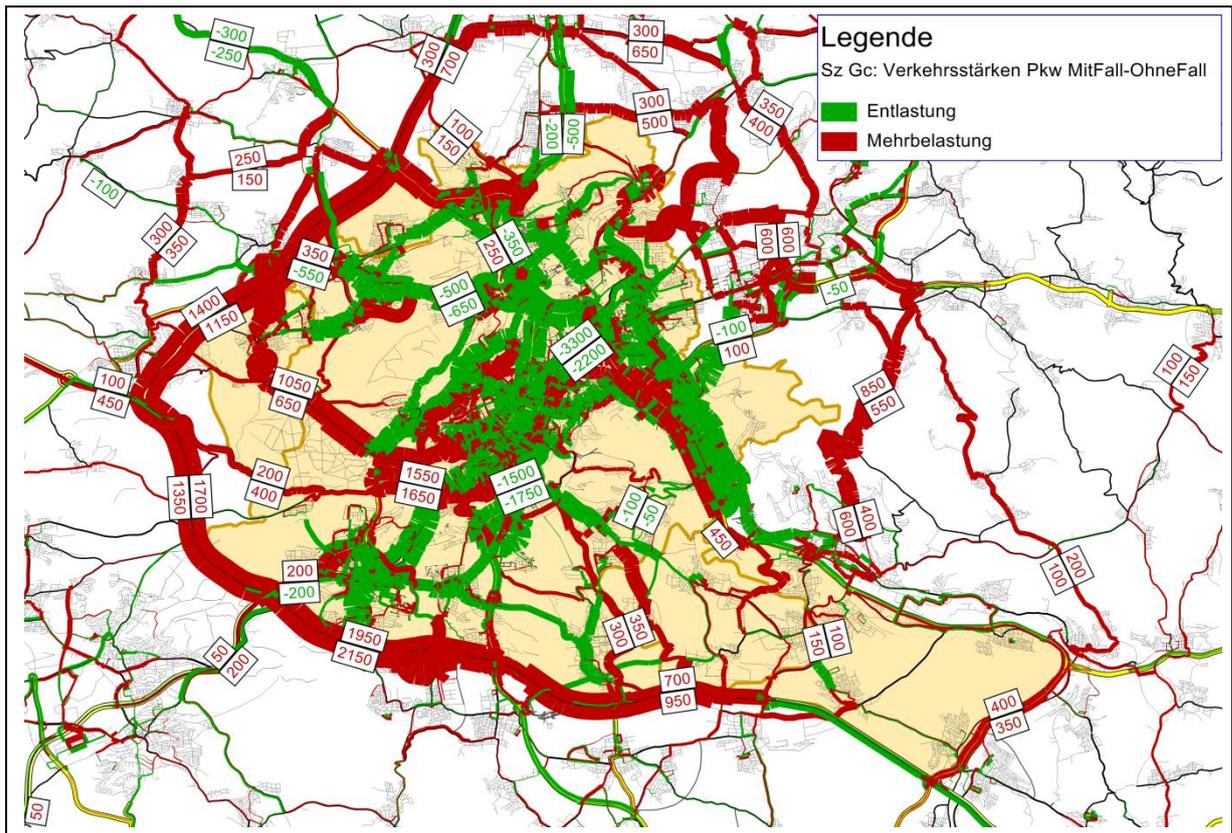


Bild 15: Szenario Gc - Veränderung der Pkw-Verkehrsstärke gegenüber Szenario R1

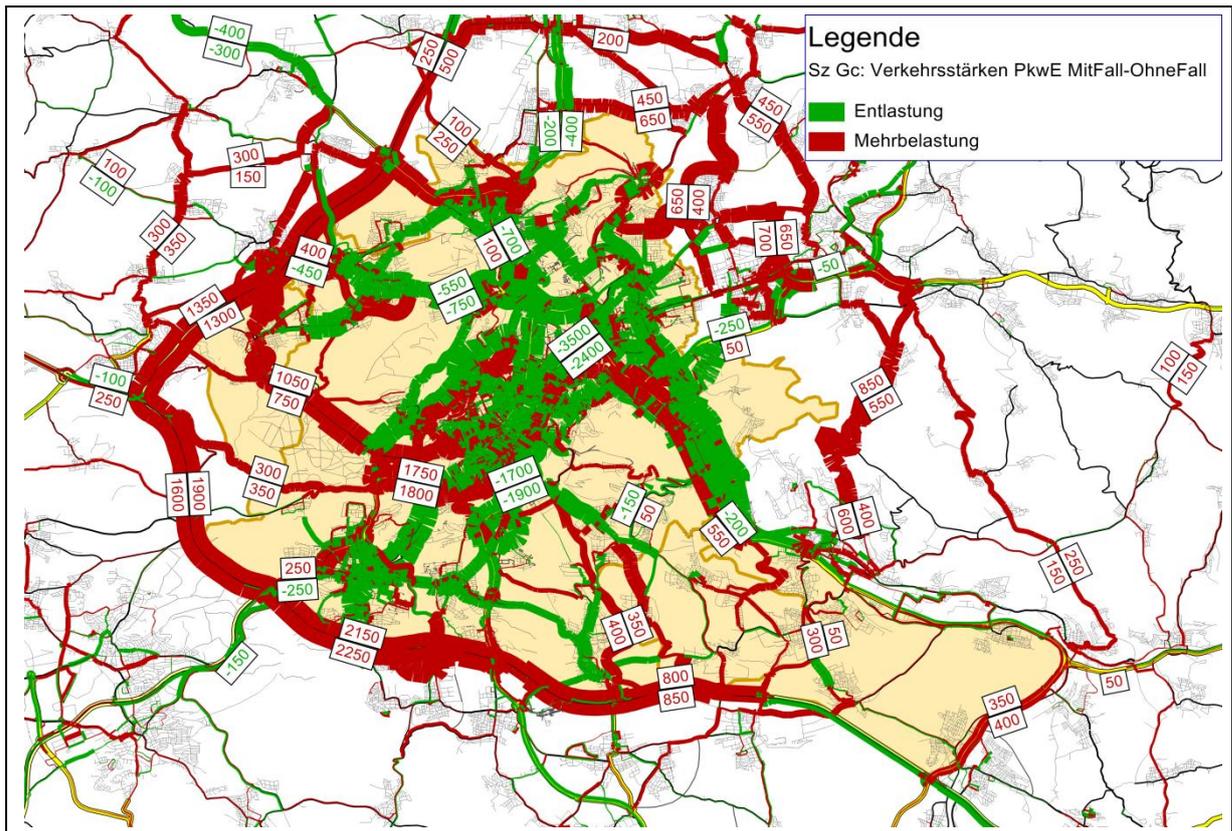


Bild 16: Szenario Gc - Veränderung der Gesamtverkehrsstärke in Pkw-Einheiten gegenüber Szenario R1

Bild 17 bis Bild 20 zeigen die verkehrlichen Wirkungen von Szenario Gc für einige ausgewählte Bereiche im Stadtgebiet Stuttgart. In der Innenstadt (Bild 17) ergeben sich ähnliche Effekte wie in Szenario Gb. Auf Straßen, auf denen die Geschwindigkeit aufgrund von Tempo 40 im Vergleich zum Nullfall niedriger ist, gehen die Verkehrsbelastungen zurück, während Straßen in Tempo 30-Zonen stärker belastet werden. In Vaihingen (Bild 18) und Weilimdorf (Bild 19) werden die Ortskerne entlastet. Der Verkehr wird auf die außerhalb der Ortstafeln liegenden Bundesstraßen B14 bzw. B295 verlagert. Auf einigen Zufahrtsstraßen der Städte Remseck und Fellbach kommt es hingegen durch Ausweichverkehr, der die Tempo 40-Zone umfährt, zu einem Anstieg der Verkehrsbelastung (Bild 20).

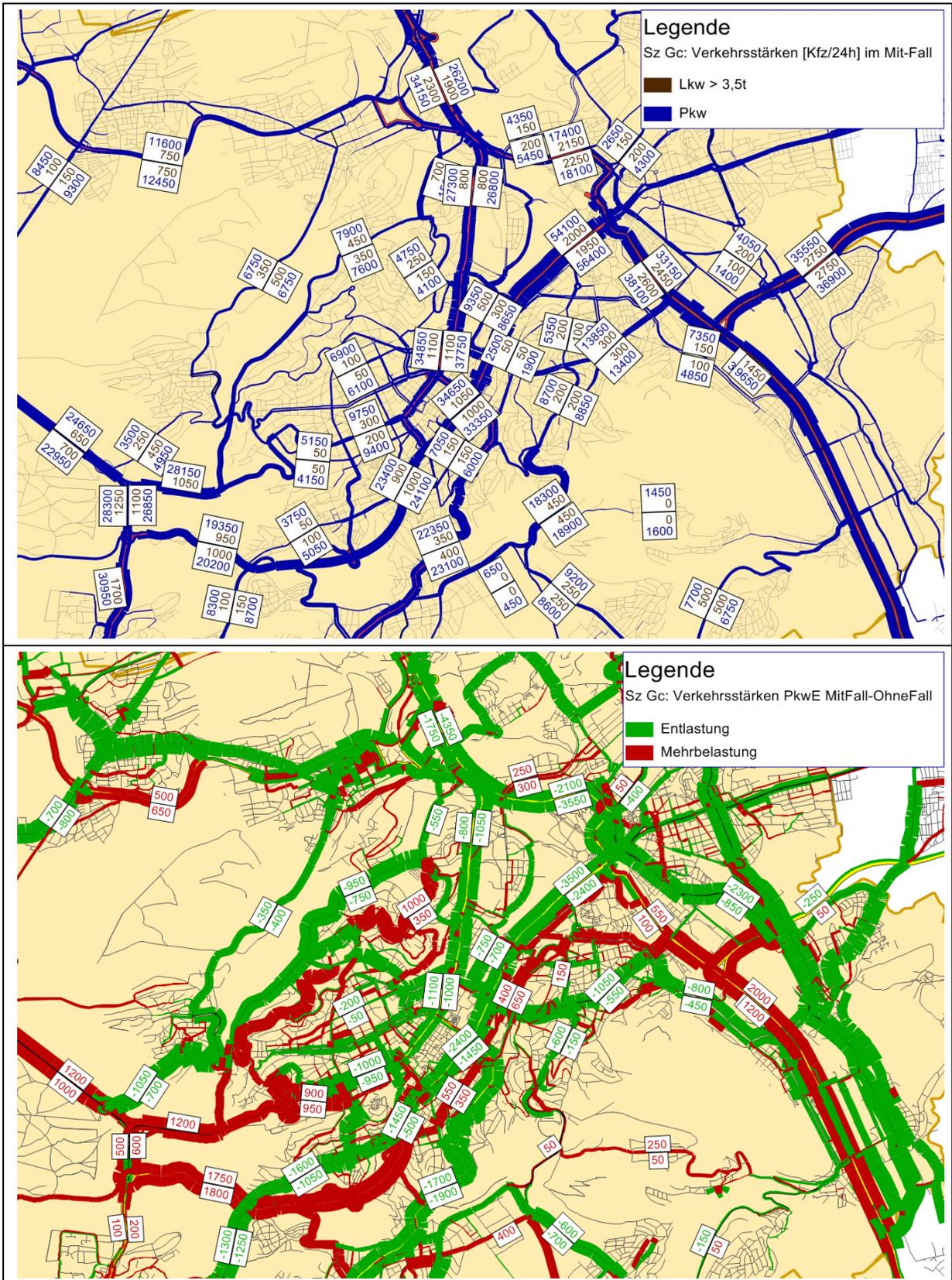


Bild 17: Szenario Gc - Verkehrsstärken an einem Werktag und Veränderung der Verkehrsbelastung gegenüber Szenario R1 in Stuttgart-Innenstadt

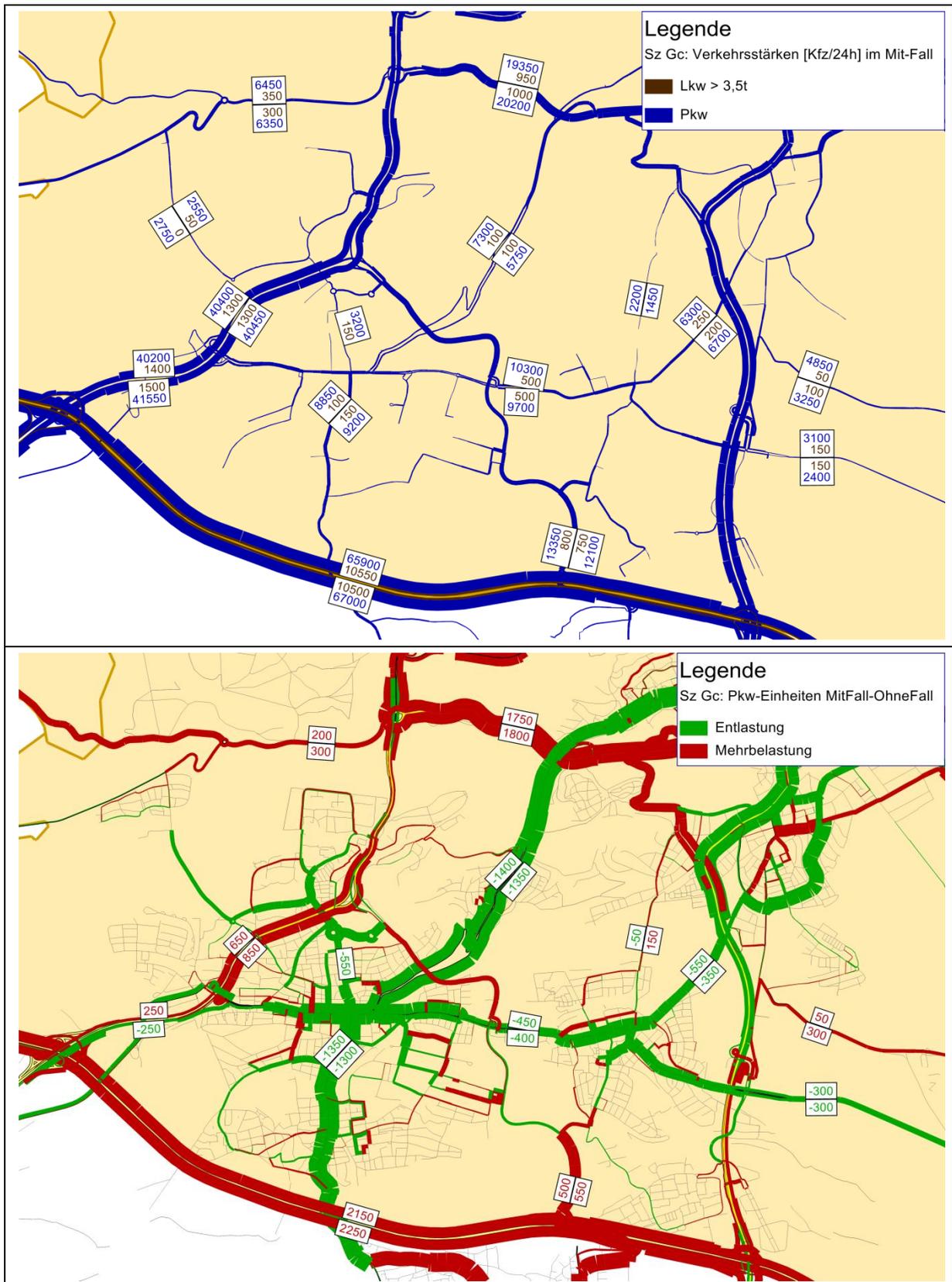


Bild 18: Szenario Gc - Verkehrsstärken an einem Werktag und Veränderung der Verkehrsbelastung gegenüber Szenario R1 in Stuttgart-Vaihingen

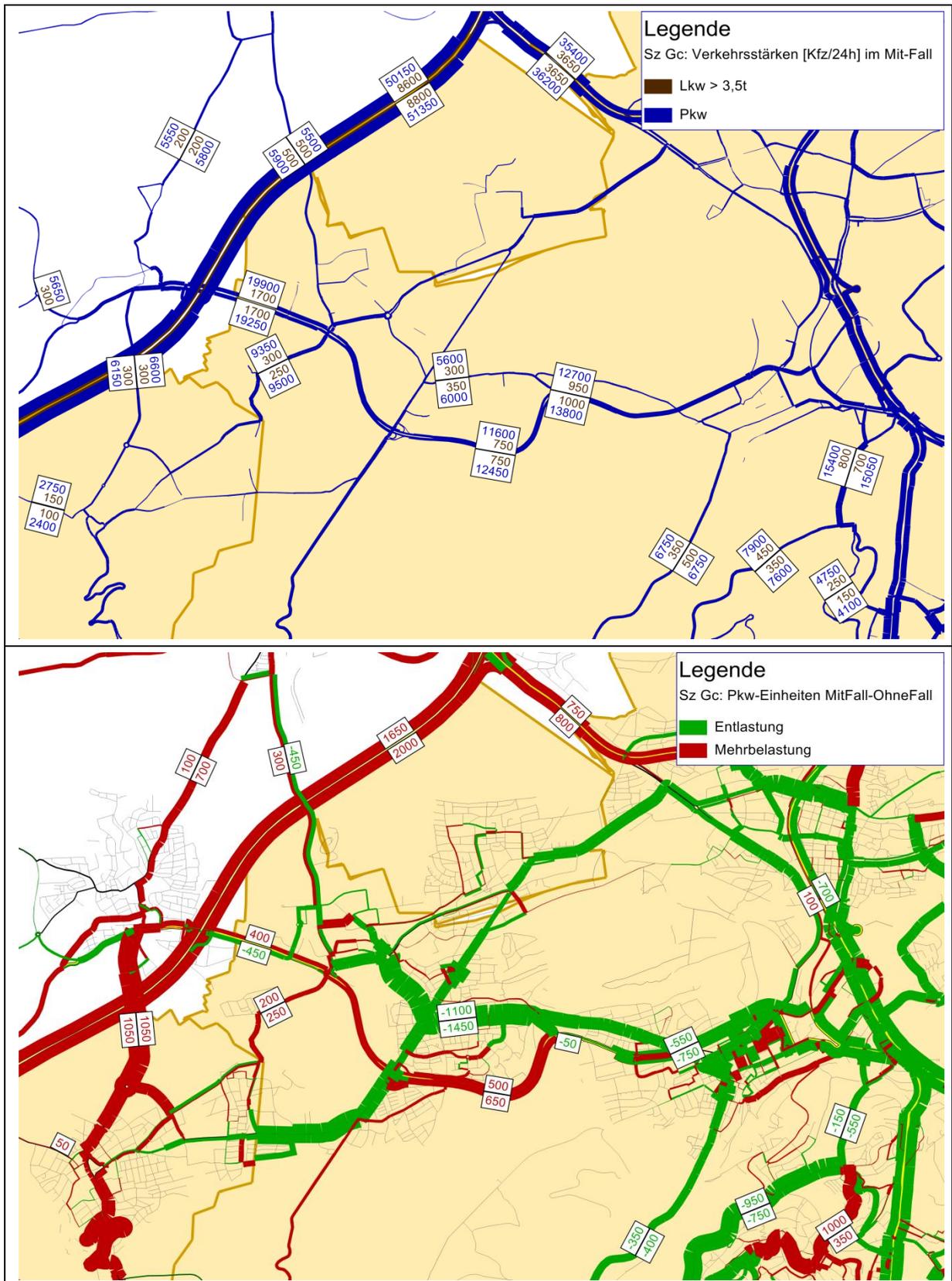


Bild 19: Szenario Gc - Verkehrsstärken an einem Werktag und Veränderung der Verkehrsbelastung gegenüber Szenario R1 in Stuttgart-Weilimdorf

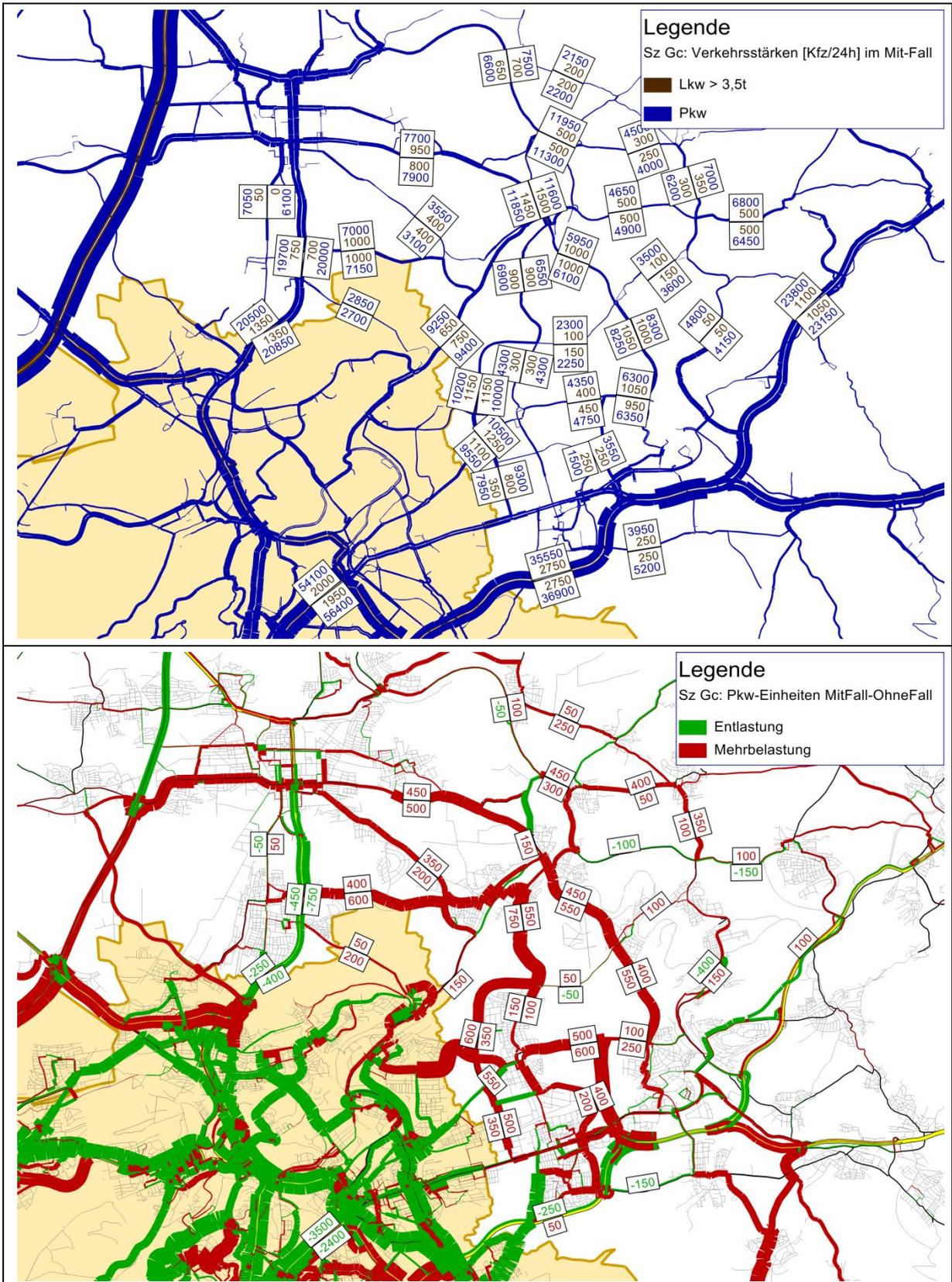


Bild 20: Szenario Gc - Verkehrsstärken an einem Werktag und Veränderung der Verkehrsbelastung gegenüber Szenario R1 in Fellbach, Kornwestheim und Remseck

3.2.5 Vergleich der Fahrleistungen in den Szenarien R1, Ga, Gb und Gc

Tabelle 1 zeigt die Wirkungen der oben beschriebenen Geschwindigkeitsbeschränkungen auf die Fahrleistungen.

Die Szenarien Ga und Gb zeigen im Stadtgebiet Stuttgart fast keine Wirkungen, wobei eine leichte Tendenz zu Rückgängen der Fahrleistung beobachtet werden kann. Auch in der Region Stuttgart sind keine nennenswerten Änderungen der Fahrleistung zu erwarten.

Anders verhält es sich im Szenario Gc. Hier führen die beschriebenen Verlagerungen des Verkehrs in das Umland von Stuttgart zu einer Reduzierung der Pkw-Fahrleistung im Stadtgebiet Stuttgart um 1,5 % und der Lkw-Fahrleistung um 2,6 %. In der gesamten Region Stuttgart bleiben hier die Lkw-Fahrleistungen nahezu unverändert, während die Pkw-Fahrleistungen um 0,2 % ansteigen.

