Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Immissionsschutz, Klima, Aerodynamik, Umweltsoftware

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0
E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

BERECHNUNG DER IMMISSIONS-AUSWIRKUNGEN EINES GEPLANTEN LKW-DURCHFAHRTSVERBOTS AUF DER KARLSTRASSE UND DER EBERHARDTRASSE FÜR DEN LUFTREINHALTEPLAN REUTLINGEN

Auftraggeber: Regierungspräsidium Tübingen
Konrad-Adenauer-Straße 20

72072 Tübingen

Dipl.-Umweltwiss. A. Friedrich
Dipl. Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. W. Bächlin

Mai 2013
Projekt 62383-13-01
Berichtsumfang 71 Seiten

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN 1

1 ZUSAMMENFASSUNG 4

2 AUFGABENSTELLUNG 10

3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN 11

3.1 Lagedaten 12

3.2 Verkehr 12

3.3 Fahrzeugflotte 16

3.4 Emissionsfaktoren 19

3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren 19

3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren 20

3.5 Angesetzte Emissionsfaktoren 20

3.6 Meteorologische Daten 22

4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN 24

4.1 Auswirkungen auf die Emissionen an der Karlstraße und der B 28 in Reutlingen 24

4.2 Auswirkungen der Immissionen an der Karlstraße und der B 28 in Reutlingen 26

4.2.1 Grundlagen 26

4.2.2 NO_2-Immissionen an der Karlstraße und Eberhardstraße sowie der B 28 in Reutlingen 30

4.2.3 PM10-Immissionen an der Karlstraße und Eberhardstraße sowie an der B 28 in Reutlingen 33

5 LITERATUR 37

A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION 41

A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN-NETZ REUTLINGEN 49

A3 VERKEHRSGUTACHTEN „REUTLINGEN LKW-SPERRUNG EBERHARDSTRASSE / KARLSTRASSE 57

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung weder modifiziert noch auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist µg (oder mg) Schadstoff pro m³ Luft (µg/m³ oder mg/m³).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in µg/m³ oder mg/m³ angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z.B. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / 98-Perzentilwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert, 98-Perzentilwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über kon-

stante Konzentration kann zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration. Der Gesetzgeber hat deshalb zusätzlich zum Jahresmittelwert z.B. den so genannten 98-Perzentilwert (oder 98-Prozent-Wert) der Konzentrationen eingeführt. Das ist derjenige Konzentrationswert, der in 98% der Zeit des Jahres unterschritten wird.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung weiterer Kurzzeitwerte in Form des Stundenmittelwertes der NO_2-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der 98-Perzentil- bzw. Jahresmittelwerte. Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Feinstaub / PM10 / PM2.5

Mit Feinstaub bzw. PM10 / PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

Emissionsgrenzwerte für Partikel und NO_x mit Geltungsjahr

		Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
PKW	**Jahr**	**1993**	**1996/97**	**2000**	**2005**	**2009**	**2014**
	Partikel [g/km]	0.18	0.08	0.05	0.025	0,005	0,005
	Jahr	**1992**	**1996**	**2000**	**2005**	**2009**	**2014**
	NO_x Diesel [g/km]	-	-	0.50	0.25	0,18	0,08
	NO_x Benzin [g/km]	-	-	0.15	0.08	0,06	0,06
LKW	**Jahr**	**1992/93**	**1995/96**	**2000/01**	**2005**	**2008**	**2012**
	Partikel [g/kWh]	0.4	0.15	0.10	0.02	0.02	0.01
	Jahr	**1992**	**1998**	**2000**	**2005**	**2008**	**2012**
	NO_x [g/kWh]	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0	0.4

1 ZUSAMMENFASSUNG

Für Reutlingen besteht ein Luftreinhalteplan inklusive dessen Aktualisierung, für den jeweils verkehrsbedingte, immissionsseitige Wirkungsberechnungen von unserem Büro durchgeführt wurden. Für den Luftreinhalteplan stand nun als weitere Maßnahme ein LKW-Durchfahrtsverbot auf der Karlstraße und der Eberhardstraße zur Diskussion, das hinsichtlich seiner Wirkung auf die Emissionen und Immissionen an der Karlstraße und der Eberhardstraße sowie an der potentiellen Ausweichroute der LKW über die B 28 ergänzend betrachtet werden sollte.

Betrachtet wurde der Referenzfall mit derzeitiger Umweltzonenabgrenzung und –regelung mit Umweltzone Stufe 3 (d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei) sowie die Maßnahme „Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße mit Bundesstraßen“, die jeweils bereits Bestandteil der aktuellen Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Reutlingen waren und auf deren Basis das angedachte LKW-Durchfahrtsverbot jeweils angewendet werden sollte. Betrachtet wurden die Schadstoffe NO_2 und PM10.

Im Fokus der Betrachtungen stehen die möglichen Minderungen der Immissionen durch die Maßnahmen, insbesondere an den Standorten mit vorliegenden Messwertüberschreitungen für Anwohner. Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden für zwei ausgewählte Standorte entlang der Eberhardstraße, Karlstraße und Konrad-Adenauer-Straße, an denen auch teilweise Messwerte vorliegen, sowie für einen ausgewählten Straßenabschnitt entlang der B 28 ausgewertet und sind für NO_2 in **Tab. 1.1** aufgeführt. Die Lage der ausgewählten Untersuchungspunkte ist in **Abb. 1** ersichtlich. Damit Änderungen ablesbar sind, werden die Immissionen in **Tab. 1.1** mit einer Nachkommastelle angegeben und die Werte über dem Grenzwert für NO_2-Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ im Jahresmittel sind fett hervorgehoben.

	Karlstraße	Eberhardstraße	Konrad-Adenauer-Straße	B 28
2013 Referenzfall	**49.4**	**58.7**	**43.0**	**48.0**
2013 Referenzfall mit LKW-Durchfahrtsverbot	**46.8**	**56.0**	**42.3**	**49.4**
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. und LKW-Durchfahrtsverbot	**46.8**	**56.0**	**41.1**	**47.8**

Tab. 1.1: Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte in µg/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte. Grenzwert NO_2: **40 µg/m³** im Jahresmittel

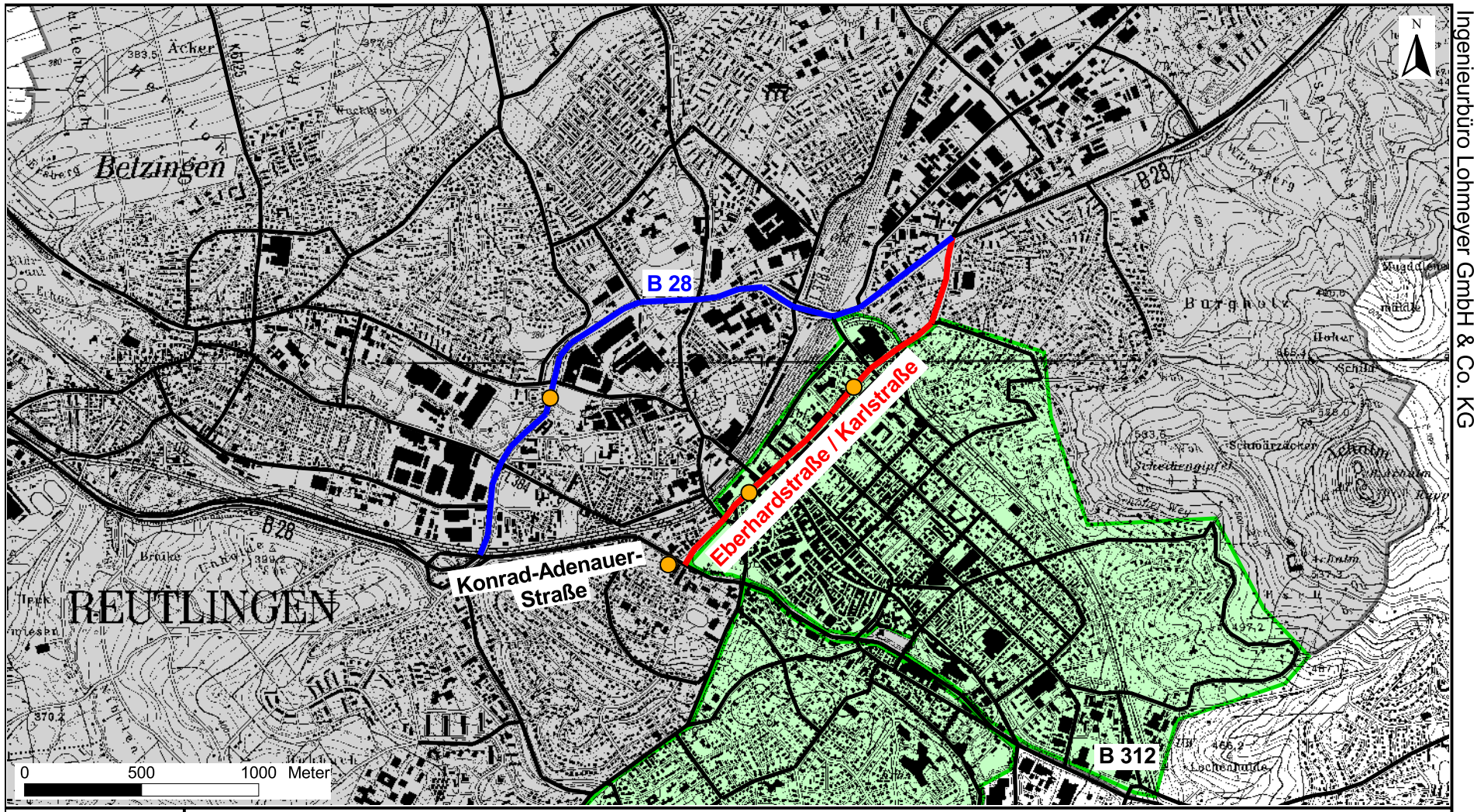


Abb. 1: Lageplan des Untersuchungsgebietes.
Der Abschnitt mit einem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Karlstraße und Eberhardstraße ist rot und die Hauptausweichroute der LKW über die B 28 ist blau hervorgehoben. Die ausgewählten Untersuchungspunkte sind mit orangen Punkten eingezeichnet.
Der Bereich der bestehenden Umweltzonenabgrenzung ist hellgrün und die Gemarkung Reutlingen ist grau dargestellt.

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Die mit dem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot verbundenen Minderungen führen entsprechend den Berechnungsergebnissen an den in **Tab. 1.1** aufgeführten Straßenabschnitten der Karlstraße, Eberhardstraße und Konrad-Adenauer-Straße zu Verringerungen der Schadstoffbelastungen, wobei sowohl an der Karlstraße als auch an der Eberhardstraße und Konrad-Adenauer-Straße der geltende Grenzwert für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ nicht eingehalten werden kann. An der Karlstraße sind, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit ca. 49 µg/m³, durch die Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes Minderungen um 2.6 µg/m³ auf NO_2-Jahresmittelwerte bis ca. 47 µg/m³ zu erwarten. An der Eberhardstraße sind, ausgehend vom Referenzfall mit ca. 59 µg/m³, Minderungen um bis zu 2.7 µg/m³ auf Jahresmittelwerte bis ca. 56 µg/m³ berechnet. An der Konrad-Adenauer-Straße sind, ausgehend vom Referenzfall mit ca. 43 µg/m³, Minderungen um bis zu 1.9 µg/m³ auf Jahresmittelwerte bis ca. 41 µg/m³ berechnet. Die relativen Minderungen reichen an der Karlstraße und Eberhardstraße bis 5% und an der Konrad-Adenauer-Straße bis 4%; die detaillierten Angaben sind in **Abb. 4.3** aufgeführt.

An der Ausweichroute der B 28 sind, ausgehend vom Referenzfall mit 48 µg/m³, durch die Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes um bis zu 1.4 µg/m³ auf Jahresmittelwerte bis 49 µg/m³ erhöhte NO_2-Gesamtbelastungen berechnet. Mit einer Ausweitung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung bei gleichzeitigem LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Eberhard- und Karlstraße sind an der B 28 um ca. 0.2 µg/m³ verringerte NO_2-Gesamtbelastungen auf Jahresmittelwerte bis 48 µg/m³ verbunden. Der für NO_2-Jahresmittelwerte geltende Grenzwert von 40 µg/m^3 kann entsprechend den Berechnungsergebnissen an der B 28 nicht eingehalten werden.

Die relativen Minderungen der Emissionen, also der Schadstofffreisetzungen durch den Kfz-Verkehr an den genannten Standorten, fallen etwas höher aus, wie in Kap 4.1 beschrieben.

In einem weiteren Schritt wurden für die Eberhardstraße, Karlstraße und Konrad-Adenauer-Straße sowie die B 28 die von einer Überschreitung des geltenden Grenzwertes für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ betroffenen Anwohner ermittelt. Die dafür benötigten Gebäudedaten mit Angaben zu den jeweiligen Bewohnerzahlen pro Haus wurden durch das Ingenieurbüro Braunstein + Berndt zur Verfügung gestellt. Die an die o.g. Straßen unmittelbar angrenzenden Gebäude wurden bestimmt und deren Bewohnerzahlen ermittelt. Diese sind in **Tab. 1.2** aufgeführt. Demnach ergeben sich an der Eberhardstraße und Karlstraße insgesamt 876 Anwohner, an der Konrad-Adenauer-Straße 136 Anwohner und entlang der B 28 insgesamt 100 Anwohner.

Im Referenzfall 2013 sind entlang der Eberhardstraße und Karlstraße alle 876 Anwohner von einer Überschreitung des geltenden Grenzwertes für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ betroffen. Mit dem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot sind an der Eberhardstraße und Karlstraße gegenüber dem Referenzfall auf 811 Bewohner reduzierte Betroffenheiten verbunden. Mit einer weiteren Ausdehnung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung reduzieren sich die Betroffenheiten entlang der Karlstraße und Eberhardstraße auf 739 Anwohner, wobei hier die Anzahl der Betroffenheiten insbesondere im nördlichen Abschnitt der Karlstraße, der derzeit außerhalb der bestehenden Umweltzonenabgrenzung liegt, reduziert werden. An der Konrad-Adenauer-Straße sind im Referenzfall 134 Betroffenheiten ermittelt, wobei sich mit den betrachteten Maßnahmen keine Änderungen in der Zahl der Betroffenheiten ergeben.

An der Ausweichroute der B 28 sind im Referenzfall insgesamt 62 der 100 Anwohner von einer Überschreitung des geltenden Grenzwertes für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ betroffen. Mit dem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot erhöhen sich die Betroffenheiten an der B 28 auf 87 Anwohner und mit gleichzeitiger Ausweitung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung sind an der B 28 45 Betroffenheiten ermittelt.

	Eberhardstraße & Karlstraße	Konrad-Adenauer-Straße	B 28
Anwohner Gesamt	876	136	100
2013 Referenzfall	876	134	62
2013 Referenzfall mit LKW-Durchfahrtsverbot	811	134	87
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. und LKW-Durchfahrtsverbot	739	134	45

Tab. 1.2: Berechnete Betroffenheiten entlang der Eberhardstraße und Karlstraße sowie entlang der B 28 für die betrachteten Szenarien.

Für Feinstaub (PM10) sind die Ergebnisse für die ausgewählten Straßenabschnitte in **Tab. 1.3** als Jahresmittelwerte und in **Tab. 1.4** als Anzahl der Überschreitungen des PM10-Kurzzeitwertes aufgeführt. Die PM10-Belastungen verringern sich an der Karlstraße, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit ca. 28 µg/m³, um 1 µg/m³ auf 27 µg/m³ durch die Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes. An der Eberhardstraße sind, ausgehend vom Referenzfall mit 31 µg/m³, um 1.3 µg/m³ auf 30 µg/m³ reduzierte PM10-Immissionen berechnet. An der Konrad-Adenauer-Straße sind, ausgehend vom Referenzfall mit 25 µg/m³, um 0.5 µg/m³ auf knapp unter 25 µg/m³ reduzierte PM10-Immissionen prognostiziert. Damit kann sowohl an der Karlstraße und der Eberhardstraße als auch an der Konrad-Adenauer-Straße der geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ mit den betrachteten Maßnahmen eingehalten werden und es sind sowohl im Referenzfall als auch mit dem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot entlang dieser Straßen keine Anwohner im Jahresmittel von einer PM10-Grenzwertüberschreitung betroffen. Die berechneten PM10-Immissionen reichen mit der Maßnahme „LKW-Durchfahrtsverbot“ an der Karlstraße und Eberhardstraße bis ca. 4%, an der Konrad-Adenauer-Straße bis auf 2% der PM10-Gesamtbelastungen des Referenzfalls.

An der Ausweichroute der B 28 sind, ausgehend im Referenzfall mit 28 µg/m³, durch die Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes entlang der Karlstraße und Eberhardstraße um 0.6 µg/m³ auf 29 µg/m³ erhöhte PM10-Immissionen berechnet. Bei gleichzeitiger Ausdehnung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung und Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes entlang der Karlstraße und Eberhardstraße sind an der B 28 gegenüber dem Referenzfall um 0.2 µg/m³ erhöhte PM10-Gesamtbelastungen bis 28 µg/m³ berechnet. Die relativen Zunahmen der PM10-Jahresmittelwerte betragen an der B 28 bis 2%.

	Karlstraße	Eberhardstraße	Konrad-Adenauer-Straße	B 28
2013 Referenzfall	27.5	**31.4**	25.3	27.9
2013 Referenzfall mit LKW-Durchfahrtsverbot	26.5	**30.1**	25.0	**28.5**
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. und LKW-Durchfahrtsverbot	26.5	**30.1**	24.8	**28.1**

Tab. 1.3: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte. Grenzwert PM10-Jahresmittel: 40 µg/m³, Schwellenwert über **28 µg/m³** zur Ableitung des Kurzzeitgrenzwertes (über 35 Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³)

	Karlstraße	Eber-hardstraße	Konrad-Adenauer-Straße	B 28
2013 Referenzfall	30	**46**	24	32
2013 Referenzfall mit LKW-Durchfahrts-verbot	27	**40**	23	34
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. und LKW-Durchfahrtsverbot	27	**40**	22	33

Tab. 1.4: Berechnete Anzahl an Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 g/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte. Erlaubte Anzahl an Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³: **35** Tagen im Jahr.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass mit dem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Eberhardstraße und Karlstraße an der dortigen Randbebauung Verringerungen der motorbedingten Schadstofffreisetzungen verbunden sind, die auch zu Verringerungen der NO_2-Belastungen an den betrachteten Standorten führen, die dort jedoch zu keiner Einhaltung der Grenzwerte führen. An der Ausweichroute der B 28 sind mit dem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot an der dortigen Randbebauung Erhöhungen der Schadstoffbelastungen verbunden, wobei der geltende Grenzwert für NO_2-Jahresmittelwerte nicht eingehalten werden kann.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für Reutlingen besteht ein Luftreinhalteplan inklusive dessen Aktualisierung, für den jeweils verkehrsbedingte, immissionsseitige Wirkungsberechnungen von unserem Büro durchgeführt wurden. Für den Luftreinhalteplan steht nun als weitere Maßnahme ein LKW-Durchfahrtsverbot auf der Karlstraße und der Eberhardstraße zur Diskussion, das hinsichtlich seiner Wirkung auf die Emissionen und Immissionen an der Karlstraße, der Eberhardstraße und der Konrad-Adenauer-Straße sowie an der Ausweichroute der B 28 ergänzend betrachtet werden soll.

Als Ausgangssituation zu betrachten ist der Referenzfall mit derzeitiger Umweltzonenabgrenzung und –regelung mit Umweltzone Stufe 3 (d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei) sowie die Maßnahme „Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße mit Bundesstraßen“, die jeweils bereits Bestandteil der aktuellen Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Reutlingen waren und auf deren Basis das angedachte LKW-Durchfahrtsverbot jeweils angewendet werden soll. Betrachtet werden die Schadstoffe NO_2 und PM10.

Für ausgewählte Standorte an der Karlstraße, Eberhardstraße, Konrad-Adenauer-Straße und B 28 in Reutlingen sowie für das Hauptverkehrsstraßennetz werden die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen auf die Immissionen für das Jahr 2013 berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Straßennetzes (Kap. 3.2) werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, Stand 2010 auf der Grundlage der für Baden-Württemberg ermittelten dynamischen Fahrzeugflotte und mit den aktuellen Erkenntnissen bezüglich nicht motorbedingter PM10-Beiträge die Änderungen der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt und die von einer Grenzwertüberschreitung betroffenen Anwohner entlang der Karlstraße, Eberhardstraße, Konrad-Adenauer-Straße und der B 28 bestimmt.

3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN

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.

Im Februar 2010 wurde das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs -HBEFA-, Version 3.1 veröffentlicht. Damit stellt die Datenbasis des HBEFA, Version 3.1 die aktuelle Emissionsdatenbasis für den Kfz-Verkehr dar. 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. Wie für die Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan wird für die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte auf die zur Verfügung gestellten Daten für Baden-Württemberg zurückgegriffen, die auf der Grundlage der gemeldeten Kfz auch für das hier zu betrachtende Jahr 2013 die statische und dynamische Flottenzusammensetzung angibt (Aviso, 2009).

