BESTIMMUNG DER EMISSIONS- UND IMMISSIONSSEITIGEN AUSWIRKUNGEN VON MASSNAHMEN IM RAHMEN DER FORTSCHREIBUNG DER LUFTREIN-HALTEPLÄNE DES REGIERUNGSPRÄSIDIUMS TÜBINGEN FÜR DIE BEZUGSJAHRE 2012 UND 2013
- TEILPLAN TÜBINGEN -

Auftraggeber: Regierungspräsidium Tübingen
Konrad-Adenauer-Straße 20
72072 Tübingen

Durchführung: Ingenieurbüro Rau (Federführung)
Bottwarbahnstraße 4
74081 Heilbronn

AVISO GmbH
Am Hasselholz 15
52074 Aachen

24. August 2011

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I

Abbildungsverzeichnis III

Tabellenverzeichnis V

1 Aufgabenstellung, Einleitung 1

2 Verkehrliche Grundlagedaten 3

3 Maßnahmen 6

3.1 Umweltzone 6

3.2 Sperrung Eberhardsbrücke 8

4 Grundlagen der Emissionsberechnung (HBEFA3.1) 10

4.1 Flottenzusammensetzung 2010, 2012 und 2013 10

4.2 Detailbetrachtung Busflotte im ÖPNV 14

4.3 Verkehrssituation nach HBEFA3.1 15

4.4 Emissionsfaktoren NO_X und PM10-Abgas 16

4.5 Emissionsfaktoren PM10 durch Aufwirbelung und Abrieb 16

5 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs 18

6 Grundlagen der Immissionsberechnungen 25

6.1 Vorbemerkung 25

6.2 Berechnung der Zusatzbelastungen für ausgewählte Hauptstraßen innerhalb der Umweltzone Tübingen mit einem Screening-Modell 26

6.2.1 Grundsätzliches zum Screening-Modell 26

6.2.2 Festlegung der Bebauungsstrukturen 27

6.2.3 Möglichkeiten und Grenzen des Screening-Modells 28

6.2.4 Umfang der Berechnungen 28

6.3 Berechnung der Zusatzbelastungen für die Hot Spots Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße (Tü-Unterjesingen) 30

6.3.1 Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM 30

6.3.2 Modellvorgaben 30

6.3.3 Umfang der Berechnungen 34

7 Bestimmung statistischer Kenngrößen für NO_2 und PM10 (für das Screening und die Detailuntersuchung) 35

7.1 Ermittlung der Jahresmittelwerte 36

7.1.1 Windstatistik 36
7.1.2 Hintergrundbelastung 39
7.1.3 Bestimmung der Gesamtbelastung 40
7.2 Berechnung von Kurzzeitwerten der Gesamtbelastung 41
8 Ergebnis der Immissionsberechnungen 44
8.1 Ergebnis der Screening-Untersuchungen im Bereich des Straßennetzes Tübingen 44
8.1.1 Maßnahme: Ganzjähriges Fahrverbot Stufe 2 und 3 in der bestehenden Umweltzone 44
8.1.2 Maßnahme: Sperrung der Eberhardsbrücke für den motorisierten Individualverkehr (MIV) 48
8.2 Ergebnis der Detailuntersuchungen für die Hot Spots Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße in Tübingen-Unterjesingen 52
8.3 Vergleich der immissionsseitigen Maßnahmenwirkung im Bereich des Messpunktes 53
8.3.1 Vergleich der Berechnungsergebnisse mit den kontinuierlichen und diskontinuierlichen Messungen 53
8.3.2 Vergleich der immissionsseitigen Maßnahmenwirkung im Bereich der Messpunkte 55
8.4 Gesamthafte Bewertung 57
9 Literaturverzeichnis 61

Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) Untersuchungsgebiet Tübingen, Bezugsjahr 2010 4

Bild 3.1: Umweltzone Tübingen /Tübingen 2011/..... 8

Bild 3.2: Differenz der Verkehrsbelastungen Maßnahmenfall „Sperrung Eberhardsbrücke für den MIV“ zu Nullfall; übernommen aus dem VEP Tübingen /VEP 2008, R+T 2011/ 9

Bild 4.1: Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Tübingen für die Fahrzeuggruppen Pkw, lNfz und sNfz, Bezugsjahre 2010 (SG 1), 2012 (SG12), 2012 (SG123) und 2013 (SG123) 13

Bild 4.2: NO_X-Emissionsfaktoren für PKW, lNfz, sNfz und Busse (ÖPNV), Tübingen 2010 (SG1) für die Ebene (sinkende Geschwindigkeiten innerorts stellen hier Verkehrssituationen mit einem steigenden Störungsgrad dar; Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen kann hiermit nicht abgebildet werden).....17

Bild 4.3: PM10-Abgas-Emissionsfaktoren für PKW, lNfz, sNfz und Busse (ÖPNV), Tübingen 2010 (SG1) für die Ebene (sinkende Geschwindigkeiten innerorts stellen hier Verkehrssituationen mit einem steigenden Störungsgrad dar; Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen kann hiermit nicht abgebildet werden 17

Bild 5.1: NO_X-Emissionsanteile verschiedener Fahrzeugarten für die Belastungsschwerpunkte Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße, Berechnungsfälle 2010(SG1), 2012(SG12) und 2013(SG123).....24

Bild 5.2: PM10-Emissionsanteile verschiedener Fahrzeugarten für die Belastungsschwerpunkte Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße, Berechnungsfälle 2010(SG1), 2012(SG12) und 2013(SG123).....24

Bild 6.1: Ausschnitt des Katasterplans im Bereich der Mühlstraße mit Umriss des MISKAM-Rechengebiets.....32

Bild 6.2: Ausschnitt des Katasterplans in Tü-Unterjesingen mit Umriss des MISKAM-Rechengebiets.....33

Bild 7.1: Typische Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen im Bereich von Tübingen; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken. Die Markierung zeigt die für die Untersuchungen gewählte Windverteilung (gelb) 37

Bild 7.2: Typische Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen im Bereich von Tü-Unterjesingen; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken. Die Markierung zeigt die für die Untersuchungen gewählte Windverteilung (gelb).....38

Bild 7.3: Die für die Immissionsberechnungen gewählte Häufigkeitsverteilung (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (10°-Schritte) für Tübingen (links) und Tübingen-Unterjesingen (rechts); Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistik.....39

Bild 7.4: Zusammenhang zwischen Anzahl von NO_2-Stundenmittelwerten größer als 200 µg/m³ und NO_2-Jahresmittelwerten in Deutschland im Zeitraum 2001 bis 2008, dargestellt bis 100 Überschreitungsstunden……42

Bild 7.5: Zusammenhang zwischen PM10-Jahresmittelwerten und Tagesgrenzwertüberschreitungen in Baden-Württemberg im Zeitraum 2000 bis 2008…..…….43

Anhang A

Bild A1: Darstellung des Straßennetzes mit ID-Kennung der Streckenabschnitte

Anhang B

Bilder B1 bis B10: Graphische Darstellung der Screeningberechnungen mit ISIS für den Innenstadtbereich von Tübingen

Anhang C

Bilder C1 bis C18: Graphische Darstellung der Detailberechnungen mit MISKAM für die beiden Hot Spots Mühlstraße und Hauptstraße Tü-Unterjesingen

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1: Kennzeichnungsverordnung Stand 10. Okt. 2006 mit Änderung Nov. 2007 7

Tab. 4.1: Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Tübingen für die Fahrzeuggruppen Pkw, lNfz und sNfz, Bezugsjahre 2010, 2010 (SG 1), 2012 (SG12), 2012 (SG123) und 2013 (SG123) 12

Tab. 4.2: Prognostizierter Anteil der von der jeweiligen Aussperrung betroffenen Fahrzeuge im statischen Bestand, Untersuchungsgebiet Tübingen 13

Tab. 4.3: Zusammensetzung der Busflotte Tübingen 2009.....14

Tab. 4.4: Prognose der Zusammensetzung der Busflotte Tübingen bis 2013 15

Tab. 5.1: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV), NO_X- und PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Mühlstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2010 (SG1).....19

Tab. 5.2: DTV-Werte und NO_X-Emissionen für den Hot Spot Mühlstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahmenfälle 2012 (SG12), 2013 (SG1,2,3) und Sperrung Eberhardsbrücke im Vergleich zu Bezugsjahr 2010 (SG1) 20

Tab. 5.3: DTV-Werte und PM10-Emissionen für den Hot Spot Mühlstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahmenfälle 2012 (SG12, 2013 (SG123) und Sperrung Eberhardsbrücke im Vergleich zu Bezugsjahr 2010 (SG1) 21

Tab. 5.4: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV), NO_X- und PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Jesinger Hauptstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2010.....22

Tab. 5.5: DTV-Werte und NO_X- und PM10-Emissionen für den Hotspot Jesinger Hauptstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahmenfälle 2012 (SG12) und 2013 (SG123) im Vergleich zu Bezugsjahr 2010.....23

Tab. 7.1: Lufthygienische Grenzwerte der EU-Richtlinie (39. BImSchV) für die verkehrs-relevanten Luftschadstoffe NO_2 und PM10.....35

Tab. 7.2: Hintergrundbelastungswerte für die betrachteten Bezugsjahre…….....40

Tab. 8.1: Ergebnis der Screening-Berechnungen für Straßen der Umweltzone bei der Maßnahme Fahrverbot Stufe 2 und 3. NO_2- und PM10-Jahresmittelwerte für das Basisszenarium sowie die beiden Prognosejahre …….....47

Tab. 8.2: Ergebnis der Screening-Berechnungen für Hauptstraßen im Tübinger Stadtgebiet für die Maßnahme Sperrung Eberhardsbrücke. NO_2- und PM10-Jahresmittel-werte für das Basisszenarium sowie die Maßnahme …….....50

Tab. 8.3: Zusammenstellung der Messergebnisse an den Spotmessstellen Mühlstraße und Hauptstraße Jesinger Hauptstraße…….....54

Tab. 8.4: Berechnete Immissionsgesamtbelastungen von NO_2 und PM10 im Bereich der Messstellen in der Mühlstraße und in der Jesinger Hauptstraße (Hot Spots)…….....55

Anhang A:

Tab. A1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) für die Screening-Streckenabschnitte

Tab. A2: Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die Screening-Streckenabschnitte

Tab. A3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) für die zusätzlich betrachteten Streckenabschnitte im Maßnahmenfall Sperrung Eberhardsbrücke

Tab. A4: Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die zusätzlich betrachteten Streckenabschnitte im Maßnahmenfall Sperrung Eberhardsbrücke

1 Aufgabenstellung, Einleitung

Die neue EU-Richtlinie 2008/50/EG wurde mit der /39. BImSchV/ in deutsches Recht umgesetzt und ist am 06.08.2010 in Kraft getreten. Gleichzeitig wurden die /22. BImSchV/ und die 33. BImSchV aufgehoben. In der 22. BImSchV waren zuvor die Umsetzungen der Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG, der Richtlinie 1999/30/EG und der Richtlinie 2000/69/EG geregelt worden.

In der 39. BImSchV sind die bisherigen Regeln aus der 22. BImSchV im Wesentlichen weiter enthalten. Neu hinzugekommen sind Begrenzungen für PM2.5.

Die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV führen bei einer Überschreitung dieser Grenzwerte gemäß §47 BImSchG zwingend zur Aufstellung eines Luftreinhalteplans (LRP) für das betreffende Gebiet.

Das Land Baden-Württemberg hat in den vergangenen Jahren Messungen der relevanten Luftschadstoffe für ausgewählte Gebiete durchgeführt und eine Bewertung der Ergebnisse unter Anwendung der Immissionsgrenzwerte der 22. BImSchV bzw. 39. BImSchV vorgenommen.

Aufgrund der Ergebnisse von Messungen in Tübingen an einigen verkehrsreichen Straßen sowie in der Jesinger Hauptstraße im Teilort Unterjesingen war für die Stadt bereits ein Luftreinhalteplan/Aktionsplan erstellt worden. Der Luftreinhalte- und Aktionsplan sieht in einem Stufenkonzept Verkehrsverbote für Fahrzeuge mit veralteter Abgastechnik in Umweltzonen vor. In Tübingen sind die Fahrverbote der ersten Stufe (Umweltzone SG1) zum 1. März 2008 in Kraft getreten.

Zur Aktualisierung des Luftreinhalteplans werden in dieser Untersuchung, mit der das IBRau vom Regierungspräsidium Tübingen beauftragt wurde, unterschiedliche Maßnahmen zur möglichen Minderung der durch den Kfz-Verkehr verursachten Emissions- und Immissionsbelastung geprüft und deren Wirkung erläutert. Basierend auf einer detaillierten Emissionsberechnung werden detaillierte Immissionsberechnungen mit dem prognostischen mikroskaligen Modell MISKAM im Bereich der beiden Hot Spots Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße (Tü-Unterjesingen) durchgeführt. Dabei werden die folgenden Maßnahmen betrachtet:

- Umweltzone SG1 2010 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1) als Nullfall-Szenario (im Kernstadtgebiet umgesetzt seit 01.03.2008);
- Umweltzone SG12 2012 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1 und 2, gelbe Umweltzone; Umsetzung ab 01.01.1212) und
- Umweltzone SG123 2013 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3, grüne Umweltzone; geplant ab 01.01.2013).

Für den Hot Spot Mühlstraße werden darüber hinaus die beiden Maßnahmen:

- Sperrung der Eberhardsbrücke für den motorisierten Individualverkehr sowie
- vorgezogene Umweltzone SG123 auf 01.01.1212

untersucht.

Für die Jesinger Hauptstraße wird zusätzlich die Wirkung der Maßnahme Geschwindigkeitsreduzierung von 50 km/h auf 30 km/h im Verlauf der Ortsdurchfahrt auf Basis von Messfahrten geprüft. Die Ergebnisse dieser Maßnahmenprüfung sind in einem separaten Bericht /Rau 2011a / dokumentiert.

Neben den detaillierten Betrachtungen im Bereich der Hot Spots werden für Tübingen die Straßenabschnitte innerhalb der ausgewiesenen Umweltzone, die bereits in dem LRPAP aus dem Jahr 2005 /UMEG 2005/ ebenfalls emissions- und immissionsseitig betrachtet wurden, näher untersucht. Hierfür wird allerdings immissionsseitig ein gegenüber den Hot Spot-Untersuchungen einfacheres Berechnungsverfahren, ein so genannten Screening-Verfahren, herangezogen.

Mittels Screening werden folgende Maßnahmen im Netz geprüft:

- Umweltzone SG1 2010 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1) als Nullfall-Szenario (umgesetzt seit 01.03.2008);
- Umweltzone SG12 2012 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1 und 2, gelbe Umweltzone; Umsetzung ab 01.01.1212) und
- Umweltzone SG123 2013 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3, grüne Umweltzone; geplant ab 01.01.2013).
- Sperrung der Eberhardsbrücke für den motorisierten Individualverkehr,

Bei der Maßnahme „Sperrung Eberhardsbrücke“ wird ein gegenüber dem LRPAP 2005 größeres Straßennetz im Rahmen des Screenings untersucht.

Der Bericht ist folgendermaßen gegliedert:

In den Kapiteln 2 bis 5 werden die verkehrlichen Datengrundlagen (Kapitel 2), die einzelnen Maßnahmen (Kapitel 3), die Grundlagen der Emissionsermittlung (Kapitel 4) und die Schadstoffemissionen für die untersuchten Szenarien beschrieben (Kapitel 5). In Kapitel 6 werden die Untersuchungsverfahren erläutert, in Kapitel 7 die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Immissionsgesamtbelastung für NO_2 und PM10. Kapitel 8 umfasst die Darstellung der Ergebnisse der Immissionsberechnungen und die Bewertung der Ergebnisse. Die für die Bearbeitung eingesetzte Literatur ist in Kapitel 9 zusammengestellt.

Die in den Kapiteln 2 bis 5 dargestellten Ergebnisse wurden von unserem Kooperationspartner AVISO GmbH, Aachen, im Unterauftrag erarbeitet.

2 Verkehrliche Grundlagedaten

Das Untersuchungsgebiet umfasst die relevanten Hauptverkehrsstraßen in Tübingen Innenstadt und in Tübingen-Unterjesingen. Es wurden die gleichen Straßenabschnitte betrachtet, die schon im LRPAP Tübingen 2005 als potentiell kritische Abschnitte untersucht wurden. Für die Betrachtung der Maßnahme Sperrung Eberhardsbrücke (vgl. Kap. 3.2) wurden noch einige Straßenabschnitte ergänzt, die aufgrund der veränderten Verkehrsführung deutliche Änderungen der Verkehrsbelastung aufweisen.

Ausgangspunkt der Ermittlung der verkehrlichen Grundlagedaten für das Untersuchungsgebiet war der Luftreinhalteplan Tübingen 2005 und das landesweite Emissionskataster Straßenverkehr Baden-Württemberg, die jeweils aktuell mit Daten für das Jahr 2005 vorliegen (/UMEG 2005/, /AVISO 2009/). Diese enthalten für die betrachteten Straßen alle relevanten Informationen zur Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs.

Ziel war es, für das Untersuchungsgebiet ein Netzmodell für das Analysejahr 2010 mit allen relevanten Informationen zur Emissionsberechnung für die Schadstoffe PM10 (inkl. Aufwirbelung und Abrieb) und NO_X zu erstellen.

Zur Aktualisierung der vorhandenen verkehrlichen Grundlagendaten wurden von der Stadt Tübingen dazu die folgenden Verkehrsdaten zur Verfügung gestellt:

- Kfz-Verkehrsbelastungen für die Gesamtstadt in Kfz/24h (Grundlage Modellrechnung) aus dem Tübingen Verkehrsentwicklungsplan 2008 /VEP 2008/
- Zähldaten aus den Verkehrszählungen in 2009 für 3 Knotenpunkte und 4 Querschnitte.

Zusätzlich liegen für die Jesinger Hauptstraße in Tübingen-Unterjesingen die aktuellen Zähldaten für 2009 und die ersten 10 Monaten 2010 aus den kontinuierlichen Verkehrszählungen mit Zählgeräten der LUBW vor.

Die vorliegenden Kfz-Verkehrsbelastungen von der Stadt Tübingen, die auf dem Verkehrsmodell basieren, stellen werktägliche Verkehrsstärken dar und wurden anhand eines Umrechnungsfaktors auf die für die Emissionsberechnung benötigten jahresmittleren durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV), die Wochenend- und Urlaubszeiten berücksichtigen, umgerechnet. Der verwendete Faktor wurde aus den Ergebnissen der aktuellen Straßenverkehrszählung SVZ 2005 abgeleitet.

Die Zähldaten der Stadt wurden mit Hilfe von /LENSING 2003/ auf jahresmittlere Verkehrsstärken hochgerechnet.

Nach Rücksprache mit der Stadt wurden die obengenannten städtischen Daten von 2008 bzw. 2009 unverändert für 2010 verwendet.

Die Zähldaten aus den kontinuierlichen Verkehrszählungen für die Jesinger Hauptstraße wurden aufbereitet und zu jahresmittleren durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) zusammengefasst.

Die ermittelten Verkehrsstärken für das Bezugsjahr 2010 für das Tübinger Untersuchungsgebiet sind in Bild 2.1 dargestellt.

Im Hinblick auf die Entwicklung der Verkehrsbelastungen von 2010 bis 2013 wurden die in /AVISO 2009/ ermittelten allgemeinen Entwicklungsfaktoren für BW berücksichtigt.

Neben Angaben zu den Verkehrsstärken werden zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen eine Reihe weiterer Streckenparameter benötigt. Dies betrifft Daten zur Streckencharakterisierung (Anzahl Fahrstreifen, Ortslage, Knotenausrüstung mit Lichtsignalanlagen, Seitenstreifen, Mitteltrennung, Längsneigung etc.) und weitere Angaben, z. B. zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Die Daten wurden nach einer Plausibilitätsprüfung vom LRPAP 2005 und dem landesweiten Emissionskataster Straßenverkehr Baden-Württemberg übernommen und aktualisiert.

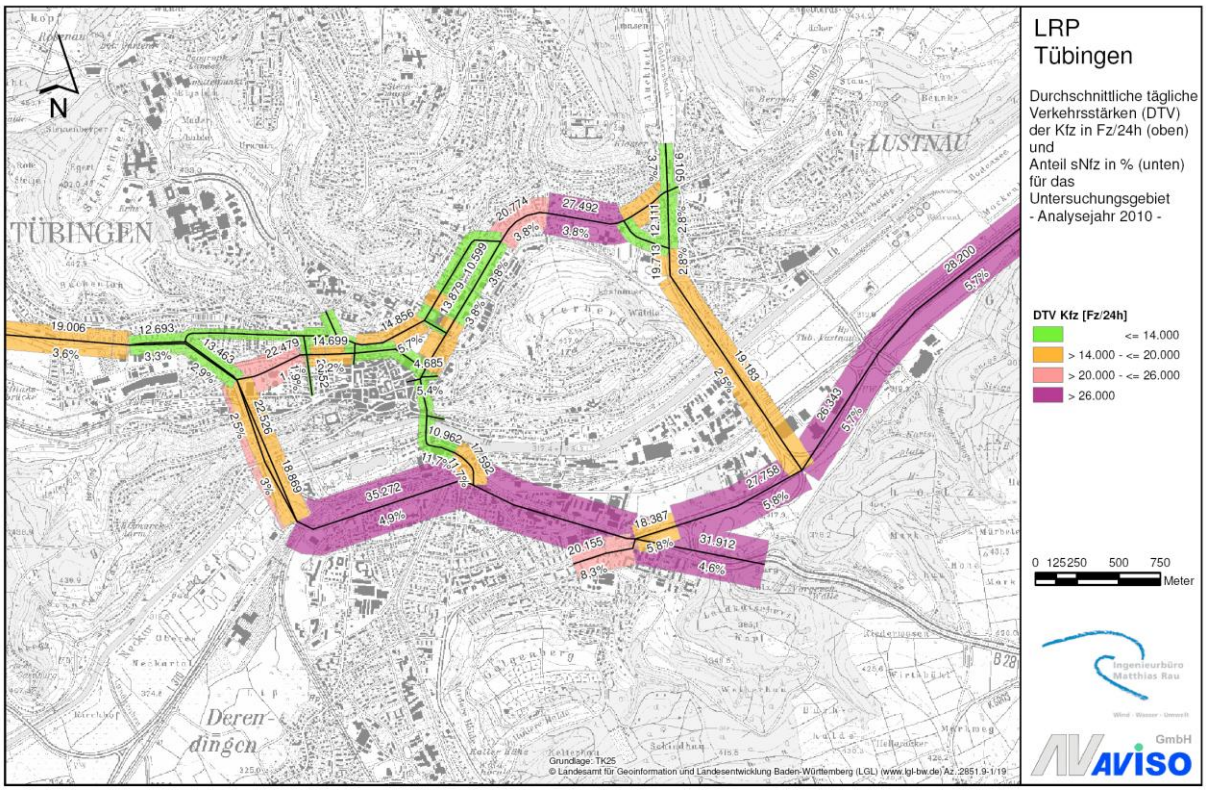


Bild 2.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) Untersuchungsgebiet Tübingen, Bezugsjahr 2010

Detailbetrachtung ÖPNV-Belastung in der Mühlstraße

Die Mühlstraße spielt für den ÖPNV in Tübingen eine zentrale Rolle, da fast alle Buslinien dort entlang führen. Es handelt sich dabei um einen Straßenabschnitt, an dem eine der Messstationen der LUBW steht und der einen der beiden Hot Spots in Tübingen darstellt. Daher wurde speziell für die Mühlstraße im Rahmen einer Detailbetrachtung das Fahrtenaufkommen im ÖPNV analysiert. Dazu wurden folgende Angaben von der SVT zur Verfügung gestellt:

- An „starken“ Tagen (Mo-Fr mit Schule und Semester) fahren ca. 1.800 Busse/Tag über die Mühlstraße; an Samstagen ca. 60% davon und an Sonntagen ca. 40%; in den Schulferien und Semesterferien entspricht der Linienverkehr ca. 75% der Spitzenlast. Danach liegt im Jahresmittel das Fahrtenaufkommen bei ca. 1.350 Fahrten/Tag in der Mühlstraße.
- Angaben zur Prognose der Fahrtenanzahl der Linienbusse in der Mühlstraße sind aus Sicht der SVT schwierig. Es wird momentan davon ausgegangen, dass es 2013 eine Neukonzeption des Netzes geben wird. Ziel dabei ist es, ein verbessertes Angebot bei ggf. gleicher oder geringfügig verringerter Fahrtenzahl zu erreichen. Für die Berechnungen wurde daher von einer Stagnation der Anzahl der Busfahrten bis 2013 ausgegangen.

3 Maßnahmen

3.1 Umweltzone

Mit der vorliegenden Kennzeichnungsverordnung (10. Oktober 2006, am 01.03.2007 in Kraft getreten) kann in einem Gebiet (Umweltzone) eine Durchfahrtsbeschränkung für Kraftfahrzeuge, die die Anforderungen für bestimmte Schadstoffgruppen nicht erfüllen, umgesetzt werden. Im November 2007 wurde eine Änderung der Kennzeichnungsverordnung vom Bundeskabinett beschlossen. Dies betrifft zum Einen die Nachrüstung der Dieselfahrzeuge mit Partikelfiltern, die jetzt sowohl für Pkw als auch für Nutzfahrzeuge umfassend in der Straßenverkehrsordnung (StVZO Anlage XXVI und Anlage XXVII) geregelt ist. Zum Anderen wurden die Pkw mit Gkat nach US-Norm den Otto-Pkw Euro1 hinsichtlich ihrer Eingruppierung in die Schadstoffgruppe 4 gleichgestellt.

In der Kennzeichnungsverordnung ist die Einteilung der Fahrzeuge in vier Schadstoffgruppen (SG) und die Vergabe von drei verschiedenen Plaketten geregelt (vgl. Tab. 3.1). Demnach erhalten Diesel-Fahrzeuge mit der Schadstoffnorm Euro 1/I und schlechter und Otto-Fahrzeuge vor Euro 1 (Ausnahme Gkat nach US-Norm (Anlage XXIII)) keine Plakette. Für die übrigen Fahrzeuge werden bei Diesel-Fahrzeugen in Abhängigkeit der eingehaltenen Euro-Norm drei verschiedene Plaketten vergeben.

Durch erfolgreiche Nachrüstung eines Partikelfilters können Autofahrer die Eingruppierung in eine bessere Schadstoffgruppe erreichen. Die Nachrüstung von Diesel-Pkw mit einem Partikelfilter wurde steuerlich gefördert (im Zeitraum vom 01.01.2006 bis 31.12.2009), während Besitzer von Diesel-Pkw ohne Partikelfilter ab April 2007 bis März 2011 einen Steueraufschlag erhielten. Gemäß der Entscheidung des Bundeskabinetts vom 16.12.2009 wurde diese staatliche Förderung der Rußfilter-Nachrüstung für Diesel-Pkw um ein Jahr, d.h. bis Ende 2010, verlängert. Neu hinzugekommen ist, dass nun auch die leichten Nutzfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von bis zu 3,5 Tonnen gefördert werden.

Wenn von der Durchfahrtsbeschränkung in der geplanten Umweltzone z. B. alle Fahrzeuge, die nicht der Schadstoffgruppe 3 oder einer höheren Klasse zugeordnet werden, betroffen sein sollen, sind dies gemäß der Kennzeichnungsverordnung alle Dieselfahrzeuge schlechter als Euro 3 (ausgenommen Diesel, die mit Partikelfilter nachgerüstet sind und dadurch den Standard Euro 3 erfüllen) und alle Otto-Fahrzeuge schlechter Euro 1.

Tab. 3.1: Kennzeichnungsverordnung Stand 10. Okt. 2006 mit Änderung Nov. 2007

KennzeichnungsVO vom 10. Oktober 2006 mit Änderung Stand November 2007		**SG 1 [3]** ohne Plakette	**SG 2 [3]** rot mit Ziffer 2	**SG 3 [3]** gelb mit Ziffer 3	**SG 4 [3]** grün mit Ziffer 4
Pkw /lNfz	**sNfz**				
Diesel Euro 1[1] und davor	Diesel Euro I[1] und davor				
Diesel Euro 2 [1]	Diesel Euro II [1]				
Diesel Euro 3 [1]	Diesel Euro III [1]				
Diesel Euro 4	Diesel Euro IV, V, EEV [2]				
Otto vor Euro 1 (ohne Gkat Anlage XXIII [4])					
Otto ab Euro 1, Gkat Anlage XXIII [4], Elektro-, Brennstoffzellenfahrzeug					

[1] Die Ausrüstung mit einem Partikelminderungssystem entsprechend der StVZO kann zu einer Heraufsetzung der Schadstoffgruppe führen (Anlage XXVI für Pkw und Anlage XXVII für lNfz und sNfz)

[2] EEV = Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

[3] Schadstoffgruppe

[4] Nachträglich wurden Fahrzeuge, die von der Anlage XXIII erfasst werden (Emissionsschlüsselnr. 01, 02), und Fahrzeuge, die durch die 52. Ausnahmeverordnung zur StVZO erfasst werden (Emissionsschlüsselnr. 77) den Euro1-Fzgen gleichgestellt.

Um die emissionsseitige Wirkung einer Umweltzone zu ermitteln, werden die Emissionen für das Gebiet bzw. ausgewählte Straßenzüge in dem Gebiet der Umweltzone berechnet. Die potentielle Wirkung auf die außerhalb dieses Gebiets liegenden Strecken kann im Rahmen dieser groben Maßnahmenabschätzung nicht erfasst werden. Hierzu müssten die durch die Sperrung entstehenden komplexen Verkehrsverlagerungen mit Hilfe eines Umlegungsmodells abgebildet werden.

Erste Erfahrungen aus Berlin zeigen, dass es dort nach Einführung der Umweltzone nicht zu signifikanten Veränderungen der Verkehrsbelastungen auf den Strecken innerhalb oder außerhalb der Umweltzone gekommen ist /LUTZ 2010/. Auch von anderen Städten sind keine entsprechenden Erkenntnisse aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit den realisierten Umweltzonen vor. Daher wurde auch für die Berechnungen für Tübingen angenommen, dass die Verkehrsstärken auch durch die Verschärfung der Umweltzone nicht verändert werden.

In Tübingen ist bereits seit 1.3.2008 eine Umweltzone eingerichtet (vgl. Bild 3.1). Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 (ohne Plakette) dürfen die Umweltzone nicht befahren. Geplant ist, die Umweltzone stufenweise zu verschärfen.

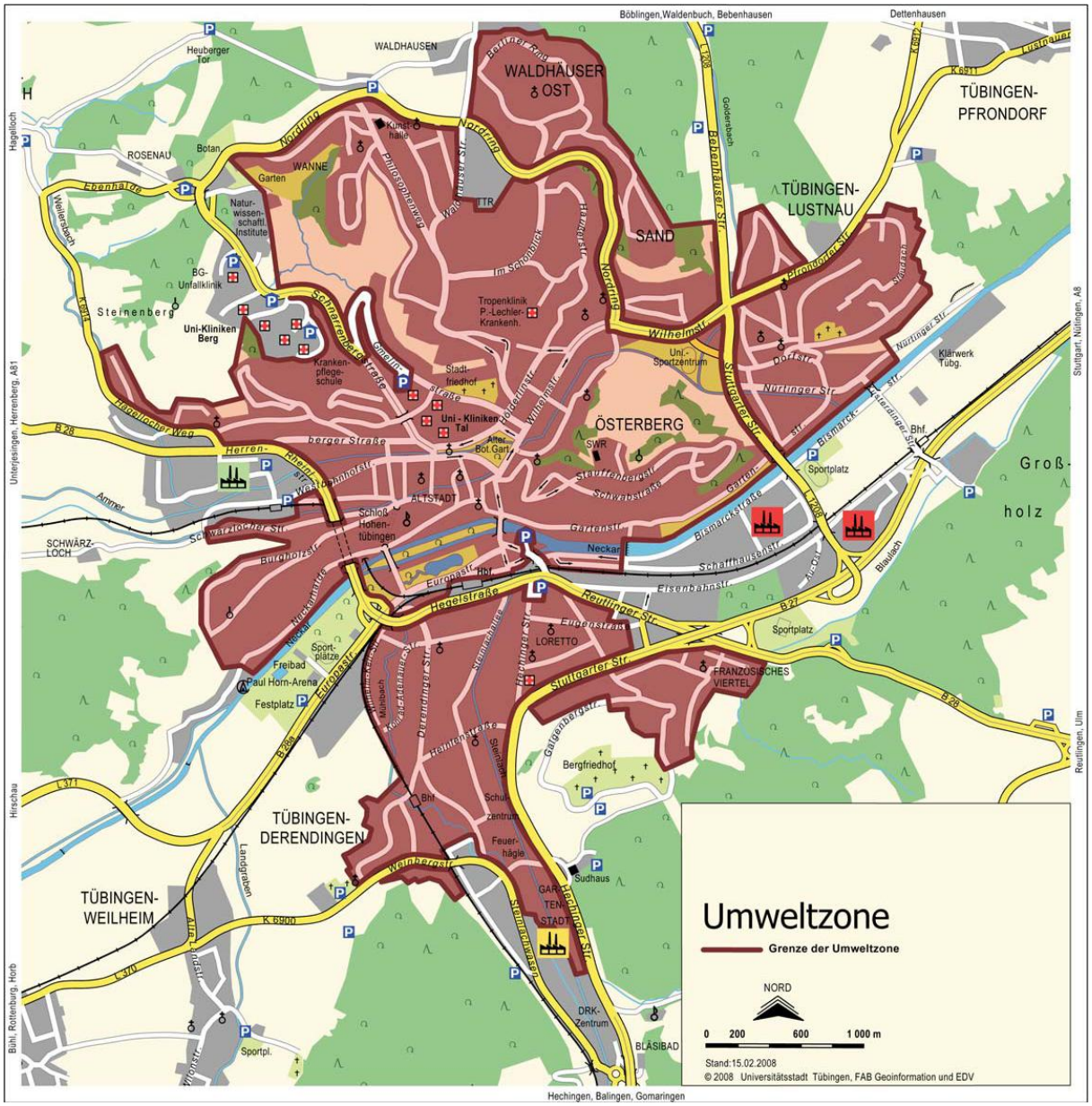


Bild 3.1: Umweltzone Tübingen /Tübingen 2011/

3.2 Sperrung Eberhardsbrücke

Im Rahmen des VEP Tübingen /VEP 2008/ wurden verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der verkehrlichen Situation im Bereich Mühlstraße untersucht. Dazu gehört auch die Maßnahme „Sperrung der Eberhardsbrücke für den motorisierten Individualverkehr (MIV)“.

Im VEP sind die verkehrlichen Wirkungen für diesen Maßnahmenfall abschnittsbezogen ermittelt worden /VEP 2008, R+T 2011/. Die Änderungen der Verkehrsbelastungen wurden auf die aktuellen Verkehrsbelastungen der Streckenabschnitte im Untersuchungsgebiet übertragen und sind in

Bild 3.2 dargestellt.