Region Stuttgart inkl. Stuttgart	Nullfall Szenario R1	Szenario Ga		Szenario Gb		Szenario Gc	
	absolut	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
Pkw	47.729	47.729	±0,00%	47.753	0,05%	47.835	0,22%
Lkw	4.905	4.904	-0,02%	4.903	-0,02%	4.904	-0,02%
Summe	52.634	52.633		52.656		52.739	
Stadtgebiet Stuttgart	Nullfall Szenario R1	Szenario Ga		Szenario Gb		Szenario Gc	
	absolut	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
Pkw	8.290	8.286	-0,05%	8.274	-0,14%	8.163	-1,53%
Lkw	392	392	±0,00%	391	-0,26%	382	-2,55%
Summe	8.682	8.678		8.665		8.545	

Tabelle 1: Fahrleistung [1.000Fzkm/24h] in den Szenarien R1, Ga, Gb und Gc

4 Ermittlung der Wirkungen auf die Emissionen und Immissionen der Luftschadstoffe

4.1 Verkehr, Fahrzeugflotten und Emissionsfaktoren

4.1.1 Einführung

Für die immissionsseitige Berechnung der Auswirkungen der Maßnahmen werden basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten die auf den einzelnen Abschnitten freigesetzten Emissionen bestimmt und der Ausbreitungsrechnung zugeführt.

Die Informationen der fahrzeugflottenspezifischen Emissionsfaktoren im Handbuch basieren auf Emissionsmessungen an unterschiedlichen, repräsentativen Kfz mit den entsprechenden Motorenkonzepten sowie einer angesetzten Flottenzusammensetzung der Kfz in Deutschland. Für Stuttgart wurden auf der Grundlage der gemeldeten Kfz auch für das hier zu betrachtende Jahr 2010 die dynamische Flottenzusammensetzung prognostiziert (Aviso, 2009) und zur Verfügung gestellt.

Für das verkehrsbedingte Feinstaubaufkommen sind neben den „motorbedingten“ Emissionen auch „nicht motorbedingte“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Beiträge zu berücksichtigen. Dies basiert auf aktuellen Angaben der Fachliteratur.

Mithilfe des HBEFA ist bislang keine Prognose der Emissionsänderung infolge von Geschwindigkeitsbeschränkungen möglich. Für auf 30 km/h bzw. 40 km/h abgesenkte Höchstgeschwindigkeiten auf Hauptverkehrsstraßen können derzeit weder Emissionsfaktoren noch allgemein gültige Reduktionsfaktoren angegeben werden. Es gibt eine Reihe von Einflussfaktoren (Abstand der Knotenpunkte, Anbaustruktur, Ausbaugrad, Verkehrsbelegung etc.), deren Einfluss sich im Einzelfall stark voneinander unterscheidet, von denen aber das Emissionsminderungspotential in Tempo 30-Zonen stark abhängt. In Stuttgart und in weiteren Ortsbereichen in Baden-Württemberg wurden mit ausgewählten Fahrzeugen Messfahrten zur Erfassung der Fahrkurven für die genannten Geschwindigkeitsbeschränkungen durchgeführt, in Stuttgart wurden selektiv auch Online-Emissionserfassungen durchgeführt; diese Erkenntnisse werden auf das Straßennetz von Stuttgart übertragen.

4.1.2 Verkehr

Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahmen wird die für das Jahr 2010 vom Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart prognostizierte Verkehrsbelegung herangezogen. Diese Verkehrsdaten sind als Übersichtsdarstellung in Bild 21 aufgezeigt. Mit der selben Vorgehensweise wurden durch den Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart Verkehrsumlegungen für die Maßnahmen des Luftreinhalte- und Aktionsplans Stuttgart und für die Geschwindigkeitsbe-

schränkungen durchgeführt. Diese Verkehrsbelegungsdaten wurden für die Emissions- und Immissionsberechnungen zur Verfügung gestellt. Für die betrachteten Geschwindigkeitsbeschränkungen sind die Änderungen der Verkehrsbelegungsdaten nicht so intensiv, dass sie in der Netzdarstellung deutlich zu erkennen sind. Dementsprechend werden für die Straßenabschnitte an den Messstandorten in Bild 22 die Verkehrsbelegungsdaten und in Bild 23 die relativen Änderungen des Kfz- und Lkw-Aufkommens dargestellt.

Mit der Maßnahme Ga sind nur in der Umgebung der Messstelle Am Neckartor verringerte Verkehrsbelegungen abgeleitet, an den anderen Straßenabschnitten sind sie praktisch unverändert; am Arnulf-Klett-Platz sind etwas erhöhte Lkw-Fahrten prognostiziert.

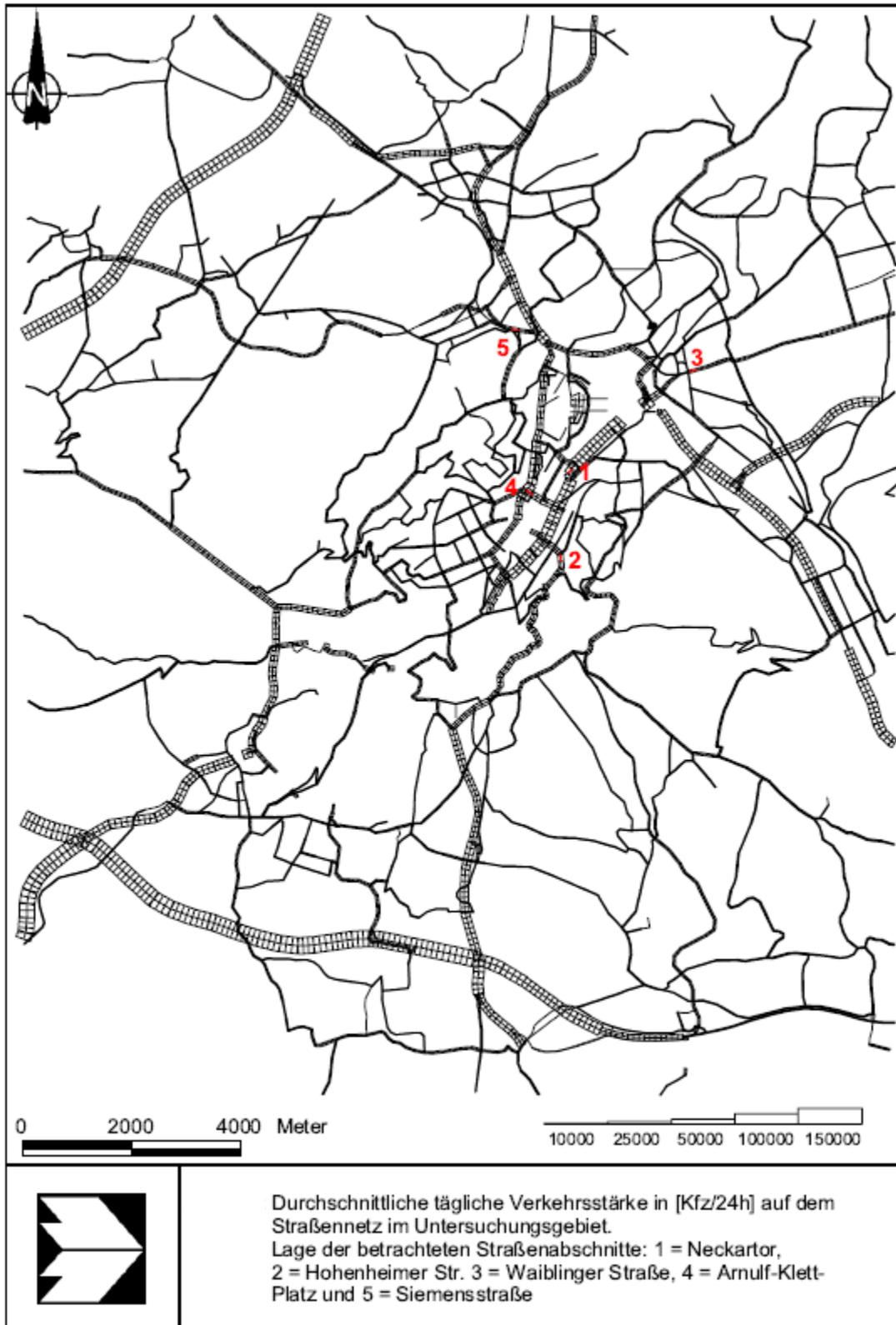


Bild 21: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet

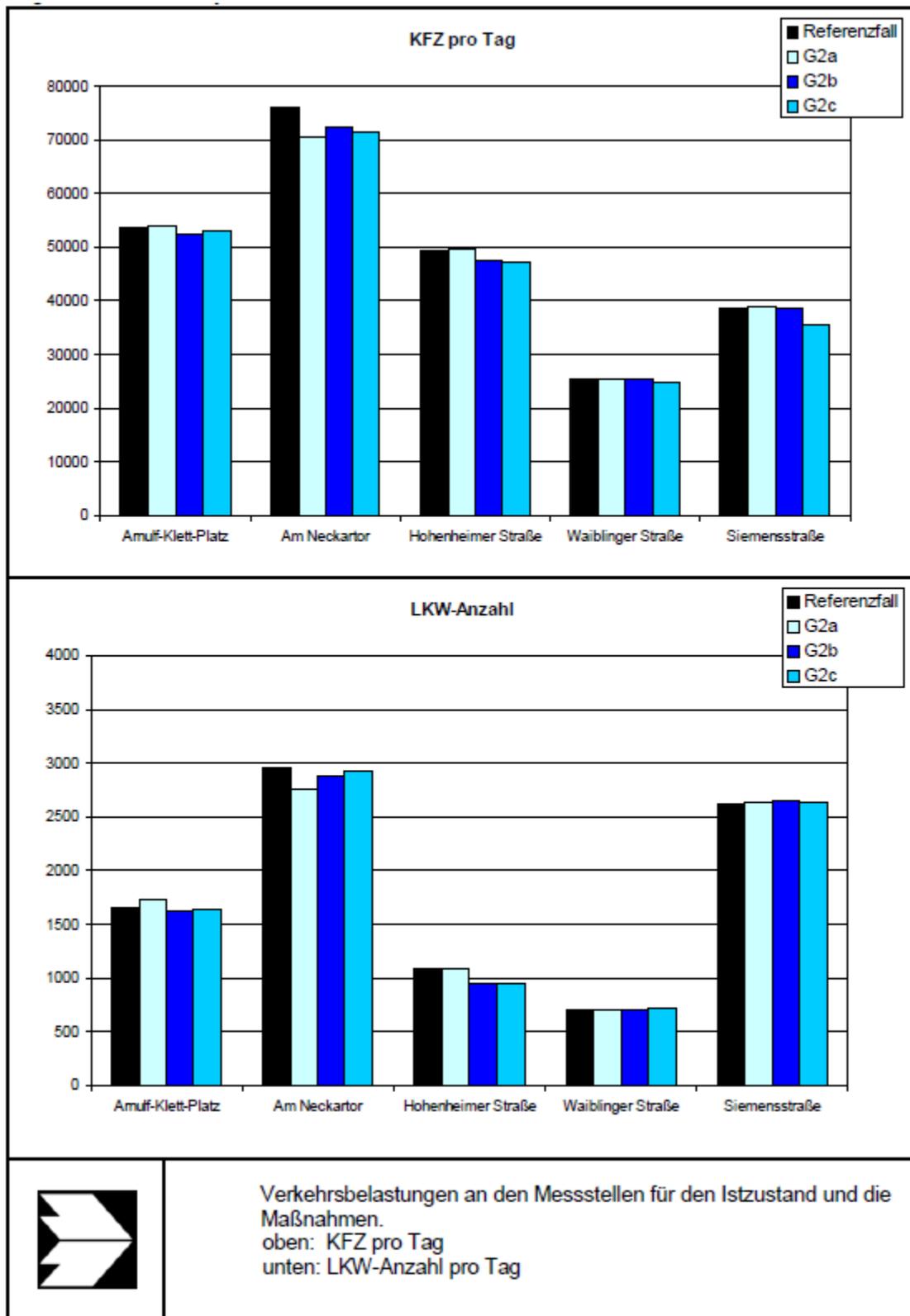


Bild 22: Verkehrsbelastungen an den Messstellen für den Istzustand und die Maßnahmen

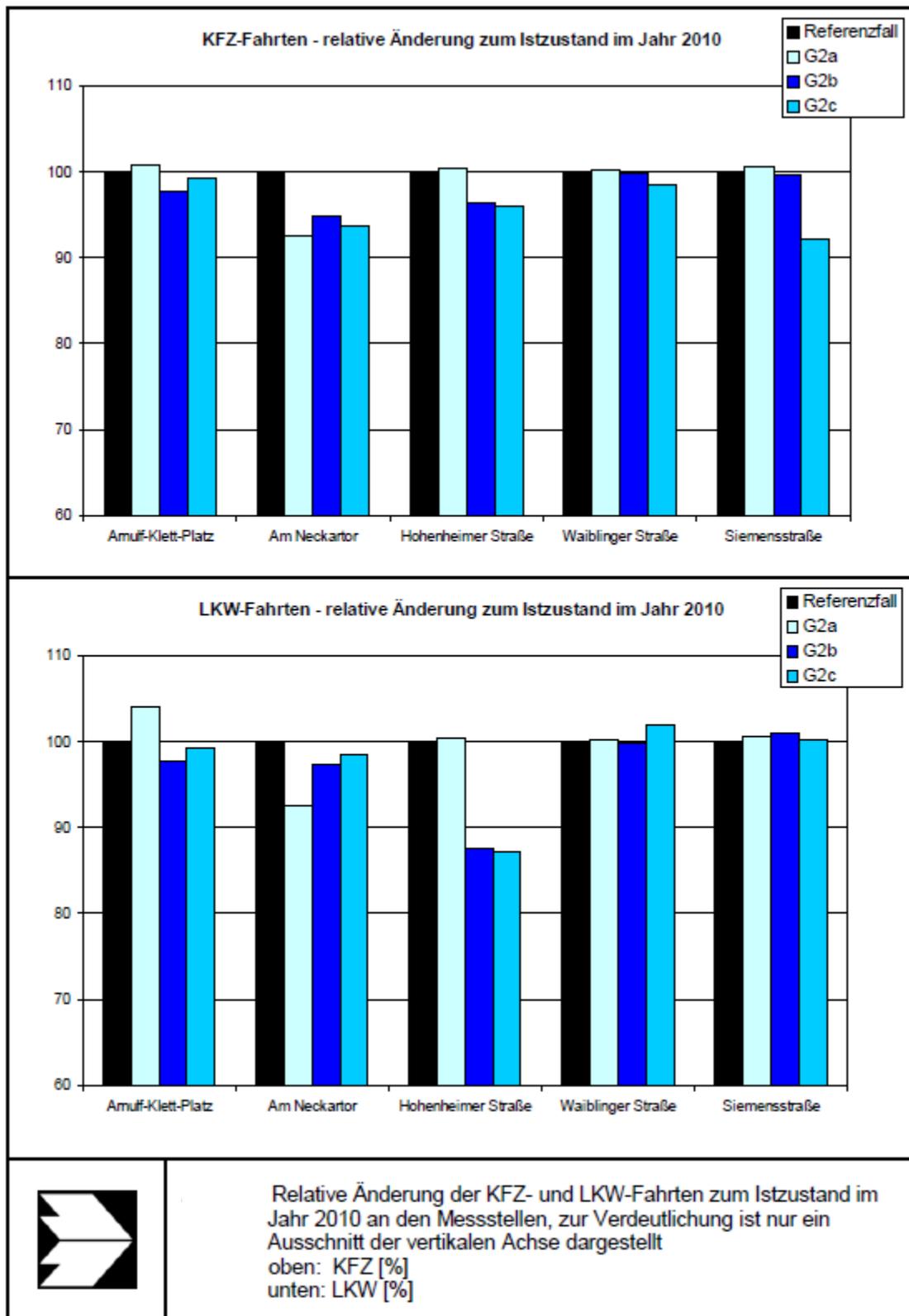


Bild 23: Relative Änderungen der Kfz- und Lkw-Fahrten zum Istzustand im Jahr 2010 an den Messstellen

Mit der Maßnahme Gb sind an den genannten Straßenabschnitten Verringerungen der Verkehrsbelegungen bis um ca. 5 %, mit der Maßnahme Gc bis um 8 % abgeleitet; die Lkw-Fahrten werden an der Hohenheimer Straße bei den Maßnahmen 2b und 2c um bis ca. 12 % verringert.

4.1.3 Emissionsfaktoren

4.1.3.1 Überblick

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Pkw, die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenantrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen.

Im Folgenden werden die Grundlagen der „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Emissionsfaktoren beschrieben, dann erfolgt die Anwendung für Stuttgart im Zusammenhang mit möglichen Emissionsminderungen.

4.1.3.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) berechnet.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugarten Pkw, INfz, Lkw und Busse im Wesentlichen ab von:

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z.B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),

- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2010) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israel et al., 1994; Gehrig et al., 2003) zu 100% der Partikelgröße kleiner 1 μm (aerodynamischer Durchmesser) und damit auch der PM10- und PM2.5-Fraktion zugeordnet werden.

Die Längsneigung der Straßen wird aus Höhenplänen, Lageplänen bzw. digitalen Geländedaten des Untersuchungsgebietes entnommen. Der Kaltstarteinfluss innerorts für Pkw bzw. INfz wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in der Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden an den Messstellen folgende Verkehrssituationen herangezogen:

- IOS-HVS50d: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
- IOS-HVS50g: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

Für die fachliche Ermittlung der emissionsseitigen Wirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 40 km/h auf Hauptverkehrsstraßen wurden im Auftrag der LUBW in Stuttgart Messfahrten durchgeführt mit dem Ziel, auf ausgewählten Streckenabschnitten im Stadtgebiet im fließenden Kfz-Verkehr mitzuschwimmen und die Fahrparameter aufzuzeichnen sowie die Emissionen zu erfassen. Auf den selben Streckenabschnitten wurden auch Messfahrten mit simuliertem Tempo 40 und Tempo 30 durchgeführt.

Für die drei Fahrstrecken Neckartor, Innenstadtring und Hohenheimer Straße wurden streckengemittelte Emissionsfaktoren für alle durchgeführten Fahrten für die einzelnen Euro-Klassen der Pkw und leichten Nutzfahrzeuge (INfz) ermittelt, ausgelesen aus dem Emissionsfaktorenberechnungsprogramm PHEM (Hausberger). Ergänzend dazu wurden Emissionsdaten für kurze Streckenabschnitte mit je einheitlichen Verkehrsverläufen zur Verfügung gestellt; diese sind für zwei Abschnitte mit freier Strecke, vier Kreuzungen und je einer freien Strecke und einer Kreuzung mit Steigung und Gefälle als Emissionsfaktoren für alle Euro-Klassen zusammengestellt.

Die Emissionsfaktoren nach Fahrzeugkonzept (Euro-Klassen) für die einzelnen Abschnitte wurden mit der Kfz-Flotte von Stuttgart und der Umweltzonenregelung Stufe 2 kombiniert. Damit wurden die Emissionsfaktoren für jeden Abschnitt und jede Fahrt berechnet. Die

Sichtung der daraus ermittelten Emissionsfaktoren zeigte markante Unterschiede im Zusammenhang mit der Tageszeit, in der der jeweilige Abschnitt befahren wurde; dementsprechend wurde unterschieden zwischen mittlerem tageszeitlichem Verkehrsaufkommen und starkem Verkehrsaufkommen (Richtung Spitzenstunde). Für insgesamt sechs typische Streckenabschnitte wurden die über die Fahrten gemittelten Emissionsfaktoren für Tempo 50, Tempo 40 und Tempo 30 abgeleitet.

Danach sind in ebenen Streckenabschnitten und in Steigungsabschnitten bei mittlerem Verkehrsaufkommen für Pkw bei T40 gegenüber T50 um 4 % bis 20 % erhöhte NO_x-Emissionen berechnet. Bei starkem Verkehrsaufkommen sind in ebenen Streckenabschnitten bei T40 gegenüber T50 um 2 % bis 18 % erhöhte Emissionen, bei Steigungsstrecken um 4 % bis 5 % geringere Emissionen berechnet. Die relativen Änderungen der NO_x-Emissionen zu T50 weichen bei den INfz von denen der Pkw ab. An ebenen freien Strecken sind für T40 Zunahmen um ca. 5%, an ebenen Kreuzungen Abnahmen um ca. 7 % gegenüber T50 abgeleitet; bei Steigungsstrecken sind Abnahmen bis um ca. 22 % und an steigenden Kreuzungen vergleichbare Emissionen ermittelt.

Für die motorbedingten Partikelemissionen sind für die Pkw in ebenen und ansteigenden Abschnitten bei T40 und mittlerem Verkehrsaufkommen Zunahmen der Emissionsfaktoren um ca. 4 % bis 8 %, bei starkem Verkehrsaufkommen in ebenen Abschnitten Zunahmen um ca. 5 % bis 22 % und bei Steigungen Abnahmen um ca. 5 % abgeleitet. Für INfz sind bei mittlerem Verkehrsaufkommen in ebenen Abschnitten bei T40 Erhöhungen der Partikel-Emissionsfaktoren gegenüber T50 um ca. 7 % bis 8 %, für Steigungen an freien Strecken Abnahmen um ca. 6 % und an Kreuzungen Zunahmen um ca. 8 % abgeleitet. Bei starkem Verkehrsaufkommen sind für INfz bei T40 in ebenen Abschnitten Erhöhungen der Partikel-Emissionsfaktoren um 2% bis 10% und bei Steigungen Abnahmen um ca. 4 % bis 9 % ermittelt.

In Baden-Württemberg wurden in weiteren Orten auch Messfahrten zur Erfassung der Fahrparameter für Lkw für T30 im Vergleich zu T50 durchgeführt, deren Ergebnisse auf der Veranstaltung „Fachgespräch Emissionen und Minderungspotenziale im Verkehrsbereich, Was bringt Tempo 30“ (Stuttgart, 21.07.2011) vorgestellt wurden (Fahrprofil-Messfahrten in Städten in Baden-Württemberg bei Tempo 30 / 50 und anschließende PHEM-Modellierung, Schneider, 2011).

Für nicht motorbedingte Partikelbeiträge des Kfz-Verkehrs sind in Bast (2010) Angaben zu Minderungswirkungen bei T30 gegenüber T50 vorgestellt.

Aus den angeführten Daten wurden vereinfacht Änderungsfaktoren für T40 im Vergleich zu T50 abgeleitet, die eine Übertragung auf das Straßennetz von Stuttgart und die hier zu betrachtenden Maßnahmen ermöglichen. Für mittlere Auslastungen und ebene Strecken werden für LV für NO_x-Emissionsfaktoren Zunahmen um 15 %, für starke Auslastungen Zunahmen um 5 % und für Strecken mit Längsneigungen Abnahmen um 5 % angesetzt, für Lkw für mittlere Auslastungen und ebene Strecken Zunahmen von 5 %, bei starken Auslastungen Abnahmen von 5% und bei Längsneigungen Abnahmen um 5 % bis 7 %. Für mo-

torbedingte Partikelemissionsfaktoren werden bei mittleren Auslastungen und ebenen Strecken für LV Zunahmen um 10 %, für starke Auslastungen Zunahmen um 5 % und für Strecken mit Längsneigungen Abnahmen um 5 % angesetzt, für Lkw bei ebenen Strecken Zunahmen von 5 % und bei Längsneigungen Abnahmen um 5 %. Die nicht motorbedingten Partikelemissionen werden bei mittlerer Auslastung mit Abnahmen um 10 %, bei starker Auslastung um 5 % angesetzt.

Die an den verkehrsnahen Messstellen in Stuttgart angesetzten Verkehrssituationen sowie die Längsneigungen der betrachteten Straßen (falls ungleich Null durch Unterstrich von den Verkehrssituationen getrennt) sind in Tabelle 2 aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA (UBA, 2010) für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen. Mit dieser Tabelle ist ein Überblick über die zu diesen Verkehrssituationen gehörenden Emissionsfaktoren in dem zu betrachtenden Bezugsjahr gegeben.

Verkehrssituation (Kürzel)	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2010					
	NO _x		Partikel (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (nur Abgas)	
	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw
IOS-HVS50d	0.413	6.081	0.033	0.35	0.0167	0.0985
IOS-HVS50d_2	0.423	5.556	0.033	0.35	0.0167	0.0987
IOS-HVS50d_6	0.443	5.501	0.033	0.35	0.0170	0.1000
IOS-HVS50g_6	0.488	6.156	0.035	0.5	0.0181	0.1064
T-IOHVS50d	0.433	5.777	0.031	0.33	0.0175	0.1034
T-IOHVS50d_2	0.402	5.167	0.031	0.33	0.0159	0.0938
T-IOHVS50d_6	0.464	5.725	0.031	0.33	0.0172	0.1010
T-IOHVS50g_6	0.472	6.014	0.033	0.47	0.0177	0.0997

Tabelle 2: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an den verkehrsnahen Messstellen für das Bezugsjahr 2010 nach HBEFA unter Berücksichtigung der Flotte für Stuttgart und der geltenden Umweltzone sowie für Tempolimit auf Hauptverkehrsstraßen (T)

4.1.3.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten, sie sind auch derzeit nicht mit zufriedenstellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub in Anlehnung an BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2011) verwendet.

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln wird mit der angesetzten Hintergrundbelastung berücksichtigt, soweit dieser Prozess in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen relevant wird. Für die kleineren Entfernungen sind die sekundären Partikel in den aus Immissionsmessungen abgeleiteten nicht motorbedingten Emissionsfaktoren enthalten.

