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 VON VERKEHRLICHEN MASSNAHMEN 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

Dezember 2012/Mai 2013
Projekt 62047-12-01
Berichtsumfang 77 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 11

3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN 13

3.1 Lagedaten 14

3.2 Verkehr 14

3.3 Fahrzeugflotte 14

3.4 Emissionsfaktoren 20

3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren 20

3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren 21

3.5 Angesetzte Emissionsfaktoren 21

3.6 Meteorologische Daten 24

4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN 28

4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte 28

4.1.1 NO_x-Emissionen für die zusammenhängenden Siedlungsbereiche von Reutlingen 28

4.1.2 NO_x-Emissionen in äußeren Randbezirken und im Landkreis Reutlingen 30

4.1.3 NO_x-Emissionen an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen 30

4.1.4 PM10-Emissionen für zusammenhängenden Siedlungsbereiche von Reutlingen 33

4.1.5 PM10-Emissionen in äußeren Randbezirken und im Landkreis Reutlingen 33

4.1.6 PM10-Emissionen an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen 36

4.2 Auswirkungen der Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen 36

4.2.1 Grundlagen 36

4.2.2 NO_2-Immissionen im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen 41
4.2.3 NO_2-Immissionen in äußeren Randbezirken und im Landkreis Reutlingen 43
4.2.4 NO_2-Immissionen an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen 46
4.2.5 PM10-Immissionen für den zusammenhängenden Siedlungsbereich Reutlingen 48
4.2.6 PM10-Immissionen in den äußeren Randbezirken und im angrenzenden Landkreis von Reutlingen 51
4.2.7 PM10-Immissionen an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen 53

5 LITERATUR 55

A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION 59

A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN-NETZ REUTLINGEN 67

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

Ergänzend zu den bestehenden Maßnahmen für den Luftreinhalteplan Reutlingen wurden weitere Maßnahmen für eine erweiterte Umweltzone in Reutlingen entwickelt und werden hinsichtlich ihrer immissionsseitigen Wirksamkeit durch Berechnungen betrachtet.

Folgende Maßnahmen wurden benannt:

M3 **erweiterte Umweltzone Stufe 3 (UZ-St3 RT m.B-Str.)**: Verkehrssituation im Jahr 2013 wie Referenzfall 2013 (ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Reutlingen für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei), bestehende Umweltzone mit Einbezug der Bundesstraßen im Umweltzonenumgriff einschließlich der Lederstraße und der Konrad-Adenauer-Straße.

M4 **erweiterte Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße ohne Bundesstraßen (UZ-St3 Mark. o.B-Str.)**: Verkehrssituation im Jahr 2013 mit Maßnahme M3 (ganzjähriges Fahrverbot für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei), Erweiterung der bestehenden Umweltzone auf die Gemarkung ohne Bundesstraßen und Parkhäuser.

M5 **erweiterte Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße (UZ-St3 Mark. m.B-Str.)**: Verkehrssituation im Jahr 2013 mit Maßnahme M3 (ganzjähriges Fahrverbot für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei), Erweiterung der bestehenden Umweltzone mit Bundesstraßen auf die Gemarkung.

M6 **erweitere Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region (UZ-St3 Region)**: Verkehrssituation im Jahr 2013 mit Maßnahme M3 (ganzjähriges Fahrverbot für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei), Erweiterung der bestehenden Umweltzone mit Bundesstraßen auf die Region, einschließlich Eningen und Pfullingen.

Ohmenhausen gesamte Ortsdurchfahrt T 30 (Referenzfall 2013 mit T 30): Verkehrssituation im Referenzfall 2013 mit Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h für die gesamte Ortsdurchfahrt Ohmenhausen.

Ohmenhausen gesamte Ortsdurchfahrt T 30 (UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5) mit T 30): Verkehrssituation im Jahr 2013 mit Maßnahme M5, Erweiterung der bestehenden Umweltzone auf Ohmenhausen (ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Reutlingen für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei) und mit Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h für die gesamte Ortsdurchfahrt Ohmenhausen.

Abweichend von den bisherigen Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Reutlingen wird hier als Referenzzustand in Reutlingen die seit diesem Jahr geltende Umweltzonenabgrenzung und -regelung mit Umweltzone Stufe 3 (d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei) und außerhalb die geltende Regelung angesetzt.

Die Abgrenzungen der Umweltzonenregelungen sind in **Abb. 1.1** grafisch als Überblick aufgezeigt.

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 an sechs Standorten im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen, an dem auch teilweise Messwerte vorliegen, ausgewertet und sind für NO_2 in **Tab. 1** aufgeführt. Damit Änderungen ablesbar sind, werden die Immissionen mit einer Nachkommastelle angegeben und die Werte über dem Grenzwert für NO_2-Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ im Jahresmittel sind fett hervorgehoben.

	Lederstraße	Karlstraße	Charlottenstr.	Konrad-Adenauer-Straße	Mittnachtstraße	Im Dorf
2013 Referenzfall	**81.7**	**49.4**	29.5	**43.0**	**42.9**	**40.8**
2013 UZ-St3 RT m.B-Str. (M3)	**78.6**	**49.4**	29.4	**41.8**	**42.9**	**40.8**
2013 UZ-St3 Mark. o.B-Str. (M4)	**80.0**	**49.5**	29.4	**42.2**	**42.0**	39.7
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5)	**78.6**	**49.3**	29.3	**41.7**	**41.7**	39.7
2013 UZ-St3 Region (M6)	**78.6**	**49.3**	29.3	**41.7**	**41.7**	39.7

Tab. 1: Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte in µg/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte im zusammenhängenden Siedlungsbereich **von Reutlingen**. Grenzwert NO_2: 40 µg/m³ im Jahresmittel

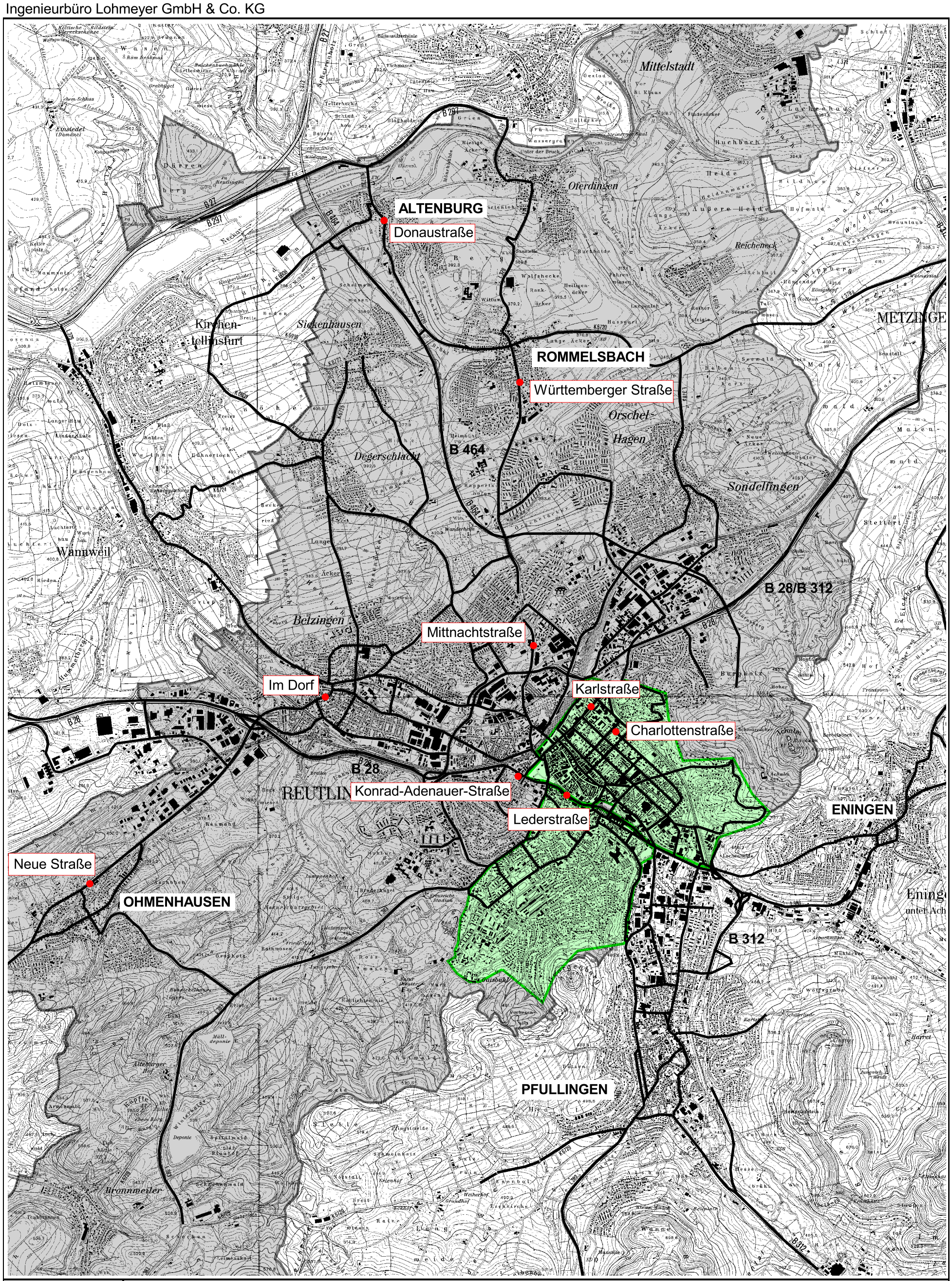


Abb. 1.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes.
Die Lage der Messpunkte ist rot eingetragen. Der Bereich der bestehenden Umweltzonenabgrenzung ist hellgrün und die Gemarkung Reutlingen ist grau dargestellt.

Die mit den einzelnen Maßnahmen verbundenen Minderungen führen entsprechend den Berechnungsergebnissen an den in **Tab. 1** aufgeführten Straßenabschnitten überwiegend zu geringen Verringerungen, wobei in der Straße im Dorf mit der Maßnahme M4 eine Einhaltung des geltenden Grenzwertes für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ eingehalten werden kann. An der Lederstraße sind, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit ca. 82 µg/m³, durch die Maßnahmen Minderungen um 1.7 µg/m³ bis 3.1 µg/m³ auf NO_2-Jahresmittelwerte bis 79 µg/m³ zu erwarten; an den übrigen aufgeführten Straßenabschnitten sind Minderungen um bis zu 1.2 µg/m³ berechnet. Die relativen Minderungen reichen an der Lederstraße von 2% bis 4%, an den übrigen aufgeführten Straßenabschnitten von keiner Minderung bis 3%; die detaillierten Angaben sind in **Abb. 4.7** aufgeführt.

Für die Standorte in Randbezirken von Reutlingen sowie im angrenzenden Landkreis sind die berechneten NO_2-Jahresmittelwerte in **Tab. 2** aufgeführt. In den ausgewählten Randbezirken an der Württemberger Straße in Rommelsbach und an der Donaustraße in Altenburg sind mit einer Ausdehnung der Umweltzonenregelung auf die gesamte Gemarkung bzw. auf die Region um 0.8 µg/m³ bis 1.1 µg/m³ reduzierte NO_2-Jahresmittelwerte berechnet, wobei an beiden Standorten keine Konflikte mit den geltenden Grenzwerten berechnet sind. Die relativen Minderungen betragen mit den Maßnahmen an diesen Straße bis 3%.

An Standorten außerhalb von Reutlingen, d.h. in Eningen und Pfullingen im Landkreis Reutlingen sind Minderungen der NO_2-Immissionen um 0.9 µg/m³ bis 2.5 µg/m³ prognostiziert, wobei an der Weihenstraße in Eningen aufgrund des örtlich hohen Verkehrsaufkommens und der bestehenden, dichten Randbebauung im Referenzfall 2013 NO_2-Gesamtbelastungen bis 49 µg/m³ und mit der Maßnahme M6 bis 47 µg/m³ berechnet sind und somit der geltende Grenzwert für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ den Berechnungsergebnissen zufolge dort nicht eingehalten werden kann. Die relativen Minderungen reichen an diesen Straßenabschnitten bis 5%; die detaillierten Angaben sind in **Abb. 4.8** aufgeführt.

Für Ohmenhausen (**Tab. 3**) kann die Einführung von Tempo 30 mit Homogenisierung des Verkehrsflusses NO_2-Minderungen um 3.1 µg/m³, d.h. im Umfang der Minderungswirkung der Umweltzone bewirken. Mit einer Einführung von Tempo 30 und der Ausweitung der Umweltzone sind Verringerungen um 5.7 µg/m³ berechnet. Das sind relative Minderungen um 11%, wobei eine Einhaltung des geltenden Grenzwertes nicht erwartet werden kann.

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.

	Rommels-bach Württem-berger Str.	Altenburg Donaustr.	Pfullingen Marktstr.	Eningen Weihenstr.
2013 Referenzfall	36.5	33.9	37.7	**49.4**
2013 UZ-St3 RT m.B-Str. (M3)	36.5	33.9	37.7	**49.4**
2013 UZ-St3 Mark. o.B-Str. (M4)	35.4	33.1	37.7	**49.4**
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5)	35.4	33.1	37.7	**49.4**
2013 UZ-St3 Region (M6)	35.4	33.1	36.8	**46.9**

Tab. 2: Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte in µg/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte **in äußeren Randbezirken** von Reutlingen sowie im angrenzenden Landkreis. Grenzwert $NO_{2:}$ 40 µg/m³ im Jahresmittel

	NO_2-Jahresmittel	PM10 Jahresmittel	Überschreitungs-tage
2013 Referenzfall ohne T30	**49.7**	26.9	28
2013 Referenzfall mit T30	**46.6**	26.1	26
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5)	**46.7**	26.5	27
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5) mit T30	**44.0**	25.6	24

Tab. 3: Berechnete NO_2- und PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³ sowie aus den PM10-Jahresmitelwerten abgeleitete Anzahl an Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³ für die betrachteten Szenarien für den genannten Straßenabschnitt an der Neuen Straße **in Ohmenhausen**. Grenzwert $NO_{2:}$ 40 µg/m³ im Jahresmittel, Grenzwert PM10: 40 µg/m³ im Jahresmittel, Schwellenwert über **28 µg/m³** zur Ableitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes (über 35 Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³)

Für Feinstaub sind nur an der Lederstraße hohe Immissionen mit Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes messtechnisch erfasst und mit den Berechnungen nachgebildet. Die Ergebnisse für die Maßnahmen sind für den zusammenhängenden Siedlungsbereich in **Tab. 4** als Jahresmittelwerte und in **Tab. 5** als Anzahl der Überschreitungen aufgeführt. Die höchsten PM10-Gesamtbelastungen sind an der Lederstraße berechnet mit Jahresmittelwerten knapp unter 40 µg/m³ im Referenzfall bei bis zu 88 Überschreitungstagen des PM10-Kurzzeitwertes. Mit einer Ausweitung der Umweltzone auf die Bundesstraßen sind an der Lederstraße Verringerungen um weniger als 1 µg PM10/m³ im Jahresmittel und 5 Über-

schreitungstage weniger berechnet, wobei die zulässige Anzahl an Überschreitungen des PM10-Kurzzeitwertes auch mit einer Ausweitung der Umweltzone an der Lederstraße nicht eingehalten werden kann. An den übrigen in **Tab. 4** und **Tab. 5** aufgeführten Straßenabschnitten sind keine Konflikte mit den geltenden Grenzwerten und der erlaubten Anzahl an Überschreitungstagen berechnet. Die Minderungen der PM10-Jahresmittelwerte umfassen weniger als 1 µg/m³ und der PM10-Überschreitungstage um weniger als 1 Tag. Die relative Minderung der PM10-Jahresmittelwerte beträgt an den Straßenabschnitten bis 2%.

	Leder-straße	Karl-straße	Char-lottenstr.	Konrad-Adenauer-Straße	Mittnacht-straße	Im Dorf
2013 Referenzfall	39.4	27.5	21.3	25.3	26.1	24.3
2013 UZ-St3 RT m.B-Str. (M3)	38.6	27.5	21.3	25.0	26.1	24.3
2013 UZ-St3 Mark. o.B-Str. (M4)	39.2	27.6	21.3	25.2	25.9	24.0
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5)	38.6	27.5	21.3	25.0	25.9	24.0
2013 UZ-St3 Region (M6)	38.6	27.5	21.3	25.0	25.9	24.0

Tab. 4: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen. 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)

	Leder-straße	Karl-straße	Char-lottenstr.	Konrad-Adenauer-Straße	Mittnacht-straße	Im Dorf
2013 Referenzfall	**88**	30	14	24	26	21
2013 UZ-St3 RT m.B-Str. (M3)	**83**	30	14	23	26	21
2013 UZ-St3 Mark. o.B-Str. (M4)	**86**	31	14	23	25	20
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5)	**83**	30	14	23	25	20
2013 UZ-St3 Region (M6)	**83**	30	14	23	25	20

Tab. 5: 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.

An den Standorten in Randbezirken von Reutlingen sowie im angrenzenden Landkreis sind in allen betrachteten Maßnahmen sowie im Referenzfall deutlich keine Konflikte mit dem bestehenden Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ sowie der zulässigen Anzahl an Überschreitungstagen, wie in Kap. 4.2.6 nachzulesen ist, berechnet. Die Minderungen der betrachteten Maßnahmen umfassen weniger als 1 µg PM10/m³ im Jahresmittel und bis zu 1 Überschreitungstag. Die relative Minderung der PM10-Jahresmittelwerte beträgt an den Straßenabschnitten bis 1%.

In Ohmenhausen sind mit einer Einführung von Tempo 30 mit Homogenisierung des Verkehrsflusses an der Ortsdurchfahrt Verringerungen der PM10-Jahresmittelwerte gegenüber dem Referenzfall um bis zu 1.3 µg/m³ und der PM10-Überschreitungstage um bis zu 4 Tage bei gleichzeitiger Ausweitung der Umweltzone berechnet (**Tab. 3**); damit sind dort keine PM10-Grenzwertüberschreitungen berechnet. Die relative Minderung der PM10-Jahresmittelwerte beträgt an den Straßenabschnitten bis 5%.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass mit der durch die ausgedehnte Umweltzone vorgezogenen Erneuerungen der Kfz-Fahrzeugflotte deutliche Verringerungen der motorbedingten Schadstofffreisetzungen verbunden sind, die auch zu Verringerungen der NO_2-Belastungen an den betrachteten Standorten führen. Mit einer Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 sind auch an den außerhalb der bestehenden Umweltzonenabgrenzung gelegenen Straßenabschnitten Verringerungen der Schadstoffbelastungen zu erwarten, die jedoch nicht an allen Straßenabschnitten zu einer Einhaltung der Grenzwerte führen. Eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h entlang der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen führt ebenfalls zu einer Senkung der Schadstoffbelastungen, wobei diese unter Berücksichtigung der Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße nicht ganz zu einer Einhaltung der Grenzwerte führt. Die Prognosen zeigen weiterhin, dass Maßnahmen ohne Verringerung des Verkehrsaufkommens in den Abschnitten mit hohen Immissionen in den nächsten Jahren keine Einhaltung der Grenzwerte erwarten lassen.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für Reutlingen besteht ein Luftreinhalteplan inklusive dessen Aktualisierung, für die jeweils auch verkehrsbedingte, immissionsseitige Wirkungsberechnungen durch das Ingenieurbüro Lohmeyer durchgeführt wurden. Für diesen Luftreinhalteplan werden weitere Maßnahmen entwickelt, die hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Emissionen und Immissionen zu betrachten sind, wobei sich die beurteilenden Maßnahmen auf den Kfz-Verkehr beziehen. Betrachtet werden die Schadstoffe NO_2 und PM10.

Folgende Maßnahmen werden betrachtet:

M3 **erweiterte Umweltzone Stufe 3 (UZ-St3 RT m.B-Str.)**: Verkehrssituation im Jahr 2013 wie Referenzfall 2013 (ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Reutlingen für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei), bestehende Umweltzone mit Einbezug der Bundesstraßen im Umweltzonenumgriff einschließlich der Lederstraße und der Konrad-Adenauer-Straße.

M4 **erweiterte Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße ohne Bundesstraßen (UZ-St3 Mark. o.B-Str.)**: Verkehrssituation im Jahr 2013 mit Maßnahme M3 (ganzjähriges Fahrverbot für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei), Erweiterung der bestehenden Umweltzone auf die Gemarkung ohne Bundesstraßen und Parkhäuser.

M5 **erweiterte Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße (UZ-St3 Mark. m.B-Str.)**: Verkehrssituation im Jahr 2013 mit Maßnahme M3 (ganzjähriges Fahrverbot für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei), Erweiterung der bestehenden Umweltzone mit Bundesstraßen auf die Gemarkung.

M6 **erweitere Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region (UZ-St3 Region)**: Verkehrssituation im Jahr 2013 mit Maßnahme M3 (ganzjähriges Fahrverbot für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei), Erweiterung der bestehenden Umweltzone mit Bundesstraßen auf die Region, einschließlich Eningen und Pfullingen.

Ohmenhausen gesamte Ortsdurchfahrt T 30 (Referenzfall 2013 mit T 30): Verkehrssituation im Referenzfall 2013 mit Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h für die gesamte Ortsdurchfahrt Ohmenhausen.

Ohmenhausen gesamte Ortsdurchfahrt T 30 (UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5) mit T 30): Verkehrssituation im Jahr 2013 mit Maßnahme M5, Erweiterung der bestehenden Umweltzone auf Ohmenhausen (ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Reutlingen für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei) und mit Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h für die gesamte Ortsdurchfahrt Ohmenhausen.

Abweichend von den bisherigen Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Reutlingen wird hier als Referenzzustand in Reutlingen die seit diesem Jahr geltende Umweltzonenabgrenzung und -regelung mit Umweltzone Stufe 3 (d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei) und außerhalb die geltende Regelung angesetzt.

Für den Standort der verkehrsbezogenen Messstationen in Reutlingen und Umgebung sowie für das Hauptverkehrsstraßennetz werden die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen und Eingriffsszenarien 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.

In einem weiteren Schritt werden für die Ortsdurchfahrt Ohmenhausen die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen (Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h auf Hauptverkehrsstraßen, hier der Ortsdurchfahrt) auf die Emissionen und Immissionen berechnet und die Änderung der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt.

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 im Bogen von Süden nach Westen verläuft. Die B 312 verläuft in nordsüdlicher Richtung und die B 28 in ostwestlicher Richtung durch das Stadtgebiet. Nach Norden führt die B 464 von Reutlingen aus Richtung Stuttgart. Im Südosten von Reutlingen schließen die Stadt Pfullingen und die Gemeinde Eningen an. Die Stadt Pfullingen befindet sich im südlichen Teilbereich des in Nordsüdrichtung orientierten Echaztals. Die Gemeinde Eningen ist im Tal nach Nordosten orientierten Tal des Leinsbaches gelegen.Die Lage des Betrachtungsgebietes um Reutlingen ist in **Abb. 3.1** aufgezeigt. Dort ist die Lage der Luftmessstationen in Reutlingen und Umgebung mit roten Punkten gekennzeichnet. Die bestehende Umweltzonenabgrenzung ist grün und die Gemarkungsgrenze ist grau eingezeichnet.

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. Diese Daten werden auf den zu berücksichtigenden Straßen für das Bezugsjahr 2013 angesetzt. Ergänzend sind den verkehrlichen Untersuchungen Differenzierungen der Fahrten nach Durchgangsverkehr, Quell-, Zielverkehr und Binnenverkehr beigefügt.

Die Verkehrsdaten sind als Übersichtsdarstellung in **Abb. 3.2** dargestellt und werden für die rechnerische Umsetzung der Maßnahmen für alle Maßnahmenfälle angesetzt.

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. 3.3** 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.