Für die Berücksichtigung der Umweltzonen werden wie in den Ausarbeitungen für den bestehenden Luftreinhalteplan die Zusammensetzungen der Fahrzeugflotten verändert, indem die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeugarten aus der Fahrzeugflotte ausgeschlossen werden, unter Berücksichtigung, dass ein Anteil von 20% dieser Fahrten aufgrund von Ausnahmegenehmigungen dennoch erfolgt. Damit erhöhen sich die verbleibenden Fahrzeugartanteile entsprechend der vorliegenden Flottenzusammensetzung.

Für die bestehende Umweltzonenabgrenzung mit Umweltzone Stufe 3 in Reutlingen wird ohne Einbeziehung der Bundesstraßen angenommen, dass die Fahrzeugflotte nur für die durch die ausgewiesene Umweltzone führenden Fahrten angepasst wird und für die Bereiche außerhalb der Umweltzone etwa nur drei Zehntel der Fahrten ohne grüne Plakette ausgetauscht werden.

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 und auf Datenbaken.

3.1 Lagedaten

Die Stadt Reutlingen liegt südlich von Stuttgart und östlich von Tübingen am Rand der Schwäbischen Alb. Das Stadtzentrum befindet sich im Echaztal, das in diesem Bereich in einem Bogen von Süden nach Westen verläuft. Der Straßenabschnitt mit dem angedachten LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Eberhardstraße und Karlstraße beginnt im Stadtgebiet von Reutlingen an der B 312, die das Untersuchungsgebiet von Nordwesten nach Südosten durchquert, verläuft in nordöstlicher Richtung und mündet im Norden von Reutlingen in die B 28. Die B 28 verläuft von Westen kommend in einem Bogen in nordöstlicher Richtung und umfährt dabei das Stadtzentrum von Reutlingen.

Die Lage des Betrachtungsgebietes mit dem Stadtgebiet Reutlingen ist in **Abb. 3.1** aufgezeigt. Dort ist der Straßenabschnitt mit einem angedachten LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Eberhardstraße und Karlstraße rot und die Hauptausweichroute der LKW entlang der B 28 blau dargestellt. Die bestehende Umweltzonenabgrenzung ist grün und die Gemarkungsgrenze ist grau eingezeichnet. Die ausgewählten Untersuchungspunkte an der Karlstraße, Eberhardstraße, Konrad-Adenauer-Straße und der B 28 sind in **Abb. 3.1** mit orangen Punkten eingetragen.

3.2 Verkehr

Für das Straßennetz von Reutlingen liegen durch den Verkehrsgutachter (R+T Darmstadt) Verkehrsdaten u.a. für den Referenzfall vor, die im Auftrag der Stadt Reutlingen im Zusammenhang mit den Untersuchungen im Rahmen des Verkehrsentwicklungsplans (VEP) Reutlingen erarbeitet wurden. Die Verkehrsdaten beinhalten Angaben über die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) und den durchschnittlichen täglichen Schwerverkehr (LKW) auf den berücksichtigten Straßen im Untersuchungsgebiet. Ergänzend dazu wurde durch den Verkehrsgutachter R+T Darmstadt die Verkehrsuntersuchung „LKW-Verbot Karlstraße/Eberhardstraße“ zur Verfügung gestellt (R+T Darmstadt, 2013), die auch im Anhang dieses Gutachtens aufgeführt ist.

Diese Daten werden für die zu betrachtenden Maßnahmen auf den zu berücksichtigenden Straßen für das Bezugsjahr 2013 angesetzt. Die Verkehrsdaten sind als Übersichtsdarstellung für den Referenzfall in **Abb. 3.2** und für das angedachte LKW-Durchfahrtsverbot in **Abb. 3.3** dargestellt.

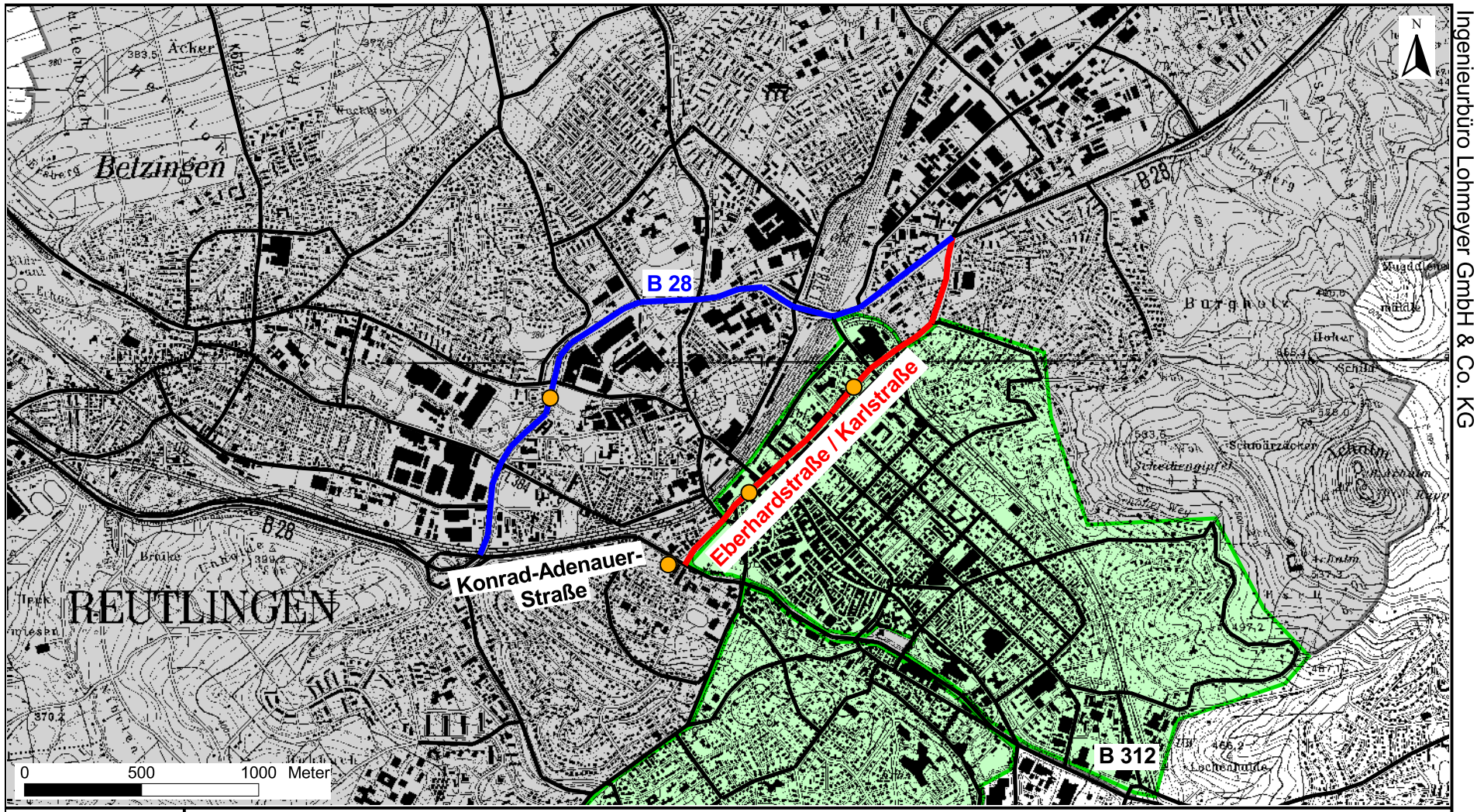


Abb. 3.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes.
Der Abschnitt mit einem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Karlstraße und Eberhardstraße ist rot und die Hauptausweichroute der LKW über die B 28 ist blau hervorgehoben. Die ausgewählten Untersuchungspunkte sind mit orangen Punkten eingezeichnet.
Der Bereich der bestehenden Umweltzonenabgrenzung ist hellgrün und die Gemarkung Reutlingen ist grau dargestellt.

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

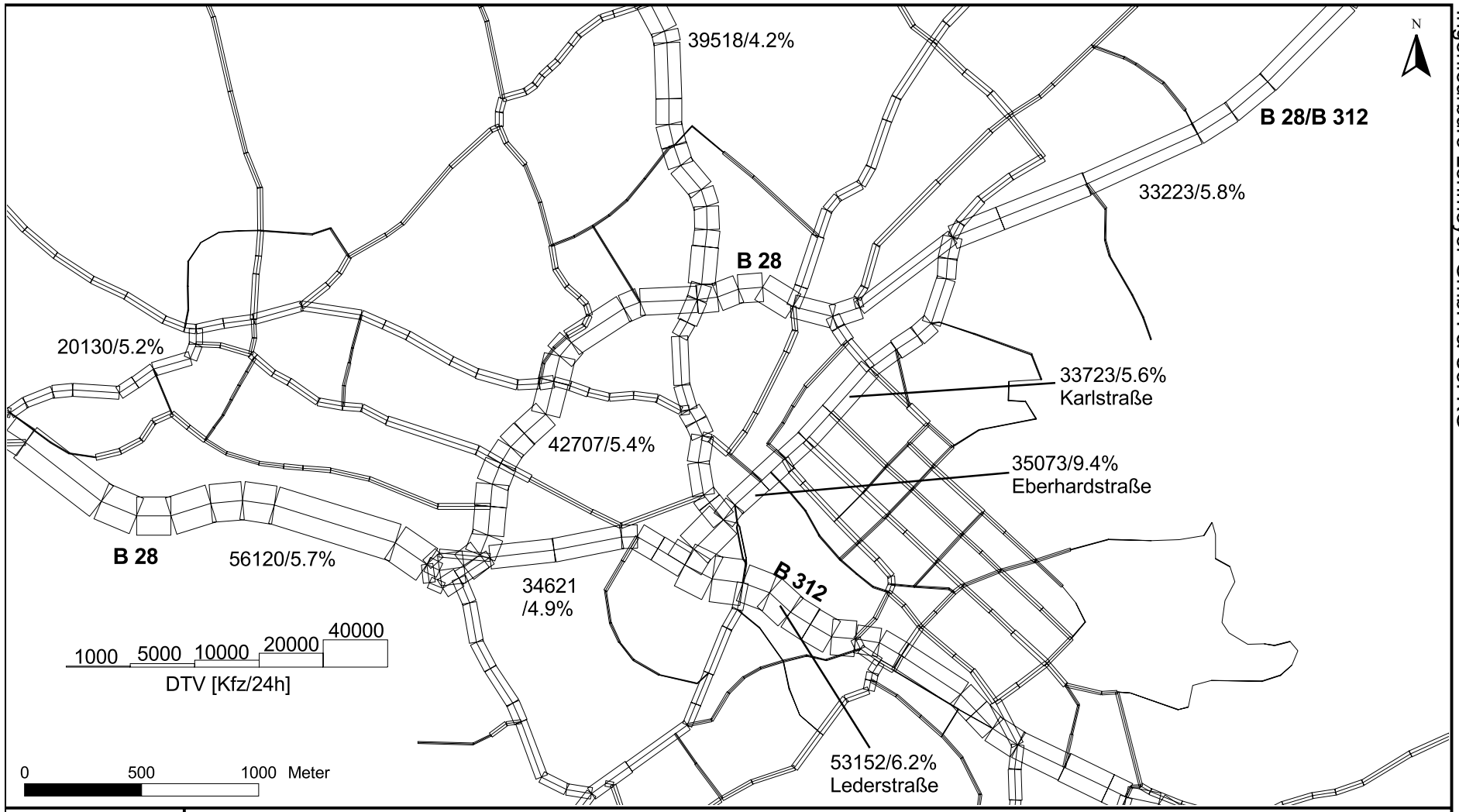


Abb. 3.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Referenzfall im Jahr 2013

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

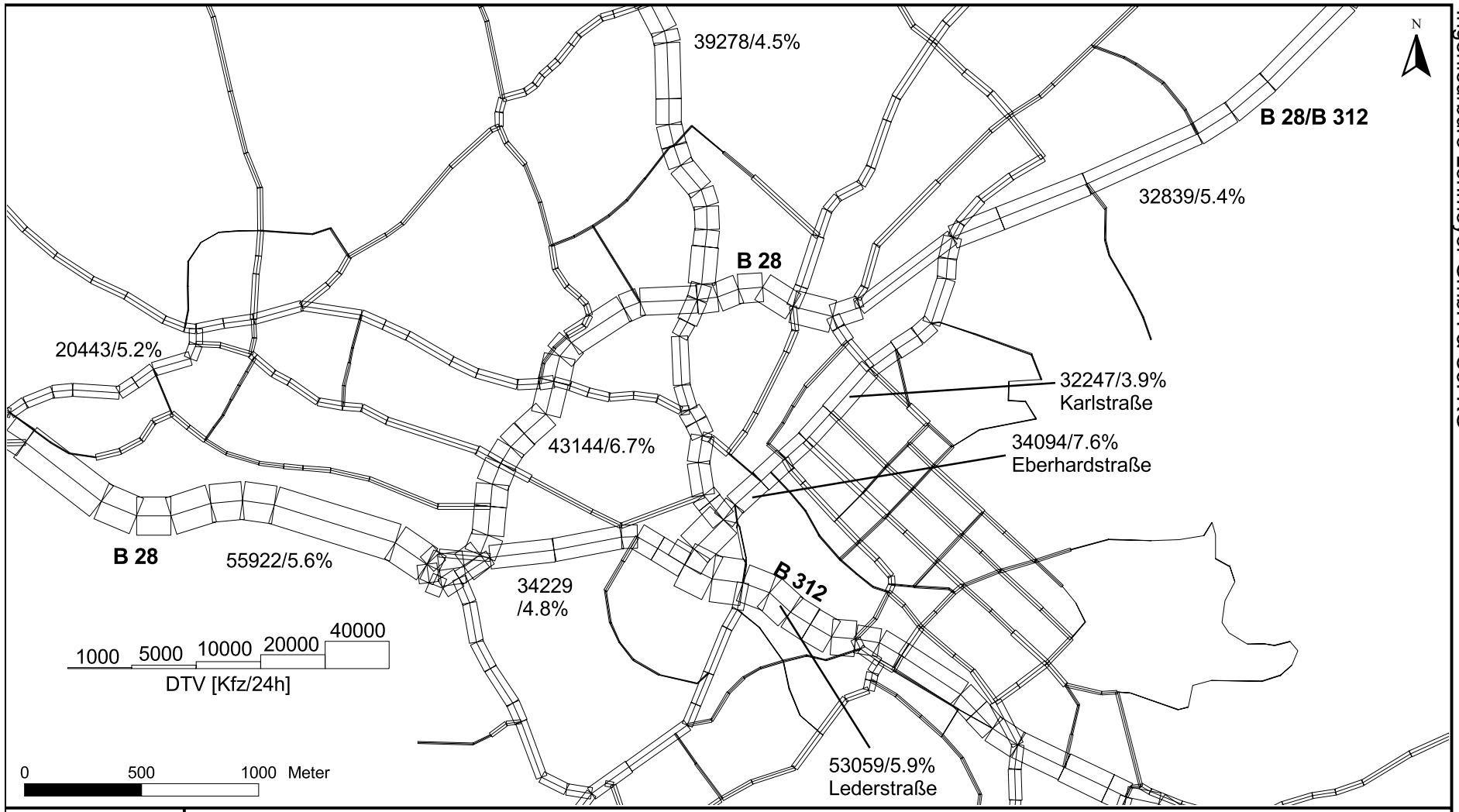


Abb. 3.3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet mit der Maßnahme "LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Eberhardstraße und Karlstraße" im Jahr 2013

3.3 Fahrzeugflotte

Die Zusammensetzungen der dynamischen Fahrzeugflotten, d.h. die Zusammensetzung der auf den Straßen verkehrenden Fahrzeuge, sind für innerstädtische Bereiche der dynamischen Flottenzusammensetzung für Baden-Württemberg (Aviso, 2009) für das zu betrachtende Bezugsjahr 2013 entnommen und in **Abb. 3.4** aufgezeigt. Dabei ist zu beachten, dass die dynamische Fahrzeugflotte nicht direkt vergleichbar ist mit den Bestandszahlen für eine Region, die die statische Flottenzusammensetzung basierend auf den Zulassungszahlen angibt.

Der Anteil der dieselbetriebenen PKW-Fahrten umfasst im Jahr 2013 ca. 41%; der Anteil der dieselbetriebenen leichten Nutzfahrzeugfahrten umfasst ca. 96%; bei den Bussen und schweren Nutzfahrzeugen setzen sich die Fahrten ausschließlich aus Dieselbetriebenen zusammen.

Für den Referenzzustand in Reutlingen mit der umrissenen Umweltzone Stufe 3 werden die in der Datengrundlage beschriebenen Zusammensetzungen der Fahrzeugflotten verändert, indem die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeugarten aus der Fahrzeugflotte ausgeschlossen werden, unter Berücksichtigung, dass ein Anteil von 20% dieser Fahrten aufgrund von Ausnahmegenehmigungen dennoch erfolgt. In **Abb. 3.5** sind die prozentualen Anteile der innerörtlichen Fahrten aufgezeigt, die von dem Fahrverbot betroffen sind.

Von den PKW-Fahrten sind im Jahr 2013 durch die Umweltzone Stufe 3 ca. 11% der Fahrten vom Fahrverbot betroffen. Der Wirtschaftsverkehr wird überwiegend mit dieselbetriebenen Kfz durchgeführt; durch das Fahrverbot sind ca. 19% der Lieferwagenfahrten und ca. 24% der LKW-Fahrten betroffen. Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahme wird berücksichtigt, dass im Wirtschaftsverkehr nur notwendige Fahrten durchgeführt werden und deshalb eine vollständige Verlagerung der Fahrten ohne Ausnahmegenehmigungen auf Fahrzeuge erfolgt, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind. Damit ist eine Änderung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte des Wirtschaftsverkehrs verbunden. Diese Annahme wurde auch auf den PKW-Verkehr übertragen und ebenfalls rechnerisch eine Änderung der Fahrzeugflotte durchgeführt.

Aus der statischen Flotte, die den Bestand der Fahrzeuge einer Region angibt, kann der Anteil an von Fahrverboten betroffenen Fahrzeugen ermittelt werden. Die Zusammensetzungen der statischen Fahrzeugflotten, sind für Baden-Württemberg (Aviso, 2009) für das zu betrachtende Jahr 2013 entnommen. Daraus lässt sich ableiten, dass im Jahr 2013 durch die Umweltzone Stufe 3etwa 12% der PKW, ca. 32% der Lieferwagen und ca. 41% der LKW betroffen sind.