4.2 Auswirkungen der Maßnahmen innerhalb des Stadtgebiets von Stuttgart

4.2.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte

Basierend auf den o.g. Flotten- und Emissionsdaten werden die Emissionen für die Hauptverkehrsstraßen in Stuttgart berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden auf die Straßenabschnitte, an denen Immissionsmessdaten in den letzten Jahren vorliegen. Seit Januar 2004 werden in Stuttgart neben der verkehrsbezogenen Messstation Stuttgart-Mitte Straße, Arnulf-Klett-Platz, auch so genannte Spot-Messungen an vier weiteren Hauptverkehrsstraßen durch die LUBW durchgeführt. Damit werden folgende Straßenabschnitte in Stuttgart im Hinblick auf die Emissionen und Immissionen betrachtet:

- Am Neckartor,
- Hohenheimer Straße,
- Waiblinger Straße,
- Stuttgart-Mitte Straße (Arnulf-Klett-Platz) und
- Siemensstraße (Messung bis 2007).

Mit den in Kapitel 4.1 aufgeführten Auswertungen der Emissionsfaktoren durch Modifizierungen der Flotte werden folgend die Emissionen der genannten Streckenabschnitte für das Bezugsjahr 2010 mit den jeweiligen Maßnahmen aufgeführt. In den Maßnahmenfällen ist die Geschwindigkeitsbeschränkung mit dauerhafter Kontrolle auf der Cannstatter Straße auf 50 km/h berücksichtigt.

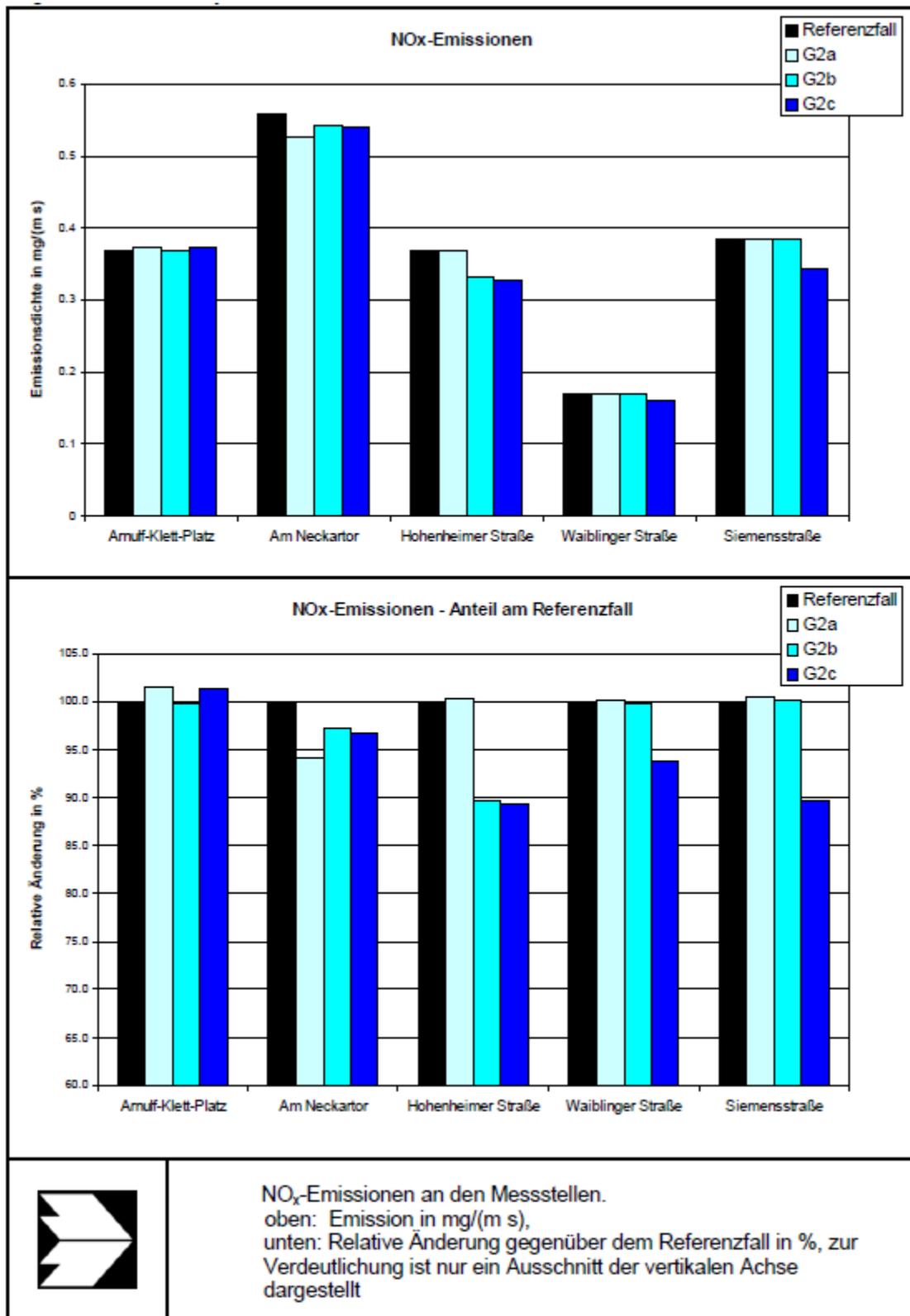
Die berechneten Emissionen sind in Tabelle 3 und als relative Darstellungen, bezogen auf die Emissionsmodellierung des Ausgangszustandes im Bezugsjahr 2010, in Bild 24 aufgezeigt, wobei zur Verdeutlichung der Änderungen nur ein Ausschnitt der vertikalen Achse (Prozente) gewählt wurde. Bei den Darstellungen sind die Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Partikelemissionen sowie die NO_x-Emissionen betrachtet. Die räumliche Verteilung der verkehrsbedingten Emissionen ist im Anhang A3 aufgezeigt.

NO_x in [g/(km d)]				
	2010 Istzustand	Ga	Gb	Gc
Spot Neckartor	48 168	45 360	46 812	46 587
Spot Hohenheimer Straße	31 795	31 873	28 512	28 382
Spot Waiblinger Straße	14 610	14 636	14 593	13 694
S-Arnulf-Klett-Platz	31 769	32 270	31 735	32 193
Spot Siemensstraße	33 126	33 299	33 160	29 704
Partikel in [g/(km d)]				
	2010 Istzustand	Ga	Gb	Gc
Spot Neckartor	5 061	4 565	4 703	4 670
Spot Hohenheimer Straße	3 342	3 351	2 999	2 985
Spot Waiblinger Straße	1 589	1 592	1 587	1 483
S-Arnulf-Klett-Platz	3 412	3 457	3 250	3 298
Spot Siemensstraße	3 032	3 048	3 032	2 707

Tabelle 3: Berechnete Emissionen für das Bezugsjahr 2010 und die jeweiligen Maßnahmen in Gramm pro km und Tag

Entsprechend den Zusammensetzungen der Verkehrsbelegungsdaten und der Verkehrssituationen zeigen sich an den fünf Straßenabschnitten deutlich unterschiedliche Emissionen (Tabelle 3). Die relativen Änderungen bezogen auf den Ausgangszustand weisen zwischen den dargestellten Abschnitten für die Variante Ga nur am Neckartor Abnahmen auf (Bild 24). Für die Maßnahmen Gb und Gc zeigen sich aus der Kombination mit den Auswirkungen auf die Verkehrsbelegung und die verringerte Geschwindigkeit teilweise Emissionsminderungen, sodass gegenüber dem Referenzzustand 2010 vereinzelt noch 90 % der NO_x-Emissionen, sonst vergleichbare Emissionen zu erwarten sind.

Die PM10-Emissionen weisen in den betrachteten Straßenabschnitten gegenüber dem Referenzzustand 2010 für die Variante Ga nur am Neckartor Abnahmen auf (Bild 25). Für die Maßnahmen Gb und Gc zeigen sich aus der Kombination mit den Auswirkungen auf die Verkehrsbelegung und die verringerte Geschwindigkeit teilweise Emissionsminderungen, sodass gegenüber dem Referenzzustand 2010 vereinzelt noch 90 % der PM10-Emissionen bzw. vergleichbare Emissionen zu erwarten sind. Bei den PM10-Emissionen ist zu beachten, dass auch eine Berücksichtigung des nicht motorbedingten Anteils durch die betrachteten Maßnahmen erfolgte. Die „nicht motorbedingten“ Beiträge der PM10-Belastungen sind überwiegend der größeren Fraktion zuzuschreiben und damit gegenüber den sehr feinen motorbedingten Partikeln weniger lungengängig.

Bild 24: NO_x-Emissionen an den Messstellen

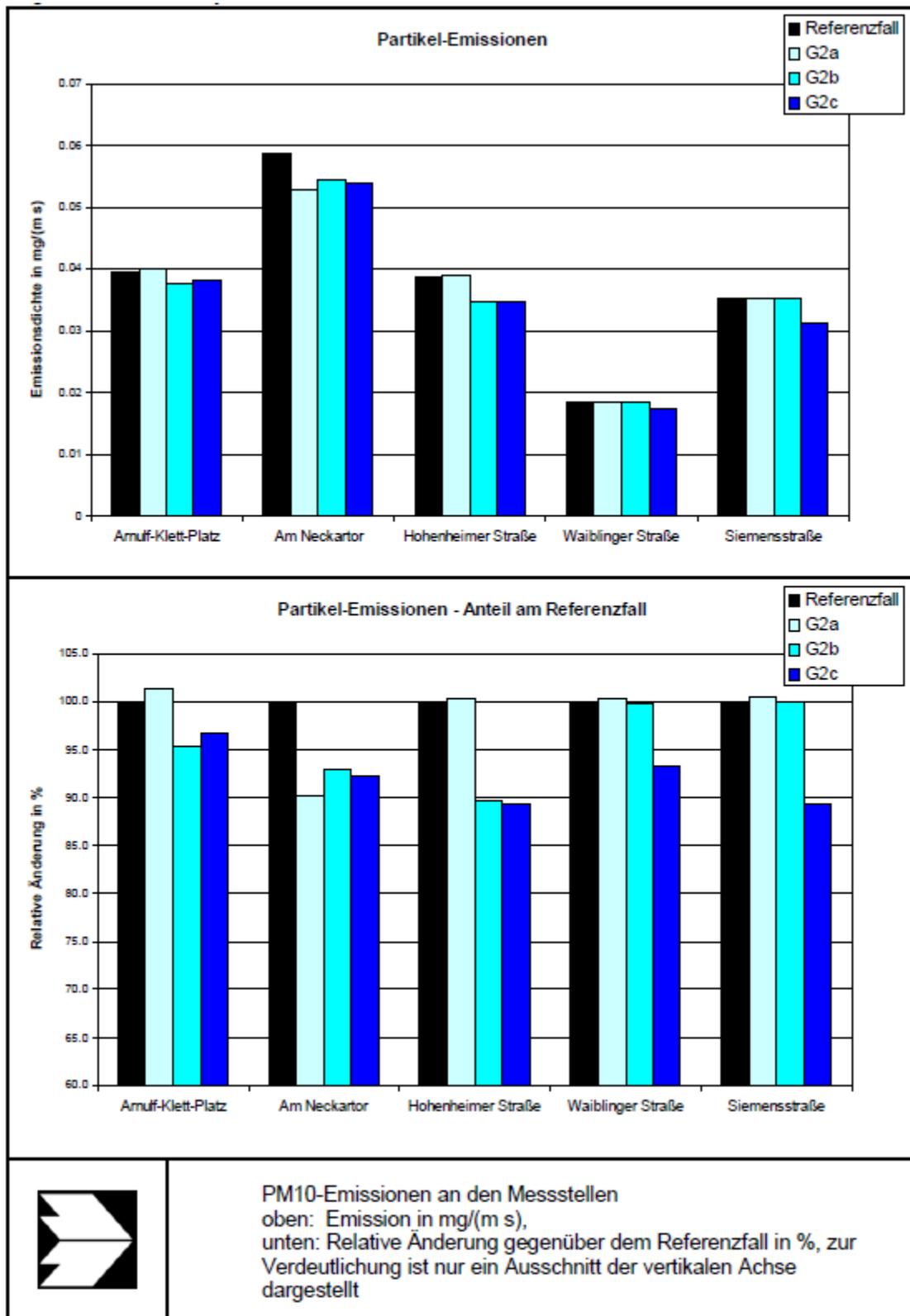


Bild 25: PM10-Emissionen an den Messstellen

4.2.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen

Neben den Stationen

- Am Neckartor,
- Hohenheimer Straße,
- Waiblinger Straße,
- Stuttgart-Mitte Straße (Arnulf-Klett-Platz) und
- Siemensstraße (Messung bis 2007)

liegen weiterhin Messdaten der städtischen Stationen Stuttgart Bad-Cannstatt und Stuttgart-Zuffenhausen vor. Die Messdaten der von der Stadt Stuttgart betriebenen Station Schwabenzentrum, die Immissionen über dem innerstädtischen Dachniveau erfasst, werden ebenfalls einbezogen.

Tabelle 4 zeigt eine Zusammenstellung der Messdaten in Stuttgart der letzten Jahre. An den Messdaten ist zu erkennen, dass die höchsten Immissionen an der Station Am Neckartor erfasst werden und dass auch an den anderen Straßenmessstationen teilweise hohe Belastungen auftreten. Die Messdaten der Station Stuttgart-Bad Cannstatt liegen unter denen der anderen Stuttgarter Messstationen.

Die Station Stuttgart-Bad Cannstatt wird als städtische Hintergrundstation (UBA-Katalog) eingestuft, obwohl eine Straße (Gnesener Straße) mit über 20 000 Kfz pro Tag wenige Meter daran vorbeiführt. Die Station Stuttgart-Zuffenhausen ist als städtisches Gebiet mit Verkehrseinfluss eingestuft und repräsentiert damit nicht die städtische Hintergrundbelastung.

Für die Anwendung der vorgestellten Emissionsermittlung und der darauf aufbauenden Maßnahmen werden entsprechend der Vorgehensweise der vorangegangenen Gutachten (Lohmeyer, 2003, 2005) Ausbreitungsrechnungen mit dem Berechnungsverfahren PROKAS und dem Bebauungsmodul PROKAS_B durchgeführt. Die in den Berechnungen anzusetzende Hintergrundbelastung wird aus dem Vergleich der Berechnungs- und Messergebnisse der städtischen Stationen Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Zuffenhausen abgeleitet und dann auf die verkehrsbeeinflussten Stationsstandorte angewendet, um einen Vergleich zwischen den Mittelwerten der Messdaten und den Berechnungsergebnissen zu erhalten.

Schadstoffkomponente	Stationen	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
NO ₂ -Jahresmittel in µg/m ³	Bad Cannstatt	33	33	34	33	33	34	29
	Zuffenhausen	40	42	46	43	42	46	42
	Stuttgart Zentrum	43	50	53	28	26	32	37
	Arnulf-Klett-Platz	77	74	83	75	74	76	71
	Am Neckartor	106	119	121	106	106	112	94
	Hohenheimer Str.	89	96	104	97	98	109	100
	Siemensstraße	97	97	93	90	-	-	-
	Waiblinger Straße	66	82	-	68	-	67	66
NO ₂ -98-Perzentil in µg/m ³	Bad Cannstatt	79	79	89	80	78	84	78
	Zuffenhausen	104	101	116	106	105	114	100
	Stuttgart Zentrum	-	-	-	-	-	-	-
	Arnulf-Klett-Platz	156	150	173	153	149	152	144
	Am Neckartor	243	252	254	226	221	235	203
	Hohenheimer Str.	196	201	242	220	217	241	-
	Siemensstraße	213	210	198	201	-	-	-
PM10-Jahresmittel in µg/m ³	Bad Cannstatt	23	24	26	23	19	20	21
	Zuffenhausen	27	28	29	23	21	23	23
	Stuttgart Zentrum	22	24	25	21	19	19	20
	Arnulf-Klett-Platz	34	35	37	31	27	26	33
	Am Neckartor	51	55	55	44	41	45	44
	Hohenheimer Str.	36	38	40	35	30	32	32
	Siemensstraße	37	37	42	36	-	-	-
	Waiblinger Straße	36	-	40	32	30	31	31
PM10-Überschreitungen (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	Bad Cannstatt	14	12	30	16	11	15	15
	Zuffenhausen	29	26	35	21	11	19	20
	Stuttgart Zentrum	7	7	21	6	-	-	6
	Arnulf-Klett-Platz	42	37	47	32	14	19	40
	Am Neckartor	160	187	175	110	89	112	102
	Hohenheimer Str.	58	62	86	52	21	43	43
	Siemensstraße	63	51	81	60	-	-	-
	Waiblinger Straße	65	-	76	40	33	38	39

Tabelle 4: Messdaten an den Messstationen in Stuttgart. Quelle LUBW (2005 bis 2010), Stadt Stuttgart (2005 bis 2011)

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für die Stationen in Stuttgart sind basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten für das Netz 2010 und den Emissionsfaktoren für das Jahr 2010 in Tabelle 5 aufgeführt. Die berechneten NO₂-Belastungen weisen an den städti-

schen Stationen und an den Straßenmessstationen überwiegend gute Übereinstimmungen mit den Messdaten auf; an einigen Straßenmessstationen sind Abweichungen zu den Messdaten berechnet. Für die NO₂-Jahresmittel sind an allen Straßenmessstellen Überschreitungen des zukünftigen Grenzwertes von 40 µg/m³ berechnet; dort weisen auch die Messdaten Überschreitungen aus. Entsprechend den Anforderungen der 39. BImSchV an die Genauigkeit der Modellrechnungen wird für die Station Spot-Hohenheimer Straße diese Anforderung nicht ganz eingehalten.

Die berechneten PM10-Jahresmittelwerte weisen an den Straßenmessstellen eher eine Überschätzung der Messwerte auf. An einer der Messstationen ist eine Überschreitung des Grenzwertes von 40 µg/m³ gemessen und die Berechnungen weisen auch an dieser PM10-Messstation Überschreitungen aus. Entsprechend den Anforderungen der 39. BImSchV an die Genauigkeit der Modellrechnungen werden diese an allen betrachteten Standorten eingehalten.

	NO ₂ - Jahresmittelwert [µg/m ³]	NO ₂ -98- Perzentilwert [µg/m ³]	PM10- Jahresmittelwert [µg/m ³]	PM10-Über- schreitungstage [Anzahl]
S-Bad Cannstatt	33	73	19	10
S-Zuffenhausen	42	104	22	15
SPOT-Neckartor	95	236	46	125
SPOT-Hohenheimer Str.	64	157	31	45
SPOT-Waiblinger Str.	53	106	27	29
S-Arnulf-Klett-Platz	68	159	34	56
SPOT-Siemensstr.	84	187	37	76

Tabelle 5: Berechnete Immissionen an den Messstationen in Stuttgart

Mit der selben Vorgehensweise wurden basierend auf den prognostizierten Verkehrsbelegungsdaten für das Jahr 2010 Immissionsberechnungen für die genannten Maßnahmen und Jahre durchgeführt. Die Ergebnisse werden zusammenfassend für die genannten Straßenabschnitte als relative Änderungen dargestellt, um die Auswirkungen der Maßnahmen und der zeitlichen Entwicklungen der Kfz-Flotte auf die Gesamtbelastungen zu beschreiben.

In Bild 26 ist der relative Vergleich der berechneten NO₂-Belastungen für das Jahr 2010 sowie für die Maßnahmen aufgezeigt. An der Messstelle Am Neckartor sind gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme Ga ca. 96 %, an den anderen Messstellen unveränderte NO₂-Immissionen zu erwarten. Mit der Maßnahme Gb sind 95 % bis unveränderte und mit der Maßnahme Gc 94 % bis 99% der NO₂-Immissionen des Referenzzustandes berechnet. Im Anhang A2 sind die berechneten NO₂-Immissionen für die Maßnahmen für alle Hauptverkehrsstraßen grafisch dargestellt.

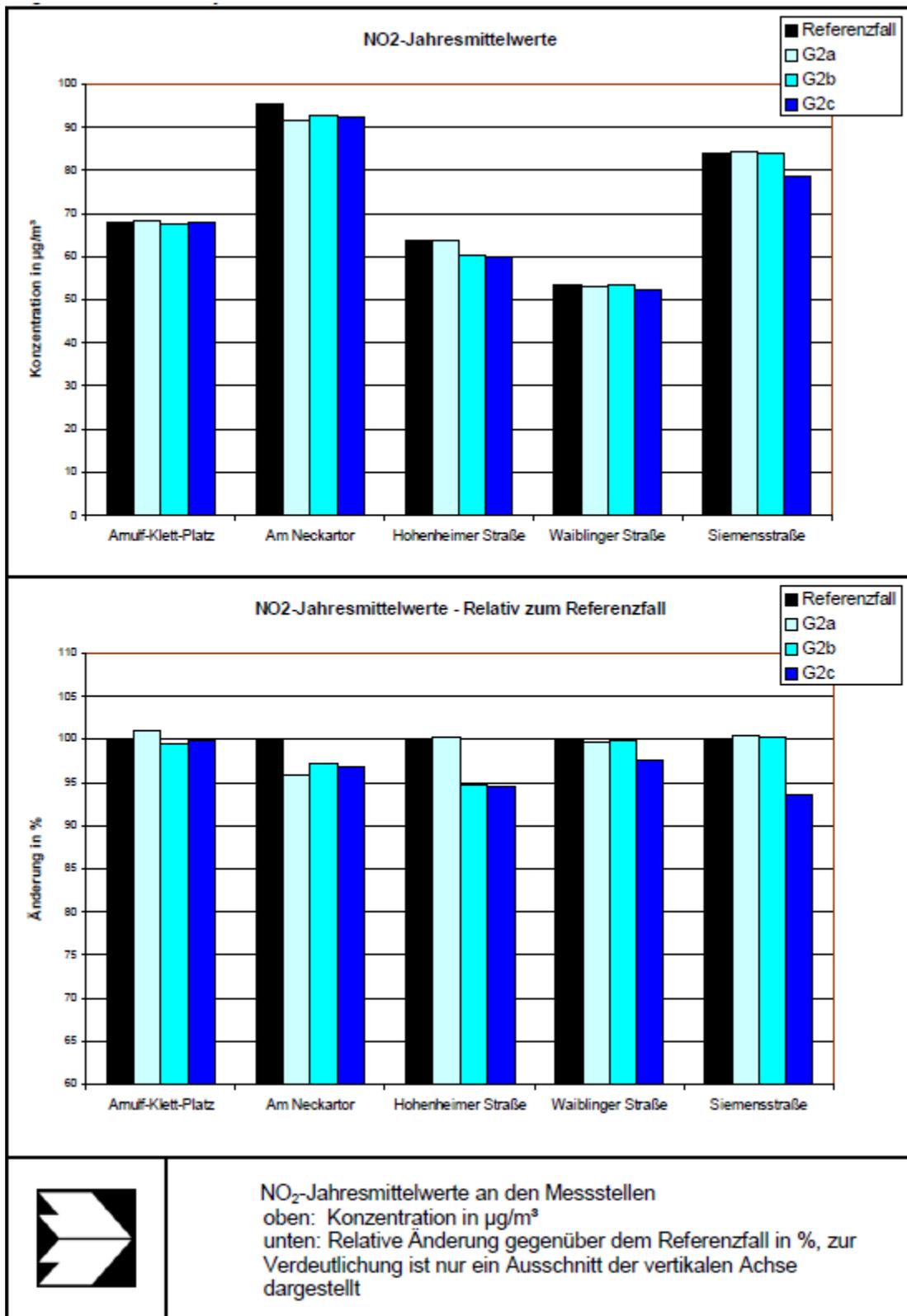


Bild 26: NO₂-Jahresmittelwerte an den Messstellen

Ergänzend ist anzumerken, dass die beschriebenen Änderungen der NO₂-Immissionen eine Überlagerung der Auswirkungen durch Verkehrsverlagerungen und modifizierten Emissionsgrundlagen durch die Einführung von Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 40 km/h auf Hauptverkehrsstraßen darstellen. Für NO₂-Immissionen tragen die Emissionsgrundlagen an den Standorten Am Neckartor und Arnulf-Klett-Platz zu einer Erhöhung um ca. 1 %, an der Waiblinger Straße zu einer Verringerung um ca. 2 %, an der Hohenheimer Straße zu einer Verringerung um ca. 3 % und an der Siemensstraße zu einer Minderung um ca. 4 % bei.

In Bild 27 ist der relative Vergleich der an den Messstellen berechneten PM10-Belastungen für das Jahr 2010 sowie für die Maßnahmen aufgezeigt. An der Messstelle Am Neckartor sind gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme Ga ca. 95 %, an den anderen Messstellen unveränderte PM10-Immissionen zu erwarten. Mit der Maßnahme Gb sind Verringerungen der PM10-Immissionen Am Neckartor auf ca. 97 % und an der Hohenheimer Straße auf ca. 95 % des Referenzzustandes, mit der Maßnahme Gc an den Abschnitten auf 94 % bis 98 % des Referenzzustandes berechnet. Im Anhang A2 sind die berechneten PM10-Immissionen für die Maßnahmen für alle Hauptverkehrsstraßen grafisch dargestellt.