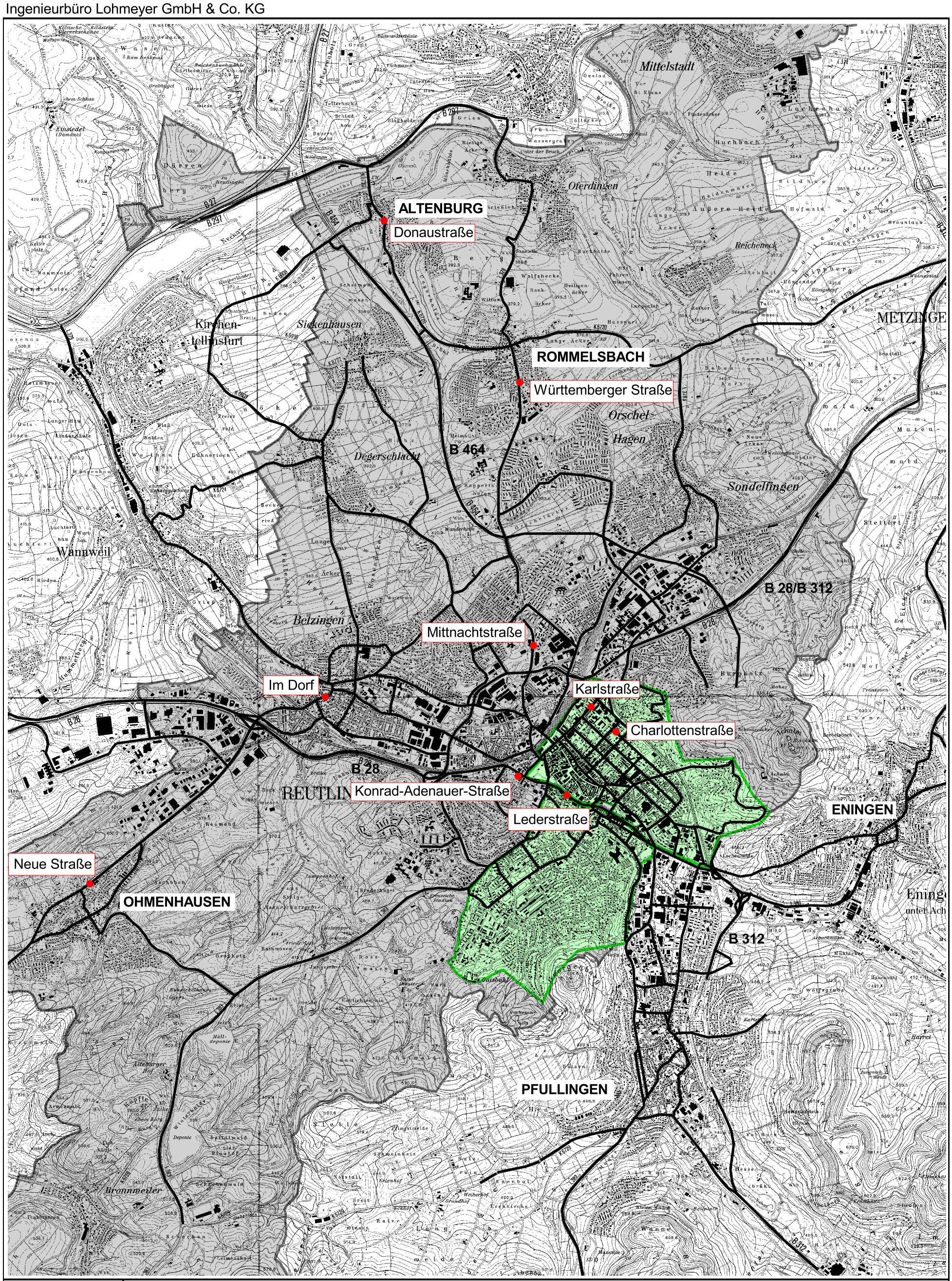


Abb. 3.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes.
Die Lage der Messpunkte ist rot eingetragen. Der Bereich der bestehenden Umweltzonenabgrenzung ist hellgrün und die Gemarkung Reutlingen ist grau dargestellt.

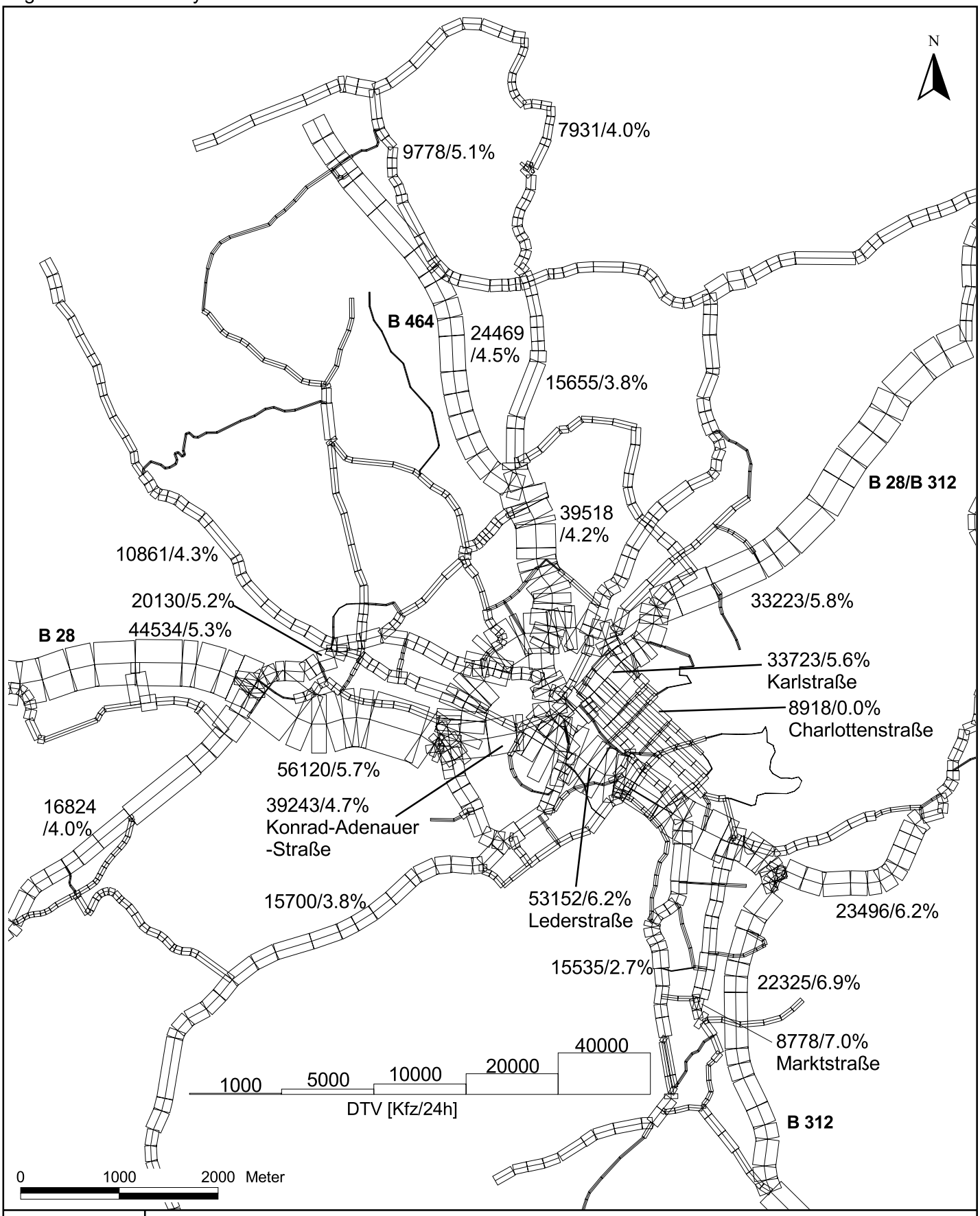


Abb. 3.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz[24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Referenzfall im Jahr 2013

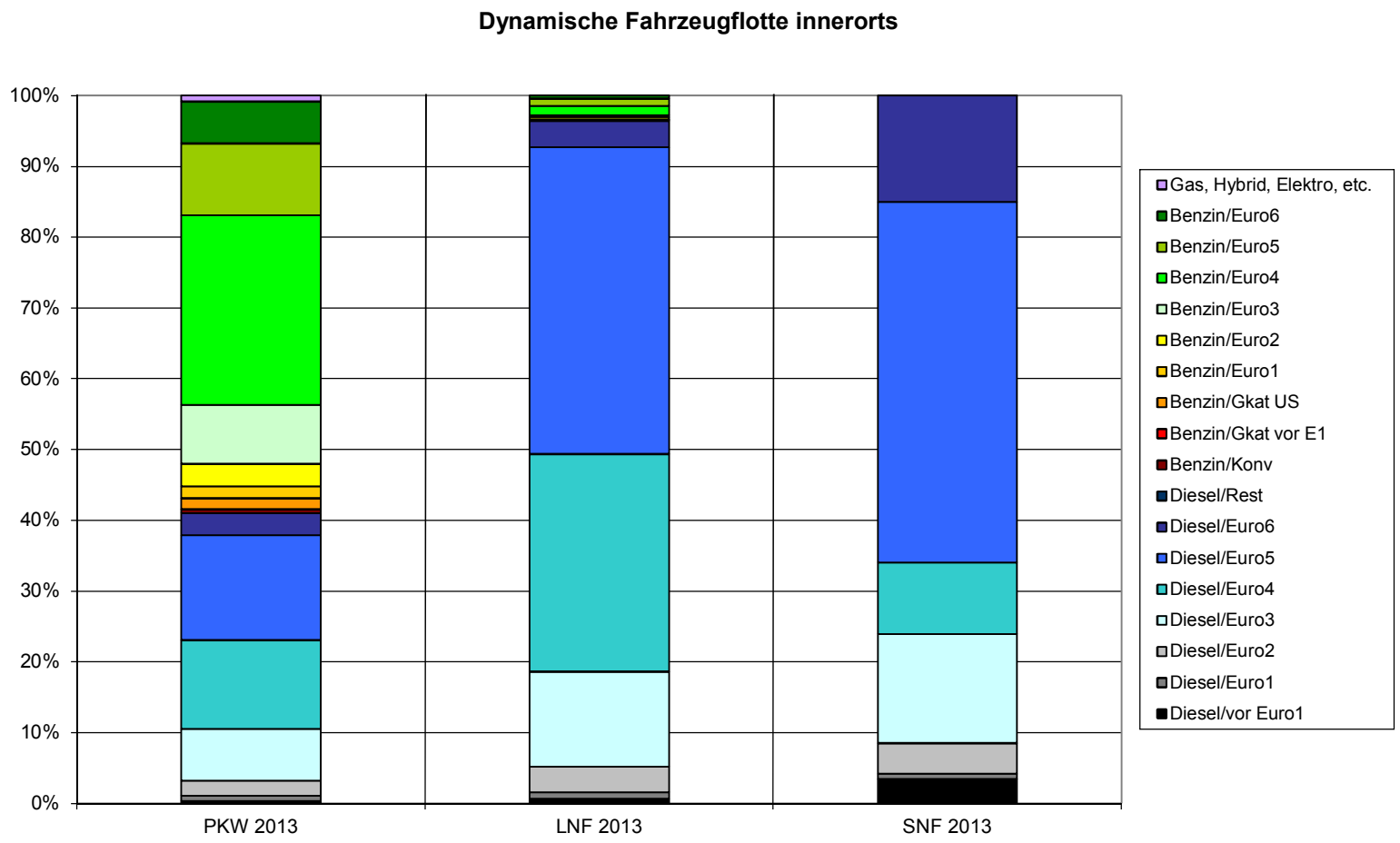


Abb. 3.3: Zusammensetzung der dynamischen Kfz-Flotte für das Jahr 2013 unterteilt nach PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Reisebusse, Linienbusse und schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

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. 3.4** 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.

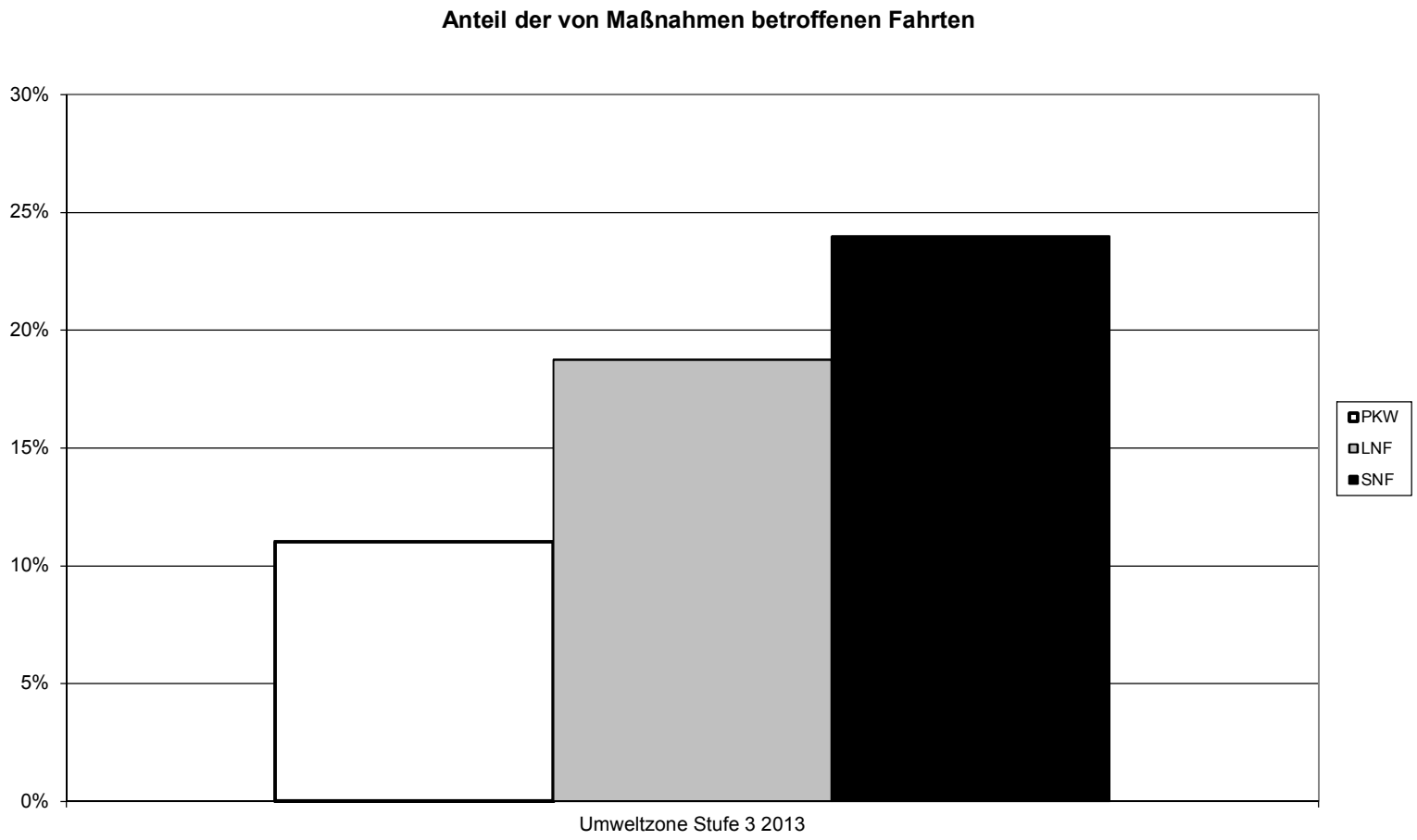


Abb. 3.4: Anteil der von den Fahrverboten betroffenen Fahrten in der Umweltzone Stufe 3 getrennt für PKW, Lieferwagen (LNF) und LKW (SNF)

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 Emissionsfaktorenden 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 M3 (UZ-St3 RT m.B-Str.) 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.

In der Maßnahme M4 (UZ-St3 Mark. o.B-Str.) wird eine Ausweitung der bestehenden Umweltzonenabgrenzung auf Gemarkungsgröße ohne Einbeziehung der Bundesstraßen angesetzt und es wird angenommen, dass der Durchfahrtsverkehr nicht von dieser Regelung betroffen ist. Zudem wird berücksichtigt, dass alle über eine Bundesstraße anfahrbaren Parkhäuser in der Kernstadt von Reutlingen von der Umweltzonenregelung ausgenommen sind. Angaben über die Stellplatzbelegungen für diese Parkhäuser wurden von der Stadt Reutlingen für repräsentative Tage zur Verfügung gestellt. Daraus wurde die Frequentierung des jeweiligen Parkhauses abgeschätzt und die Anzahl der mittleren täglichen Ein- und Ausfahrten berechnet und auf die angrenzenden Bundesstraßen anteilig dem Verkehrsaufkommen verteilt.

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

Eine der zu betrachtenden Maßnahmen beinhaltet die Einführung von Tempolimit 30 km/h entlang der Hauptverkehrsstraße von Ohmenhausen, für die keine entsprechenden Emissionsfaktoren im HBEFA3.1 enthalten sind. In Baden-Württemberg wurden im Zusammenhang mit Maßnahmen der Luftreinhalteplanung Messfahrten durchgeführt, um verkehrstechnische Fahrzeugparameter bei Tempo 30 km/h bzw. 40 km/h auf Hauptverkehrsstraßen im Vergleich zu Tempo 50 km/h auf Hauptverkehrsstraßen zu erfassen und einer detaillierten Emissionsmodellierung zuzuführen (LUBW 2011 und 2012). Danach zeichnen sich je nach örtlichen Gegebenheiten variierende emissionsseitige Beiträge ab, die bei Tempo 30 km/h teils unter und teils über denen für Tempo 50 km/h liegen; dabei wirkt sich insbesondere die Auslastung der Straße aus. In den Berichten sind keine Zahlenwerte der Änderungen direkt genannt, aber in der Summe ist festzuhalten, dass mit der Einführung von Tempo 30 km/h eine Homogenisierung des Verkehrsflusses erwartet wird und damit geringere Störungen mit entsprechendem Stopp- und Go-Verkehr. Übertragen auf die Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen werden mit den Verflüssigungen des Verkehrs verringerte Emissionen erwartet; diese werden hier durch das Ansetzen der Verkehrssituation „IOS-NS40d“ berücksichtigt.

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.

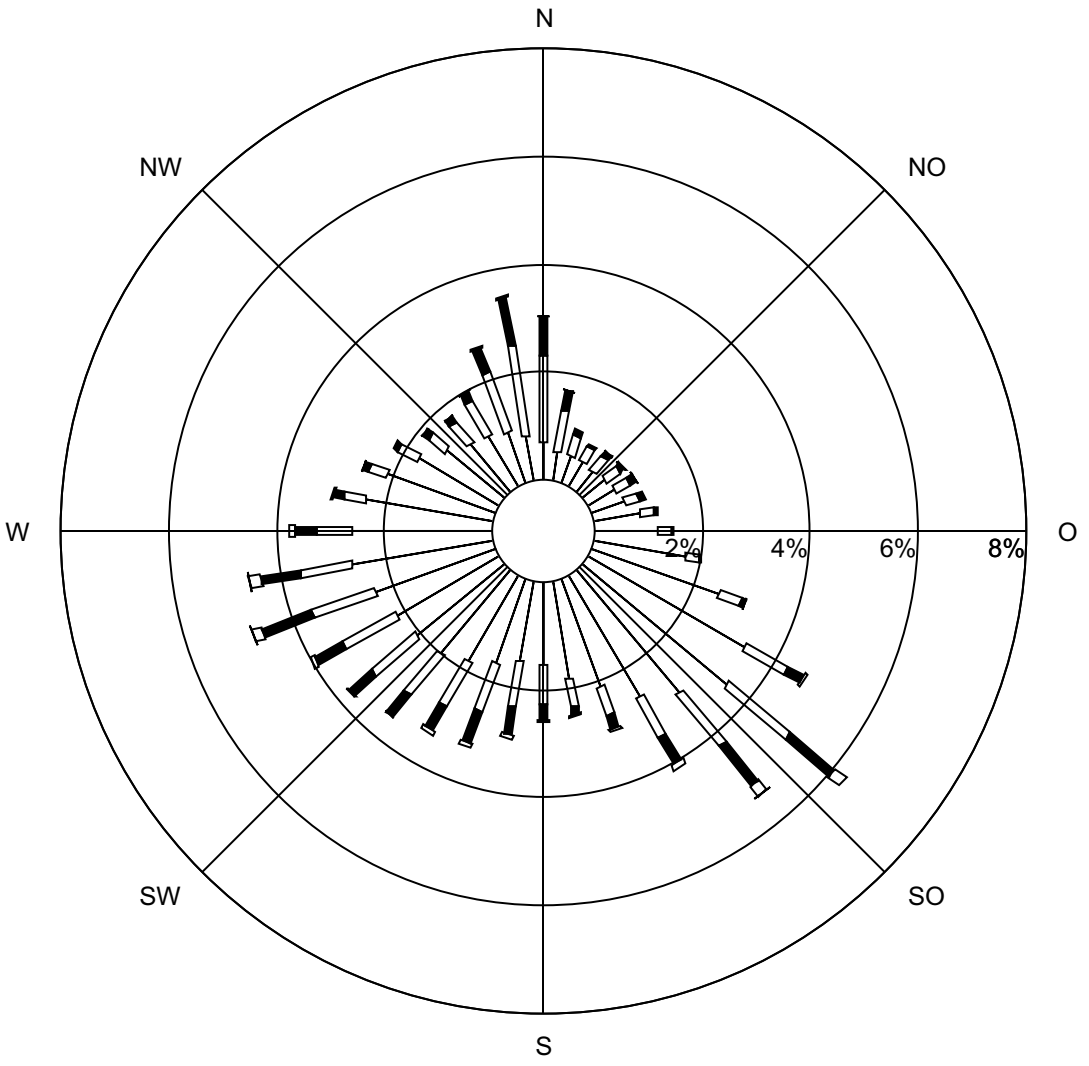
Für das betrachtete Untersuchungsgebiet mit dem Stadtgebiet von Reutlingen und den angrenzenden Stadtrandbereichen liegen unterschiedliche Windinformationen durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) vor.

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. 3.5** 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 Innenstadtbereich 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.

Für die angrenzenden Stadtrandbereiche nördlich von Reutlingen sowie für Eningen, Pfullingen und Ohmenhausen liegen keine Windmessdaten vor. Für die Immissionsberechnungen werden für diese Bereiche die in **Abb. 3.6** dargestellten synthetischen Windrosen der LUBW angewendet.



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

In **Abb. 3.6** (oben links) ist die Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit für den Stadtrandbereich nördlich von Reutlingen dargestellt. Die Hauptwindrichtungen werden durch Winde aus südwestlichen bis südöstlichen Richtungen geprägt, für die auch die höchsten Windgeschwindigkeiten ausgewiesen werden. Winde aus nordöstlichen Richtungen bilden ein Nebenmaximum. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.0 m/s.

In **Abb. 3.6** (oben rechts) ist die Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit für den in Tallage gelegene Stadtbereich von Eningen dargestellt. Die Hauptwindrichtungen werden durch Winde aus südöstlichen Richtungen geprägt, für die auch die höchsten Windgeschwindigkeiten ausgewiesen sind; weitere Hauptwindrichtungen stellen Winde aus östlichen und nordöstlichen Richtungen dar. Winde aus südwestlichen Richtungen bilden ein Nebenmaximum. Das Relief prägt damit insbesondere durch die süd-nördliche Ausrichtung des Tals des Leinsbaches die bodennahen Windverhältnisse. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 1.8 m/s.