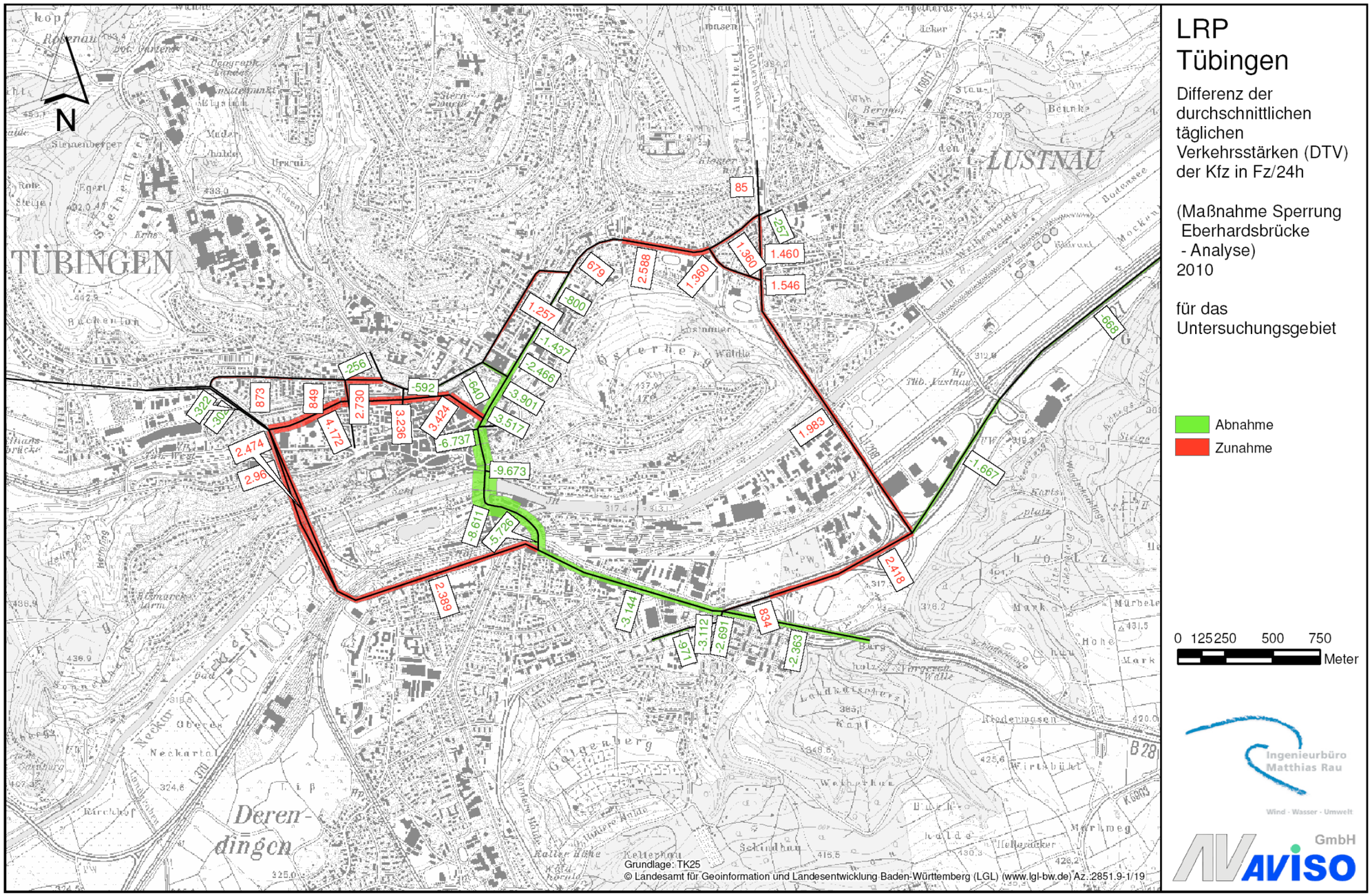


Bild 3.2: Differenz der Verkehrsbelastungen Maßnahmenfall „Sperrung Eberhardsbrücke für den MIV“ zu Nullfall; übernommen aus dem VEP Tübingen /VEP 2008, R+T 2011/

4 Grundlagen der Emissionsberechnung (HBEFA3.1)

Wesentliche Datengrundlage zur Ermittlung der Emissionen stellt das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs aktuell in der Version 3.1 (HBEFA3.1) dar /HBEFA 2010/.

Die HBEFA3.1-Datenbank enthält pro Fahrzeugart für jede einzelne Fahrzeugschicht (unterschieden nach Motorkonzept, Euronormstufe, Hubraum, Gewichtsklasse, etc.) pro Verkehrssituation sogenannte Schichtemissionsfaktoren für verschiedene Abgaskomponenten. Die Schichtemissionsfaktoren geben die charakteristischen spezifischen Abgasemissionen für die betrachtete Verkehrssituation in g/(Fzg*km) an. Diese Schichtemissionsfaktoren wurden im Rahmen umfangreicher europäischer Projekte ermittelt, wobei zunächst typische Real-World-Fahrzyklen definiert und daraus die sogenannten Verkehrssituationen abgeleitet worden waren (vgl. z.B. /HAUSBERGER 2010/).

In HBEFA3.1 sind zur Ermittlung der Emissionsfaktoren je Fahrzeugart typische bundesmittlere Flottenzusammensetzungen für Autobahn, Außerortsstraßen oder Innerortsstraßen hinterlegt.

Da aber die Flottenzusammensetzung sich regional insbesondere für die Pkw und lNfz durchaus von der bundesmittleren Flottenzusammensetzung unterscheiden kann, wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung für die Pkw und lNfz eine regionale Flottenzusammensetzung berücksichtigt.

4.1 Flottenzusammensetzung 2010, 2012 und 2013

Die Daten zur Flottenzusammensetzung (dynamischer Bestand) basieren auf der Datengrundlage des landesweiten Emissionskatasters Straßenverkehr /AVISO 2009/, die pro Zulassungsbereich und Bezugsjahr Daten zum dynamischen Bestand enthält.

Für Tübingen sind dort für die Fahrzeuggruppen Pkw und lNfz die Bestandsdaten des Zulassungsbezirks Tübingen berücksichtigt, aus denen mittels einer Fahrleistungsgewichtung die Flottenzusammensetzung für Innerortsstraßen abgeleitet worden war. Es wurde eine Anpassung an die Fahrzeugschichtendefinition aus dem aktuellen HBEFA3.1 /HBEFA2010/ durchgeführt.

Das Emissionsverhalten von schweren Nutzfahrzeugen wird stärker vom überregionalen als vom regionalen Bestand bestimmt, daher wurde für die schweren Nutzfahrzeuge die aktuelle bundesmittlere Flottenzusammensetzung aus HBEFA3.1 für das Bezugsjahr 2012 bzw. 2013 verwendet.

Seit 01.03.2008 ist in Tübingen eine Umweltzone realisiert und es dürfen momentan nur noch Fahrzeuge mit einer Plakette (rot, gelb, grün) in dieses Gebiet (vgl. Kap.3) einfahren.

Am 01.01.2012 wird eine Verschärfung der Umweltzone in Kraft treten, dann dürfen nur noch Fahrzeuge mit gelber und grüner Plakette einfahren. Eine weitere Verschärfung ist für 2013 geplant, so dass dann nur noch Fahrzeuge mit grüner Plakette einfahren dürfen.

Dies wurde bei der Ermittlung der Flottenzusammensetzung berücksichtigt, indem die Flottenzusammensetzung entsprechend modifiziert wurde. Es wurden die Fahrzeuge, die nicht in die Umweltzone einfahren dürfen, aus der Flotte entfernt und die verbleibenden Fahrzeuge wieder auf 100% normiert (d.h. die verbleibenden Flottenanteile wurden entsprechend ihrem Anteil an der Gesamtflotte umgeschichtet).

In der nachfolgenden Tabelle und Darstellung ist die prognostizierte Entwicklung der Bestandszusammensetzung für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (lNfz) und die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) auf Innerortsstraßen von 2010 (SG1), 2012 (SG12) und 2013 (SG123) dargestellt. Zusätzlich ist die Flottenzusammensetzung für eine vorgezogene grüne Umweltzone in 2012 (SG123) mit aufgeführt.

Grundsätzlich zeigt sich bei allen Fahrzeuggruppen, dass die Bestandszusammensetzung sich weiter kontinuierlich verändern wird, hin zu Fahrzeugen, die die strengeren Abgasnormen (Euro 4, Euro 5, Euro 6) erfüllen. Durch die Verschärfung der Umweltzone wird dies noch verstärkt.

Daher sind aufgrund der bereits realisierten bzw. für 2012 vorgesehenen verschärften Umweltzone (Einfahrverbot für Fahrzeuge Schadstoffgruppe 1 und 2) keine Diesel-Fahrzeuge Euro 0/1/2 und keine Otto-Fahrzeuge vor Euro 1 in der Flottenzusammensetzung 2012 (SG12) vorhanden. In der Flottenzusammensetzung 2012 (SG123) und 2013 (SG123) sind zusätzlich die Dieselfahrzeuge Euro 3 ausgesperrt.

Es wurden, im Sinne einer Maximalbetrachtung, keine Ausnahmen für das Befahren der Umweltzone berücksichtigt. Für die Kräder gibt es keine Beschränkungen.

Tab. 4.1: Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Tübingen für die Fahrzeuggruppen Pkw, lNfz und sNfz, Bezugsjahre 2010, 2010 (SG 1), 2012 (SG12), 2012 (SG123) und 2013 (SG123)

		2010	2010 SG1	2012 SG1,2	2012 SG1,2,3	2013 SG1,2,3
Pkw	Otto vor E1	0,8%	-	-	-	-
	Otto E1	5,1%	5,3%	3,7%	4,2%	3,5%
	Otto E2	5,1%	5,3%	3,3%	3,7%	2,9%
	Otto E3	20,2%	20,7%	17,2%	19,2%	16,2%
	Otto E4	27,5%	28,3%	24,9%	28,0%	25,3%
	Otto E5	1,2%	1,2%	9,8%	10,9%	13,9%
	Otto E6	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	1,6%
	Gas/Alternativ	0,4%	0,4%	0,5%	0,6%	0,7%
	Ds vor E1	0,6%	-	-	-	-
	Ds E1	1,3%	-	-	-	-
	Ds E2	3,3%	3,4%	-	-	-
	Ds E3	13,6%	14,0%	10,9%	-	-
	Ds E4	19,7%	20,2%	17,8%	19,9%	17,5%
	Ds E5	1,1%	1,2%	11,4%	12,8%	17,6%
	Ds E6	0,1%	0,1%	0,3%	0,4%	0,8%
lNfz	Otto vor E1	0,6%	-	-	-	-
	Otto E1	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%
	Otto E2	0,9%	1,0%	0,5%	0,6%	0,4%
	Otto E3	0,5%	0,5%	0,4%	0,4%	0,3%
	Otto E4	2,5%	2,6%	2,2%	2,7%	1,9%
	Otto E5	0,0%	0,0%	0,8%	0,9%	1,5%
	Otto E6	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Gas/Alternativ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
	Ds vor E1	2,3%	-	-	-	-
	Ds E1	2,5%	-	-	-	-
	Ds E2	11,2%	11,9%	-	-	-
	Ds E3	25,4%	26,8%	17,8%	-	-
	Ds E4	53,1%	56,2%	56,1%	68,2%	50,6%
	Ds E5	0,8%	0,8%	21,5%	26,2%	43,9%
	Ds E6	0,0%	0,0%	0,6%	0,7%	1,3%
sNfz	Ds vor E I	5,4%	-	-	-	-
	DS E I	3,0%	-	-	-	-
	Ds E II	12,1%	13,3%	-	-	-
	Ds E III	27,5%	29,9%	20,6%	-	-
	Ds E IV	15,5%	16,9%	12,9%	15,4%	12,4%
	Ds E V	36,6%	39,9%	66,1%	84,1%	83,6%
	Ds E VI	0,0%	0,0%	0,4%	0,5%	3,9%

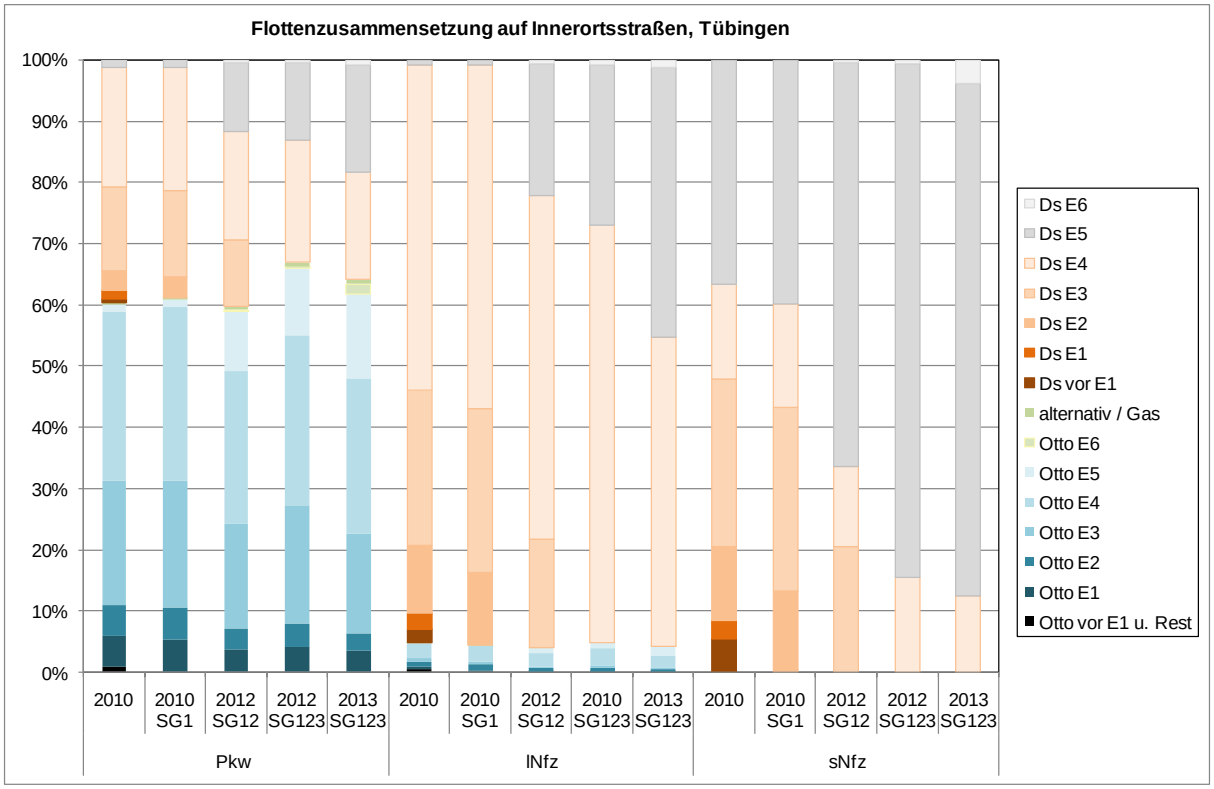


Bild 4.1: Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Tübingen für die Fahrzeuggruppen Pkw, lNfz und sNfz, Bezugsjahre 2010 (SG 1), 2012 (SG12), 2012 (SG123) und 2013 (SG123)

Anteil der von der Aussperrung betroffenen Fahrzeuge

Der prognostizierte Anteil der jeweils von der Aussperrung betroffenen Fahrzeuge im statischen (gemeldeten) Bestand ist in der nachfolgenden Tabelle angegeben. Diese Anteile sind stets etwas höher als die entsprechenden Anteile in der dynamischen Flottenzusammensetzung auf der Straße (ohne Aussperrung), da z.B. ältere Fahrzeuge eine geringere mittlere Fahrleistung haben als neuere Fahrzeuge.

Tab. 4.2: Prognostizierter Anteil der von der jeweiligen Aussperrung betroffenen Fahrzeuge im statischen Bestand, Untersuchungsgebiet Tübingen

Jahr	Aussperrungstiefe	Anteil ausgesperrter Fahrzeuge im Bestand		
		Pkw	lNfz	sNfz
2010	SG1	3,2%	12,2%	12,9%
2012	SG12	5,0%	17,0%	18,9%
2012	SG123	15,6%	39,5%	41,0%
2013	SG123	13,9%	31,7%	34,7%

4.2 Detailbetrachtung Busflotte im ÖPNV

Es wurde eine zusätzliche Detailbetrachtung für die Mühlstraße durchgeführt. Dort liegt der Anteil des Schwerverkehrs bei 14%, wobei dieser nahezu vollständig durch die Linienbusse des ÖPNV erbracht wird. Schwere Nutzfahrzeuge >3,5 t zul. GG fahren praktisch nicht durch die Mühlstraße, da die Durchfahrt für Lkw>7,5 t zul. GG gesperrt ist.

Die Mühlstraße ist für den MIV eine Einbahnstraße Richtung Norden mit einer Steigung von ca. 2%. Der Busverkehr darf die Mühlstraße auch in Fahrtrichtung Süden befahren. Die Mühlstraße wird von fast allen Buslinien durchquert (Verbindung Hauptbahnhof/ZOB Richtung Innenstadt).

Für die Detailbetrachtung Mühlstraße wurden speziell für die ÖPNV-Busflotte separate Emissionsfaktoren berechnet. Hierzu wurden die folgenden Informationen, die durch die SVT zur Verfügung gestellt wurden, verwendet:

- Zusammensetzung der Fahrzeugflotte in 2009 für die Busflotte der SVT und der zwei anderen Verkehrsbetriebe, die Buslinien bedienen, die durch die Mühlstraße führen (Regionalbus Stuttgart (RBS) und Omnibus Groß). Nach Angaben der SVT verteilt sich die Fahrleistung der Busse wie folgt auf die drei Verkehrsbetriebe: 85% SVT, 8% Groß, 7% RBS.

Tab. 4.3: Zusammensetzung der Busflotte Tübingen 2009

	SVT 2010	Regiobus ST 2010	Obus Groß 2010	Summe 2010
E 0	0	0	0	0
E I	0	0	0	0
E II	0	2	0	2
E III	0	2	0	2
E III CRT	24	0	2	26
	0	0	0	0
E IV	0	1	0	2
E IV CRT	1	0	0	1
E V	0	1	0	1
E V EEV	34	0	2	36
E VI	0	0	0	0
Summe	59	6	5	69
Anteil an Bus-Fahrleistung	*85%*	*8%*	*7%*	

- Für die Busflotte der SVT gab es in 2010 keine Veränderung und in 2011 werden 3 Neufahrzeuge Euro V EEV im Ersatz für 3 Euro III CRT Busse angeschafft. Bei Omnibus Groß wird bis 2011 ein Euro III CRT durch einen neuen Euro V EEV Bus ersetzt.

- Nach Angaben der SVT handelt es sich bei allen E V EEV Bussen um Fahrzeuge, die mit Ad-Blue fahren, d.h. mit einer SCR-Abgasnachbehandlungstechnik ausgerüstet sind.
- Im Internet auf der Homepage der SVT werden die EV EEV Busse als emissionsseitig sehr günstige Fahrzeuge beschrieben, die bereits die E VI Grenzwerte einhalten. Nach Auskunft der SVT bezieht sich diese Aussage nur auf die Partikel, die durch den Einsatz eines Partikelfilters im Abgas auf einem sehr geringen Niveau liegen.
- Für die weitere Entwicklung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte bis 2013 sind momentan von Seiten der SVT noch keine Angaben möglich. Es wurde daher angenommen, dass ca. 5% der Busflotte pro Jahr durch neue, die jeweils aktuellste Grenzwertstufe einhaltende, Fahrzeuge ersetzt wird. Unter Berücksichtigung dieser Annahmen ergeben sich für die Jahre 2012 und 2013 die in folgender Tabelle aufgeführte Zusammensetzung der Busflotte für Tübingen

Tab. 4.4: Prognose der Zusammensetzung der Busflotte Tübingen bis 2013

	2010	2011	2012	2013
E 0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
E I	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
E II	2,9%	2,9%	0,0%	0,0%
E III	2,3%	2,3%	0,0%	0,0%
E III CRT	37,2%	32,2%	31,7%	26,6%
	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
E IV	2,4%	2,4%	2,9%	2,9%
E IV CRT	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%
E V	1,5%	1,5%	1,4%	1,4%
E V EEV	52,2%	57,2%	57,6%	57,6%
E VI	0,0%	0,0%	5,0%	10,1%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

4.3 Verkehrssituation nach HBEFA3.1

Die Schichtemissionsfaktoren sind in HBEFA3.1 für unterschiedliche Fahr-/Straßen- und Verkehrszustände angegeben. Diese wurden in einem Schema von Verkehrssituationen kategorisiert. Den Streckenabschnitten im Untersuchungsgebiet wurde in Abhängigkeit von Lage, Funktion und Verkehrsbelastung jeweils eine charakteristische Hauptverkehrssituation zugewiesen.

Neben der Hauptverkehrssituation ist der Störungsgrad im Verkehrsablauf (Level of Service) zur vollständigen Bestimmung der Verkehrssituation notwendig. Dieser wurde über die Berechnung des Tagesgangs der Verkehrsstärken und des stündlichen Auslastungsgrades abgeleitet.

4.4 Emissionsfaktoren NO_X und PM10-Abgas

Die Abgas-Emissionsfaktoren wurden für die Schadstoffe NO_X und PM10 unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Annahmen zur Bestands- und Flottenzusammensetzung und der Schichtemissionsfaktoren aus HBEFA3.1 für die Fahrzeugarten Pkw, lNfz, sNfz und Busse (ÖPNV) für die Bezugsjahre 2010 (SG1), 2012 (SG12) und 2013 (SG123) ermittelt.

In den nachfolgenden Bildern sind für die Stadt Tübingen für ausgewählte Hauptverkehrssituationen die Abgas-Emissionsfaktoren für NO_X und Partikel im Abgas (PAR-Abgas) für den Nullfall 2010 (SG1) dargestellt. Diese spezifischen Emissionsfaktoren geben die emittierte Schadstoffmenge in g pro Fahrzeug und km an. Bezüglich der Partikelgrößenverteilung wird davon ausgegangen, dass die Partikel (PAR-Abgas) vollständig der PM10-Fraktion und auch der PM2.5-Fraktion zugerechnet werden können.

Deutlich zu erkennen ist, dass die NO_X-Emissionsfaktoren der schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) teilweise um den Faktor 10 höher liegen als die der Pkw. Auch bei den PAR-Abgasemissionsfaktoren zeigt sich ein ähnliches Bild, wobei hier auch die Emissionsfaktoren der lNfz in einer ähnlichen Größenordnung wie die der sNfz liegen, und damit deutlich über der Pkw-PAR-Abgasemissionsfaktoren.

Auffallend ist auch, dass die NO_X-Emissionsfaktoren der Busse (innerorts, ÖPNV-Flotte) noch höher sind als die der sNfz, obwohl die Flotte zu über 50% aus EV EEV Bussen besteht. Dagegen liegen die PAR-Emissionsfaktoren deutlich niedriger als die der sNfz, u.a. weil die EIII-Busse alle mit Partikelfiltern (CRT) ausgerüstet sind.

Für die Prognosejahre 2012 (SG12), 2012 (SG123) und 2013 (SG123) ergeben sich aufgrund der verbesserten Flottenzusammensetzung hin zu emissionsärmeren Fahrzeugen im Prinzip ähnliche Verhältnisse wie in Bild 4.2 und Bild 4.3 für 2010 (SG1) dargestellt, auf einem jeweils etwas geringerem Niveau.

4.5 Emissionsfaktoren PM10 durch Aufwirbelung und Abrieb

Um die gesamten verkehrsbedingten PM10-Emissionen zu erfassen, müssen neben den Abgasemissionen die Emissionen infolge von Reifen-, Brems- und Kupplungsabrieb, Straßenabrieb und Aufwirbelung von Straßenstaub berücksichtigt werden.

Hierfür wurden nach einer ersten Plausibilitätsprüfung die im landesweiten Emissionskataster verwendeten Emissionsfaktoren weiterhin genutzt, wobei eine geeignete Übertragung auf die Verkehrssituationen nach HBEFA3.1 berücksichtigt wurde.

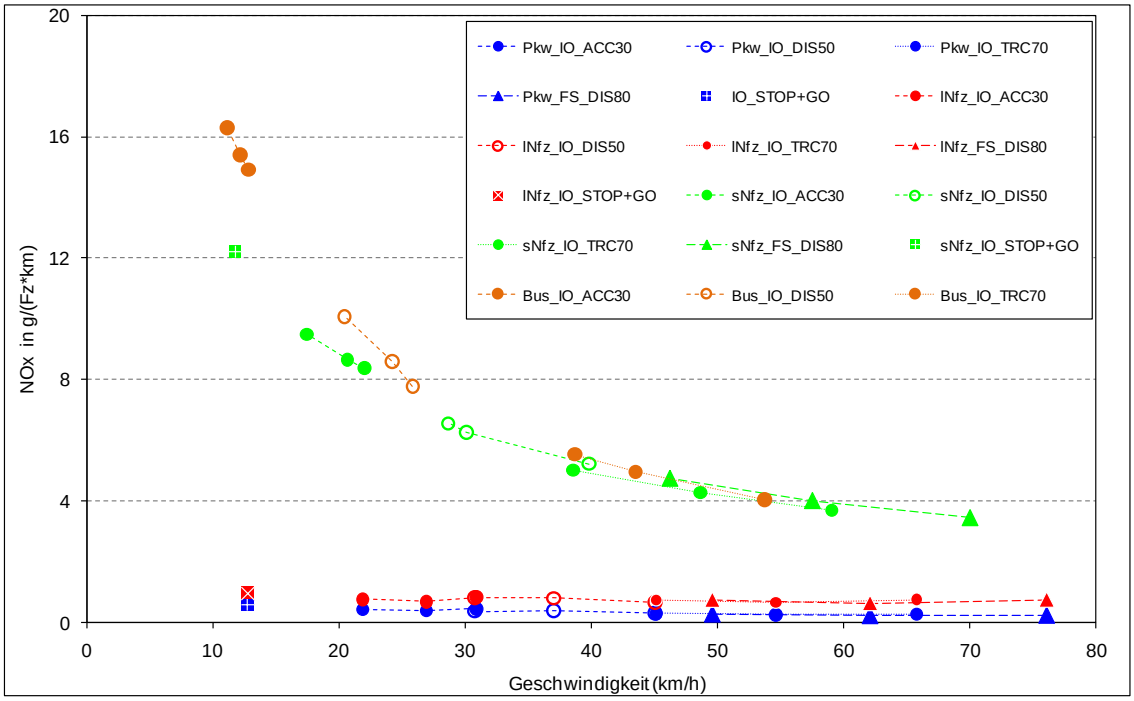


Bild 4.2: NO_X-Emissionsfaktoren für PKW, lNfz, sNfz und Busse (ÖPNV), Tübingen 2010 (SG1) für die Ebene (sinkende Geschwindigkeiten innerorts stellen hier Verkehrssituationen mit einem steigenden Störungsgrad dar; Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen kann hiermit nicht abgebildet werden)

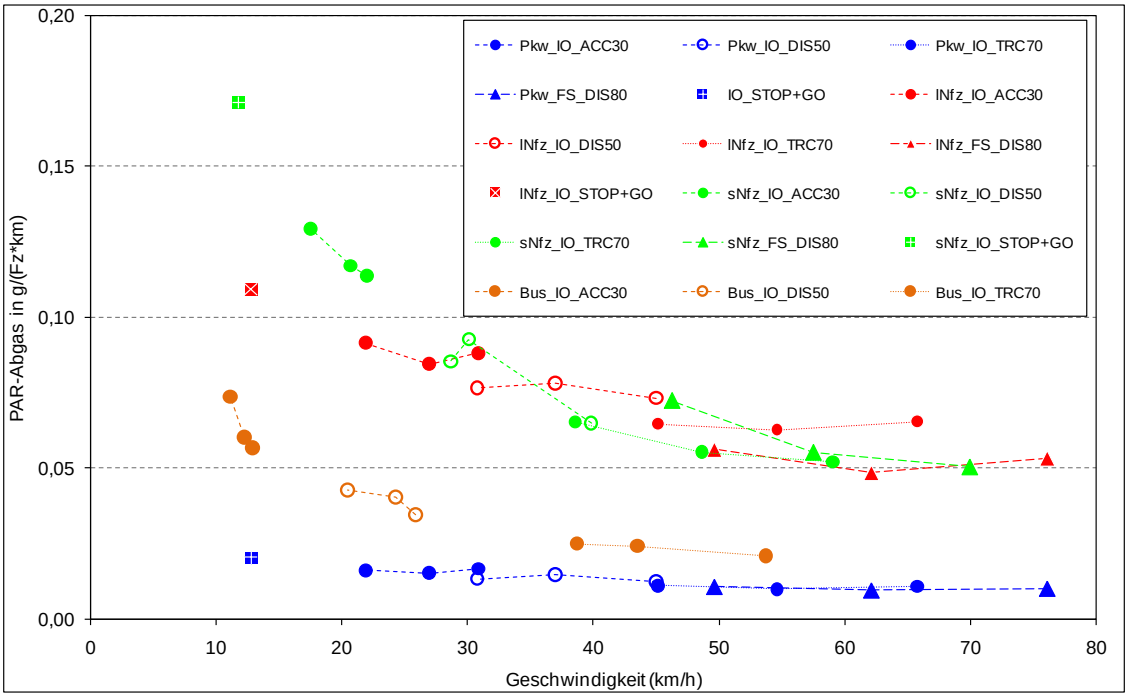


Bild 4.3: PM10-Abgas-Emissionsfaktoren für PKW, lNfz, sNfz und Busse (ÖPNV), Tübingen 2010 (SG1) für die Ebene (sinkende Geschwindigkeiten innerorts stellen hier Verkehrssituationen mit einem steigenden Störungsgrad dar; Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen kann hiermit nicht abgebildet werden

5 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs

Unter Verwendung der in Kap. 2 dargestellten Verkehrsdatenbasis und der in Kap. 4 beschriebenen NO_X- und PM10-Emissionsfaktoren wurden die Emissionen für den Nullfall 2010 (SG1), die Maßnahmen Verschärfung der Umweltzone 2012 und 2013 und die Maßnahme Sperrung der Eberhardsbrücke für den MIV mit dem Emissionsberechnungsmodell road-TEIM berechnet.

Die pro Tagesgruppe ermittelten stündlichen Emissionen wurden zu Jahreswerten aggregiert.

Nachfolgend sind die berechneten Emissionen für die zwei Hot Spots mit Überschreitung des Grenzwertes (Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße) tabellarisch und grafisch aufgeführt.

Die Ergebnisse der übrigen Streckenabschnitte finden sich im Anhang.

Mühlstraße

Tab. 5.1 zeigt die Jahresfahrleistungen und Gesamtemissionen, differenziert nach Fahrzeuggruppen, für den Hot Spot Mühlstraße für das Bezugsjahr 2010 (SG1).

Für die Mühlstraße ist zu berücksichtigen, dass dort für schwere Nutzfahrzeuge >7,5 t zul. GG die Durchfahrt verboten ist und der hohe Anteil der sNfz (14,3%) an der Verkehrsstärke nahezu vollständig durch die Busse des ÖPNV erbracht wird. Aufgrund ihrer Lage und Funktion (Nähe Hauptbahnhof/Omnibusbahnhof, Verbindung zur Innenstadt) fahren fast alle Buslinien über die Mühlstraße.

Der Anteil der sNfz/Busse an den NO_X-bzw. PM10-Gesamtemissionen liegt mit 76% bzw. 51% sehr hoch. Es zeigt sich damit deutlich, dass die schweren Nutzfahrzeuge, das sind im Falle der Mühlstraße fast ausschließlich die Busse, überproportional zu den Emissionen beitragen.

Der Anteil der PM10-Emissionen, Aufwirbelung und Abrieb an den PM10-Gesamtemissionen, liegt bei 76%.

Tab. 5.1: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV), NO_X- und PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Mühlstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2010 (SG1)

		Pkw	lNfz	sNfz/Busse	Krad	Kfz
DTV	kfz/24h	7843	292	1395	194	9724
		80,7%	*3,0%*	*14,3%*	*2,0%*	*100,0%*
NO_X	kg/km*a	1203,58	105,96	4165,09	6,88	5481,51
		22,0%	*1,9%*	*76,0%*	*0,1%*	*100,0%*
PM10 Abgas ges.	kg/km*a	46,43	9,85	18,89	0,00	75,17
		61,8%	*13,1%*	*25,1%*	*0,0%*	*100,0%*
PM10 AWAR*	kg/km*a	92,73	3,43	140,12	2,30	238,58
		38,9%	*1,4%*	*58,7%*	*1,0%*	*100,0%*
PM10 Gesamt	kg/km*a	139,16	13,28	159,01	2,30	313,75
		44,4%	*4,2%*	*50,7%*	*0,7%*	*100,0%*

* Aufwirbelung und Abrieb

In Tab. 5.2 und Tab. 5.3 und den Bildern 5.1 und 5.2 sind die Emissionen für 2012 (SG12), 2012 (SG123) und 2013 (SG123) den Ergebnissen für 2010 (SG1) gegenübergestellt.

Für den Maßnahmenfall 2012 (SG12, gelbe Umweltzone) werden gegenüber 2010 (SG1) ca.10% geringere NO_X-Emissionen und 36% geringere Partikel-Abgasemissionen prognostiziert. Da die PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb nicht von der Abgasminderungstechnik abhängen und sich bei geringfügiger Veränderung der Fahrleistung kaum verändern, ergeben sich für die gesamten PM10-Emissionen Reduktionen von ca. 8%.

Für die noch verschärfte grüne Umweltzone 2012 (SG123) werden höhere Emissionsreduktionen im Vergleich zu 2010 (SG1) ermittelt, da noch mehr ältere Fahrzeuge aus der Flotte ausgeschlossen sind. Für NO_X liegen die Reduktionen bei 13%, für Partikel-Abgas bei 56%. Die PM10-Gesamtemissionen sinken gegenüber dem Nullfall 2010 (SG1) um 13%.

Im Falle grüne Umweltzone 2013 (SG123) liegen die Emissionsreduktionen beim –18% für NO_X und –15% für PM10 gesamt, bezogen auf den Analysefall 2010 (SG12).

Für die Maßnahme Sperrung der Eberhardsbrücke wird eine Reduktion der Verkehrsstärke um 69% prognostiziert, wobei diese sich auf die Pkw, Krad und lNfz beschränkt, da die Busse von der Sperrung ausgenommen sind. Für die NO_X-Emissionen ergibt sich in diesem Fall eine Reduktion von 22% und für die PM10-Gesamtemissionen von 43%.