Ergänzend ist anzumerken, dass die beschriebenen Änderungen der PM10-Immissionen eine Überlagerung der Auswirkungen durch Verkehrsverlagerungen und modifizierten Emissionsgrundlagen durch die Einführung von Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 40 km/h auf Hauptverkehrsstraßen darstellen; für PM10-Immissionen tragen die Emissionsgrundlagen an der Messstelle Arnulf-Klett-Platz zu einer Minderung um ca. 1 %, Am Neckartor und an der Waiblinger Straße zu einer Verringerung um ca. 2 % und an der Hohenheimer Straße und Siemensstraße zu einer Minderung um ca. 3 % bei.

Die Betrachtungen für Feinstaub werden hinsichtlich der Auswirkungen auf die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ entsprechend Bild A1.1 auch auf die Messdaten übertragen. Bild 28 zeigt die relative Änderung der Tage der Überschreitungen. An der Messstelle Am Neckartor sind gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme Ga ca. 88 %, an den anderen Messstellen praktisch unveränderte PM10-Überschreitungstage zu erwarten. Mit der Maßnahme Gb sind an mehreren Messstellen Verringerungen der PM10-Überschreitungstage auf ca. 87 % bis 91 % und mit der Maßnahme Gc auf ca. 84 % bis 93 % des Referenzzustandes berechnet.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass entsprechend den Ansätzen für die Emissionsberechnungen bei Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Hauptverkehrsstraßen ein gewisses Minderungspotenzial der verkehrsbedingten Schadstoffbeiträge besteht, insbesondere wenn sich diese Beschränkungen auch auf die Verkehrsbelegungen auswirken.

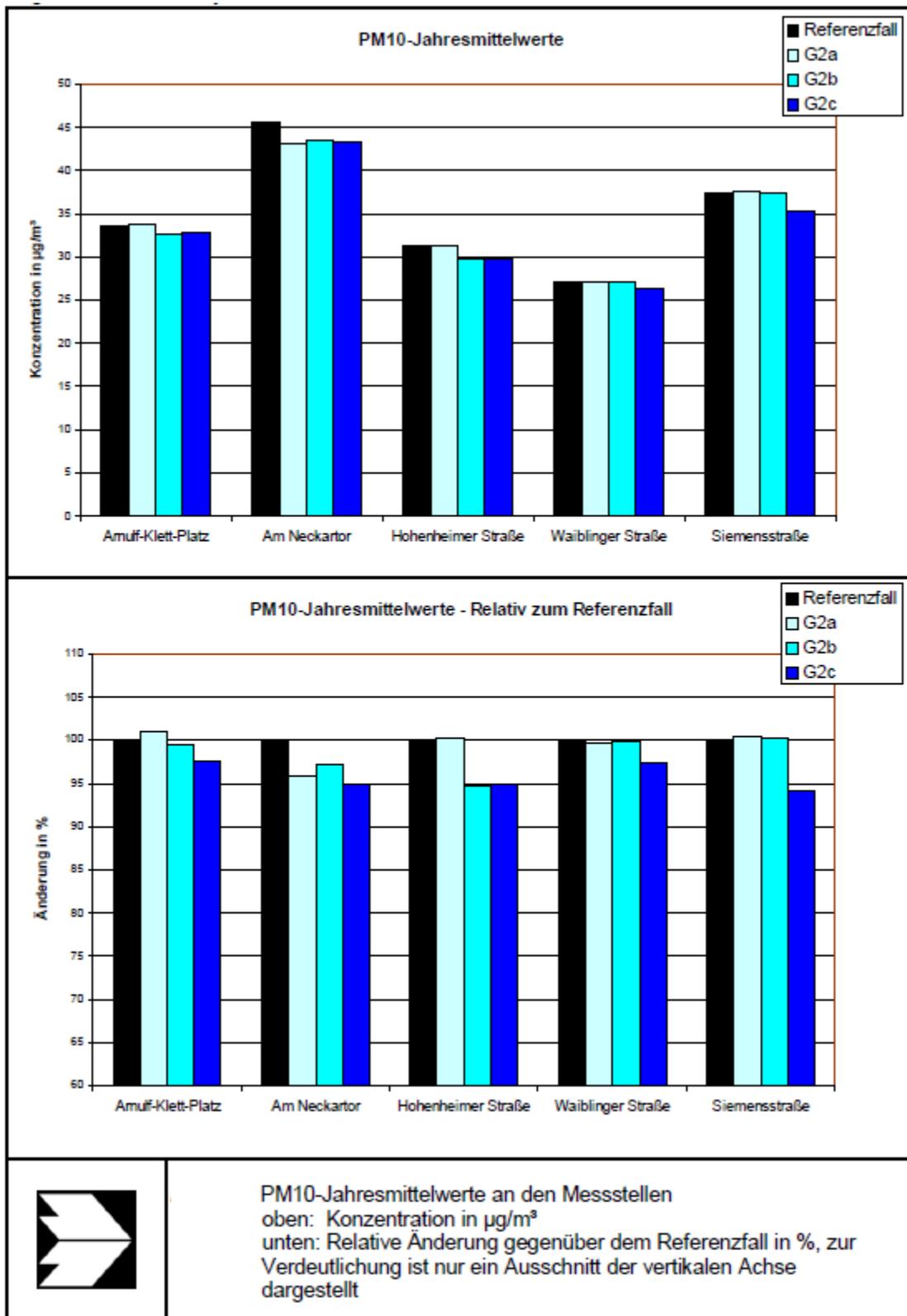


Bild 27: PM10-Jahresmittelwerte an den Messstellen

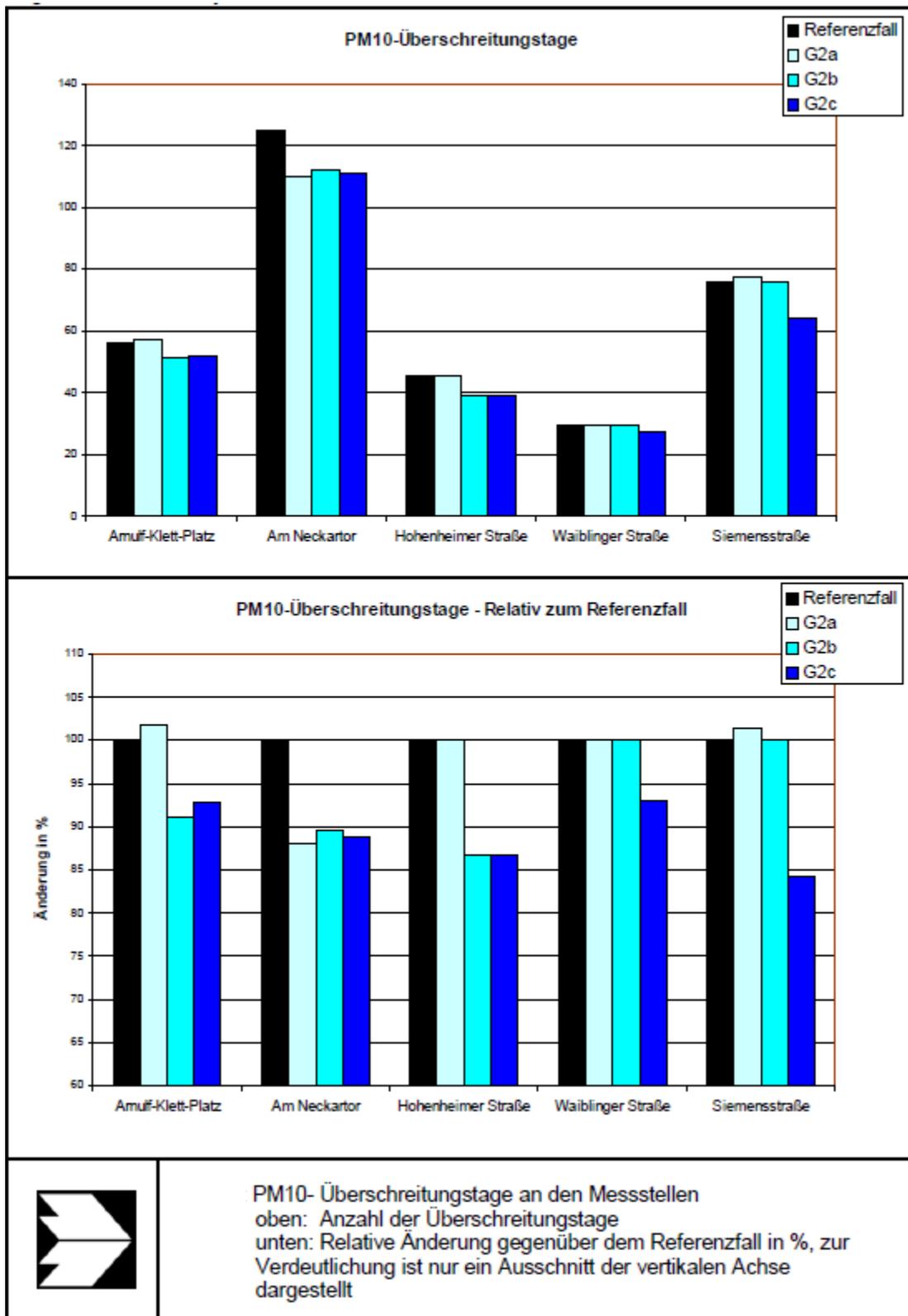


Bild 28: PM10-Überschreitungstage an den Messstellen

4.3 Betrachtungen außerhalb des Stadtgebiets von Stuttgart

Die Ergebnisse der Verkehrsumlegungsrechnungen für die unterschiedlichen Szenarien der Einführung einer Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h auf Hauptverkehrsstraßen in Stuttgart zeigen teilweise auch Verkehrsbelegungsänderungen auf Straßen außerhalb der Gemarkung von Stuttgart. Dementsprechend sind hier ergänzend für ausgewählte Ortsdurchfahrten die Änderungen der verkehrsbedingten Emissionen und Immissionen aufzuzeigen. Betrachtet werden folgende Straßenabschnitte:

1. Ludwigsburg, Friedrichstraße, an der Messstelle
2. Remseck-Aldingen, Neckarstraße, zwischen Kornwestheimer Straße und Brückenstraße
3. Waiblingen-Hegnach, Neckarstraße, Einmündung Hauptstraße
4. Fellbach, Schorndorfer Straße, Einmündung Waiblinger Straße
5. Kernen-Stetten, Lange Straße, Einmündung Rotenbergstraße
6. Esslingen, Rotenackerstraße, Einmündung Kennenburger Straße

Basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten wurden damit auch für Bereiche außerhalb des Stadtgebietes der Landeshauptstadt Stuttgart die Emissionen für NO_x und Partikel für den Referenzzustand und die Maßnahmen berechnet.

Für die genannten Straßenabschnitte in den Ortsbereichen außerhalb des Stadtgebietes von Stuttgart sind die berechneten verkehrsbedingten Emissionen für NO_x in Bild 29 dargestellt. Daran ist einerseits abzulesen, dass sich aufgrund der Verkehrsstärke zwischen den Ortsdurchfahrten deutliche Unterschiede der Schadstofffreisetzungen ergeben und andererseits die Änderungen der Emissionen an den dargestellten Ortsdurchfahrten moderat sind. Dies wird verdeutlicht mit der Darstellung der relativen Änderung zum Referenzzustand (Bild 29 unten). Danach sind mit der geringen räumlichen Ausdehnung der Tempo-40 Bereiche in Stuttgart (Maßnahmen Ga und Gb) an den betrachteten Ortsdurchfahrten Änderungen der NO_x -Emissionen um weniger als 6 % zu erwarten; mit der Einführung von Tempo 40 km/h auf den Hauptverkehrsstraßen in Stuttgart sind an den betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen der NO_x -Emissionen bis auf 126 % berechnet.

Für die verkehrsbedingten Partikelemissionen zeichnen sich vergleichbare Änderungen ab (Bild 30). Danach sind mit der geringen räumlichen Ausdehnung der Tempo-40 Bereiche in Stuttgart (Maßnahmen Ga und Gb) an den betrachteten Ortsdurchfahrten Änderungen der Partikel-Emissionen um weniger als 5 % zu erwarten; mit der Einführung von Tempo 40 km/h auf den Hauptverkehrsstraßen in Stuttgart sind an den betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen der Partikel-Emissionen bis auf 125 % berechnet.

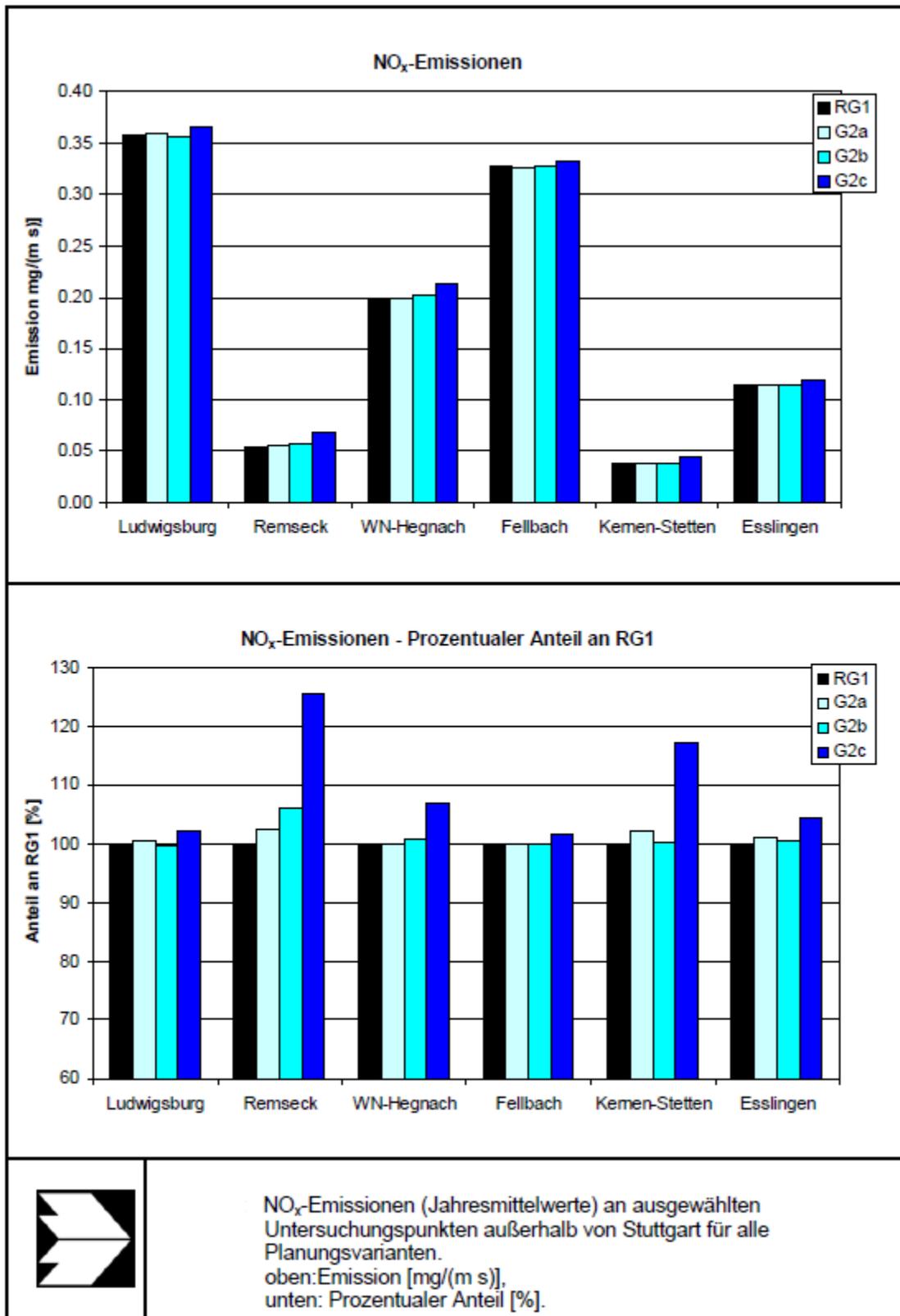


Bild 29: NO_x-Emissionen (Jahresmittelwerte) an ausgewählten Untersuchungspunkten außerhalb von Stuttgart für alle Szenarien

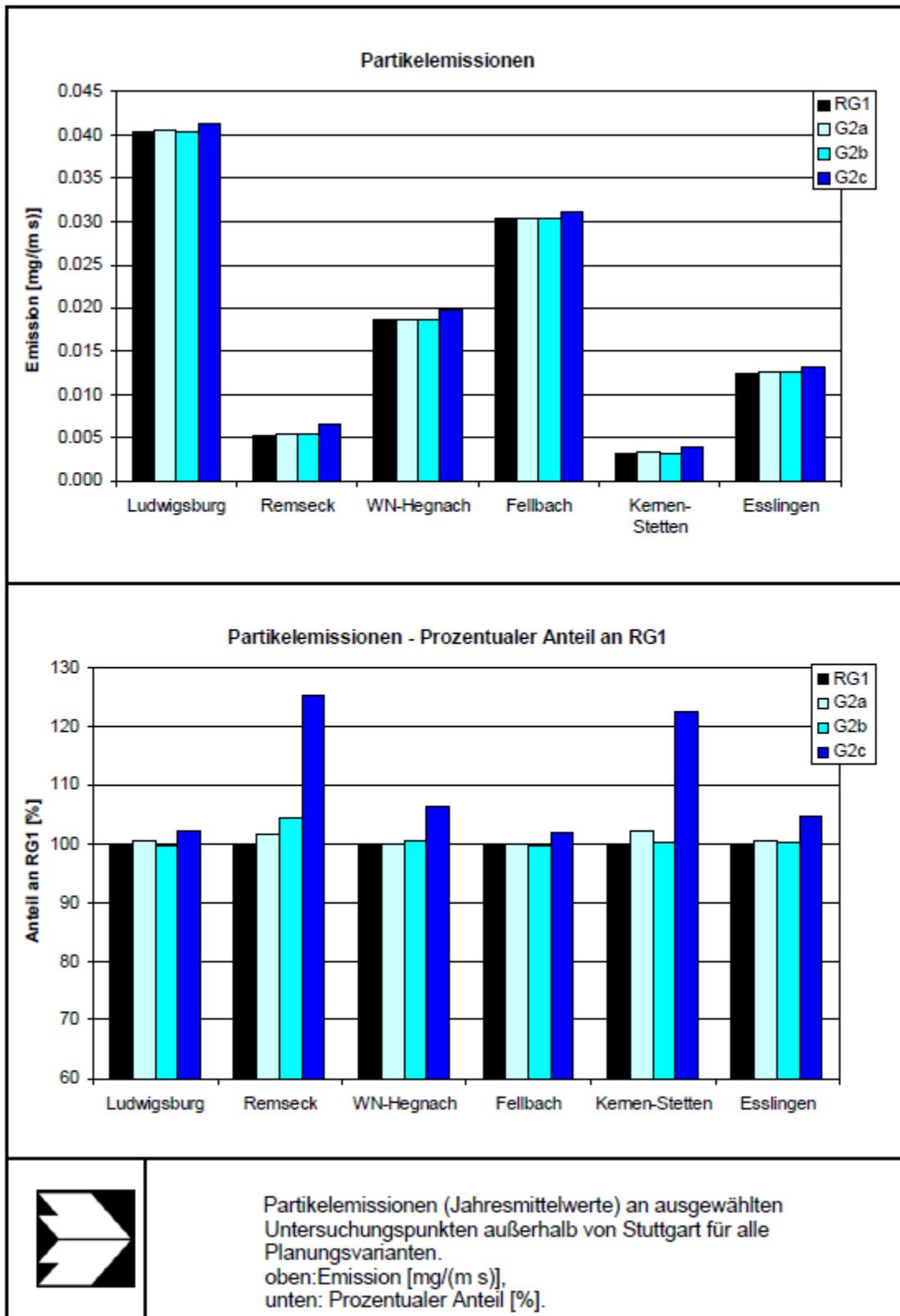


Bild 30: Partikelemissionen (Jahresmittelwerte) an ausgewählten Untersuchungspunkten außerhalb von Stuttgart für alle Szenarien

Für die genannten Ortsdurchfahrten wurden unter Berücksichtigung der örtlichen Windverhältnisse, die durch nahe gelegene Windmessdaten bzw. die synthetischen Windstatistiken für Baden-Württemberg (www.LUBW.baden-wuerttemberg.de) vorliegen, und der typisierten Straßenrandbebauung die Immissionen berechnet. In Bild 31 sind die berechneten NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) sowie die relativen Änderungen gegenüber dem Referenzzustand dargestellt. Danach sind nur an der Ortsdurchfahrt von Kernen-Stetten NO₂-Immissionen unter 40 µg/m³ berechnet, an allen anderen Ortsdurchfahrten sind NO₂-Immissionen über 40 µg/m³, teilweise deutlich darüber ermittelt. Die relativen Änderungen der NO₂-Immissionen bedingt durch die betrachteten Maßnahmen sind in Bild 31 unten dargestellt und weisen Änderungen unter 5 %, überwiegend unter 2 % auf.

In Bild 32 sind die berechneten PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) sowie die relativen Änderungen gegenüber dem Referenzzustand dargestellt. Danach sind nur an der Ortsdurchfahrt von Ludwigsburg PM10-Immissionen über 29 µg/m³ berechnet, an allen anderen Ortsdurchfahrten sind PM10-Immissionen unter 29 µg/m³ ermittelt; danach sind dort keine Überschreitungen der PM10-Kurzzeitbelastung, die aus dem Schwellenwert des PM10-Jahresmittelwertes von 29 µg/m³ abgeleitet wird (siehe Kapitel A1.5), berechnet. Die relativen Änderungen der PM10-Immissionen bedingt durch die betrachteten Maßnahmen sind in Bild 32 unten dargestellt und weisen Änderungen unter 3 %, überwiegend unter 1 % auf.