In **Abb. 3.6** (unten links) ist die Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit für das Stadtgebiet von Pfullingen dargestellt. Die Hauptwindrichtungen werden durch Winde aus südlichen bis südöstlichen Richtungen geprägt. Winde aus nordwestlichen Richtungen bilden ein Nebenmaximum. Das Relief prägt damit insbesondere durch die süd-nördliche Ausrichtung des Tals der Echaz die bodennahen Windverhältnisse. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 1.5 m/s.

In **Abb. 3.6** (unten rechts) ist die Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit für den Bereich von Ohmenhausen dargestellt. Die Hauptwindrichtungen werden durch Winde aus südwestlichen Richtungen geprägt. Winde aus nordöstlichen Richtungen bilden ein Nebenmaximum. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.0 m/s.

Die oben genannten Ausbreitungsklassen wurden anhand der aus den Bewölkungsangaben der Wetterstation Stuttgart-Schnarrenberg abgeleiteten Häufigkeitsverteilung mit dem Verfahren nach Kolb (1976) auf die jeweiligen Standorte übertragen und unter Berücksichtigung der Rauigkeit am jeweiligen Standort für die Ausbreitungsrechnung herangezogen.

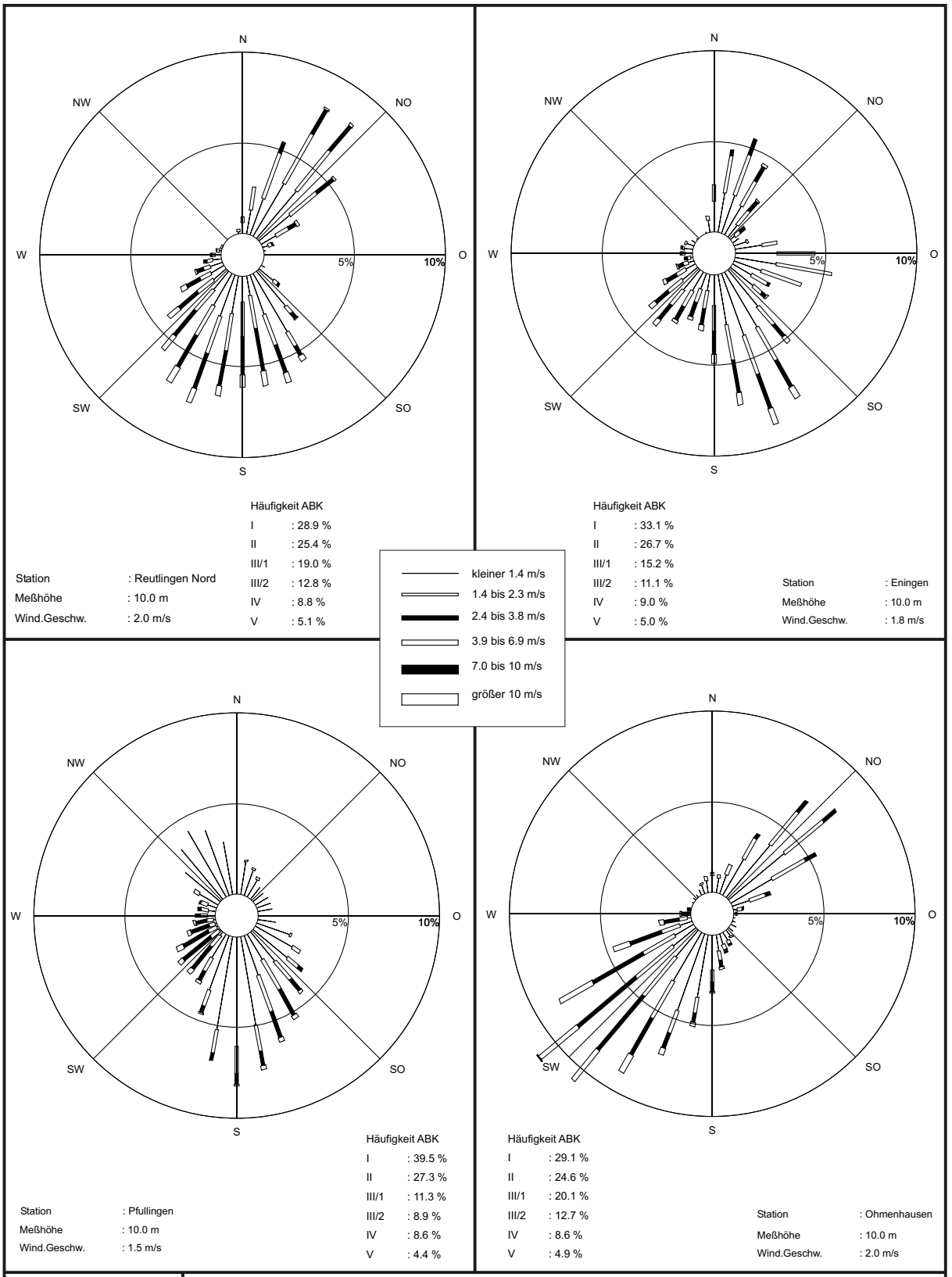


Abb. 3.6: Windstatistiken für die Standorte Reutlingen Nord, Eningen, Pfullingen und Ohmenhausen.
Quelle: Daten- und Kartendienst LUBW (LUBW, Internet)

4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN

4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte

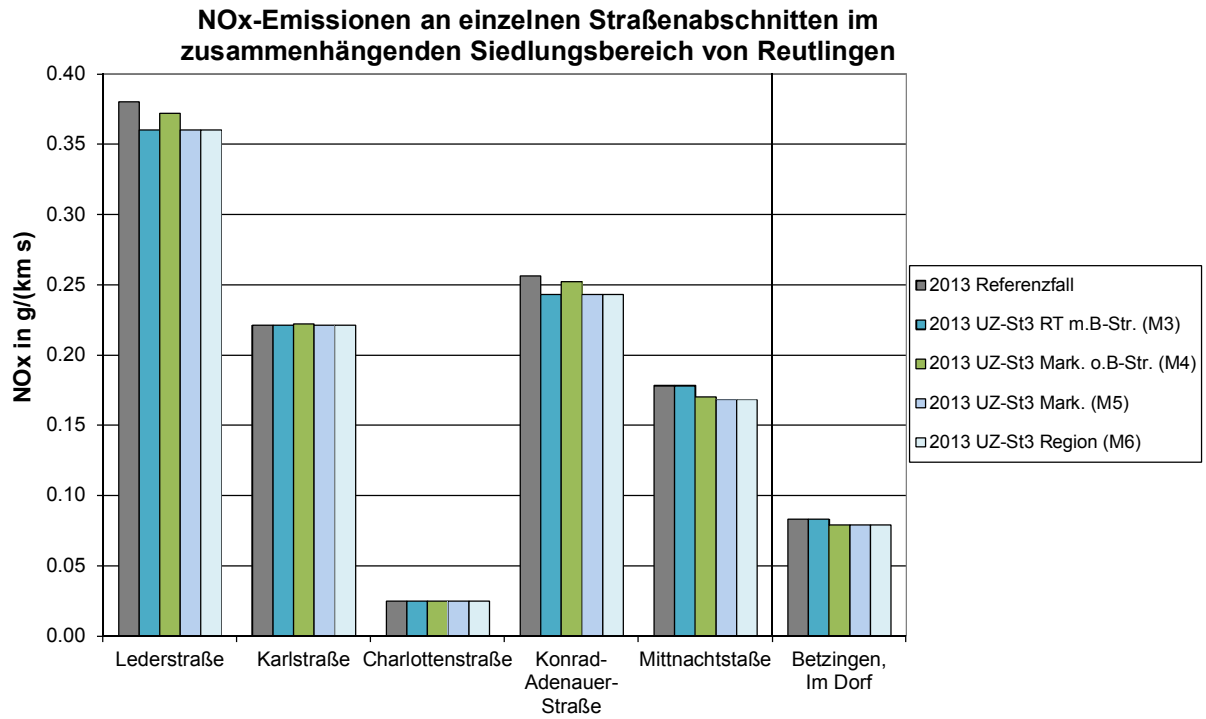
Basierend auf den o.g. Flotten- und Emissionsdaten werden die Emissionen für die Hauptverkehrsstraßen in Reutlingen und Umgebung berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden in Anlehnung an die bisherigen Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Reutlingen auf den zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen mit den Messstellenstandorten im zentralen Stadtbereich an der Lederstraße, der Karlstraße zwischen Bismarckstraße und Silberburgstraße, der Charlottenstraße in der Oststadt, der Konrad-Adenauer-Straße westlich der Eberhardstraße, der Mittnachtstraße und der Straße Im Dorf in Betzingen. Des Weiteren werden für ausgewählte Messstellenstandorte in äußeren Randbezirken von Reutlingen die Berechnungsergebnisse diskutiert; dies sind die Württemberger Straße in Rommelsbach südlich der Kreuzung mit der Alemannenstraße, die Donaustraße in Altenburg südlich der Einmündung der Isarstraße und die Neue Straße in Ohmenhausen. Ergänzend dazu werden für zwei Standorte an Hauptverkehrsstraßen im Landkreis Reutlingen, d.h. in Pfullingen und Eningen, die berechneten Emissionen aufgezeigt.

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

4.1.1 NO_x-Emissionen für die zusammenhängenden Siedlungsbereiche von Reutlingen

Die berechneten mittleren täglichen NO_x-Emissionen sind für die Straßen im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen 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.

Entsprechend den Zusammensetzungen der Verkehrsbelegungsdaten und der Verkehrssituationen zeigen sich bei den betrachteten Fällen deutliche Variationen der NO_x-Emissionen (**Abb. 4.1**). Mit der Maßnahme M3 (Umweltzone Stufe 3 in der bestehenden Umweltzonenabgrenzung mit Bundesstraßen) sind an der Lederstraße, der Karlstraße und der Konrad-Adenauer-Straße gegenüber dem Referenzfall bis auf ca. 95% reduzierte, an den übrigen



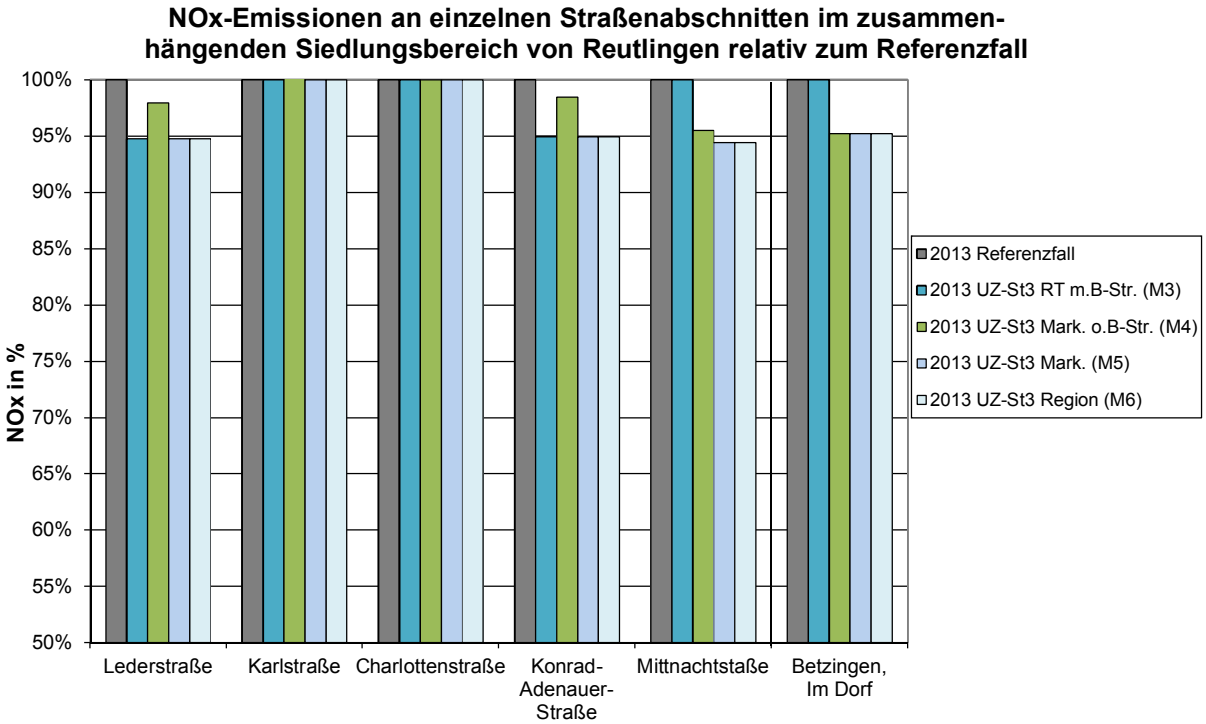


Abb. 4.1: NO_X-Emissionen an einzelnen Straßenabschnitten im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Emissionen in [g/(km s)]
unten: Relative Änderung der Emissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

aufgeführten Straßenabschnitten mit dem Referenzfall vergleichbare NO_x-Emissionen berechnet. Mit der Maßnahme M4 (erweiterte Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgrenze ohne Bundessstraßen) sind an der Lederstraße und der Konrad-Adenauer-Straße gegenüber dem Referenzfall bis auf ca. 98% und an der Karlstraße, der Mittnachtstraße sowie der Straße Im Dorf bis auf ca. 96% verringerte NO_x-Emissionen verbunden. Mit den Maßnahmen M5 und M6 (Ausdehnung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße bzw. auf die gesamte Region mit Bundesstraßen) sind an der Mittnachtstraße bezogen auf den Referenzfall bis auf ca. 94%, in den übrigen aufgeführten Straßenabschnitten mit der Maßnahme M3 vergleichbare NO_x-Emissionen zu erwarten.

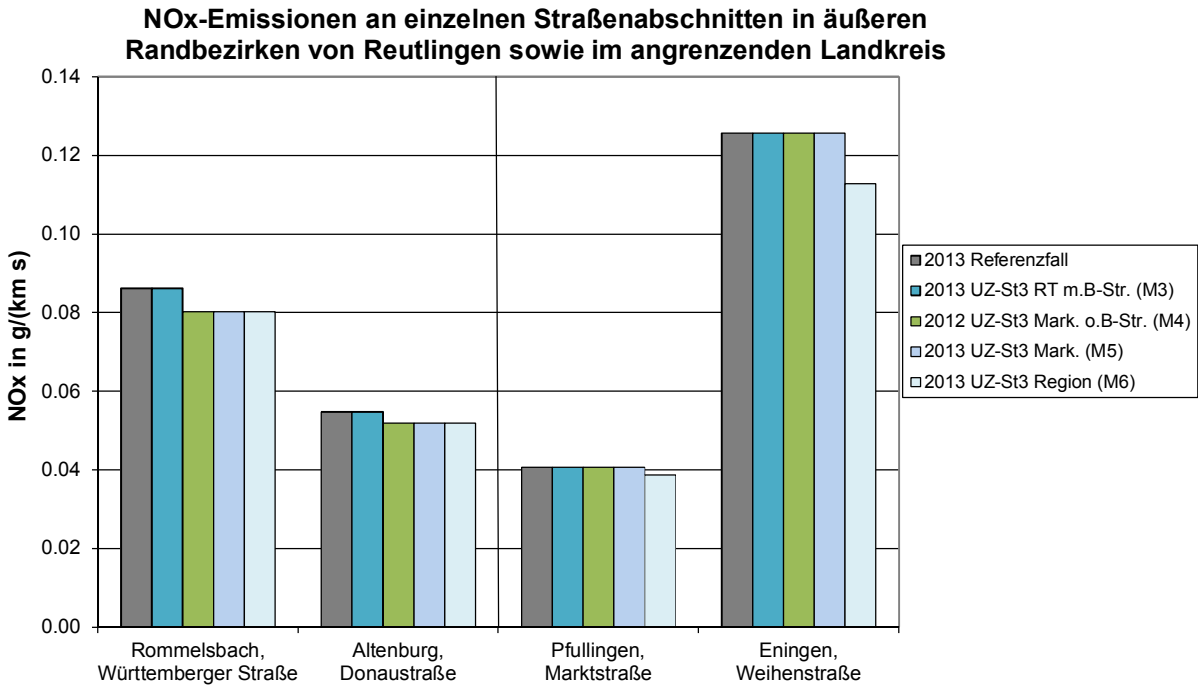
4.1.2 NO_x-Emissionen in äußeren Randbezirken und im Landkreis Reutlingen

Die **Abb. 4.2** zeigt die berechneten mittleren täglichen NO_x-Emissionen für die ausgewählten Messstellenstandorte in äußeren Randbezirken an der Württemberger Straße in Rommelsbach und der Donaustraße in Altenburg sowie für ausgewählte Straßenabschnitte an den Hauptverkehrsstraßen in Eningen und Pfullingen im angrenzenden Landkreis. Gegenüber dem Referenzfall 2013 sind mit der Maßnahme M3 (Umweltzone Stufe 3 in der bestehenden Umweltzonenabgrenzung mit Bundesstraßen) an allen in **Abb. 4.2** aufgeführten, außerhalb der Umweltzone gelegenen Straßenabschnitten mit dem Referenzfall vergleichbare NO_x-Emissionen zu erwarten. Mit der Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße (Maßnahmen M5 und M6) sind in der Württemberger Straße in Rommelsbach bis auf ca. 93% und in der Donaustraße in Altenburg bis auf ca. 95% der NO_x-Emissionen bezogen auf den Referenzfall berechnet.

In Pfullingen und Eningen sind in der Maßnahme M5 mit den Maßnahmen M3 und M4 vergleichbare NO_x-Emissionen ermittelt. Die weitere Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region (Maßnahme M6) führt in der Marktstraße in Pfullingen auf bis ca. 95% und in der Weihenstraße in Eningen auf bis ca. 90% verringerte NO_x-Emissionen.

4.1.3 NO_x-Emissionen an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen

Des Weiteren sind in **Abb. 4.3** die berechneten mittleren täglichen NO_x-Emissionen für den Messstellenstandort an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen aufgeführt; dies ist die Neue Straße nördlich der Einmündung des Fehlhaldenwegs. Mit einer Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße (Maßnahme M5) verringern sich die NO_x-Emissionen an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen gegenüber dem Referenzfall im Jahr 2013 auf ca. 89% (**Abb. 4.3** unten). Mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h sind an Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen im Jahr 2013 gegenüber dem Referenzfall auf ca. 88% und mit Umweltzone Stufe 3 auf ca. 79% reduzierte NO_x-Emissionen zu erwarten.



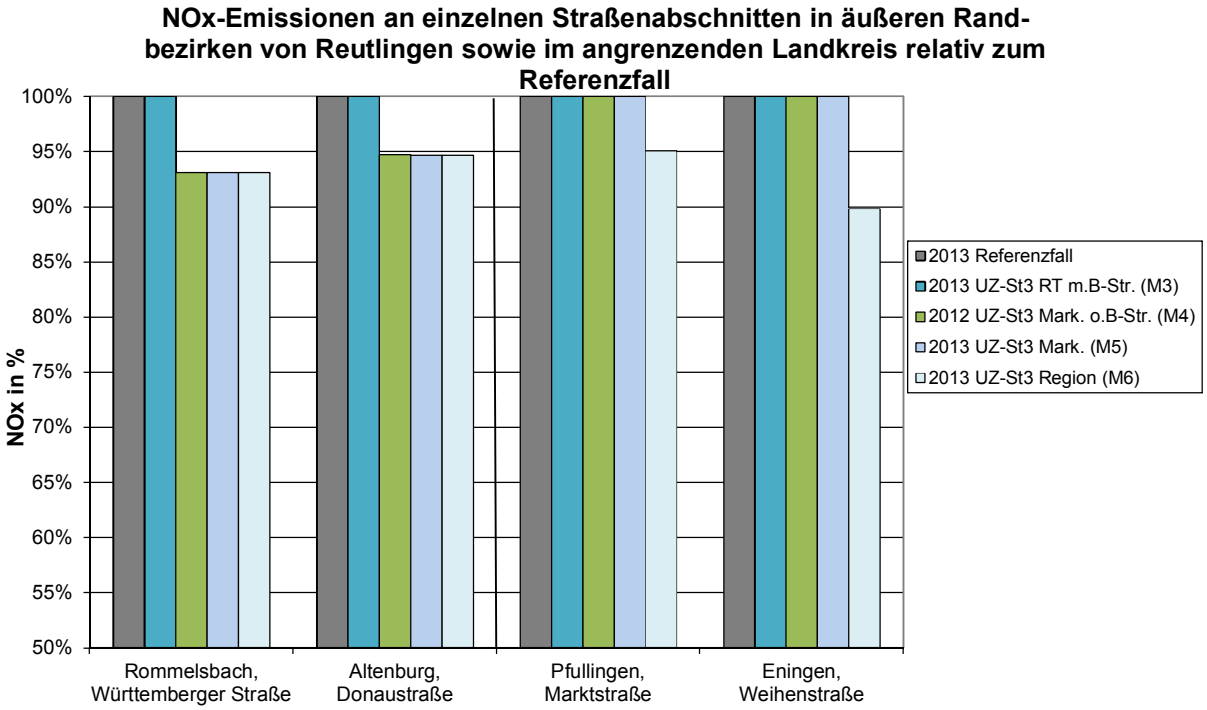
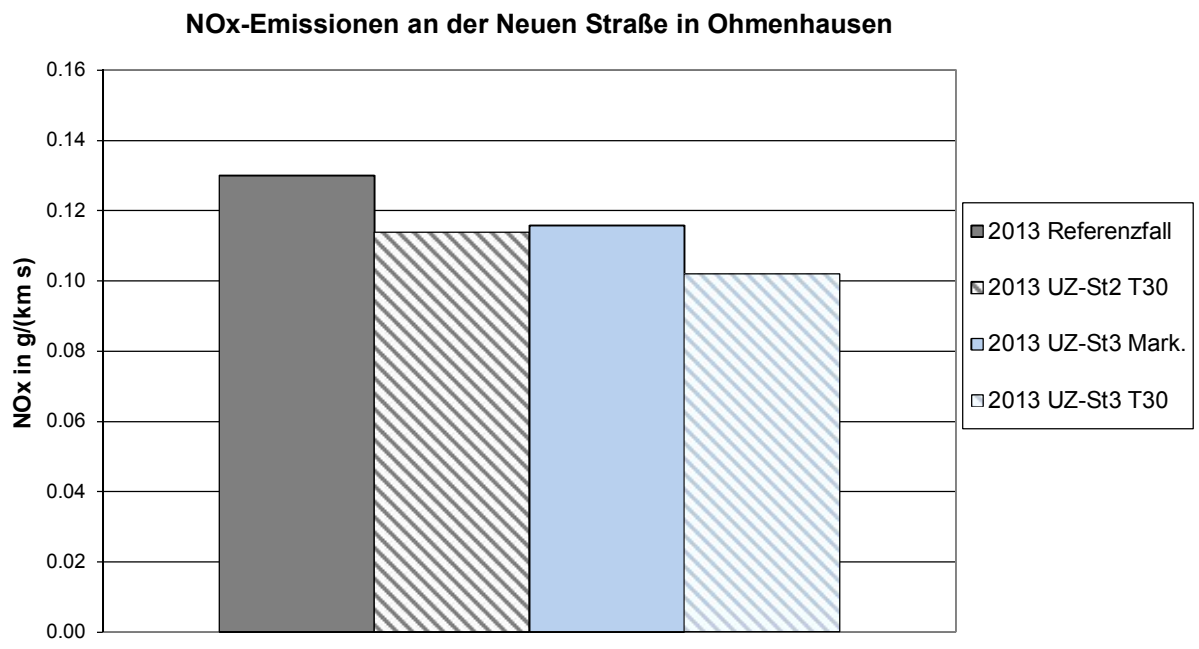


Abb. 4.2: NO_X-Emissionen an einzelnen Straßenabschnitten in äußeren Randbezirken von Reutlingen sowie im angrenzenden Landkreis für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Emissionen in [g/(km s)]
unten: Relative Änderung der Emissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %