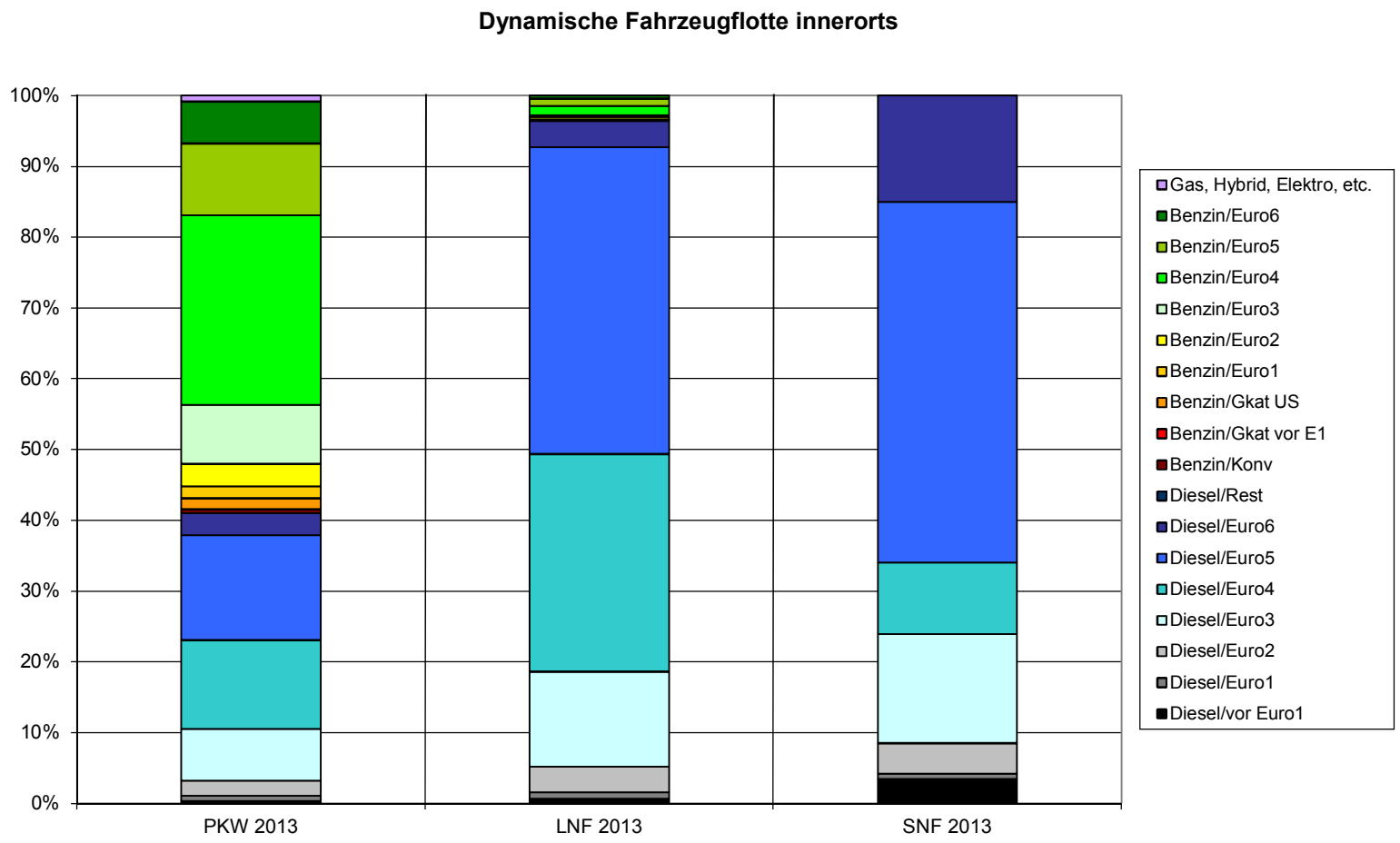


Abb. 3.4: Zusammensetzung der dynamischen Kfz-Flotte für das Jahr 2013 unterteilt nach PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Reisebusse, Linienbusse und schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

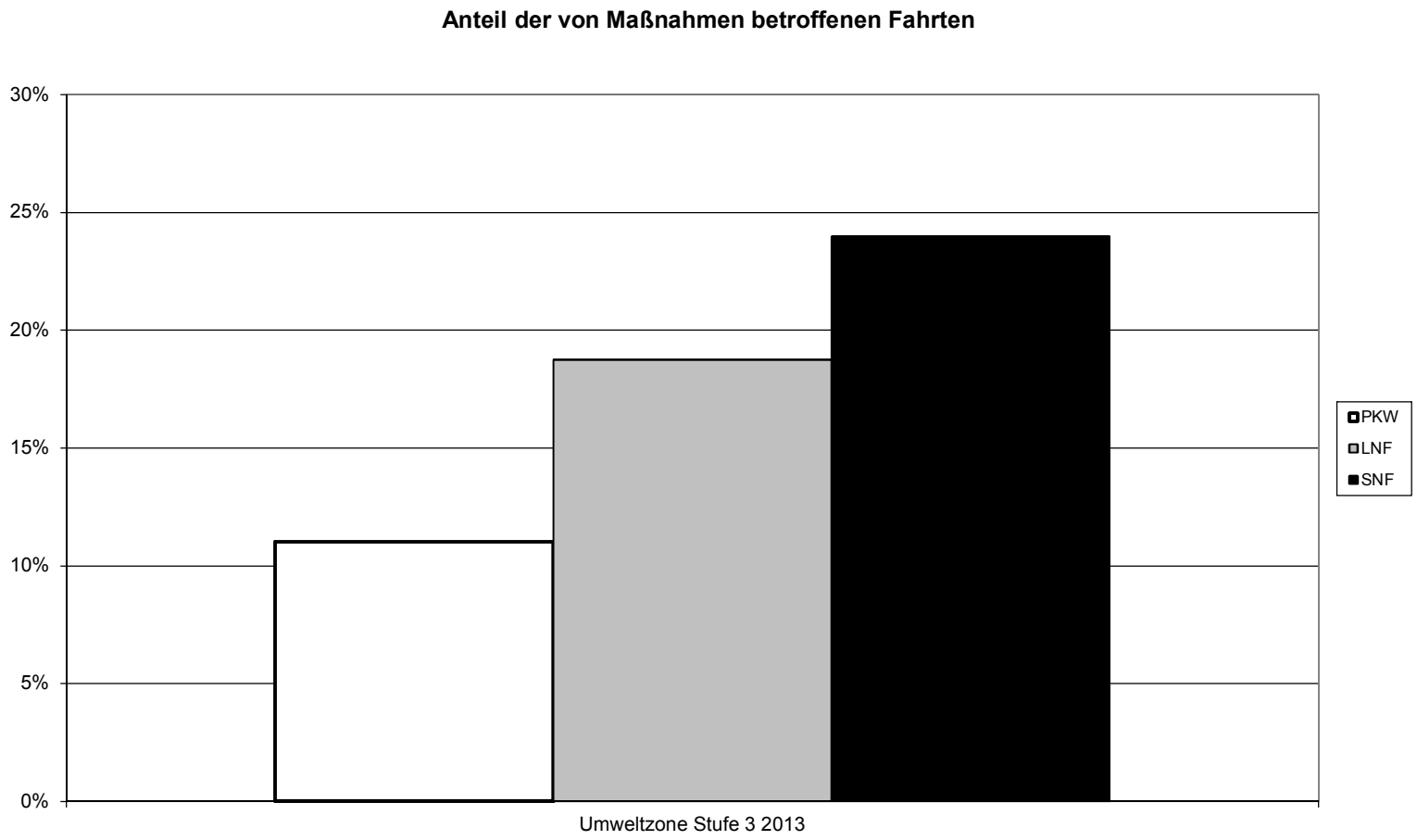


Abb. 3.5: Anteil der von den Fahrverboten betroffenen Fahrten in der Umweltzone Stufe 3 getrennt für PKW, Lieferwagen (LNF) und LKW (SNF)

3.4 Emissionsfaktoren

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 (lNfz) 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“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen.

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

3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) unter Berücksichtigung der dynamischen Kfz-Flottenzusammensetzung für Baden-Württemberg berechnet. Sie hängen für die Fahrzeugarten PKW, lNfz, 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 Längsneigung der Straßen wurde aus dem digitalen Geländemodell abgeleitet. In **Tab. 3.1** sind die für die vorliegende Untersuchung verwendeten motorbedingten Emissionsfaktoren aufgelistet.

3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelimmissionen 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 zufrieden stellender 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, Kupplung und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend der in BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2011) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems-, Kupplungs- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenem Straßenstaub die in **Tab. 3.1** exemplarisch für die innerstädtischen Verkehrssituationen an den verkehrsnahen Messstellen in Reutlingen sowie am Stadtrand von Reutlingen aufgeführten Emissionsfaktoren für den Referenzfall sowie die Umweltzone Stufe 3 verwendet.

3.5 Angesetzte Emissionsfaktoren

Für die Berücksichtigung der Umweltzonen werden die dynamischen Flottenzusammensetzungen derart verändert, dass die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeugarten aus der Fahrzeugflotte ausgeschlossen werden, unter Berücksichtigung, dass ein Anteil von 20% dieser Fahrten aufgrund von Ausnahmegenehmigungen dennoch erfolgt Damit erhöhen sich die verbleibenden Fahrzeugartanteile entsprechend der vorliegenden Flottenzusammensetzung.

Für die Umweltzone Stufe 3 wird in der Maßnahme „Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße“ eine Einbeziehung der Bundesstraßen berücksichtigt und für den Referenzfall wird angenommen, dass die Fahrzeugflotte nur für die durch die kleine ausgewiesene Umweltzone führenden Fahrten angepasst wird.

Verkehrs-situation (Kürzel)	**Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2013**					
	NO_x		**PM10 (nur Abrieb und Aufwirb.)**		**Partikel (nur Abgas)**	
	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
IO-HVS50	0.246	3.624	0.026	0.10	0.0084	0.0374
IO-HVS50d	0.324	4.417	0.033	0.35	0.0096	0.0462
IO-HVS50g	0.439	5.176	0.035	0.50	0.0122	0.0649
IO-Sam50g	0.483	6.109	0.040	0.70	0.0127	0.0791
IO-HVS60d	0.309	3.788	0.033	0.35	0.0090	0.0414
IO-NS30	0.350	5.461	0.026	0.28	0.0103	0.0638
IOS-NS40d	0.404	6.102	0.035	0.50	0.0113	0.0715
UZ-St3-IO-HVS50	0.230	3.362	0.026	0.10	0.0059	0.0226
UZ-St3-IO-HVS50d	0.296	4.218	0.033	0.35	0.0067	0.0282
UZ-St3-IO-HVS50g	0.402	4.892	0.035	0.50	0.0090	0.0464
UZ-St3-IO-Sam50g	0.447	5.712	0.040	0.70	0.0093	0.0575
UZ-St3-IO-HVS60d	0.283	3.528	0.033	0.35	0.0064	0.0259
UZ-St3-IO-NS30	0.333	5.142	0.026	0.28	0.0074	0.0444
UZ-St3-IOS-NS40d	0.383	5.868	0.035	0.50	0.0080	0.0483

Tab. 3.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an den verkehrsnahen Messstellen für das Bezugsjahr 2013 nach HBEFA unter Berücksichtigung der Flotte für Baden-Württemberg für den Referenzfall und die Umweltzone Stufe 3.

An den verkehrsnahen Messstellen werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IO-HVS50: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h

IO-HVS50d: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

IO-HVS50g: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

IO-Sam50g: Innerörtliche Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

IO-HVS60d: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 60 km/h, dichter Verkehr

IO-NS30: Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h

IOS-NS40d: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 40 km/h

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.

3.6 Meteorologische Daten

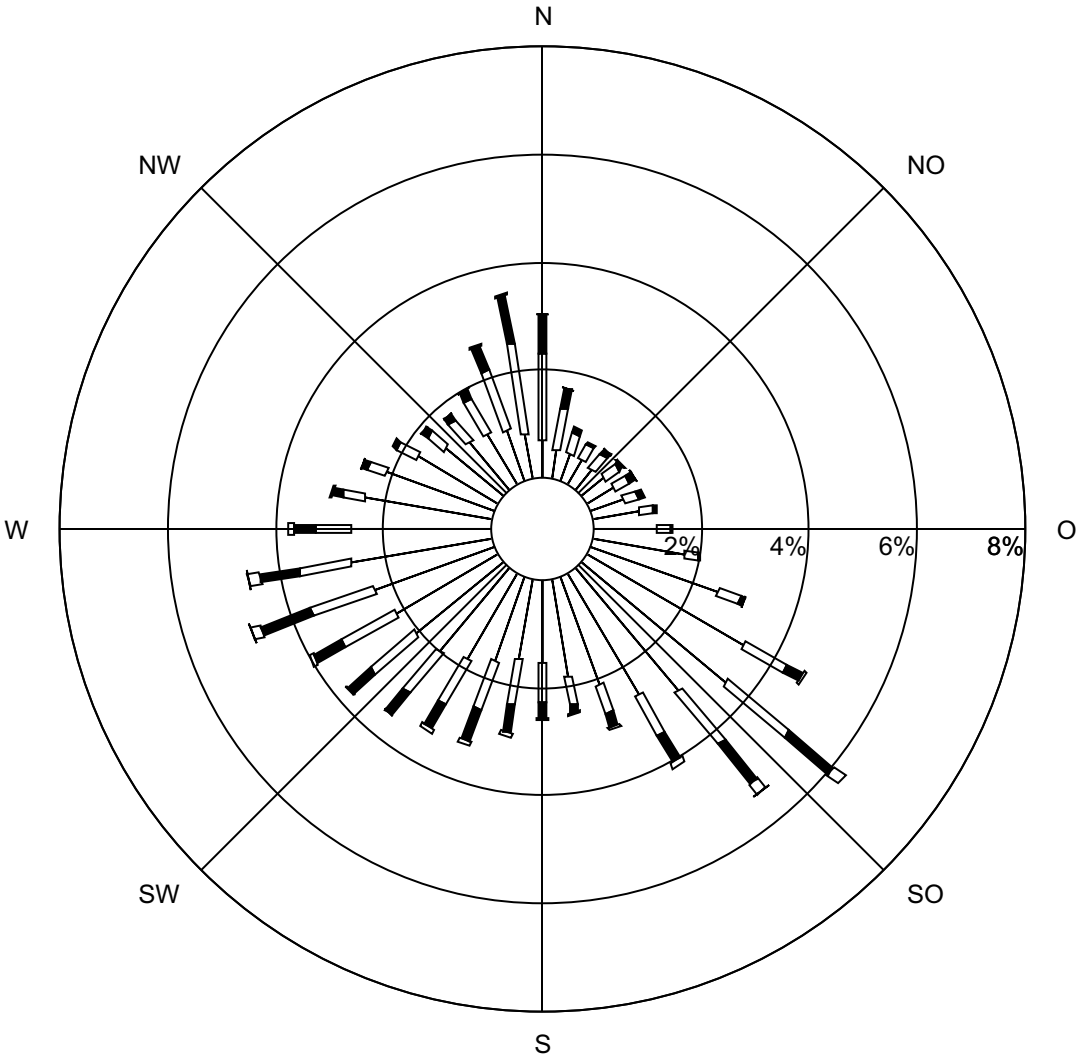
Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden so genannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Für das betrachtete Untersuchungsgebiet mit dem Stadtgebiet von Reutlingen und den angrenzenden Stadtrandbereichen liegen unterschiedliche Windinformationen durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) vor.

Im Stadtgebiet von Reutlingen werden Windmessdaten von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) an der Luftmessstation Nr. 4470 auf der Pomologie in ca. 8 m über Grund kontinuierlich erhoben. Der Standort befindet sich ca. 250 m südlich der Lederstraße. In **Abb. 3.6** ist die Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an der Station Reutlingen/Pomologie für die Jahre 2000-2004 dargestellt. Ausgeprägt sind die Hauptmaxima aus West und Südost, die jeweils einen breiten Sektor aufspannen. Ein weiteres Nebenmaximum liegt bei nördlichen Windrichtungen. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt mit 1.5 m/s im erwarteten Bereich für eine innerstädtische Station.

Im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) wurden synthetische Windrosen im 500 m Raster für Baden-Württemberg berechnet und im Internet veröffentlicht (LUBW, Internet). Darin ist auch der Bereich von Reutlingen und Umgebung enthalten, für den Windstatistiken vorliegen. Für die Innenstadt von Reutlingen zeigt die Windrose der Pomologie im Vergleich mit den synthetischen Windrosen eine ähnliche Verteilung.

Für die Immissionsberechnungen im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen werden die Daten der Station Reutlingen-Pomologie verwendet. Die Ausbreitungsklassen wurden anhand der aus den Bewölkungsangaben der Wetterstation Stuttgart-Schnarrenberg abgeleiteten Häufigkeitsverteilung mit dem Verfahren nach Kolb (1976) auf den Standort Reutlingen übertragen und unter Berücksichtigung der Rauigkeit in Reutlingen für die Ausbreitungsrechnung herangezogen.



Station	: 4470	Häufigkeit ABK			kleiner 1.4 m/s
Messhöhe	: 8.0 m	I	: 31.4 %		1.4 bis 2.3 m/s
Messzeit	: 2000 - 2004	II	: 38.3 %		2.4 bis 3.8 m/s
	:	III/1	: 10.0 %		3.9 bis 6.9 m/s
mittl. Wg	: 1.5 m/s	III/2	: 9.6 %		7.0 bis 10 m/s
		IV	: 8.8 %		größer 10 m/s
		V	: 1.9 %		

Abb. 3.6: Windrose für den Zeitraum Januar 2000 bis Dezember 2004 an der Station 4470 Pomologie/Reutlingen in 8 m über Grund. Quelle: UMEG

4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN

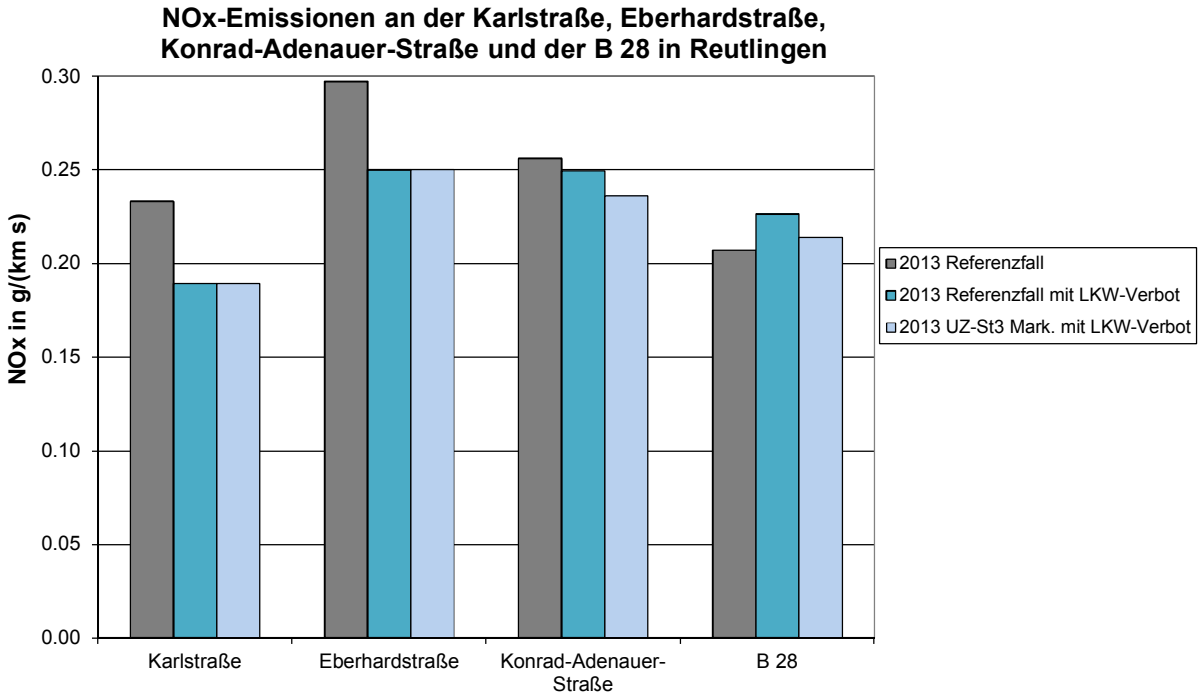
4.1 Auswirkungen auf die Emissionen an der Karlstraße und der B 28 in Reutlingen

Basierend auf den o.g. Flotten- und Emissionsdaten werden die Emissionen für die Hauptverkehrsstraßen in Reutlingen berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden auf die Straßenabschnitte mit dem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Eberhardstraße und Karlstraße sowie auf die Konrad-Adenauer-Straße und die Hauptausweichroute der B 28.

Mit den in Kap. 3 aufgeführten Emissionsfaktoren durch Modifizierungen der Flotte werden folgend die Emissionen der genannten Streckenabschnitte für das Bezugsjahr 2013 und für die jeweiligen Maßnahmen aufgeführt.

Die berechneten mittleren täglichen NO_x-Emissionen sind für einen ausgewählten Straßenabschnitt an der Karlstraße, der Eberhardstraße, der Konrad-Adenauer-Straße und der B 28 in **Abb. 4.1** (oben) und als relative Darstellungen, bezogen auf die Emissionsmodellierung des Referenzfalls im Bezugsjahr 2013, in **Abb. 4.1** (unten) aufgezeigt, wobei dort zur Verdeutlichung der Unterschiede nur ein Ausschnitt der Werteskala dargestellt wird. Bei den Darstellungen sind die Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Partikelemissionen sowie die NO_x-Emissionen betrachtet. Die Lage der ausgewählten Straßenabschnitte ist in **Abb. 3.1** ersichtlich.

Entsprechend den Zusammensetzungen der Verkehrsbelegungsdaten, der angesetzten Umweltzonenabgrenzung und des geplanten LKW-Durchfahrtsverbotes zeigen sich bei den betrachteten Fällen deutliche Variationen der NO_x-Emissionen (**Abb. 4.1**). Mit der Einführung des angedachten LKW-Durchfahrtsverbots entlang der Eberhardstraße und Karlstraße sind an der Karlstraße gegenüber dem Referenzfall auf ca. 81% und an der Eberhardstraße auf ca. 84% reduzierte NO_x-Emissionen verbunden. An der Konrad-Adenauer-Straße sind mit der geplanten Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes gegenüber dem Referenzfall auf ca. 97% reduzierte NO_x-Emissionen berechnet, die sich bei zusätzlicher Ausweitung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung dort bis auf ca. 92% der NO_x-Emissionen des Referenzfall verringern. An der B 28 sind mit einer Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes an der Eberhardstraße und der Karlstraße gegenüber dem Referenzfall auf ca. 109% erhöhte NO_x-Emissionen verbunden. Mit einer Ausweitung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung sind bei gleichzeitiger Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes an der B 28 ca. 102% der NO_x-Emissionen des Referenzfalls berechnet.