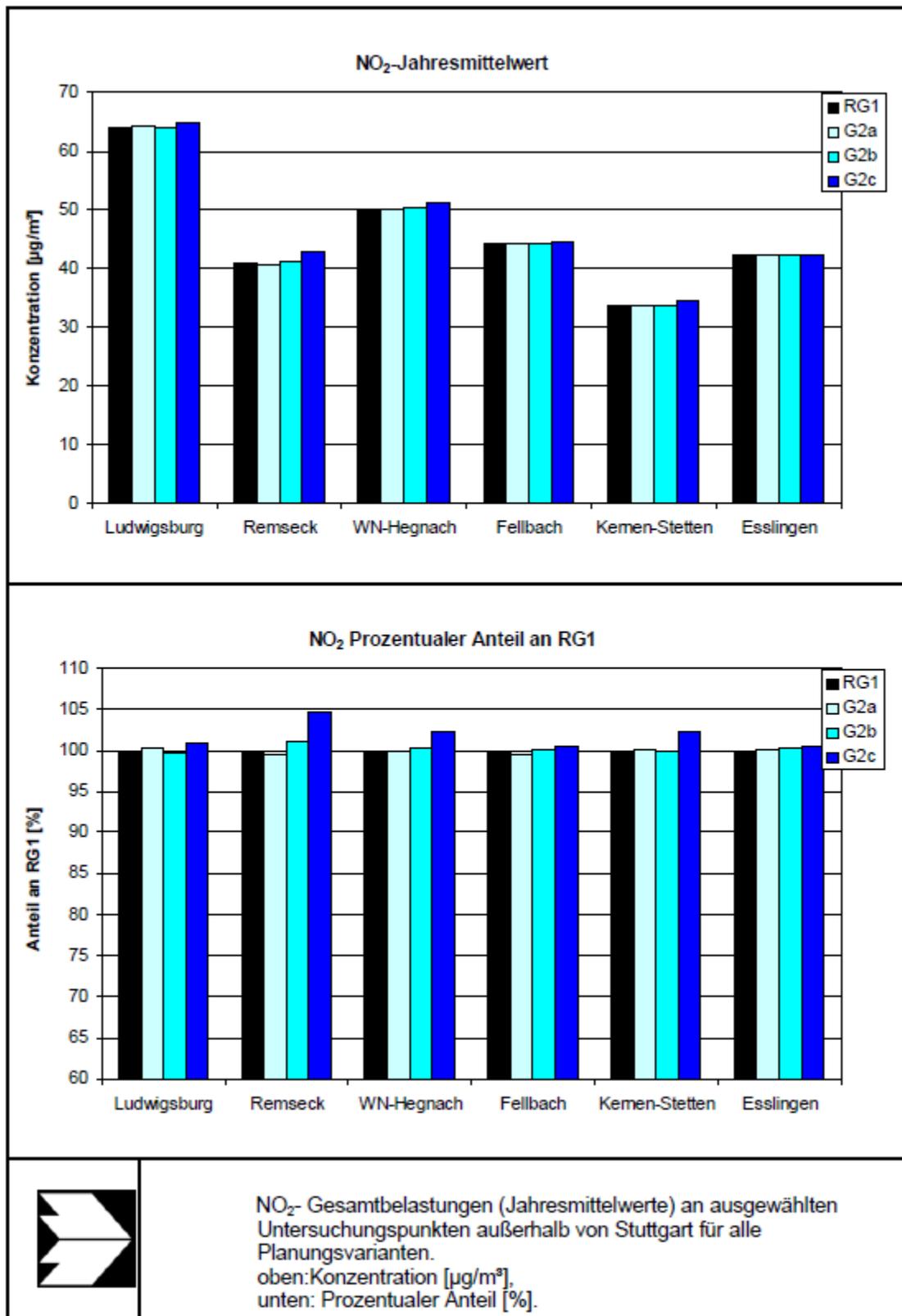


Bild 31: NO₂-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwerte) an ausgewählten Untersuchungspunkten außerhalb von Stuttgart für alle Szenarien

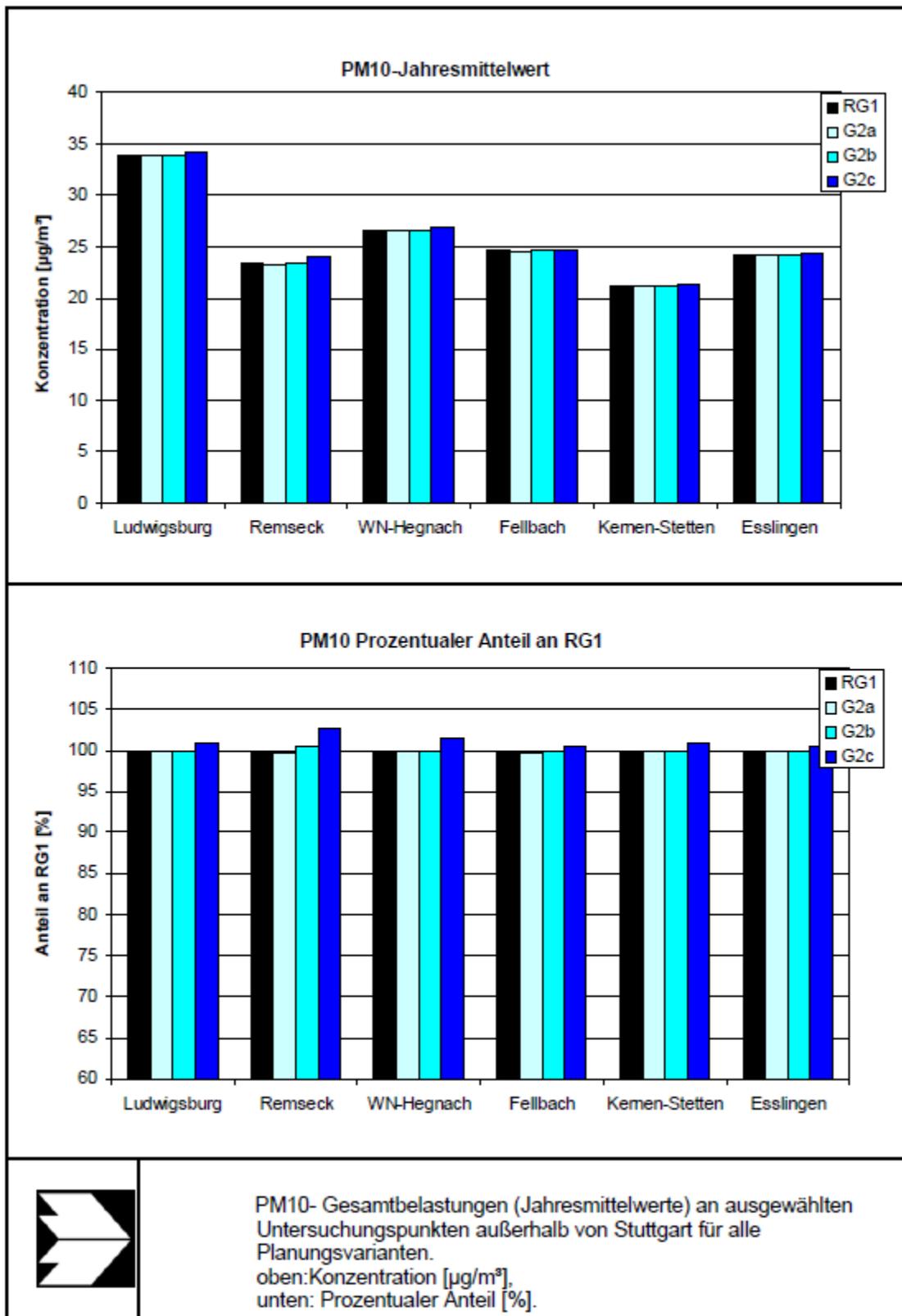


Bild 32: PM10-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwerte) an ausgewählten Untersuchungspunkten außerhalb von Stuttgart für alle Szenarien

5 Ermittlung der Wirkungen auf die Lärmemissionen

5.1 Berechnung

Die Berechnung erfolgt auf der Grundlage der RLS-90 [FGSV 90]. Da eine flächendeckende Lärm-Immissionsberechnung für das gesamte Untersuchungsgebiet sehr aufwändig ist, wird lediglich der Emissionspegel $L_{m,E}$ berechnet. Damit werden keine Ausbreitungsbedingungen untersucht. Die Differenzen der Immissionspegel sind aber vergleichbar den Differenzen der Emissionspegel, da sich an den Ausbreitungsverhältnissen nichts ändert. Da die Lärmbelastung nach Tageszeit differenziert (Tag 06:00-22:00 Uhr und Nacht 22:00-06:00 Uhr) berechnet wird, allerdings keine Verkehrsstärken für diese Zeiträume vorliegen, werden die zu erwartenden Verkehrsstärken mittels den in der RLS-90 angegebenen Faktoren aus den Verkehrsstärken des DTV berechnet. Der DTV liegt aus dem Verkehrsmodell für die verschiedenen Szenarien vor.

Die nachfolgenden Bilder (Bild 33 bis Bild 35) zeigen jeweils die sich aus den verschiedenen Szenarien der Geschwindigkeitsbeschränkung ergebenden Wirkungen auf die Lärmemissionen, dargestellt als Änderung der Lärmbelastung. Dabei werden die Wirkungen auf die Lärmemissionen gegenüber Szenario R1, das die erweiterte Lkw-Durchfahrtsverbotszone Stuttgart repräsentiert, dargestellt.

5.2 Ergebnisse

Die Veränderungen der Lärmemissionen der Szenarien Ga, Gb und Gc gegenüber Szenario R1 sind in Bild 33 bis Bild 35 dargestellt.

Vor allem auf Straßen mit niedrigen Verkehrsstärken führen kleine Verlagerungen von Verkehrsströmen zu recht hohen relativen Veränderungen. So kann z.B. auch ein Anstieg um zehn Lkw in einem Szenario bereits eine Verdopplung der Lkw-Belastung bedeuten. Da die Lärmberechnung an die relative Änderung der Verkehrsbelastung gekoppelt ist, würden für diese Straßenabschnitte trotz der niedrigen absoluten Änderungen der Verkehrsstärke sehr hohe Lärmdifferenzen berechnet werden. Um diesen Effekt abzufedern, werden generell in der Darstellung alle Straßen mit einer Verkehrsbelastung von weniger als 1000 Pkw-Einheiten / Tag im Szenario R1 heraus gefiltert.

Auch auf den verbleibenden Strecken können sich aufgrund der Maßnahmen kleine Verlagerungswirkungen ergeben, die innerhalb der Abbruchkriterien des verwendeten Umlegungsverfahrens liegen. Somit sind u.U. modellbedingte Verlagerungen höher als die maßnahmenbedingten Veränderungen, wodurch sich oftmals nicht plausible Änderungen der Verkehrsstärken ergeben können. Veränderungen der Lärmbelastung auf Strecken, auf denen dies aufgrund einer visuellen Prüfung offensichtlich der Fall ist, werden ebenfalls nicht dargestellt.

Entsprechend der Menge des durch die Geschwindigkeitsbeschränkungen verdrängten Verkehrs ändert sich auch die Lärmbelastung. Daher sind in den Szenarien Ga (Bild 33) und Gb (Bild 34) die Lärmänderungen insgesamt sehr gering und in beiden Szenarien im Wesentlichen auf den Bereich beschränkt, in dem die Regelung gilt. Im Szenario Ga gibt es lediglich im Innenstadtbereich entlang der B14 leichte Veränderungen auf kurzen Abschnitten im Straßennetz. Im Szenario Gb wurden für die gesamte Innenstadt leichte Änderungen der Lärmemissionen berechnet. Im Szenario Gc sind Lärmveränderungen über das gesamte Stadtgebiet zu beobachten. Für alle drei Szenarien gilt, dass die sich ergebenden Minderungen der Lärm-Emissionspegel bis auf wenige Ausnahmen unterhalb des Wertes von 2,0 dB(A) liegen.

In Szenario Gc ergeben sich auch im Umland von Stuttgart Erhöhungen der Lärm-Emissionspegel. Diese sind ebenfalls mit weniger als 2,0 dB(A) moderat.

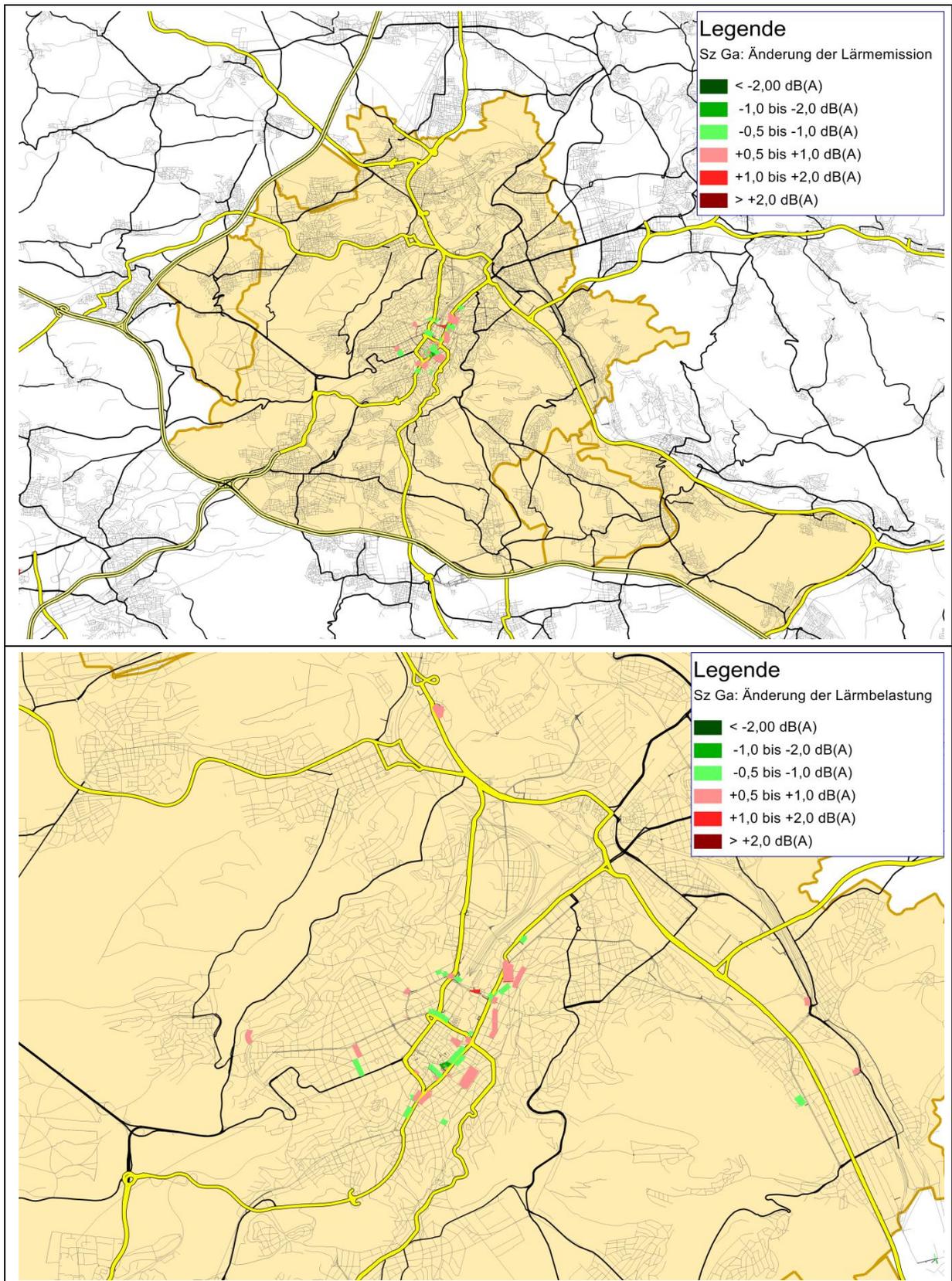


Bild 33: Änderung der Lärmbelastung in Stuttgart und im Innenstadtbereich mit Geschwindigkeitsbeschränkung im Szenario Ga gegenüber Szenario R1

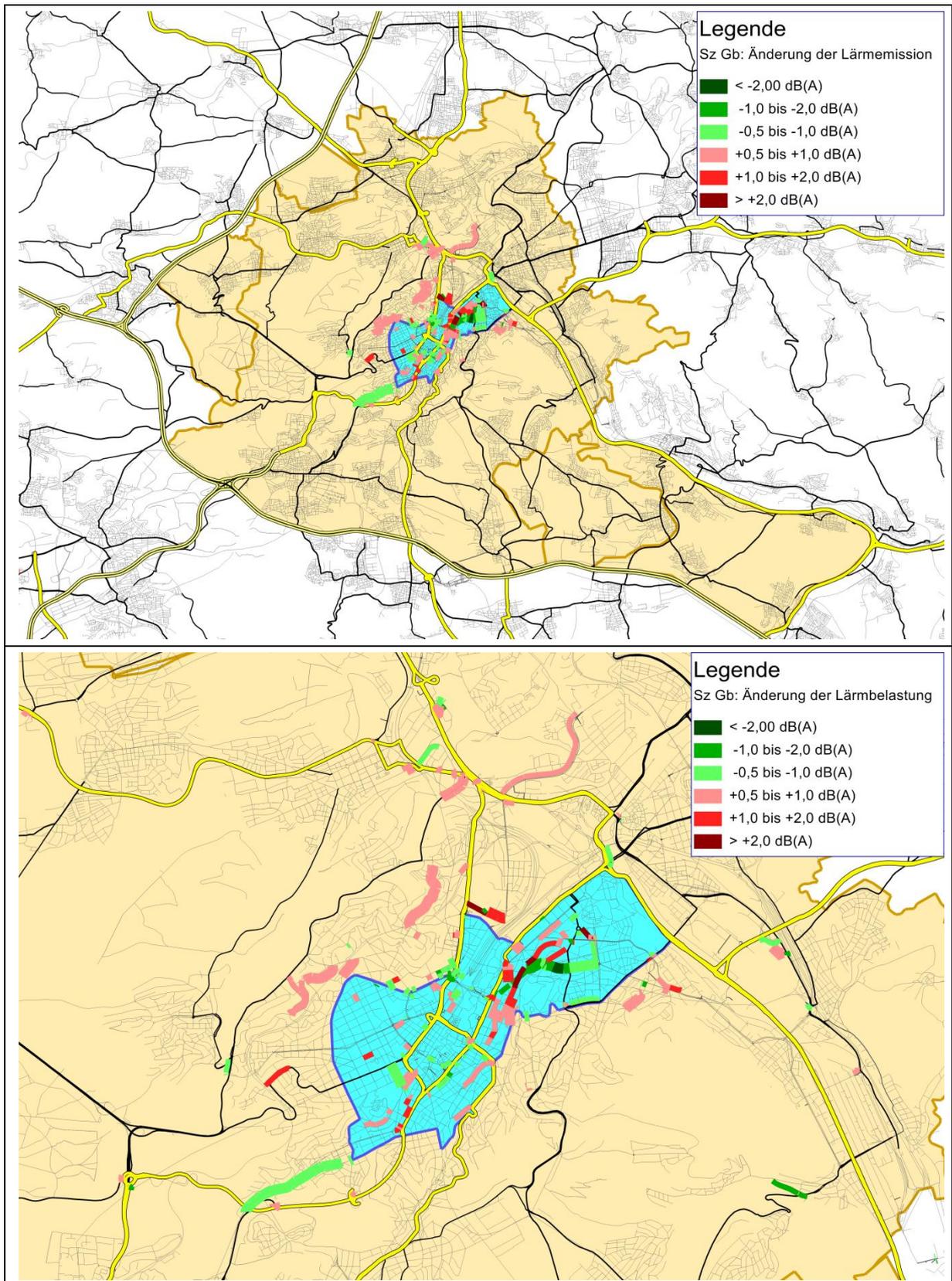


Bild 34: Änderung der Lärmbelastung in Stuttgart und im Innenstadtbereich mit Geschwindigkeitsbeschränkung im Szenario Gb gegenüber Szenario R1

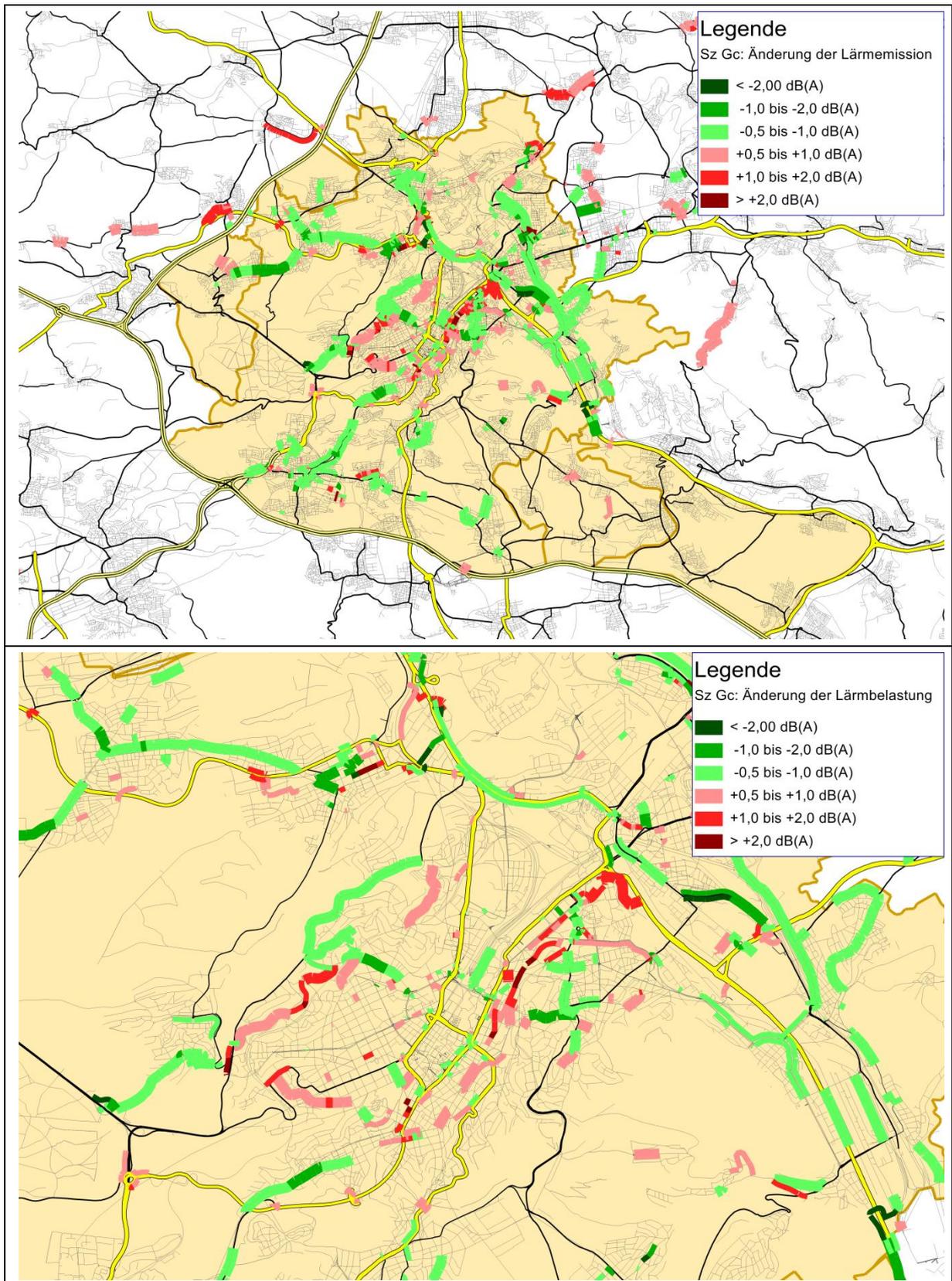


Bild 35: Änderung der Lärmbelastung in Stuttgart und im Innenstadtbereich mit Geschwindigkeitsbeschränkung im Szenario Gc gegenüber Szenario R1

6 Ermittlung der Wirkungen auf die Verkehrssicherheit

6.1 Berechnung

Zur Beurteilung der Verkehrssicherheit werden für jede Straße die zu erwartenden Unfallkosten in den Szenarien R1, Ga, Gb und Gc berechnet. Dazu wird jeder Straßenstrecke entsprechend ihrem Straßentyp eine mittlere Unfallkostenrate [€/1000 Kfz*km] zugewiesen. Aus der Unfallkostenrate und der Verkehrsstärke werden die Unfallkosten berechnet, die dann für die untersuchten Szenarien miteinander verglichen werden können. Die Differenz daraus gibt Aufschluss darüber, inwieweit die Verkehrssicherheit durch die Einführung der Geschwindigkeitsbeschränkungen beeinflusst und gegebenenfalls in welcher Weise verändert wird. Beschrieben wird das verwendete Verfahren in den Empfehlungen für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS, FGSV 1997) aus dem Jahr 1986. Dieses Verfahren wurde später in der Empfehlung für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN, FGSV 2003) erweitert und aktualisiert. Für die hier vorgestellte Verkehrssicherheitsanalyse dient diese aktualisierte Form als Grundlage.

Zunächst wird jedem Straßenabschnitt ein Straßentyp zugeordnet. Für die einzelnen Straßentypen sind in der ESN Grundunfallkostenraten ermittelt worden. Dabei handelt es sich um die Kosten, die auf einem Kilometer einer Straße eines bestimmten Straßentyps zu erwarten sind unter der Voraussetzung, dass Planungsfehler in der Trassierung vermieden wurden bzw. keine auffälligen Unfallhäufungsstellen auf dem betrachteten Straßenabschnitt auftreten. Die Kostenraten wurden nach dem Preisstand im Jahr 2000 berechnet. Tabelle 6 enthält eine Übersicht über die Straßentypen und deren Grundunfallkostenrate.

Straßentyp	Grundunfallkostenrate gUKR [€/1000 Kfz*km]
Autobahnen	15
Landstraßen	35
Verkehrsstraßen innerorts	51

Tabelle 6: Straßentypen und zugehörige Grundunfallkostenraten nach ESN (FGSV 2003)

Die Unfallkosten UK werden für jede Strecke wie folgt berechnet:

mit

DTV durchschnittlicher täglicher Verkehr [Kfz/Tag]

l_{Strecke} Streckenlänge [km]

$gUKR_{\text{Strecke}}$ Grundunfallkostenrate des entsprechenden Streckentyps [€/1000 Kfz*km]

Für die Verkehrsstärken des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) werden wie bei der Lärmberechnung die aus der Modellierung berechneten Verkehrsstärken der Szenarien R1, Ga, Gb und Gc verwendet.

6.2 Ergebnisse

Tabelle 7 zeigt die nach ESN berechneten Unfallkosten für die Szenarien R1, Ga, Gb und Gc. Durch die Beschränkung der Geschwindigkeit auf 40 km/h ändern sich die zu erwartenden Unfallkosten in den Szenarien Ga und Gb nicht nennenswert (Tabelle 7). Die Änderungen der Gesamtverkehrsstärken in diesen beiden Szenarien sind so gering, dass die Auswirkungen auf die Unfallkosten vernachlässigbar sind.

In Szenario Gc, in dem aufgrund der ausgedehnten Tempo 40-Regelungen die Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage vor allem in Stuttgart am größten sind, sind auch die Änderungen der Unfallkosten am stärksten. Diese gehen im Stadtgebiet um 1,9 % zurück. Dies ist auf die niedrigere Anzahl an Fahrzeugen zurückzuführen, die die innerstädtischen Straßen befahren. Bezogen auf die Region ändern sich auch in diesem Szenario die Unfallkosten kaum.

	Nullfall Sz R1	Szenario Ga	Änderung*	Szenario Gb	Änderung*	Szenario Gc	Änderung*
Region Stuttgart inkl. Stuttgart	3.807	3.807	±0,00%	3.808	+0,03%	3.809	+0,05%
Region ohne Stadt Stuttgart	3.020	3.020	+0,01%	3.023	+0,08%	3.037	+0,55%
Stadtgebiet Stuttgart	787	786	-0,06%	785	-0,20%	772	-1,89%

* Die Berechnung der Änderung erfolgt nicht anhand der hier aufgeführten gerundeten Unfallkostenwerte, sondern anhand ungerundeter Werte.

Tabelle 7: Unfallkosten für die Szenarien R1, Ga, Gb und Gc [1.000€/Werktag]

7 Literatur

39. BImSchV (2010):

Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter www.bmu.de

Aviso (2009):

Prognose der dynamischen Kfz-Flotte für Stuttgart für die Jahre 2010 und 2012 im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg.

Bächlin, W., Bösing, R. (2007):

Aktualisierung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Projekt 60976-04-01. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen (unveröffentlicht).

Bächlin, W., Bösing, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006):

Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 – April.

BAST (1986):

Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

BAST (2005):

PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.