Tab. 5.2: DTV-Werte und NO_X-Emissionen für den Hot Spot Mühlstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahmenfälle 2012 (SG12), 2013 (SG123), 2012 (SG123) und Sperrung Eberhardsbrücke im Vergleich zu Bezugsjahr 2010 (SG1)

Tübingen, Mühlstraße		Pkw	lNfz	sNfz/Bus	Krad	Kfz
DTV	2010 SG1	7.843	292	1.395	194	9.724
kfz/24h	2010 Sperrung Eberhardbr.	1.499	56	1.395	37	2.987
	2012 SG 12	7.898	296	1.395	195	9.784
	2012 SG 123	7.898	296	1.395	195	9.784
	2013 SG 123	7.905	297	1.395	196	9.793
	Diff % 2010sperr/2010sg1	*-80,9%*	*-80,8%*	*0,0%*	*-80,9%*	*-69,3%*
	Diff % 2012sg12/2010sg1	*0,7%*	*1,4%*	*0,0%*	*0,5%*	*0,6%*
	Diff % 2012sg123/2010sg1	*0,7%*	*1,4%*	*0,0%*	*0,5%*	*0,6%*
	Diff % 2013sg123/2010sg1	*0,8%*	*1,7%*	*0,0%*	*1,0%*	*0,7%*
NOX	2010 SG1	1.203,58	105,96	4.165,09	6,88	5.481,51
kg/km*a	2010 Sperrung Eberhardbr.	212,08	19,61	4.030,57	1,32	4.263,58
	2012 SG 12	1.113,99	96,57	3.733,03	6,62	4.950,21
	2012 SG 123	946,41	88,14	3.733,03	6,62	4.774,20
	2013 SG 123	951,18	86,92	3.462,53	6,52	4.507,14
	Diff % 2010sperr/2010sg1	*-82,4%*	*-81,5%*	*-3,2%*	*-80,8%*	*-22,2%*
	Diff % 2012sg12/2010sg1	*-7,4%*	*-8,9%*	*-10,4%*	*-3,8%*	*-9,7%*
	Diff % 2012sg123/2010sg1	*-21,4%*	*-16,8%*	*-10,4%*	*-3,8%*	*-12,9%*
	Diff % 2013sg123/2010sg1	*-21,0%*	*-18,0%*	*-16,9%*	*-5,3%*	*-17,8%*

Tab. 5.3: DTV-Werte und PM10-Emissionen für den Hot Spot Mühlstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahmenfälle 2012 (SG12), 2013 (SG123), 2012 (SG123) und Sperrung Eberhardsbrücke im Vergleich zu Bezugsjahr 2010 (SG1)

Tübingen, Mühlstraße		Pkw	lNfz	sNfz/Bus	Krad	Kfz
DTV	2010 SG1	7.843	292	1.395	194	9.724
kfz/24h	2010 Sperrung Eberhardbr.	1.499	56	1.395	37	2.987
	2012 SG 12	7.898	296	1.395	195	9.784
	2012 SG 123	7.898	296	1.395	195	9.784
	2013 SG 123	7.905	297	1.395	196	9.793
	Diff % 2010sperr/2010sg1	*-80,9%*	*-80,8%*	*0,0%*	*-80,9%*	*-69,3%*
	Diff % 2012sg12/2010sg1	*0,7%*	*1,4%*	*0,0%*	*0,5%*	*0,6%*
	Diff % 2012sg123/2010sg1	*0,7%*	*1,4%*	*0,0%*	*0,5%*	*0,6%*
	Diff % 2013sg123/2010sg1	*0,8%*	*1,7%*	*0,0%*	*1,0%*	*0,7%*
PM10 Abgas ges.	2010 SG1	46,43	9,85	18,89	0,00	75,17
kg/km*a	2010 Sperrung Eberhardbr.	8,38	1,84	18,40	0,00	28,63
	2012 SG 12	29,69	7,24	11,53	0,00	48,45
	2012 SG 123	14,74	6,80	11,53	0,00	33,07
	2013 SG 123	13,39	5,18	10,22	0,00	28,80
	Diff % 2010sperr/2010sg1	*-82,0%*	*-81,3%*	*-2,6%*	-	*-61,9%*
	Diff % 2012sg12/2010sg1	*-36,1%*	*-26,5%*	*-39,0%*	-	*-35,5%*
	Diff % 2012sg123/2010sg1	*-68,3%*	*-30,9%*	*-39,0%*	-	*-56,0%*
	Diff % 2013sg123/2010sg1	*-71,2%*	*-47,4%*	*-45,9%*	-	*-61,7%*
PM10 AWAR*	2010 SG1	92,73	3,43	140,12	2,30	238,58
kg/km*a	2010 Sperrung Eberhardbr.	15,87	0,59	132,40	0,39	149,25
	2012 SG 12	93,38	3,47	140,12	2,31	239,29
	2012 SG 123	93,38	3,47	140,12	2,31	239,29
	2013 SG 123	93,47	3,49	140,12	2,32	239,40
	Diff % 2010sperr/2010sg1	*-82,9%*	*-82,7%*	*-5,5%*	*-83,0%*	*-37,4%*
	Diff % 2012sg12/2010sg1	*0,7%*	*1,4%*	*0,0%*	*0,5%*	*0,3%*
	Diff % 2012sg123/2010sg1	*0,7%*	*1,4%*	*0,0%*	*0,5%*	*0,3%*
	Diff % 2013sg123/2010sg1	*0,8%*	*1,7%*	*0,0%*	*1,0%*	*0,3%*
PM10 Gesamt	2010 SG1	139,16	13,28	159,01	2,30	313,75
kg/km*a	2010 Sperrung Eberhardbr.	24,25	2,44	150,80	0,39	177,88
	2012 SG 12	123,07	10,71	151,65	2,31	287,74
	2012 SG 123	108,12	10,28	151,65	2,31	272,36
	2013 SG 123	106,86	8,66	150,35	2,32	268,19
	Diff % 2010sperr/2010sg1	*-82,6%*	*-81,6%*	*-5,2%*	*-83,0%*	*-43,3%*
	Diff % 2012sg12/2010sg1	*-11,6%*	*-19,3%*	*-4,6%*	*0,5%*	*-8,3%*
	Diff % 2012sg123/2010sg1	*-22,3%*	*-22,6%*	*-4,6%*	*0,5%*	*-13,2%*
	Diff % 2013sg123/2010sg1	*-23,2%*	*-34,7%*	*-5,5%*	*1,0%*	*-14,5%*

* Aufwirbelung und Abrieb

Unterjesingen, Jesinger Hauptstraße

Für den Hot Spot Jesinger Hauptstraße sind in Tab. 5.4 sind die Jahresfahrleistungen und Gesamtemissionen, differenziert nach Fahrzeuggruppen, für das Bezugsjahr 2010 aufgeführt.

Da für diesen Streckenabschnitt im Rahmen der Untersuchungen zum Tempolimit T30 Messfahrten im Istzustand (T50) und darauf aufbauend detaillierte Emissionsberechnungen durchgeführt worden waren, konnten diese Daten zum Vergleich herangezogen werden. Sie bestätigen die in Tab. 5.4 ausgewiesenen Emissionsmengen.

Auch hier tragen die schweren Nutzfahrzeuge überproportional zu den Emissionen bei. Der Anteil liegt für die NO_X-Emissionen bei 32%, für die PM10-Gesamtemissionen bei 17%, während der Anteil der sNfz an der Fahrleistung knapp 3% beträgt.

Tab. 5.4: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV), NO_X- und PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Jesinger Hauptstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2010

2010		Pkw	lNfz	sNfz	Krad	Kfz
DTV	kfz/24h	15053	444	442	325	16264
		92,6%	*2,7%*	*2,7%*	*2,0%*	*100,0%*
NO_X	kg/km*a	1733,96	109,02	872,16	11,39	2726,53
		63,6%	*4,0%*	*32,0%*	*0,4%*	*100,0%*
PM10 Abgas ges.	kg/km*a	71,44	12,76	11,23	0,00	95,43
		74,9%	*13,4%*	*11,8%*	*0,0%*	*100,0%*
PM10 AWAR *	kg/km*a	181,58	5,15	46,28	3,93	236,94
		76,6%	*2,2%*	*19,5%*	*1,7%*	*100,0%*
PM10 Gesamt	kg/km*a	253,02	17,90	57,51	3,93	332,37
		76,1%	*5,4%*	*17,3%*	*1,2%*	*100,0%*

Eine Gegenüberstellung der Emissionen für 2010, 2012 (SG12) und 2013 (SG123) für die Jesinger Hauptstraße ist in Tab. 5.5 und den Bildern 5.1 und 5.2 zu finden.

Für die Maßnahme Umweltzone 2012 (SG12) werden im Vergleich zum Nullfall 2010 Reduktionen der NO_X-Emissionen um ca. 9% und der PM10-Abgasemissionen um ca. 34% ermittelt. Für die PM10-Gesamtemissionen ergeben sich Reduktionen von ca. 9%.

Der Maßnahmenfall grüne Umweltzone 2013 (SG123) bewirkt Reduktionen von ca. 20% für die NO_X-Emissionen und ca. 19% für die PM10-Gesamtemissionen gegenüber dem Nullfall 2010.

Tab. 5.5: DTV-Werte und NO_X- und PM10-Emissionen für den Hot Spot Jesinger Hauptstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahmenfälle 2012 (SG12) und 2013 (SG123) im Vergleich zu Bezugsjahr 2010

Unterjesingen, Jesinger Hauptstraße		Pkw	lNfz	sNfz	Krad	Kfz
DTV	2010	15.053	444	442	325	16.264
kfz/24h	2012 SG 12	15.159	450	442	327	16.378
	2013 SG 123	15.219	452	442	329	16.442
	Diff % 2012SG12/2010	*0,7%*	*1,4%*	*0,0%*	*0,6%*	*0,7%*
	Diff % 2013SG123/2010	*1,1%*	*1,8%*	*0,0%*	*1,2%*	*1,1%*
	Diff % 2013SG123/2012SG12	*0,4%*	*0,4%*	*0,0%*	*0,6%*	*0,4%*
NOX	2010	1.733,96	109,02	872,16	11,39	2.726,53
kg/km*a	2012 SG 12	1.586,64	99,86	792,99	10,97	2.490,45
	2013 SG 123	1.371,94	90,19	723,21	10,87	2.196,20
	Diff % 2012SG12/2010	*-8,5%*	*-8,4%*	*-9,1%*	*-3,7%*	*-8,7%*
	Diff % 2013SG123/2010	*-20,9%*	*-17,3%*	*-17,1%*	*-4,6%*	*-19,5%*
	Diff % 2013SG123/2012SG12	*-13,5%*	*-9,7%*	*-8,8%*	*-0,9%*	*-11,8%*
PM10 Abgas ges.	2010	71,44	12,76	11,23	0,00	95,43
kg/km*a	2012 SG 12	45,45	9,45	7,76	0,00	62,66
	2013 SG 123	19,92	6,83	4,36	0,00	31,11
	Diff % 2012SG12/2010	*-36,4%*	*-25,9%*	*-30,9%*	-	*-34,3%*
	Diff % 2013SG123/2010	*-72,1%*	*-46,5%*	*-61,2%*	-	*-67,4%*
	Diff % 2013SG123/2012SG12	*-56,2%*	*-27,8%*	*-43,8%*	-	*-50,3%*
PM10 AWAR *	2010	181,58	5,15	46,28	3,93	236,94
kg/km*a	2012 SG 12	182,86	5,22	46,28	3,96	238,31
	2013 SG 123	183,58	5,24	46,28	3,98	239,09
	Diff % 2012SG12/2010	*0,7%*	*1,4%*	*0,0%*	*0,6%*	*0,6%*
	Diff % 2013SG123/2010	*1,1%*	*1,8%*	*0,0%*	*1,2%*	*0,9%*
	Diff % 2013SG123/2012SG12	*0,4%*	*0,4%*	*0,0%*	*0,6%*	*0,3%*
PM10 Gesamt	2010	253,02	17,90	57,51	3,93	332,37
kg/km*a	2012 SG 12	228,31	14,67	54,04	3,96	300,98
	2013 SG 123	203,51	12,07	50,64	3,98	270,20
	Diff % 2012SG12/2010	*-9,8%*	*-18,0%*	*-6,0%*	*0,6%*	*-9,4%*
	Diff % 2013SG123/2010	*-19,6%*	*-32,6%*	*-11,9%*	*1,2%*	*-18,7%*
	Diff % 2013SG123/2012SG12	*-10,9%*	*-17,7%*	*-6,3%*	*0,6%*	*-10,2%*

* Aufwirbelung und Abrieb

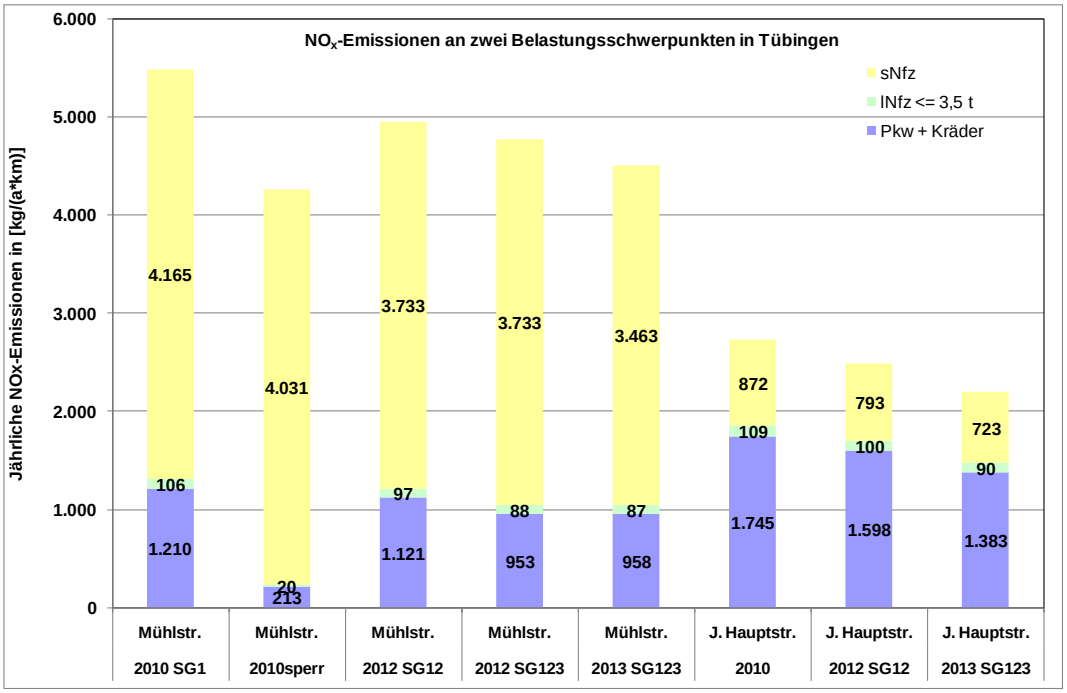


Bild 5.1: NO_X-Emissionsanteile verschiedener Fahrzeugarten für die Belastungsschwerpunkte Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße, Berechnungsfälle 2010 (SG1), 2012 (SG12) und 2013 (SG123) sowie 2012 (SG123) und Sperrung Eberhardsbrücke (nur Mühlstraße)

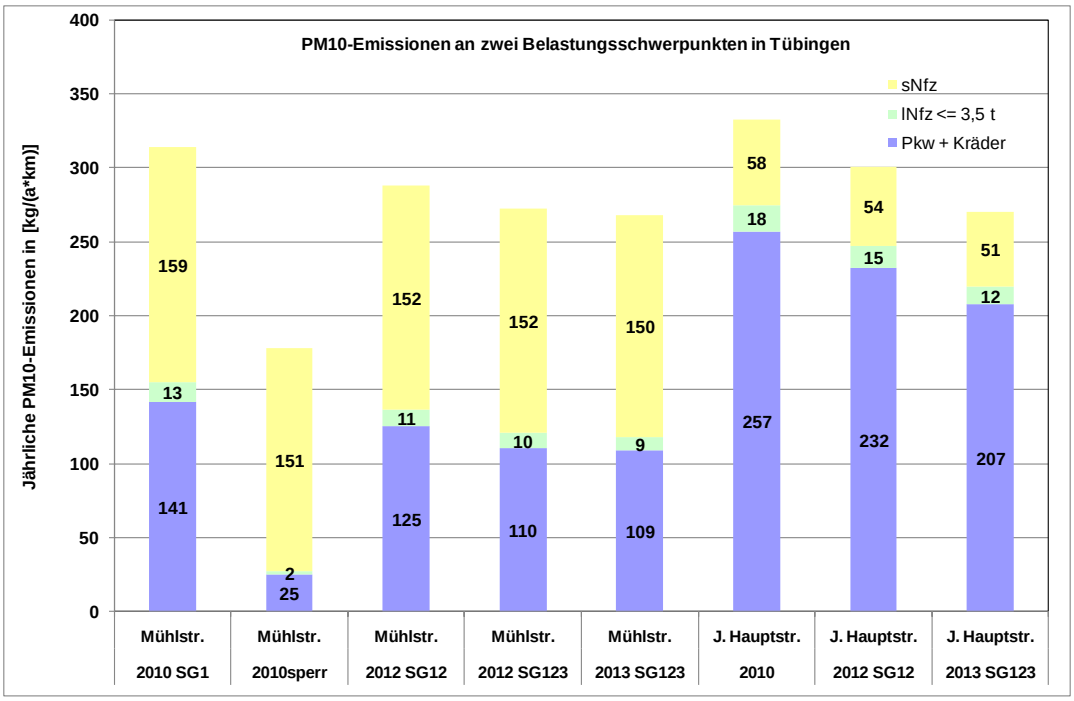


Bild 5.2: PM10-Emissionsanteile verschiedener Fahrzeugarten für die Belastungsschwerpunkte Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße, Berechnungsfälle 2010 (SG1), 2012 (SG12) und 2013 (SG123) sowie 2012 (SG123) und Sperrung Eberhardsbrücke (nur Mühlstraße)

6 Grundlagen der Immissionsberechnungen

6.1 Vorbemerkung

Das Strömungs- und Ausbreitungsfeld in bebauten Gebieten wird maßgeblich durch die Gebäude geprägt. Es bilden sich zum Teil sehr komplexe, dreidimensionale Strömungszonen wie Nachlaufzonen, Rückströmzonen und Wirbelgebiete aus. Grundsätzlich sollte zur Bestimmung der Immissionen innerhalb stark bebauter Gebiete ein numerisches Modell eingesetzt werden, das näherungsweise in der Lage ist, diese komplexen Strömungs- und Ausbreitungsverhältnisse abzubilden. Die Berechnungen mit einem prognostischen, mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell wie bspw. MISKAM /Eichhorn, 1989/ sind für die Straßen eines gesamten Stadtgebietes oder aber für Stadtteile nicht realisierbar. Aus diesem Grund wird für die vorliegende Aufgabenstellung eine andere Vorgehensweise gewählt. Mit einem Screening-Modell werden die Zusatzbelastungen für ausgewählte Hauptstraßen innerhalb der Umweltzone Tübingen ermittelt. Das Screening-Modell liefert als Ergebnis eine mittlere Immissionskonzentration für den betrachteten Straßenabschnitt. Durch diese Vorgehensweise können eine große Anzahl von Straßenabschnitten mit überschaubarem Aufwand untersucht und durch einen Vergleich mit den jeweils gültigen Grenzwerten der 39. BImSchV /39. BImSchV, 2002/ mögliche Belastungsschwerpunkte identifiziert werden.

Für die Mühlstraße in Tübingen sowie die Jesinger Hauptstraße in Tübingen-Unterjesingen, die beiden so genannten Hot Spots, werden zusätzlich Berechnungen mit dem Modell MISKAM durchgeführt.

Der Hot Spot Mühlstraße bildet die Verlängerung der Eberhardsbrücke in Richtung Tübinger Innenstadt. Zum Lustnauer Tor steigt die Mühlstraße an und bildet mit einer 3-4-stöckigen Bebauung auf der Ostseite und dem direkt anschließenden starken Geländeanstieg und der durchgängigen Mauer auf der Westseite eine ausgeprägte Straßenschlucht. Stadteinwärts ist die Straße für alle Fz < 7,5t Gesamtgewicht sowie für Busse befahrbar. In Richtung Eberhardsbrücke dürfen nur Busse die Mühlstraße befahren. Atypisch ist, wie bereits in Kapitel 5 angesprochen, der außergewöhnlich hohe Busanteil aufgrund der Nähe zum Hauptbahnhof/Busbahnhof. Der Messpunkt liegt auf der östlichen Straßenseite auf Höhe von Gebäude Nr. 8. Gemessen wird in der Mühlstraße seit 2003.

Die Jesinger Hauptstraße ist Teil der B28, welche die Autobahnanschlussstelle Herrenberg der A81 mit den Städten Tübingen und Reutlingen verbindet. Die Hauptstraße ist beidseitig locker bis dicht bebaut. Der Messpunkt in Unterjesingen befindet sich auf der östlichen Straßenseite auf Höhe von Gebäude Nr. 68.

6.2 Berechnung der Zusatzbelastungen für ausgewählte Hauptstraßen innerhalb der Umweltzone Tübingen mit einem Screening-Modell

6.2.1 Grundsätzliches zum Screening-Modell

Ein Screening-Modell ist ein Verfahren, mit dessen Hilfe unter Vorgabe bestimmter Randbedingungen die Immissionskonzentrationen im Nahbereich von Quellen abgeschätzt werden können. Die Grundlage des hier eingesetzten Screening-Modells ISIS /Bangert, 1996/ bilden so genannte Transmissionskoeffizienten, die im Vorfeld mit dem komplexen mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM für standardisierte Randbedingungen gewonnen und in einer Datenbank abgelegt werden. „Standardisierte Randbedingungen“ bedeutet, dass die Transmissionskoeffizienten für fest vorgegebene

- Einheitsquellen (Lage und Größe)
- Emissionen $E_{Screening}$ (in diesem Fall die Kfz-erzeugten Emissionen)
- Windgeschwindigkeiten $U_{Screening}$
- Windrichtungen
- und Bebauungsstrukturen

ermittelt wurden. Für eine real gegebene Situation kann daraus die Immission I_{real} durch eine einfache lineare Skalierung der Transmissionskoeffizienten ($I_{screening}$) mit der tatsächlich vorhandenen Emission E_{real} und reziproken Skalierung mit der Windgeschwindigkeit U_{real} ermittelt werden:

$$I_{real} = I_{Screening} \cdot E_{real} / E_{Screening} \cdot U_{Screening} / U_{real}$$

Dieser Transformation liegt die Annahme zu Grunde, dass bei gleicher Bebauungsstruktur, Quellposition, Anströmrichtung und atmosphärischer Schichtung die Immissionskonzentrationen reziprok von der Windgeschwindigkeit und linear von den Emissionen abhängen. Bei einer real doppelt so hohen Windgeschwindigkeit bzw. Emissionsstärke verglichen mit der Einheitswindgeschwindigkeit und -emission, die bei der Generierung der dem Screening-Modell zugrundeliegenden Ergebnisse gewählt wurden, halbieren bzw. verdoppeln sich die Immissionswerte. Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten führt diese Annahme zu Abweichungen im Vergleich zu den realen Immissionskonzentrationen, da die Kfz-erzeugte Turbulenz und gegebenenfalls auch thermische Effekte zunehmend an Einfluss gewinnen. Allerdings sind sowohl die Bestimmung des Einflusses fahrzeuginduzierter Turbulenz als auch thermischer Einflüsse innerhalb einer Bebauung und deren Berücksichtigung selbst in prognostischen mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodellen zurzeit noch nicht Stand der

Technik. Durch die Nichtberücksichtigung bspw. der Kfz-erzeugten Turbulenz liegt man im Sinne einer konservativen Betrachtung eher auf der sicheren Seite.

Variable Größen des Screening-Modells ISIS sind die mittlere Bebauungshöhe eines Straßenabschnittes, die mittlere Straßenbreite und die Bebauungsstruktur der Randbebauung. Dem Modell ISIS liegen die im Folgenden genannten standardisierten Bebauungsstrukturen zugrunde:

- beidseitig geschlossene Randbebauung (Straßenschlucht)
- einseitig geschlossene, einseitig offene Randbebauung
- beidseitig durchbrochene Randbebauung
- einseitig durchbrochene, einseitig offene Randbebauung
- einseitig geschlossene, einseitig durchbrochene Randbebauung.

Das Screening-Modell liefert als Ergebnis eine mittlere Immissionskonzentration für den betrachteten Straßenabschnitt im Gebäudenahbereich. Je näher die standardisierte Bebauungsstruktur dabei der tatsächlichen Bebauung kommt, desto besser ist die Übereinstimmung zwischen der Realität und der Screening-Berechnung.

6.2.2 Festlegung der Bebauungsstrukturen

Zur Festlegung der benötigten Eingangsdaten wie Bebauungsstruktur, Gebäudehöhe, Straßenbreite etc. wurden Katasterpläne und Luftbildaufnahmen ausgewertet. Des Weiteren erfolgte eine Ortsbegehung. Auf der Basis dieser Unterlagen wurden die mittleren Gebäudehöhen für einzelne Streckenabschnitte des Hauptstraßennetzes innerhalb der Umweltzone Tübingen festgelegt. Die für die Immissionsabschätzung gewählten Streckenabschnitte sind Abschnitte mit gleich bleibenden Verkehrs- und damit Emissionswerten sowie ähnlicher Bebauungsstruktur oder Straßengeometrie.

Das Screening-Modell kennt keine unterschiedlichen Gebäudehöhen für eine beidseitige Bebauung. Im Sinne einer eher konservativen Betrachtung wird bei unterschiedlicher mittlerer Bebauungshöhe die jeweils höhere mittlere Gebäudehöhe für beide Straßenseiten zugrunde gelegt.

Die mittlere Straßenbreite wurde aus den Katasterplänen für jeden Streckenabschnitt bestimmt. Des Weiteren wurde aus den Katasterplänen die Porosität der Bebauung ermittelt. Bezüglich der Zuordnung der Bebauungsstruktur zu den von ISIS vorgegebenen standardisierten Bebauungsstrukturen wird bei einer Durchlässigkeit der Bebauung von über 40% die Bebauungsstruktur "durchbrochen", bei einer Porosität von über 70% bzw. in den Fällen, in denen die Bebauung um mindestens 2 Straßenbreiten zurückversetzt liegt und eine mittlere Höhe von maximal 10m aufweist, die Bebauungsstruktur "offen" gewählt.

Das Screening-Modell benötigt neben den Bebauungsstrukturen- und Geometrien auch noch die Straßenausrichtung gegen Nord. Diese wurde aus dem im Straßennetzmodell gegebenen Anfangs- und Endkoordinaten eines jeden Streckenabschnitts ermittelt.

In den Fällen, in denen die realen Höhen und Breiten eines Streckenabschnitts nicht in ISIS gewählt werden konnten, wurde eine Bebauung gewählt, die dasselbe Höhen- zu Breitenverhältnis H/B wie die Realität aufweist.

Bei längeren Streckenabschnitten, bei denen die Verkehrswerte unverändert sind, sich aber die Bebauungsgeometrie und/oder die Bebauungsstruktur ändern, wurde jeweils die Bebauung des Abschnitts zugrunde gelegt, bei der mit den höchsten Immissionsbelastungen zu rechnen ist. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Mindestlänge eines Abschnitts mit gleich bleibender Straßenrandbebauung mindestens 80 m beträgt.

6.2.3 Möglichkeiten und Grenzen des Screening-Modells

Der Ansatz des Screening-Verfahrens bringt dadurch, dass er auf standardisierten Bebauungsstrukturen basiert, eine Vereinfachung mit sich. Es ist damit zu rechnen, dass die in einem Screening-Modell bereitgestellten Bebauungsstrukturen im konkreten Fall die in der Natur gegebenen Bebauungsstrukturen nicht exakt wiedergeben. Aus diesem Grund handelt es sich bei Screening-Modellen um Abschätzverfahren. Je genauer jedoch die reale Bebauung durch eine standardisierte Bebauungsstruktur wiedergegeben werden kann, desto besser stimmen die berechneten Werte mit der Realität überein. Dies ist vor allem in innerstädtischen Kernbereichen mit dichter Straßenrandbebauung (Straßenschluchtcharakter) und häufig nur leicht variierenden Gebäudehöhen recht gut gegeben. Da in diesen Straßenschluchten aufgrund des reduzierten Luftaustausches mit der Atmosphäre über Dach mit hohen Immissionsbelastungen zu rechnen ist, kann man davon ausgehen, dass mit den Screening-Modellen für die lufthygienisch kritischeren Straßenzüge recht verlässliche Aussagen erzielt werden können.

Erreichen für einen konkreten Fall die mit dem Screening-Modell berechneten Immissionskonzentrationen an beurteilungsrelevanten Punkten die maßgeblichen Grenzwerte, dann sollten vor allem für Abschnitte, bei denen die Bebauungsstrukturen in der Realität deutlich von den standardisierten Bebauungsstrukturen abweichen, Modellrechnungen mit einem detaillierten Modellverfahren wie bspw. MISKAM durchgeführt werden, mit dem die reale Bebauungsstruktur sowie das Strömungs- und Turbulenzfeld nahezu naturgetreu wiedergegeben werden kann.

6.2.4 Umfang der Berechnungen

Mit dem Screening-Verfahren wurden Hauptverkehrsstraßen innerhalb der Umweltzone Tübingen für folgende Szenarien untersucht:

- Umweltzone SG1 2010 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1) als Nullfall-Szenario (umgesetzt seit 01.03.2008);
- Umweltzone SG12 2012 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1 und 2, gelbe Umweltzone; geplant ab 01.01.1212)

- Umweltzone SG123 2013 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3, grüne Umweltzone; geplant ab 01.01.2013) und
- Sperrung der Eberhardsbrücke für den motorisierten Individualverkehr,

Die Untersuchungen zur Umweltzone wurden für die Hauptstraßen innerhalb der Umweltzone durchgeführt, die bereits in dem bisher erstellten Luftreinhalte- und Aktionsplan /LRP 2005/ betrachtet wurden. Für das Maßnahmenszenarium Sperrung Eberhardsbrücke wurde das Straßennetz erweitert, um die gesamten Auswirkungen der Sperrung im Netz erfassen zu können.

Die untersuchten Straßen mit den entsprechenden ID-Nummern sind in Bild A1 (Anhang A) dargestellt. Der vergrößerte Ausschnitt zeigt die Straßenabschnitte, die für die Untersuchungen zur Umweltzone herangezogen wurden.

6.3 Berechnung der Zusatzbelastungen für die Hot Spots Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße (Tü-Unterjesingen)

6.3.1 Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM

Zur Bestimmung der zu erwartenden Immissionsbelastungen für die zu betrachtenden Szenarien wurden Immissionsberechnungen mit den für diese Szenarien prognostizierten Emissionen durchgeführt. Für die Immissionsberechnungen wurde das nichthydrostatische, prognostische Strömungsmodell MISKAM eingesetzt, das am Institut für Physik der Atmosphäre Mainz entwickelt wurde /Eichhorn, 1989/ und in der Version 6.00 (2010) vorliegt. Eine ausführliche Beschreibung des Modells ist in der zitierten Arbeit von Eichhorn gegeben. MISKAM gilt in seiner heutigen Version als Standardmodell und dient für andere Modellentwicklungen als Referenz- und Vergleichsmaßstab. Es handelt sich um ein dreidimensionales Strömungsmodell, das, gekoppelt mit einem entsprechenden Ausbreitungsmodell, die Berechnung der Ausbreitung auch in komplex bebautem Gelände erlaubt. Das Windfeld wird durch die numerische Lösung der Erhaltungsgleichungen für Impuls, Masse und Energie berechnet. Einzelne Gebäude und Hindernisse können somit explizit in ihrer Form aufgelöst werden. Als Turbulenzmodell wird ein Standard-k,ε-Modell eingesetzt.

6.3.2 Modellvorgaben

Das für die Berechnungen mit MISKAM gewählte Untersuchungsgebiet Mühlstraße hat in etwa eine Größe von 320 m in Ost-West-Richtung und 460m in Nord-Südrichtung. Das Rechengebiet hat im Bereich des Straßenraumes der Mühlstraße eine horizontale Gitterauflösung von 1,0 m quer zur Straßenachse und 2,0 m in Längsrichtung. Die feine Auflösung in Querrichtung ist erforderlich, um zum einen die Turbulenzstrukturen abzubilden zu können und zum anderen die in dem VDI-Richtlinienentwurf 3783, Blatt 9 /VDI 3783, Bl. 9, 2003/ angegebenen Mindestabstände zwischen Immissionsort, Beurteilungsort und Quelle einhalten zu können. In Querrichtung nehmen die Maschenweiten bis zum Rand des Rechengebietes kontinuierlich zu. In der Vertikalen beträgt die Gittermaschenweite bis in 2,0 m Höhe 0,4 m. Damit sind die Definition der Kfz-Emissionen in einer mittleren Höhe von 0,6 m und die Ermittlung der Immissionskonzentrationen in der mittleren Standardhöhe von 1,4 m möglich. Bis zum oberen Modellrand, der mit der 4,5-fachen Höhe des höchsten Gebäudes im Modellgebiet festgesetzt wurde, um eine Beeinflussung des Modelloberrandes durch die höchsten Gebäude in den Untersuchungsgebieten weitgehend auszuschließen, erfolgt eine kontinuierliche Spreizung der Gitters. Für den Bereich der Mühlstraße wurde der östliche Geländeanstieg sowie die Mauer am westlichen Straßenrand mit anschließendem Geländeanstieg näherungsweise nachgebildet, da diese Geländestruktur die Ausbreitungsverhältnisse im Bereich der Mühlstraße entscheidend prägt. Die für die Modellrechnungen benötigten Gebäudestrukturen, Geländestrukturen und Gebäudehöhen wurden auf der Basis von Katasterplänen, Luftbildaufnahmen sowie im Rahmen einer Ortsbegehung ermittelt.

Das Untersuchungsgebiet Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen hat in etwa eine Größe von 840 m in Ost-West-Richtung und 340 m in Nord-Südrichtung. Das Rechengebiet hat im Bereich des Straßenraumes der Hauptstraße wieder eine horizontale Gitterauflösung von 1,0 m quer zur Straßenachse und 3,0 m in Längsrichtung. In Querrichtung nehmen die Maschenweiten bis zum Rand des Rechengebietes kontinuierlich zu. Für die Gitterdefinition in vertikaler Richtung gelten die für die Mühlstraße getroffenen Annahmen analog.

Die Kfz-Emissionen der zu betrachtenden Straßen wurden richtungsfein als Linienquellen vorgegeben. Die Emissionsfreisetzung erfolgte in einer mittleren Höhe von 0,6 m. Das Untersuchungsgebiet Mühlstraße ist in Bild 6.1 dargestellt; es umfasst neben der Mühlstraße die in die Mühlstraße einmündenden bzw. von der Mühlstraße abgehenden Straßenabschnitte. Das Untersuchungsgebiet Jesinger Hauptstraße, Tü-Unterjesingen ist in Bild 6.2 dargestellt.