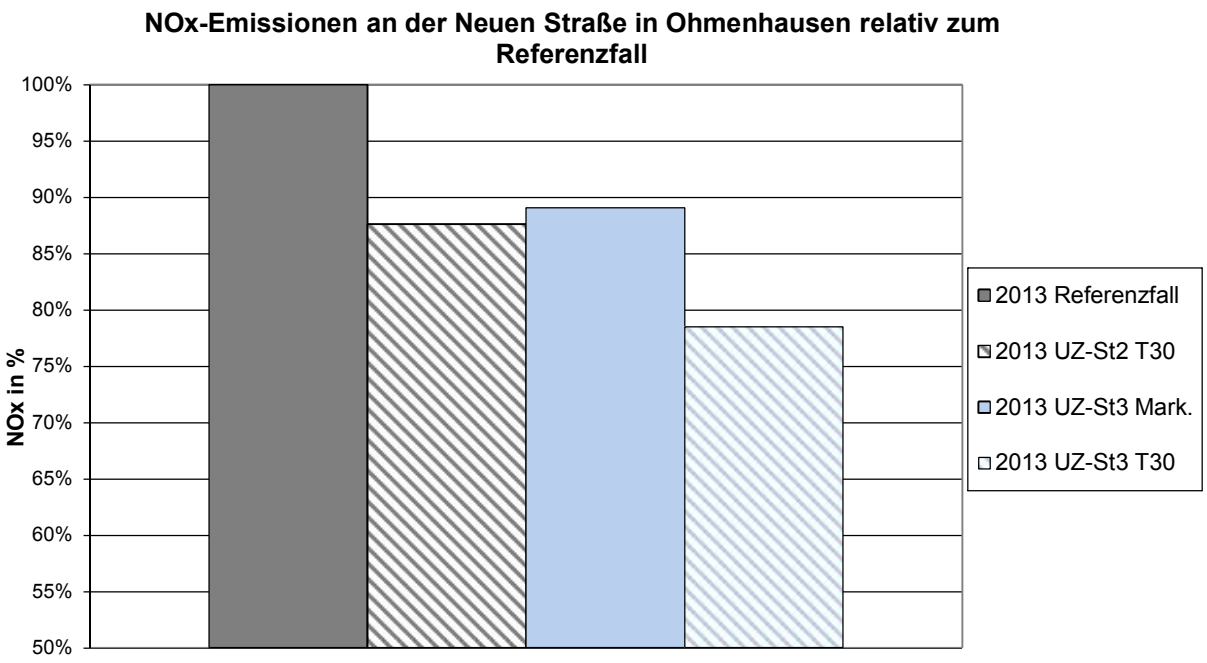


Abb. 4.3: NO_x-Emissionen an der Neuen Straße in Ohmenhausen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Emissionen in [g/(km s)]
unten: Relative Änderung der Emissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 (Stufe 2) in %

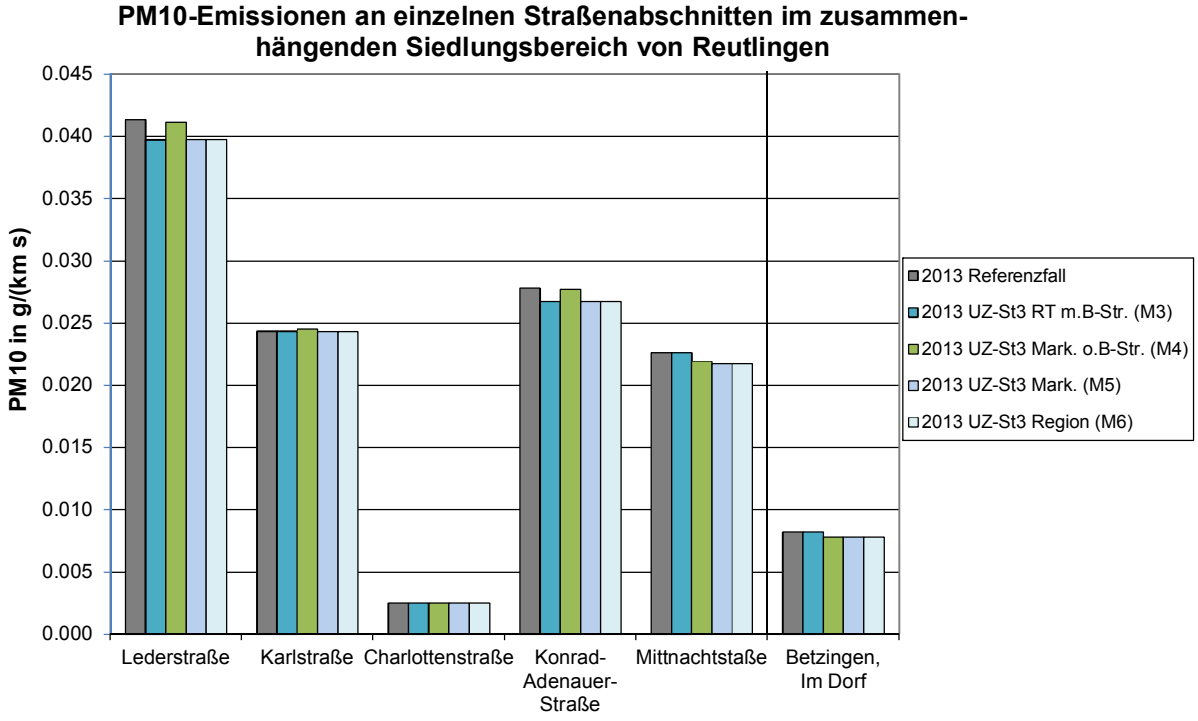
4.1.4 PM10-Emissionen für zusammenhängenden Siedlungsbereiche von Reutlingen

Die **Abb. 4.4** zeigt die an den ausgewählten Straßenabschnitten im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen berechneten PM10-Emissionen. Die PM10-Emissionen weisen in den betrachteten Straßenabschnitten von Reutlingen mit der Maßnahme M3 (Umweltzone Stufe 3 in der bestehenden Umweltzonenabgrenzung mit Bundesstraßen) in der Charlottenstraße mit dem Referenzfall vergleichbare, in der Lederstraße, der Karlstraße und der Konrad-Adenauer-Straße bis auf 96% verringerte PM10-Emissionen auf. Mit der Maßnahme M4 (Ausdehnung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße ohne Bundesstraßen) sind an der Mittnachtstraße sowie der Straße Im Dorf bis auf 96% bzw. 95% reduzierte PM10-Emissionen berechnet; an der Lederstraße und der Karlstraße sind bis auf ca. 99%, an der Karlstraße bis auf 97% reduzierte PM10-Emissionen zu erwarten. Mit den Maßnahmen M5 und M6 (Ausdehnung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße bzw. auf die gesamte Region mit Bundesstraßen) sind an der Lederstraße, der Karlstraße und der Konrad-Adenauer-Straße mit der Maßnahme M3 vergleichbare PM10-Emissionen berechnet; an der Mittnachstraße sind bis auf ca. 96% reduzierte PM10-Emissionen ermittelt. In den übrigen aufgeführten Straßenabschnitten sind mit der Maßnahme M4 vergleichbare PM10-Emissionen berechnet.

4.1.5 PM10-Emissionen in äußeren Randbezirken und im Landkreis Reutlingen

Die an den ausgewählten Messstandorten in äußeren Randbezirken von Reutlingen sowie an den ausgewählten Straßenabschnitten der Hauptverkehrsstraßen in Eningen und Pfullingen im angrenzenden Landkreis berechneten PM10-Emissionen sind in **Abb. 4.5** dargestellt. Die PM10-Emissionen weisen in den aufgeführten Straßenabschnitten in den äußeren Randbezirken in der Württemberger Straße in Rommelsbach und in der Donaustraße in Altenburg in der Maßnahmen M3 mit dem Referenzfall vergleichbare PM10-Emissionen auf. Eine Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße (Maßnahmen M4 und M5) führt in der Württemberger Straße in Rommelsbach und in der Donaustraße in Altenburg bis auf ca. 95% verringerte PM10-Emissionen bezogen auf den Referenzfall.

Eine weitere Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region (Maßnahme M6) führt in der Marktstraße in Pfullingen auf ca. 94% und in der Weihenstraße in Eningen auf ca. 96% verringerte PM10-Emissionen.



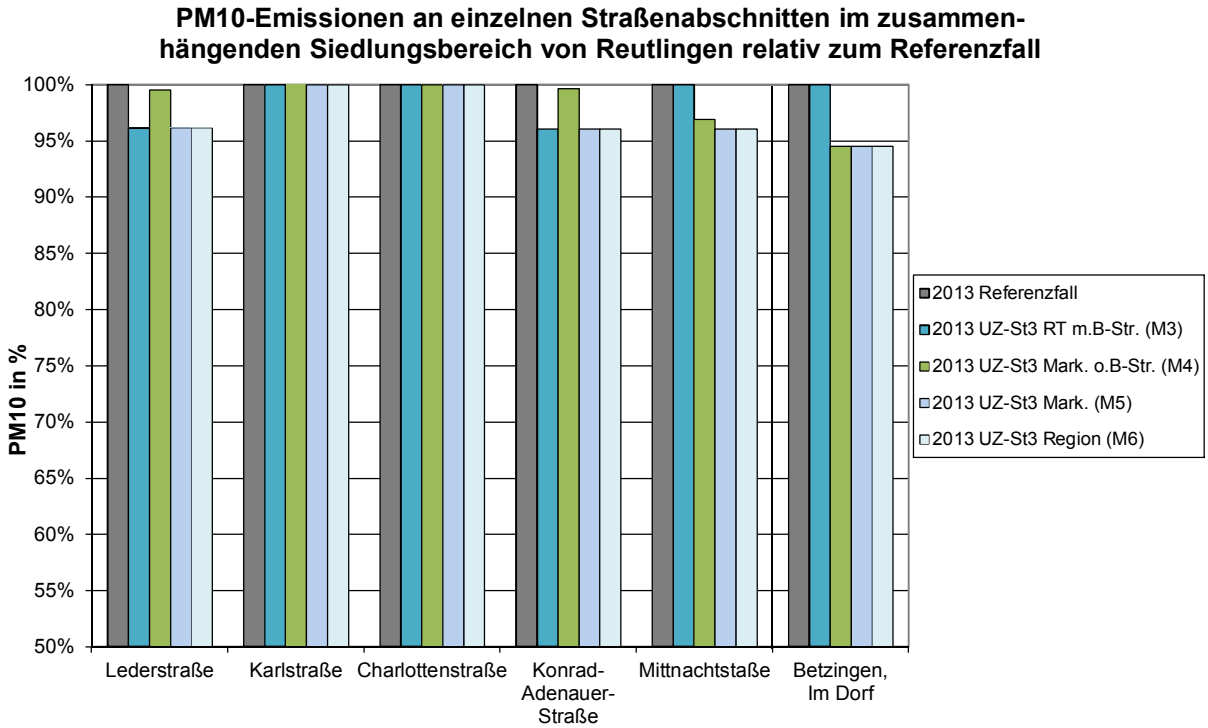
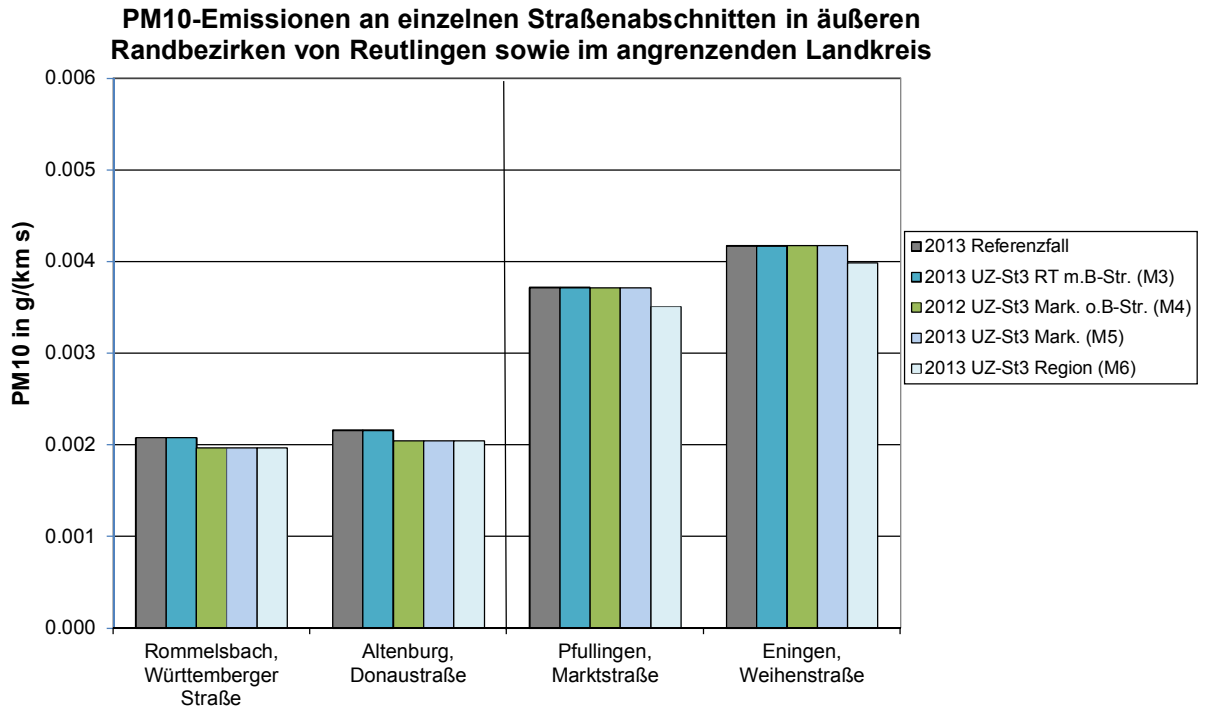


Abb. 4.4: PM10-Emissionen an einzelnen Straßenabschnitten im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Emissionen in [g/(km s)]
unten: Relative Änderung der Emissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %



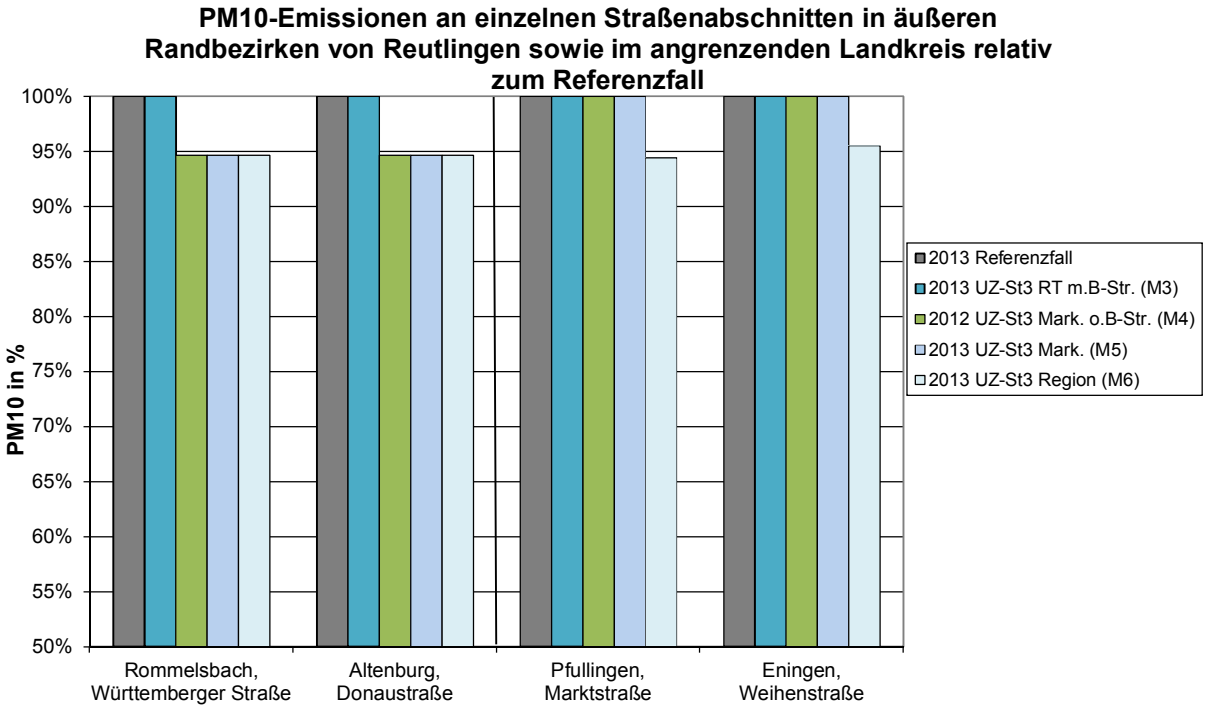


Abb. 4.5: PM10-Emissionen an einzelnen Straßenabschnitten in äußeren Randbezirken von Reutlingen sowie im angrenzenden Landkreis für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Emissionen in [g/(km s)]
unten: Relative Änderung der Emissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

4.1.6 PM10-Emissionen an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen

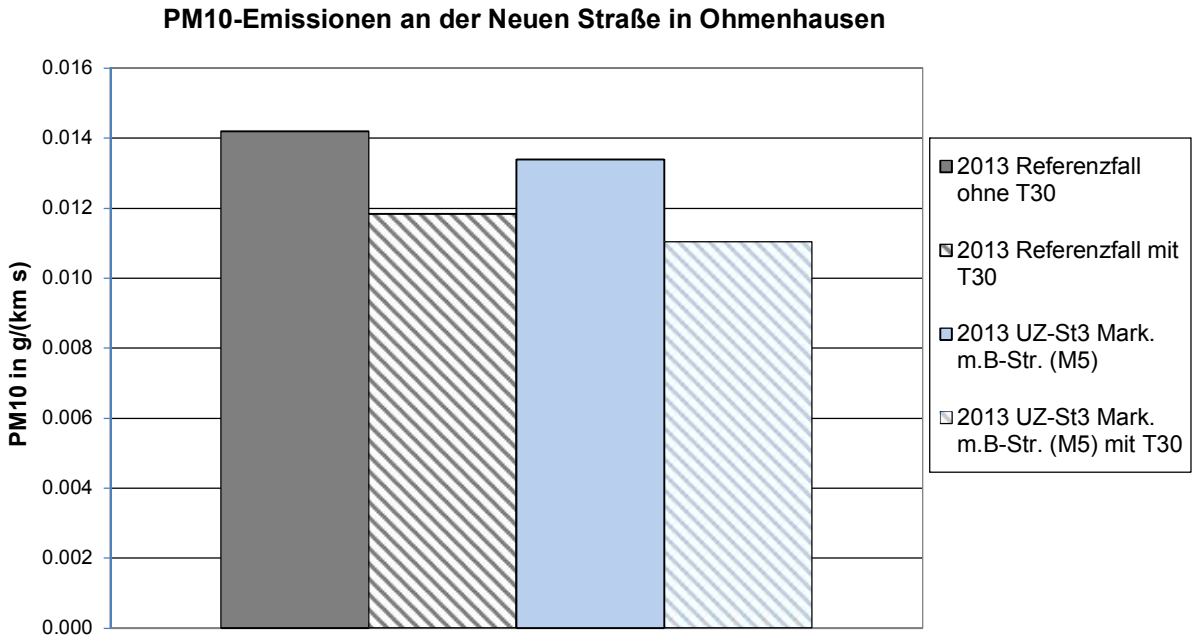
An der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen (**Abb. 4.6**) verringern sich die PM10-Emissionen mit einer Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße (Maßnahme M5) an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen gegenüber dem Referenzfall 2013 auf 94% (**Abb. 4.6** unten). Eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h führt am ausgewählten Straßenabschnitt in Ohmenhausen im Jahr 2013 zu ca. 83% und mit Umweltzone Stufe 3 zu ca. 78% der PM10-Emissionen der Referenzfalls.

4.2 Auswirkungen der Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen

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.

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.



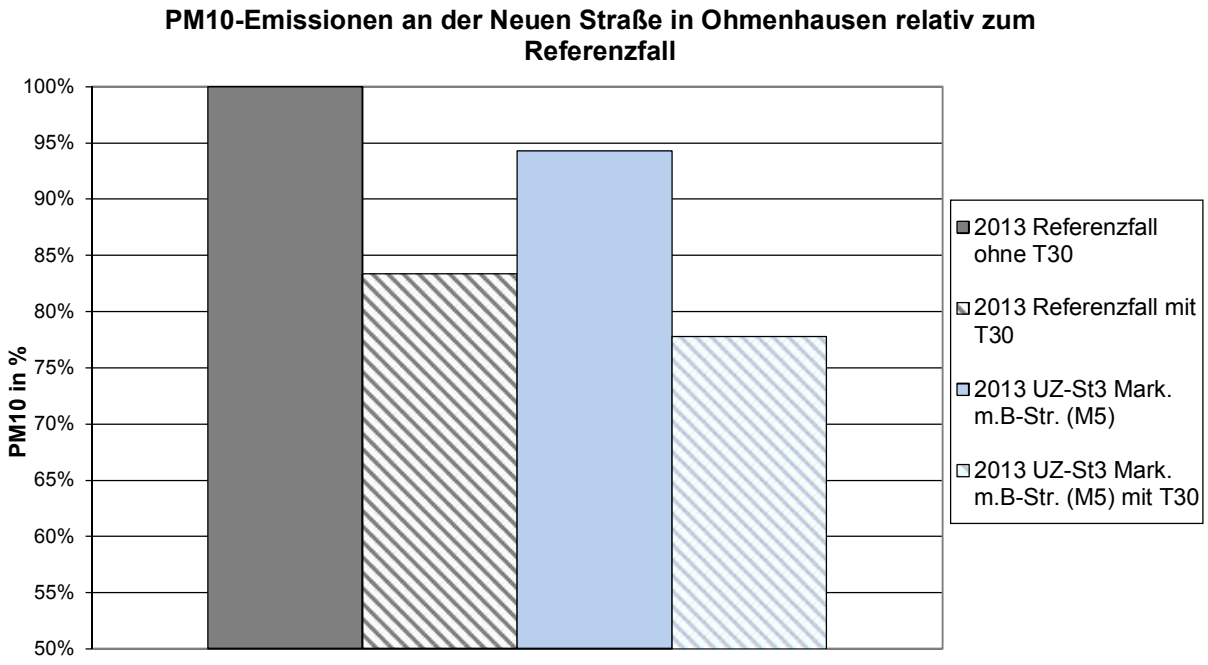


Abb. 4.6: PM10-Emissionen an der Neuen Straße in Ohmenhausen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Emissionen in [g/(km s)]
unten: Relative Änderung der Emissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

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.

Dort wurden die NO_2-Immissionen über ein Jahr (2009) gemessen (LUBW, 2010). Die Ergebnisse dieser Messungen sind auszugsweise in **Tab. 4.2** dargestellt.

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.

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)

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. Abweichend von der Vorgehensweise der vorhergehenden Immissionsberechnungen erfolgt hier die Berücksichtigung der NO-NO_2-Konversion 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.

In Ergänzung zum Luftreinhalteplan Reutlingen wurden für den Generalverkehrsentwicklungsplan mit den neuen Verkehrsdaten und der Flottenzusammensetzung und entsprechenden Emissionsfaktoren auch Immissionsberechnungen für das Jahr 2012 durchgeführt, deren Ergebnisse für die genannten Straßenabschnitte im Stadtbereich von Reutlingen in **Tab. 4.4** aufgeführt sind und eine gute Übereinstimmung aufweisen. Die Wahl der Untersuchungspunkte entspricht den Standorten der Messdaten und wird auch für die vergleichende Darstellung der Berechnungsergebnisse in Grafiken und Tabellen herangezogen.