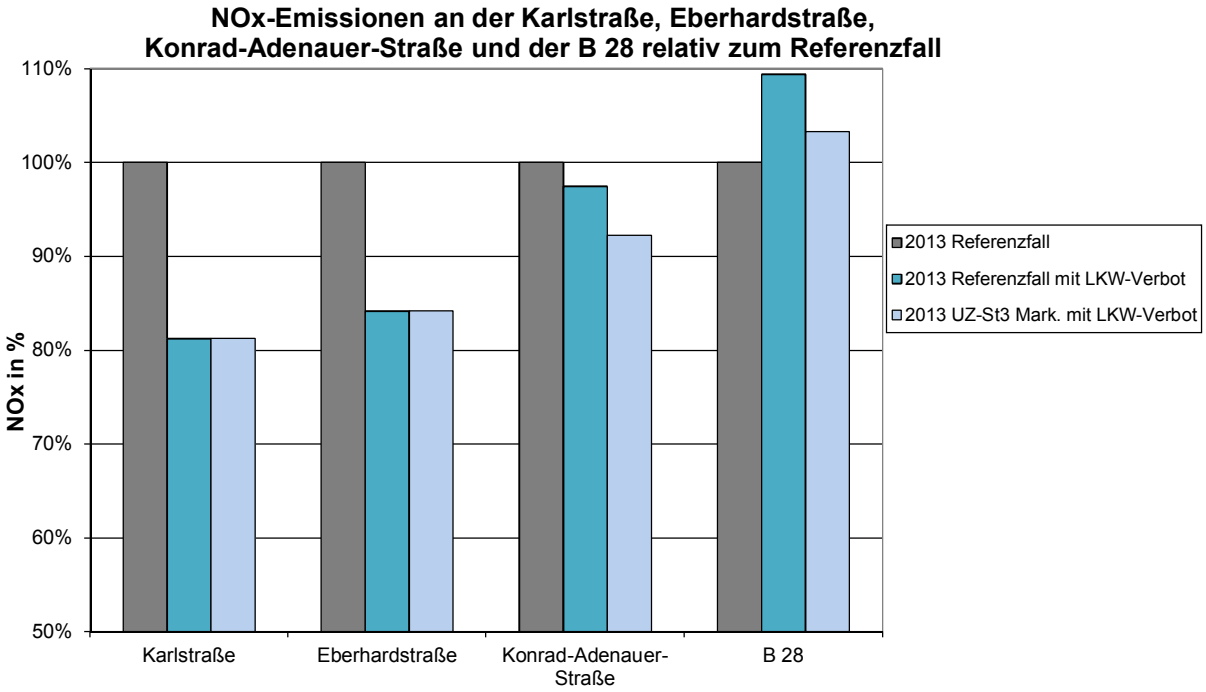


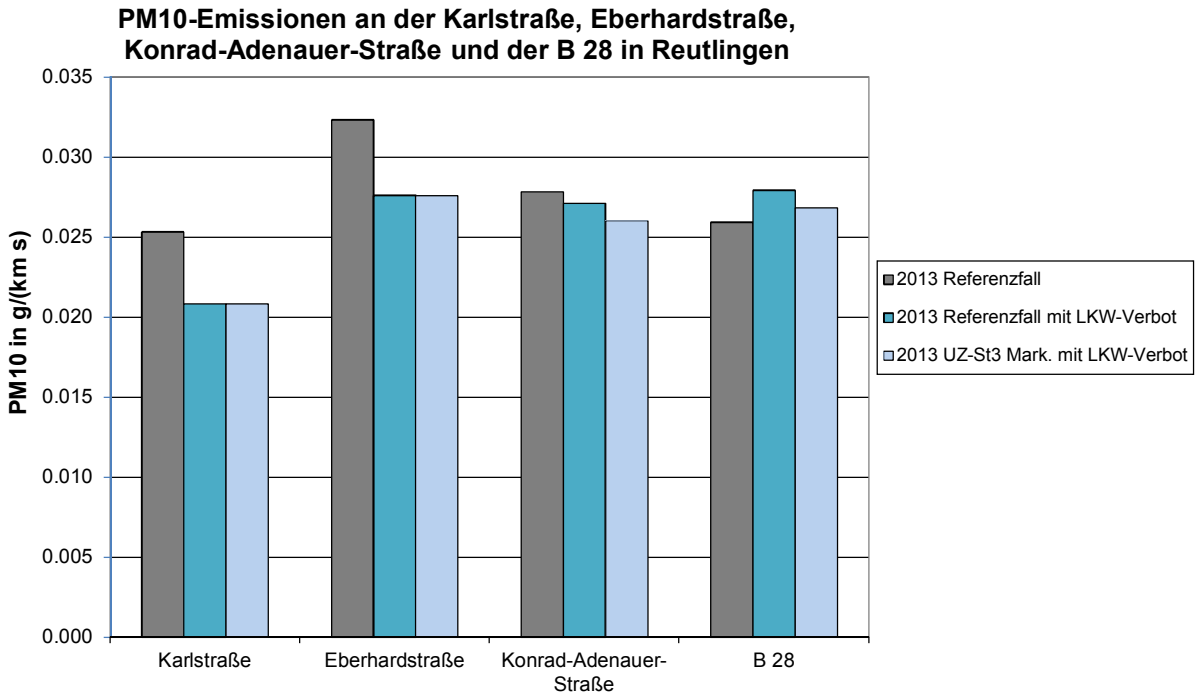
Abb. 4.1: NO_X-Emissionen für einen ausgewählten Straßenabschnitt an der Karlstraße, Eberhardstraße, Konrad-Adenauer-Straße und der B 28 in Reutlingen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Emissionen in [g/(km s)]
unten: Relative Änderung der Emissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

Die **Abb. 4.2** zeigt die an den ausgewählten Straßenabschnitten der Karlstraße, der Eberhardstraße, der Konrad-Adenauer-Straße und der B 28 berechneten PM10-Emissionen. Mit dem angedachten LKW-Durchfahrtsverbot sind an der Karlstraße gegenüber dem Referenzfall auf ca. 82% und an der Eberhardstraße auf ca. 85% reduzierte PM10-Emissionen berechnet. An der Konrad-Adenauer-Straße sind mit der geplanten Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes gegenüber dem Referenzfall auf ca. 97% reduzierte PM10-Emissionen verbunden. Mit einer zusätzlichen Ausweitung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung sind an der Konrad-Adenauer-Straße ca. 94% der PM10-Emissionen des Referenzfalls ermittelt. An der B 28 führt das LKW-Durchfahrtsverbot gegenüber dem Referenzfall zu ca. 108% erhöhten PM10-Emissionen. Bei gleichzeitiger Ausweitung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung sind an der B 28 ca. 104% der PM10-Emissionen des Referenzfall zu erwarten.

4.2 Auswirkungen der Immissionen an der Karlstraße und der B 28 in Reutlingen

4.2.1 Grundlagen

Seit Dezember 2004 werden in Reutlingen an der Lederstraße so genannte Spot-Messungen durch die LUBW durchgeführt. Neben den Messdaten an der kontinuierlich erfassenden Messstelle in der Lederstraße wurden, wie schon in den Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Reutlingen beschrieben, zur Überprüfung der Repräsentativität dieses Standortes in den Jahren 2005 und 2006 befristet an vier weiteren Standorten (MP6 – MP9) in der Lederstraße östlich der kontinuierlich erfassenden Messstelle und an einem weiteren Standort in-der Friedrich-Ebert-Straße (MP5) die NO_2-Immissionen mit Passivsammlern erfasst. Alle Messstandorte in der Lederstraße befinden sich praktisch direkt am Straßenrand bzw. in der Straßenmitte und an der Randbebauung. Der Messstandort an der Friedrich-Ebert-Straße (MP5) befindet sich ebenfalls am Straßenrand, in bebautem Gebiet an einer Straße mit geringem Verkehrsaufkommen. Sie wird als Hintergrundmessstation angegeben. Im Jahr 2007 wurde in der Lederstraße die kontinuierlich erfassende Messstation an den Standort MP9 versetzt. Des Weiteren befindet sich in Reutlingen an der Pomologie etwas abgerückt von der Straße eine Messstation, die als städtische Hintergrundmessstation klassifiziert ist. Diese durch das Land Baden-Württemberg erhobenen Messdatenerfassungen erfolgen im Hinblick auf die Anforderungen der 39. BImSchV, vormals 22. BImSchV. **Tab. 4.1** zeigt eine Zusammenstellung der Messdaten in Reutlingen der Jahre 2005 bis 2011.



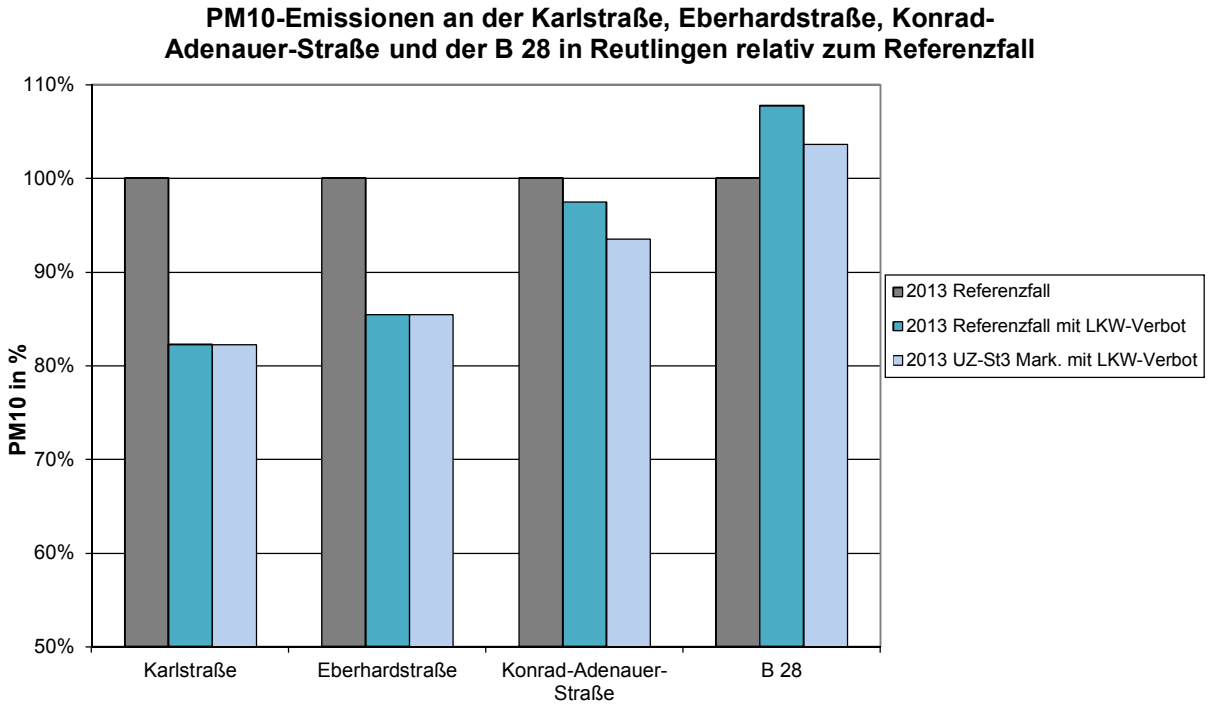


Abb. 4.2: PM10-Emissionen für einen ausgewählten Straßenabschnitt an der Karlstraße, Eberhardstraße, Konrad-Adenauer-Straße und der B 28 in Reutlingen für die betrachteten Maßnahmen
oben: Emissionen in [g/(km s)]
unten: Relative Änderung der Emissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

Schadstoff-Komponente	**Zeit-raum**	**Pomologie** Städt. Hin-tergrund	**Leder-straße**	Lederstr. **MP6**	Lederstr. **MP7**	Lederstr. **MP8**	Lederstr. **MP9**	Friedrich-Ebert-Str. **MP5**
NO_2-Jahresmittel	**2005**	30	55	71	63	63	101	38
	2006	29	55	61	59	54	90	31
	2007	26	-	-	-	-	-	30
	2008	24	-	-	-	-	88	29
	2009	24	-	-	-	-	91	-
	2010	28	-	-	-	-	88	-
	2011	26	-	-	-	-	84	-
NO_2-98-Perzentil	**2005**	79	113	-	-	-	-	-
	2006	83	118	-	-	-	-	-
	2007	70	-	-	-	-	-	-
	2008	68	-	-	-	-	168	-
	2009	72	-	-	-	-	175	-
	2010	-	-	-	-	-	175	-
	2011	-	-	-	-	-	-	-
PM10-Jahresmittel	**2005**	20	28	-	-	-	-	-
	2006	27	31	-	-	-	-	-
	2007	20	-	-	-	-	-	-
	2008	19	-	-	-	-	35	-
	2009	21	-	-	-	-	36	-
	2010	22	-	-	-	-	41	-
	2011	18	-	-	-	-	37	-
PM10-Überschreitungen (Anzahl der Tage über 50 µg/m³)	**2005**	8	17	-	-	-	-	-
	2006	30	44	-	-	-	-	-
	2007	13	44	-	-	-	-	-
	2008	9	-	-	-	-	51	-
	2009	16	-	-	-	-	57	-
	2010	15	-	-	-	-	82	-
	2011	8	-	-	-	-	67	-

Tab. 4.1: Messdaten an den Messstationen in Reutlingen. Quelle LUBW (2006 bis 2012). Die kontinuierlich erfassende Station **Lederstraße** wurde ab 2008 am **MP9** betrieben.

Im Rahmen von orientierenden Messungen zur flächendeckenden Untersuchung der Immissionen in Reutlingen wurden im Auftrag der Stadtverwaltung Reutlingen im Jahr 2009 an 32 Messstandorten die NO_2-Immissionen über einen Zeitraum von 3 Monaten mit Passivsammlern gemessen. 14 dieser Messstandorte wurden nach den 3 Monaten weitergeführt. Dort wurden die NO_2-Immissionen über ein Jahr (2009) gemessen (LUBW, 2010). Die Ergebnisse dieser Messungen sind auszugsweise in **Tab. 4.2** dargestellt.

Zeitraum	Reutlingen Karlstraße	Reutlingen Charlottenstraße	Reutlingen Konrad-Adenauer-Straße	Reutlingen Mittnachtstraße	Betzingen Im Dorf	Rommelsbach Württemberger Straße	Altenburg Donaustraße	Ohmenhausen, Neue Straße
3 Monate	56	34	50	51	45	46	42	60
12 Monate	48	-	40	43	38	41	35	51

Tab. 4.2: NO_2-Immissionen an ausgewählten Messstellen in Reutlingen und Umgebung (LUBW, 2010)

In der vorliegenden Studie werden auf dieser Grundlage der Messdaten sowie aus Berechnungsergebnissen im Rahmen des Luftreinhalteplans (Lohmeyer, 2010) für die Immissionsprognosen die Werte der **Tab. 4.3** für die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet angesetzt. Diese Werte werden auch für das Jahr 2013 angesetzt.

Schadstoff	Jahresmittelwert [µg/m³]	98-Perzentilwert [µg/m³]
NO_2	20	70
PM10	19	--
PM2.5	17	--

Tab. 4.3: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2010/2013

Für die Anwendung der vorgestellten Emissionsermittlung und der darauf aufbauenden Maßnahmen werden Ausbreitungsrechnungen mit dem Berechnungsverfahren PROKAS und dem Bebauungsmodul PROKAS_B durchgeführt. Die Berücksichtigung der NO-NO_2-Konversion erfolgt mit einem vereinfachten Chemiemodell (Düring, 2011) unter Berücksichtigung der direkten NO_2-Freisetzung des Kfz-Verkehrs und einer Ozon-Hintergrundbelastung von 43 µg/m³. Damit können die gemessenen hohen NO_2-Belastungen am Straßenrand rechnerisch besser abgebildet werden. Die in den Berechnungen anzusetzende Hintergrundbelastung wird aus dem Vergleich der Berechnungs- und Messergebnisse des Ortsbereiches bzw. umliegender Stationen abgeleitet und dann auf die verkehrsbeeinflussten Stationsstandorte angewendet, um einen Vergleich zwischen den Mittelwerten der Messdaten und den Berechnungsergebnissen zu erhalten. Bei den Berechnungen wird die Randbebauung typisiert nach Straßenraumbreite mit einer Länge von ca. 100 m berücksichtigt. Innerhalb dieser Straßenabschnitte wird eine einheitliche Immission berechnet; mit diesem Berechnungsverfahren kann keine weitere kleinräumige Differenzierung erfolgen, sodass für die

Straßenabschnitte im Bereich der Messstellen jeweils ein Rechenwert zugeordnet wird. Für feinere räumliche Auflösungen der berechneten Immissionen wäre der Einsatz eines mikroskaligen Rechenverfahrens mit Berücksichtigung von Gebäudeumströmungen erforderlich.

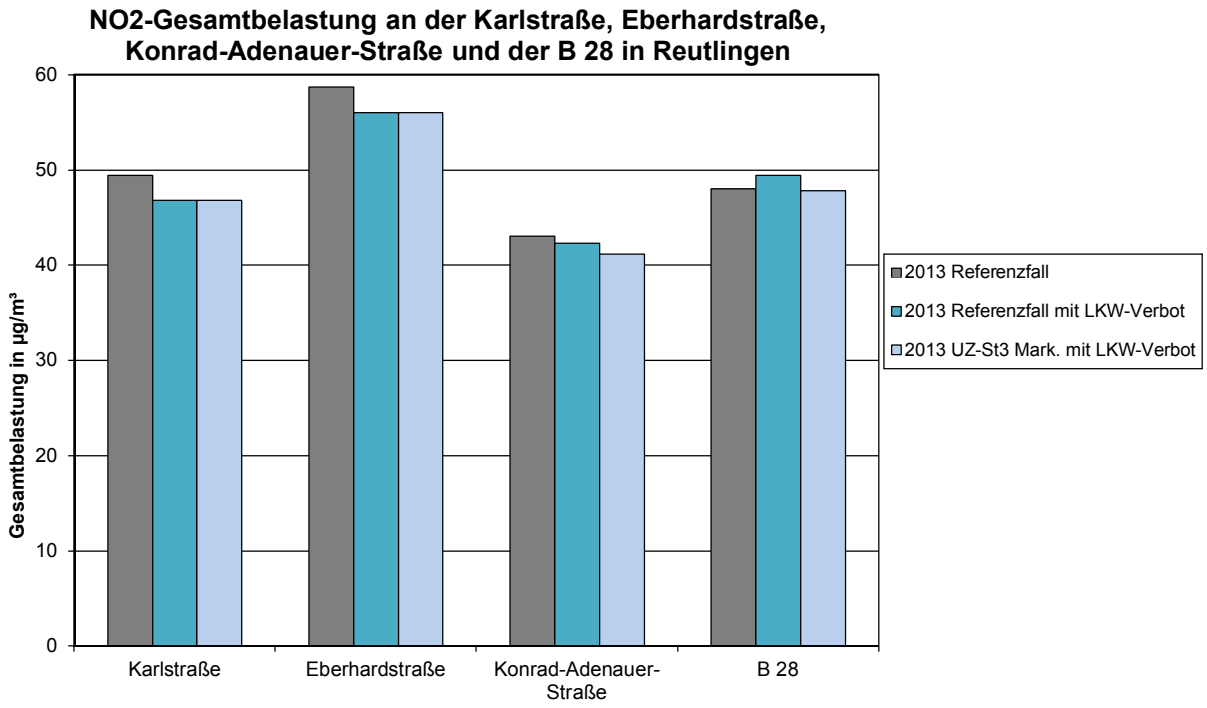
Mit derselben Vorgehensweise wie für die Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Reutlingen wurden basierend auf den angegebenen Verkehrsbelegungsdaten für das Prognosejahr 2013 und den hier zu betrachtenden Maßnahmen die Immissionsberechnungen durchgeführt. Die Ergebnisse werden zusammenfassend für den Standort der Messstelle an der Karlstraße und Konrad-Adenauer-Straße sowie für einen ausgewählten Straßenabschnitt an der Eberhardstraße und der B 28 in Reutlingen dargestellt und beschrieben sowie als relative Änderungen dargestellt, um die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Gesamtbelastungen zu beschreiben.

4.2.2 NO_2-Immissionen an der Karlstraße und Eberhardstraße sowie der B 28 in Reutlingen

In **Abb. 4.3** (oben) sind für den Messstellenstandort an der Karlstraße und Konrad-Adenauer-Straße sowie für die ausgewählten Straßenabschnitte an der Eberhardstraße und der B 28 in Reutlingen die berechneten Jahresmittelwerte für NO_2 sowie in **Abb. 4.3** (unten) die relativen Änderungen der berechneten NO_2-Belastungen für das Jahr 2013 sowie für die Maßnahmen bezogen auf den Referenzfall 2013 aufgezeigt. Ergänzend zu den leicht lesbaren grafischen Darstellungen und den übersichtlich erkennbaren Entwicklungstendenzen mit den Maßnahmen gegenüber dem Referenzzustand sind die berechneten NO_2-Konzentrationen als Jahresmittelwerte in **Tab. 4.4** aufgeführt mit einer Nachkommastelle, damit die grafisch dargestellten Änderungen auch in den Zahlen ablesbar sind; für die Ableitung der Grenzwertüberschreitung wird auf das in der TA Luft beschriebene Vorgehen mit der entsprechenden Rundungsregel zurückgegriffen. Dort sind die NO_2-Immissionen, die den NO_2-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³ überschreiten, fett hervorgehoben.