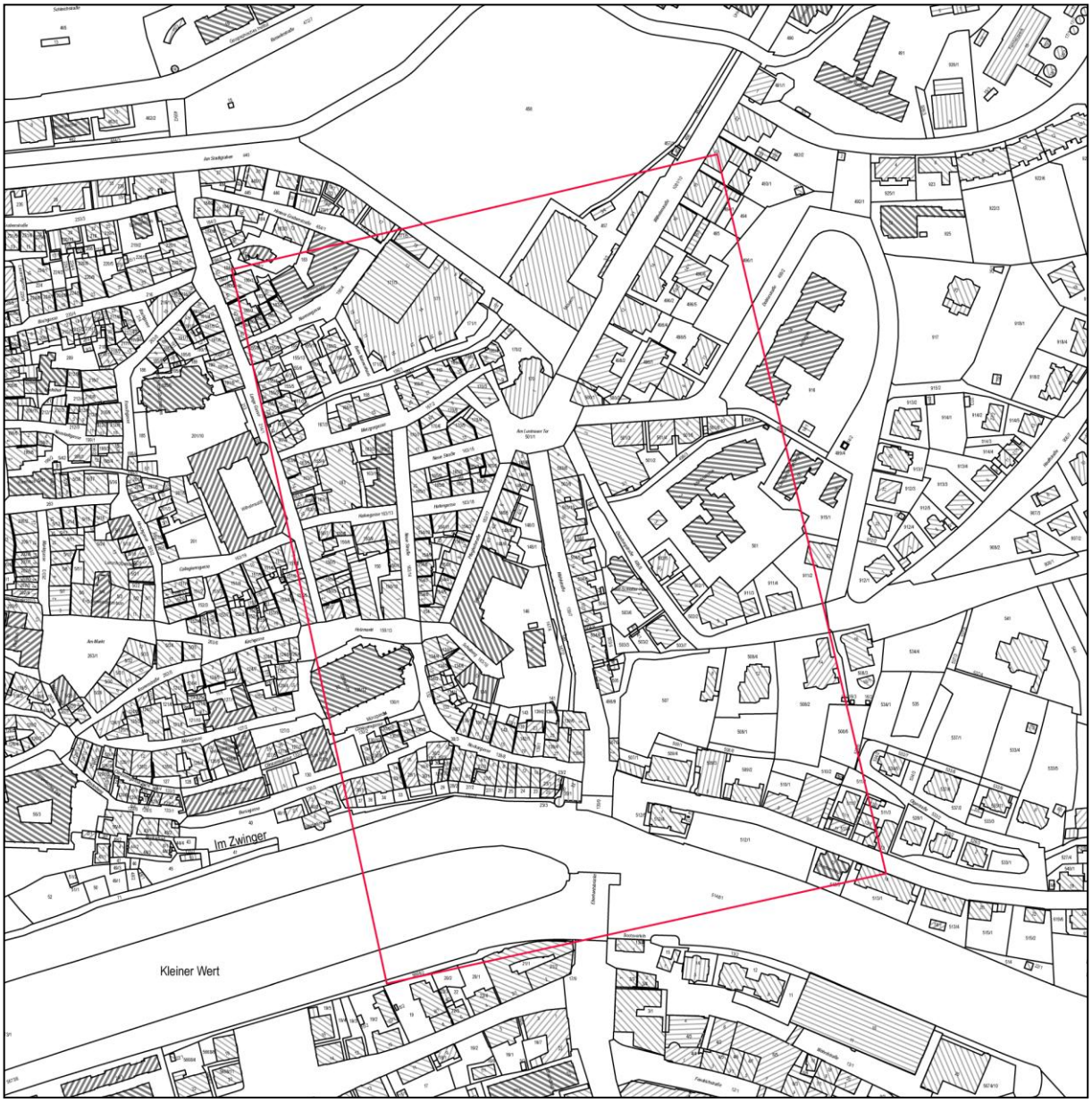


Bild 6.1: Ausschnitt des Katasterplans im Bereich der Mühlstraße mit Umriss des MIS-KAM-Rechengebiets

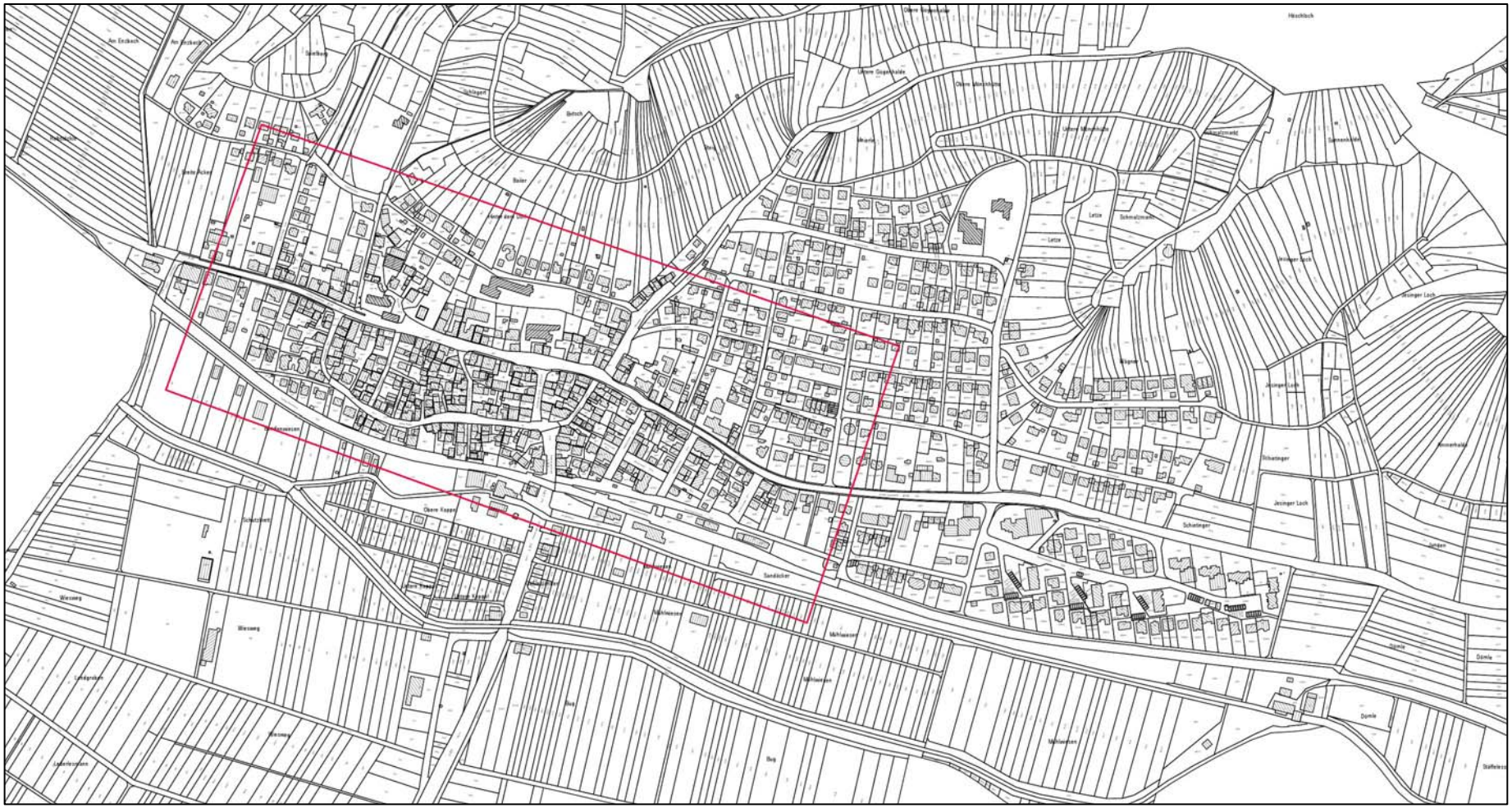


Bild 6.2: Ausschnitt des Katasterplans in Tü-Unterjesingen mit Umriss des MISKAM-Rechengebiets

6.3.3 Umfang der Berechnungen

Detaillierte Untersuchungen mit dem Modell MISKAM wurden im Bereich der Hot Spots Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen und Mühlstraße für folgende Szenarien durchgeführt:

- Umweltzone SG1 2010 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1) als Nullfall-Szenario (umgesetzt seit 01.03.2008);
- Umweltzone SG12 2012 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1 und 2, gelbe Umweltzone; geplant ab 01.01.1212) und
- Umweltzone SG123 2013 (ganzjähriges Fahrverbot für Kfz der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3, grüne Umweltzone; geplant ab 01.01.2013).

Für den Hot Spot Mühlstraße wurden darüber hinaus die beiden Maßnahmen:

- Sperrung der Eberhardsbrücke für den motorisierten Individualverkehr sowie
- vorgezogene Umweltzone SG123 auf 01.01.1212

untersucht.

Für den Hot Spot Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen wurde zusätzlich die Maßnahme:

- Geschwindigkeitsreduzierung Tempo 30 2010

im Rahmen von Messfahrten untersucht. Die Ergebnisse hierzu sind ausführlich in einem separaten Bericht /Rau 20011a/ beschrieben.

Die Berechnung der Immissionsbelastung durch die Kfz-Emissionen im Bereich der Hot Spots wurde für 36 Windrichtungen bei einer Referenzgeschwindigkeit durchgeführt. Die Konzentrationswerte bei anderen Windgeschwindigkeiten lassen sich unter der Annahme berechnen, dass sie in erster Nährung umgekehrt proportional zur Windgeschwindigkeit sind. Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten führt diese Annahme, wie schon angesprochen, eher zu einer Überschätzung der Immissionskonzentrationen durch den Straßenverkehr, da die Kfz-erzeugte Turbulenz zunehmend an Einfluss gewinnt. Allerdings ist die Bestimmung des Einflusses fahrzeuginduzierter Turbulenz und deren Berücksichtigung in Ausbreitungsmodellen nicht Stand der Technik. Durch die Nichtberücksichtigung der durch Kfz verursachten Turbulenz liegt man im Sinne einer konservativen Betrachtung auf der sicheren Seite.

7 Bestimmung statistischer Kenngrößen für NO_2 und PM10 (für das Screening und die Detailuntersuchung)

Für die Beurteilung der Immissionskonzentrationen von NO_2 und PM10 werden die Grenzwerte der EU-Richtlinie 2008/50/EG herangezogen, die mit der 39. BImSchV in deutsches Recht umgesetzt wurde und seit 06.08.2010 in Kraft ist. Die Grenzwerte sind in Tab. 7.1 zusammengestellt. Wie aus Tabelle 7.1 zu entnehmen ist, müssen die Grenzwerte für NO_2 seit Beginn des Jahres 2010 eingehalten werden. Die Grenzwerte für PM10 gelten seit Anfang 2005.

Tab. 7.1: Lufthygienische Grenzwerte der EU-Richtlinie (39. BImSchV) für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe NO_2 und PM10

Luftschadstoff	Immissionswert	Statistische Definition	Zeitpunkt, seit dem der Grenzwert eingehalten werden muss
NO_2	40 µg/m³ 200 µg/m³	Jahresmittelwert (Kalenderjahr) 1 Stunde; 200 µg/m³ dürfen bis zu 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden	gültig seit 01.01.2010 gültig seit 01.01.2010
Partikel (PM10)	40 µg/m³ 50 µg/m³	Jahresmittelwert (Kalenderjahr) 24 Stunden; 50 µg/m³ dürfen bis zu 35 mal im Kalenderjahr überschritten werden	gültig seit 01.01.2005 gültig seit 01.01.2005

Bei den Immissionswerten handelt sich um Jahresmittelwerte und um Tagesmittelwerte (PM10) und 1-h-Werte (NO_2). Die letzt genannten Kurzzeitwerte sind mit einer maximal zulässigen Überschreitungshäufigkeit pro Jahr gekoppelt. Da sie direkt, vor allem für Prognosefälle, nur schwer zu ermitteln sind, werden sie standardmäßig auf Basis der Jahresmittelwerte abgeschätzt (s. Kap. 7.2).

Für die Ermittlung der statistischen Kennwerte der Immissionsgesamtbelastung werden meteorologische Daten und Werte zur Immissionshintergrundbelastung benötigt. Die Ermittlung dieser Daten wird im Folgenden beschrieben.

7.1 Ermittlung der Jahresmittelwerte

7.1.1 Windstatistik

Für die Bestimmung der Jahresmittelwerte für NO_2 und PM10 wird sowohl für das Screening mit ISIS als auch für die MISKAM-Berechnungen (Detailuntersuchungen) eine für den Untersuchungsort repräsentative Windstatistik mit den Parametern Windrichtung und Windgeschwindigkeit benötigt. Durch Gewichtung der für jede Anströmrichtung und Windgeschwindigkeitsklasse bestimmten Immissionskonzentrationsfelder gemäß der prozentualen Häufigkeit der entsprechenden Ausbreitungssituation, die in der Windstatistik durch Angabe der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit gegeben ist, werden die Jahresmittelwerte bestimmt.

In den Bildern 7.1 und 7.2 sind für den Stadtbereich Tübingen bzw. für Tü-Unterjesingen berechnete Windstatistiken dargestellt, die von der ARGE IB Rau/METCON im Auftrag der LUBW Karlsruhe flächendeckend in einem Raster von 500 m x 500 m für das ganze Land Baden-Württemberg erstellt wurden. Die berechneten (so genannte synthetische) Windstatistiken basieren auf langjährigen synoptischen Höhenantriebsdaten und spiegeln somit die langjährigen Verhältnisse wieder. Bild 7.1 zeigt die synthetischen Windrosen im 500 m-Raster für den Tübinger Raum. Die Windrichtungsverteilungen zeigen ein ausgeprägtes Maximum für westsüdwestliche Winde und ein Sekundärmaximum für Winde aus ostnordöstlicher Richtung. Die jahresmittlere Windgeschwindigkeit im Stadtbereich von Tübingen ist niedrig und variiert zwischen 1,4 und 1,6 m/s. Die Verteilung der synthetischen Windstatistik stimmt sehr gut mit der an der Luftmessstation der LUBW in der Derendinger Straße gemessenen Windverteilung überein.

In Bild 7.2 sind die Windverhältnisse für Tü-Unterjesingen dargestellt. Hier zeigen sich kleinräumig variierende Verhältnisse. Während südlich von Unterjesingen die Verteilung noch stark der über dem Tübinger Stadtgebiet ähnelt, machen sich direkt in Unterjesingen das nördlich ansteigende Gelände sowie die Talausrichtung (NW-SO) bemerkbar. Die Häufigkeit der Winde aus südwestlicher Richtung wird deutlich reduziert. Es treten vermehrt Winde aus NW und Ost auf, bedingt durch den Talverlauf. Des Weiteren schlagen sich die Hangabwinde der nördlichen Randhöhen in einer größeren Häufigkeit nördlicher Winde nieder. Das Geschwindigkeitsniveau liegt mit 1,6 m/s ebenso niedrig wie im Stadtbereich von Tübingen.

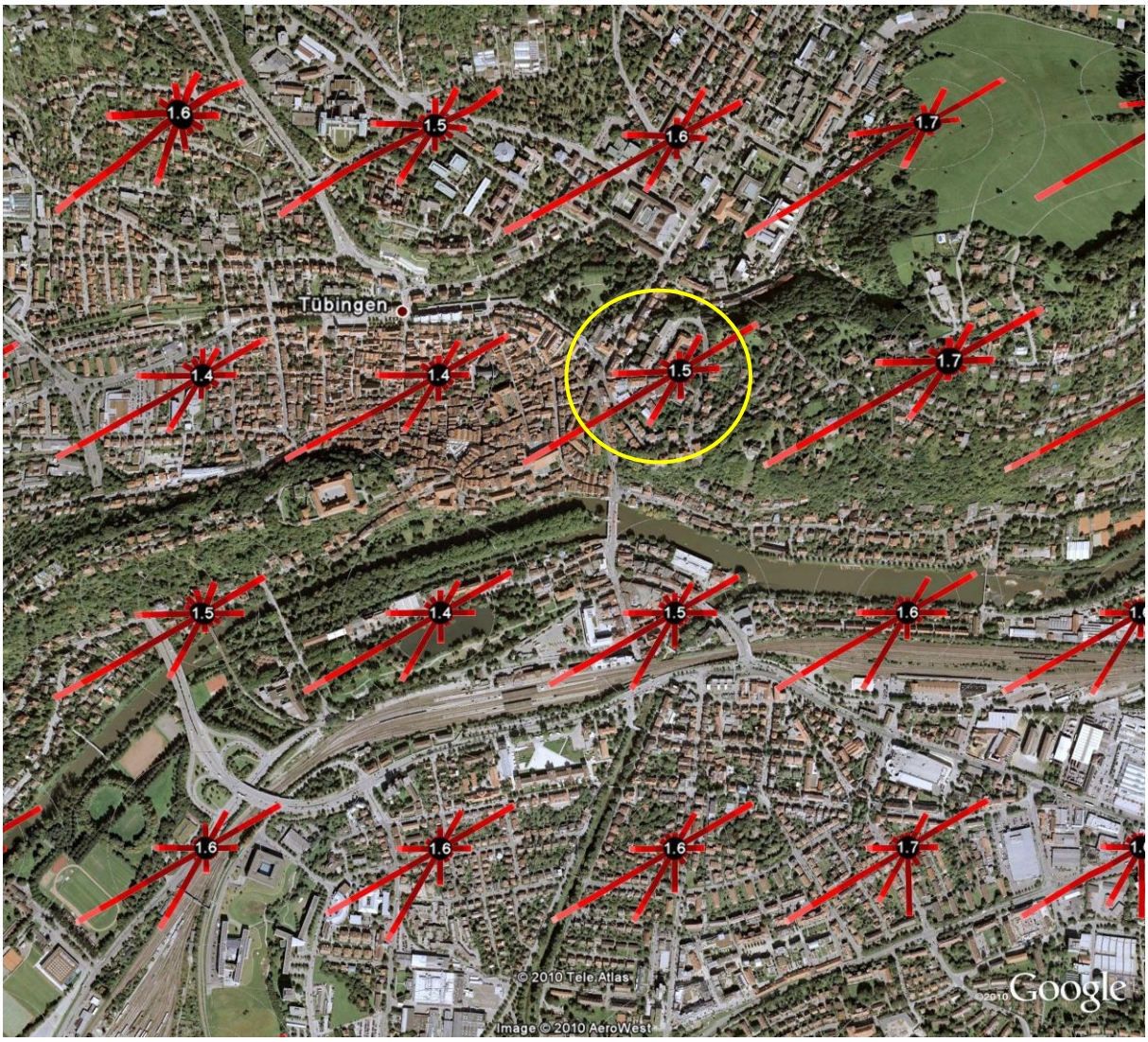


Bild 7.1: Typische Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen im Bereich von Tübingen; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken. Die Markierung zeigt die für die Untersuchungen gewählte Windverteilung

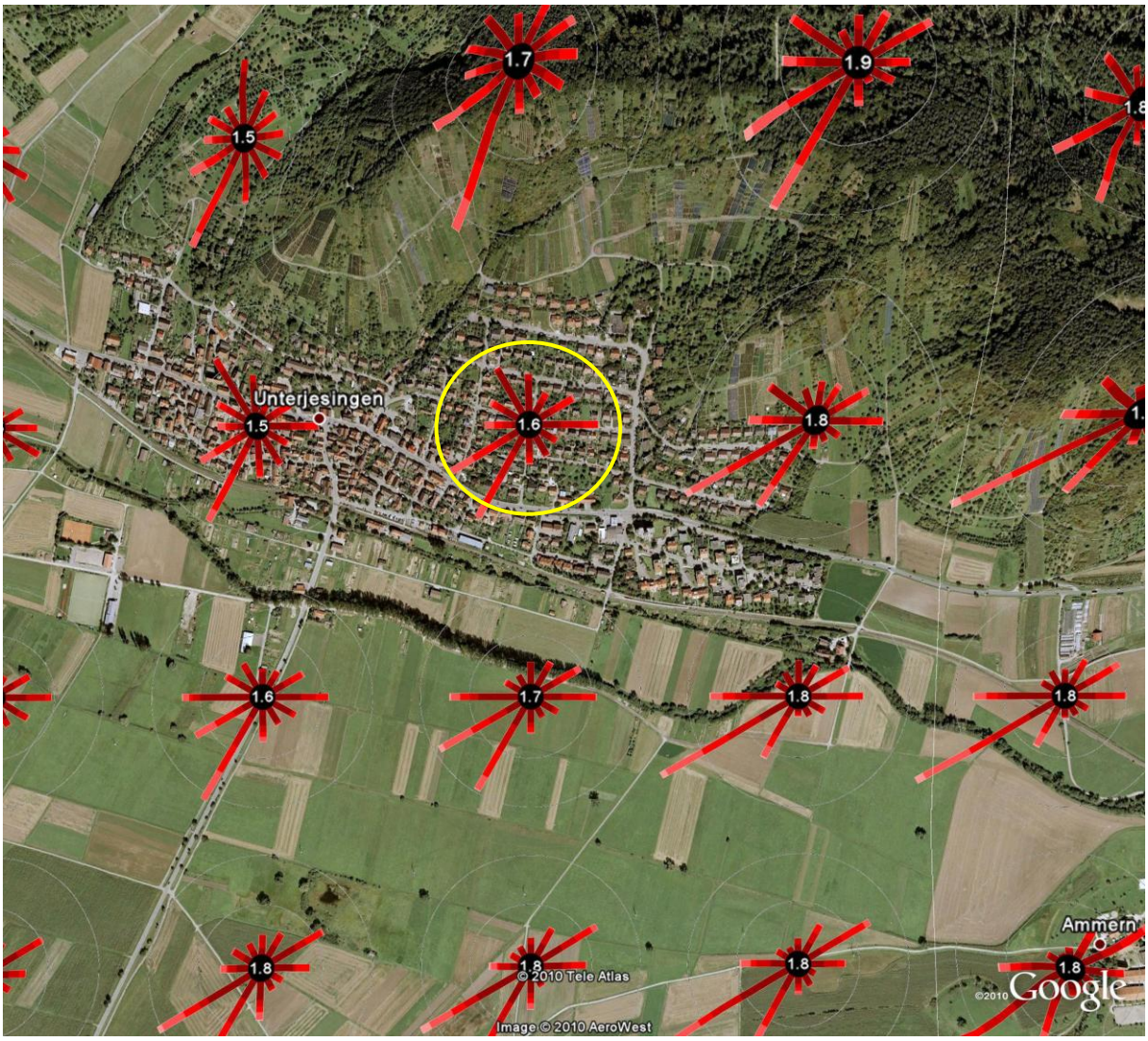


Bild 7.2: Typische Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen im Bereich von Tü-Unterjesingen; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken. Die Markierung zeigt die für die Untersuchungen gewählte Windverteilung

Die für die vorliegenden Untersuchungen gewählten Windverteilungen sind in Bild 7.3 dargestellt.

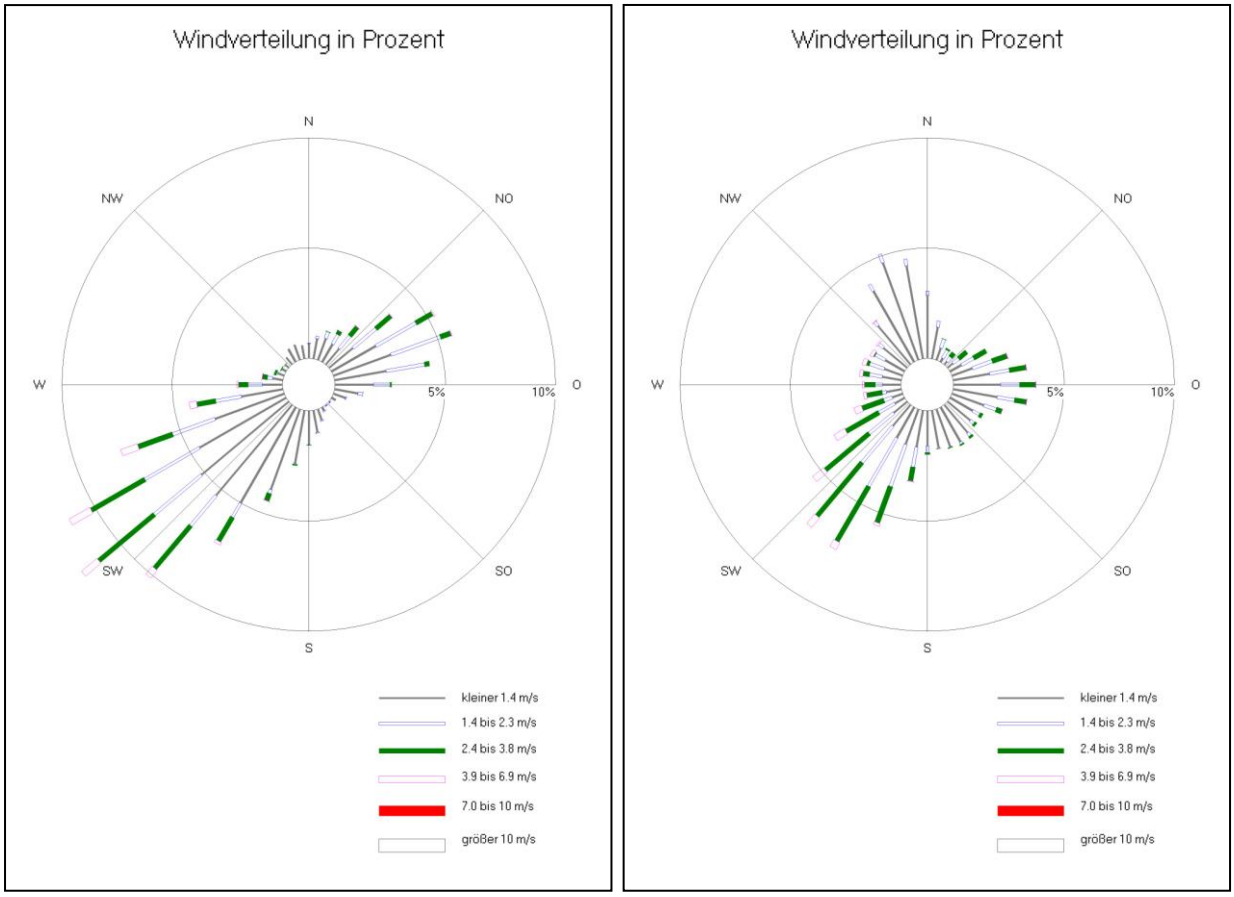


Bild 7.3: Die für die Immissionsberechnungen gewählte Häufigkeitsverteilung (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (10°-Schritte) für Tübingen (links) und Tübingen-Unterjesingen (rechts); Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistik

7.1.2 Hintergrundbelastung

Die Berechnungen mit ISIS (Screening) und MISKAM (Detailuntersuchungen) liefern als Ergebnis die durch die Straßenemissionen verursachten Immissionszusatzbelastungen. Die Immissionsgesamtbelastungen an einem Ort ergeben sich durch Überlagerung der berechneten Zusatzbelastung mit der großflächigen Hintergrundbelastung, die durch Gewerbe, Hausbrand und Industrie sowie die Kfz-Immissionen außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes bestimmt wird.

Charakteristische Werte für die städtische Hintergrundbelastung werden aus den an der Tübinger Luftmessstation in der Derendinger Straße, die als städtische Hintergrundstation eingestuft ist, abgeleitet. In den Jahren 2002 bis 2009 wurden an dieser Station NO_2-Jahresmittelwerte zwischen 22 und 24 µg/m³ und PM10-Jahresmittelwerte zwischen 17 und 24 µg/m³ gemessen. Bei den NO_2-Werten ist kein zeitabhängiger Trend feststellbar; bei PM10

ist in den letzten Jahren eher eine Abnahme feststellbar. In 2009 wurden ein NO_2-Jahresmittel von 24 µg/m³ und ein PM10-Jahresmittel von 19 µg/m³ gemessen. Diese Werte werden für beide Untersuchungsgebiete für das Analysejahr 2010 angesetzt.

Zur Berücksichtigung eines Rückgangs der Hintergrundbelastung bis zu den hier zu betrachtenden Jahren 2012 und 2013 werden die Hintergrundbelastungswerte in Anlehnung an die in der /MLuS 2002/ gegebenen gebietstypischen Reduktionsfaktoren für Hintergrundbelastungswerte abgemindert. Danach ist in den Prognosejahren 2012 und 2013 von einer Reduzierung des Hintergrundniveaus auf die in Tab. 7.2 angegebenen Werte auszugehen. Die Abnahme bei NO_2 differiert bei den beiden Untersuchungsgebieten wegen der unterschiedlichen Gebietszuordnung. Bei den in Tab. 7.2 gegebenen Werten handelt es sich eher um eine konservativ abgeschätzte Reduktion.

Tab. 7.2: Hintergrundbelastungswerte für die betrachteten Bezugsjahre

Jahr	Tübingen		Tübingen-Unterjesingen	
	NO_2 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	NO_2 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]
2010	24,0	19,0	24,0	19,0
2012	23,7	18,8	23,5	18,8
2013	23,5	18,7	23,3	18,7

7.1.3 Bestimmung der Gesamtbelastung

Mit den charakteristischen Werten für die Hintergrundbelastung werden durch Überlagerung mit den berechneten Zusatzbelastungswerten die statistischen Kenngrößen (Jahresmittelwerte für NO_2 und PM10) der Gesamtbelastung zum Vergleich mit den in Tab. 7.1 gegebenen Grenzwerten berechnet. Die Überlagerung der Hintergrundbelastungswerte mit den Zusatzbelastungswerten erfolgt durch Addition der Jahresmittelwerte.

Da mit dem Screening-Modell ISIS und mit MISKAM nur die Ausbreitung inerter Schadstoffe simuliert werden kann, andererseits jedoch die Konzentrationen des reaktiven Schadstoffs NO_2 bestimmt und beurteilt werden muss, muss bei der Berechnung der statistischen Kenngrößen für NO_2 die NO-NO_2-Konversion berücksichtigt werden. Die chemische Umwandlung von NO_x nach NO_2 ist äußerst komplex und von einer Reihe von Parametern wie UV-Strahlung, Ozonwert, Temperatur, um nur einige zu nennen, abhängig. Bisher gibt es noch kein hinreichend validiertes Chemiemodell, mit dem die sehr schnelle Umwandlung auf kleinem Raum in bebauten Gebieten hinreichend genau beschrieben werden könnte. Stand der Technik war bisher, die Umwandlung mittels des empirischen Modells von Romberg /Romberg 1996/, das den NO-NO_2-Umwandlungsgrad als Funktion der NO_x-Gesamtimmission beschreibt, zu bestimmen. Diese empirische Beziehung wurde aus Messdaten Mitte der 90er Jahre abgeleitet. Es ist mittlerweile bekannt, dass sich emissionsseitig das NO-NO_2-Verhältnis verändert hat und vermutlich im Zuge weiterer Verbesserungen bei der Abgastechnik weiter verändern wird. Ein Indiz dafür ist unter anderem, dass in den letzten Jahren

Messungen an verkehrsreichen Straßen einen Rückgang bei den NO_x-Immissionen, nicht aber bei den NO_2-Immissionen gezeigt haben. Diese Verschiebung zu einer höheren NO_2-Emission wird auch Auswirkungen auf die Umwandlung von NO_x zu NO_2 haben. Wie sich die Umwandlung zukünftig ändern wird, ist allerdings zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vorherzusagen. Neuere Untersuchungen zeigen, dass der Romberg-Ansatz die Immissionskonzentrationen für Werte im Bereich des Grenzwertes noch befriedigend genau wiedergibt. Bei deutlich höheren Konzentrationen werden mit dem Romberg-Ansatz gegenüber Ansätzen mit Berücksichtigung einfacher Chemie niedrigere NO_2-Konzentrationen berechnet. Für die vorliegende Untersuchung wird für die Umwandlung der empirische Modellansatz nach Düring /DÜRING, 2009/ herangezogen, der den NO-NO_2-Umwandlungsgrad als Funktion der NO_X-Gesamtimmission und der O_3-Hintergrundkonzentration beschreibt.

7.2 Berechnung von Kurzzeitwerten der Gesamtbelastung

Die 39. BImSchV, deren Grenzwerte für die Immissionsbeurteilung relevant sind, enthält neben den Immissionsgrenzwerten für die Jahresmittelwerte von NO_2 und PM10 auch Immissionsgrenzwerte für den Kurzzeitwert (Mittelungszeit 1 Stunde) von NO_2, der nicht öfter als 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf (entspricht einem 99,8%-Wert), sowie für den Kurzzeitwert (Tagesmittelwert) von PM10, der nicht öfter als 35 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf (entspricht einem 90,4%-Wert).

Eine korrekte Berechnung eines 1-h-Kurzzeitwertes bzw. eines Tagesmittelwertes erfordert für einen identischen Zeitraum eine meteorologische Zeitreihe, Zeitreihen der Stundenmittelwerte der Hintergrundbelastung sowie detaillierte, möglichst stundenfeine Information bzgl. des Verkehrsablaufs. Diese Datengrundlage ist wenn überhaupt nur für einen zurückliegenen Zeitraum vorhanden. Eine Prognose dieser zeitabhängigen Parameter für einen zukünftigen Zeitraum ist eher spekulativ.

Allerdings ist es durchaus möglich, auf Basis der Höhe der Jahresmittelwerte Rückschlüsse auf eine mögliche Überschreitung des NO_2-Kurzzeitwertes zu ziehen. Aus den in Deutschland in den Jahren 2001 bis 2008 gemessenen NO_2-Stundenmittelwerten und NO_2-Jahresmittelwerten lässt sich zumindest ableiten, dass bei einem Jahresmittelwert unter 60 µg/m³ der Kurzzeitgrenzwert sicher eingehalten wird, wohingegen bei Jahresmittelwerten über 80 µg/m³ von Überschreitungen des Kurzzeit-Grenzwertes ausgegangen werden muss /LUBW, 2011/.

Der Zusammenhang ist in Bild 7.4 dargestellt.

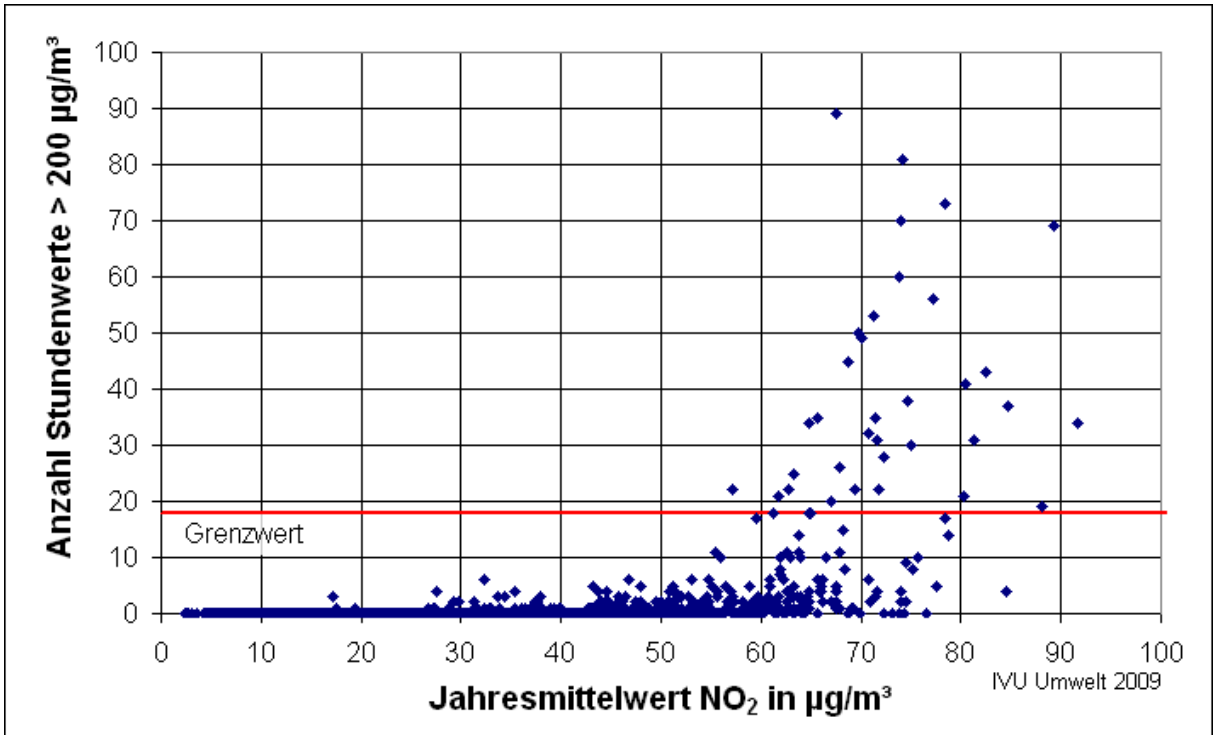


Bild 7.4: Zusammenhang zwischen Anzahl von NO_2-Stundenmittelwerten größer als 200 µg/m³ und NO_2-Jahresmittelwerten in Deutschland im Zeitraum 2001 bis 2008, dargestellt bis 100 Überschreitungsstunden (aus /LUBW, 2011/)

Bei PM10 ist es derzeit ebenfalls Standard, den 90,4%-Wert auf der Basis des Jahresmittelwertes abzuschätzen. Die Auswertung umfangreicher Messungen von kontinuierlich betriebenen Dauermessstellen in Deutschland und europäischen Nachbarländern zeigt einen funktionalen Zusammenhang zwischen dem 90,4%-Wert der Tagesmittelwerte und dem Jahresmittelwert. Bei einem zulässigen 24-Stundenwert von 50 µg/m³ liegen die Schwellenwerte für den Jahresmittelwert etwa zwischen 28 und 31 µg/m³. Das LANUV NRW kommt auf Grund der neueren Auswertung der PM10-Messungen von bundesweit über 1000 Messstellen zu dem Ergebnis, dass ab einem Jahresmittel von 30 µg/m³ in über 90% der Fälle von mehr als 35 Überschreitungstagen ausgegangen werden kann. Die Ergebnisse von Messungen in Baden-Württemberg für die Jahre 2000 bis 2008 zeigen, dass bereits bei einem Jahresmittel von 27 µg/m³ mehr als 35 Überschreitungstage erreicht werden können, während andererseits auch bei einem PM10-Jahresmittelwert von 35 µg/m³ die Zahl der Überschreitungstage noch unter 35 liegen kann. Dies ist einerseits von der Lage der Messstelle und der umliegenden Bebauung, andererseits von der Meteorologie abhängig. Bild 7.5 aus /LUBW, 2011/ zeigt den Zusammenhang zwischen Überschreitung der Kurzzeitwerte und Jahresmittel, basierend auf den Messungen in BaWü.