Ein direkter Vergleich der vorliegend berechneten Immissionen mit denen der Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Reutlingen ist nur bedingt gegeben, da jenen Ausarbeitungen noch ältere Verkehrsdaten zugrunde lagen.

Zeitraum	Lederstraße	Karlstraße	Charlotten-straße	Konrad-Adenauer-Str.	Mittnacht-straße	Betzingen Im Dorf
2012	76	49	30	43	43	42

Tab. 4.4: Im Zusammenhang mit dem Verkehrsentwicklungsplan berechnete NO_2-Immissionen für das Jahr 2012 an ausgewählten Standorten in Reutlingen

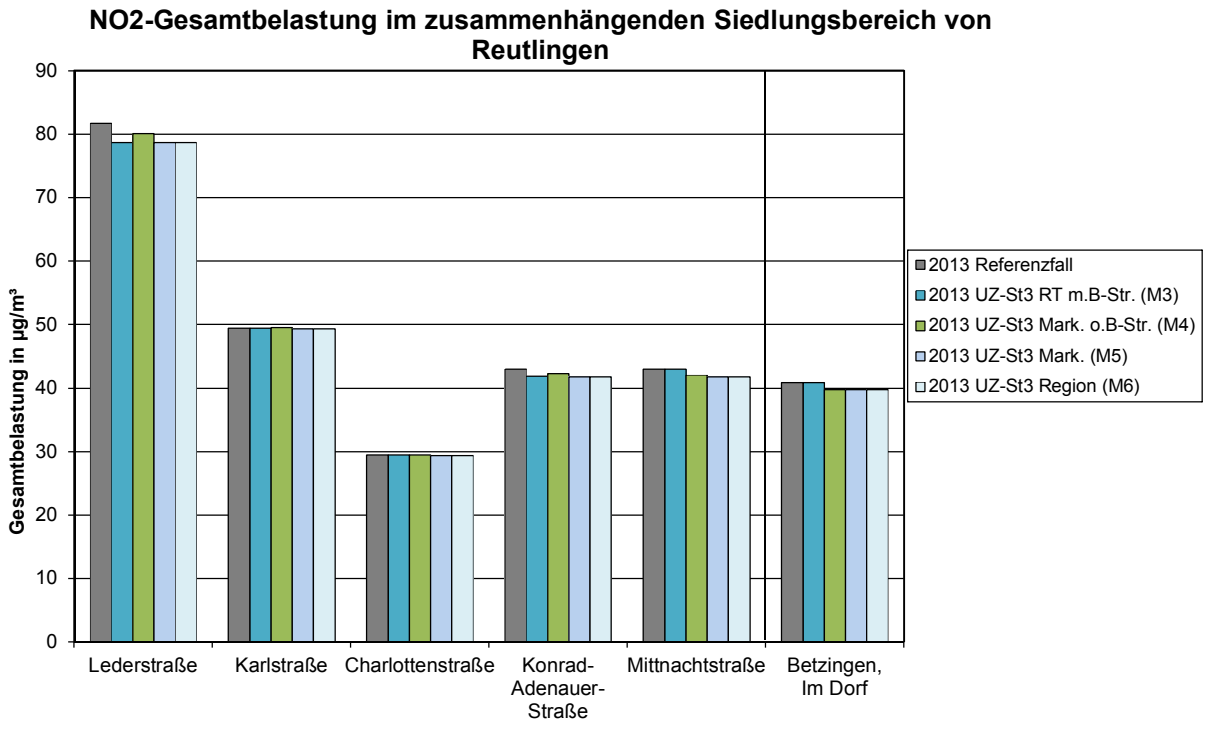
Mit derselben Vorgehensweise wie für die Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Reutlingen wurden basierend auf den angegebenen Verkehrsbelegungsdaten für das Prognosejahr 2013 und den hier zu betrachtenden Maßnahmen die Immissionsberechnungen durchgeführt. Die Entwicklung der Fahrzeugflotte bis zum Jahr 2013 führt zu Verringerungen der mittleren spezifischen motorbedingten Emissionen und damit zu geringeren Emissionen und geringeren verkehrsbedingten Immissionsbeiträgen bei vergleichbarer Verkehrsbelegung. Die Ergebnisse werden zusammenfassend für Standorte von Messstellen an Straßen im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen, d.h. für die Lederstraße im Bereich der Messstelle, die Karlstraße zwischen Bismarckstraße und Silberburgstraße, die Charlottenstraße in der Oststadt, die Konrad-Adenauer-Straße westlich der Eberhardstraße, die Mittnachtstraße und die Straße Im Dorf in Betzingen dargestellt und beschrieben sowie als relative Änderungen dargestellt, um die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Gesamtbelastungen zu beschreiben. Des Weiteren werden die Ergebnisse für einzelne Messstellenstandorte in den äußeren Randbezirken von Reutlingen, das sind die Württemberger Straße in Rommelsbach und die Donaustraße in Altenburg, sowie für ausgewählte Straßenabschnitte mit dichter Randbebauung und hohem Verkehrsaufkommen an den Hauptverkehrsstraßen in Eningen und Pfullingen im Landkreis Reutlingen beschrieben sowie als relative Änderungen dargestellt. Ergänzend dazu werden die Berechnungsergebnisse für den Messstellenstandort an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen unter Berücksichtigung einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h aufgeführt.

4.2.2 NO_2-Immissionen im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen

In **Abb. 4.7** (oben) sind für einzelne Straßenabschnitte im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen die berechneten Jahresmittelwerte für NO_2 sowie in **Abb. 4.7** (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. 4.5** 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 in Reutlingen und Umgebung grafisch dargestellt.

Die NO_2-Belastungen verringern sich an der Lederstraße, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit 82 µg/m³, auf 79 µg/m³ durch die Maßnahmen M3 (Umweltzone Stufe 3 in der bestehenden Umweltzonenabgrenzung mit Bundesstraßen) sowie M5 und M6 (Ausweitung der Umweltzone auf Gemarkungsgrenze bzw. die gesamte Region). Mit der Maßnahme M4 (Ausweitung der Umweltzone auf Gemarkungsgröße ohne Bundesstraßen) sind an der Lederstraße auf 80 µg/m³ reduzierte NO_2-Immissionen prognostiziert. Damit wird deutlich, dass auch mit einer Ausweitung der bestehenden Umweltzonenabgrenzung mit der Umweltzone Stufe 3 im Jahr 2013 die NO_2-Jahresmittelwerte an der Lederstraße noch deutlich über dem Grenzwert liegen und weitere mindernde Maßnahmen erforderlich sind. Die berechneten NO_2-Immissionen betragen mit der Maßnahme M3 sowie den Maßnahmen M5 und M6 an der Lederstraße etwa 96%, mit der Maßnahme M4 etwa 98% der NO_2-Gesamtbelastung des Referenzfalls. Mit diesen Maßnahmen werden auch die NO_2-Immissionen der Konrad-Adenauer-Straße und der Charlottenstraße um 1% bis 3% verringert. An der Mittnachtstraße und der Straße Im Dorf verringern sich mit den Maßnahmen M4 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße ohne Bundesstraßen) bis M6 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region) die berechneten NO_2-Immissionen bis auf 97% der NO_2-Immissionen des Referenzfalls.



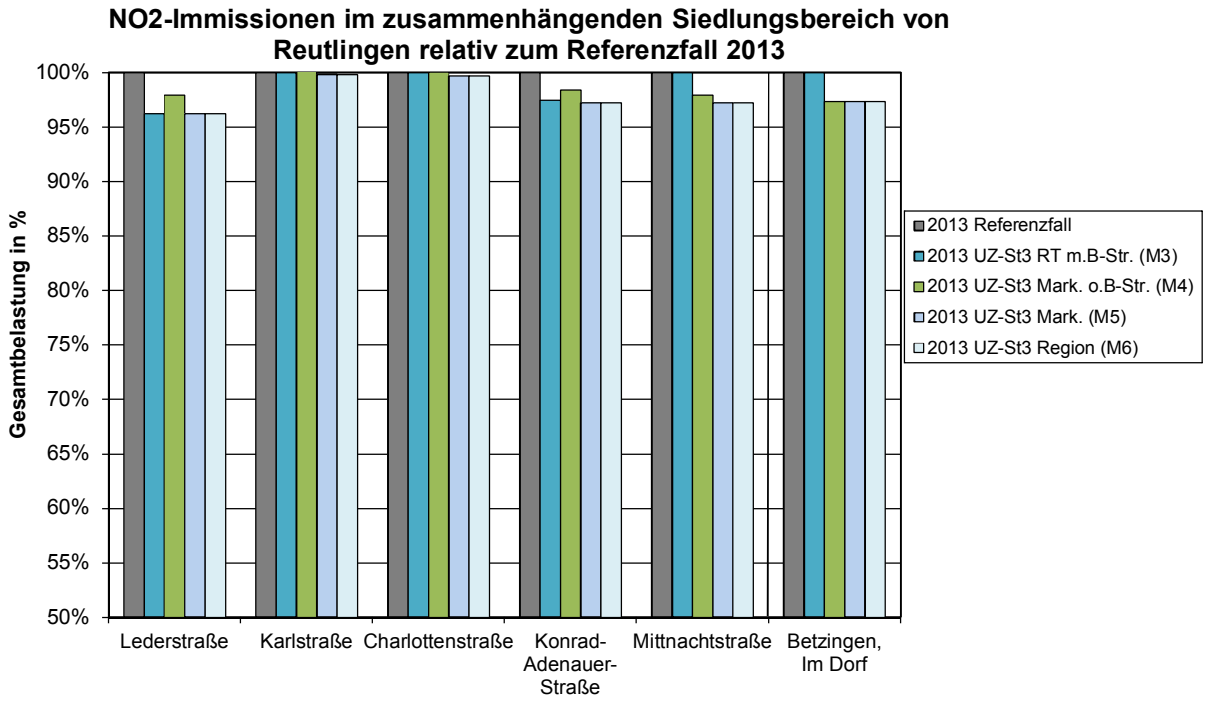


Abb. 4.7: NO_2-Immissionen an einzelnen Straßenabschnitten im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Immission in [µg/m³]
unten: Relative Änderung der Immissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

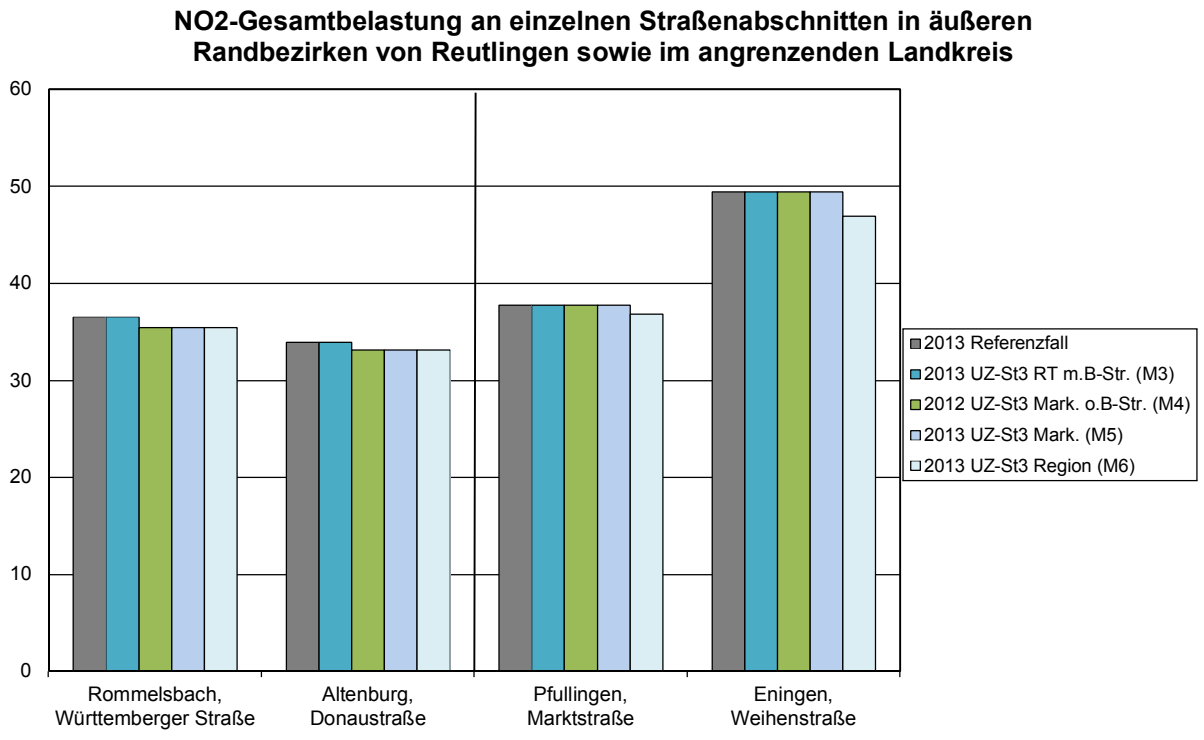
	Leder-straße	Karl-straße	Char-lottenstr.	Konrad-Adenauer-Straße	Mittnacht-straße	Im Dorf
2013 Referenzfall	**81.7**	**49.4**	29.5	**43.0**	**42.9**	**40.8**
2013 UZ-St3 RT m.B-Str. (M3)	**78.6**	**49.4**	29.4	**41.8**	**42.9**	**40.8**
2013 UZ-St3 Mark. o.B-Str. (M4)	**80.0**	**49.5**	29.4	**42.2**	**42.0**	39.7
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5)	**78.6**	**49.3**	29.3	**41.7**	**41.7**	39.7
2013 UZ-St3 Region (M6)	**78.6**	**49.3**	29.3	**41.7**	**41.7**	39.7

Tab. 4.5: Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte in µg/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte. Grenzwert NO_2: 40 µg/m³ im Jahresmittel

Ergänzend wurden Aussagen zu den Einflüssen der angrenzenden Siedlungsbereiche von Pfullingen und Eningen auf die Schadstoffbelastungen im Kernstadtbereich von Reutlingen erwünscht. Dafür wurden die in diesen Ausarbeitungen berücksichtigten Straßensegmente von Eningen und Pfullingen selektiert und die verkehrsbedingten Emissionen dieser Segmente unter besonderer Berücksichtigung des Echaztal-Windsystems den Ausbreitungsrechnungen zugeführt und für die o.g. ausgewählten Standorte an den Straßenabschnitten im Kernstadtbereich von Reutlingen ausgewertet. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die verkehrsbedingten Emissionen von Eningen und Pfullingen im Jahresmittel deutlich weniger als 1 µg/m³ NO_2 zu den Schadstoffbelastungen im Kernstadtbereich von Reutlingen beitragen und selbst bei Winden aus südöstlichen Richtungen bis 1 µg/m³ NO_2 an diesen Standorten zu erwarten ist.

4.2.3 NO_2-Immissionen in äußeren Randbezirken und im Landkreis Reutlingen

Die **Abb. 4.8** und die **Tab. 4.6** zeigen die berechneten NO_2-Immissionen für die ausgewählten Messstellenstandorte an Straßenabschnitte in äußeren Randbezirken von Reutlingen, das sind die Württemberger Straße in Rommelsbach und die Donaustraße in Altenburg, sowie für die ausgewählten Straßenabschnitte an den Hauptverkehrsstraßen in Pfullingen und Eningen im Landkreis Reutlingen. An der Württemberger Straße in Rommelsbach und an der Donaustraße in Altenburg sind mit der Maßnahmen M3 (bestehende Umweltzonenabgrenzung mit Bundesstraßen) mit dem Referenzfall vergleichbare, mit den Maßnahmen M4 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße ohne Bundesstraßen) bis M6 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region) um bis zu 3% verringerte NO_2-Immissionen ermittelt.



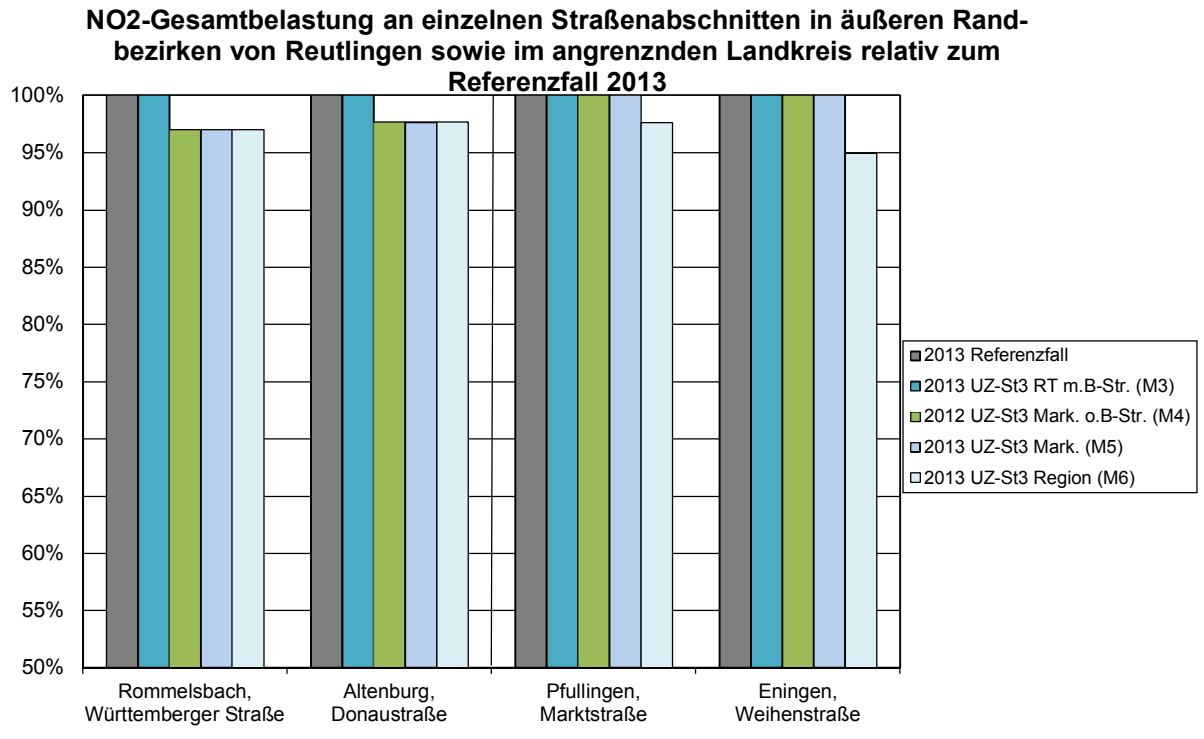


Abb. 4.8: NO_2-Immissionen an einzelnen Straßenabschnitten in äußeren Randbezirken von Reutlingen sowie im angrenzenden Landkreis für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Immission in [µg/m³]
unten: Relative Änderung der Immissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

	Rommels-bach Württem-berger Str.	Altenburg Donaustr.	Pfullingen Marktstr.	Eningen Weihenstr.
2013 Referenzfall	36.5	33.9	37.7	**49.4**
2013 UZ-St3 RT m.B-Str. (M3)	36.5	33.9	37.7	**49.4**
2013 UZ-St3 Mark. o.B-Str. (M4)	35.4	33.1	37.7	**49.4**
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5)	35.4	33.1	37.7	**49.4**
2013 UZ-St3 Region (M6)	35.4	33.1	36.8	**46.9**

Tab. 4.6: Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte in µg/m³ für die betrachteten Szenarien für die genannten Straßenabschnitte. Grenzwert NO_2: 40 µg/m³ im Jahresmittel

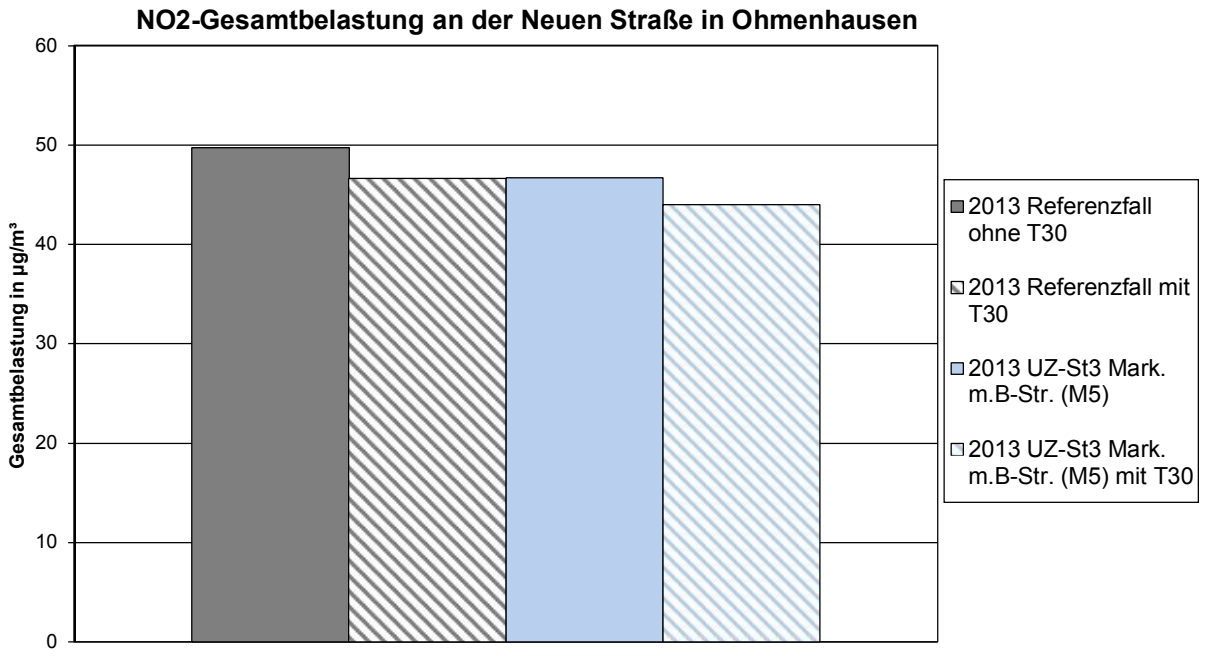
Am ausgewählten Straßenabschnitt der Weihenstraße in Eningen sind aufgrund des örtlich hohen Verkehrsaufkommens und der bestehenden, dichten Randbebauung im Referenzfall 2013 NO_2-Gesamtbelastungen bis 49 µg/m³ berechnet. Mit den Maßnahmen M3 (Umweltzone Stufe 3 in der bestehenden Umweltzonenabgrenzung mit Bundesstraßen) bis M5 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße) sind an der Weihenstraße in Eningen mit dem Referenzfall vergleichbare NO_2-Gesamtbelastungen bis 49 µg/m³ berechnet. Mit der Maßnahme M6 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region) verringern sich die NO_2-Gesamtbelastungen bis auf 47 µg/m³. Damit wird deutlich, dass die berechneten NO_2-Jahresmittelwerte an der Weihenstraße in Eningen auch mit einer Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region im Jahr 2013 noch über dem Grenzwert liegen und dass noch weitere mindernde Maßnahmen erforderlich sind. Mit der Maßnahme M6 werden an der Weihenstraße in Eningen etwa 95% der NO_2-Gesamtbelastungen des Referenzfalls berechnet. In der Marktstraße in Pfullingen sind im Referenzfall 2013 NO_2-Gesamtbelastungen knapp unter 38 µg/m³ im Jahresmittel berechnet. Mit den Maßnahmen M3 bis M5 sind an der Marktstraße in Pfullingen mit dem Referenfall vergleichbareNO_2-Immissionen knapp unter 38 µg/m³ berechnet. Mit der Maßnahme M6 sind bis auf 37 µg/m³ verringerte NO_2-Immissionen prognostiziert. Damit werden die berechneten NO_2-Immissionen an der Marktstraße in Pfullingen mit der Maßnahme M6 auf etwa 98% der NO_2-Gesamtbelastungen des Referenzfalls reduziert.