Im Anhang A2 sind die berechneten Immissionen für die betrachteten Straßen im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen grafisch dargestellt.

Die NO_2-Belastungen verringern sich am ausgewählten Straßenabschnitt der Karlstraße, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit ca. 49 µg/m³, auf ca. 47 µg/m³ und an der Eberhardstraße, ausgehend vom Referenzfall mit ca. 59 µg/m³, auf ca. 56 µg/m³ durch die Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes; die berechneten NO_2-Immissionen betragen demnach durch die Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes an der Karlstraße und Eberhardstraße ca. 95% der NO_2-Gesamtbelastungen des Referenzfalls. An der Konrad-Adenauer-Straße sind mit der Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes gegenüber dem Referenzfall auf ca.



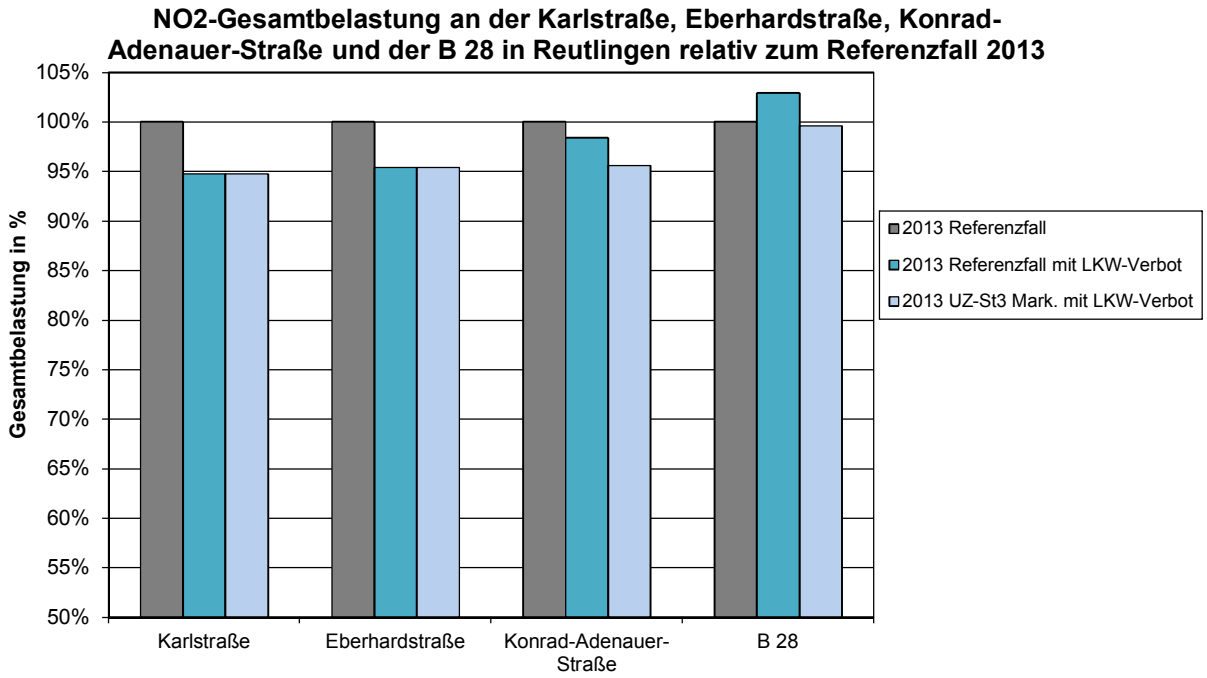


Abb. 4.3: NO_2-Immissionen für einen ausgewählten Straßenabschnitt an der Karlstraße, Eberhardstraße, Konrad-Adenauer-Straße und der B 28 in Reutlingen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Immission in [µg/m³]
unten: Relative Änderung der Immissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

98% reduzierte NO_2-Immisisonen berechnet. Mit einer zusätzlichen Ausdehnung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung sind an der Konrad-Adenauer-Straße ca. 96% der NO_2-Gesamtbelastung des Referenzfalls verbunden. An der Ausweichroute der B 28 sind mit der Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes an der Eberhardstraße und Karlstraße gegenüber dem Referenzfall auf ca. 103% erhöhte NO_2-Gesamtbelastungen berechnet. Mit der Ausdehnung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung sind an der B 28 bei gleichzeitigem LKW-Durchfahrtsverbot an der Eberhardstraße und Karlstraße ca. 99% der NO_2-Immissionen des Referenzfalls ermittelt.

	Karlstraße	Eber-hardstraße	Konrad-Adenauer-Str.	B 28
2013 Referenzfall	**49.4**	**58.7**	43.0	**48.0**
2013 Referenzfall mit LKW-Durchfahrts-verbot	**46.8**	**56.0**	42.3	**49.4**
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. und LKW-Durchfahrtsverbot	**46.8**	**56.0**	41.1	**47.8**

Tab. 4.4: Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte in µg/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte. Grenzwert NO_2: **40 µg/m³** im Jahresmittel

In einem weiteren Schritt wurden für die Eberhardstraße, Karlstraße und Konrad-Adenauer-Straße sowie die B 28 die von einer Überschreitung des geltenden Grenzwertes für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ betroffenen Anwohner ermittelt. Die dafür benötigten Gebäudedaten mit Angaben zu den jeweiligen Bewohnerzahlen pro Haus wurden durch das Ingenieurbüro Braunstein + Berndt zur Verfügung gestellt. Die an die o.g. Straßen unmittelbar angrenzenden Gebäude wurden bestimmt und deren Bewohnerzahlen ermittelt. Diese sind in **Tab. 4.5** aufgeführt. Demnach ergeben sich an der Eberhardstraße und Karlstraße insgesamt 876 Anwohner, an Konrad-Adenauer-Straße 136 Anwohner und entlang der B 28 insgesamt 100 Anwohner.

Im Referenzfall 2013 sind entlang der Eberhardstraße und Karlstraße alle 876 Anwohner von einer Überschreitung des geltenden Grenzwertes für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ betroffen. Mit dem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot sind an der Eberhardstraße und Karlstraße gegenüber dem Referenzfall auf 811 Bewohner reduzierte Betroffenheiten verbunden. Mit einer weiteren Ausdehnung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung reduzieren sich die Betroffenheiten entlang der Karlstraße und Eber-

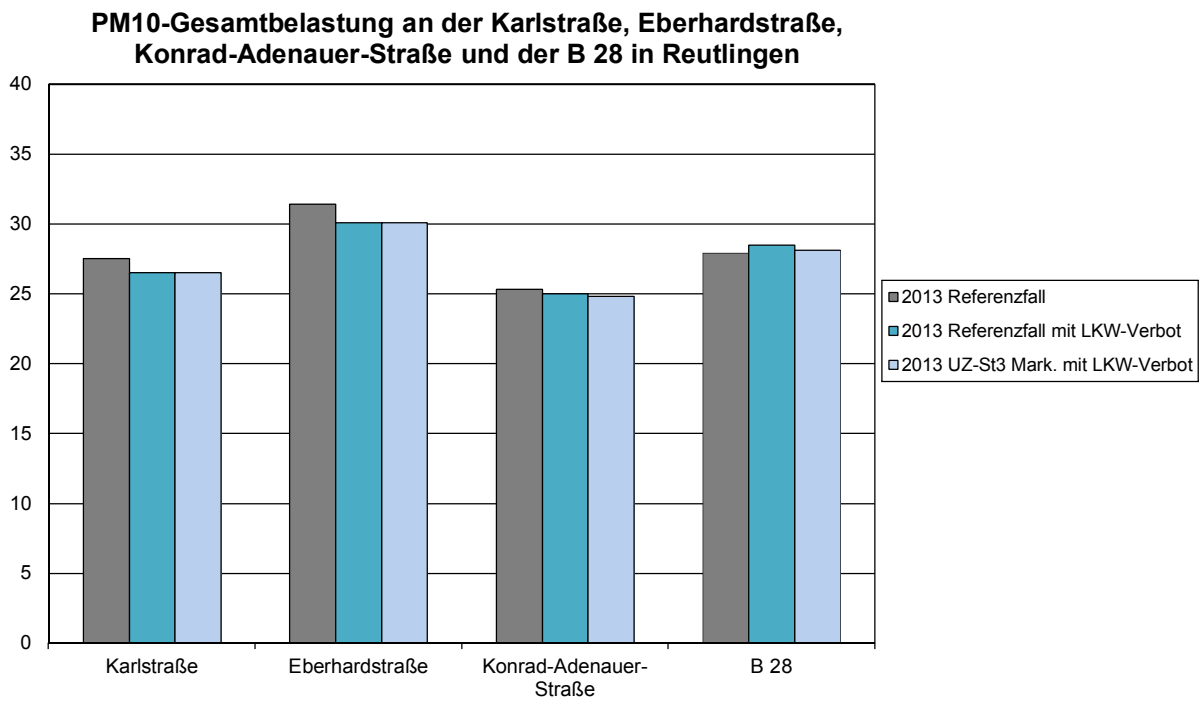
hardstraße auf 739 Anwohner, wobei hier die Anzahl der Betroffenheiten insbesondere im nördlichen Abschnitt der Karlstraße, der derzeit außerhalb der bestehenden Umweltzonenabgrenzung liegt, reduziert werden. An der Konrad-Adenauer-Straße sind im Referenzfall 134 Betroffenheiten ermittelt. Hier sind mit den betrachteten Maßnahmen keine Änderungen in der Zahl der Betroffenheiten verbunden. An der B 28 sind im Referenzfall insgesamt 62 der 100 Anwohner von einer Überschreitung des geltenden Grenzwertes für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ betroffen. Mit dem geplanten LKW-Durchfahrtsverbot erhöhen sich die Betroffenheiten an der B 28 auf 87 Anwohner und mit gleichzeitiger Ausweitung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung sind an der B 28 45 Betroffenheiten ermittelt.

	Eberhardstraße & Karlstraße	Konrad-Adenauer-Str.	B 28
Anwohner Gesamt	876	136	100
2013 Referenzfall	876	134	62
2013 Referenzfall mit LKW-Durchfahrtsverbot	811	134	87
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. und LKW-Durchfahrtsverbot	739	134	45

Tab. 4.5: Berechnete Betroffenheiten entlang der Eberhardstraße,Karlstraße und Konrad-Adenauer-Straße sowie entlang der B 28 für die betrachteten Szenarien.

4.2.3 PM10-Immissionen an der Karlstraße und Eberhardstraße sowie an der B 28 in Reutlingen

Die **Abb. 4.4** zeigt die berechneten PM10-Immissionen für den ausgewählten Messstellenstandort an der Karlstraße und Konrad-Adenauer-Straße sowie für den ausgewählten Straßenabschnitt an der Eberhardstraße und der B 28. Die PM10-Belastungen verringern sich an der Karlstraße, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit ca. 28 µg/m³, auf ca. 27 µg/m³ durch die Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes. An der Eberhardstraße sind, ausgehend vom Referenzfall mit ca. 31 µg/m³, auf ca. 30 µg/m³ reduzierte PM10-Immissionen berechnet. An der Konrad-Adenauer-Straße sind, ausgehend vom Referenzfall mit knapp über 25 µg/m³, mit der Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes bis auf 25 µg/m³ und mit einer zusätzlichen Ausweitung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung bis auf knapp unter 25 µg/m³ reduzierte PM10-Immissionen ermittelt. Damit kann sowohl an der Karlstraße und der Eberhardstraße, als auch an der Konrad-Adenauer-Straße der



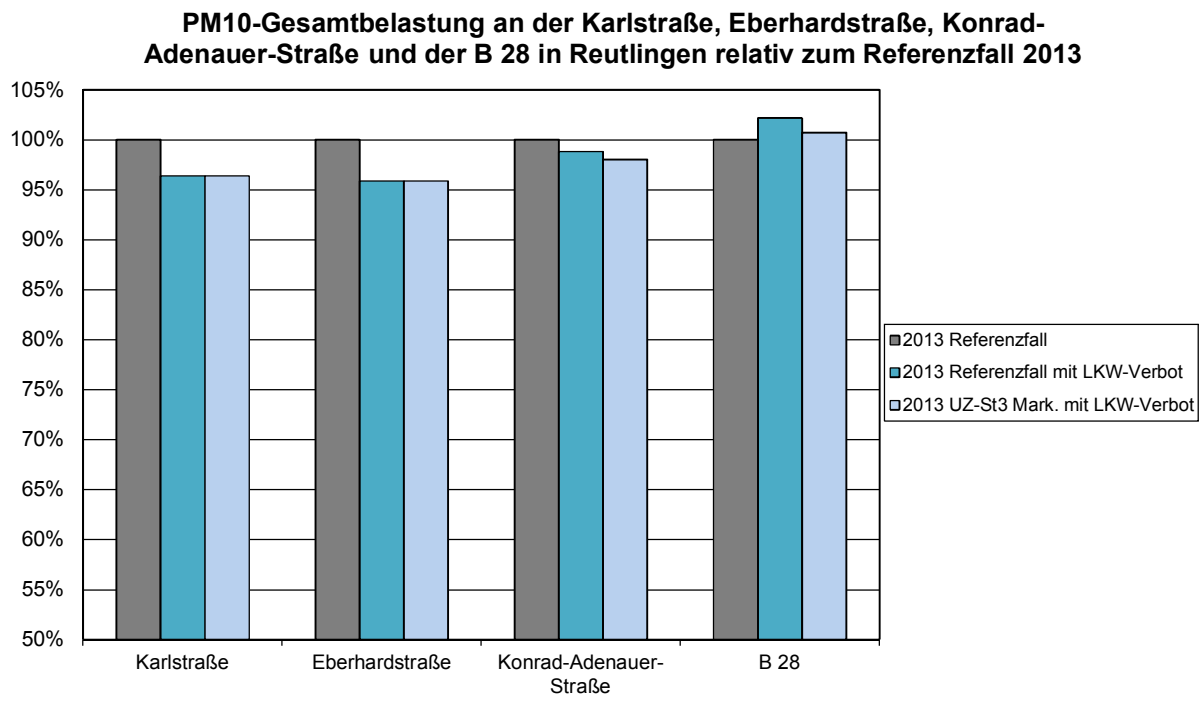


Abb. 4.4: PM10-Immissionen an einem ausgewählten Straßenabschnitt der Karlstraße, Eberhardstraße, Konrad-Adenauer-Straße und der B 28 in Reutlingen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Immission in [µg/m³]
unten: Relative Änderung der Immissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ eingehalten werden und es sind keine Anwohner von einer PM10-Grenzwertüberschreitung im Jahresmittel betroffen. Die berechneten PM10-Immissionen betragen mit der Maßnahme „LKW-Durchfahrtsverbot“ an der Karlstraße und Eberhardstraße ca. 96% und an der Konrad-Adenauer-Straße ca. 99% der PM10-Gesamtbelastungen des Referenzfalls. Mit einer zusätzlichen Ausweitung der bestehenden Umweltzonenabrenzung auf die Gemarkung sind an der Konrad-Adenauer-Straße ca. 98% der PM10-Immissionen des Referenzfalls berechnet.

Am ausgewählten Straßenabschnitt der B 28 sind im Referenzfall PM10-Jahresmittelwerte bis 28 µg/m³ berechnet. Durch die Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes entlang der Karlstraße und Eberhardstraße erhöhen sich die PM10-Immissionen an der B 28 um ca. 2% auf Jahresmittelwerte bis 29 µg/m³. Bei gleichzeitiger Ausdehnung der bestehenden Umweltzonenregelung und –abgrenzung auf die Gemarkung und Einführung des LKW-Durchfahrtsverbotes entlang der Karlstraße und Eberhardstraße sind an der B 28 gegenüber dem Referenzfall auf 101% erhöhte PM10-Gesamtbelastungen bis 28 µg/m³ berechnet.

Ergänzend zu den grafischen Darstellungen sind die berechneten PM10-Konzentrationen als Jahresmittelwerte in **Tab. 4.6** aufgeführt mit einer Nachkommastelle, damit die grafisch dargestellten Änderungen auch in den Zahlen ablesbar sind; für die Ableitung der Grenzwertüberschreitung wird auf das in der TA Luft beschriebene Vorgehen mit der entsprechenden Rundungsregel zurückgegriffen. In der Tabelle sind die PM10-Immissionen, die einen PM10-Jahresmittelwert von 28 µg/m³ überschreiten, fett hervorgehoben und eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes (über 35 Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³) erwarten lassen. Ergänzend dazu ist in **Tab. 4.7** die an den ausgewählten Straßenabschnitten der Karlstraße, Eberhardstraße, Konrad-Adenauer-Straße und der B 28 berechnete Anzahl an Tagen mit einem PM10-Tagesmittelwert über 50 µg/m³ aufgeführt. Die hohen PM10-Immissionen mit Konflikten bezüglich des PM10-Kurzzeitgrenzwertes beschränken sich auf die Eberhardstraße. Mit der Einführung eines LKW-Durchfahrtsverbotes entlang der Karlstraße und Eberhardstraße sind an der Eberhardstraße, ausgehend vom Referenzfall mit 46 berechneten Überschreitungstagen, auf 40 Tage reduzierte Überschreitungstage ermittelt. An der B 28 wirken sich die betrachteten Maßnahmen moderat auf die PM10-Jahresmittelwerte und die Anzahl der Tage mit einem PM10-Tagesmittelwert über 50 µg/m³ aus.

	Karlstraße	Eber-hardstraße	Konrad-Adenauer-Straße	B 28
2013 Referenzfall	27.5	**31.4**	25.3	27.9
2013 Referenzfall mit LKW-Durchfahrts-verbot	26.5	**30.1**	25.0	**28.5**
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. und LKW-Durchfahrtsverbot	26.5	**30.1**	24.8	**28.1**

Tab. 4.6: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte. Grenzwert PM10-Jahresmittel: 40 µg/m³, Schwellenwert über **28 µg/m³** zur Ableitung des Kurzzeitgrenzwertes (über 35 Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³)

	Karlstraße	Eber-hardstraße	Konrad-Adenauer-Straße	B 28
2013 Referenzfall	30	**46**	24	32
2013 Referenzfall mit LKW-Durchfahrts-verbot	27	**40**	23	34
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. und LKW-Durchfahrtsverbot	27	**40**	22	33

Tab. 4.7: Berechnete Anzahl an Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 g/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte. Erlaubte Anzahl an Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³: **35** Tagen im Jahr.

5 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., Bösinger, R. (2007): Aktualisierung des NO-NO_2-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).

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.

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. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Düring, I., Bächlin, W., Ketzel, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO_2 conversion model under consideration of direct NO_2-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).

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.

Kolb, H. (1976): Vergleich verschiedener Methoden der Übertragung von Statistiken der Ausbreitungsverhältnisse in orographisch modifiziertem Gelände. In: Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B. 24, S. 57-68.

Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbächer, 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 (2010): Ergänzende Maßnahme zur Fortschreibung des Luftreinhalte- und Aktionsplans Reutlingen – Entlastung durch Fahrverbote, Prognose 20012 und 2013. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 61689, Oktober 2010. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Tübingen.

LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de bzw. www. lanuv.nrw.de

LUBW (2006-2012): Spotmessungen 2005 bis 2011 – Darstellung der Messergebnisse. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe. Im Internet unter www.lubw.baden-wuerttemberg.de.

LUBW (Internet): Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe. Im Internet unter http://brsweb.lubw.baden-wuerttemberg.de (abgerufen am 01.10.2010).

LUBW (2010): Bestandsaufnahme der Stickstoffdioxidbelastung im Stadtgebiet Reutlingen 2009. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

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., Bösinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO_2-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung 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).

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.

UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Febr. 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter http://www.hbefa.net/.

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

A N H A N G A1
BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

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.

A1.1 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 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 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 NO_2 erfolgt nach Romberg et al. (1996) mit Aktualisierung für aktuelle Messdaten (Bächlin, 2007).

A1.2 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 **Tab. 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 [µg/m^3]
	c^*	=	dimensionslose Abgaskonzentration [-]
	Q	=	emittierter Schadstoffmassenstrom [µg/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

Tab. A1.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

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

A1.3 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 Bebauungsstruktur, 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 Rechnungen 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 Zähldaten 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 Gesamtimmissionsbelastung geringer sind.

A1.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO_2 einen Stundenmittelwert von 200 µg/m^3, der nur 18 mal 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/m^3 bis 170 µg/m^3 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/m^3 (= 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/m^3 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/m^3 und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 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 **Abb. A1.1** dargestellt.