BAST (2010):

Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM10-Belastung an Straßen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 189, Bergisch-Gladbach, Januar 2010.

Düring, I., Lohmeyer, A. (2004):

Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11. November 2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33.

Düring und Lohmeyer (2011):

Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

ESN (2003):

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.):
Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN)
Köln, Ausgabe 2003.

EWS (1997):

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.):
Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS)
Köln, Ausgabe 1997.

Filliger, P., Puybonnieux-Textier, V., Schneider, J. (1999):

PM10 Population Exposure - Technical Report on Air Pollution, Prepared for the WHO Ministerial Conference for Environment and Health, London, June 1999, Published by Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications Bureau for Transport Studies, Berne, Switzerland.

Flassak, Th., Bächlin, W., Bösinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996):

Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.

Gehrig, R., Hill, M., Buchmann, B., Imhof, D., Weingartner, E., Baltensperger, U. (2003):

Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Abschlussbericht der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) und des Paul Scherrer Instituts (PSI) zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415. Juli 2003.

www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1.

Israël, G.W., Pesch, M., Schlums, C. (1994):

Bedeutung des Reifenabriebs für die Rußemission des Kfz-Verkehrs. In: Staub - Reinhaltung der Luft 54, S. 423-430. Springer-Verlag, Berlin.

Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991):

Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.

Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbacher, W. (1995):

Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.

Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt (kommunale ökologische Briefe) Nr. 01/05.01/2000.

Lohmeyer (2003):

Luftschadstoffbelastungen an Stuttgarter Hauptverkehrsstraßen für die Jahre 2005 und 2010. Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer, Karlsruhe, Projekt 5261, September 2003. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Stuttgart.

Lohmeyer (2004):

Maßnahmebetrachtungen zu PM10 im Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 60277, Dezember 2004. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.

Lohmeyer (2005):

Ergänzung zum Bericht Maßnahmebetrachtungen zu PM10 im Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 60277E, Januar 2005. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.

Lohmeyer (2011):

Aktualisierung des MLuS 02, geänderte Fassung 2005 bezüglich Emission, Lärmschutzmodul, NO/NO₂-Konversion. Vorbelastung und Fortschreibung 22. BImSchV, FE 02.0255/2004/LRB. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & co. KG, Radebeul. Projekt 70405-08-01. Berichtsentwurf vom 28.02.2011. Gutachten im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach.

LRP Stuttgart (2005):

Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart. Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart. Maßnahmenplan zur Minderung der PM10- und NO₂-Belastungen. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidium Stuttgart.

LUA NRW (2006):

Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de bzw. www.lanuv.nrw.de

LUBW (2005-2010):

Spotmessungen 2004 bis 2009 – Darstellung der Messergebnisse. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe. Im Internet unter www.lubw.baden-wuerttemberg.de.

LUBW (2011):

Fachgespräch vom 21.07.2011 im Regierungspräsidium Stuttgart über Emissionen und Minderungspotenziale im Verkehrsbereich – Was bringt Tempo 30 und wie stark wird Euro 6 die NO₂-Emissionen im Realbetrieb senken? -.

Röckle, R., Richter, C.-J. (1995):

Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.

Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996):

NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhalte der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.

Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996):

Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).

Stadt Stuttgart (2005 bis 2011):

Messdaten an den Stationen in Stuttgart (www.Stadtklima-Stuttgart.de)

TREMOD (2010):

TREMOD - Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.

TÜV Nord (2011):

Vermessung der Abgasemissionsverhaltens von zwei Pkw und einem Fahrzeug der Transporterklasse im realen Straßenbetrieb in Stuttgart mittels PEMS-Technologie. Bearb.: Kleinebrahm, M. und Steven, H. Abschlussbericht im Auftrag der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg – Nr. 4500116246/33.

UBA (2010):

Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Februar 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. <http://www.hbefa.net/>.

UMK (2004):

Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.

VDI (2003):

Umweltmeteorologie. Kfz-Emissionsbestimmung. Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782, Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Düsseldorf, November 2003.

ANHANG A1: Beschreibung des numerischen Verfahrens zur Immissionsermittlung und Fehlerdiskussion

A1.1 Einführung

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt kommt das mathematische Modell PROKAS zur Anwendung, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

A1.2 Berechnung der Immissionen mit PROKAS-V

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und neun verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für sechs verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ erfolgt nach Romberg et al. (1996) mit Aktualisierung für aktuelle Messdaten (Bächlin, 2007).

A1.3 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS-B

Im Falle von teilweise oder ganz geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen c^* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil

nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die Tabelle A1.1 beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10% bis 30% geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

- wobei: c = Abgaskonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
 c^* = dimensionslose Abgaskonzentration [-]
 Q = emittierter Schadstoffmassenstrom [$\mu\text{g}/\text{m s}$]
 B = Straßenschluchtbreite [m] beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
 u' = Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeug-induzierten Turbulenz [m/s]

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Vorbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil [%]
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3	0 - 20
202	"	1:3	21 - 60
203	"	1:2	0 - 20
204	"	1:2	21 - 60
205	"	1:1.5	0 - 20
206	"	1:1.5	21 - 60
207	"	1:1	0 - 20
208	"	1:1	21 - 60
209	"	1.5:1	0 - 20
210	"	1.5:1	21 - 60

* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite $\geq 5 \times$ Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil $\geq 61\%$) erfüllt ist.

Tabelle A1.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

A1.4 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des Kfz-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede Einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognostizierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bauungsstruktur, meteorologische Daten und die Vorbelastung.

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rech-

nungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die Kfz-Emissionen ist anzufügen, dass die Emissionen im Straßenverkehr bislang nicht direkt gemessen, sondern über Modellrechnungen ermittelt werden. Die Genauigkeit der Emissionen ist unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (d.h. Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BAST (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählraten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10%.

Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein leicht erhöhter Schätzwert von ca. 20% angenommen.

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung entsprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von +/- 20 % aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10 %, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Vorbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

A1.5 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert 115 µg/m³ bis 170 µg/m³ nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von 130 µg/m³ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m³ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (Bild A1.1). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005).

Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der Bild A1.1 dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. 40 µg/m³ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von 31 µg/m³ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BASt (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab 29 µg/m³ abgeleitet. Die Berechnung der An-

zahl der Überschreitungstage basiert auf dieser in Bild A1.1 dargestellten Funktion. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

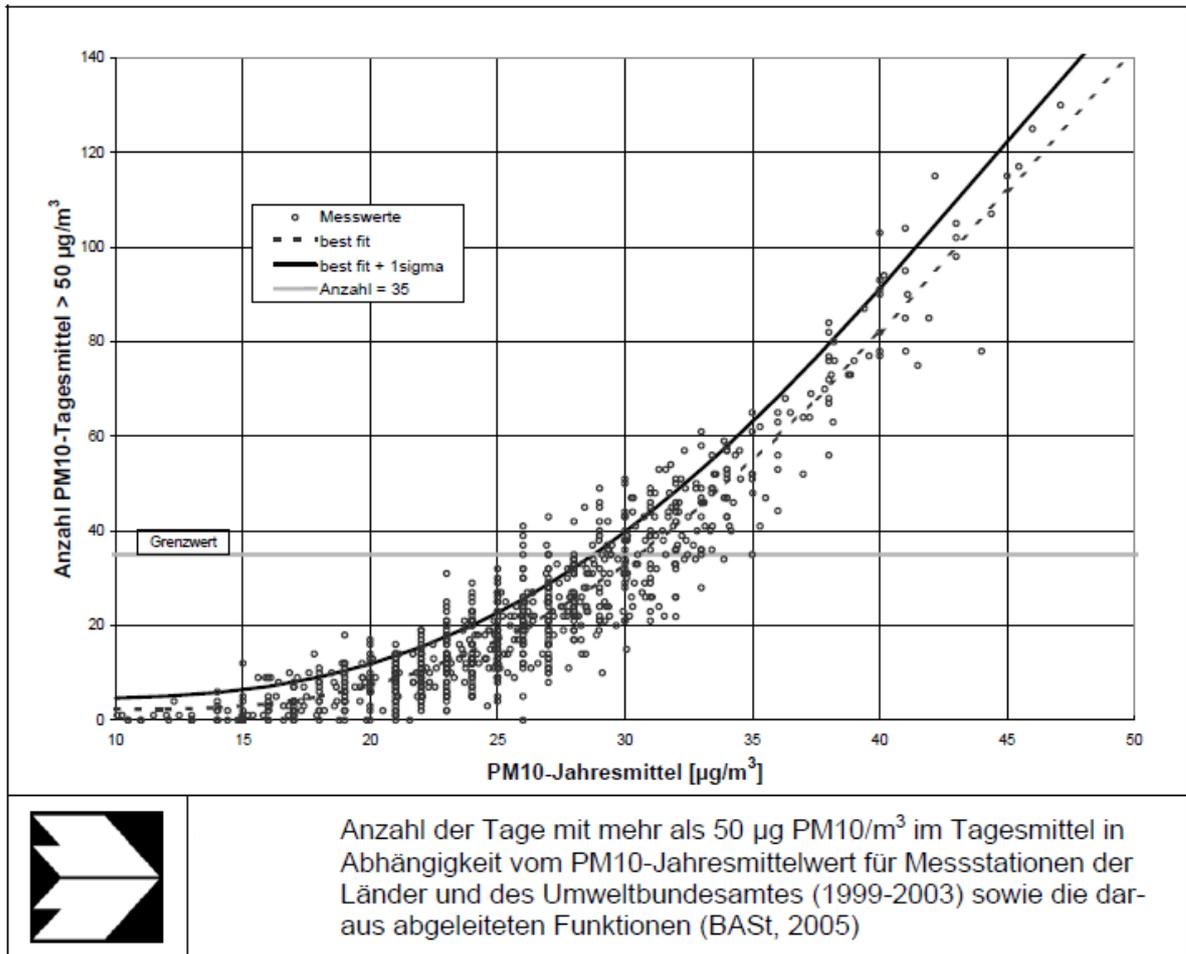


Bild A1.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 $\mu\text{g PM10}/\text{m}^3$ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BAST, 2005)

ANHANG A2: Immissionsdarstellungen für das Hauptverkehrsstraßennetz Stuttgart

In Kapitel 4 sind die relativen Änderungen der Immissionen an den betrachteten Straßenabschnitten der bestehenden verkehrsnahen Messstellen aufgeführt. Für das Jahr 2010 und die Maßnahmen Ga, Gb und Gc sind in den Bild A2.1 bis Bild A2.7 die berechneten NO₂-Jahresmittelwerte für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen im Stadtgebiet von Stuttgart sowie die relativen Änderungen für die Maßnahmen gegenüber dem Referenzzustand dargestellt. Die Berechnungen erfolgen an den Straßenabschnitten mit bestehender Randbebauung für Bereiche vor der zur Fahrbahn nächstgelegenen Bebauung und für Straßenabschnitte ohne Randbebauung für einen Immissionsort in ca. 10 m Abstand zur Straße. In der Grafik sind Konzentrationswerte über 40 µg/m³, d.h. über dem NO₂-Grenzwert der 39. BImSchV, in gelben und roten Farben dargestellt. An stark frequentierten Straßenabschnitten sind teilweise weiterhin hohe NO₂-Belastungen prognostiziert, die bei entsprechenden Nutzungen zu Überschreitungen des Grenzwertes führen. Die Legende für die Darstellungen der relativen Änderungen durch die Maßnahmen gegenüber dem Referenzzustand ist so aufgebaut, dass Abnahmen der Immissionen in blauen Farben, Zunahmen in gelben und roten Farben und vergleichbare Immissionen in grüner Farbe dargestellt sind.

In Bild A2.8 bis Bild A2.14 sind die berechneten PM₁₀-Jahresmittelwerte für das Jahr 2010 und die Maßnahmen Ga, Gb und Gc für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen im Stadtgebiet von Stuttgart sowie die relativen Änderungen für die Maßnahmen gegenüber dem Referenzzustand aufgezeigt. In der Grafik sind Konzentrationswerte über 40 µg/m³, d.h. über dem PM₁₀-Grenzwert der 39. BImSchV, in violetter Farbe dargestellt. An wenigen sehr stark frequentierten Straßenabschnitten sind solch hohe PM₁₀-Belastungen berechnet, die bei entsprechenden Nutzungen im Sinne der 39. BImSchV zu Überschreitungen des Grenzwertes führen. Der Schwellenwert von 29 µg/m³ zur Ableitung der PM₁₀-Kurzzeitbelastung (siehe Kapitel A1.5), d.h. mehr als 35 Überschreitungen pro Jahr eines PM₁₀-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³, ist mit der gelben Farbe versehen. An allen gelb und in roten Farbtönen gekennzeichneten Straßenabschnitten kann eine Überschreitung des PM₁₀-Kurzzeitbelastungswertes bei entsprechenden Nutzungen erwartet werden. Damit sind an den stark frequentierten Straßenabschnitten weiterhin hohe PM₁₀-Kurzzeitbelastungen berechnet.

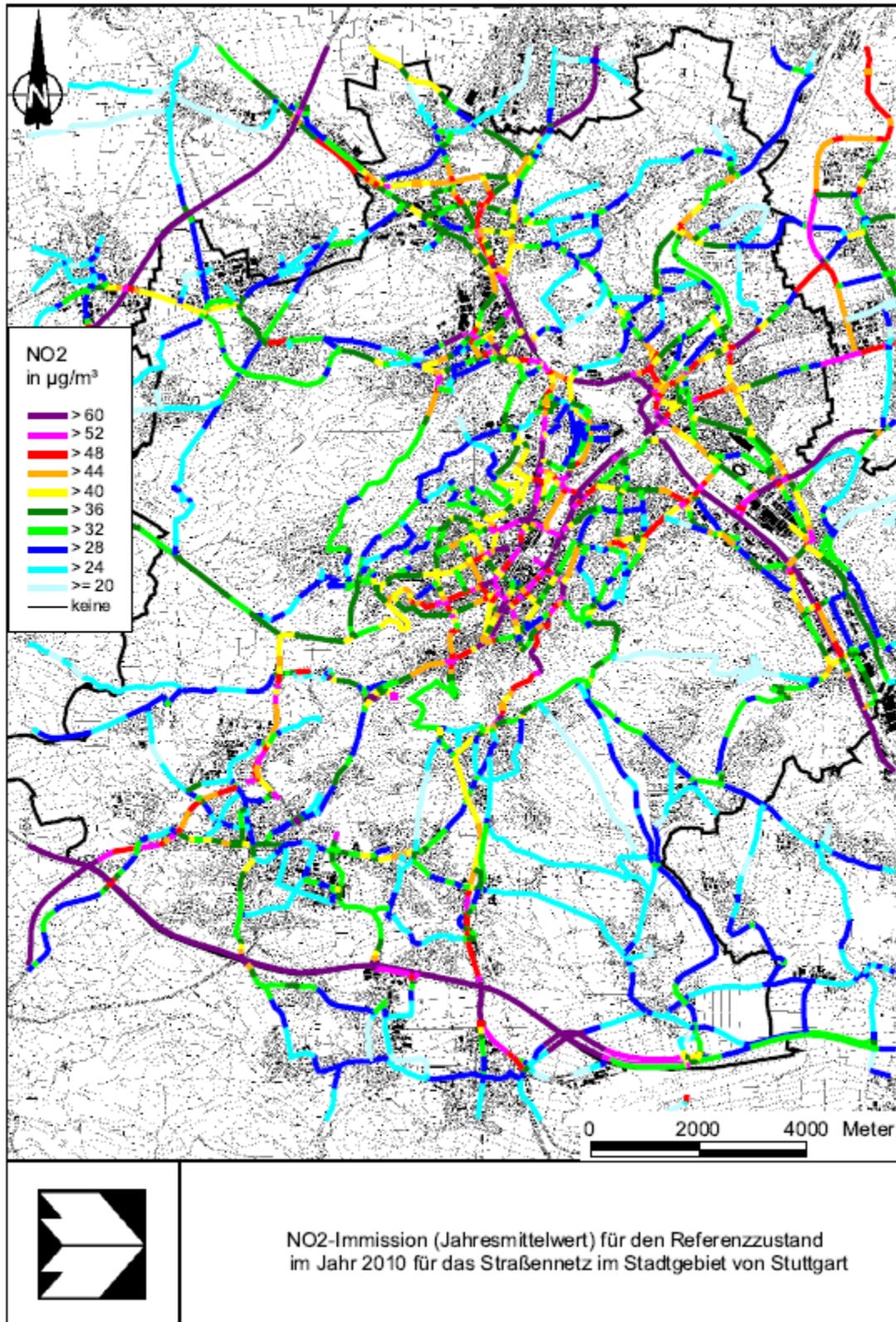


Bild A2.1: NO₂-Immission (Jahresmittelwert) für den Referenzzustand im Jahr 2010 für das Straßennetz im Stadtgebiet von Stuttgart

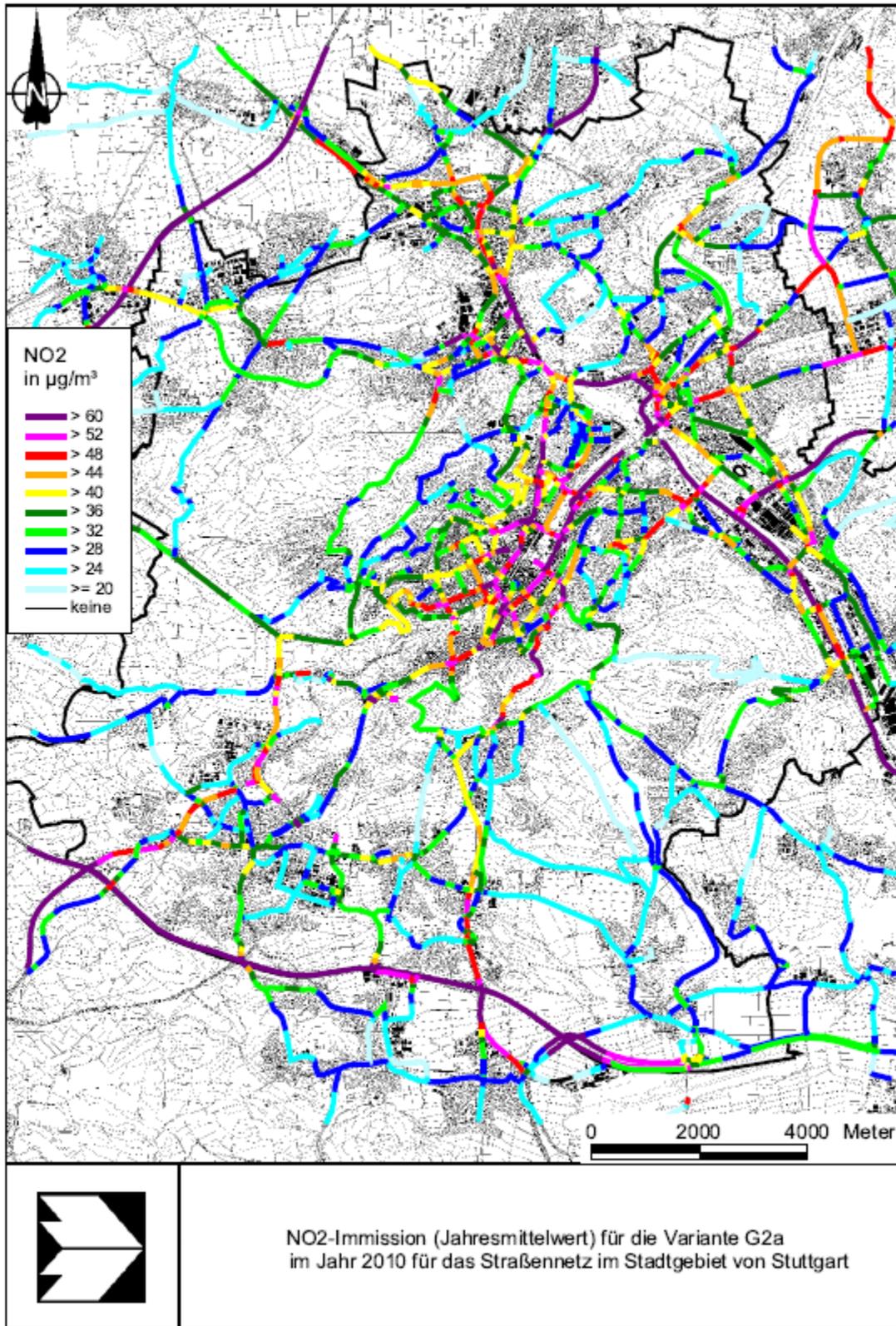


Bild A2.2: NO₂-Immission (Jahresmittelwert) für Szenario Ga im Jahr 2010 für das Straßennetz im Stadtgebiet von Stuttgart

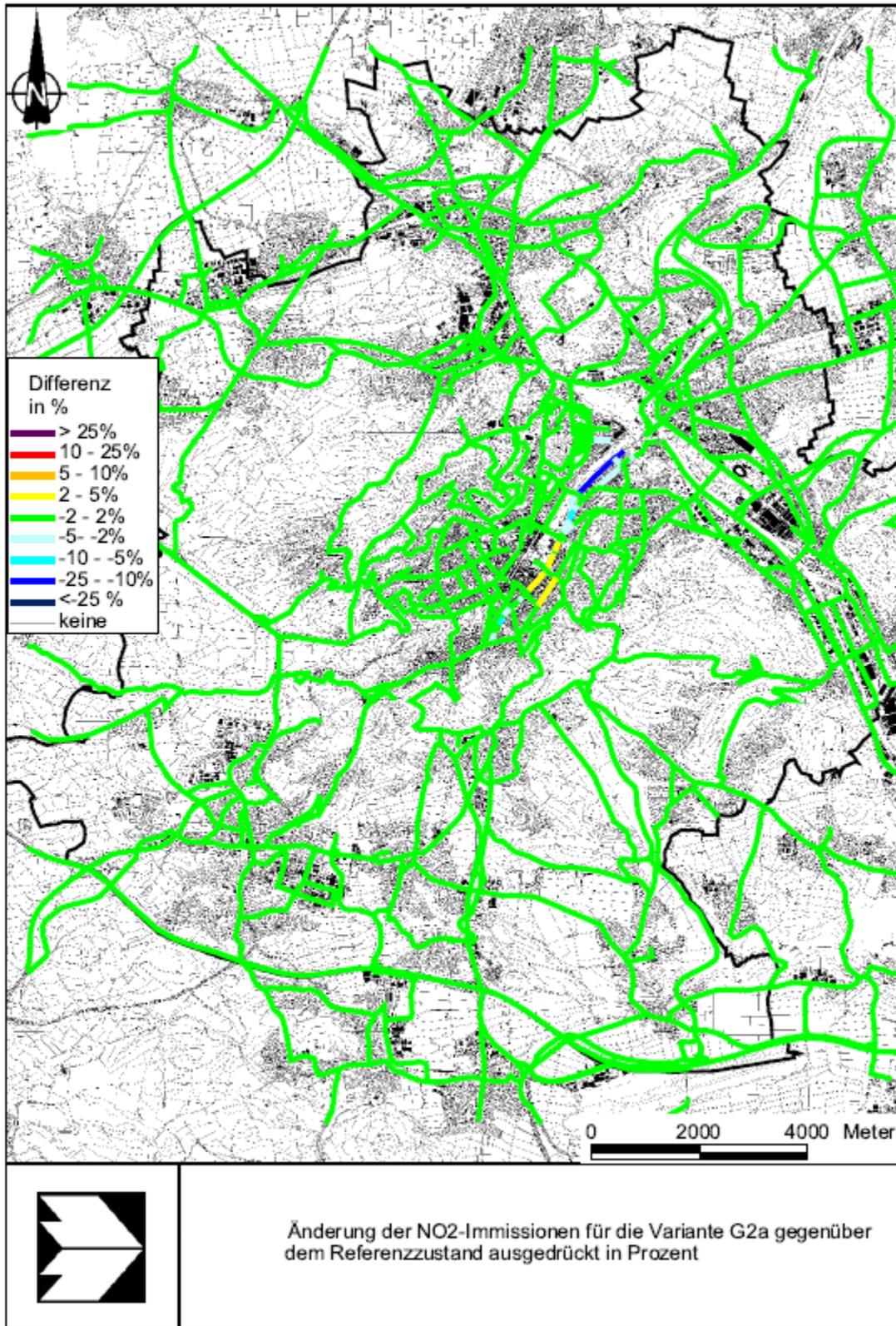


Bild A2.3: Änderung der NO₂-Immissionen für Szenario Ga gegenüber dem Referenzzustand [%]