4.2.4 NO_2-Immissionen an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen

Die **Abb. 4.9** und die **Tab. 4.7** zeigen die berechneten NO_2-Immissionen für den Messstellenstandort an der Neuen Straße in Ohmenhausen. Dargestellt sind der Referenzfall im Jahr 2013, die Maßnahme M5 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße) sowie die Maßnahme Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h entlang der Ortsdurchfahrt für die jeweilige Umweltzonenstufe. Mit der Maßnahme M5 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 im Jahr 2013 auf Gemarkungsgröße) verringern sich die NO_2-Immissionen, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit 50 µg/m³, an der Neuen Straße in Ohmenhausen auf 47 µg/m³. Mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h sind gegenüber dem Referenzfall 2013 auf 47 µg/m³ und mit der Umweltzone Stufe 3 auf 44 µg/m³ reduzierte NO_2-Gesamtbelastungen ermittelt. Damit wird deutlich, dass auch mit umgesetzter Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße sowie mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h die NO_2-Jahresmittelwerte an der Neuen Straße in Ohmenhausen noch über dem Grenzwert liegen und weitere mindernde Maßnahmen erforderlich sind. Die berechneten NO_2-Immissionen betragen an der Neuen Straße in Ohmenhausen mit der Maßnahme M5 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße) ca. 94% der NO_2-Immissionen des Referenzfalls. Mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h sind mit der Umweltzone Stufe 3 bis auf 89% der NO_2-Immissionen zu erwarten.

	NO_2-Jahresmittel	PM10 Jahresmittel	Überschreitungstage
2013 Referenzfall ohne T30	**49.7**	26.9	28
2013 Referenzfall mit T30	**46.6**	26.1	26
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5)	**46.7**	26.5	27
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5) mit T30	**44.0**	25.6	24

Tab. 4.7: Berechnete NO_2- und PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³ sowie aus den PM10-Jahresmitelwerten abgeleitete Anzahl an Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³ für die betrachteten Szenarien für den genannten Straßenabschnitt an der Neuen Straße in Ohmenhausen. Grenzwert NO_2: 40 µg/m³ im Jahresmittel, Grenzwert PM10: 40 µg/m³ im Jahresmittel, Schwellenwert über **28 µg/m³** zur Ableitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes (über 35 Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³)



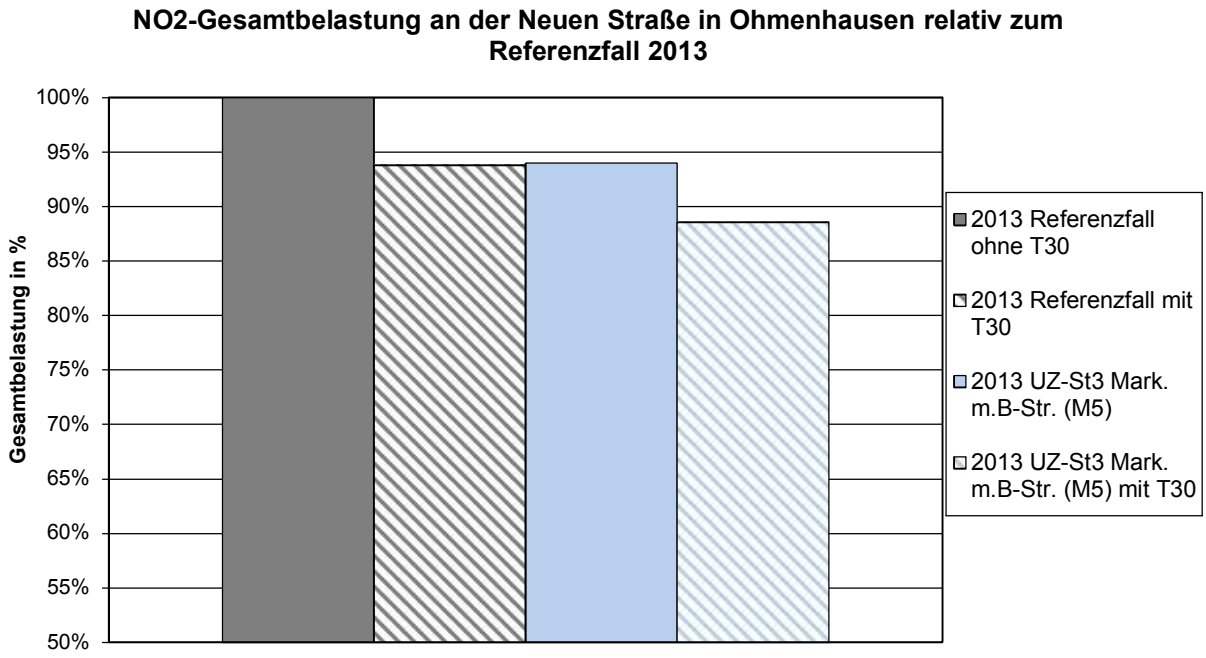


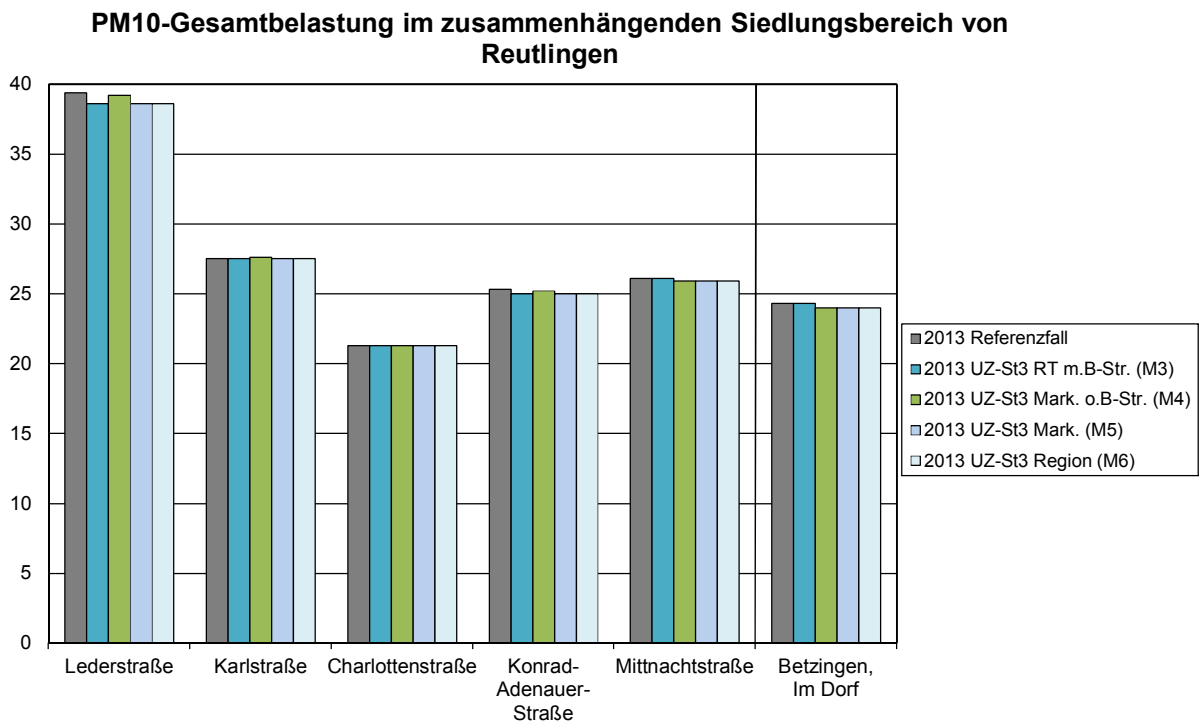
Abb. 4.9: NO_2-Immissionen an an der Neuen Straße in Ohmenhausen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Immission in [µg/m³]
unten: Relative Änderung der Ímmissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

4.2.5 PM10-Immissionen für den zusammenhängenden Siedlungsbereich Reutlingen

Die **Abb 4.10** zeigt die berechneten PM10-Immissionen für die ausgewählten Messstellenstandorte im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen. Die PM10-Belastungen verringern sich an der Lederstraße, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit 39 µg/m³, auf knapp unter 39 µg/m³ durch die Maßnahme M3 (Umweltzone Stufe 3 in der bestehenden Umweltzonenabgrenzung mit Bundesstraßen), so auch mit den Maßnahmen M5 und M6 (Ausweitung der Umweltzone auf Gemarkungsgröße bzw. die gesamte Region). Mit der Maßnahme M4 (Ausweitung der Umweltzone auf Gemarkungsgröße ohne Bundesstraßen) sind an der Lederstraße gegenüber dem Referenzfall geringfügig reduzierte NO_2-Immissionen bis 39 µg/m³ im Jahresmittel berechnet. Damit ist sowohl im Referenzfall als auch mit einer Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 im Jahr 2013 an der Lederstraße eine Einhaltung des geltenden PM10-Grenzwertes von 40 µg/m³ wahrscheinlich. Die berechneten PM10-Immissionen betragen mit den Maßnahmen M3, M5 und M6 an der Lederstraße etwa 98%, mit der Maßnahmen M4 etwa 99% der PM10-Gesamtbelastung des Referenzfalls. Mit diesen Maßnahmen werden auch die PM10-Immissionen an der Konrad-Adenauer-Straße um bis zu 1% verringert. An der Mittnachtstraße und der Straße Im Dorf verringern sich die PM10-Immissionen mit den Maßnahme M4 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße ohne Bundesstraßen) bis M6 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region) um bis zu 1% gegenüber dem Referenzfall.

Ergänzend zu den grafischen Darstellungen sind die berechneten PM10-Konzentrationen als Jahresmittelwerte in **Tab. 4.8** 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. 4.9** die an den ausgewählten Straßenabschnitten im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen 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 sehr stark frequentierte Lederstraße. Die betrachteten Maßnahmen wirken sich moderat auf die PM10-Jahresmittelwerte und die Anzahl der Tage mit einem PM10-Tagesmittelwert über 50 µg/m³ aus.

Die Auswirkungen der verkehrsbedingten Feinstaubbeiträge von Eningen und Pfullingen im Kernbereich von Reutlingen sind entsprechend den Berechnungen mit deutlich unter 1 µg/m³ als gering zu bezeichnen.



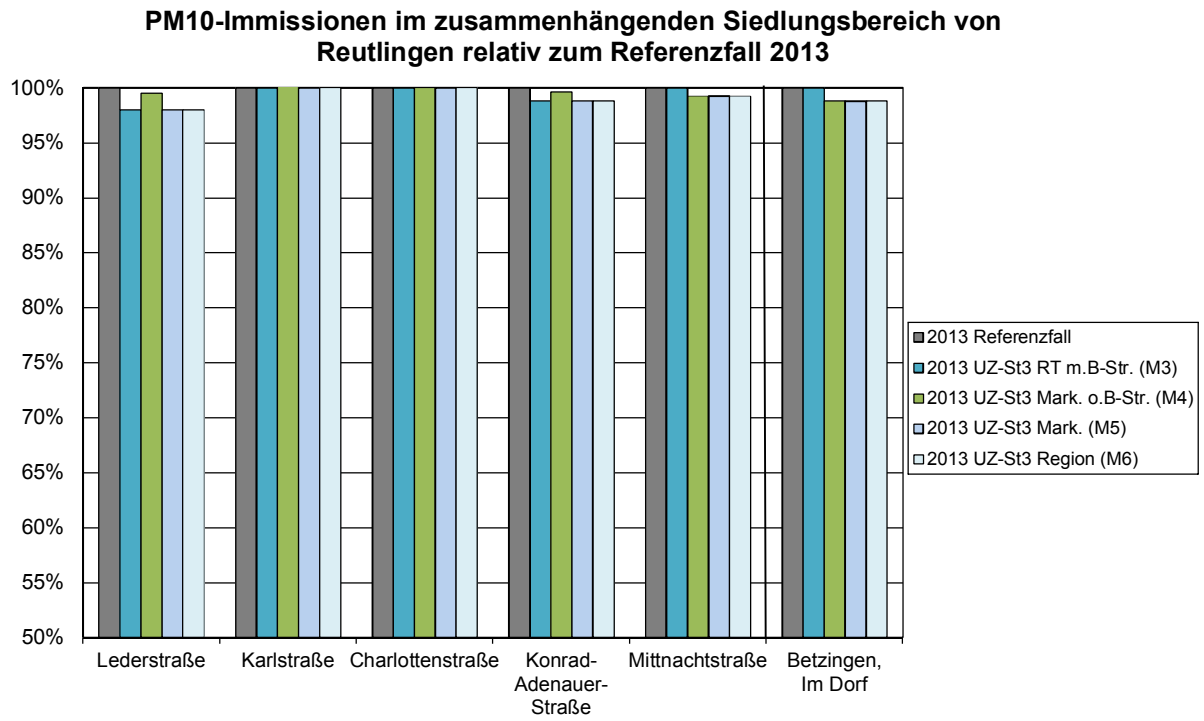


Abb. 4.10: PM10-Immissionen an einzelnen Straßenabschnitten im zusammenhängenden Siedlungsbereich von Reutlingen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Immission in [µg/m³]
unten: Relative Änderung der Immissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

	Leder-straße	Karl-straße	Char-lottenstr.	Konrad-Adenauer-Straße	Mittnacht-straße	Im Dorf
2013 Referenzfall	**39.4**	27.5	21.3	25.3	26.1	24.3
2013 UZ-St3 RT m.B-Str. (M3)	**38.6**	27.5	21.3	25.0	26.1	24.3
2013 UZ-St3 Mark. o.B-Str. (M4)	**39.2**	27.6	21.3	25.2	25.9	24.0
2013 UZ-St3 Mark. m.B-Str. (M5)	**38.6**	27.5	21.3	25.0	25.9	24.0
2013 UZ-St3 Region (M6)	**38.6**	27.5	21.3	25.0	25.9	24.0

Tab. 4.8: 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)

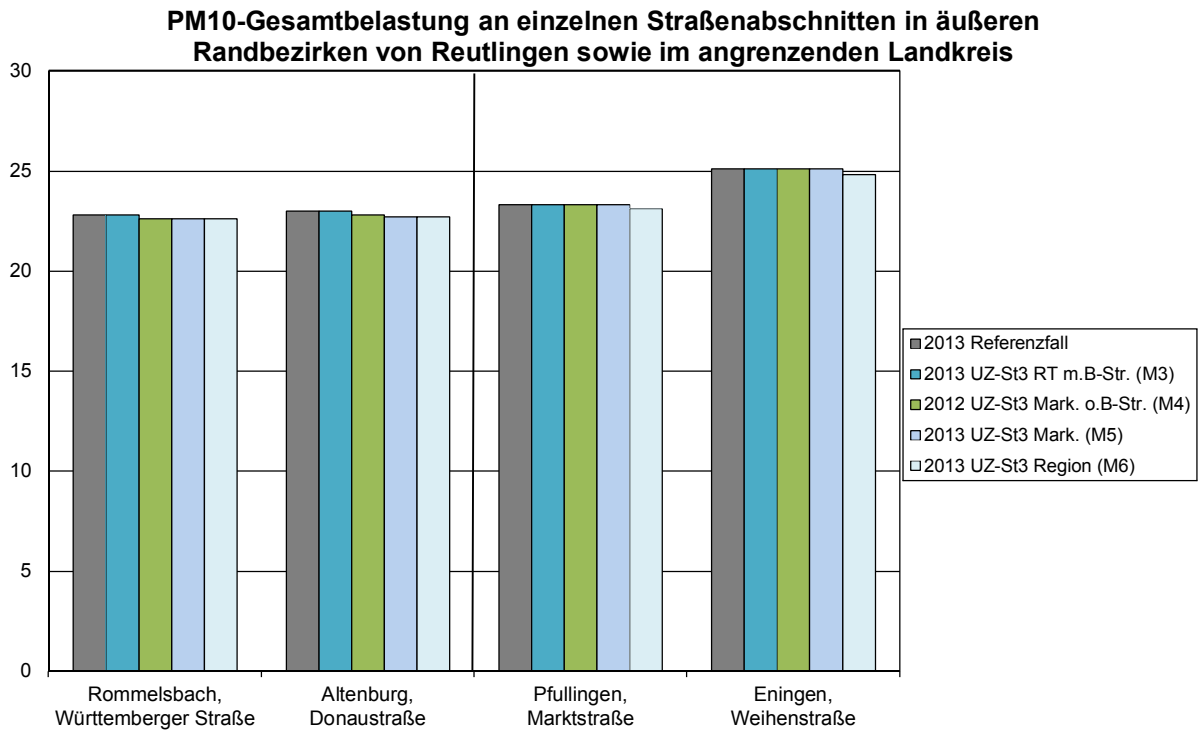
	Leder-straße	Karl-straße	Char-lottenstr.	Konrad-Adenauer-Straße	Mittnacht-straße	Im Dorf
2013 Referenzfall	**88**	30	14	24	26	21
2013 UZ-St3 RT m.B-Str. (M3)	**83**	30	14	23	26	21
2013 UZ-St3 Mark. o.B-Str.(M4)	**86**	31	14	23	25	20
2013 UZ-St3 Mark.m.B-Str. (M5)	**83**	30	14	23	25	20
2013 UZ-St3 Region (M6)	**83**	30	14	23	25	20

Tab. 4.9: 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.

4.2.6 PM10-Immissionen in den äußeren Randbezirken und im angrenzenden Landkreis von Reutlingen

Die **Abb. 4.11** und die **Tab. 4.10** zeigen die berechneten PM10-Jahresmittelwerte für die ausgewählten Messstellenstandorte in den äußeren Randbezirken Altenburg und Rommelsbach, sowie für die Hauptverkehrsstraßen in Eningen und Pfullingen im Landkreis Reutlingen. Die PM10-Immissionen verringern sich mit den Maßnahme M4 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgröße ohne Bundesstraßen) bis M6 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region) an der Württemberger Straße in Rommelsbach und an der Donaustraße in Altenburg auf ca. 99% der PM10-Jahresmittelwerte des Referenzfalls.

An der Weihenstraße in Eningen sind, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit 25 µg/m³, mit der Maßnahme M6 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region) bis auf knapp unter 25 µg/m³ reduzierte PM10-Jahresmittelwerte und an der Marktstraße in Pfullingen, ausgehend vom Referenzfall 2013 mit knapp über 23 µg/m³, bis auf 23 µg/m³ reduzierte PM10-Jahresmittelwerte berechnet. Damit sind mit einer Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf die gesamte Region im Jahr 2013 in Eningen und Pfullingen gegenüber dem Referenzfall um bis zu 1% verringerte PM10-Immissionen zu erwarten. Damit wirken sich die betrachteten Maßnahmen moderat auf die PM10-Jahresmittelwerte aus, wobei die an den aufgeführten Straßenabschnitten berechneten PM10-Immissionen einen PM10-Jahresmittelwert von 28 µg/m³ nicht überschreiten; damit ist eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes (über 35 Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³) an diesen Straßenabschnitten nicht zu erwarten. Für die betrachteten Maßnahmen sind aus den Änderungen der Jahresmittelwerte höchstens Änderungen von bis zu 1 Überschreitungstag gegenüber dem Referenzfall abzuleiten. Auf eine tabellarische Aufführung der berechneten Anzahl von PM10-Tagesmittelwerten über 50 µg/m³ wird daher verzichtet.



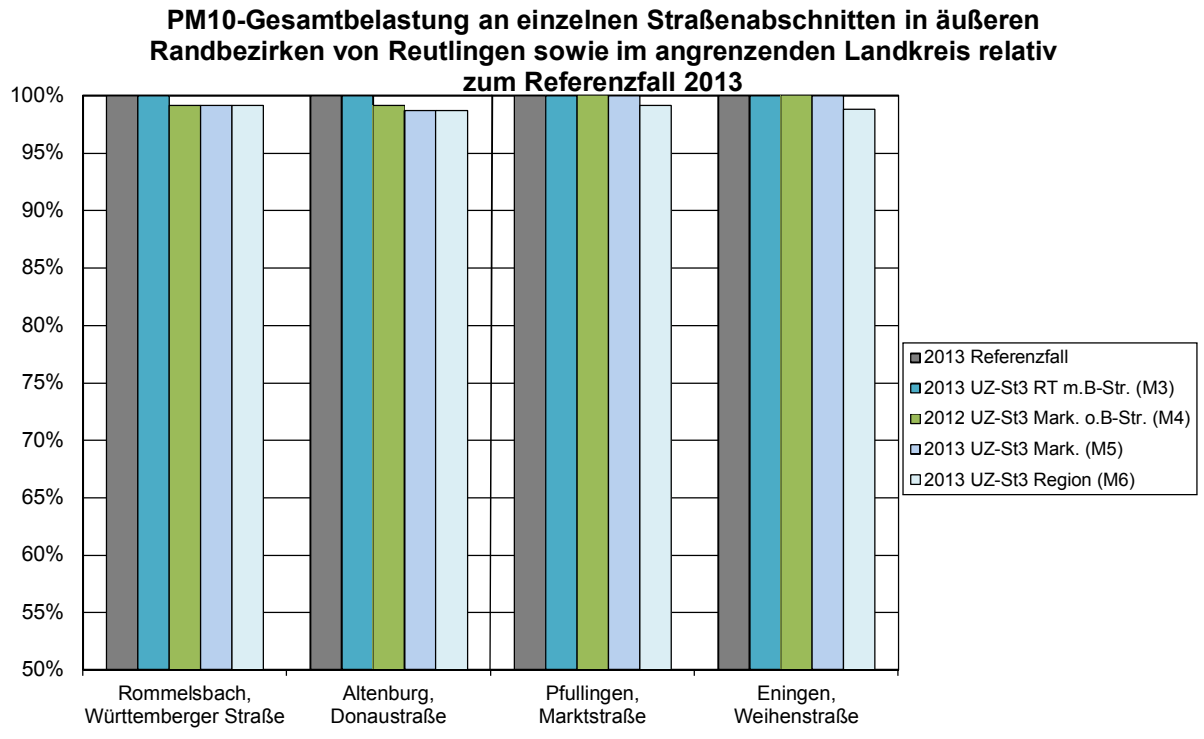


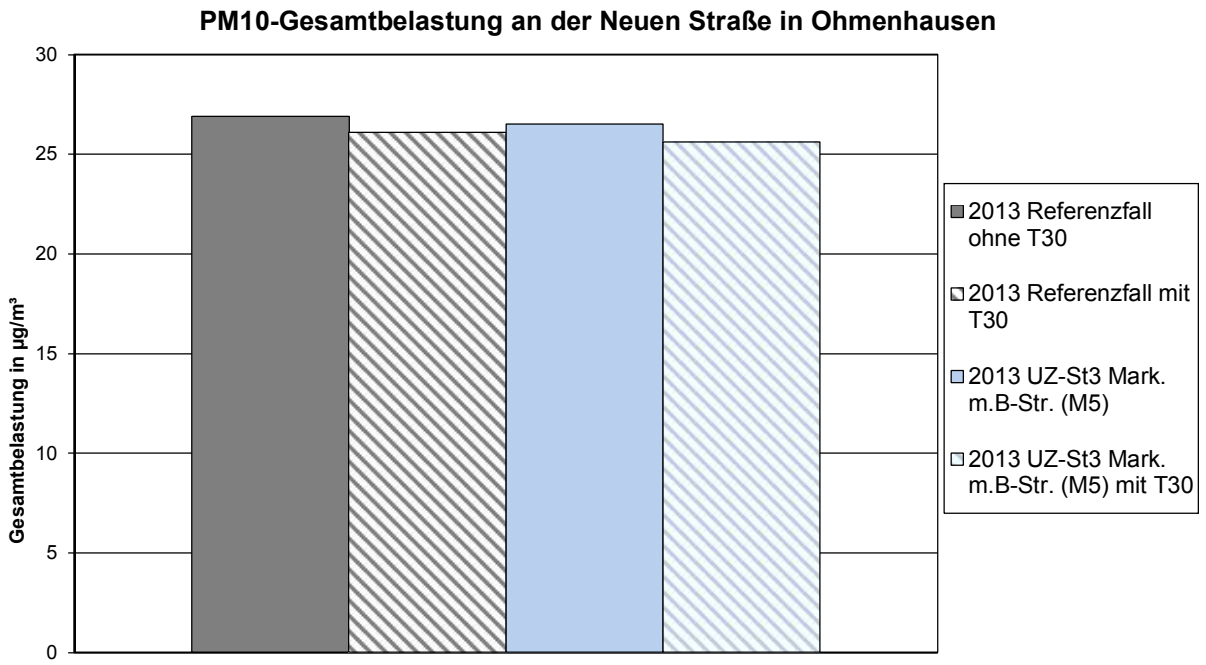
Abb. 4.11: PM10-Immissionen an einzelnen Straßenabschnitten in äußeren Randbezirken von Reutlingen sowie im angrenzenden Landkreis für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Immission in [µg/m³]
unten: Relative Änderung der Immissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

	Rommels-bach Württem-berger Str.	**Altenburg Donaustr**	**Pfullingen Marktstr.**	**Eningen Weihenstr.**
2013 Referenzfall	22.8	23.0	23.3	25.1
2013 UZ-St3 RT m.B-Str. (M3)	22.8	23.0	23.3	25.1
2013 UZ-St3 Mark. o.B-Str. (M4)	22.6	22.8	23.3	25.1
2013 UZ-St3 Mark. m.B.Str. (M5)	22.6	22.7	23.3	25.1
2013 UZ-St3 Region (M6)	22.6	22.7	23.1	24.8

Tab. 4.10: 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)

4.2.7 PM10-Immissionen an der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen

An der Neuen Straßen in Ohmenhausen (**Abb. 4.12** und **Tab. 4.7**) verringern sich die PM10-Belastungen mit der Maßnahme M5 (Ausweitung der Umweltzone Stufe 3 auf Gemarkungsgrüße) bis auf 99% der PM10-Immissionen des Referenzfalls. Mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h entlang der Ortsdurchfahrt von Ohmenhausen sind gegenüber dem Referenzfall bis auf 95% reduzierte PM10-Immissionen zu erwarten. Die in den betrachteten Maßnahmen an der Neuen Straße in Ohmenhausen berechneten PM10-Immissionen weisen keine Überschreitungen des PM10-Jahresmittelwertes von 28 µg/m auf; damit ist eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes (über 35 Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³) an diesen Straßenabschnitten nicht zu erwarten. Für die betrachteten Maßnahmen sind aus den Änderungen der Jahresmittelwerte Änderungen von bis zu 4 Überschreitungstagen gegenüber dem Referenzfall abzuleiten (**Tab. 4.7**).