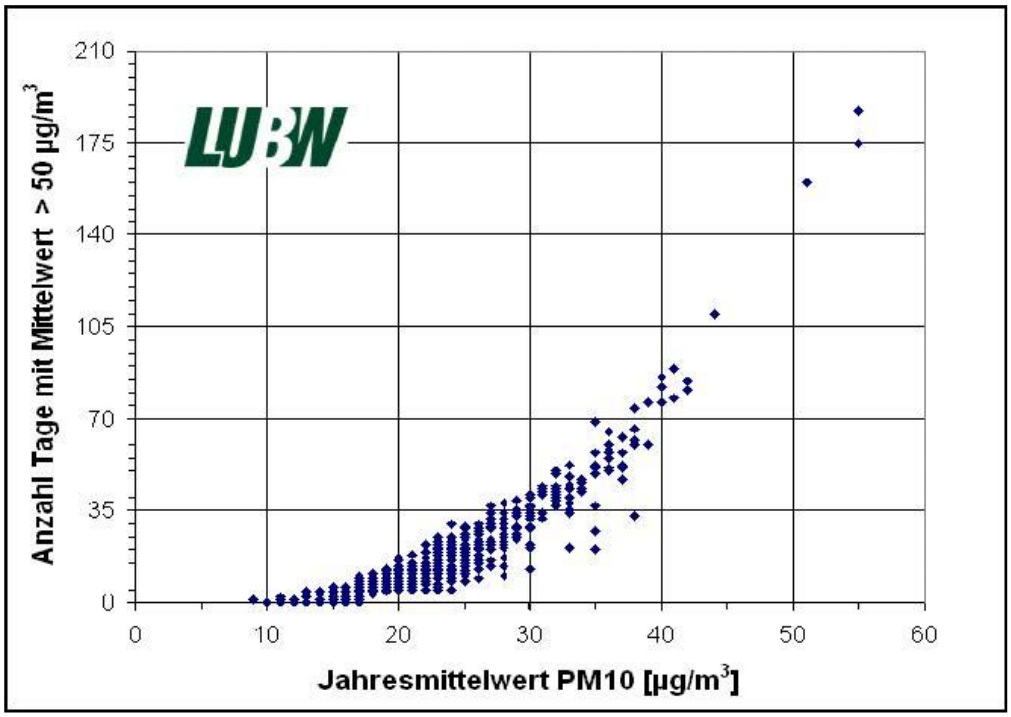


Bild 7.5: Zusammenhang zwischen PM10-Jahresmittelwerten und Tagesgrenzwertüberschreitungen in Baden-Württemberg im Zeitraum 2000 bis 2008 (aus /LUBW, 2011/)

8 Ergebnis der Immissionsberechnungen

8.1 Ergebnis der Screening-Untersuchungen im Bereich des Straßennetzes Tübingen

8.1.1 Maßnahme: Ganzjähriges Fahrverbot Stufe 2 und 3 in der bestehenden Umweltzone

Mit dem Screening-Modell ISIS wurden unter Berücksichtigung der Emissionen, der Hintergrundbelastung und der für den Innenstadtbereich für Tübingen charakteristischen Meteorologie für das Basisjahr 2010 und die zwei Prognosejahre 2012 und 2013 die Auswirkungen ganzjähriger Fahrverbote auf die NO_2- und PM10-Jahresmittelwerte innerhalb der bestehenden Umweltzone Tübingen berechnet. Die Immissionskonzentrationen wurden bei beidseitiger Bebauung auf jeder Straßenseite im Bereich der Randbebauung, bei einseitiger Bebauung auf der unbebauten Seite im Gehwegbereich, auf der bebauten Seite im Bereich der Randbebauung berechnet. Als Ergebnis werden im Folgenden die mittleren Immissionskonzentrationen auf der jeweils stärker belasteten Straßenseite angegeben.

Es ist zu beachten, dass nur die Straßenabschnitte des Hauptstraßennetzes in das Screening mit einbezogen wurden, in denen eine Straßenrandbebauung vorliegt bzw. im Bereich der Bebauung auf Grund des Abstandes von Fahrbahn zu Bebauung maßgebliche Immissionskonzentrationen erwartet werden. Des Weiteren wurde die Mühlstraße im Rahmen der Screening-Berechnungen ausgespart, da diese mit dem Detailmodell untersucht wurde. Eine Zuordnung der einzelnen Straßenabschnitte zu der Lage im Netz ist über Bild A1 (Anhang) möglich.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen sind für das Basisjahr 2010 (im Basisjahr 2010 gilt bereits das Fahrverbot der Stufe 1, das im Jahr 2008 in Kraft trat) und die Prognosejahre in den Bildern B1, B3 und B5 für NO_2, in den Bildern B2, B4 und B6 für PM10 im Anhang B dargestellt. Die Grafiken zeigen entsprechend der Höhe der Immissionskonzentration farbig gekennzeichneten Straßenabschnitte; die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentration ist in der jeweiligen Legende angegeben. Es ist zu beachten, dass bei sehr langen Straßenabschnitten mit unverändertem Verkehr und unveränderter Emission (entspricht einer ID-Nummer) die Immissionsberechnungen für den bzgl. der Ausbreitungsbedingungen kritischsten Bebauungsabschnitt, der gegebenenfalls nur eine begrenzte Länge des jeweiligen Straßenabschnitts ausmacht, durchgeführt wurden. Farblich markiert ist in den Abbildungen jedoch der gesamte zu einer ID-Nummer gehörende Abschnitt.

In Tab. 8.1 sind die immissionsseitigen Auswirkungen der Fahrverbotsmaßnahmen, die sich auf den ausgewählten Hauptverkehrsstraßen des Tübinger Straßennetzes innerhalb der Umweltzone ergeben, im Vergleich zum Nullfallszenarium (2010 SG1) tabellarisch dargestellt. Die Umsetzung sowohl der 2. als auch der 3. Stufe der Umweltzone bringt für alle un-

tersuchten Straßenabschnitte eine Reduktion der NO_2- und PM10-Immissionskonzentrationen.

Für NO_2 werden bei Stufe 2 gegenüber dem Basisszenarium Minderungen von maximal 3,6 µg/m³ im Jahresmittel erreicht. Bei Stufe 3 werden Reduktionen bis zu 6,6 µg/m³ berechnet. Deutliche Verbesserungen ergeben sich in Teilabschnitten der Hölderlinstraße, der Herrenberger Straße und der Rümelinstraße. In diesen Teilabschnitten wird durch die Fahrverbotsmaßnahmen die Einhaltung des Grenzwertes für das Jahresmittel erreicht. In Teilabschnitten Am Stadtgraben, Hölderlinstraße, Kelternstraße, Rümelinstraße, Westbahnhofstraße und Wilhelmstraße tritt durch die Fahrverbotsstufen 2 und 3 eine Verbesserung der Situation ein. Der Grenzwert für das NO_2-Jahresmittel kann jedoch nicht eingehalten werden. In der Tabelle sind für das Basisszenarium und die Szenarien Fahrverbotszone Stufe 2 bzw. Stufe 3 die Zellen der Straßenabschnitte für den Luftschadstoff NO_2 rot unterlegt, in denen der Immissionswert überschritten wird. Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel ist bei NO_2 der 1-h-Kurzzeitwert zu beachten, der nicht mehr als 18 Mal pro Jahr überschritten werden darf. Die Problematik der Bestimmung des exakten Kurzzeitwertes, vor allem im Prognosefall, wurde in Kapitel 7.2 diskutiert. Betrachtet man die NO_2-Jahresmittelwerte in Tab. 8.1, dann ist mit hoher Wahrscheinlichkeit Am Stadtgraben (ID 58) bei der 2. und 3. Stufe des Fahrverbots eine Einhaltung der maximal 18 erlaubten Überschreitungen des 1-h-Kurzzeitwertes gegeben. Dagegen muss bei der 2. Stufe des Fahrverbots in der Wilhelmstraße (ID 41) und der Rümelinstraße (ID 26) noch mit einer Überschreitung des NO_2-Kurzzeitwertes gerechnet werden, wohingegen bei Stufe 3 mit hoher Wahrscheinlichkeit dann die Einhaltung erreicht werden kann.

Bei PM10 wird in allen Straßenabschnitten, sowohl für das Basisszenarium 2010 als auch bei Umsetzung der 2. und 3. Stufe des Fahrverbots, der Immissionswert für das Jahresmittel eingehalten.

Bei PM10 ist neben dem Grenzwert für das Jahresmittel der Grenzwert für das Tagesmittel zu beachten, der nicht häufiger als an 35 Tagen pro Jahr überschritten werden darf. Die Problematik der Bestimmung des exakten Kurzzeitwertes für PM10 wurde ebenfalls in Kapitel 7.2 angesprochen. Bei Prognosen ist es daher ebenfalls üblich, aus den Jahresmittelwerten für Feinstaub (PM 10) auf die Anzahl der Tage, an denen der zulässige Tagesmittelwert von 50 µg/m³ überschritten wird, zu schließen: Bei einem Jahresmittelwert zwischen 27 und 31 µg/m³ (je nach Station) muss mit mehr als 35 Überschreitungen gerechnet werden (s. Kapitel 7.2). Im Innenstadtbereich von Tübingen ist der Schwellenwert eher im unteren Bereich anzusetzen. So ergaben Messungen der LUBW für das Jahr 2010 beispielsweise 44 Überschreitungstage bei einem Jahresmittelwert von 30 µg/m³. Danach ist bei einem PM10-Jahresmittelwert von 28 µg/m³ mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer Überschreitung des Kurzzeitwertes an mehr als 35 Tagen pro Jahr gegeben. Bei einem Jahresmittelwert von 25 µg/m³ und darunter ist eine Einhaltung des Kurzzeitwertes sicher gegeben. Zwischen 25

und 28 µg/m³ sind Überschreitungen, aber auch Unterschreitungen möglich. Entsprechend dieser Einschätzung sind die Werte der Straßenabschnitte rot markiert, in denen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Überschreitung der zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes gegeben ist; gelb markiert sind die Abschnitte, in denen Über-, aber auch Unterschreitungen möglich sind. Nicht markiert sind die Straßenabschnitte, bei denen die Einhaltung der zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes sicher gegeben ist. In der Kelternstraße (ID 24) und der Wilhelmstraße (ID 59) wird beispielsweise durch Fahrverbotsstufe 3 die Einhaltung des Kurzzeitwertes erreicht. In der Rümelinstraße (ID 26), der Westbahnhofstraße (ID 31) und der Wilhelmstraße (ID 41) wird durch die Fahrverbotsstufen 2 resp. 3 eine Einhaltung des Kurzzeitwertes zumindest möglich.

Tab. 8.1: Ergebnis der Screening-Berechnungen für Straßen der Umweltzone bei der Maßnahme Fahrverbot Stufe 2 und 3. NO_2- und PM10-Jahresmittelwerte für das Basisszenarium sowie die beiden Prognosejahre. Bei NO_2 zeigen rot unterlegte Werte eine Überschreitung des Immissionswertes für das Jahresmittel an. Bei PM10 bedeuten rot unterlegte Werte mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Überschreitung der zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes, gelb unterlegte Werte eine mögliche Über- oder Unterschreitung

Name Straßenabschnitt		Szenarium 2010 SG1		Szenarium 2012 SG12		Szenarium 2013 SG123	
	ID	NO_2	PM10	NO_2	PM10	NO_2	PM10
Am Stadtgraben	15	38,6	21,4	36,8	21,0	35,5	20,8
Am Stadtgraben	16	56,8	26,5	54,8	25,9	52,6	25,3
Am Stadtgraben	58	62,2	26,6	59,2	25,9	56,1	25,2
Belthlestraße	17	34,1	21,6	32,7	21,2	31,4	20,8
Belthlestraße	18	29,7	20,3	28,8	19,9	28,1	19,7
Doblerstraße	43	31,3	20,5	29,9	20,2	28,8	20,0
Gartenstraße	35	29,9	20,0	29,0	19,7	28,3	19,5
Herrenberger Straße	19	37,3	22,3	35,7	21,7	34,0	21,3
Herrenberger Straße	20	39,8	23,1	38,0	22,5	36,0	22,0
Herrenberger Straße	21	32,7	20,8	31,4	20,4	30,3	20,2
Hölderlinstraße	23	34,5	21,5	33,3	21,1	32,1	20,8
Hölderlinstraße	51	45,0	24,5	42,9	23,8	40,6	23,2
Hölderlinstraße	60	40,9	22,4	39,0	22,0	37,4	21,6
Kelternstraße	24	50,2	26,4	47,8	25,5	44,9	24,6
Kelternstraße	42	34,8	21,7	33,5	21,2	32,1	20,9
Neue Straße	36	25,9	19,3	25,3	19,1	24,9	18,9
Rümelinstraße	22	40,4	22,5	38,7	22,0	37,2	21,7
Rümelinstraße	25	44,0	23,5	42,0	22,9	40,3	22,5
Rümelinstraße	26	65,1	29,2	61,8	28,3	58,5	27,5
Rümelinstraße	27	33,6	21,9	32,5	21,6	31,6	21,3
Schmiedtorstraße	44	31,3	20,5	30,3	20,1	29,5	19,9
Schnarrenberger Straße	28	28,6	19,9	27,5	19,6	26,7	19,4
Silcherstraße	29	28,3	20,6	27,4	20,3	26,8	20,1
Westbahnhofstraße	30	35,2	22,0	33,8	21,5	32,4	21,1
Westbahnhofstraße	31	55,3	28,6	52,4	27,5	48,9	26,5
Wilhelmstraße	32	55,9	26,4	53,9	26,0	51,1	25,3
Wilhelmstraße	33	31,7	20,8	30,6	20,5	29,7	20,2
Wilhelmstraße	40	59,3	24,4	55,7	23,7	53,0	23,3
Wilhelmstraße	41	65,9	29,2	63,6	28,7	60,0	27,8
Wilhelmstraße	59	53,3	25,9	50,8	25,2	48,5	24,7

8.1.2 Maßnahme: Sperrung der Eberhardsbrücke für den motorisierten Individualverkehr (MIV)

Neben den Auswirkungen des Fahrverbots Stufe 2 und 3 wurde die Auswirkung der Maßnahme „Sperrung Eberhardsbrücke“ im Netz mittels Screening untersucht. Da durch die Sperrung der Eberhardsbrücke für den MIV Verkehrsverlagerungen aus der Kernstadt heraus in westliche und östliche Randbereiche der Innenstadt zu erwarten sind, wurde das Straßennetz gegenüber den Untersuchungen zum Fahrverbot um einige Hauptstraßenabschnitte erweitert. Dabei wurden die Straßen einbezogen, für die laut Gutachten des Planungsbüros R+T Topp, Huber-Erler, Hagedorn /R+T 2011/ eine deutliche Veränderung der Verkehrsbelastung und damit auch der Emissions bzw. Immissionsbelastungen erwartet werden.

Der deutlichen Entlastung im Bereich des Hot Spots Mühlstraße stehen allerdings zu erwartende Belastungszunahmen in anderen Straßenabschnitten gegenüber.

In den Bildern B7 und B9 für NO_2 und in den Bildern B8 und B10 für PM10 im Anhang B sowie in Tab. 8.2 sind die immissionsseitigen Auswirkungen, die sich in dem Tübinger Straßennetz bei einer Sperrung der Eberhardbrücke für den MIV ergeben, im Vergleich zum Basisszenarium (2010 SG1) dargestellt.

In der Tabelle sind für den Basisfall und das Szenarium „Sperrung Eberhardsbrücke“ bei NO_2 die Werte der Straßenabschnitte rot unterlegt, die den NO_2-Grenzwert für das Jahresmittel überschreiten. Für das Szenarium „Sperrung Eberhardsbrücke“ ist in den Zellen, in denen der Grenzwert für das Jahresmittel überschritten wird, zusätzlich mit einem Pfeil markiert, ob eine Zunahme (Pfeil nach oben) oder Abnahme (Pfeil nach unten) der Immissionskonzentration gegenüber dem Basisszenarium 2010 zu erwarten ist. Auf insgesamt 13 Teilabschnitten sind durch die Maßnahme Immissionsanstiege bis maximal 6 µg/m³ zu erwarten. Dies betrifft vor allem die Hegelstraße, den Verlauf von Westbahnhofstraße – Kelternstraße / Herrenberger Straße – Am Stadtgraben, Teile der Haußerstraße – Hölderlinstraße sowie die Alberstraße und Teile der Wilhelmstraße in Lustnau. Dem stehen Entlastungen auf insgesamt 10 Teilabschnitten, ebenfalls bis etwa 6 µg/m³, entgegen, vor allem in den an die Mühlstraße angrenzenden Straßenabschnitten der Reutlinger Straße, Friedrichstraße, Karlstraße und Wilhelmstraße.

Betrachtet man die NO_2-Jahresmittelwerte in Tab. 8.2, dann ist für das Basisszenarium Am Stadtgraben (ID 58), in der Friedrichstraße (ID 57), in der Wilhelmstraße (ID 41) und der Rümelinstraße (ID 26) eine Überschreitung der maximal 18 erlaubten Überschreitungen des 1-h-Kurzzeitwertes möglich. Bei Umsetzung der Maßnahme sind dann zusätzlich Überschreitungen für ID 16 (Am Stadtgraben) und die Westbahnhofstraße (ID 31) möglich. Dagegen ist in der Friedrichstraße (ID 57) bei Umsetzung der Maßnahme eine Unterschreitung des NO_2-Kurzzeitwertes gegeben.

Bei PM10 wird in allen Straßenabschnitten, sowohl für das Basisszenarium 2010 als auch die Maßnahme „Sperrung Eberhardsbrücke“ der Immissionswert für das Jahresmittel sicher eingehalten.

Zur Beurteilung einer möglichen Überschreitung des PM10-Kurzzeitwertes wird wie schon für die Maßnahme Fahrverbot wieder eine Markierung mit den Farben rot und gelb vorgenommen. Veränderungen für die Maßnahme „Sperrung Eberhardsbrücke“ gegenüber dem Basisfall sind zusätzlich durch Pfeile gekennzeichnet.

Die Auswertung in Tab. 8.2 zeigt, dass sich die Anzahl der Straßenabschnitte, bei denen Verbesserungen oder Verschlechterungen um jeweils eine Stufe stattfinden, in etwa die Waage halten.

Tab. 8.2: Ergebnis der Screening-Berechnungen für Hauptstraßen im Tübinger Stadtgebiet für die Maßnahme Sperrung Eberhardsbrücke. NO_2- und PM10-Jahresmittelwerte für das Basisszenarium sowie die Maßnahme. Bei NO_2 zeigen rot unterlegte Werte eine Überschreitung des Immissionswertes für das Jahresmittel an. Bei PM10 bedeuten rot unterlegte Werte mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Überschreitung der zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes, gelbe Zellen eine mögliche Über- oder Unterschreitung. Die Pfeile kennzeichnen einen Anstieg (↑) oder eine Reduzierung (↓) in Folge der Maßnahme gegenüber dem Basisfall

Name Straßenabschnitt		Szenarium 2010 SG1		Sz. Sperrung Eberhardbrücke	
	ID	NO_2	PM10	NO_2	PM10
Alberstraße	68	39,9	22,9	41,1 ↑	23,4
Alberstraße	69	47,4	25,1	49,4 ↑	25,8 ↑
Am Stadtgraben	15	38,6	21,4	40,3 ↑	22,1
Am Stadtgraben	16	56,8	26,5	60,2 ↑	28,3 ↑
Am Stadtgraben	58	62,2	26,6	66,2 ↑	28,5 ↑
Bebenhäuser Straße	73	32,5	20,9	32,6	20,9
Belthlestraße	17	34,1	21,6	35,8	22,2
Belthlestraße	18	29,7	20,3	30,0	20,3
Doblerstraße	43	31,3	20,5	31,3	20,5
Friedrichstraße	48	37,1	21,4	35,8	21,0
Friedrichstraße	57	67,7	28,6	55,3 ↓	24,0 ↓
Gartenstraße	35	29,9	20,0	29,5	19,9
Haußerstraße	54	43,1	24,0	45,1 ↑	24,8
Hegelstraße	14	44,8	24,1	46,2 ↑	24,7
Herrenberger Straße	19	37,3	22,3	38,3	22,6
Herrenberger Straße	20	39,8	23,1	42,8 ↑	24,2
Herrenberger Straße	21	32,7	20,8	33,1	20,9
Herrenberger Straße	22	40,4	22,5	39,9 ↓	22,3
Hölderlinstraße	23	34,5	21,5	35,0	21,7
Hölderlinstraße	51	45,0	24,5	47,1 ↑	25,3 ↑
Hölderlinstraße	60	40,9	22,4	41,4 ↑	22,6
Karlstraße	61	38,9	21,8	34,6	20,4
Kelternstraße	24	50,2	26,4	54,2 ↑	27,9 ↑
Kelternstraße	42	34,8	21,7	36,5	22,3
Königsberger Straße	80	46,6	24,2	46,0 ↓	24,0
Marienburger Straße	71	50,8	25,3	50,8	25,3
Neue Straße	36	25,9	19,3	25,9	19,3
Reutlinger Straße	84	57,7	26,6	54,8 ↓	25,7 ↓
Rümelinstraße	25	44,0	23,5	43,5 ↓	23,2
Rümelinstraße	26	65,1	29,2	64,0 ↓	28,7 ↓
Rümelinstraße	27	33,6	21,9	33,3	21,8
Schmiedtorstraße	44	31,3	20,5	31,3	20,5
Schnarrenberger Straße	28	28,6	19,9	28,5	19,9
Silcherstraße	29	28,3	20,6	27,4	20,2
Stuttgarter Straße	78	30,0	20,3	30,6	20,5
Westbahnhofstraße	30	35,2	22,0	37,4	22,8
Westbahnhofstraße	31	55,3	28,6	61,3 ↑	31,3 ↑

Wilhelmstraße	32	55,9	26,4	52,2 ↓	24,8 ↓
Wilhelmstraße	33	31,7	20,8	31,0	20,5
Wilhelmstraße	40	59,3	24,4	56,4 ↓	23,2
Wilhelmstraße	41	65,9	29,2	61,1 ↓	27,0 ↓
Wilhelmstraße	49	52,6	27,1	54,5 ↑	28,2 ↑
Wilhelmstraße	53	28,5	19,8	28,2	19,8
Wilhelmstraße	56	30,9	20,5	31,0	20,5
Wilhelmstraße	59	53,3	25,9	50,5 ↓	24,6 ↓
Wilhelmstraße	66	31,7	20,7	32,1	20,9

8.2 Ergebnis der Detailuntersuchungen für die Hot Spots Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße in Tübingen-Unterjesingen

Im Bereich der beiden Hot Spots Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen wurden Detailberechnungen mit dem Modell MISKAM durchgeführt. Die flächig berechneten Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung für NO_2 und PM10 für die beiden Untersuchungsgebiete sind für alle untersuchten Szenarien in den Bildern C1 bis C18 im Anhang C dargestellt. Die Bilder C1 bis C10 geben die Untersuchungsergebnisse für die Mühlstraße für folgende Szenarien wieder:

- Basisszenarium 2010 (Fahrverbot Stufe 1; Bilder C1 und C2)
- Fahrverbot Stufe 2, 2012 (Bilder C3 und C4)
- Fahrverbot Stufe 3, 2013 (Bilder C5 und C6)
- vorgezogenes Fahrverbot Stufe 3, 2012 (Bilder C7 und C8)
- Sperrung Eberhardsbrücke 2010 (Bilder C9 und C10).

Die Bilder C11 bis C18 geben die Untersuchungsergebnisse für die Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen für folgende Szenarien wieder:

- Basisszenarium 2010 (Fahrverbot Stufe 1; Bilder C11 und C12)
- Fahrverbot Stufe 2, 2012 (Bilder C13 und C14)
- Fahrverbot Stufe 3, 2013 (Bilder C15 und C16)
- Tempo 30 auf der Jesinger Hauptstraße, 2010 (Bilder C17 und C18).

Die Farbskala ist so gewählt, dass Überschreitungen des geltenden Grenzwertes für den Jahresmittelwert in Rottönen erscheinen. Die Bezugshöhen in den Abbildungen entsprechen mit 1,4 m über Grund etwa der Atemzone nach 39. BImSchV.

Mühlstraße

Die grauen Flächen in den Grafiken auf der Ost- und Westseite der Mühlstraße sind die ausgeprägten Geländeanstiege, die wegen ihres starken Einflusses auf die Strömungs- und Ausbreitungsbedingungen in MISKAM modelliert wurden (s. Kap. 6.3.2) und in dem Modell wie Gebäude dargestellt werden.

Die Ergebnisse für die NO_2-Jahresmittelwerte zeigen für das Basisszenarium sowie alle vier Maßnahmenfälle für die gesamte Mühlstraße sowie die nordöstlich anschließende Wilhelmstraße im beurteilungsrelevanten gebäudenahen Bereich durchgängig Konzentrationen weit über dem Immissionswert für das Jahresmittel.

Für PM10 zeigen die Berechnungsergebnisse für alle untersuchten Szenarien, dass in der Mühlstraße und direkt angrenzend der Wilhelmstraße der Grenzwert für das Jahresmittel sicher eingehalten wird. Die Grafiken zeigen Immissionsreduktionen für die Fahrverbote Stu-

fe 2 und 3 gegenüber dem Basisszenarium 2010. Ganz ausgeprägt ist die emissions- und immissionsseitig positive Auswirkung der Sperrung Eberhardsbrücke auf die PM10-Konzentrationen sowohl in der Mühlstraße als auch in dem nordöstlich anschließenden Abschnitt der Wilhelmstraße.

Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen

Die Ergebnisse für die NO_2-Jahresmittelwerte zeigen für das Basisszenarium 2010 sowie die drei Maßnahmenfälle für den gesamten Verlauf der Hauptstraße im beurteilungsrelevanten gebäudenahen Bereich durchgängig Konzentrationen deutlich oberhalb des Grenzwertes. Zwischen dem Basisszenarium und dem Fahrverbot Stufe 2 bzw. 3 ist eine Abnahme der Immissionskonzentrationen im Bereich einiger Gebäude erkennbar.

Für PM10 zeigen die Berechnungsergebnisse für alle untersuchten Szenarien, dass entlang der Jesinger Hauptstraße der Grenzwert für das Jahresmittel sicher eingehalten wird. Die Grafiken zeigen zudem Immissionsreduktionen für die Fahrverbote Stufe 2 und 3 gegenüber dem Basisszenarium 2010.

8.3 Vergleich der immissionsseitigen Maßnahmenwirkung im Bereich des Messpunktes

Von besonderem Interesse sind die Immissionsverhältnisse im Bereich der Messstellen in der Mühlstraße und in Tü-Unterjesingen. Die berechneten Ergebnisse im Bereich der Messpunkte werden im Folgenden näher betrachtet.

8.3.1 Vergleich der Berechnungsergebnisse mit den kontinuierlichen und diskontinuierlichen Messungen

Die Spot-Messstelle in der Mühlstraße mit der Kennung DEBW136 liegt auf der ansteigenden Straßenseite in Richtung Lustnauer Tor (östliche Straßenseite). Es handelt sich um eine kontinuierliche NO_2-Messstelle. PM10 wird gravimetrisch erfasst.

Die Spot-Messstelle in der Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen mit der Kennung DEBW137 liegt auf der südlichen Straßenseite auf Höhe des Gebäudes Nr. 68. Die NO_2-Messung erfolgt mittels Passivsammler, die PM10-Messung gravimetrisch.

Die in den letzten Jahren an den beiden Spotmessstellen gemessenen Werte sind in Tab. 8.3 zusammengestellt.

Bild 8.3: Zusammenstellung der Messergebnisse an den Spotmessstellen Mühlstraße und Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen

Code	Messjahr	NO_2		PM10	
		JMW [µg/m³]	Anzahl Stunden mit 1-h-Wert > 200µg/m³	JMW [µg/m³]	Anzahl der TMW über 50 µg/m³
DEBW136	2007	74	38	29	28
DEBW136	2008	78	73	27	30
DEBW136	2009	-	-	-	-
DEBW136	2010	78	74	30	44
DEBW137	2007	56		34	46
DEBW137	2008	57		32	50
DEBW137	2009	61		31	43
DEBW137	2010	60		32	51

Die Messungen in der Mühlstraße zeigen sehr hohe NO_2-Jahresmittelwerte. Bei Jahresmittelwerten in dieser Größenordnung sind Überschreitungen des Kurzzeitwertes sicher. Dies belegen die Messungen mit über 70 Überschreitungen in den Jahren 2008 und 2010. Die gemessenen PM10-Jahresmittelwerte in den letzten vier Jahren schwanken zwischen 27 und 30 µg/m³. Die Anzahl der Tage mit Tagesmittelwerten über 50 µg/m³ schwankt dabei zwischen 28 und 44 Tagen. Dies verdeutlicht, dass die Festlegung eines Schwellenwertes für das Jahresmittel zur Beurteilung der Überschreitungshäufigkeit mit Unsicherheit behaftet ist. Betrachtet man die Mittelwerte der Jahre 2008 und 2010 mit den entsprechenden Überschreitungshäufigkeiten, dann ist durchaus bei PM10-Jahresmittelwerten von 28 µg/m³ eine Überschreitungshäufigkeit von mehr als 35 Tagen möglich. Dies wird entsprechend bei der Diskussion der Ergebnisse (s. auch Kapitel 8.1.1) berücksichtigt.

In der Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen schwanken die in den Jahren 2006 bis 2010 gemessenen NO_2-Jahresmittelwerte zwischen 56 und 61 µg/m³ (mit Passivsammlermessungen sind keine Aussagen zu Kurzzeitwerten möglich). Die gemessenen PM10-Jahresmittelwerte in den letzten vier Jahren schwanken zwischen 31 und 34 µg/m³. Die Anzahl der Tage mit Tagesmittelwerten über 50 µg/m³ schwankt dabei zwischen 43 und 51 Tagen. Auch hier lässt sich erkennen, dass der Schwellenwertes für das Jahresmittel zur Beurteilung der Überschreitungshäufigkeit eher etwas niedriger angesetzt werden sollte.

Für das Basisszenarium, Bezugsjahr 2010, wurden im Rahmen der Detailuntersuchungen mit MISKAM für den Hot Spot Mühlstraße Jahresmittelwerte für NO_2 und PM10 von 69,4 µg/m³ und 27,0 µg/m³, für den Hot Spot Jesinger Hauptstraße Jahresmittelwerte für NO_2 und PM10 von 55,4 µg/m³ und 28,2 µg/m³ ermittelt. In allen Fällen liegen die berechneten

Werte etwas unter den gemessenen Wertebereichen. Dies ist im Wesentlichen auf zwei Punkte zurückzuführen.

Zum einen wurden die Berechnungen für mittlere meteorologische Verhältnisse durchgeführt. Dadurch werden bei den Berechnungen die durch besondere meteorologische Verhältnisse in einzelnen Jahren gegebenenfalls hervorgerufenen Schwankungen nicht wiedergegeben. Die Wahl mittlerer meteorologische Verhältnisse ist jedoch für Prognoserechnungen die sinnvolle Wahl. Zum anderen wurden zur Ermittlung der Immissionsgesamtbelastung Hintergrundbelastungen herangezogen, die für die Fläche repräsentativ sind. Dies ist Stand der Technik. Im Einzelfall sind lokale Schwankungen in der Hintergrundbelastung möglich, die an einer Messstelle zu einer etwas höheren Hintergrundbelastung und damit Gesamtbelastung im Vergleich zu der Berechnung führen. Unter Berücksichtigung dieser beiden Punkte ist die Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung für das Basisszenarium als gut zu bezeichnen.

8.3.2 Vergleich der immissionsseitigen Maßnahmenwirkung im Bereich der Messpunkte

In Tab. 8.4 sind die Immissionskonzentrationen, die im Bereich der Messpunkte in der Mühlstraße und in der Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen berechnet wurden, für alle Szenarien, die im Detail untersucht wurden, zusammengestellt.

Tab 8.4: Berechnete Immissionsgesamtbelastungen von NO_2 und PM10 im Bereich der Messstellen in der Mühlstraße und der Jesinger Hauptstraße (Hot Spots)

Straße	Mühlstraße		Jesinger Hauptstraße	
Szenarien	NO_2	PM10	NO_2	PM10
Basisszenarium 2010	69,4	27,0	55,4	28,2
U-Zone 2012 SG12	65,3	26,0	52,4	27,2
U-Zone 2013 SG123	61,5	25,0	49,5	26,3
Vorgezogene U-Zone 2012 SG123	63,7	25,0		
Sperrung Eberhardsbrücke 2010	59,4	23,0		
T30 Jesinger Hauptstraße	-	-	54,0	28,0

Mühlstraße

Die NO_2-Konzentrationen gehen in der Mühlstraße mit jeder Fahrverbotsstufe um etwa 4 µg/m³ zurück. Bei Vorziehen der Fahrverbots Stufe 2 auf 2012 erreicht man gegenüber dem Basisjahr eine Reduktion um knapp 6 µg/m³. Sehr wirksam ist die Maßnahme „Sperrung Eberhardsbrücke“ für den Hot Spot mit einer Reduktion von etwa 10 µg/m³ gegenüber dem Basisszenarium 2010. Allerdings ist wegen der derzeit sehr hohen Immissionsbelastung bei allen Maßnahmen nach wie vor eine deutliche Überschreitung des Immissionswertes für NO_2 gegeben. Bzgl. des Kurzzeitwertes für NO_2 ist bei der Maßnahme Fahrverbot für alle untersuchten Fälle wie auch für die heutige Situation von einer Überschreitung in mehr als 18 Stunden pro Jahr auszugehen. Allein die Maßnahme „Sperrung Eberhardsbrücke“ könnte gegebenenfalls zu der Einhaltung des Kurzzeitwertes führen.

Bei PM10 wird der Immissionswert für das Jahresmittel für alle untersuchten Fälle deutlich unterschritten. Die Immissionsbelastung im Bereich des Hot Spots verringert sich mit jeder Stufe um etwa 1 µg/m³. Dabei ist der Unterschied zwischen vorgezogener Umweltzone Stufe 3 (2012) und Umweltzone Stufe 3 (2013) verschwindend gering. Auch hier bringt die Maßnahme „Sperrung Eberhardsbrücke“ mit 4 µg/m³ Reduktion gegenüber dem Basisszenarium die höchste Reduktion. Bezüglich der maximal zulässigen Überschreitungen des Kurzzeitwertes (Tagesmittelwert) für PM10 muss bei allen Fahrverbots-Maßnahmen mit einer Nicht-Einhaltung gerechnet werden. Mit der Maßnahme „Sperrung Eberhardsbrücke“ dagegen wird die Einhaltung der erlaubten 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes sichergestellt.

Jesinger Hauptstraße in Tü-Unterjesingen

Die NO_2-Konzentrationen gehen in der Jesinger Hauptstraße mit jeder Fahrverbotsstufe um etwa 3 µg/m³ zurück. Die Maßnahme T30 führt im Bereich des Hot Spots zu einer Reduktion der NO_2- Gesamtbelastung gegenüber dem Basisszenarium um etwa 1,4 µg/m³. Die Luftschadstoffkonzentration für NO_2 liegt bei allen untersuchten Szenarien noch deutlich über dem Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³. Bzgl. des Kurzzeitwertes für NO_2 ist bei allen untersuchten Szenarien wie auch für die heutige Situation nicht von einer Überschreitung in mehr als 18 Stunden pro Jahr auszugehen.