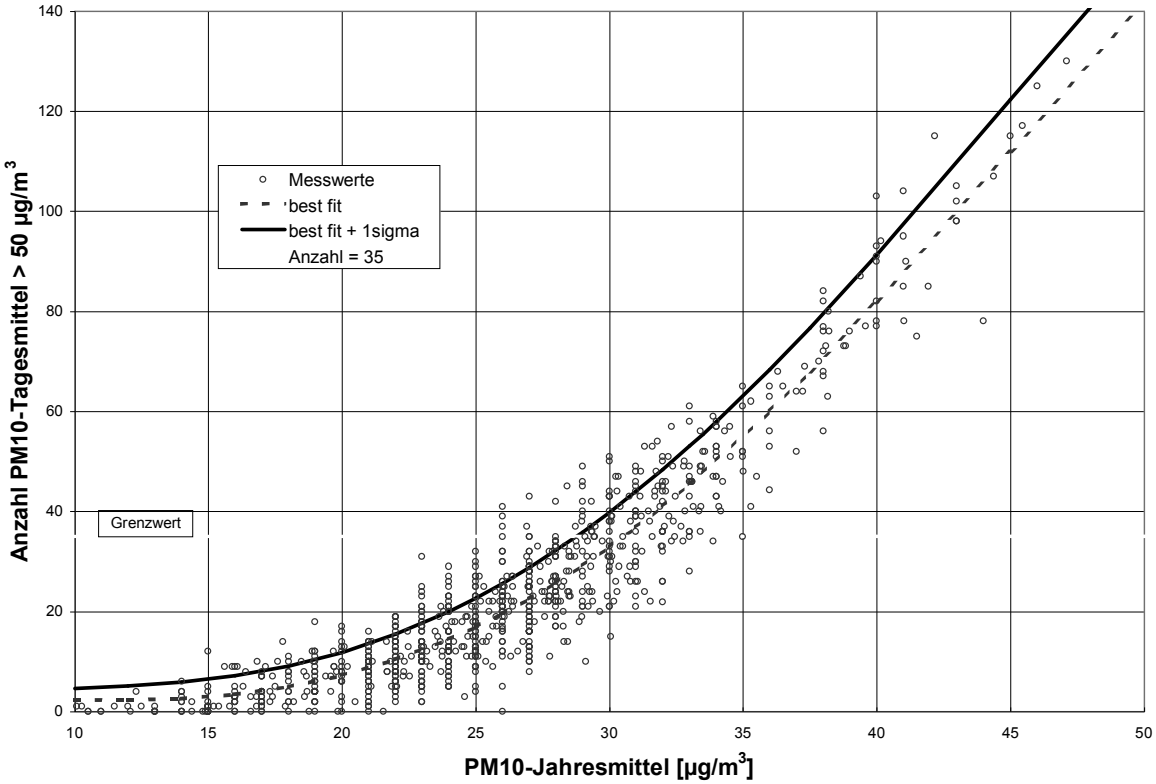


Abb. A1.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m^3 im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

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/m^3 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/m^3 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/m^3 (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab 29 µg/m^3 abgeleitet. Die Berechnung der Anzahl der Überschreitungstage basiert auf dieser in **Abb. A1.1** dargestellten Funktion. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

A N H A N G A2
IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSENNETZ REUTLINGEN

A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN-NETZ REUTLINGEN

In Kap. 4 sind die relativen Änderungen der Immissionen an den betrachteten Straßenabschnitten der bestehenden verkehrsnahen Messstellen in Reutlingen und Umgebung aufgeführt. Für den Referenzfall im Jahr 2013 sowie die zu betrachtenden Maßnahmen sind in **Abb. A2.1** bis **Abb. A2.5** die berechneten NO_2-Jahresmittelwerte für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen im Stadtgebiet von Reutlingen und Umgebung dargestellt. Die Berechnungen erfolgen an den Straßenabschnitten mit bestehender Randbebauung für Bereiche von 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 NO_2-Grenzwert der 39. BImSchV, in gelben und roten Farben dargestellt. An stark frequentierten Straßenabschnitten sind teilweise weiterhin hohe NO_2-Belastungen prognostiziert, die bei entsprechenden Nutzungen zu Überschreitungen des Grenzwertes führen.

In **Abb. A2.6** bis **Abb. A2.10** sind die berechneten PM10-Jahresmittelwerte für den Referenzfall im Jahr 2013 sowie die zu betrachtenden Maßnahmen für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen in Reutlingen und Umgebung aufgezeigt. Der Schwellenwert von 29 µg/m^3 zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung (siehe Kap. A1.4), d.h. mehr als 35 Überschreitungen pro Jahr eines PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m^3, ist in den Grafiken mit der gelben Farbe versehen. An allen in gelben 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.

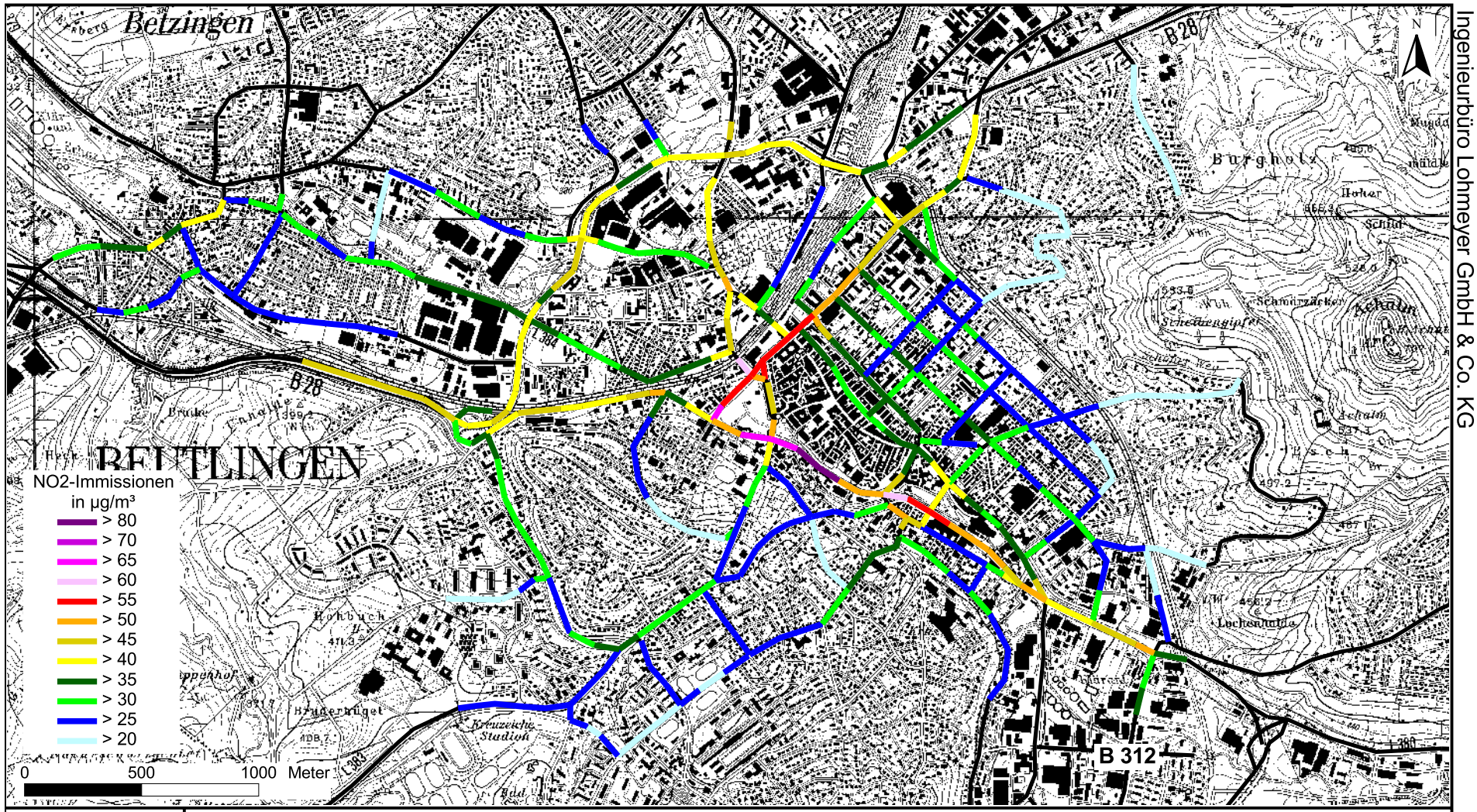


Abb. A2.1: NO2-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Referenzfall im Jahr 2013

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

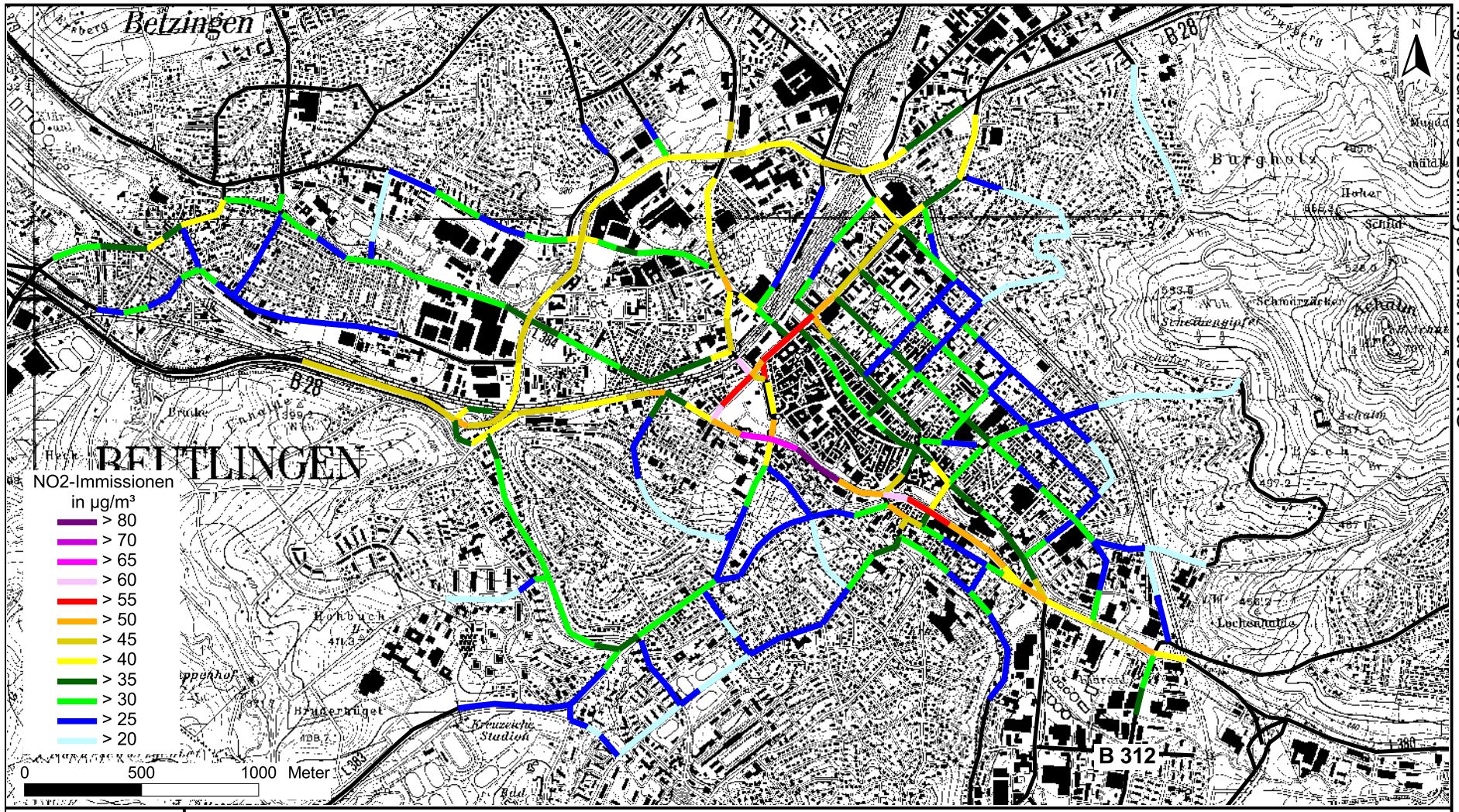


Abb A2.2: NO2-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Referenzfall mit LKW-Durchfahrtverbot entlang der Eberhardstraße und Karlstraße im Jahr 2013.

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

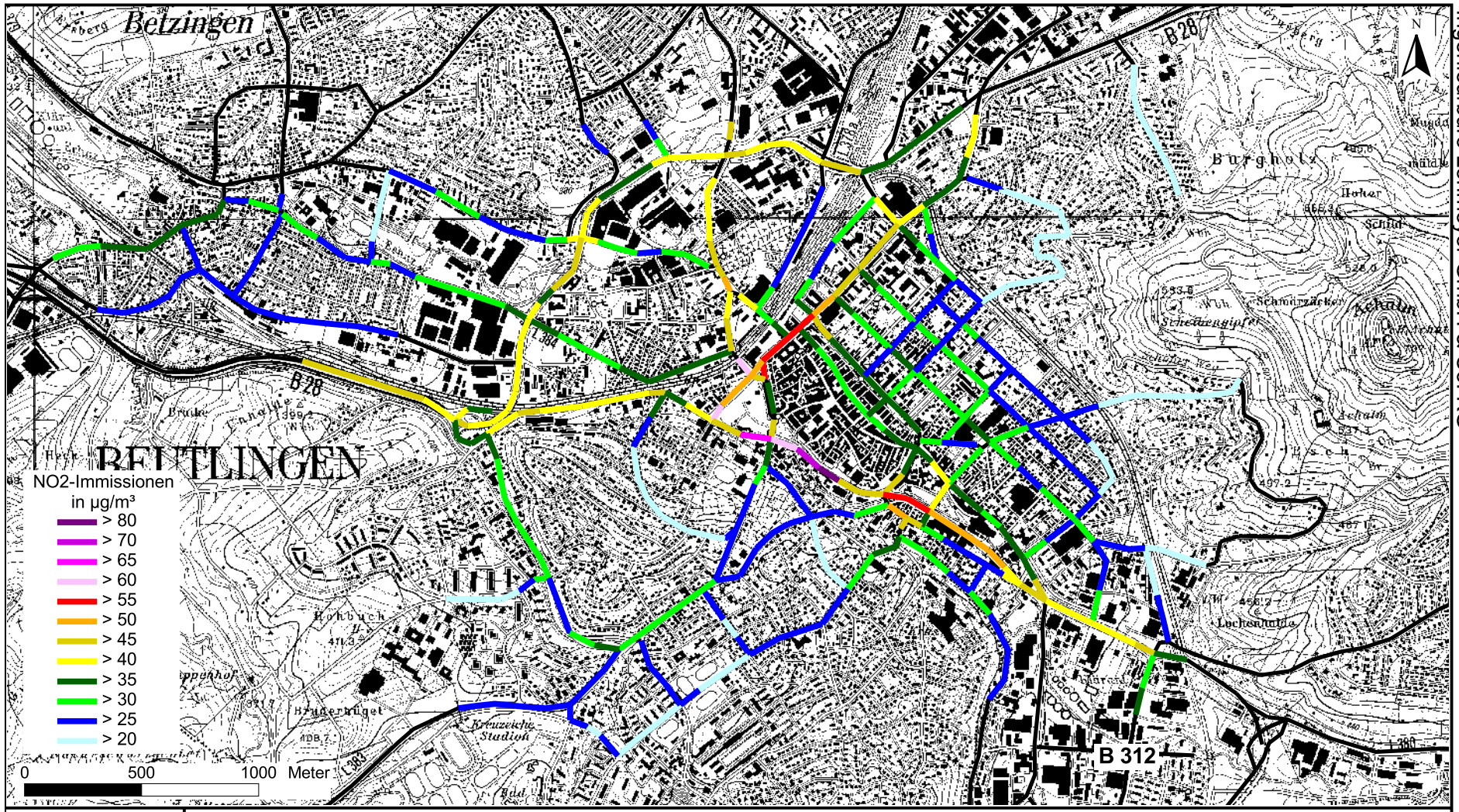


Abb. A2.3: NO2-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße und LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Eberhardstraße und Karlstraße

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

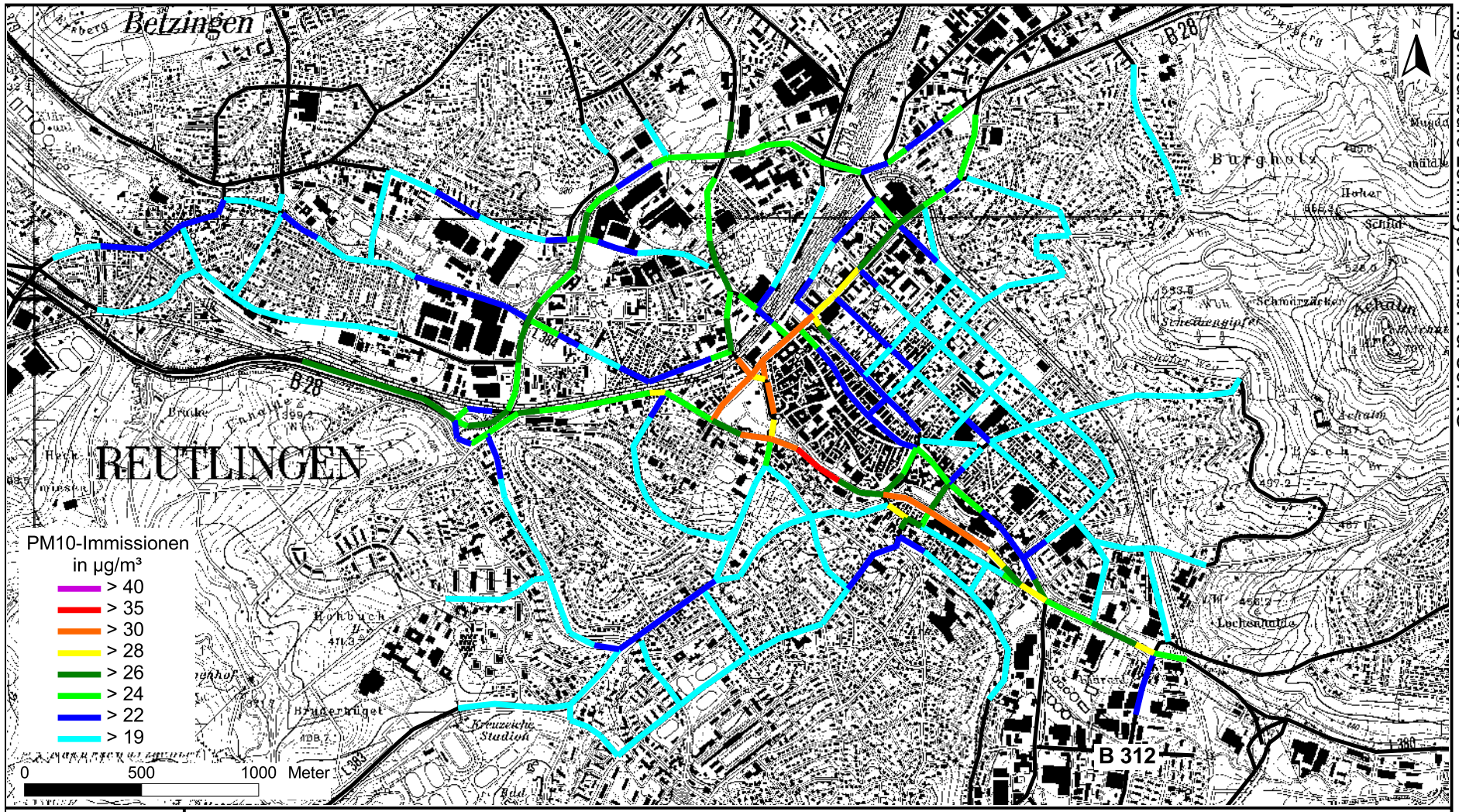


Abb. A2.4: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Referenzfall im Jahr 2013