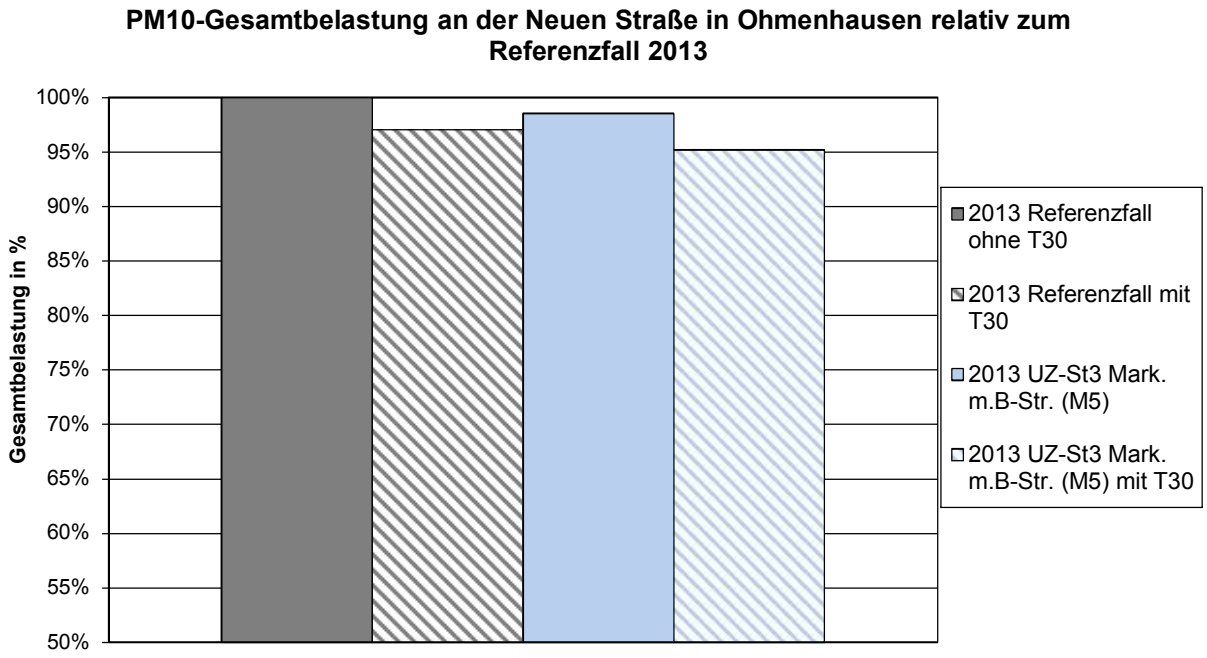


Abb. 4.12: PM10-Immissionen an an der Neuen Straße in Ohmenhausen für die betrachteten Maßnahmen.
oben: Immission in [µg/m³]
unten: Relative Änderung der Ímmissionen gegenüber dem Referenzfall 2013 in %

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

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 Ausbreitungs-

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

modelle 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.

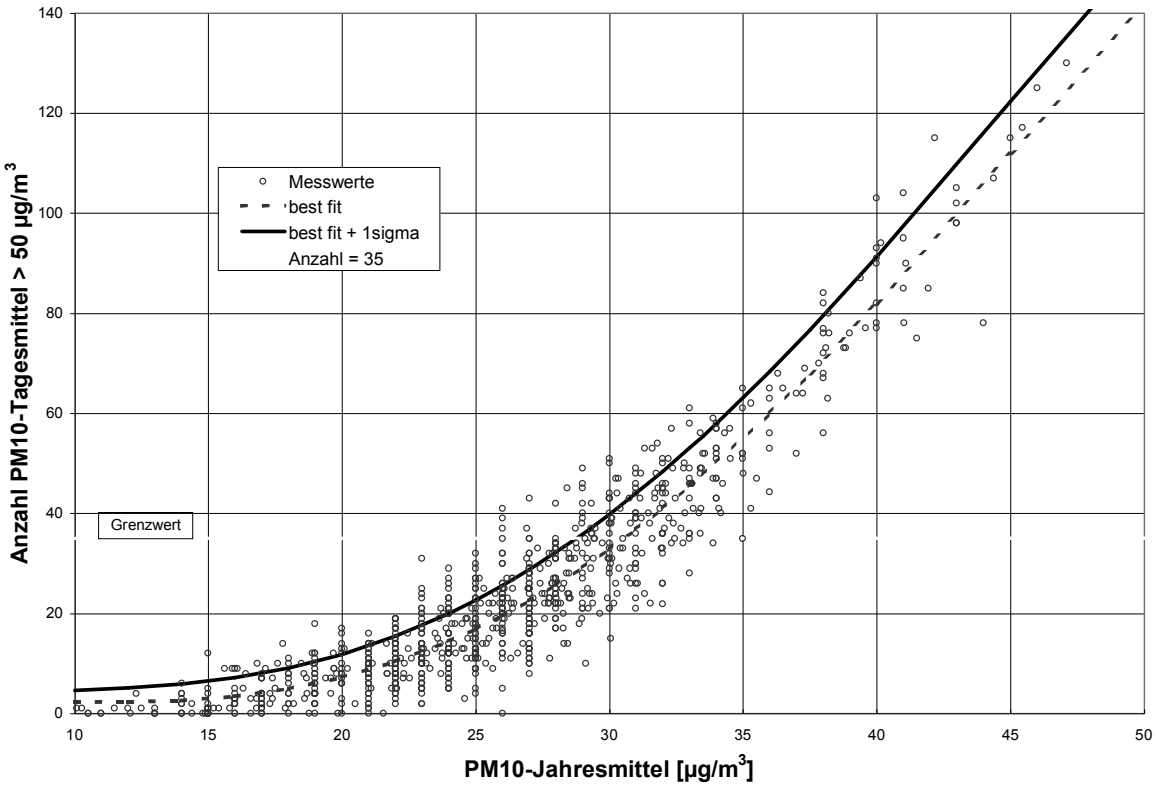


Abb. A1.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m^3 im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

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.

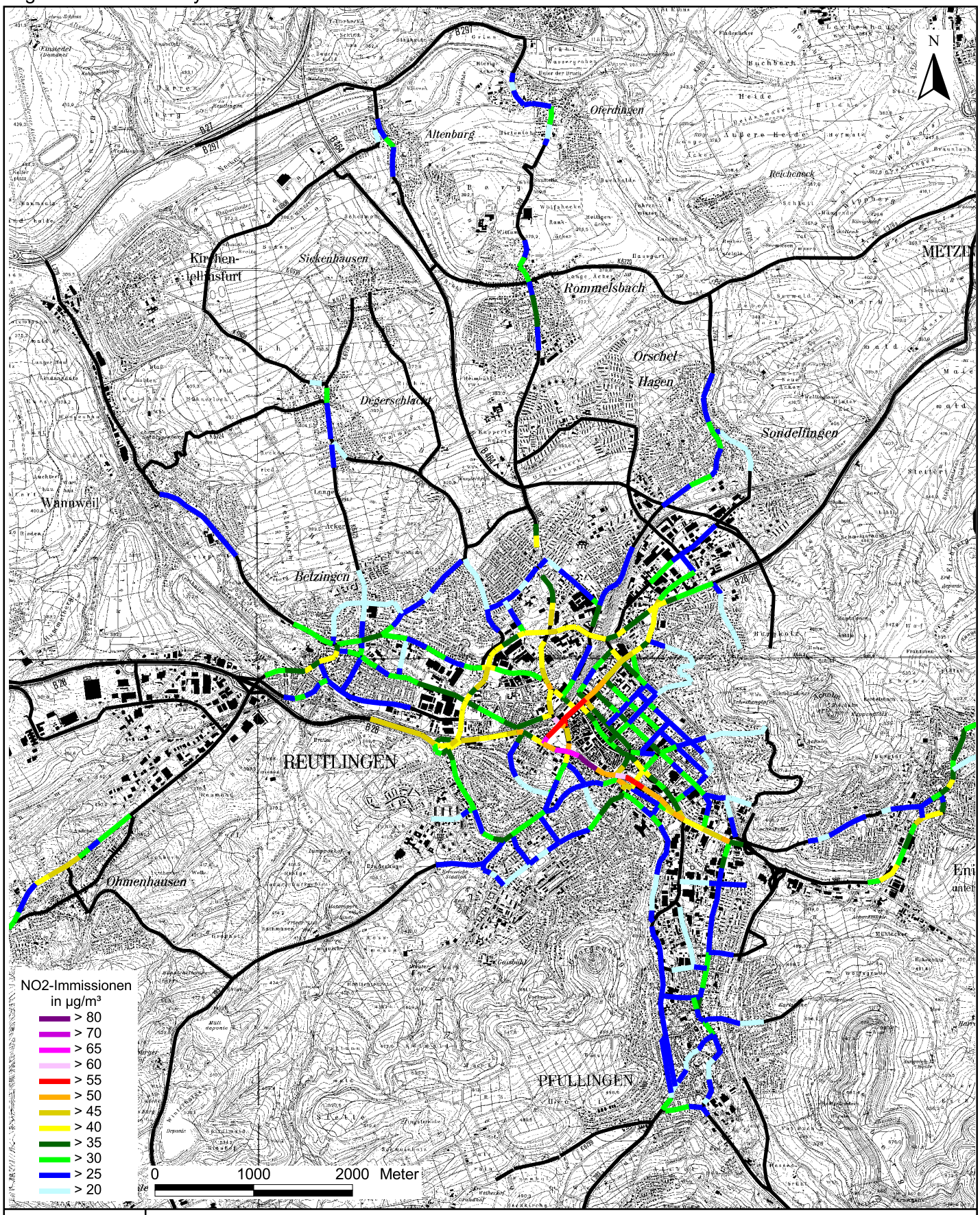


Abb. A2.1: NO2-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Referenzfall im Jahr 2013

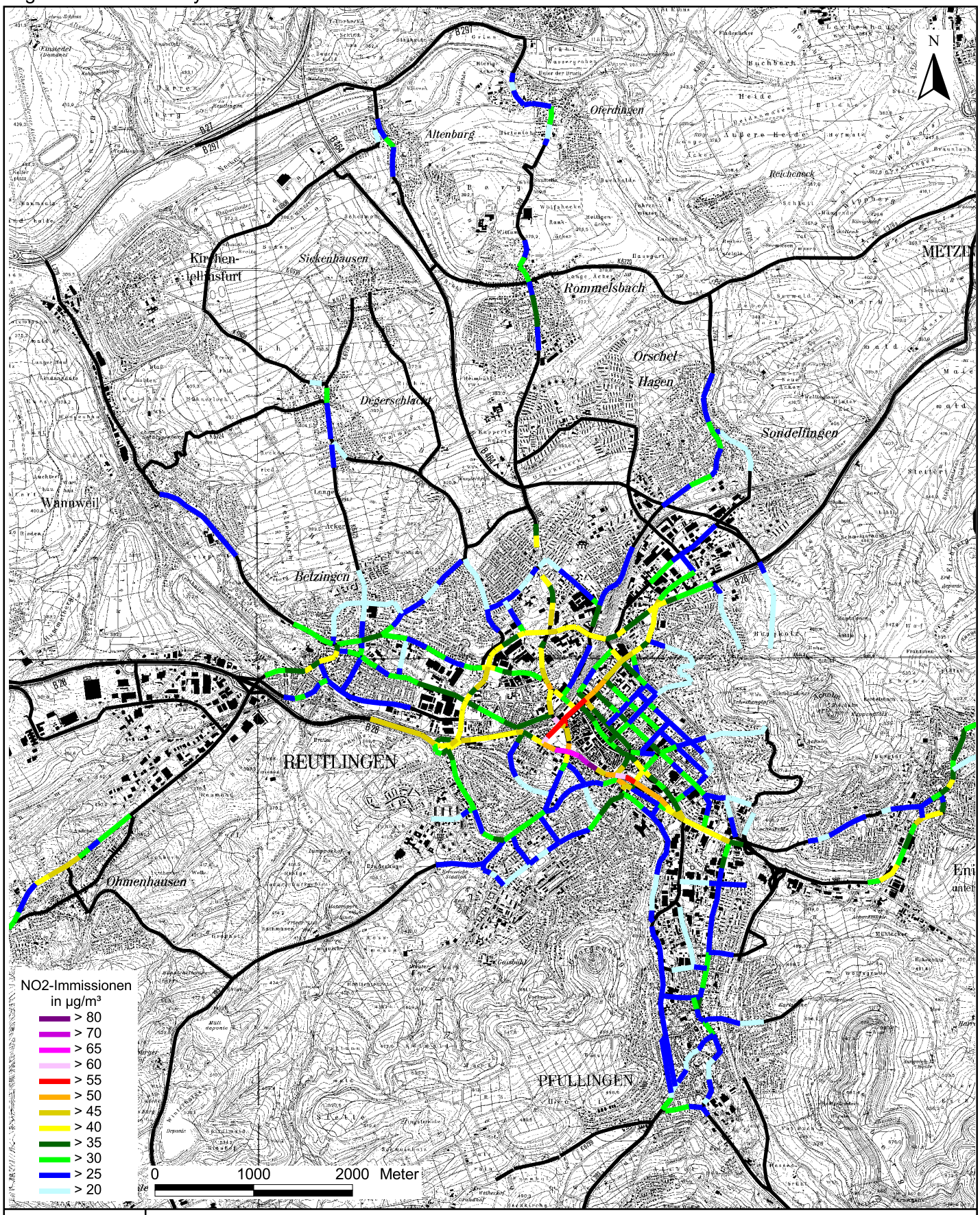


Abb. A2.2: NO2-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 und Maßnahme M3 (UZ-St3 m.B-Str)

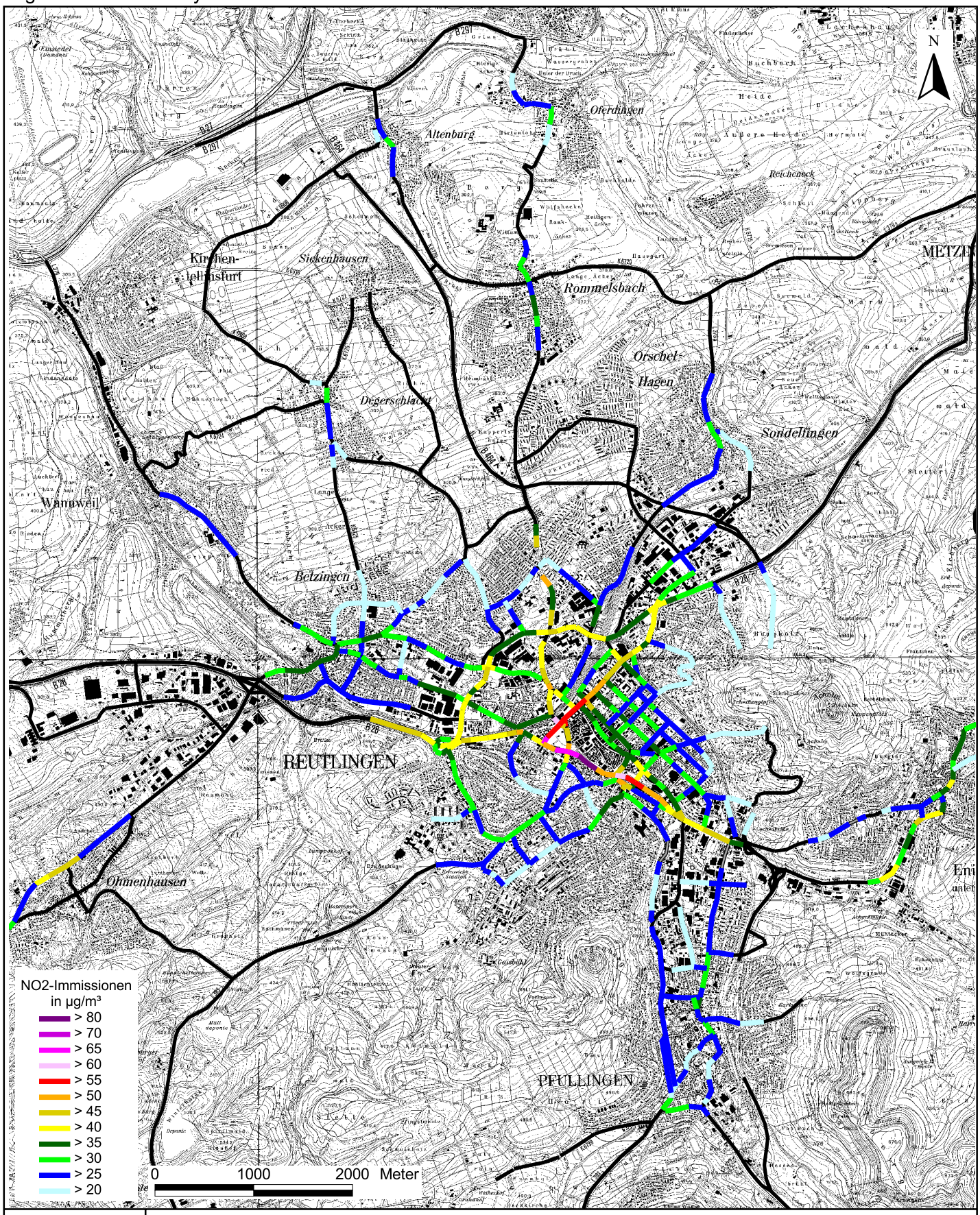


Abb. A2.3: NO2-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 und Maßnahme M4 (UZ-St3 Gemark. o.B-Str)

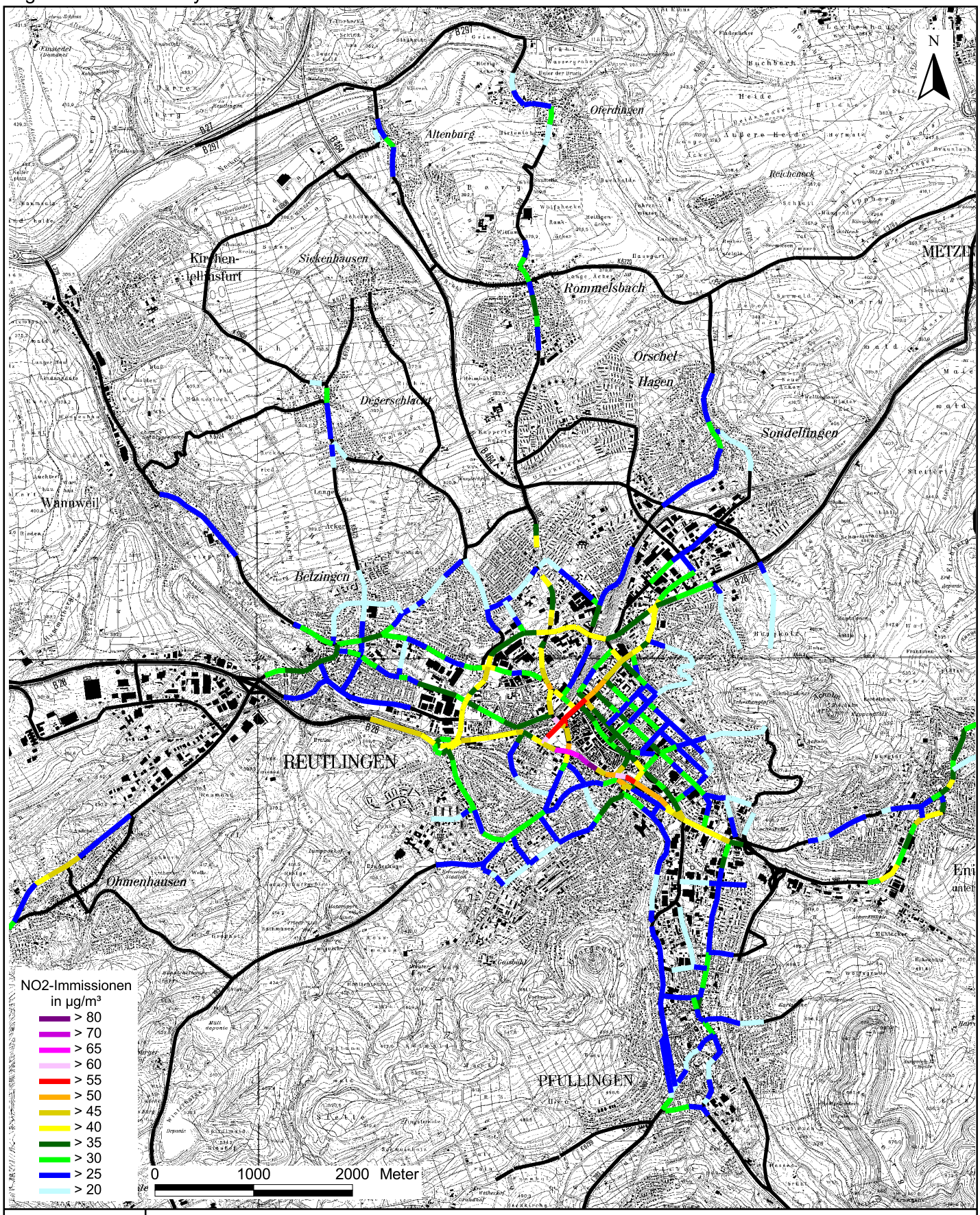


Abb. A2.4: NO2-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 und Maßnahme M5 (UZ-St3 Gemark. m.B-Str.)