Bei PM10 wird der Immissionswert für das Jahresmittel für alle untersuchten Fälle deutlich unterschritten. Die Immissionsbelastung im Bereich des Hot Spots verringert sich wie in der Mühlstraße mit jeder Fahrverbot-Stufe um etwa 1 µg/m³. Die Maßnahme Tempo 30 bringt lediglich eine Reduktion von 0,2 µg/m³. Bei dem berechneten PM10-Immissionsniveau ist unter Berücksichtigung der Korrelation zwischen gemessenem Mittelwert und gemessenen Überschreitungshäufigkeiten sowie unter Berücksichtigung der gegenüber den Messungen geringeren Rechenwerte bei allen untersuchten Szenarien mit der Nicht-Einhaltung der erlaubten 35 Überschreitungstage zu rechnen.

8.4 Gesamthafte Bewertung

Im folgenden Kapitel sind die Maßnahmenwirkungen gesamthaft dargestellt. Dabei werden die an den Hot Spots *gemessenen* Immissionskonzentrationen der Jahre 2008 bis 2010 als Bezugsbasis gewählt und die berechneten Minderungen entsprechend in Anrechnung gebracht. Da die Überschreitungshäufigkeiten der Kurzzeitwerte bei NO_2 und PM10 nicht direkt berechnet werden können, wird hier eine konservative Schätzung durchgeführt, die auf empirischen Ansätzen zwischen Jahresmittelwerten und Überschreitungshäufigkeiten beruht.

Maßnahmenoption	**MO1**			
	Fahrverbot Stufe 2 (2012)			
wirkt sich mindestens auf den räumlichen Bereich der Umweltzone (+ über Flottenumbau auch regional) aus				
Messstelle	**Mühlstraße**			
Luftschadstoff	Stickstoffdioxid NO_2		Feinstaub PM 10	
	JMW [µg/m³]	Anzahl 1h-MW > 200 µg/m³	JMW [µg/m³]	Überschreitungstage > 50 µg/m³
Grenzwert / max. erlaubte Überschreitungen	40	18	40	35
Messwerte 2008 / 2009 / 2010	78 / - / 78	73 / - / 74	27 / - / 30	30 / - / 44
Prognose: Wirkung der Maßnahme	-4	ca. -20	-1	ca. -3
Prognosewert mit Maßnahme	74	ca. 53	26 - 29	ca. 27 - 41
Grenzwerteinhaltung	nein	nein	ja	unsicher
Bemerkungen	Für NO_2 Verbesserungen; von einer Grenzwerteinhaltung noch weit entfernt		Für PM10-Feinstaub Verbesserung; Einhaltung der EU-Grenzwerte für den Kurzzeitwert je nach Meteorologie möglich, aber nicht sichergestellt.	

Maßnahmenoption	**MO1**			
	Fahrverbot Stufe 3 (2013)			
wirkt sich mindestens auf den räumlichen Bereich der Umweltzone (+ über Flottenumbau auch regional) aus				
Messstelle	**Mühlstraße**			
Luftschadstoff	Stickstoffdioxid NO_2		Feinstaub PM 10	
	JMW [µg/m³]	Anzahl 1h-MW > 200 µg/m³	JMW [µg/m³]	Überschreitungstage > 50 µg/m³
Grenzwert / max. erlaubte Überschreitungen	40	18	40	35
Messwerte 2008 / 2009 / 2010	78 / - / 78	73 / - / 74	27 / - / 30	30 / - / 44
Prognose: Wirkung der Maßnahme	-8	ca. -40	-2	ca. -6
Prognosewert mit Maßnahme	70	ca. 33	25 - 28	ca. 24 – 38
Grenzwerteinhaltung	nein	nein	ja	unsicher
Bemerkungen	Für NO_2 deutliche Verbesserungen; von einer Grenzwerteinhaltung noch weit entfernt		Für PM10-Feinstaub Verbesserung; Einhaltung der EU-Grenzwerte für den Kurzzeitwert je nach Meteorologie möglich, aber nicht sichergestellt.	

Maßnahmenoption	**MO1**			
	Vorgezogenes Fahrverbot Stufe 3 (2012)			
wirkt sich mindestens auf den räumlichen Bereich der Umweltzone (+ über Flottenumbau auch regional) aus				
Messstelle	**Mühlstraße**			
Luftschadstoff	Stickstoffdioxid NO_2		Feinstaub PM 10	
	JMW [µg/m³]	Anzahl 1h-MW > 200 µg/m³	JMW [µg/m³]	Überschreitungstage > 50 µg/m³
Grenzwert / max. erlaubte Überschreitungen	40	18	40	35
Messwerte 2008 / 2009 / 2010	78 / - / 78	73 / - / 74	27 / - / 30	30 / - / 44
Prognose: Wirkung der Maßnahme	-6	ca. -30	-2	ca. -6
Prognosewert mit Maßnahme	72	ca. 43	25 – 28	ca. 24- 38
Grenzwerteinhaltung	nein	nein	Ja	unsicher
Bemerkungen	Für NO_2 deutliche Verbesserungen; von einer Grenzwerteinhaltung noch weit entfernt		Für PM10-Feinstaub Verbesserung; Einhaltung der EU-Grenzwerte für den Kurzzeitwert je nach Meteorologie möglich, aber nicht sichergestellt.	

Maßnahmenoption	**MO2**			
	Sperrung Eberhardsbrücke für den MIV			
wirkt sich auf den Bereich des Hot Spots und die direkt anschließenden Straßenabschnitte aus; allerdings in einigen Straßenabschnitten der Umweltzone Immissionszunahmen				
Messstelle	**Mühlstraße**			
Luftschadstoff	Stickstoffdioxid NO_2		Feinstaub PM 10	
	JMW [µg/m³]	Anzahl 1h-MW > 200 µg/m³	JMW [µg/m³]	Überschreitungstage > 50 µg/m³
Grenzwert / max. erlaubte Überschreitungen	40	18	40	35
Messwerte 2008 / 2009 / 2010	78 / - / 78	73 / - / 74	27 / - / 30	30 / - / 44
Prognose: Wirkung der Maßnahme	-10	ca. -50	-4	ca. -10
Prognosewert mit Maßnahme	72	ca. 23	23 – 26	ca. 20- 34
Grenzwerteinhaltung	nein	möglich	ja	ja
Bemerkungen	Für NO_2 deutliche Verbesserungen; von einer Grenzwerteinhaltung noch weit entfernt; je nach Meteorologie Einhaltung des Kurzzeitwertes möglich		Für PM10-Feinstaub Verbesserung; Einhaltung der EU-Grenzwerte für den Kurzzeitwert sehr wahrscheinlich.	

Maßnahmenoption	**MO1**			
	Fahrverbot Stufe 2 (2012)			
wirkt sich mindestens auf den räumlichen Bereich der Umweltzone (+ über Flottenumbau auch regional) aus				
Messstelle	**Jesinger Hauptstraße**			
Luftschadstoff	Stickstoffdioxid NO_2		Feinstaub PM 10	
	JMW [µg/m³]	Anzahl 1h-MW > 200 µg/m³	JMW [µg/m³]	Überschreitungstage > 50 µg/m³
Grenzwert / max. erlaubte Überschreitungen	40	18	40	35
Messwerte 2008 / 2009 / 2010	57 / 61 / 60	-	32 / 31 / 32	50 / 43 / 51
Prognose: Wirkung der Maßnahme	-3	ca. -5	-1	ca. -3
Prognosewert mit Maßnahme	54 - 58	10 - 15	30 – 31	ca. 40 – 48
Grenzwerteinhaltung	nein	ja	nein	nein
Bemerkungen	Für NO_2 Verbesserungen; von einer Grenzwerteinhaltung noch weit entfernt; Einhaltung Kurzzeitwert gegeben.		Für PM10-Feinstaub Verbesserung; Einhaltung der EU-Grenzwerte für den Kurzzeitwert nicht gegeben.	

Maßnahmenoption	**MO1**			
	Fahrverbot Stufe 3 (2013)			
wirkt sich mindestens auf den räumlichen Bereich der Umweltzone (+ über Flottenumbau auch regional) aus				
Messstelle	**Jesinger Hauptstraße**			
Luftschadstoff	Stickstoffdioxid NO_2		Feinstaub PM 10	
	JMW [µg/m³]	Anzahl 1h-MW > 200 µg/m³	JMW [µg/m³]	Überschreitungstage > 50 µg/m³
Grenzwert / max. erlaubte Überschreitungen	40	18	40	35
Messwerte 2008 / 2009 / 2010	57 / 61 / 60	-	32 / 31 / 32	50 / 43 / 51
Prognose: Wirkung der Maßnahme	-6	ca. -10	-2	ca. -6
Prognosewert mit Maßnahme	51 – 55	5 - 10	29 – 30	ca. 37 - 45
Grenzwerteinhaltung	nein	ja	ja	nein
Bemerkungen	Für NO_2 Verbesserungen; von einer Grenzwerteinhaltung noch weit entfernt; Einhaltung Kurzzeitwert gegeben		Für PM10-Feinstaub Verbesserung; Einhaltung der EU-Grenzwerte für den Kurzzeitwert nicht gegeben.	

Maßnahmenoption	**MO3**			
	T30 (2010)			
Wirkung beschränkt auf den Nahbereich der Jesinger Hauptstraße				
Messstelle	**Jesinger Hauptstraße**			
Luftschadstoff	Stickstoffdioxid NO_2		Feinstaub PM 10	
	JMW [µg/m³]	Anzahl 1h-MW > 200 µg/m³	JMW [µg/m³]	Überschreitungstage > 50 µg/m³
Grenzwert / max. erlaubte Überschreitungen	40	18	40	35
Messwerte 2008 / 2009 / 2010	57 / 61 / 60	-	32 / 31 / 32	50 / 43 / 51
Prognose: Wirkung der Maßnahme	-1,4	ca. -3	-0,2	ca. 0
Prognosewert mit Maßnahme	55,6 – 59,6	12 – 15	31 - 32	ca. 43 – 51
Grenzwerteinhaltung	nein	Ja	ja	nein
Bemerkungen	Für NO_2 Verbesserungen; von einer Grenzwerteinhaltung noch weit entfernt; Einhaltung Kurzzeitwert gegeben		Für PM10-Feinstaub Verbesserung; Einhaltung der EU-Grenzwerte für den Kurzzeitwert nicht gegeben.	

9 Literaturverzeichnis

39. BIMSCHV 2010
Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen). In: BGBl. I S. 1065 (Nr. 40) vom 02.08.2010

22. BIMSCHV 2002
Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte). In: BGBl I Nr. 66 vom 17.09.2002, S. 3626.

RAU 2011a
Bestimmung der emissionsseitigen Auswirkungen von Tempo 30 auf der Ortsdurchfahrt in Unterjesingen im Rahmen der Fortschreibung der Luftreinhaltepläne des Regierungspräsidiums Tübingen – Teilplan Tübingen. Im Auftrag des RP Tübingen

UMEG 2005
Luftreinhalteplan/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Tübingen – Städte Reutlingen und Tübingen, Dezember 2005

AVISO 2009
Erstellung eines zukunftsfähigen Emissionskatasters Straßenverkehr für Baden-Württemberg, AVISO GmbH, im Auftrag der LUBW; Aachen, 2009

VEP 2008
Verkehrsentwicklungsplan Tübingen 2008, Topp Hübner-Erler Hagedorn R+T, 2009

LENSING 2003
Programm DMTG für Windows zum Auswerten, Hochrechnen und Visualisieren von Verkehrsdaten aus Kurz- und Langzeitzählungen, Büro für angewandte Statistik, Aachen, 2003

LUTZ 2010
NO_2-Belastung in deutschen Kommunen: Situation, Maßnahmen, Fortschritte, Probleme am Beispiel Berlin. Vortrag auf der Tagung des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg: Herausforderung NO_2-Immissionen, Gesetzgebung, Luftbelastung. Lösungen, Heidelberg, 2./4. März 2010

R+T 2011
zusätzliche Daten zum VEP Tübingen 2008, erhalten von Herrn Pickel, R+T, am 23. 2. 2011

HBEFA 2010
www.hbefa.net

HAUSBERGER 2010
Hausberger, S., et al., Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3, TU Graz Institute for internal combustion engines and thermodynamics, Graz, December 2009

TÜBINGEN 2011
http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/29305/tuebingen.pdf

BANGERT ET AL. 1996
EDV-gestütztes Screening-Modell für unterschiedliche Verkehrsstandorte in Sachsen. Abschlußbericht. Im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Radebeul.

EICHHORN 1989
Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. Diss. Meteorol. Inst. Univ. Mainz.

VDI-Richtlinie 3783, BL. 9

MLUS 2002
Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln. Ausgabe 2002, geänderte Fassung 2005

ROMBERG 1996
NO-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56, pp. 215-218

DÜRING 2009
Tendenzen der NO_2-Belastung im Land Brandenburg von 1997 bis 2020. Immissionsschutz 3-10.

LUBW 2011
Leitfaden: Modellierung verkehrsbedingter Immissionen – Anforderungen an die Eingangsdaten. LUBW Baden-Württemberg (Hrsg.)

Anhang A

Tab. A1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) für die Screening-Streckenabschnitte

Tab. A2: Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die Screening-Streckenabschnitte

Tab. A3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) und Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die zusätzlich betrachteten Streckenabschnitte im Maßnahmenfall Sperrung Eberhardsbrücke

Tab. A4: Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die zusätzlich betrachteten Streckenabschnitte im Maßnahmenfall Sperrung Eberhardsbrücke

Bild A1: Darstellung des Straßennetzes mit ID-Kennung der Streckenabschnitte

Tab. A1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) für die Screening-Streckenabschnitte

STR_NAME_LRP05	IDNR_AVISO	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) der Kfz in 2010 (Analyse)		durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) der Kfz, Maßnahmenfall Sperrung Eberhardsbrücke	rel. Veränderung DTV_Kfz, Maßnahme Sperrung Eberhardsbr. zu Analyse
		DTV_Kfz	Anteil sNfz	DTV_Kfz_Maß	%
Kelternstraße	15	10.435	7,7%	13.594	30,3%
AmStadtgraben3	16	11.580	7,7%	15.004	29,6%
BelthlestrN	17	6.234	1,1%	7.690	23,4%
BelthlestrS	18	2.652	1,9%	2.845	7,3%
Herrenbergerstr6	19	6.815	2,8%	7.664	12,5%
Herrenbergerstr7	20	11.803	2,0%	14.533	23,1%
Herrenbergerstr9	21	7.337	5,0%	8.053	9,8%
HerrenbergerstrV	22	13.805	6,2%	13.213	-4,3%
Hölderlinstr1	23	14.498	5,7%	15.486	6,8%
Kelternstr1	24	14.699	2,2%	17.942	22,1%
Rümelinstr1	25	14.856	5,7%	14.216	-4,3%
Rümelinstr3	26	14.856	5,7%	14.216	-4,3%
Rümelinstr4	27	14.856	5,7%	14.216	-4,3%
Schnarrenbergerstr1	28	9.852	3,0%	9.596	-2,6%
Silcherstr	29	4.332	1,2%	2.962	-31,6%
Westbahnhofstr4	30	22.479	1,6%	26.651	18,6%
Westbahnhofstr5	31	22.479	1,6%	26.651	18,6%
Wilhelmstr4	32	19.360	6,1%	15.459	-20,1%
Wilhelmstr5	33	13.879	3,8%	12.442	-10,4%
Gartenstr	35	2.298	6,0%	1.883	-18,1%
NeueStr	36	796	0,1%	796	0,0%
Mühlstr1	37	9.724	14,3%	2.987	-69,3%
Mühlstr2	38	9.724	14,3%	2.987	-69,3%
Mühlstr3	39	9.724	14,3%	2.987	-69,3%
Wilhelmstr2	40	9.724	11,6%	6.207	-36,2%
Wilhelmstr3	41	19.360	6,1%	15.459	-20,1%
Kelternstr2	42	14.699	2,2%	17.935	22,0%
Doblerstr	43	4.685	5,4%	4.685	0,0%
Schmiedtorstr	44	2.297	4,1%	2.297	0,0%
AmStadtgraben1	58	11.580	7,7%	15.004	29,6%
Wilhelmstr5	59	15.028	7,6%	12.562	-16,4%
Hölderlinstr1	60	12.995	5,7%	13.578	4,5%

Tab. A2: Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die Screening-Streckenabschnitte

STR_NAME_LRP05	IDNR AVISO	Jahresemissionen in kg/(km*a)							
		2010 SG1		2012 SG12		2013 SG123		Maßnahme Sperrung der Eberhardsbrücke	
		NO_X	PM10	NO_X	PM10	NO_X	PM10	NO_X	PM10
Kelternstraße	15	3.188,9	246,3	2.893,8	225,1	2.622,1	206,9	3.611,1	310,6
AmStadtgraben3	16	2.926,5	274,3	2.783,4	260,6	2.582,1	243,2	3.285,5	343,1
BelthlestrN	17	808,2	103,0	736,1	92,4	633,4	81,8	969,0	125,4
BelthlestrS	18	404,9	48,1	376,9	42,7	337,9	37,7	426,6	51,2
Herrenbergerstr6	19	1.096,5	125,7	995,8	113,2	863,9	100,9	1.191,1	139,0
Herrenbergerstr7	20	1.764,7	210,6	1.607,8	189,3	1.391,4	168,3	2.153,9	265,7
Herrenbergerstr9	21	1.457,0	152,0	1.319,7	137,5	1.152,7	123,2	1.537,0	163,2
HerrenbergerstrV	22	4.133,0	397,0	3.796,2	367,8	3.437,2	341,6	3.999,4	374,4
Hölderlinstr1	23	3.740,3	422,2	3.469,3	396,5	3.101,1	363,7	3.950,6	466,3
Kelternstr1	24	2.347,0	282,1	2.150,4	253,8	1.885,7	226,2	2.759,6	340,3
Rümelinstr1	25	4.360,9	429,4	4.014,0	397,6	3.639,0	369,2	4.224,3	406,3
Rümelinstr3	26	4.360,9	429,4	4.014,0	397,6	3.639,0	369,2	4.224,3	406,3
Rümelinstr4	27	2.671,9	398,2	2.505,2	376,7	2.309,3	358,1	2.589,6	375,8
Schnarrenbergerstr1	28	1.736,1	188,5	1.502,4	168,8	1.224,3	150,0	1.703,6	184,4
Silcherstr	29	298,0	65,8	268,0	60,7	231,5	56,0	208,3	46,6
Westbahnhofstr4	30	3.307,7	422,2	3.025,0	380,5	2.632,7	339,5	4.052,6	537,7
Westbahnhofstr5	31	3.307,7	422,2	3.025,0	380,5	2.632,7	339,5	4.052,6	537,7
Wilhelmstr4	32	5.093,1	489,8	4.832,0	475,9	4.364,1	437,8	4.415,3	384,7
Wilhelmstr5	33	2.936,4	354,6	2.713,6	324,6	2.400,1	295,1	2.605,6	300,5
Gartenstr	35	548,4	52,3	509,7	46,9	461,6	41,9	501,8	45,6
NeueStr	36	91,3	12,8	85,1	11,3	75,5	9,9	91,3	12,8
Mühlstr1	37	5.481,5	313,8	4.950,2	287,7	4.507,1	268,2	4.263,6	177,9
Mühlstr2	38	5.481,5	313,8	4.950,2	287,7	4.507,1	268,2	4.263,6	177,9
Mühlstr3	39	5.481,5	313,8	4.950,2	287,7	4.507,1	268,2	4.263,6	177,9
Wilhelmstr2	40	4.166,6	257,8	3.750,0	237,1	3.413,3	221,4	3.768,8	201,9
Wilhelmstr3	41	5.093,1	489,8	4.832,0	475,9	4.364,1	437,8	4.415,3	384,7
Kelternstr2	42	2.347,0	282,1	2.150,4	253,8	1.885,7	226,2	2.758,8	340,2
Doblerstr	43	930,6	100,7	802,4	90,8	665,4	81,4	930,6	100,7
Schmiedtorstr	44	457,1	47,6	425,2	42,5	383,5	37,7	457,1	47,6
AmStadtgraben1	58	3.615,7	287,6	3.339,6	269,9	3.037,6	248,6	4.064,8	359,9
Wilhelmstr5	59	4.993,0	491,4	4.615,1	457,0	4.212,8	426,2	4.453,3	401,8
Hölderlinstr1	60	3.742,4	345,6	3.425,0	318,3	3.090,6	294,2	3.880,4	363,6

Tab. A3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) für die zusätzlich betrachteten Streckenabschnitte im Maßnahmenfall Sperrung Eberhardsbrücke

IDNR AVISO	Straße	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) der Kfz in 2010 (Analyse)		durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) der Kfz, Maßnahmenfall Sperrung Eberhardsbrücke	rel. Veränderung DTV_Kfz, Maßnahme Sperrung Eberhardsbr. zu Analyse
		DTV_Kfz	Anteil sNfz	DTV_Kfz_Maß	%
14	Walter-Simon-Straße	35.272	4,9%	37.661	6,8%
48	Friedrichstraße (südl. Nordstraße)	17.592	11,7%	11.866	-32,5%
49	Wilhelmstraße (östl. Nordring)	27.492	3,8%	30.080	9,4%
51	Hölderlinstraße	11.757	3,8%	13.014	10,7%
53	Wilhelmstraße (südl. Wächterstr.)	10.599	3,8%	9.799	-7,5%
54	Haußerstraße/Mohlstraße	12.818	3,8%	14.069	9,8%
56	Wilhelmstraße (westl. Nordring)	20.774	3,8%	21.453	3,3%
57	Friedrichstraße (nördl. Nordstraße)	10.962	11,7%	2.351	-78,6%
61	Karlstraße (nödrl. Friedrichstr.)	10.962	11,7%	1.289	-88,2%
66	Wilhelmstraße (westl. Stuttgarter Str.)	17.945	3,8%	19.305	7,6%
68	Alberstraße (südl. Wilhelmstr.)	11.580	3,8%	12.940	11,7%
69	Alberstraße (westl. Stuttgarter Str.)	11.669	3,8%	13.029	11,7%
71	Stuttgarter Straße (südl. Reutlinger Str.)	20.686	8,3%	20.767	0,4%
73	Bebenhäuser Straße (nördl. Wilhelmstr.)	9.105	3,7%	9.190	0,9%
78	Stuttgarter Straße (nördl. Alberstr.)	12.111	2,8%	13.571	12,1%
80	Stuttgarter Straße (östl. Schweickhardtstr.)	20.155	8,3%	19.184	-4,8%
84	Reutlinger Straße (westl. Stuttgarter Str.)	35.272	4,9%	32.128	-8,9%

Tab. A4: Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die zusätzlich betrachteten Streckenabschnitte im Maßnahmenfall Sperrung Eberhardsbrücke

IDNR AVISO	Straße	Jahresemissionen in kg/(km*a)			
		2010 SG1		Maßnahme Sperrung der Eberhardsbrücke	
		NO_X	PM10	NO_X	PM10
14	Walter-Simon-Straße	7.253,9	781,6	7.829,9	873,8
48	Friedrichstraße (südl. Nordstraße)	5.655,2	491,0	5.019,5	400,2
49	Wilhelmstraße (östl. Nordring)	5.822,4	697,3	6.270,0	787,6
51	Hölderlinstraße	2.276,0	263,0	2.537,9	300,5
53	Wilhelmstraße (südl. Wächterstr.)	1.951,7	214,8	1.810,1	196,3
54	Haußerstraße/Mohlstraße	2.591,9	302,1	2.911,7	348,5
56	Wilhelmstraße (westl. Nordring)	3.894,7	442,7	3.974,3	454,3
57	Friedrichstraße (nördl. Nordstraße)	3.788,3	324,6	2.567,1	169,4
61	Karlstraße (nödrl. Friedrichstr.)	3.618,6	311,2	2.449,2	152,5
66	Wilhelmstraße (westl. Stuttgarter Str.)	3.526,0	402,0	3.722,9	441,7
68	Alberstraße (südl. Wilhelmstr.)	2.127,8	238,3	2.318,7	267,2
69	Alberstraße (westl. Stuttgarter Str.)	2.143,6	240,1	2.350,2	269,5
71	Stuttgarter Straße (südl. Reutlinger Str.)	6.013,9	603,3	6.023,4	604,6
73	Bebenhäuser Straße (nördl. Wilhelmstr.)	1.613,2	178,9	1.622,7	180,3
78	Stuttgarter Straße (nördl. Alberstr.)	2.076,6	235,3	2.301,6	267,3
80	Stuttgarter Straße (östl. Schweickhardtstr.)	5.841,0	585,0	5.658,5	556,3
84	Reutlinger Straße (westl. Stuttgarter Str.)	6.694,8	620,4	6.040,3	544,5

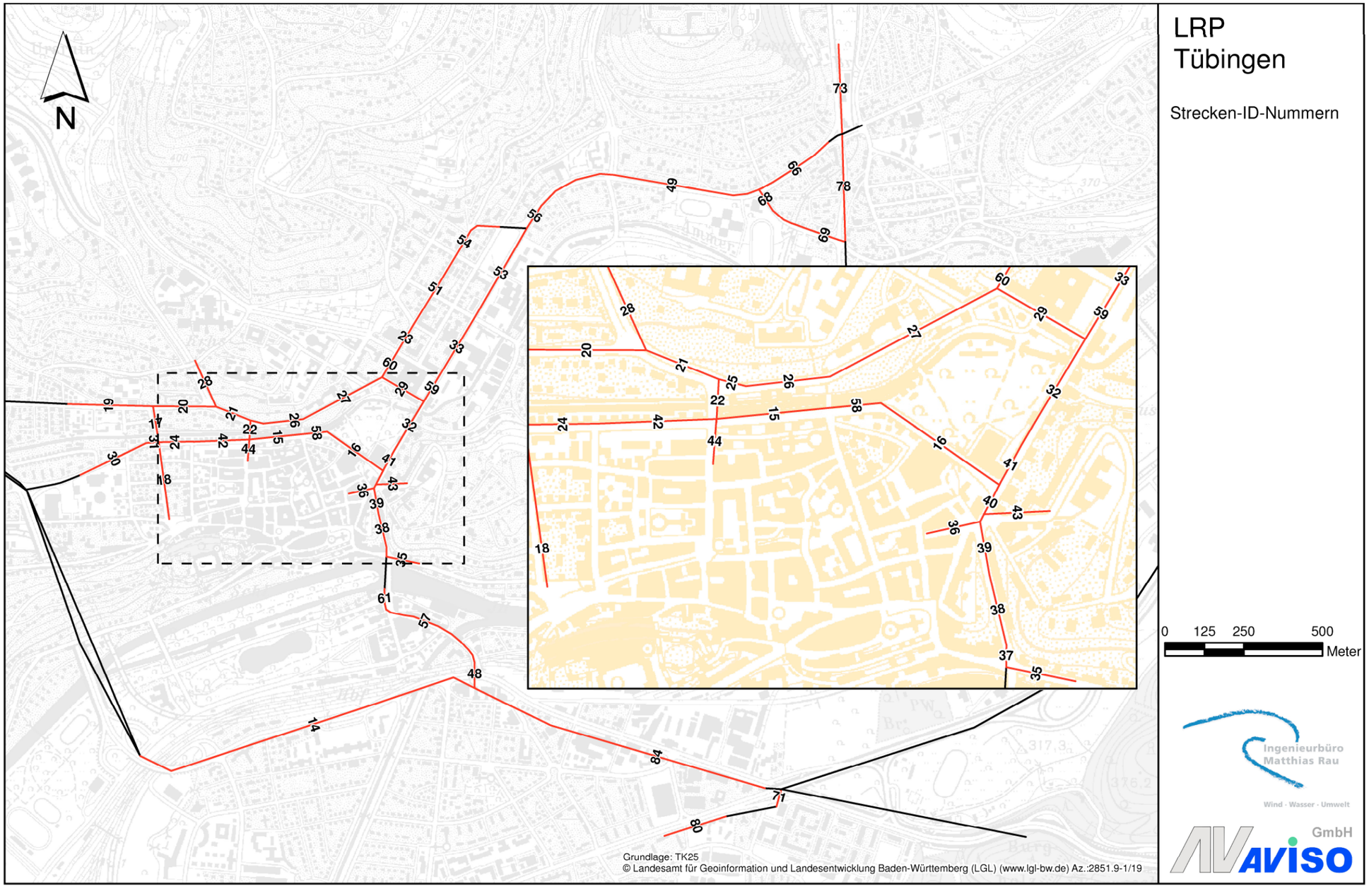


Bild A1: Strecken-ID der im Rahmen des Screenings untersuchten Hauptstraßenabschnitte; Kleiner Plan: Maßnahmen Umweltzone; großer Plan: Maßnahme Sperrung Eberhardsbrücke

Anhang B - Ergebnis der Screening-Berechnungen

Bild B1: NO_2-Jahresmittelwert, Fahrverbot Stufe 1 (2010)

Bild B2: PM10-Jahresmittelwert, Fahrverbot Stufe 1 (2010)

Bild B3: NO_2-Jahresmittelwert, Fahrverbot Stufe 2 (2012)

Bild B4: PM10-Jahresmittelwert, Fahrverbot Stufe 2 (2012)

Bild B5: NO_2-Jahresmittelwert, Fahrverbot Stufe 3 (2013)

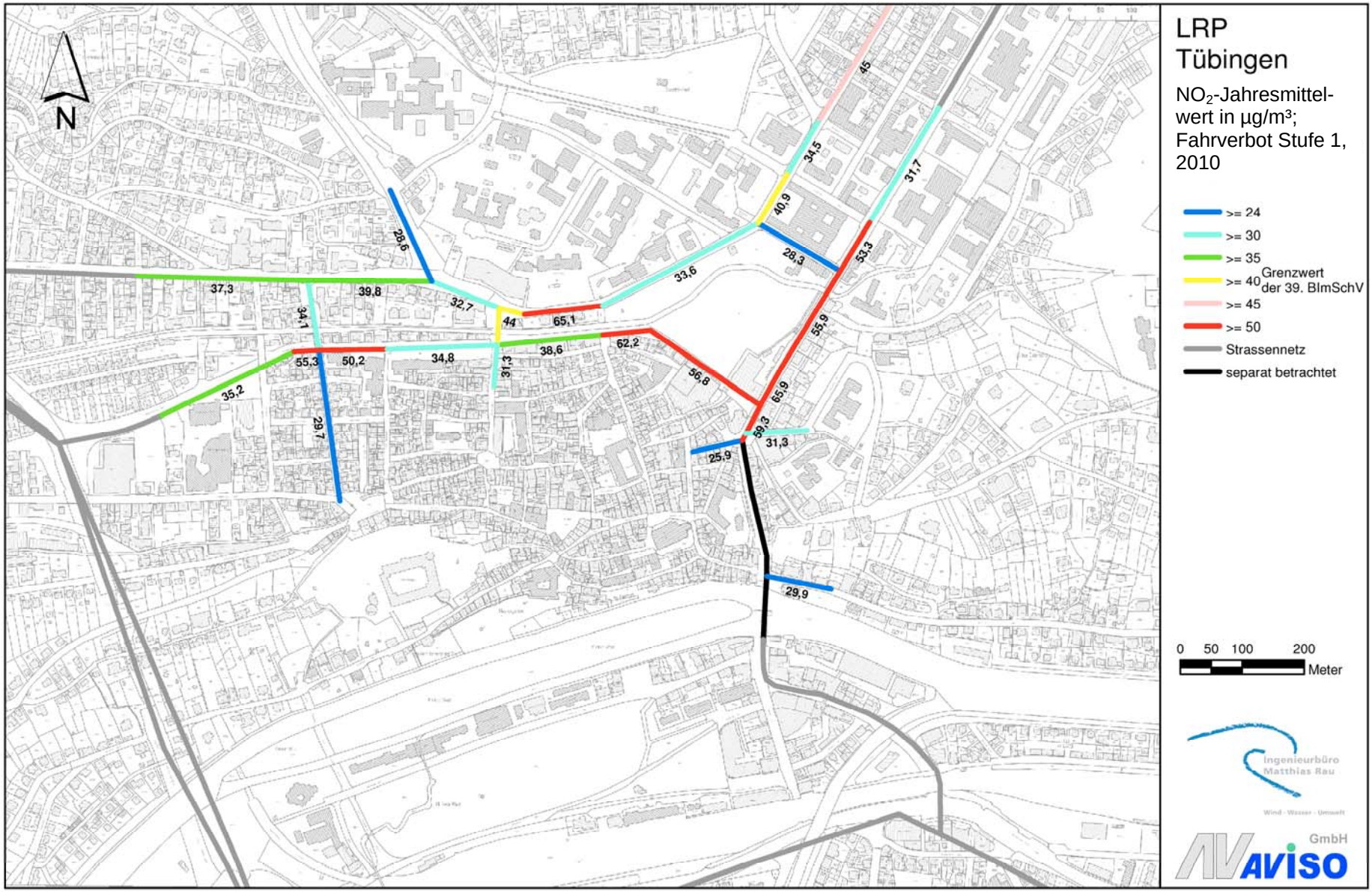
Bild B6: PM10-Jahresmittelwert, Fahrverbot Stufe 3 (2013)

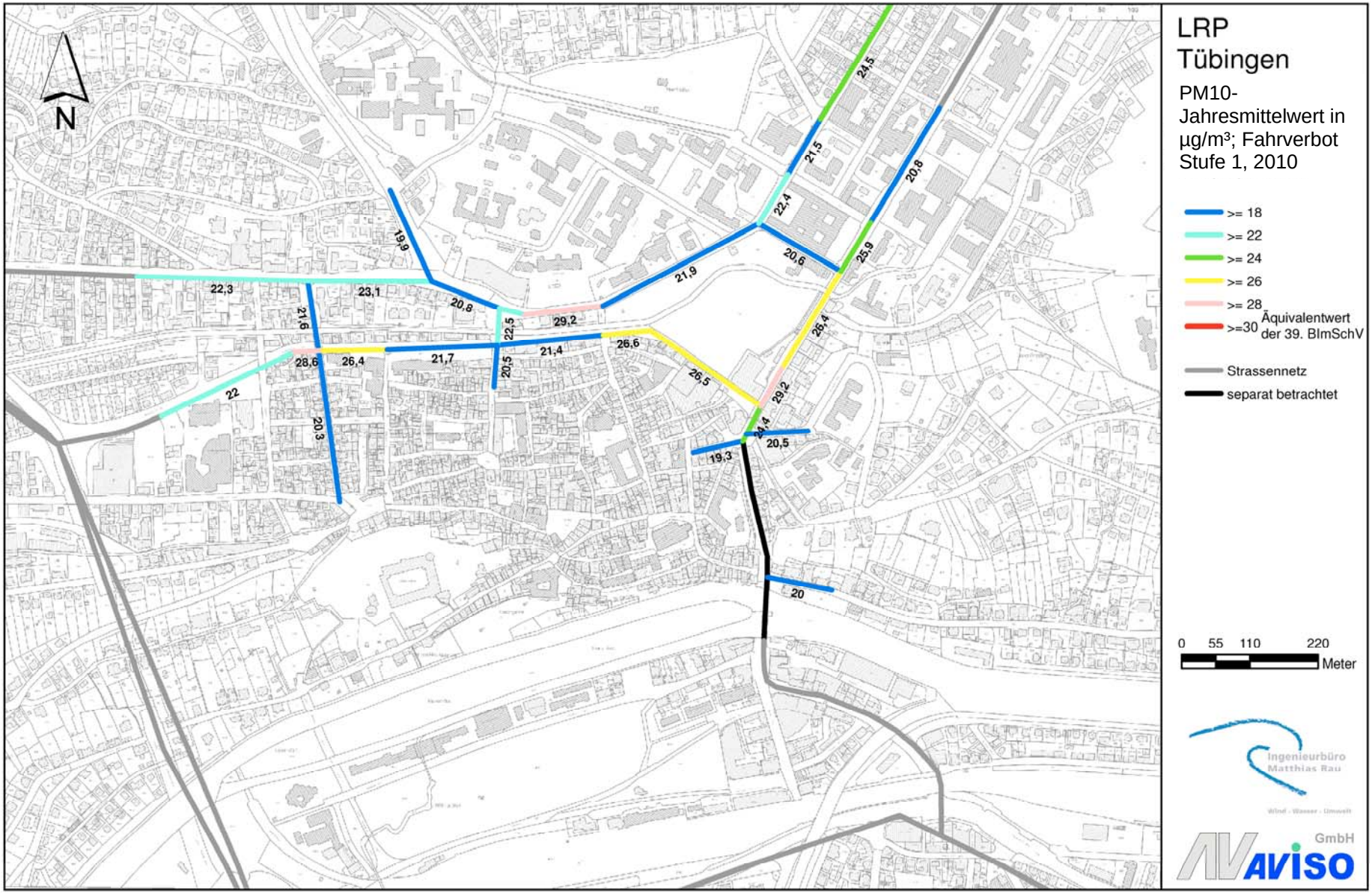
Bild B7: NO_2-Jahresmittelwert, großes Gebiet: Fahrverbot Stufe 1 (2010)