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

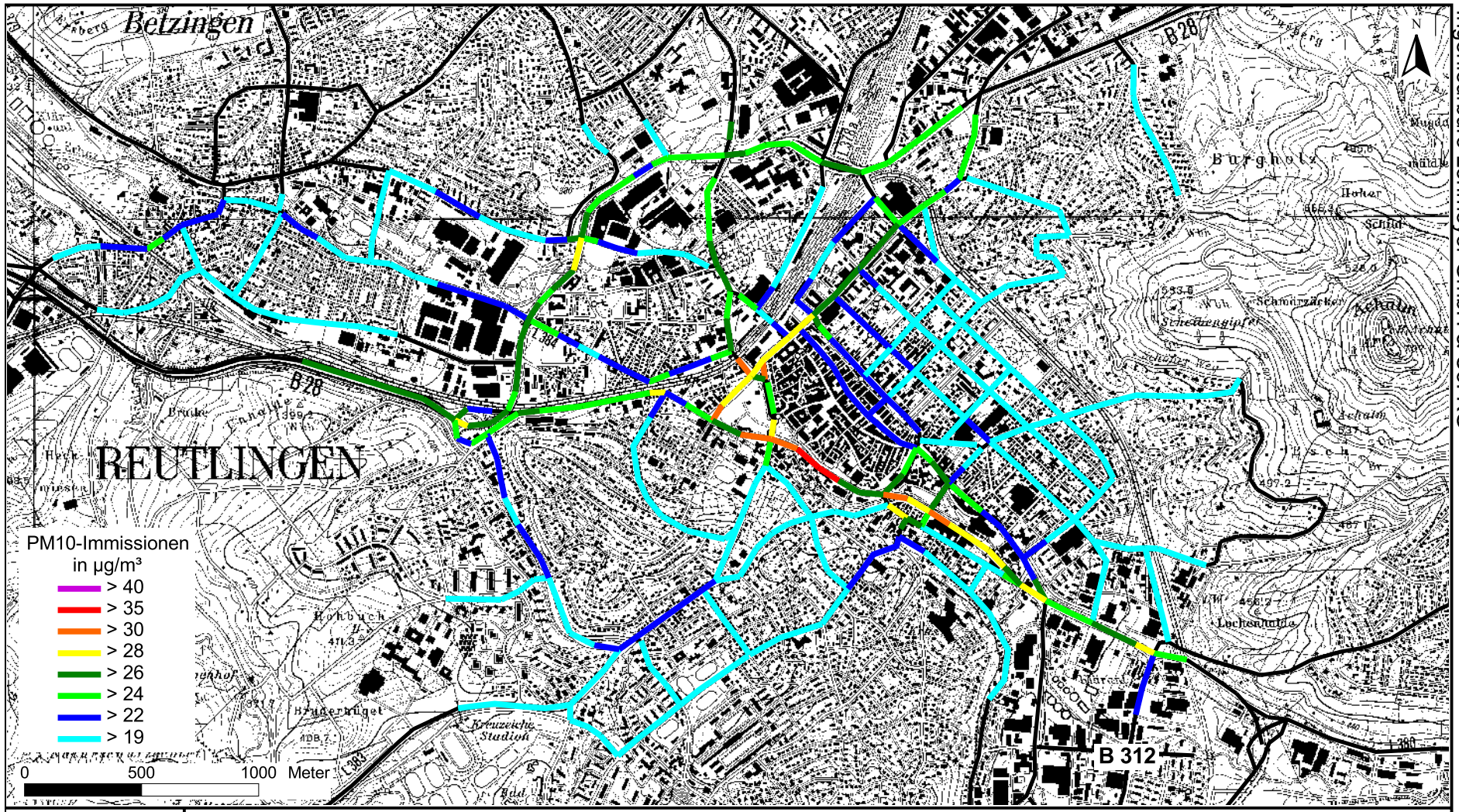


Abb. A2.5: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Referenzfall mit LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Eberhardstraße und Karlstraße im Jahr 2013

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

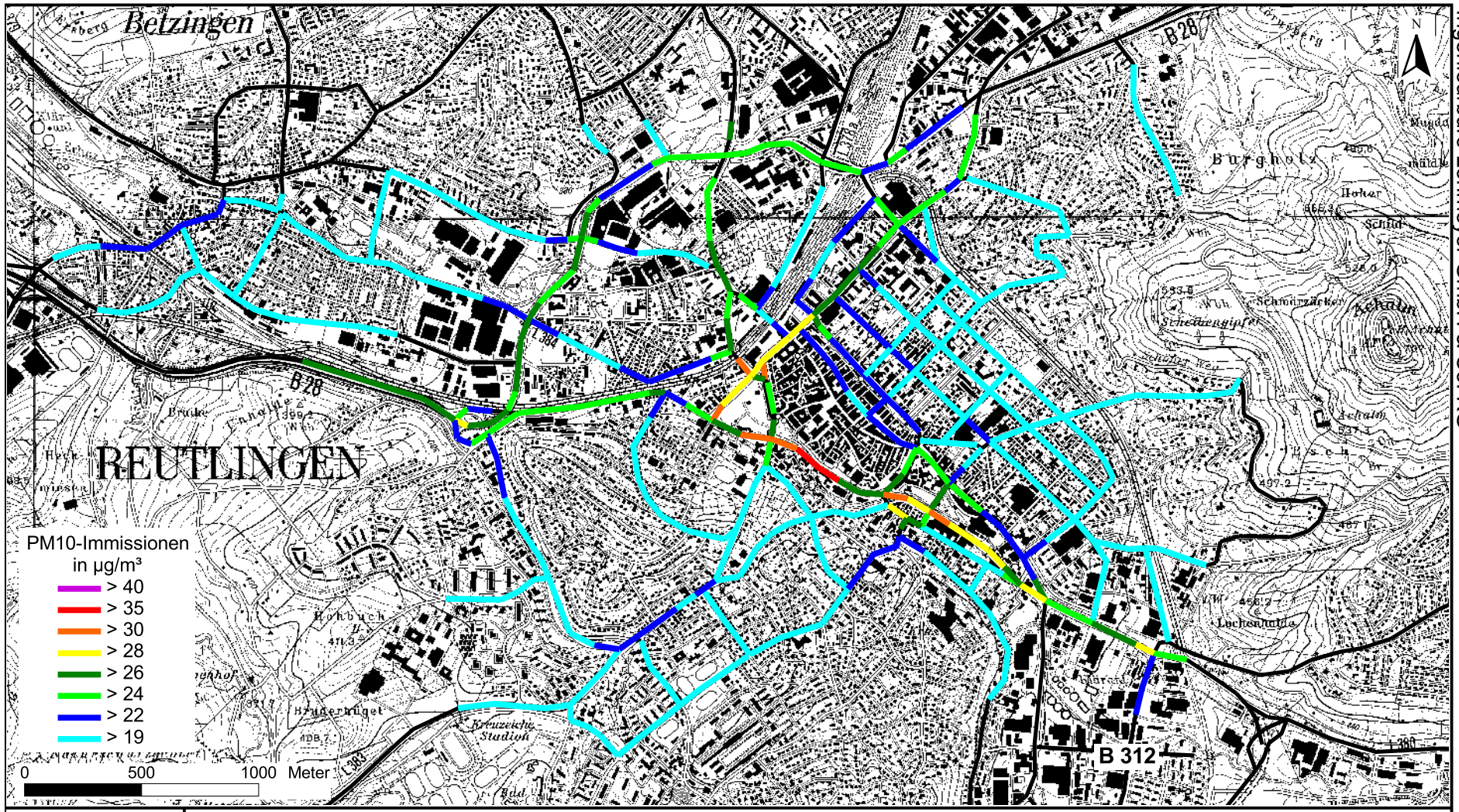


Abb. A2.6: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße und LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Eberhardstraße und Karlstraße

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

A N H A N G A3
VERKEHRSGUTACHTEN „REUTLINGEN LKW-SPERRUNG EBERHARDSTRASSE / KARLSTRASSE

R+T

Topp
Huber-Erler
Hagedorn

Reutlingen
Lkw-Sperrung
Eberhardstraße / Karlstraße

Dr.-Ing. Ralf Huber-Erler
Prof. Dipl.-Ing. Carsten Hagedorn

Ingenieure für Verkehrsplanung

R+T

Topp
Huber-Erler
Hagedorn

Reutlingen
Lkw-Verbot Karlstraße / Eberhardstraße

Dipl.-Ing. Thomas Pickel

Mai 2013

Julius-Reiber-Straße 17
D - 64293 Darmstadt
Telefon 06151 – 2712 0
Telefax 06151 – 2712 20
r.huber-erler@rt-p.de
www.rt-p.de

Steuernummer 07/360/30092
ID-Nummer DE 111 686 630

Inhalt

1 Aufgabe und Vorgehensweise 2

2 Bestehende Verkehrsbelastung und Verkehrsaufteilung 2

3 Auswirkungen des Lkw-Durchfahrtverbotes 3

3.1 Planfall 1:
Lkw-Sperrung der Eberhardstraße und Karlstraße 3

3.2 Planfälle 1a und 1b:
Begleitendes Lkw-Durchfahrtverbot in der Gustav-Schwab-Straße 5

4 Zusammenfassung und Fazit 6

Verzeichnisse 7

1 Aufgabe und Vorgehensweise

Aufgabe

Für den Luftreinhalteplan Reutlingen wird als Maßnahme ein Lkw-Durchfahrtverbot auf dem Straßenzug „Karlstraße / Eberhardstraße“ (d.h. von der Kreuzung mit der Konrad-Adenauer-Straße im Süden bis zur Stuttgarter Straße im Norden) in Erwägung gezogen.

In diesem Zusammenhang soll prognostiziert werden:

- wie sich diese Maßnahme auf die Immissionen an diesen Straßenabschnitten auswirkt sowie
- wie stark sich die Immissionen an denjenigen Straßenabschnitten erhöhen, über die der verdrängte Lkw-Verkehr ausweicht.

Als Grundlage für die Berechnung der Immissionen sollen die durch das Lkw-Durchfahrtverbot resultierenden Verlagerungen des Lkw-Verkehrs ermittelt werden.

Vorgehensweise

Die verkehrlichen Auswirkungen (d. h. Verkehrsverlagerungen) des Lkw-Durchfahrtverbots auf dem Straßenzug „Karlstraße / Eberhardstraße“ wurden mit Hilfe des Verkehrsmodells der Stadt Reutlingen ermittelt.

Abgebildet wurde ein Lkw-Durchfahrtverbot <u>im bestehenden Straßennetz</u> zwischen der Kreuzung mit der Konrad-Adenauer-Straße im Süden und der Kreuzung mit der Stuttgarter Straße im Norden. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Durchfahrt für Lkw mit einem Anliegen in der Reutlinger Innenstadt möglich ist und dass der Linienbusverkehr vom Durchfahrtverbot ausgeschlossen ist.

2 Bestehende Verkehrsbelastung und Verkehrsaufteilung

Die Verkehrsbelastung in der Eberhardstraße beträgt im Bestand rund 54.000 Kfz pro Tag im Abschnitt zwischen der Konrad-Adenauer-Straße und der Gutenbergstraße. Nordöstlich daran anschließend liegt die Verkehrsbelastung in der Eberhardstraße bzw. Karlstraße im Bereich von etwa 30.000 Kfz pro Tag.

Die Verkehrsbelastung unterschieden nach Pkw, Lkw >3,5t sowie Linienbussen kann dem **Bild 1** entnommen werden. Es zeigt sich, dass der Anteil

an Linienbussen im Abschnitt zwischen der Gutenbergstraße sowie der Kaiserstraße (regionaler Busbahnhof) sehr hoch ist. Dies betrifft vor allem den Abschnitt zwischen der Gutenbergstraße und der Straße „Unter den Linden“. Dort werden täglich neben den ca. 1.800 Lkw-Fahrten über 1.500 Fahrten von Linienbussen zurückgelegt. Dies bedeutet, dass ein hoher Anteil des dort vorhandenen Schwerverkehrs nicht verlagerbar ist. Im nördlich angrenzenden Abschnitt der Karlstraße nimmt das Aufkommen an Linienbussen ab und bewegt sich in einer Größenordnung von etwa 10-20% des gesamten Schwerverkehrs.

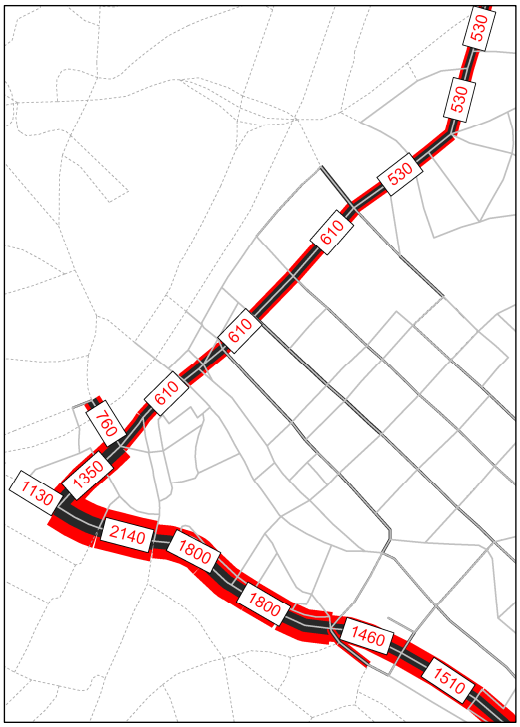


Abbildung 1: Lkw-Durchgangsverkehr in der Eberhardstr. / Karlstr. (Quelle: Verkehrsmodell)

Mit einem Lkw-Durchfahrtverbot können Lkw nur dann verlagert werden, wenn es sich um Durchgangsverkehr handelt – d. h. um Fahrten, die weder ihre Quelle noch ihr Ziel im Bereich der Innenstadt haben. Das Aufkommen an Lkw-Durchgangsverkehr ist in **Abbildung 1** dargestellt.

Im Straßenabschnitt zwischen der Gutenbergstraße und der Stuttgarter Straße besteht somit ein Verlagerungspotenzial von 500 – 600 Lkw pro Tag. Angesichts von insgesamt ca. 1.500 Lkw-Fahrten bedeutet dies, dass mit einem Lkw-Durchfahrtverbot nur ein vergleichsweise geringer Anteil des dortigen Schwerverkehrs verlagert werden kann.

3 Auswirkungen des Lkw-Durchfahrtverbotes

3.1 Planfall 1: Lkw-Sperrung der Eberhardstraße und Karlstraße

Die Auswirkungen, die sich durch das Lkw-Durchfahrtverbot ergeben, sind in den **Bildern 2-1** und **2-2** dargestellt. Dabei ist folgendes festzustellen:

- Durch die Lkw-Sperrung wird die Karlstraße um ca. 500 – 600 Lkw pro Tag entlastet. Die Entlastung in der Eberhardstraße ist zwar südwestlich der Gutenbergstraße mit ca. 950 Lkw pro Tag deutlich höher – bleibt jedoch unter dem ermittelten Durchgangsverkehrsaufkommen

von ca. 1.350 Lkw-Fahrten zurück. Hier zeigt sich, dass das Lkw-Durchfahrtverbot vom Schwerverkehr aus bzw. in Richtung B464 – der also vom gesperrten Straßenzug nur den kurzen Abschnitt zwischen Konrad-Adenauer-Straße und Gutenbergstraße befährt – nur in begrenztem Maße akzeptiert wird.

- Neben der Entlastung im Straßenzug „Eberhardstraße / Karlstraße" sind Entlastungen auch in der Lederstraße (max. 400 Lkw pro Tag) und in der Alteburgstraße (zwischen 200 und 300 Lkw pro Tag) zu erwarten.
- Eine Zunahme des Schwerverkehrsaufkommens stellt sich dagegen auf der B28 zwischen der Stuttgarter Straße und dem Hohbuch-Knoten sowie in der Gustav-Schwab-Straße ein. Die Belastungszunahme auf der B28 beträgt bis zu rund 650 Kfz pro Tag und entspricht somit rechnerisch etwas über 1% der dortigen Gesamtbelastung.
  Die Belastungszunahme auf der Gustav-Schwab-Straße liegt zwischen 200 und 300 Lkw pro Tag.
- Das Lkw-Durchfahrtverbot bewirkt geringfügige Änderungen der Routenwahl bei Fahrten von und zum Innenstadtrand (z.B. Burkhard+Weberstraße, Tübinger Straße, Rommelsbacher Straße). Für diese Bereiche übernimmt die B28 zukünftig eine etwas stärkere Erschließungsfunktion.
- Durch das Lkw-Durchfahrtverbot kommt es nur in geringem Maße zu großräumigen Verlagerungen. Für Schwerverkehr aus bzw. in Richtung Norden (Stuttgarter Raum) wird die Route über die B464 / B27 gegenüber der Route über die B28 / B312 etwas attraktiver. Dadurch kommt es auf der Rommelsbacher Straße zu einer leichten Belastungszunahme. Die B28 wird östlich der Karlstraße dagegen leicht entlastet.

Bewertung

Mit dem Lkw-Durchfahrtverbot kann der Lkw-Durchgangsverkehr wirkungsvoll aus den betreffenden Abschnitten verdrängt werden, da mit der B28 eine alternative Verbindung zur Verfügung steht.

Hinsichtlich der Verträglichkeit ist die Verlagerung auf die B28 zu begrüßen, da dort keine empfindlichen Randnutzungen vorhanden sind. Durch die Verlagerung steigt die Verkehrsbelastung auf der B28 um bis zu 1,5% Kfz. Damit liegt die Belastungszunahme zwar im Bereich der täglichen Schwankung des Verkehrsaufkommens – durch die Belastungszunahme können sich jedoch bestehende Engpässe an einzelnen Knotenpunkten (Hohbuch-Knoten sowie die planfreien Knotenpunkte im Verlauf der Bantlinstraße / Schieferstraße) verschärfen.

Da das Lkw-Durchfahrtverbot nur auf den Durchgangsverkehr wirkt, verbleibt der Quell-Zielverkehr sowie der Binnenverkehr im Wesentlichen auf der

Eberhardstraße und Karlstraße. Dadurch ist immer noch ein erhebliches Aufkommen an Schwerverkehr in diesem Straßenzug gegeben. Die prozentuale Abnahme ist somit – trotz Wirksamkeit der Maßnahme auf den Durchgangsverkehr – vergleichsweise gering.

Bei Umsetzung des Lkw-Durchfahrtverbotes in der Eberhardstraße und Karlstraße ist zu berücksichtigen, dass der von Norden über die B464 nach Reutlingen einfahrende Schwerverkehr bereits weit vor dem eigentlichen Durchfahrtverbot auf die B28 abgeleitet werden muss, damit der Lkw-Durchgangsverkehr nicht de facto in der Gutenbergstraße in einer Sackgasse steht. Darauf ist entsprechend frühzeitig hinzuweisen. Aus verkehrlicher Sicht scheinen daher zwei alternative Konzepte des Lkw-Durchfahrtverbotes sinnvoll:

- Variante 1:
  Freigabe des Abschnitts der Eberhardstraße zwischen Konrad-Adenauer-Straße und Gutenbergstraße für den Lkw-Verkehr
- Variante 2:
  Ausweitung des Lkw-Durchfahrtverbotes auf die Rommelsbacher Straße südlich der B28 sowie die Gutenbergstraße

3.2 Planfälle 1a und 1b: Begleitendes Lkw-Durchfahrtverbot in der Gustav-Schwab-Straße

Von Nachteil ist außerdem die Belastungszunahme in der Gustav-Schwab-Straße, da die Verkehrsbelastung auf dieser Straße bereits im Bestand die angrenzende Wohnnutzung beeinträchtigt. Es wurde daher geprüft, ob die Zunahme des Schwerverkehrs in der Gustav-Schwab-Straße durch ein Lkw-Durchfahrtverbot auf diesem Straßenabschnitt vermieden werden kann (vgl. **Bilder 3-1** und **3-2**).

Im Zuge der Verkehrsmodellberechnungen zeigt sich, dass ein erheblicher Teil des Lkw-Verkehrs mangels Alternativen auf die untergeordneten Straßenzug „Hermann-Ehlers-Straße – Friedrich-Naumann-Straße“ ausweichen würde (siehe **Bild 3-1 – Planfall 1a**). Würden dort ebenfalls restriktive Maßnahmen für den Schwerverkehr umgesetzt, wäre eine Verlagerung des Lkw-Verkehrs in die Alteburgstraße und von dort weiter in die Gutenbergstraße / Tübinger Straße / Burkhard+Weber-Straße zu erwarten (vgl. **Bild 3-2 – Planfall 1b**). Da auch in diesen Straßen eine Zunahme des Lkw-Verkehrs die angrenzende Wohnnutzung beeinträchtigt, ist die Sperrung der Gustav-Schwab-Straße für den Lkw-Durchgangsverkehr nicht zielführend – zumal mit einer mangelnden Akzeptanz des Lkw-Verbots zu rechnen wäre.

4 Zusammenfassung und Fazit

Mit dem Lkw-Durchfahrtverbot im Straßenzug „Eberhardstraße – Karlstraße“ lässt sich der Durchgangsverkehr gut verlagern, da mit der B28 eine alternative Route vorliegt. Auf der Eberhardstraße bzw. Karlstraße verbleiben jedoch die Lkw-Fahrten mit Quelle und / oder Ziel in der Innenstadt von Reutlingen sowie Linienbusse, so dass durch das Lkw-Durchfahrtverbot insgesamt nur ein geringer Teil des Schwerverkehrs verlagert werden kann.

Durch die Verlagerung auf die B28 kommt es zu einer unerwünschten Belastungszunahme des Lkw-Verkehrs in der Gustav-Schwab-Straße, der nicht wirkungsvoll vermieden werden kann.

In Hinblick auf die Gestaltung eines Lkw-Routennetzes wird empfohlen, das Lkw-Durchfahrtverbot geringfügig zu modifizieren. So könnte entweder der Abschnitt der Eberhardstraße zwischen Konrad-Adenauer-Straße und Gutenbergstraße für den Lkw-Verkehr freigegeben oder das Lkw-Durchfahrtverbot auf die Rommelsbacher Straße südlich der B28 sowie auf die Gutenbergstraße ausgeweitet werden.