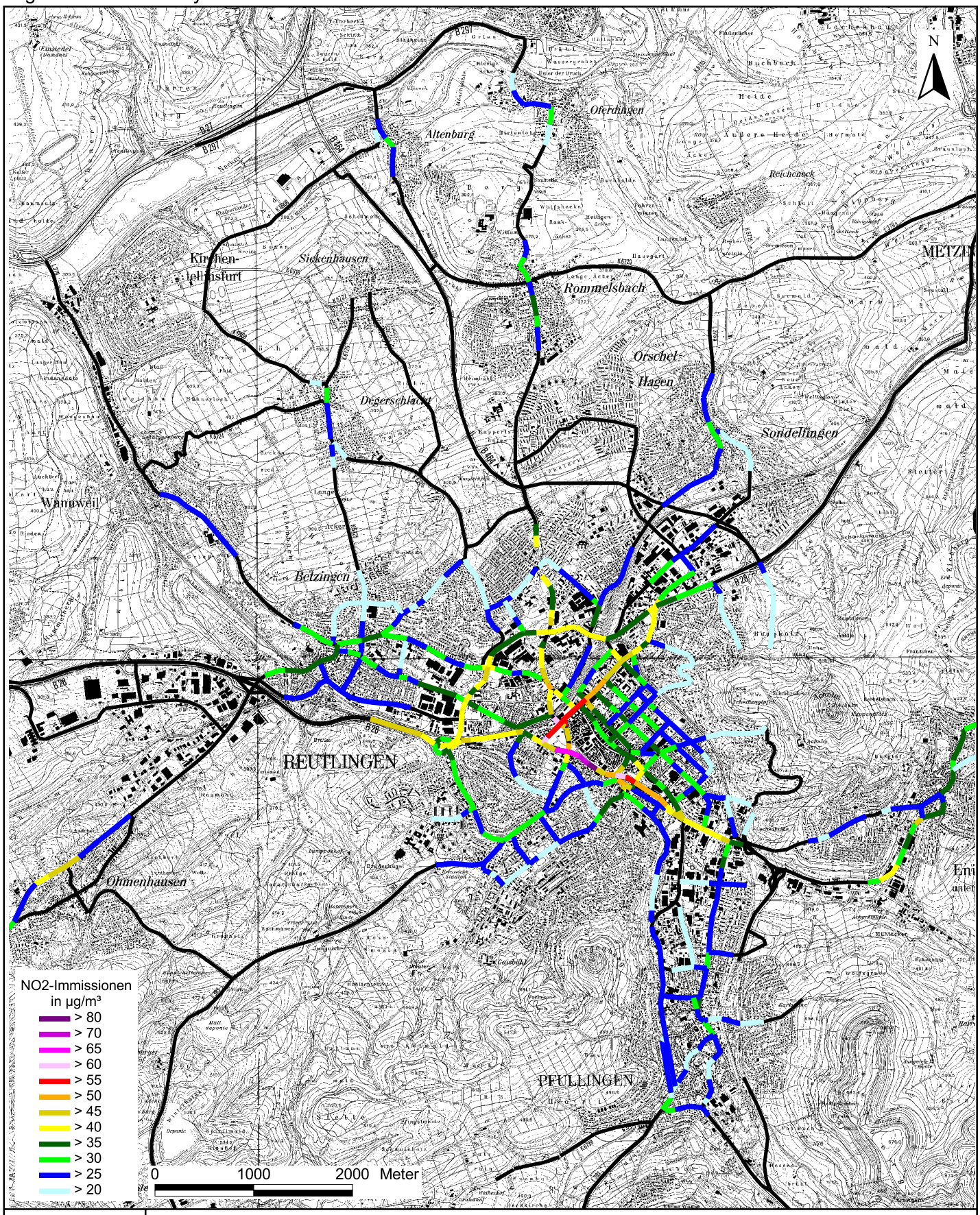


Abb. A2.5: NO2-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 mit Maßnahme M6 (UZ-St3 Region)

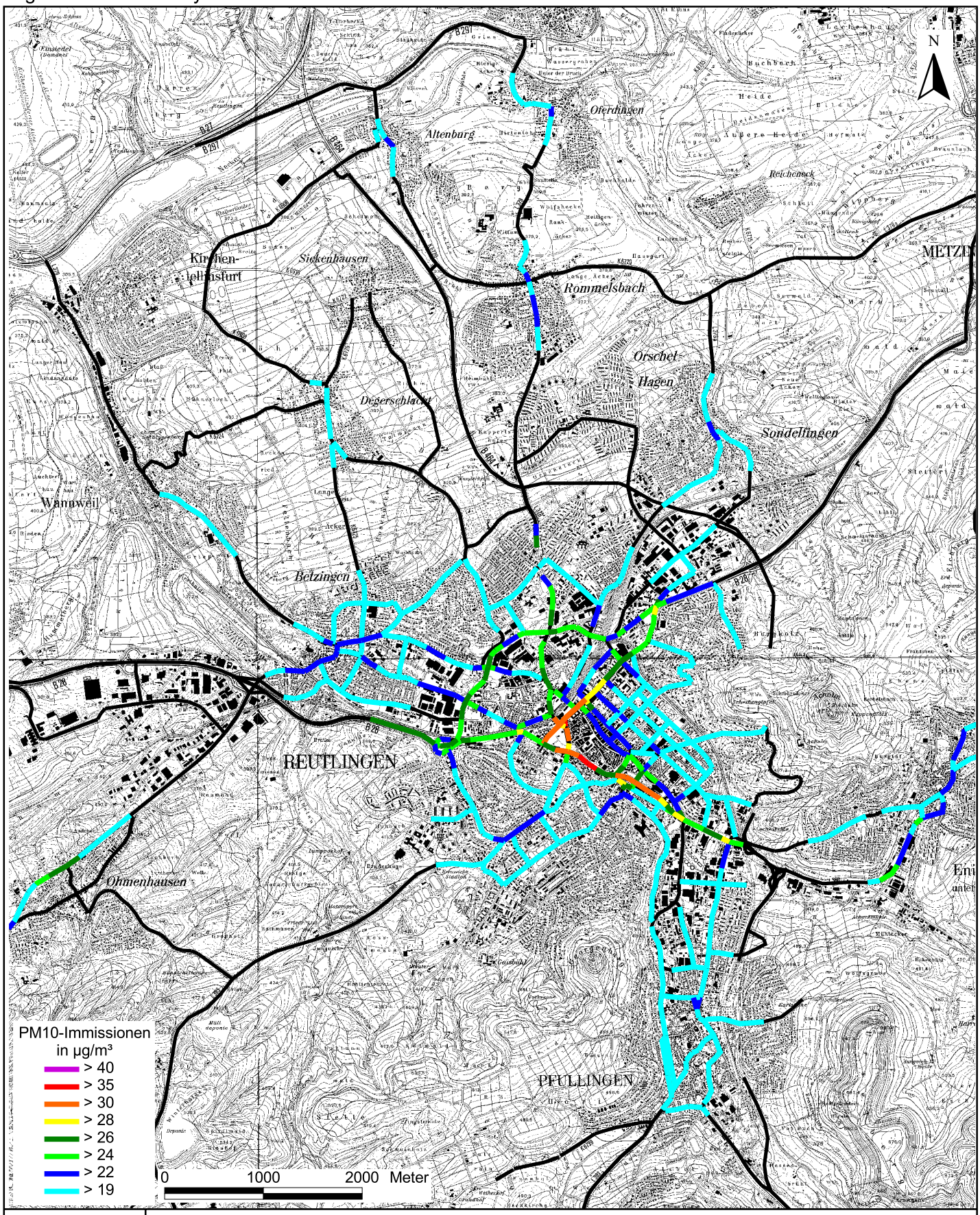


Abb. A2.6: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Referenzfall im Jahr 2013

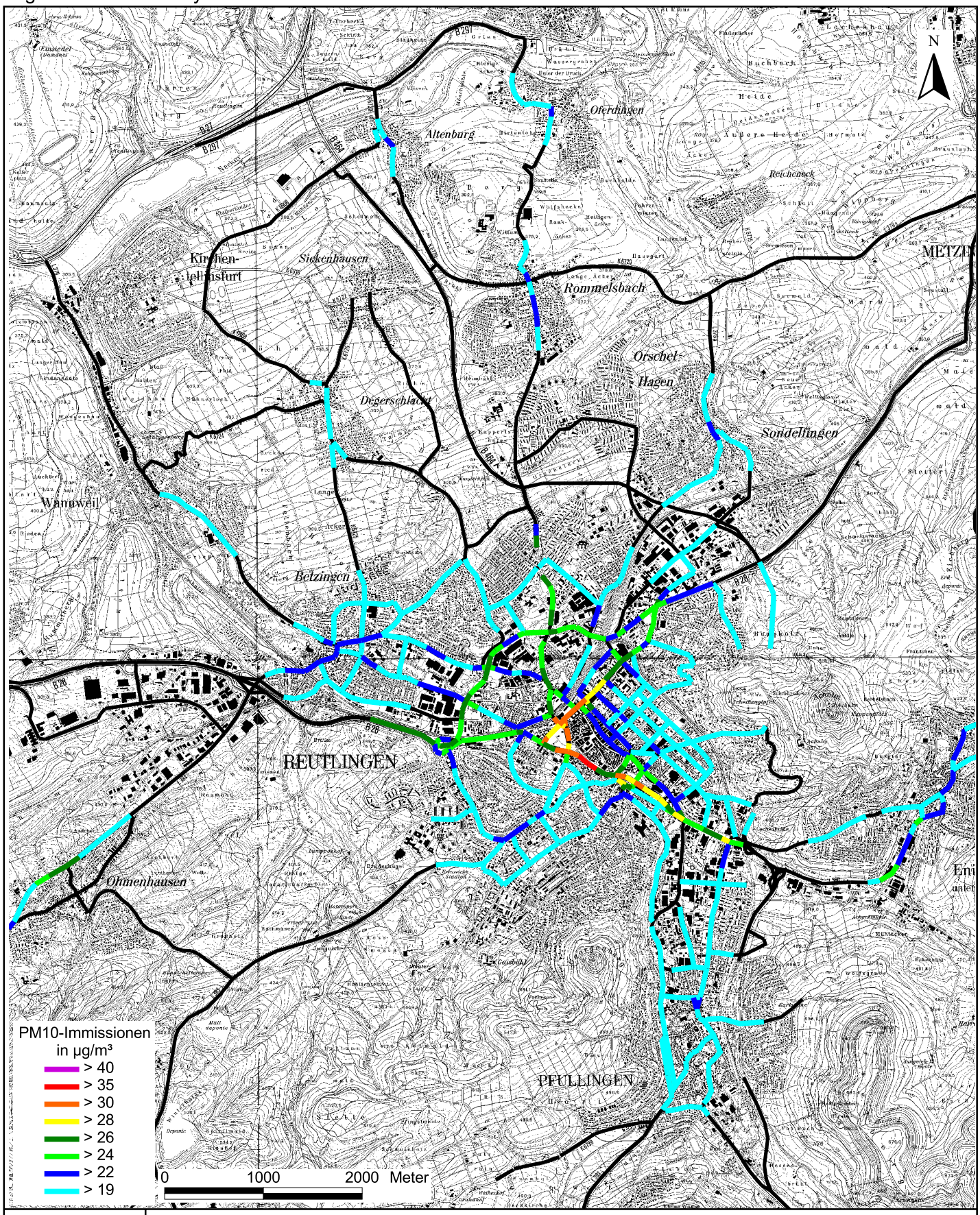


Abb. A2.7: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 und Maßnahme M3 (UZ-St3 m.B-Str)

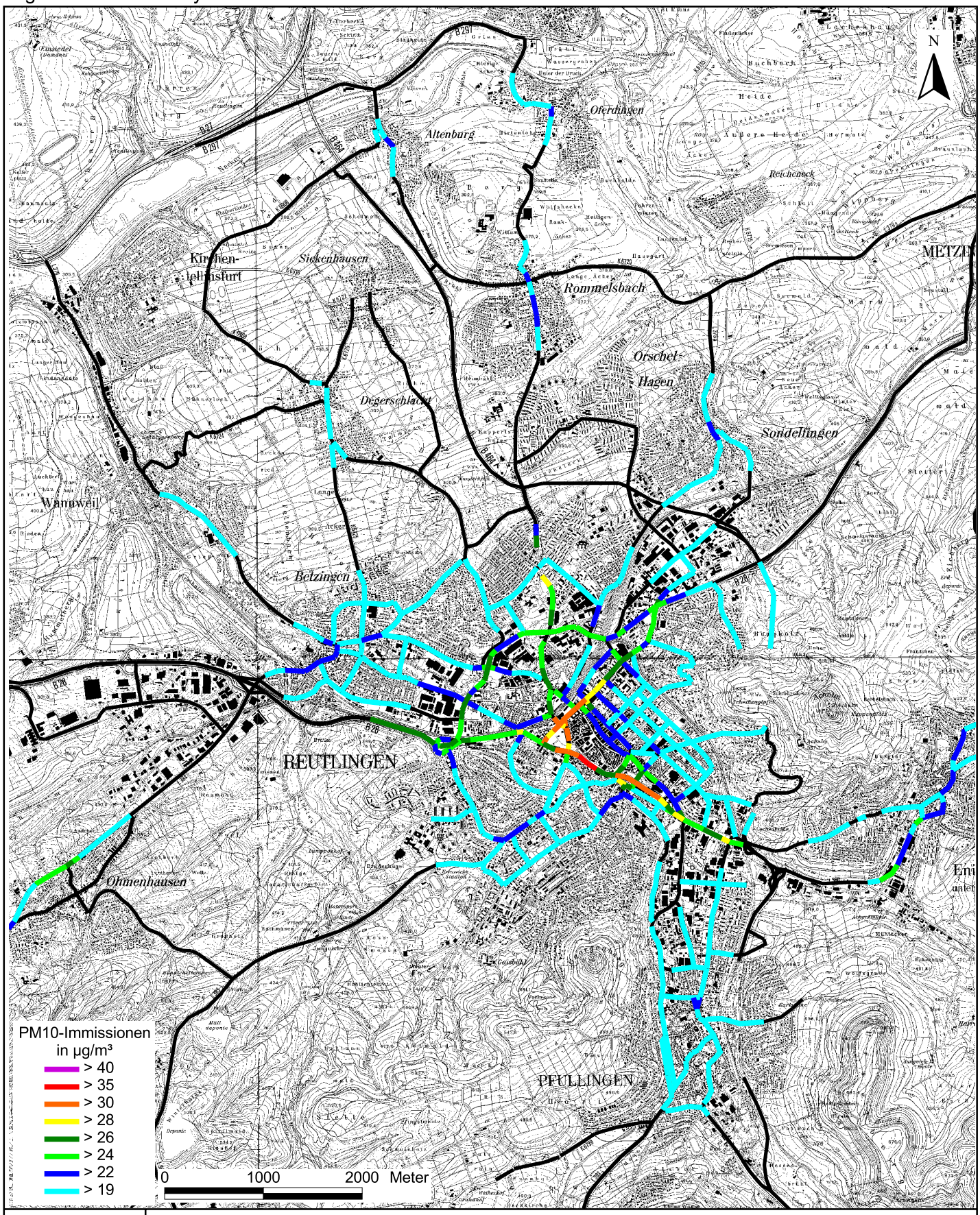


Abb. A2.8: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 und Maßnahme M4 (UZ-St3 Gemark. o.B-Str)

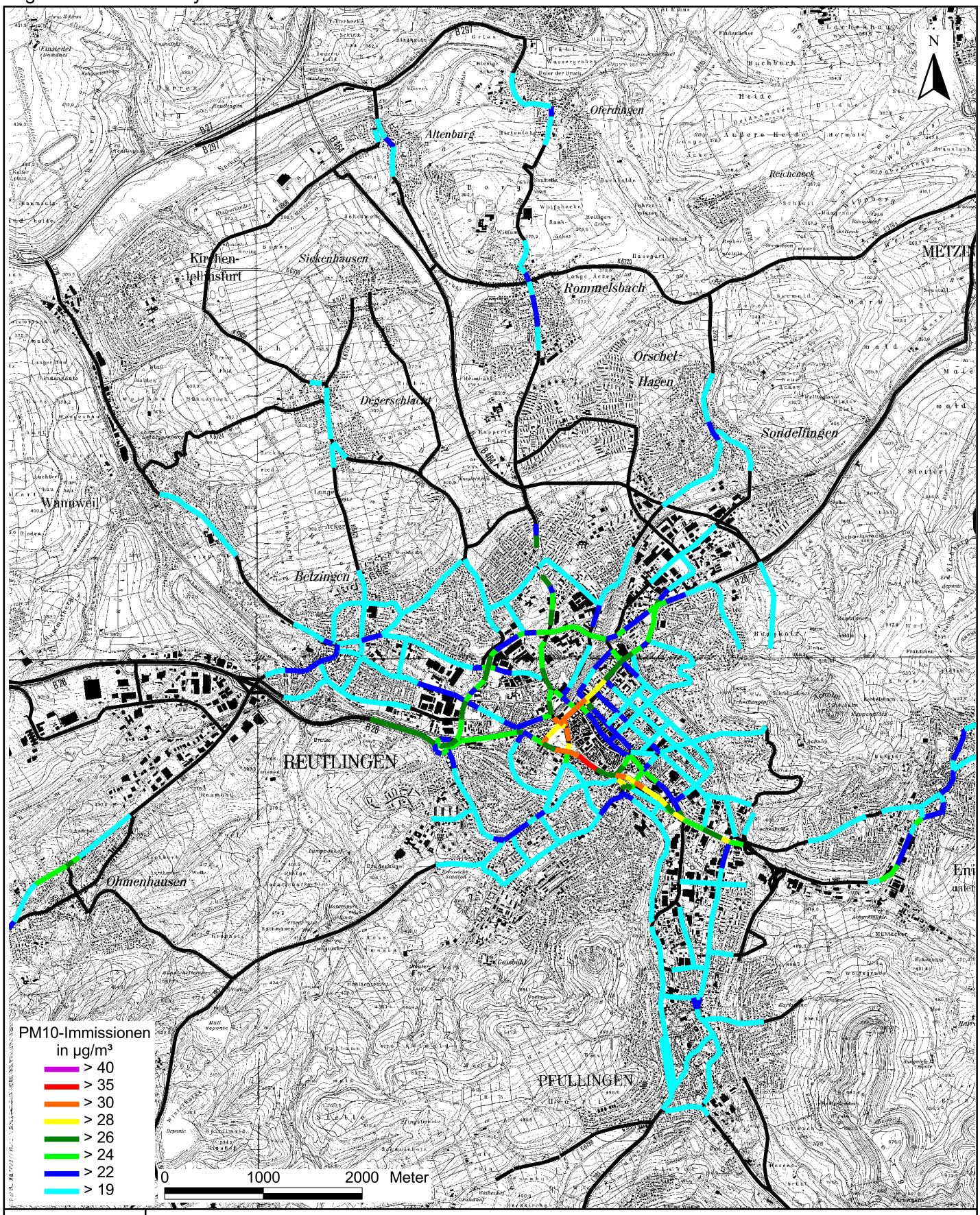


Abb. A2.9: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 und Maßnahme M5 (UZ-St3 Gemark. m.B-Str)

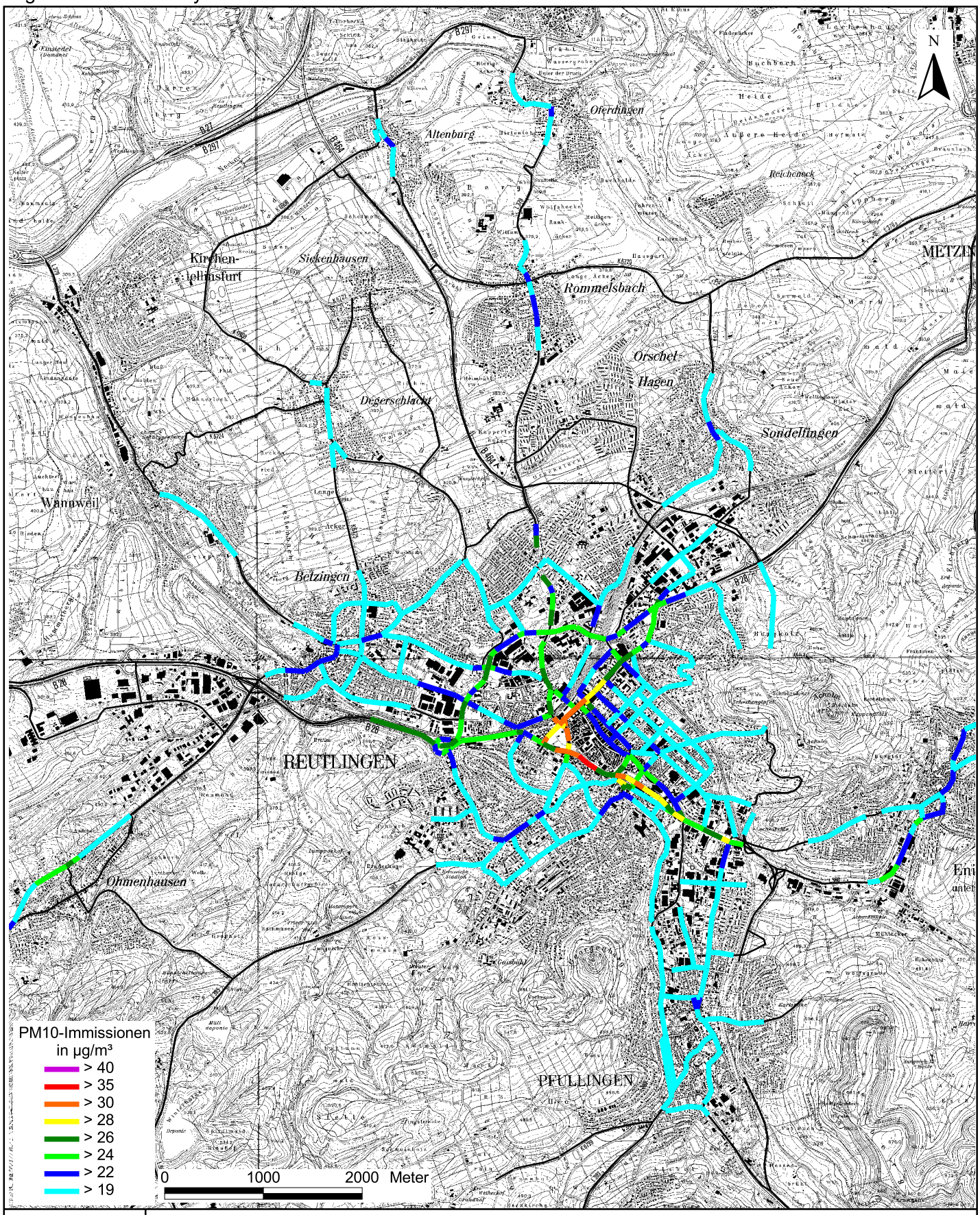


Abb. A2.10: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für das Jahr 2013 mit Umweltzone Stufe 3 und Maßnahme M6 (UZ-St3 Region)