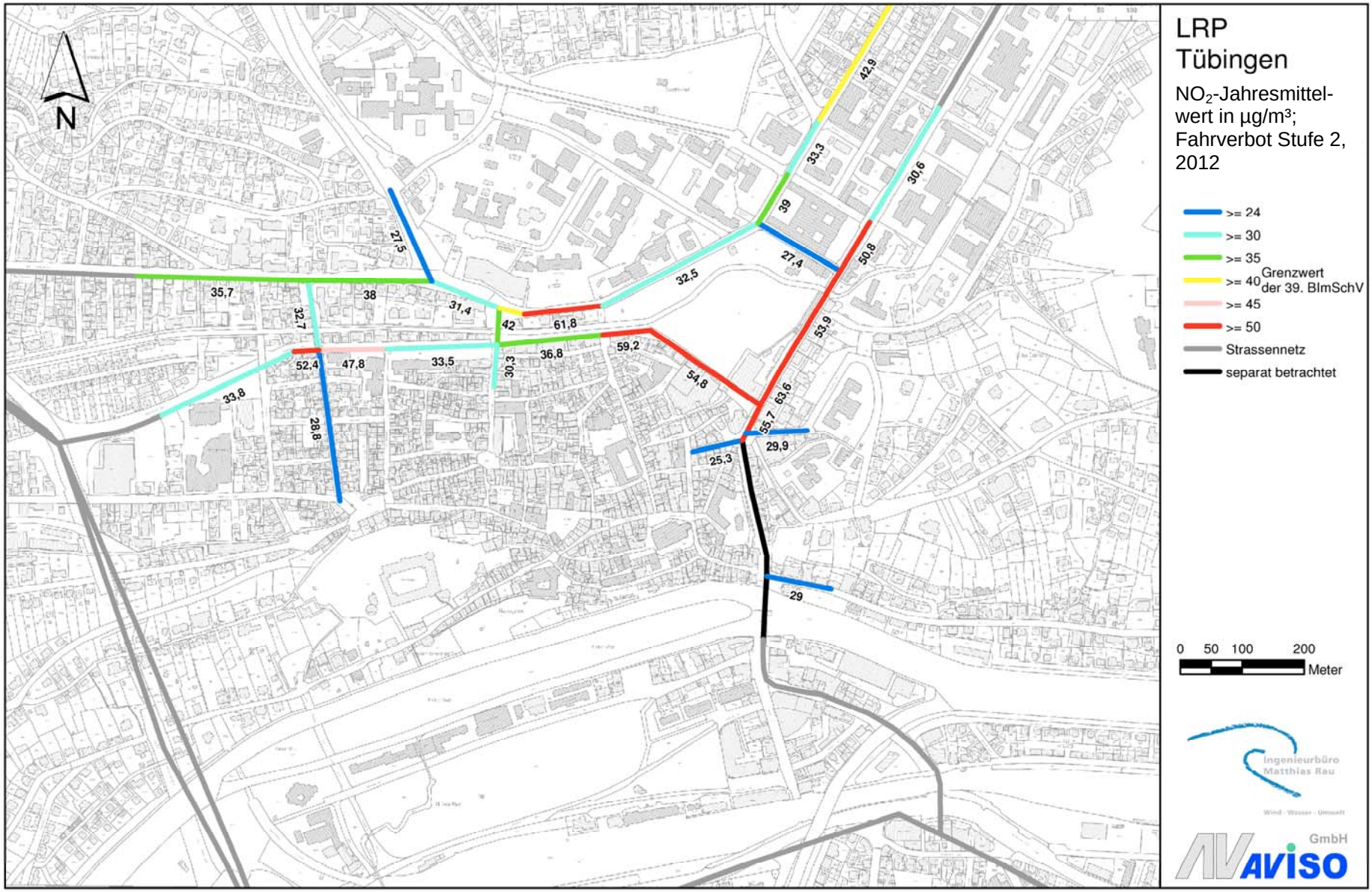
Bild B8: PM10-Jahresmittelwert, großes Gebiet: Fahrverbot Stufe 1 (2010)

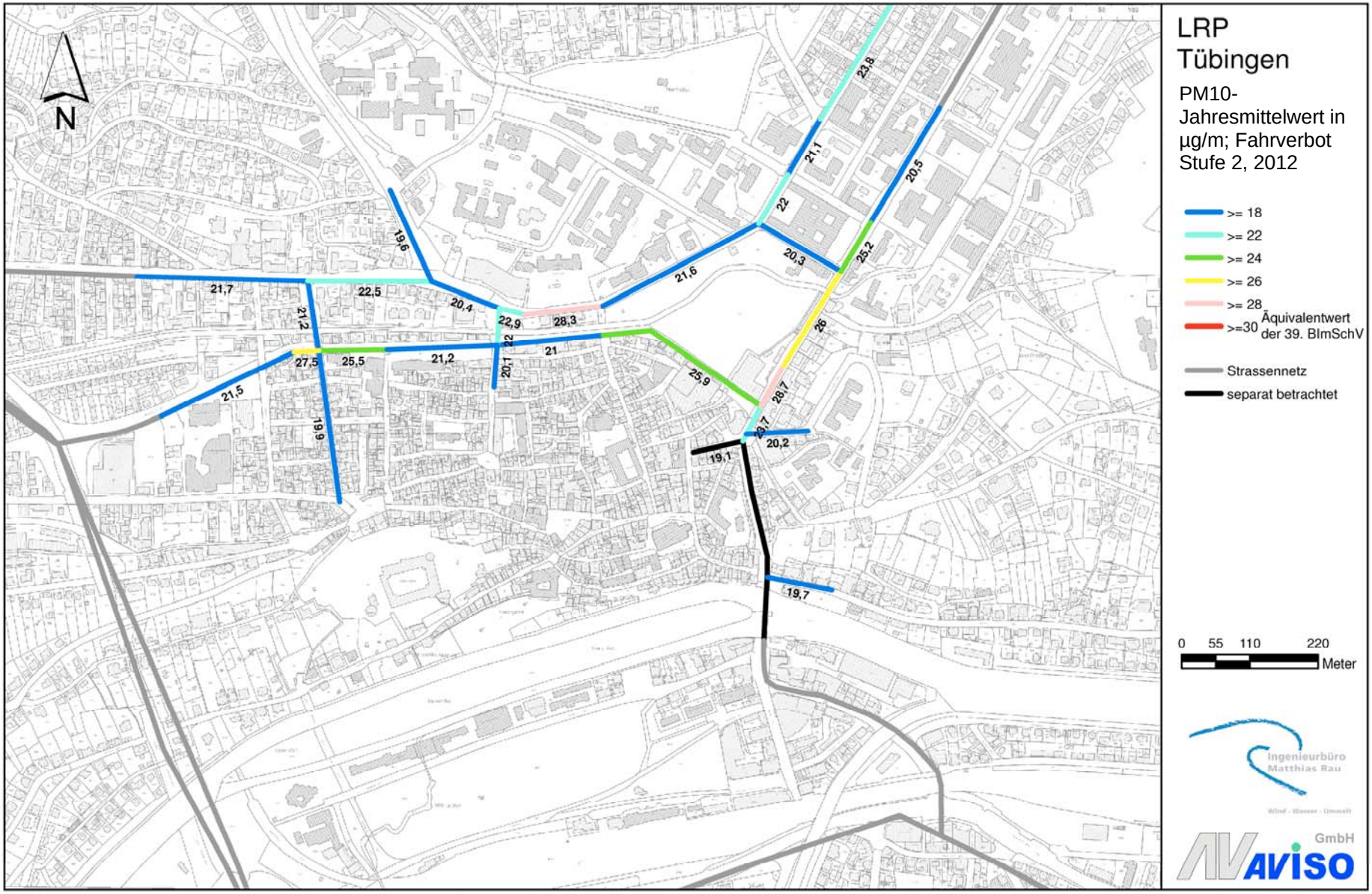
Bild B9: NO_2-Jahresmittelwert, großes Gebiet: Sperrung Eberhardsbrücke (2010)

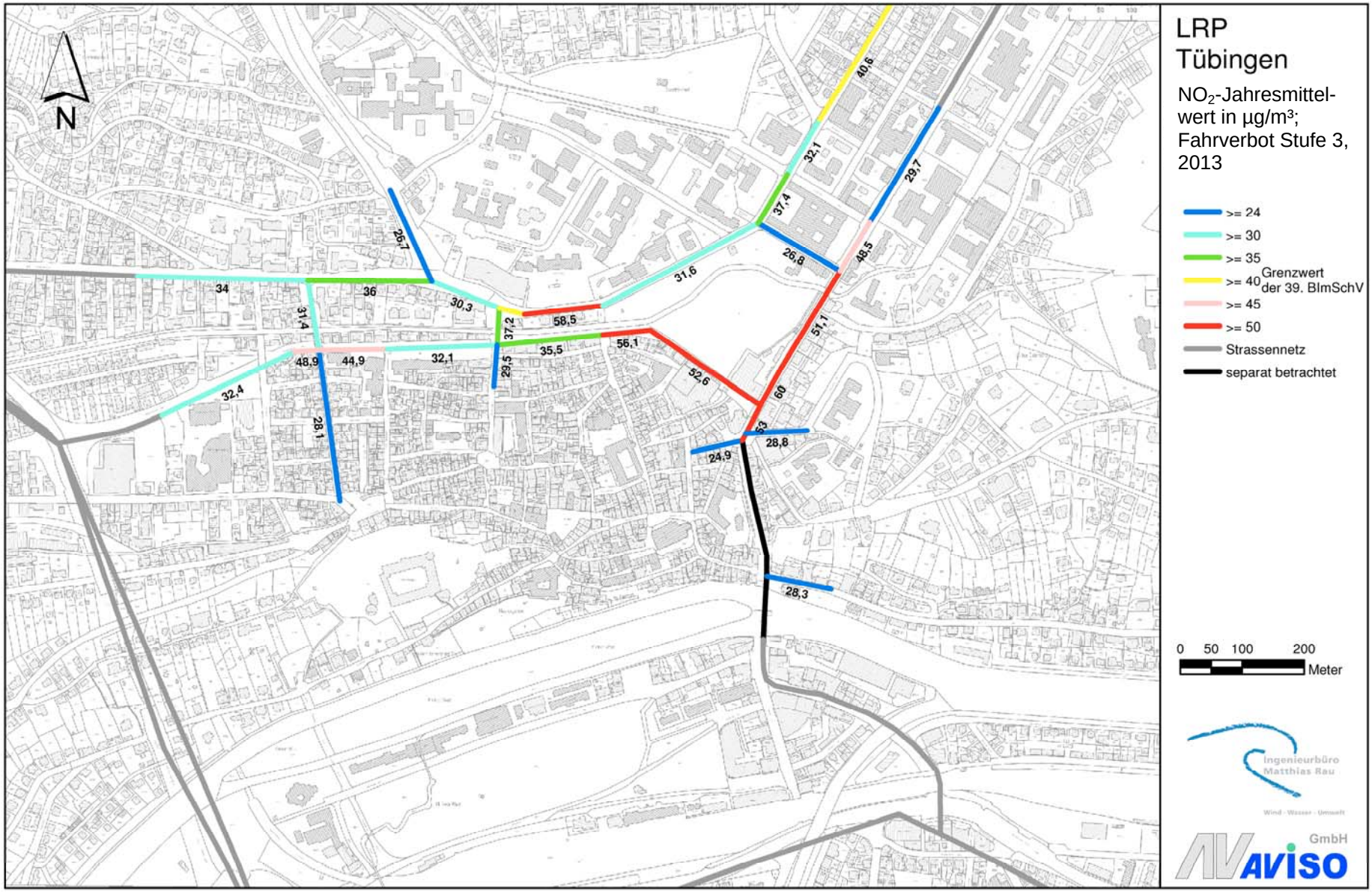
Bild B10: PM10-Jahresmittelwert, großes Gebiet: Sperrung Eberhardsbrücke (2010)

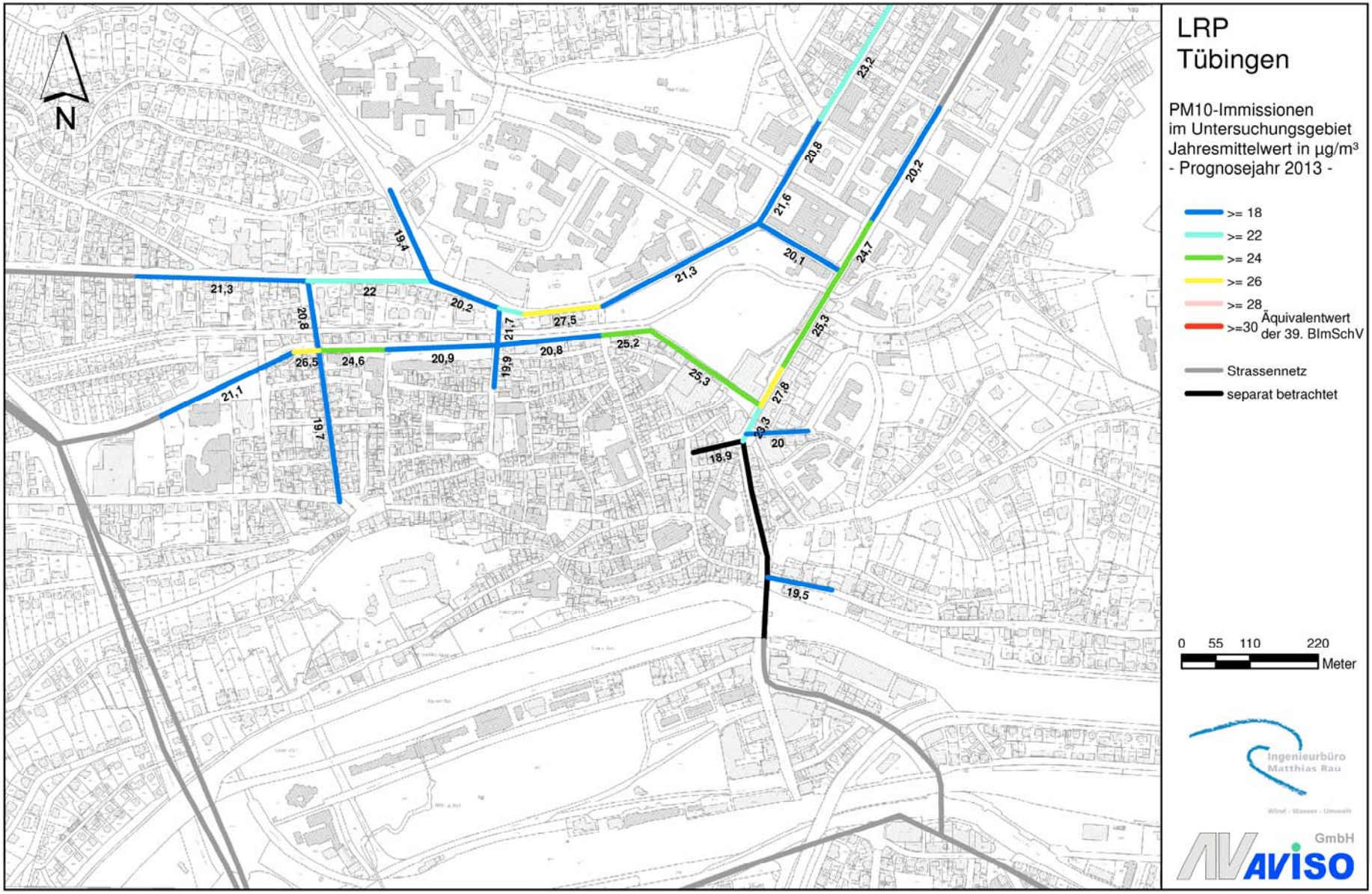

N
LRP Tübingen
NO_2-Jahresmittelwert in µg/m³; Fahrverbot Stufe 1, 2010
>= 24
>= 30
>= 35
>= 40 Grenzwert der 39. BImSchV
>= 45
>= 50
Strassennetz
separat betrachtet
0 50 100 200
Meter
28,6
37,3
39,8
32,7
44
65,1
33,6
40,9
34,5
45
31,7
28,3
53,3
34,1
55,3
50,2
34,8
31,1
38,6
62,2
56,8
55,9
65,9
59,3
31,3
25,9
35,2
29,7
29,9

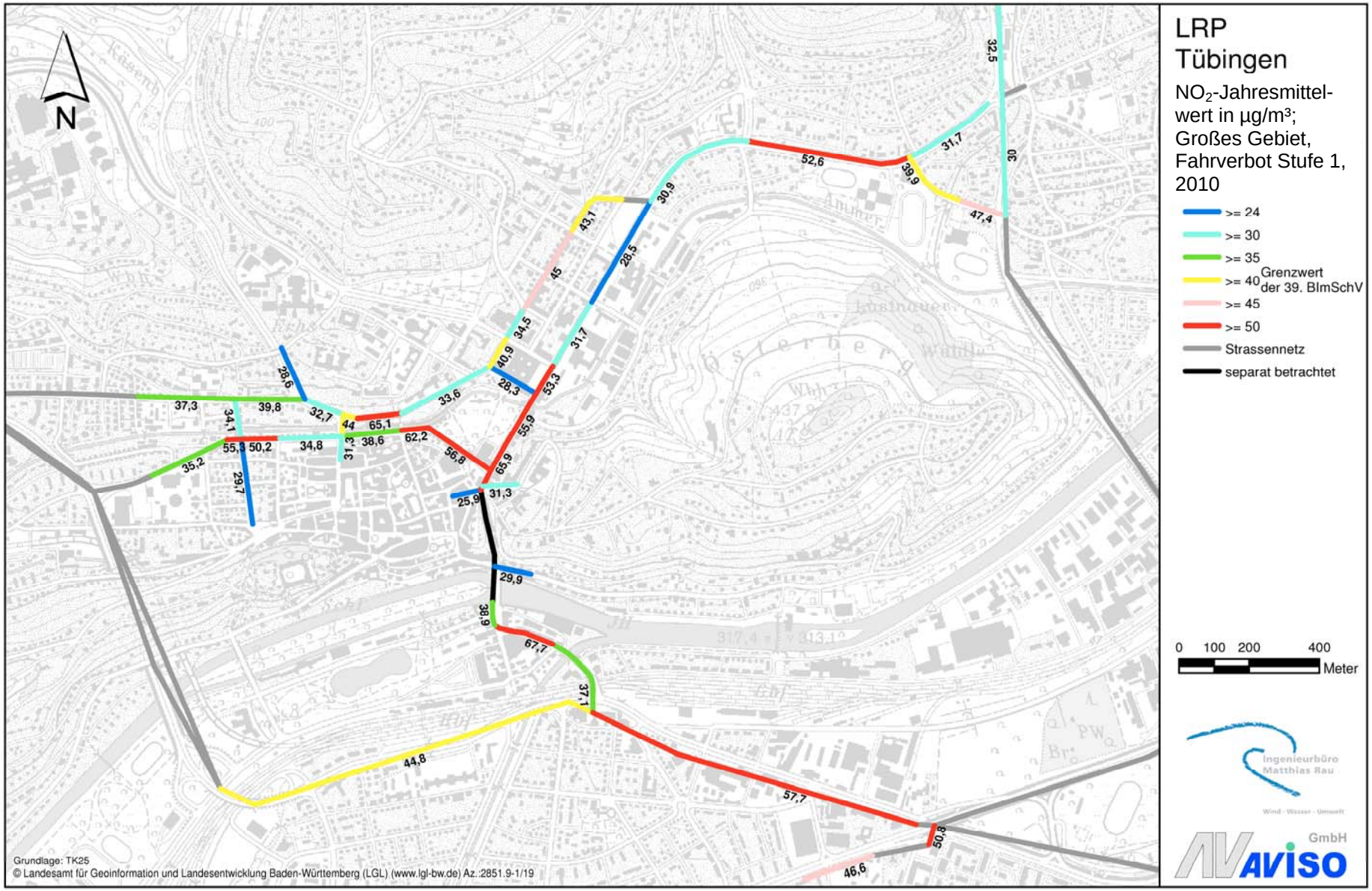

LRP
Tübingen
PM10-
Jahresmittelwert in
µg/m³; Fahrverbot
Stufe 1, 2010
>= 18
>= 22
>= 24
>= 26
>= 28
>=30 Äquivalentwert der 39. BImSchV
Strassennetz
separat betrachtet
0 55 110 220
Meter
N
22,3
23,1
19,9
20,8
21,6
22,5
29,2
21,9
22,4
21,5
24,5
20,8
20,6
25,9
26,4
28,6
26,4
21,7
20,5
21,4
26,6
26,5
29,2
24,4
20,5
19,3
22
20,3
20

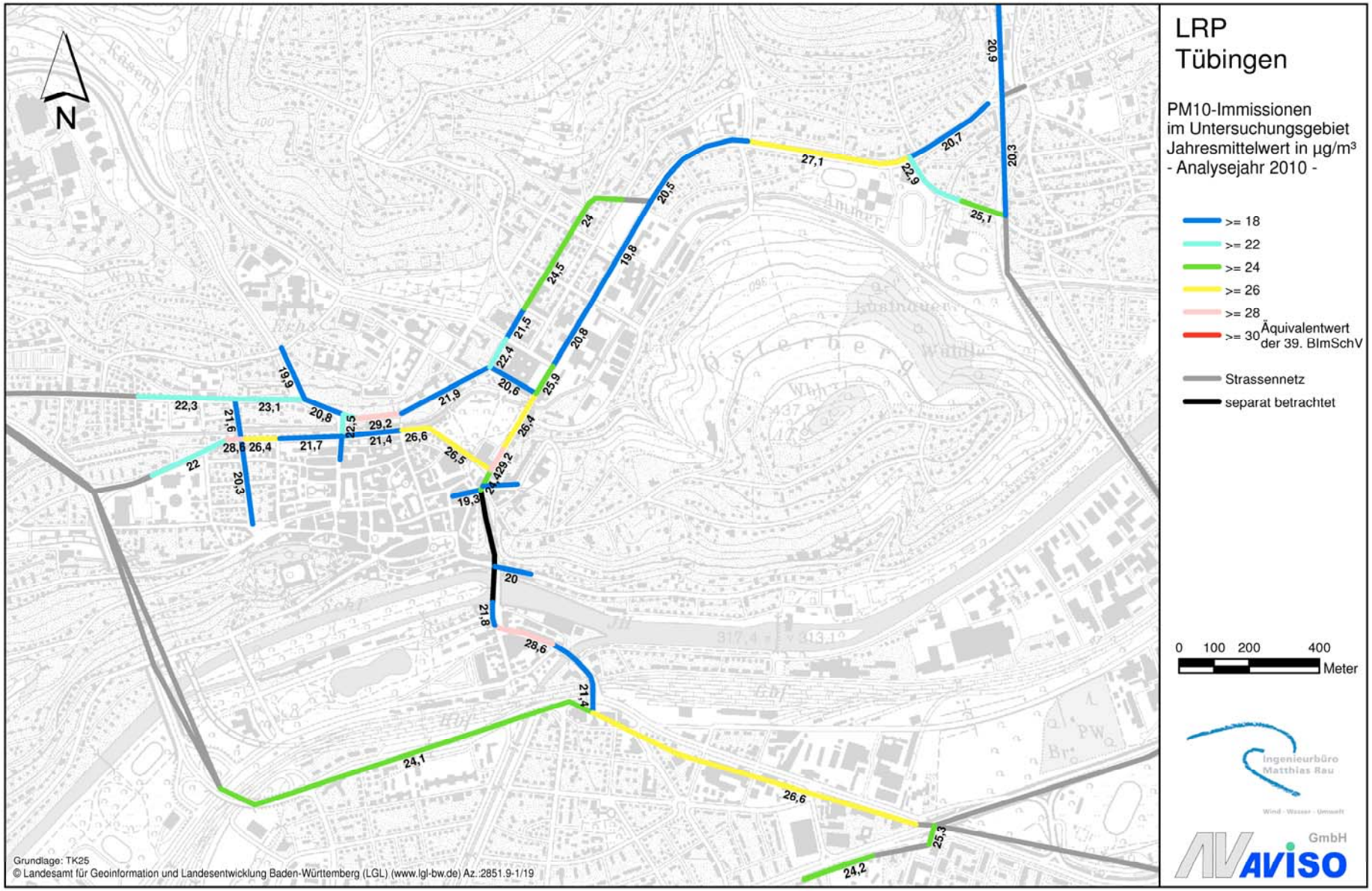

N
LRP Tübingen
NO_2-Jahresmittelwert in µg/m³; Fahrverbot Stufe 2, 2012
>= 24
>= 30
>= 35
>= 40 Grenzwert der 39. BImSchV
>= 45
>= 50
Strassennetz
separat betrachtet
0 50 100 200
Meter
27,5
35,7
38
31,4
42
61,8
32,5
39
33,3
42,9
27,4
50,8
30,6
32,7
52,4
47,8
33,5
30,3
36,8
59,2
53,9
33,8
28,8
54,8
63,6
55,7
29,9
25,3
29

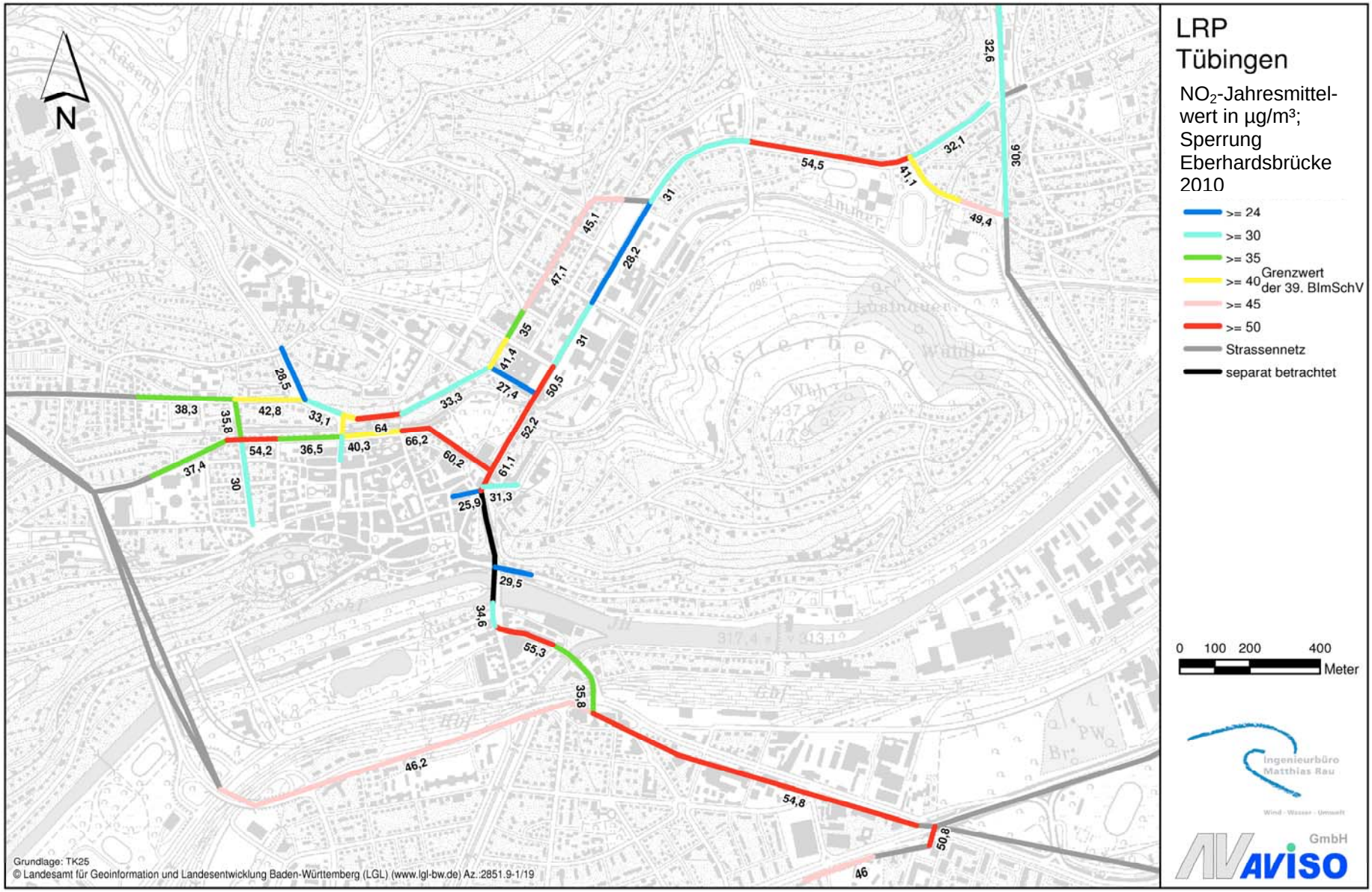

N
LRP Tübingen
PM10-Jahresmittelwert in µg/m; Fahrverbot Stufe 2, 2012
>= 18
>= 22
>= 24
>= 26
>= 28
>=30
Äquivalentwert der 39. BImSchV
Strassennetz
separat betrachtet
0 55 110 220
Meter
21,7
22,5
20,4
19,6
22,9
28,3
21,6
22
21,1
23,8
20,5
20,3
25,2
26
21,2
27,5
25,5
21,2
21
20,1
25,9
28,7
28,7
21,5
19,9
19,1
20,2
19,7

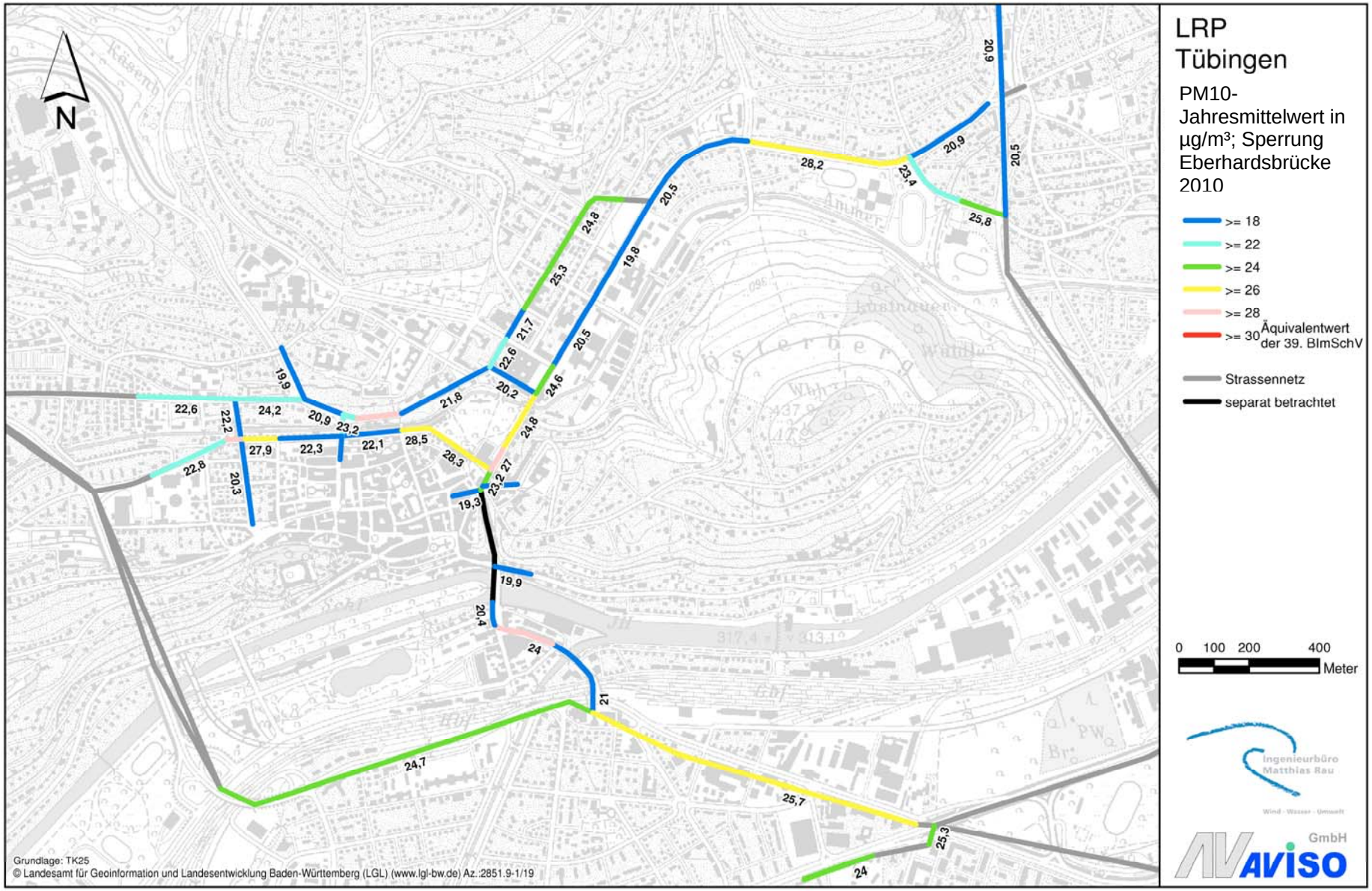

N
LRP Tübingen
NO_2-Jahresmittelwert in µg/m³; Fahrverbot Stufe 3, 2013
>= 24
>= 30
>= 35
>= 40 Grenzwert der 39. BImSchV
>= 45
>= 50
Strassennetz
separat betrachtet
0 50 100 200
Meter
34
36
30,3
26,7
31,6
37,4
32,1
40,6
29,7
26,8
48,5
51,1
58,5
37,2
35,5
56,1
52,6
60
31,4
48,9
44,9
32,1
29,5
32,4
28,1
24,9
28,8
28,3


N
LRP
Tübingen
PM10-Immissionen
im Untersuchungsgebiet
Jahresmittelwert in µg/m³
- Prognosejahr 2013 -
>= 18
>= 22
>= 24
>= 26
>= 28
>=30 Äquivalentwert der 39. BImSchV
Strassennetz
separat betrachtet
0 55 110 220
Meter
21,3
22
20,2
19,4
21,3
21,6
20,8
23,2
20,2
20,1
24,7
25,3
27,5
21,7
20,8
25,2
25,3
19,9
20,9
24,6
26,5
20,8
21,1
19,7
27,8
23,3
20
18,9
19,5
Ingenieurbüro Matthias Rau
Wind · Wasser · Umwelt
AVISO GmbH


LRP Tübingen
NO_2-Jahresmittelwert in µg/m³; Großes Gebiet, Fahrverbot Stufe 1, 2010
>= 24
>= 30
>= 35
>= 40 Grenzwert der 39. BImSchV
>= 45
>= 50
Strassennetz
separat betrachtet
0 100 200 400
Meter
N
Grundlage: TK25
© Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg (LGL) (www.lgl-bw.de) Az.:2851.9-1/19


LRP
Tübingen
PM10-Immissionen
im Untersuchungsgebiet
Jahresmittelwert in µg/m³
- Analysejahr 2010 -
>= 18
>= 22
>= 24
>= 26
>= 28
>= 30
Äquivalentwert
der 39. BImSchV
Strassennetz
separat betrachtet
0 100 200 400
Meter
N
Grundlage: TK25
© Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg (LGL) (www.lgl-bw.de) Az.:2851.9-1/19