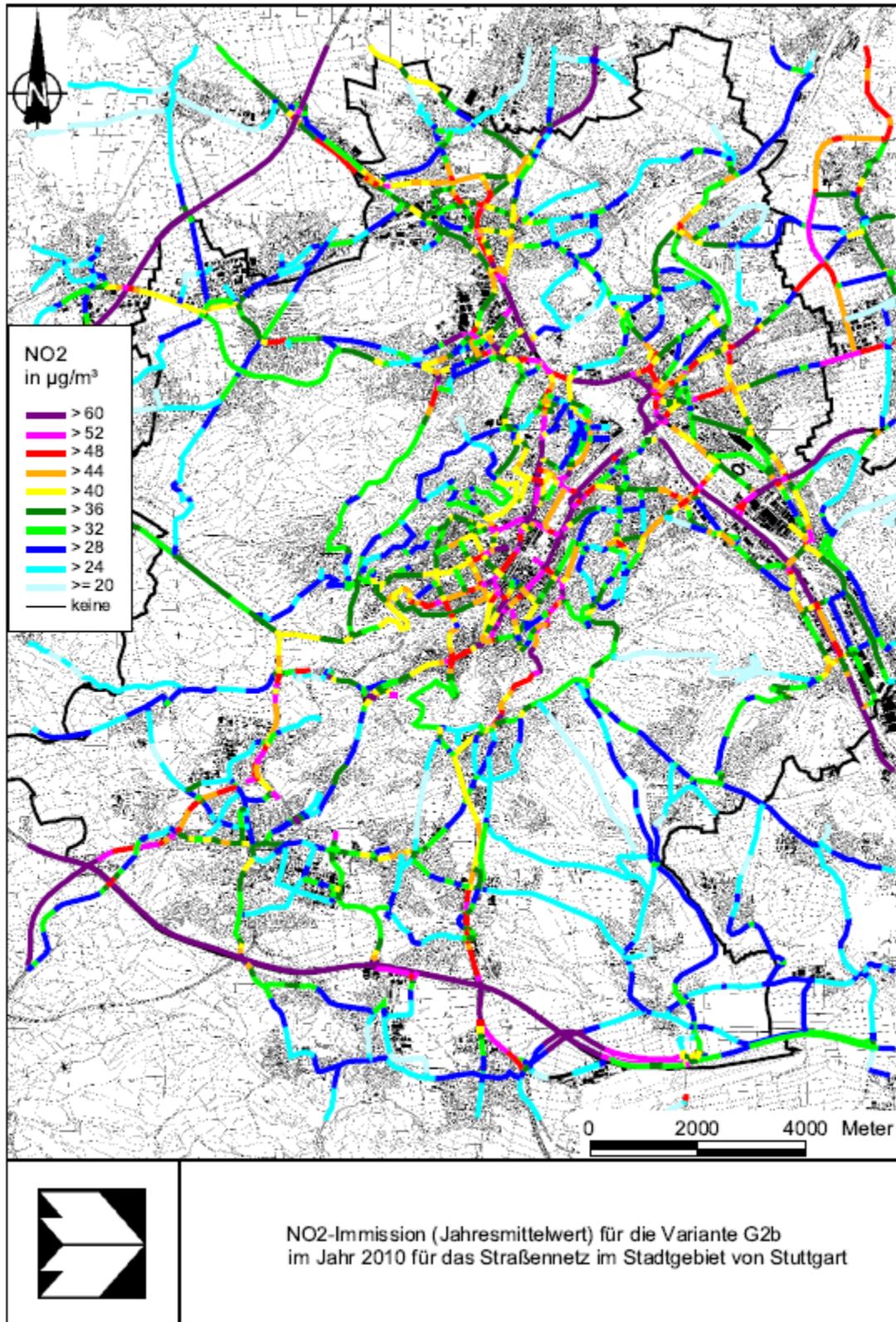


Bild A2.4: NO₂-Immission (Jahresmittelwert) für Szenario Gb im Jahr 2010 für das Straßennetz im Stadtgebiet von Stuttgart

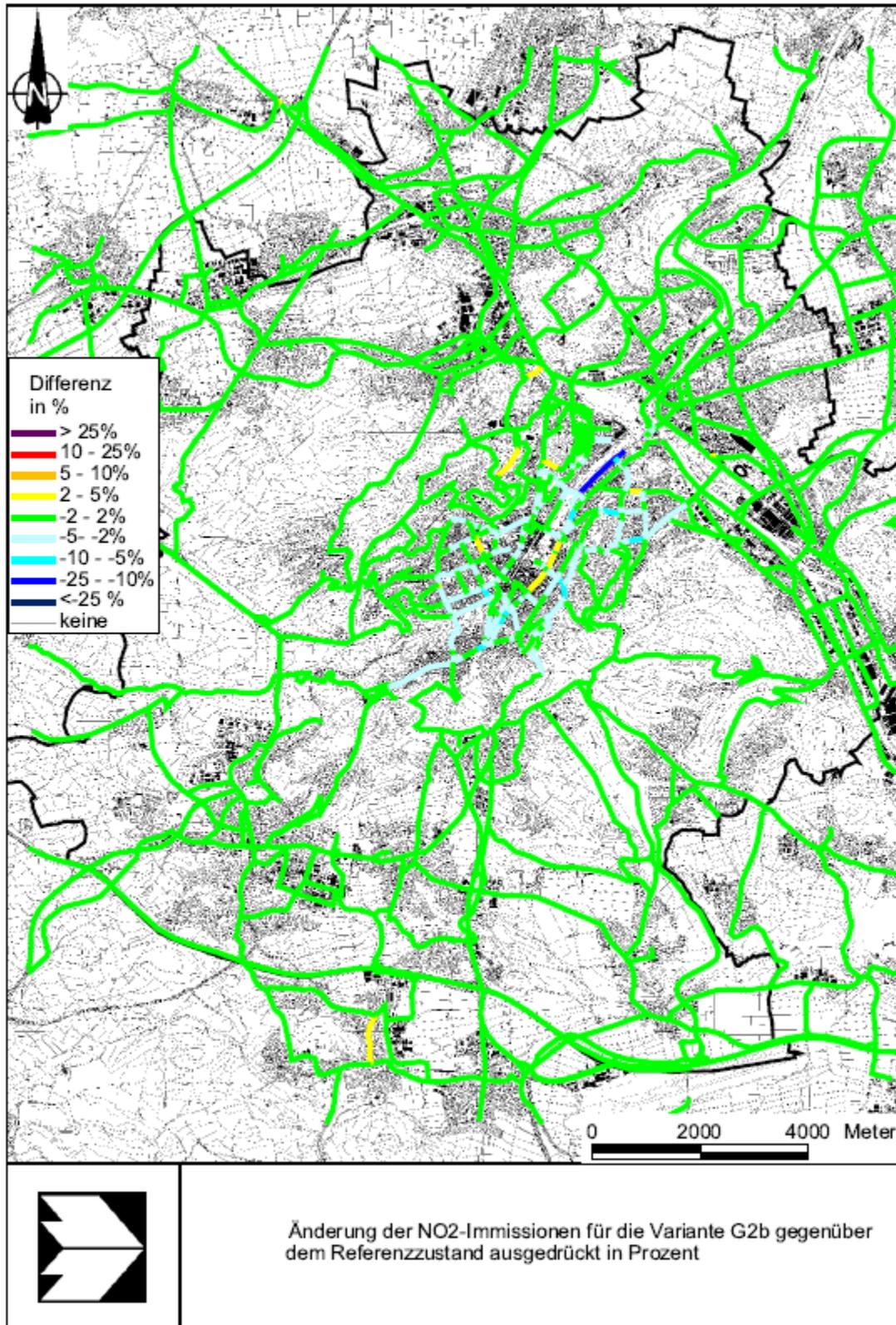


Bild A2.5: Änderung der NO₂-Immissionen für Szenario Gb gegenüber dem Referenzzustand [%]

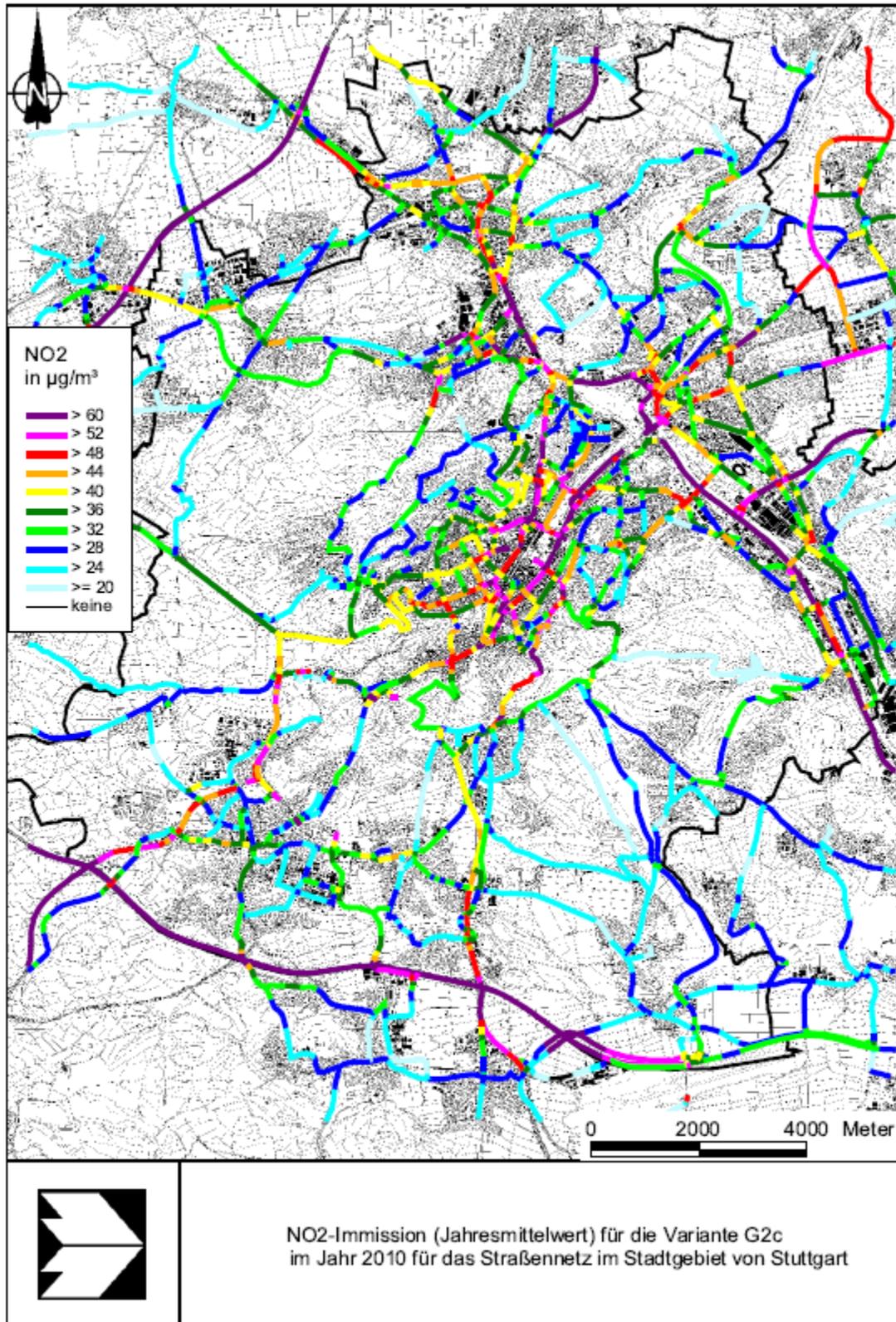


Bild A2.6: NO₂-Immission (Jahresmittelwert) für Szenario Gc im Jahr 2010 für das Straßennetz im Stadtgebiet von Stuttgart

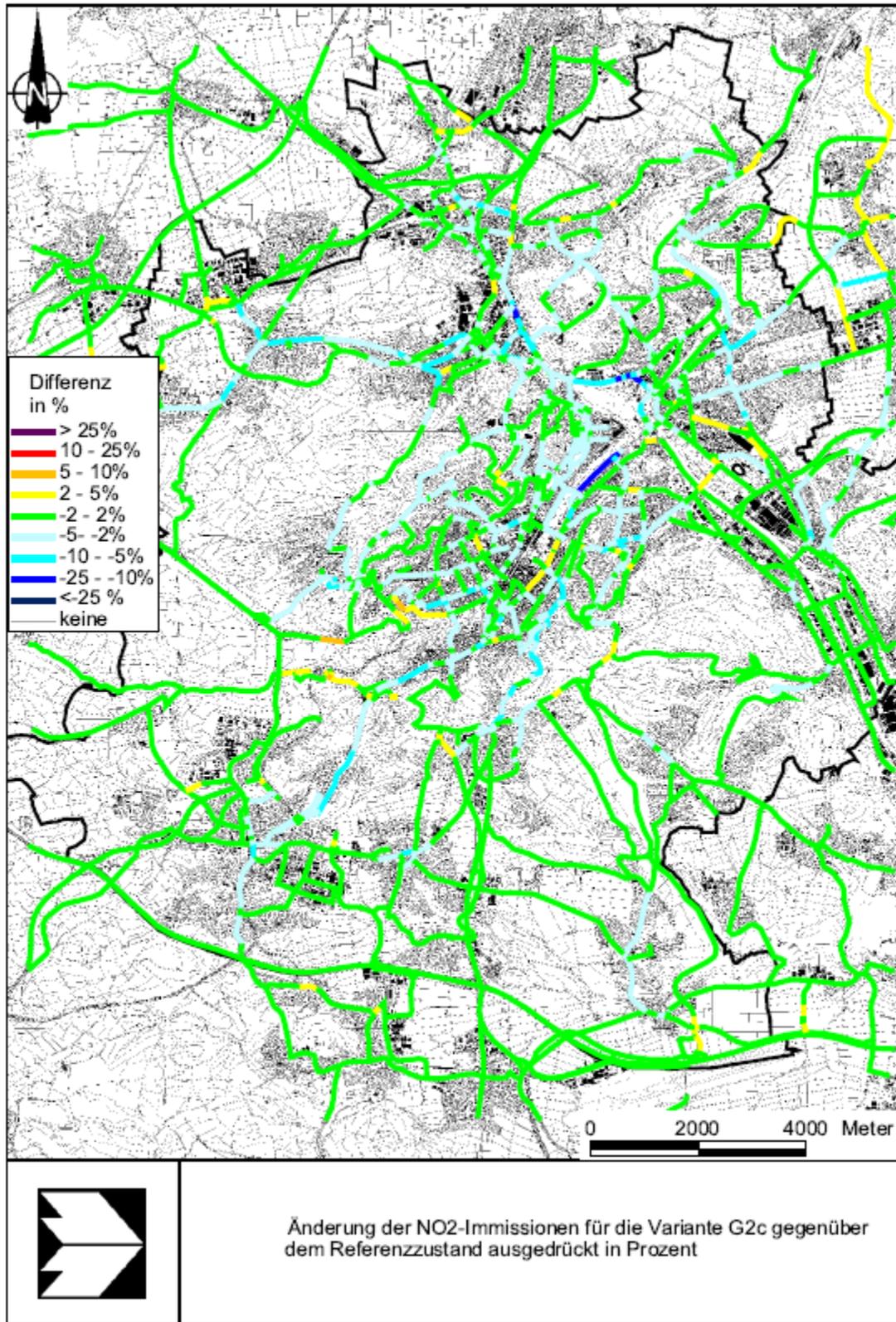


Bild A2.7: Änderung der NO₂-Immissionen für Szenario Gc gegenüber dem Referenzzustand [%]

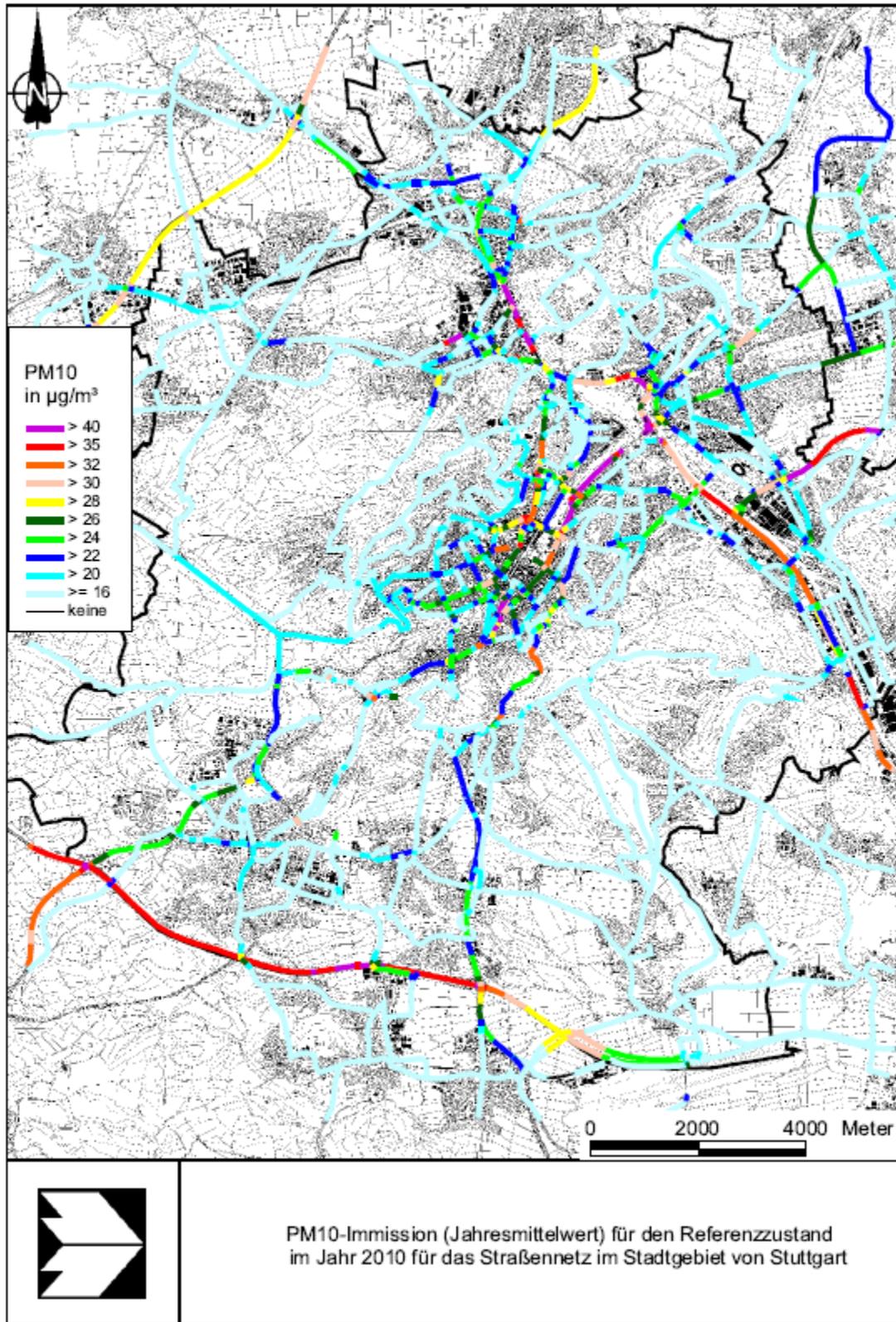


Bild A2.8: PM10-Immission (Jahresmittelwert) für den Referenzzustand im Jahr 2010 für das Straßennetz im Stadtgebiet von Stuttgart

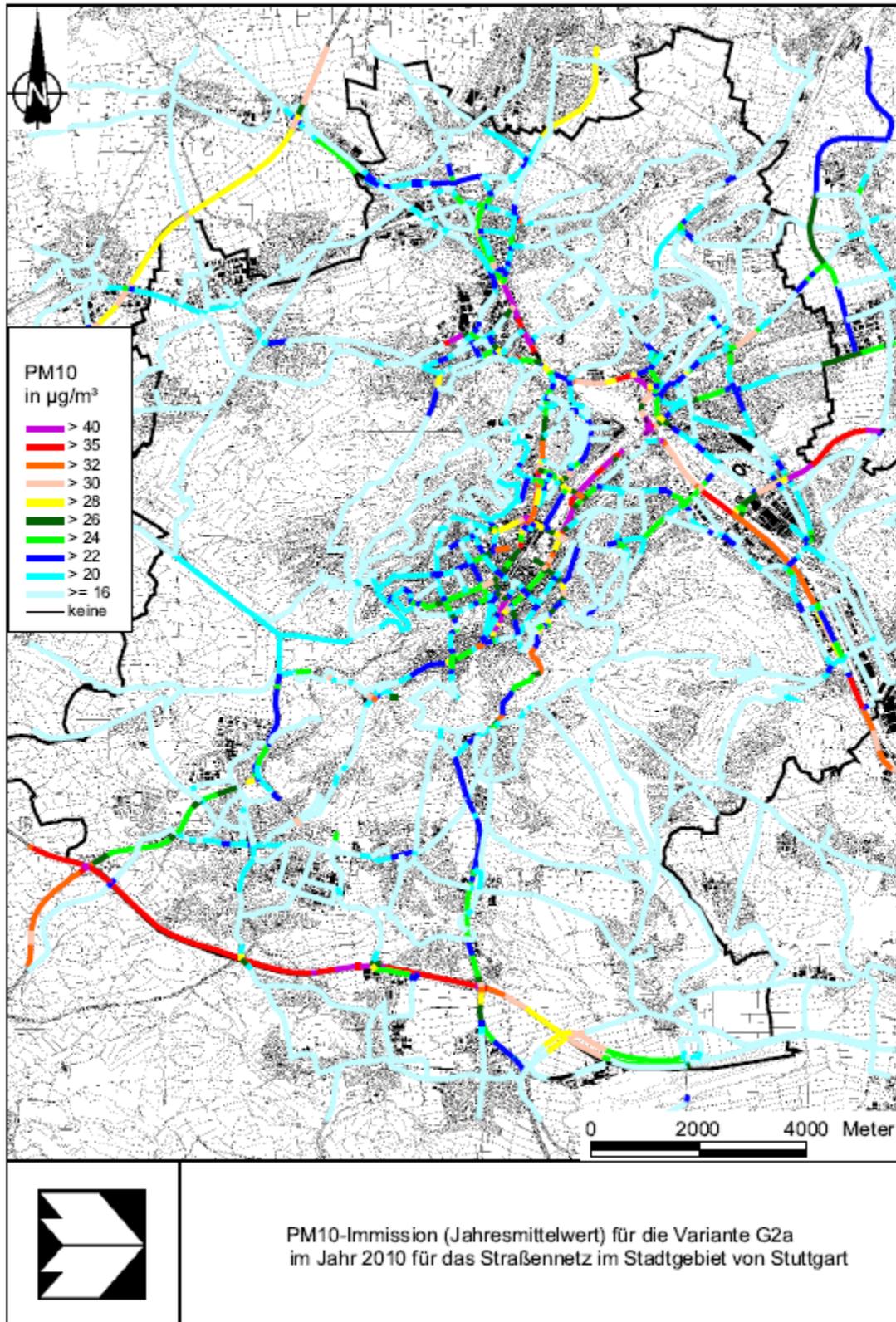


Bild A2.9: PM10-Immission (Jahresmittelwert) für Szenario Ga im Jahr 2010 für das Straßennetz im Stadtgebiet von Stuttgart

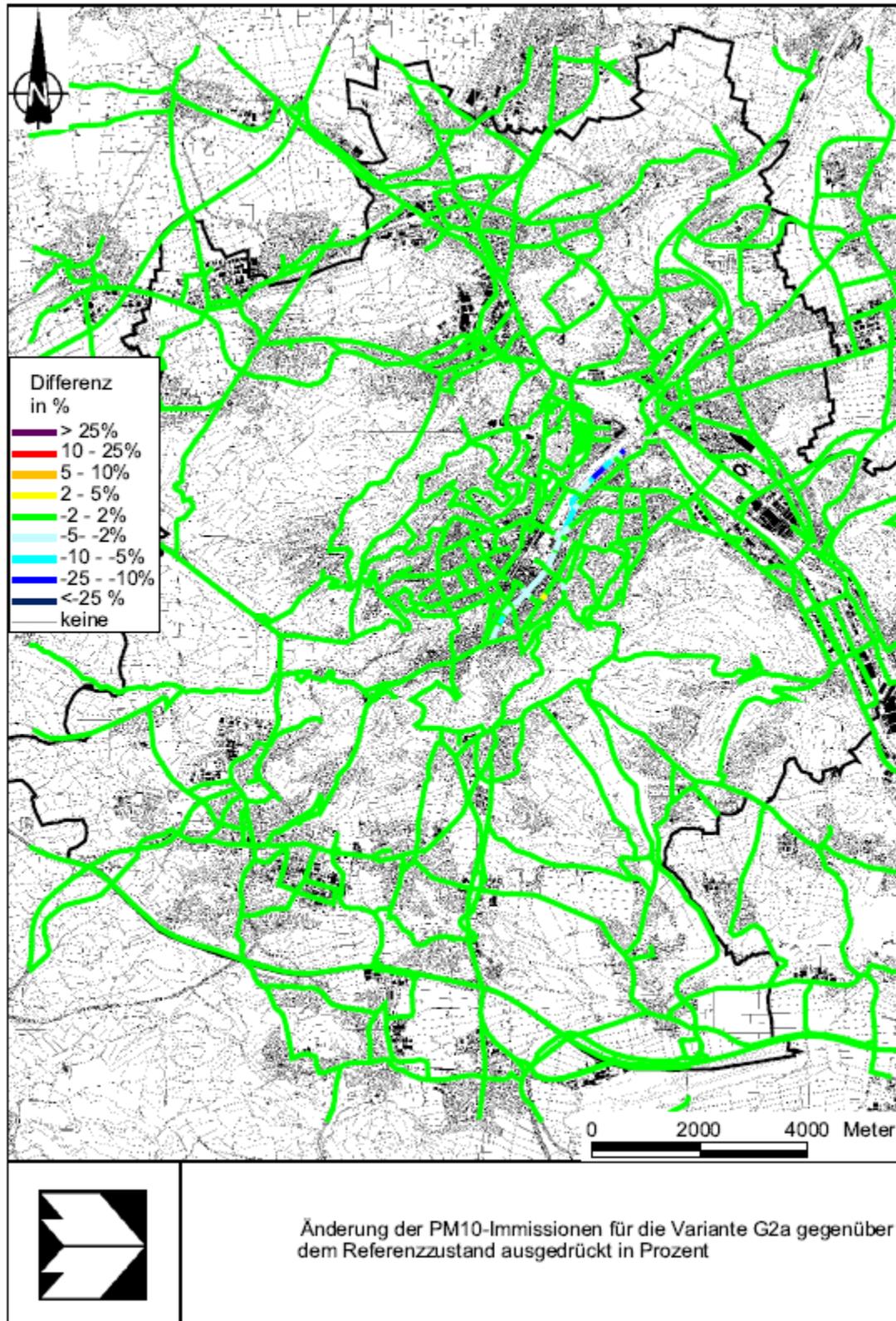


Bild A2.10: Änderung der PM10-Immissionen für Szenario Ga gegenüber dem Referenzzustand [%]