Verzeichnisse

Bilder

Bild 1: Verkehrsbelastung Bestand

Bild 2-1: Verkehrsbelastung Planfall 1
(Lkw-Sperrung Eberhardstraße und Karlstraße)

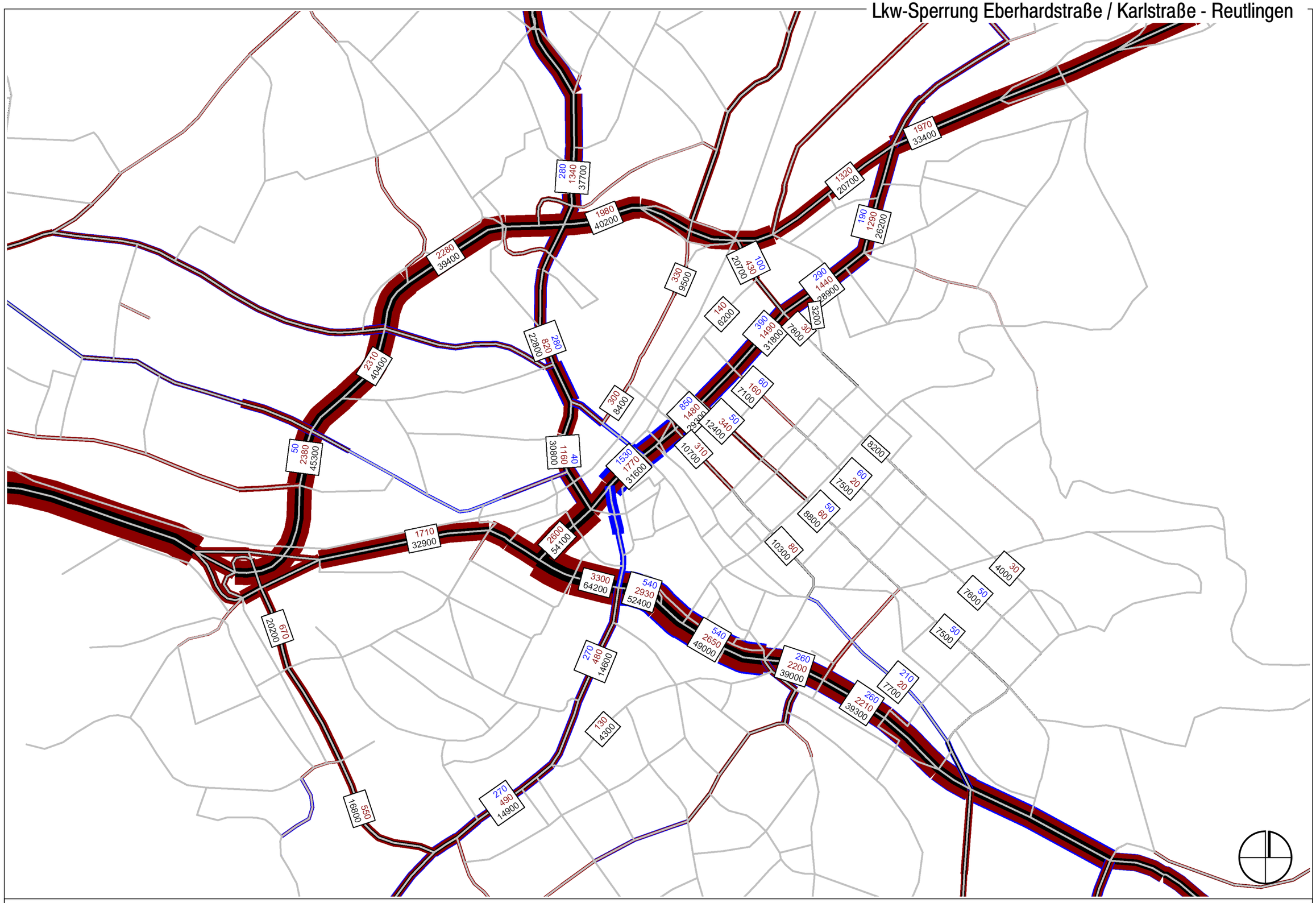
Bild 2-2: Differenz „Planfall 1 zu Bestand“

Bild 3-1: Differenz „Planfall 1a zu Bestand“

Bild 3-2: Differenz „Planfall 1b zu Bestand“

Bilder

Lkw-Sperrung Eberhardstraße / Karlstraße - Reutlingen

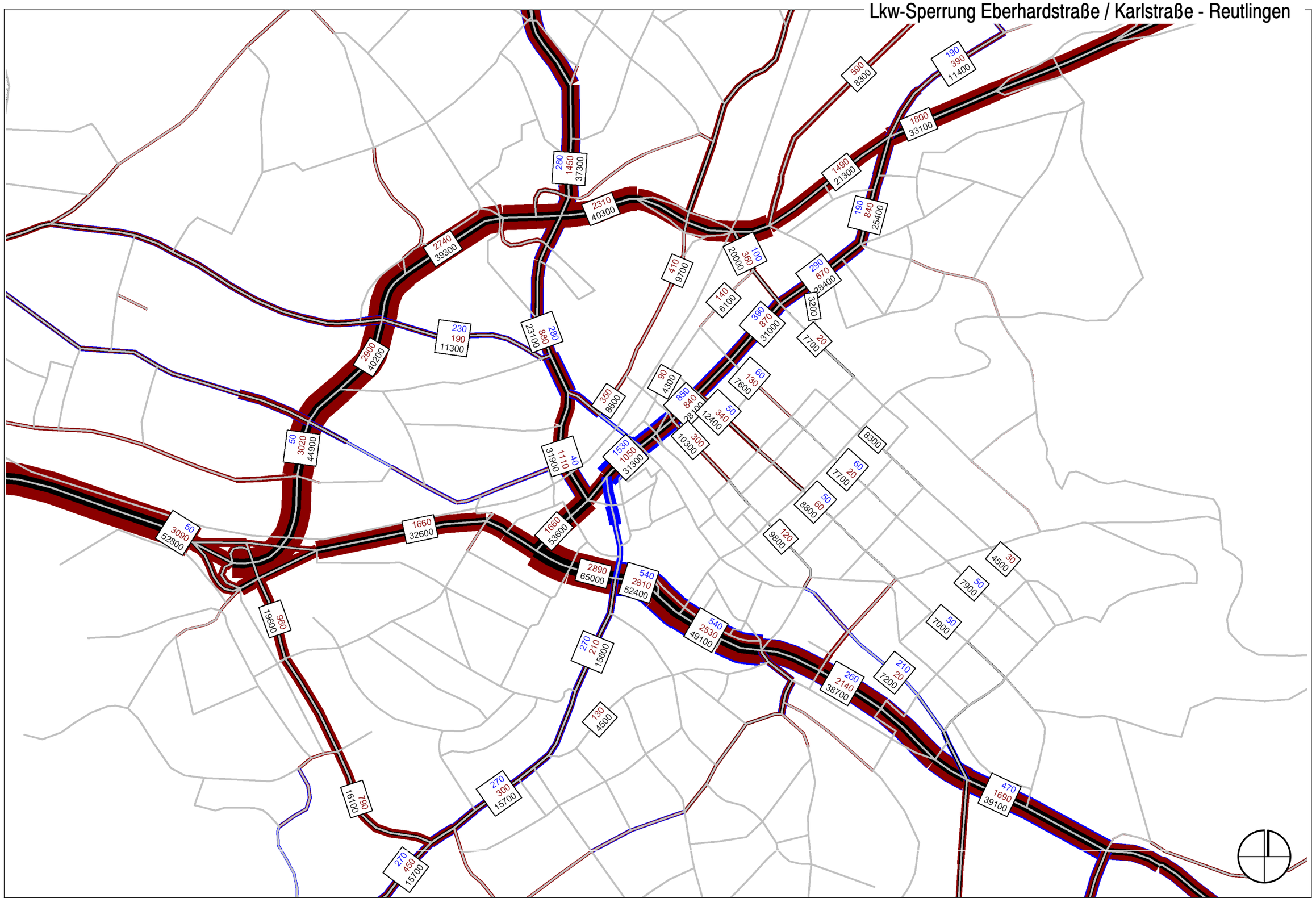


Topp
Huber-Erler
Hagedorn

Linienbusse / 24h
Lkw / 24h
Pkw / 24 h

Verkehrsbelastung Bestand

Stand: 7.5.2013



Linienbusse / 24h
Lkw / 24h
Pkw / 24 h

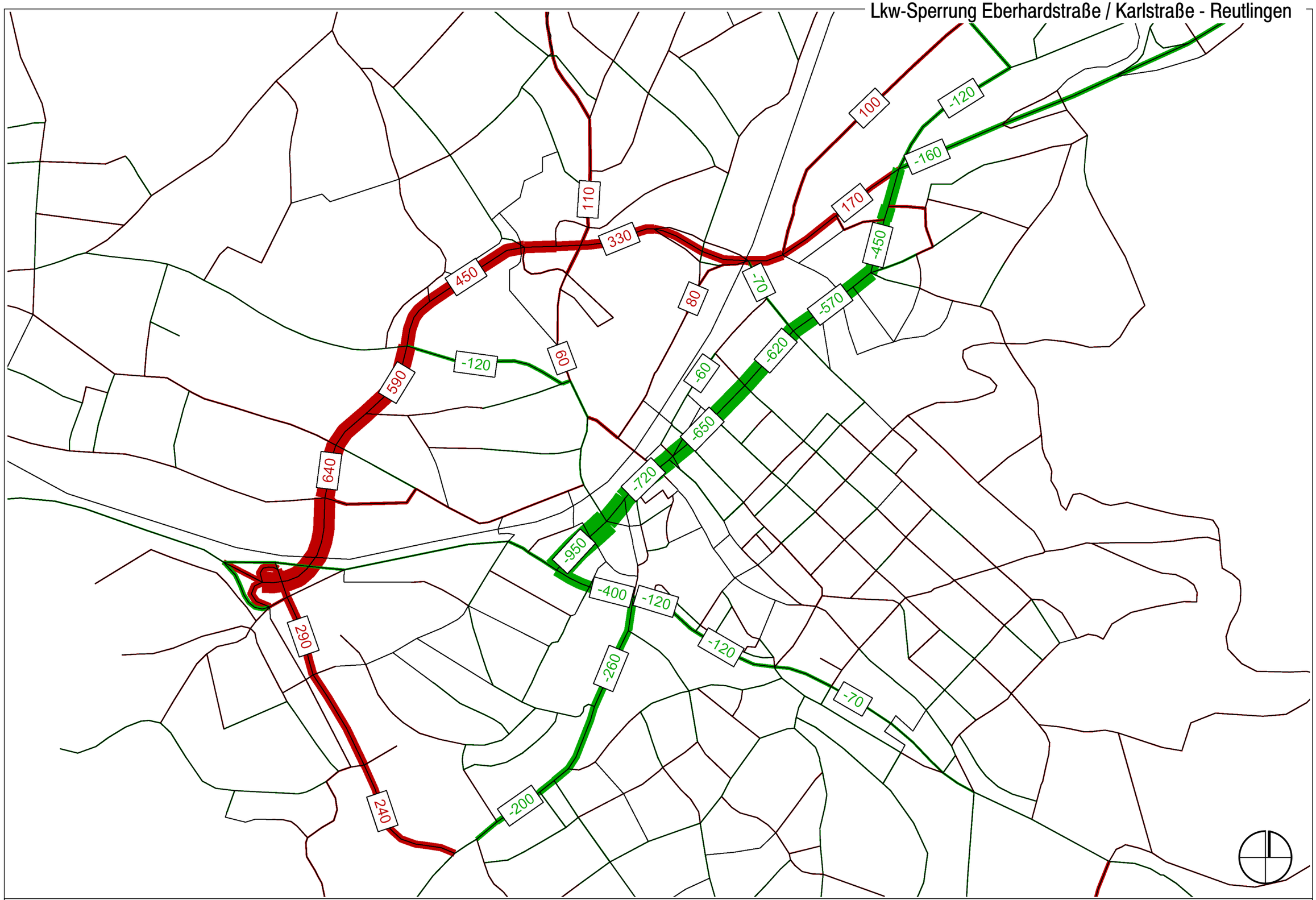
Verkehrsbelastung Planfall 1
Lkw-Sperrung Eberhardstraße und Karlstraße

Topp
Huber-Erler
Hagedorn

Stand: 7.5.2013

Lkw-Sperrung Eberhardstraße / Karlstraße - Reutlingen

2-2



R+T

Topp
Huber-Erler
Hagedorn

Zunahme Lkw / 24h
Abnahme Lkw / 24h

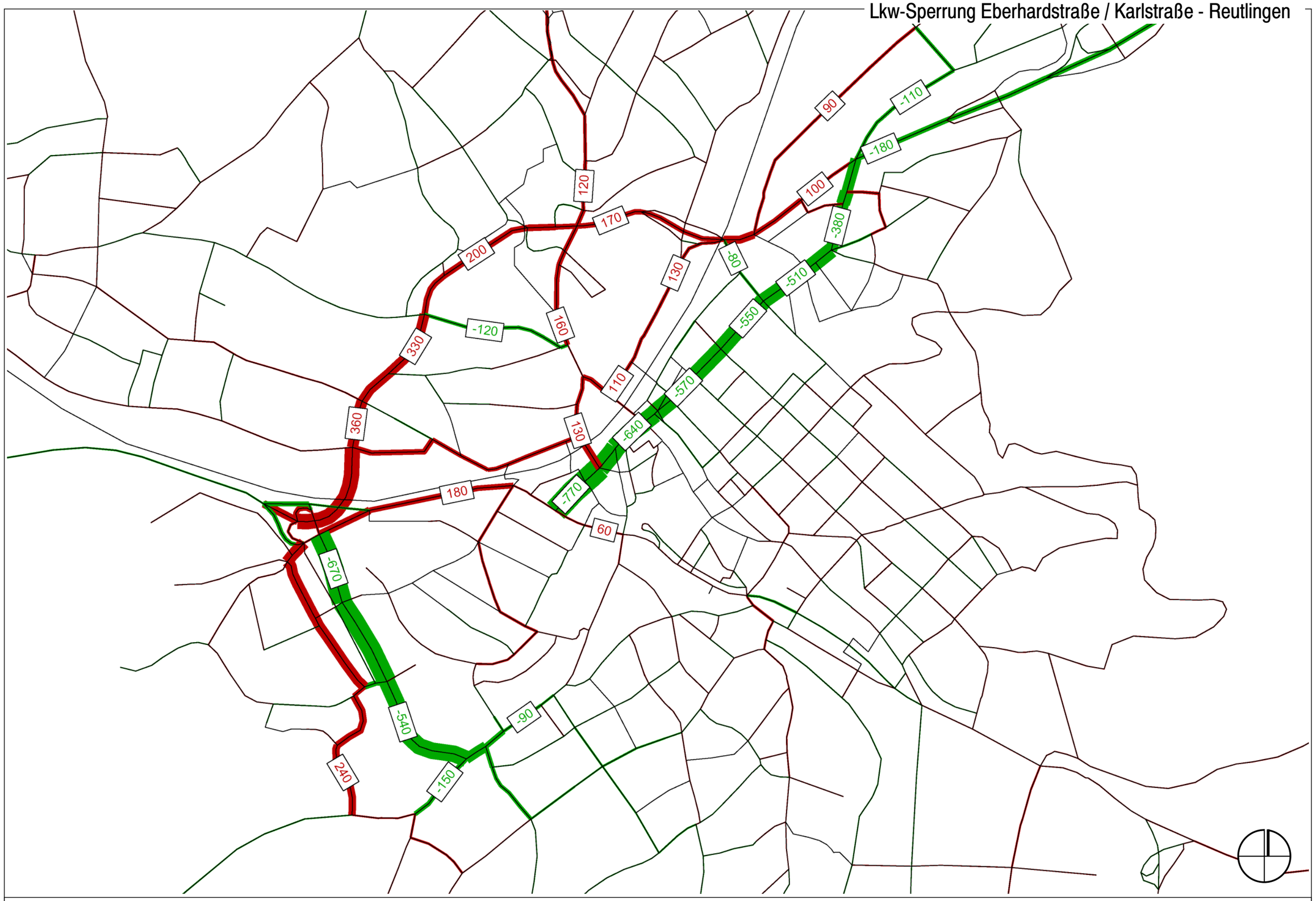
Differenz "Planfall 1 zu Bestand"

Lkw / 24h

Stand: 7.5.2013

Lkw-Sperrung Eberhardstraße / Karlstraße - Reutlingen

3-1



R+T

Topp
Huber-Erler
Hagedorn

Zunahme Lkw / 24h
Abnahme Lkw / 24h

Differenz "Planfall 1a zu Bestand"

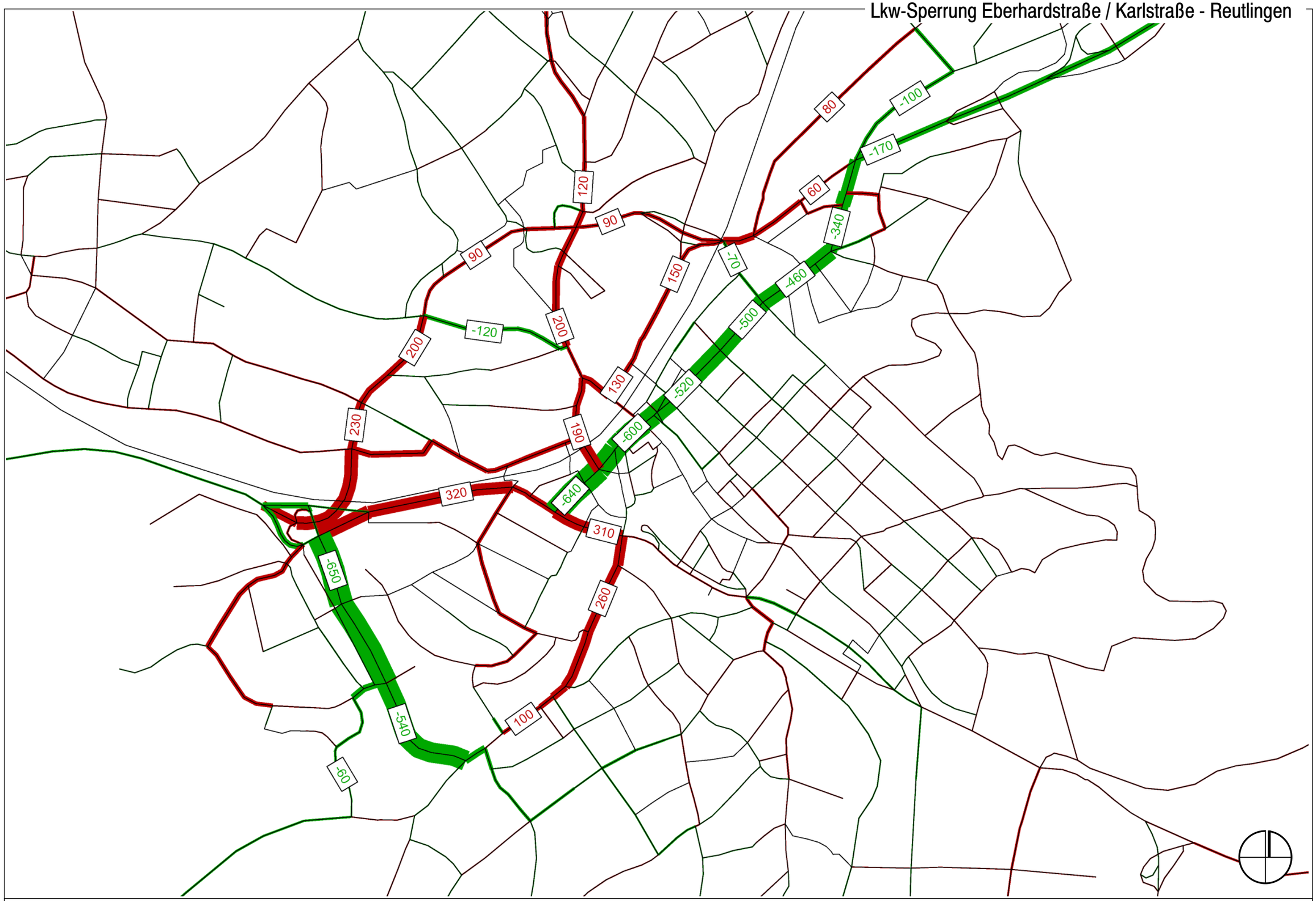
mit zusätzlicher Lkw-Sperrung in der Gustav-Schwab-Straße

Lkw / 24h

Stand: 7.5.2013

Lkw-Sperrung Eberhardstraße / Karlstraße - Reutlingen

3-2



R+T

Topp
Huber-Erler
Hagedorn

Stand: 7.5.2013

Zunahme Lkw / 24h
Abnahme Lkw / 24h

Differenz "Planfall 1b zu Bestand"

mit zusätzlicher Lkw-Sperrung in der Gustav-Schwab-Straße + restriktiven Maßnahmen in der Hermann-Ehlers-Straße und Friedrich-Naumann-Straße

(Lkw / 24h)