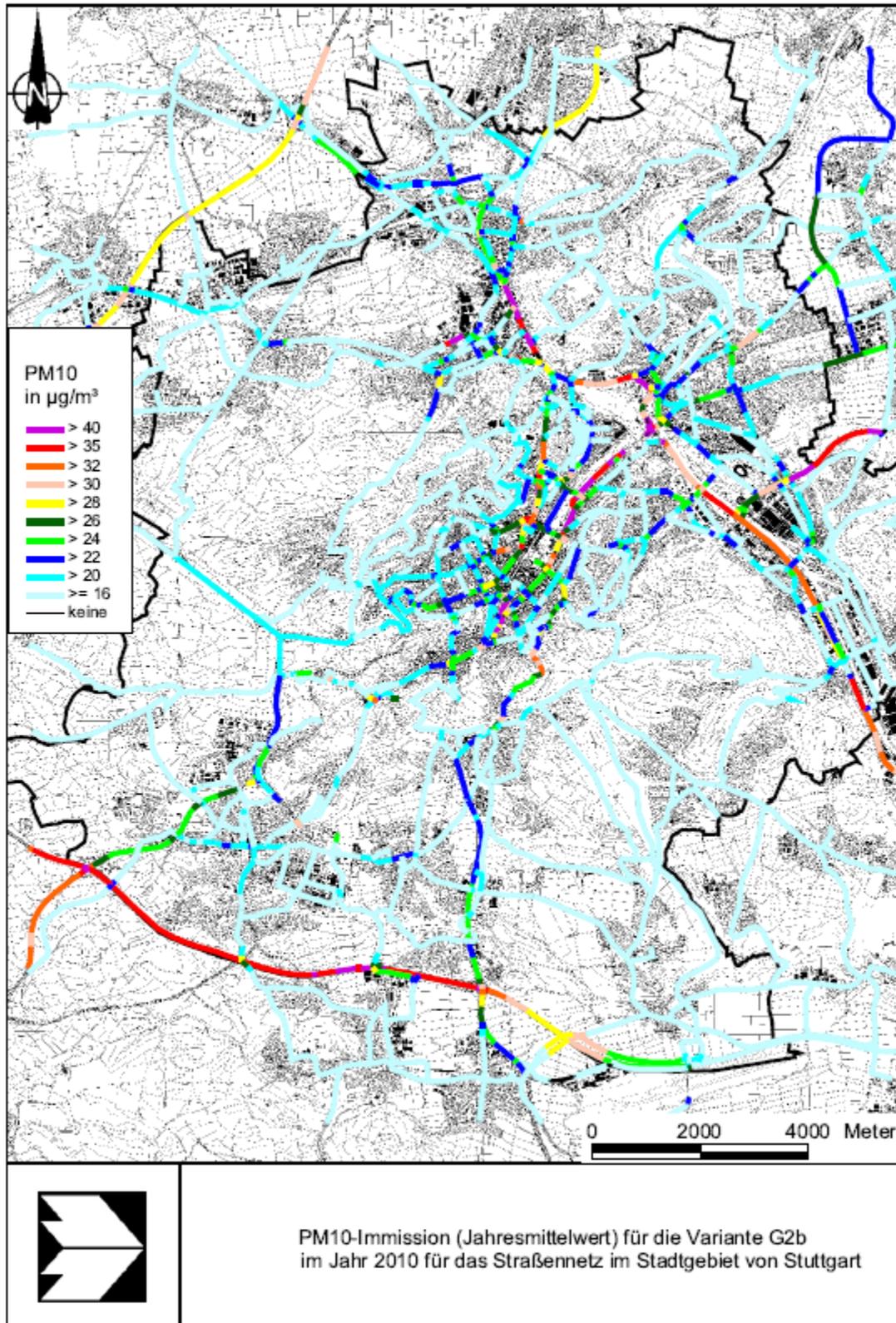


Bild A2.11: PM10-Immission (Jahresmittelwert) für Szenario Gb im Jahr 2010 für das Straßennetz im Stadtgebiet von Stuttgart

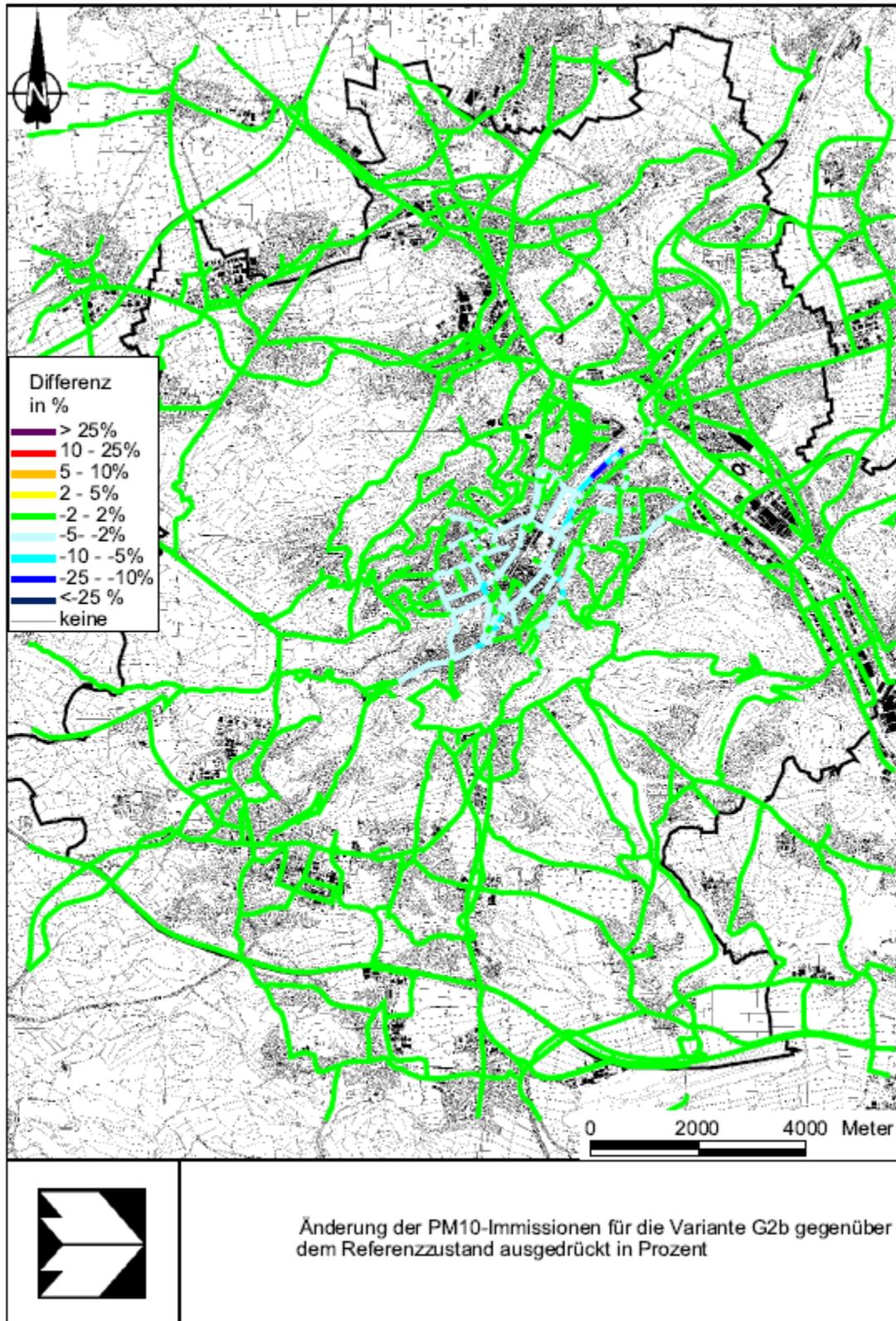


Bild A2.12: Änderung der PM10-Immissionen für Szenario Gb gegenüber dem Referenzzustand [%]

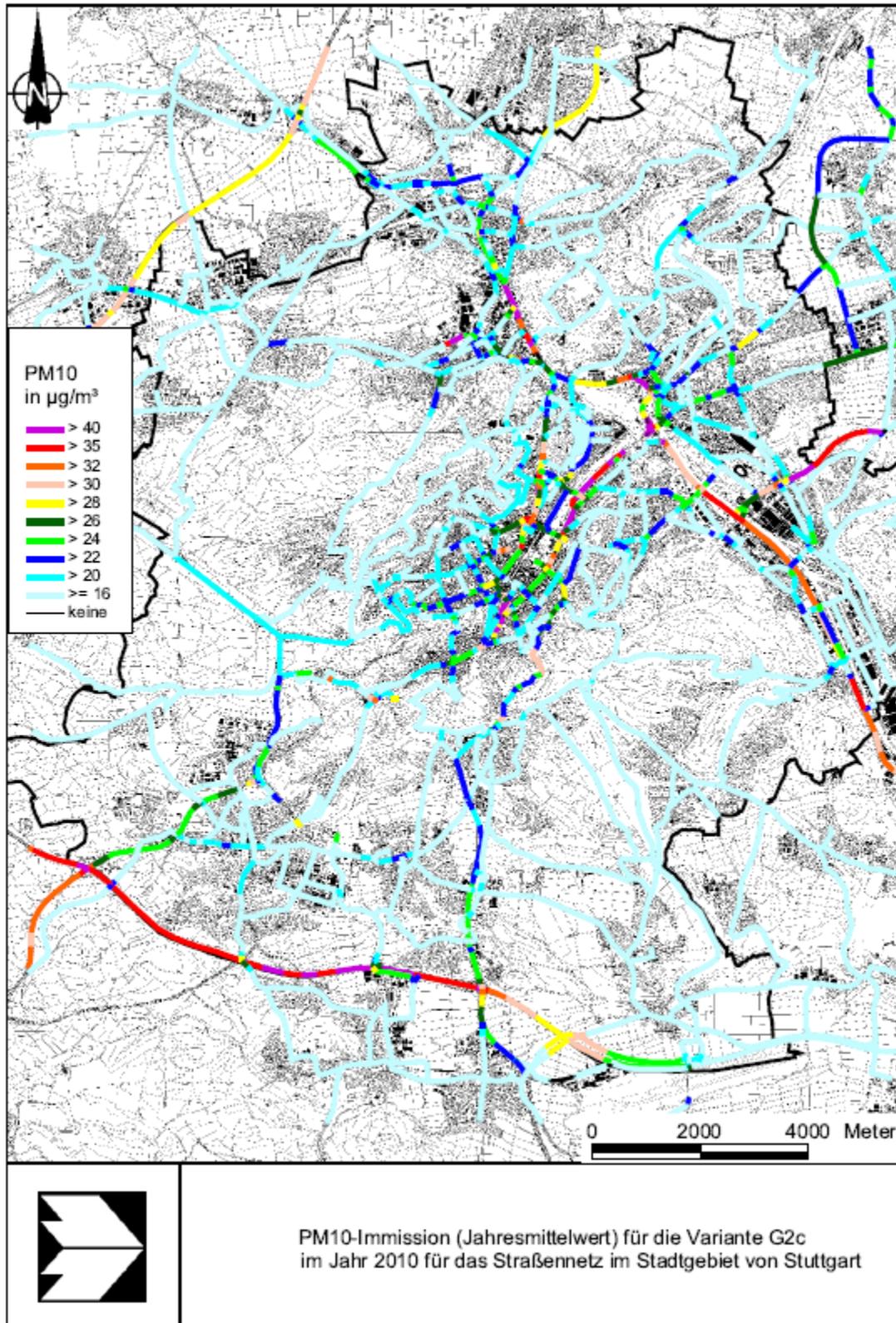


Bild A2.13: PM10-Immission (Jahresmittelwert) für Szenario Gc im Jahr 2010 für das Straßennetz im Stadtgebiet von Stuttgart

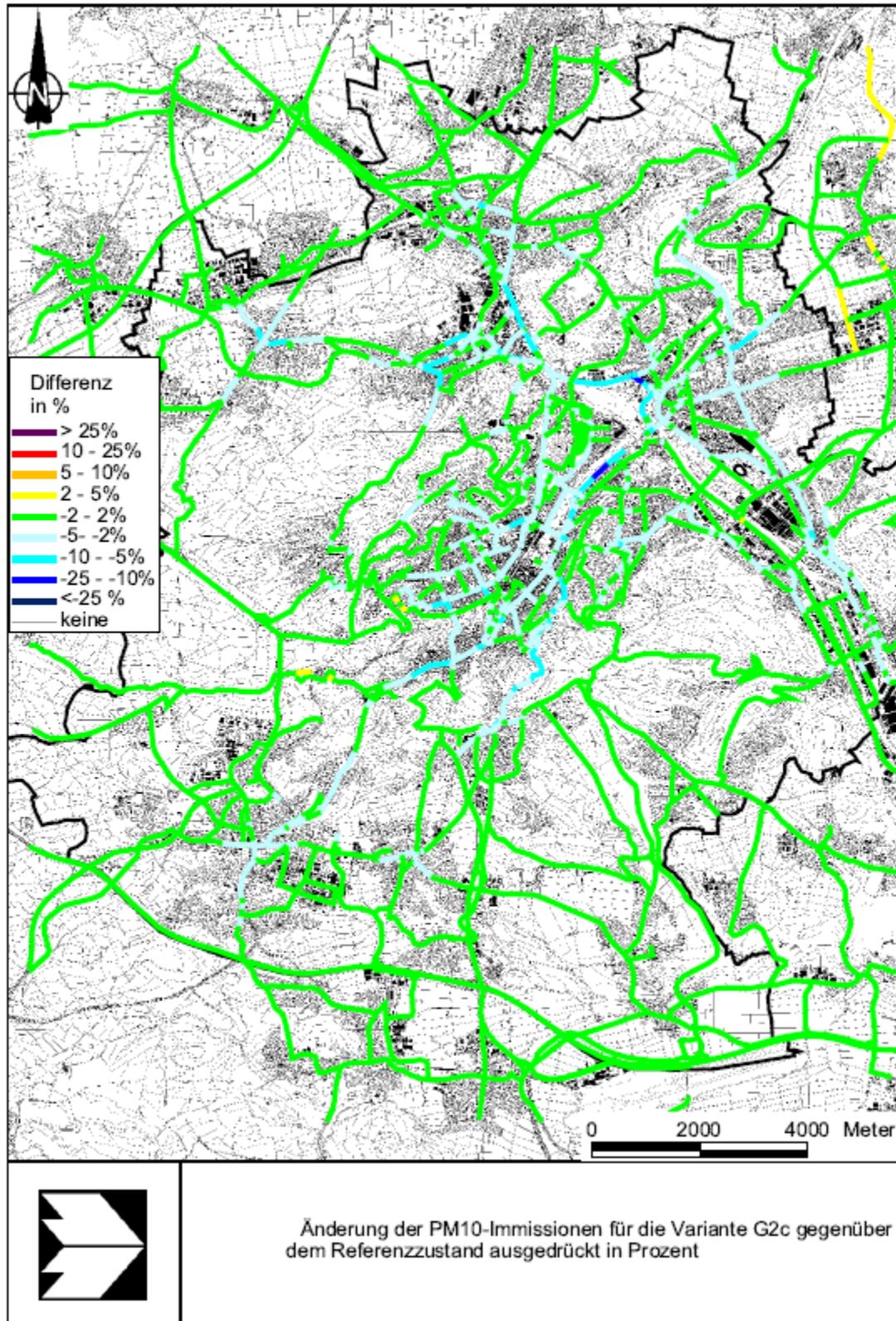


Bild A2.14: Änderung der PM10-Immissionen für Szenario Gc gegenüber dem Referenzzustand [%]

ANHANG A3: Emissionsdarstellungen für die Szenarien

Für das Straßennetz von Stuttgart sind für den Referenzzustand sowie die Maßnahmen Ga, Gb und Gc in Bild A3.1 bis Bild A3.4 die mittleren NO_x-Emissionen grafisch dargestellt.

In Bild A3.5 bis Bild A3.8 sind die berechneten Partikelemissionen für das betrachtete Straßennetz von Stuttgart für den Referenzzustand sowie die Maßnahmen Ga, Gb und Gc im Jahr 2010 dargestellt.



Bild A3.1: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für den Referenzzustand im Jahr 2010

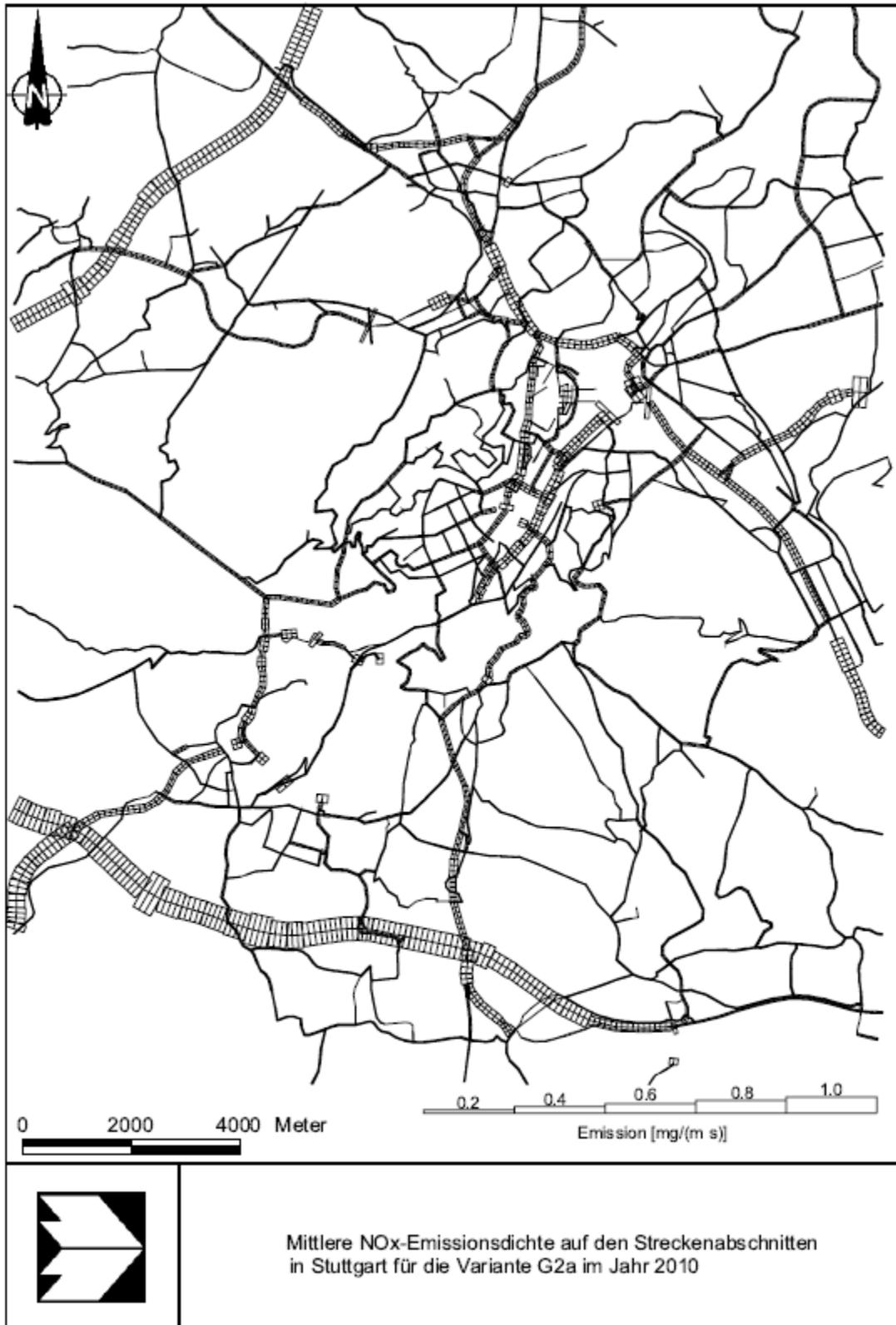


Bild A3.2: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für Szenario Ga im Jahr 2010



Bild A3.3: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für Szenario Gb im Jahr 2010



Bild A3.4: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für Szenario Gc im Jahr 2010

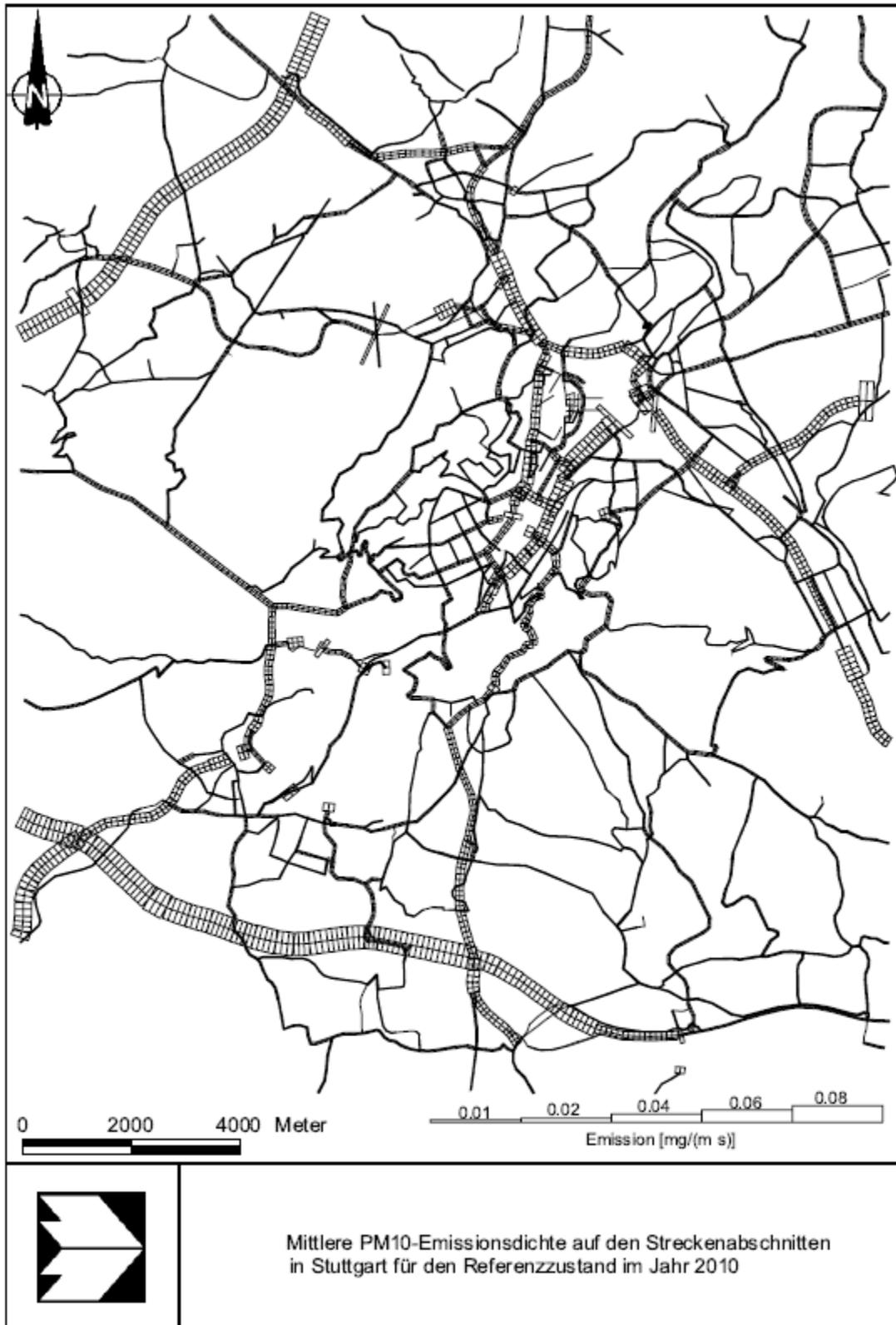


Bild A3.5: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für den Referenzzustand im Jahr 2010



Bild A3.6: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für Szenario Ga im Jahr 2010



Bild A3.7: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für Szenario Gb im Jahr 2010



Bild A3.8: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für Szenario Gc im Jahr 2010