LRP Tübingen
NO_2-Jahresmittelwert in µg/m³; Sperrung Eberhardsbrücke 2010
>= 24
>= 30
>= 35
>= 40 Grenzwert der 39. BImSchV
>= 45
>= 50
Strassennetz
separat betrachtet
0 100 200 400
Meter
N
Grundlage: TK25
© Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg (LGL) (www.lgl-bw.de) Az.:2851.9-1/19


N
LRP Tübingen
PM10-Jahresmittelwert in µg/m³; Sperrung Eberhardsbrücke 2010
>= 18
>= 22
>= 24
>= 26
>= 28
>= 30
Äquivalentwert der 39. BImSchV
Strassennetz
separat betrachtet
0 100 200 400
Meter
Grundlage: TK25
© Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg (LGL) (www.lgl-bw.de) Az.:2851.9-1/19

Anhang C - Ergebnis der Detailuntersuchung

Bild C 1: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 1, 2010

Bild C 2: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 1, 2010

Bild C 3: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 2, 2012

Bild C 4: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 2, 2012

Bild C 5: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 3, 2013

Bild C 6: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 3, 2013

Bild C 7: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; vorgezogenes Fahrverbot Stufe 3, 2012

Bild C 8: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; vorgezogenes Fahrverbot Stufe 3, 2012

Bild C 9: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Sperrung Eberhardsbrücke, 2010

Bild C 10: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Sperrung Eberhardsbrücke, 2010

Bild C 21: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße, Tü-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 1, 2010

Bild C 12: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße, Tü-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 1, 2010

Bild C 13: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße, Tü-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 2, 2012

Bild C 14: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße, Tü-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 2, 2012

Bild C 15: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße, Tü-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 3, 2013

Bild C 16: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße, Tü-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 3, 2013

Bild C 17: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße, Tü-Unterjesingen; T30, 2010

Bild C 18: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße, Tü-Unterjesingen; T30, 2010

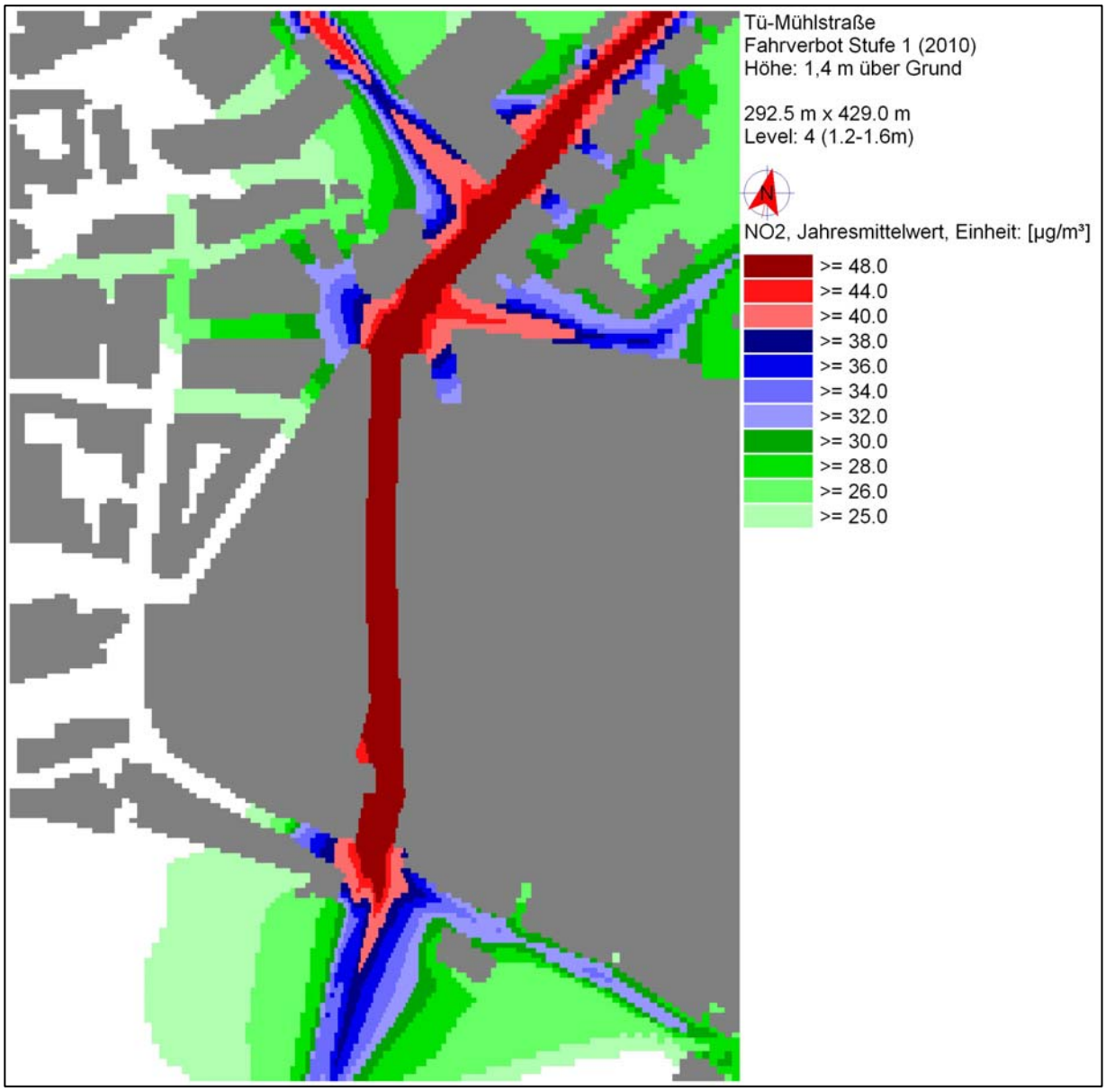


Bild C 1: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 1, 2010

Bild C 2: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 1, 2010

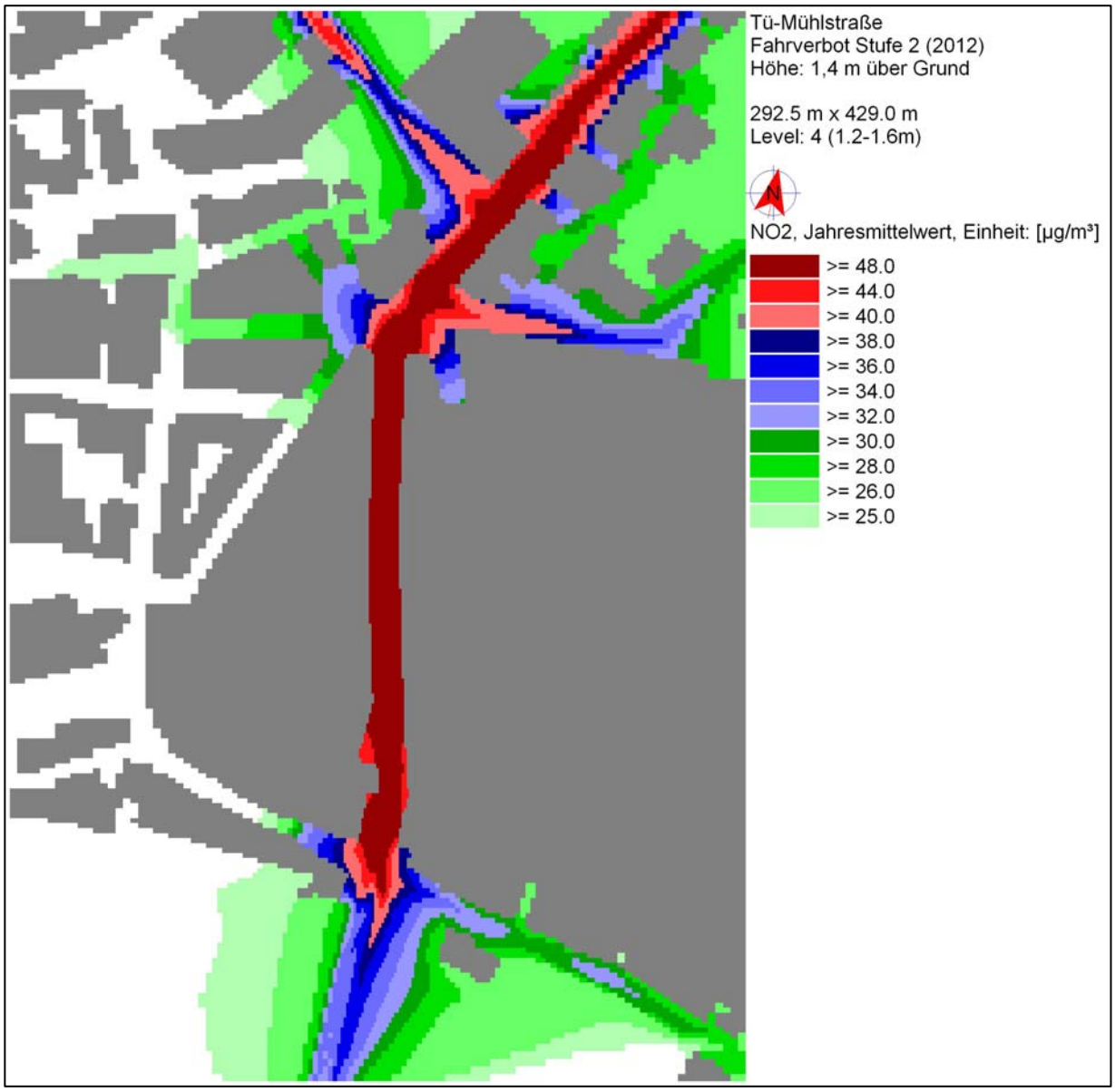


Bild C 3: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 2, 2012

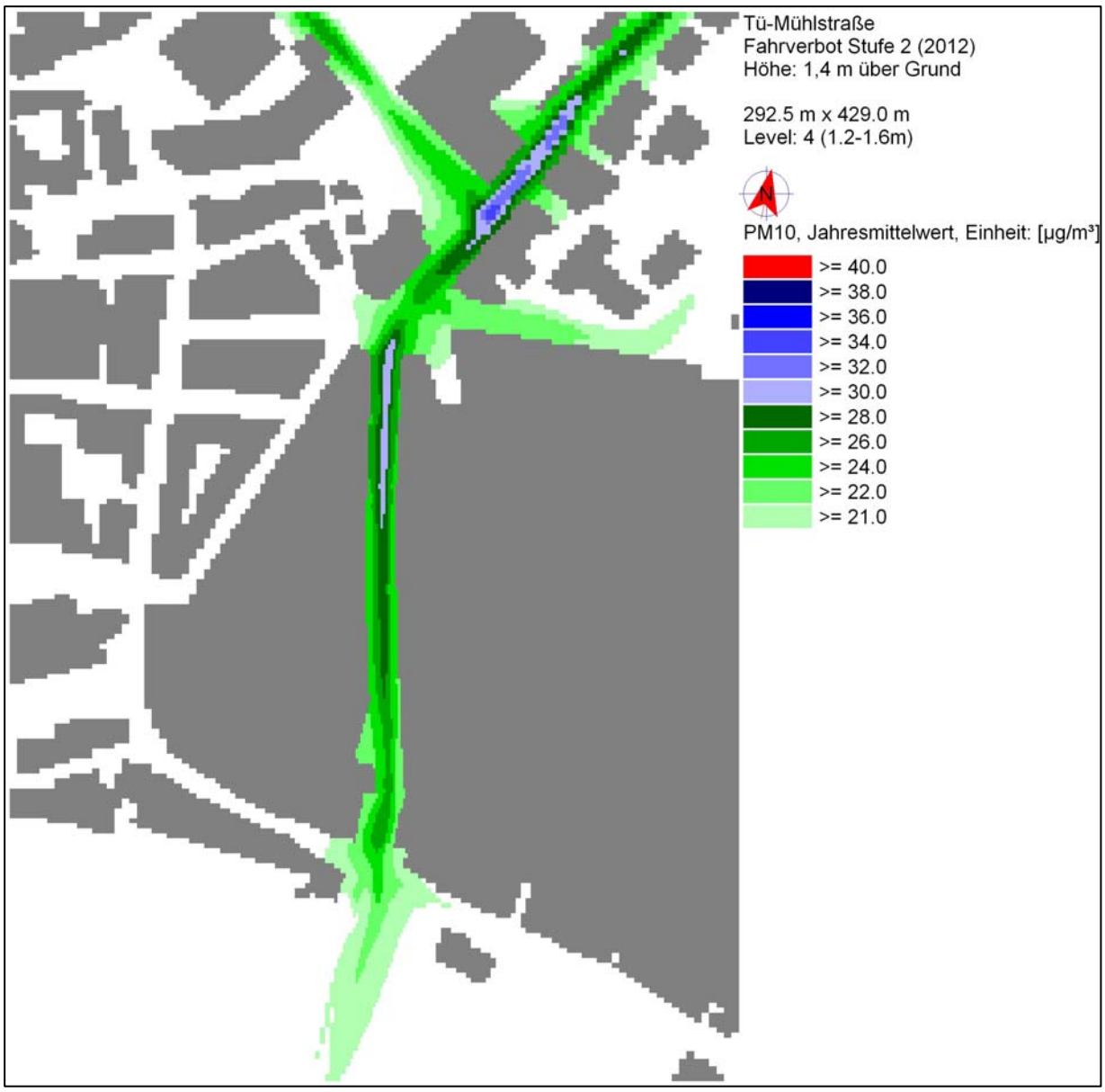


Bild C 4: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 2, 2012

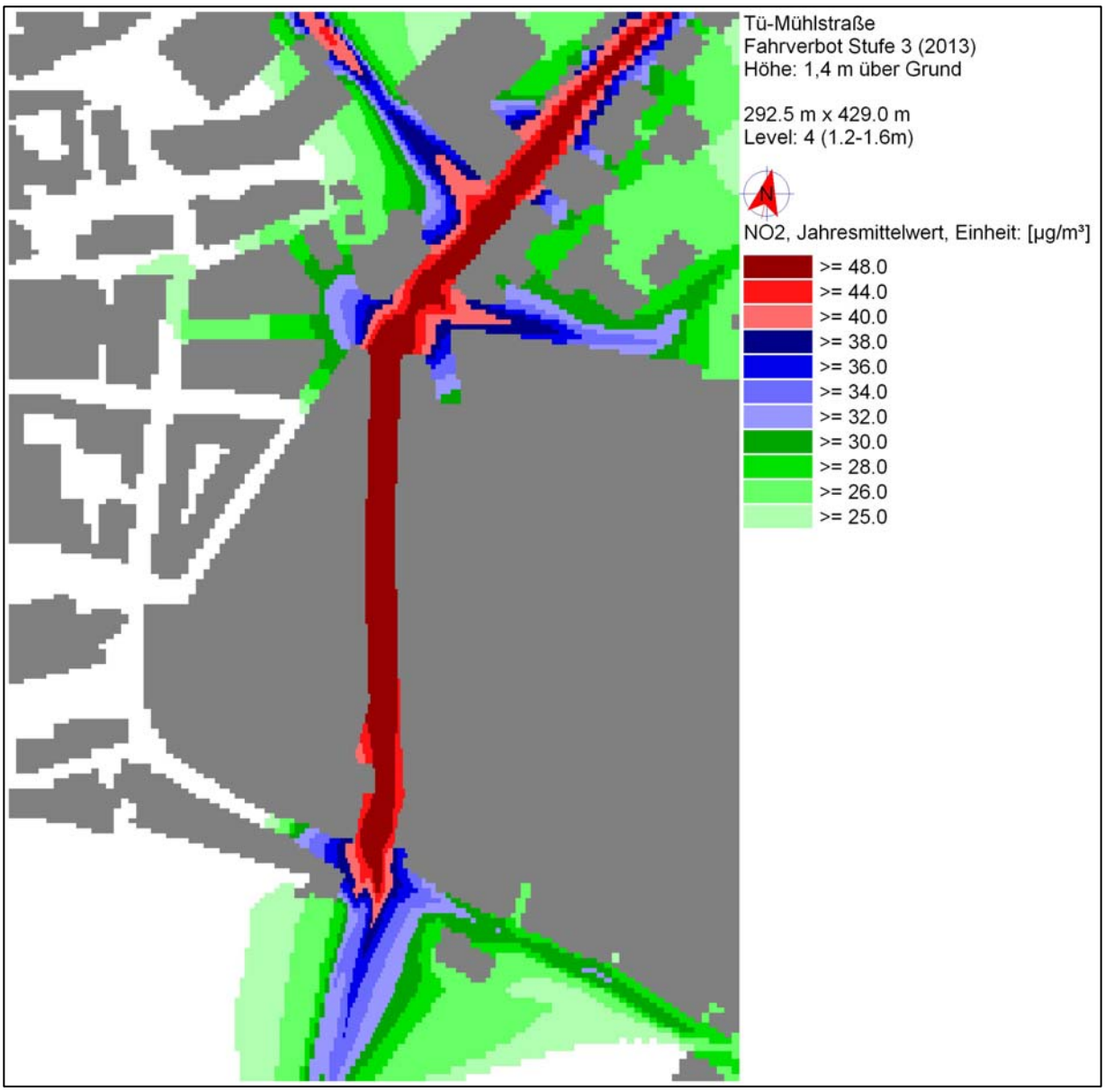


Bild C 5: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 3, 2013

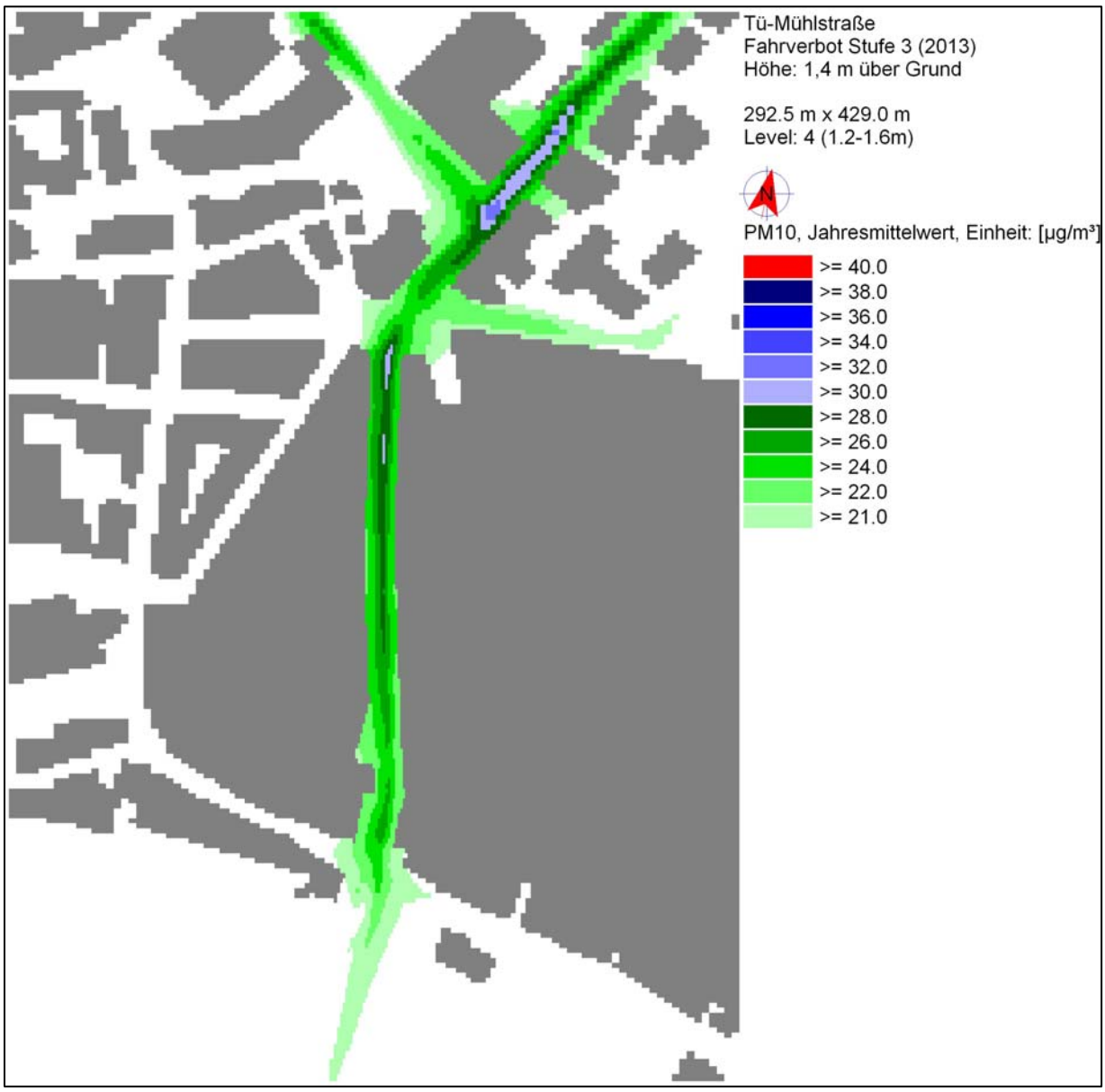


Bild C 6: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Fahrverbot Stufe 3, 2013

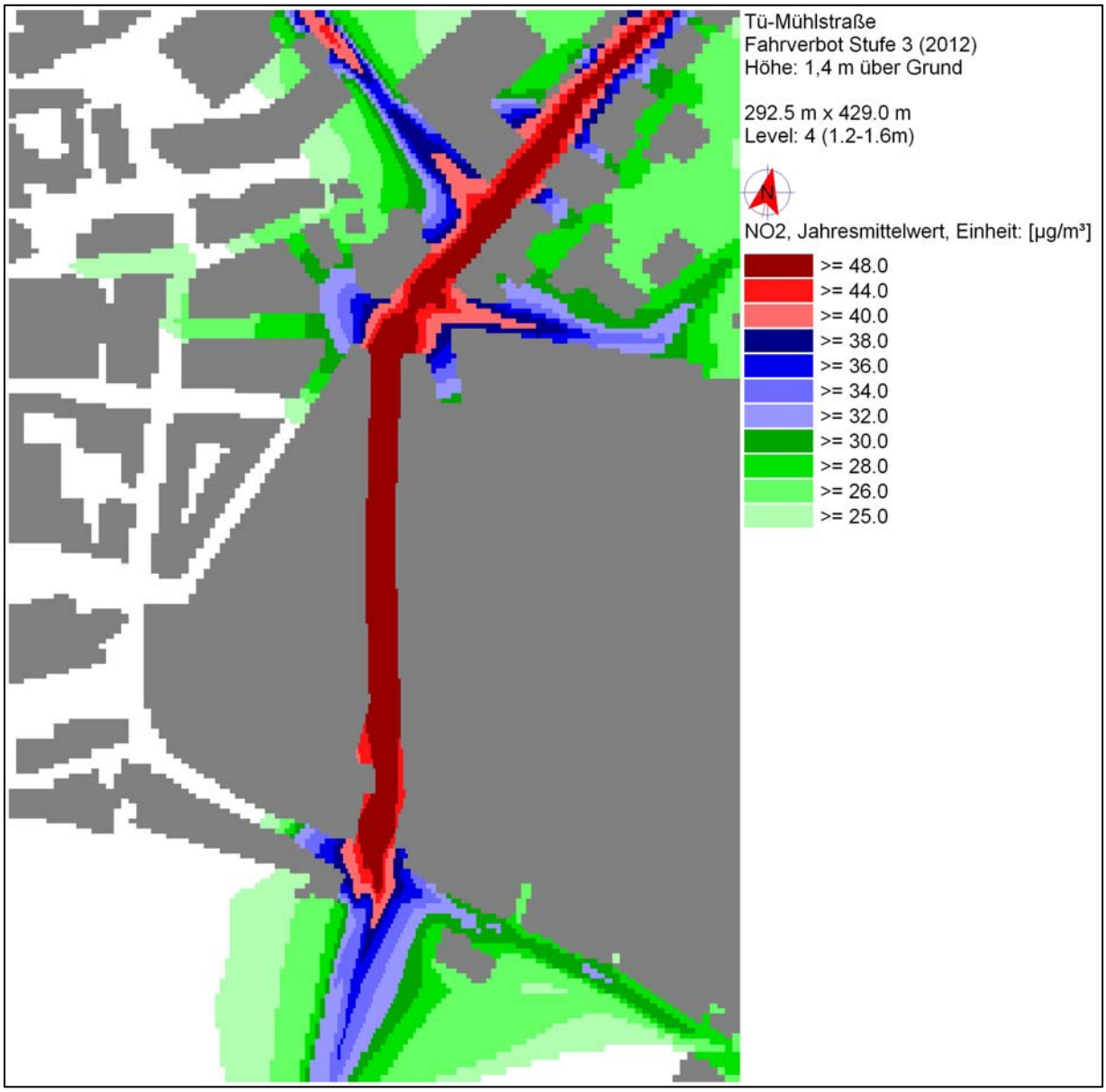


Bild C 7: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; vorgezogenes Fahrverbot Stufe 3, 2012

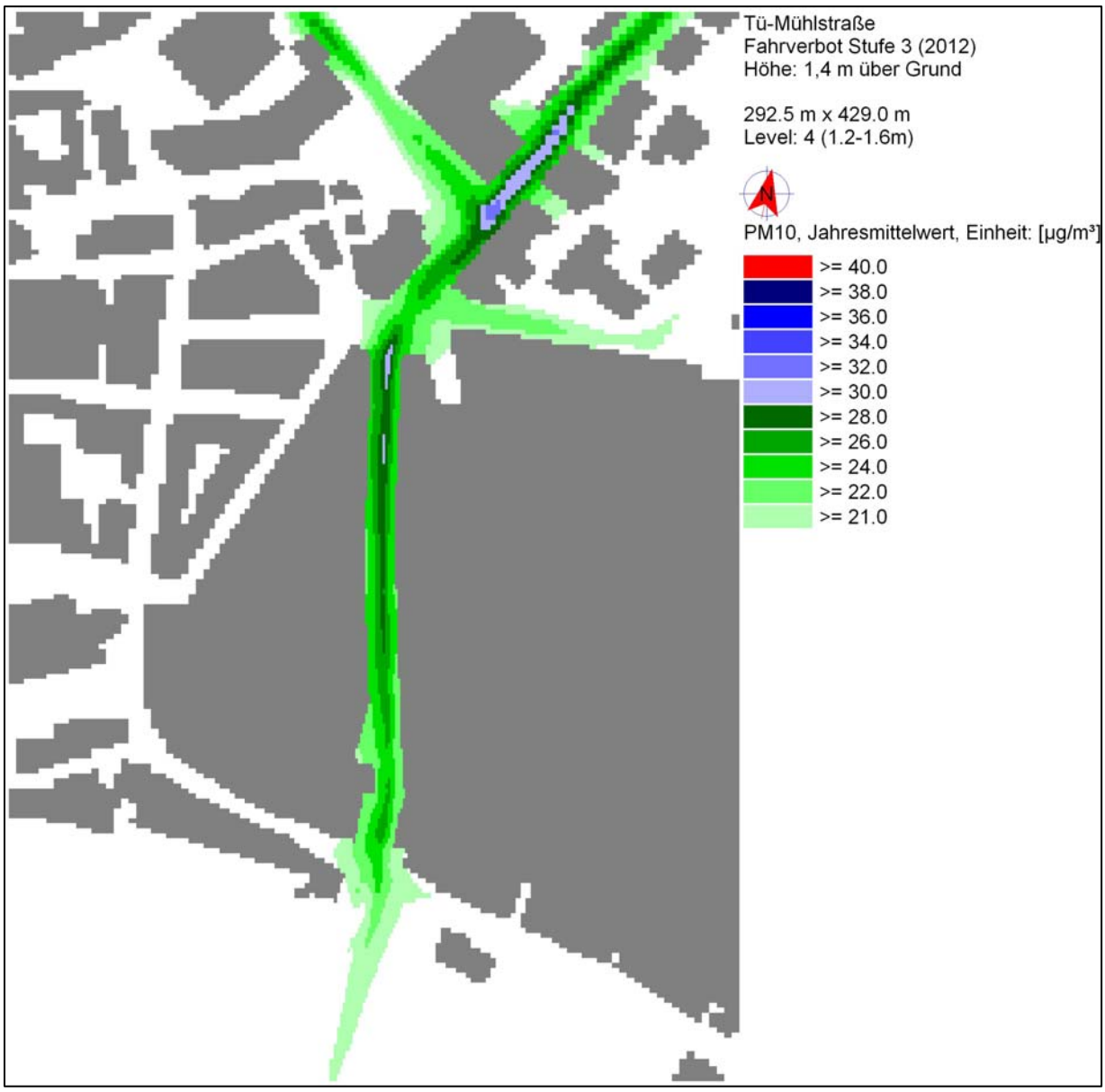


Bild C 8: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; vorgezogenes Fahrverbot Stufe 3, 2012

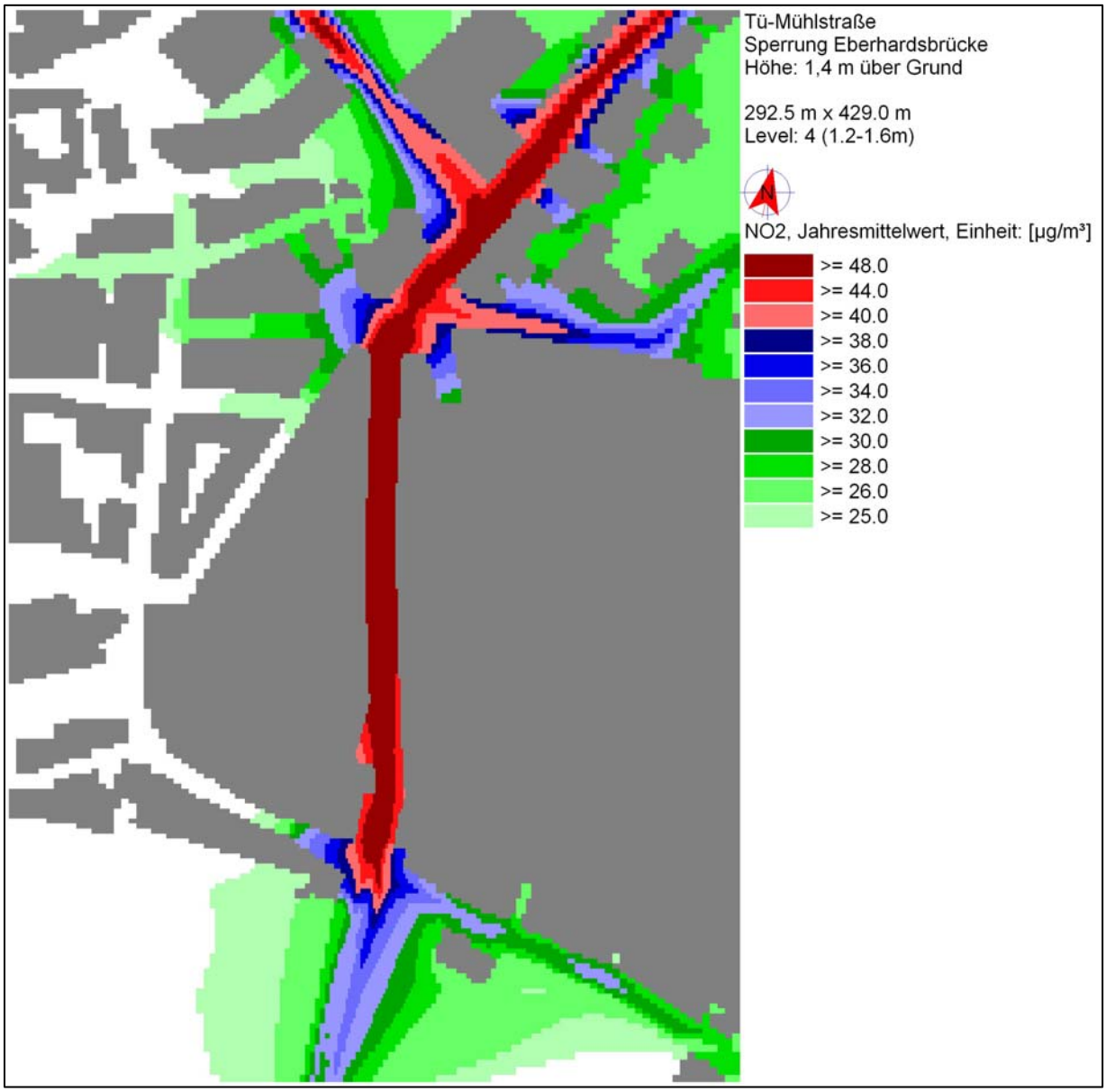


Bild C 9: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Sperrung Eberhardsbrücke, 2010

Bild C 10: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Mühlstraße; Sperrung Eberhardsbrücke, 2010

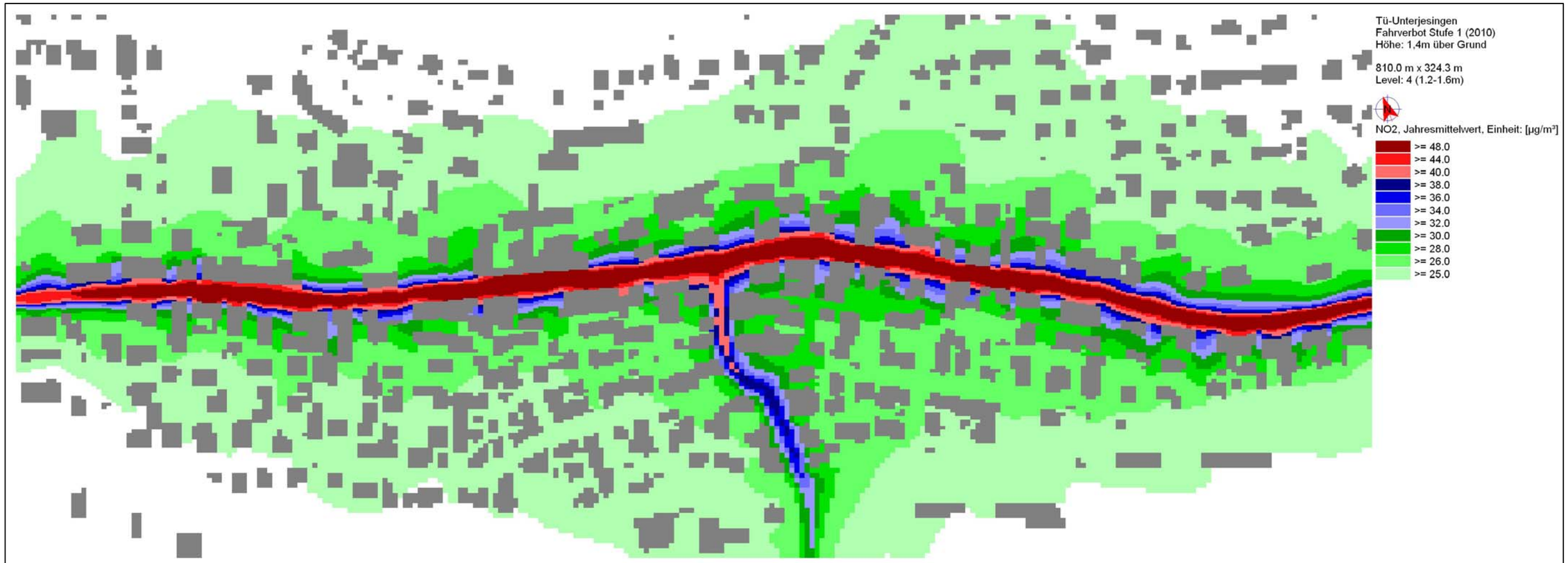


Bild C 11: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße Tübingen-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 1, 2010

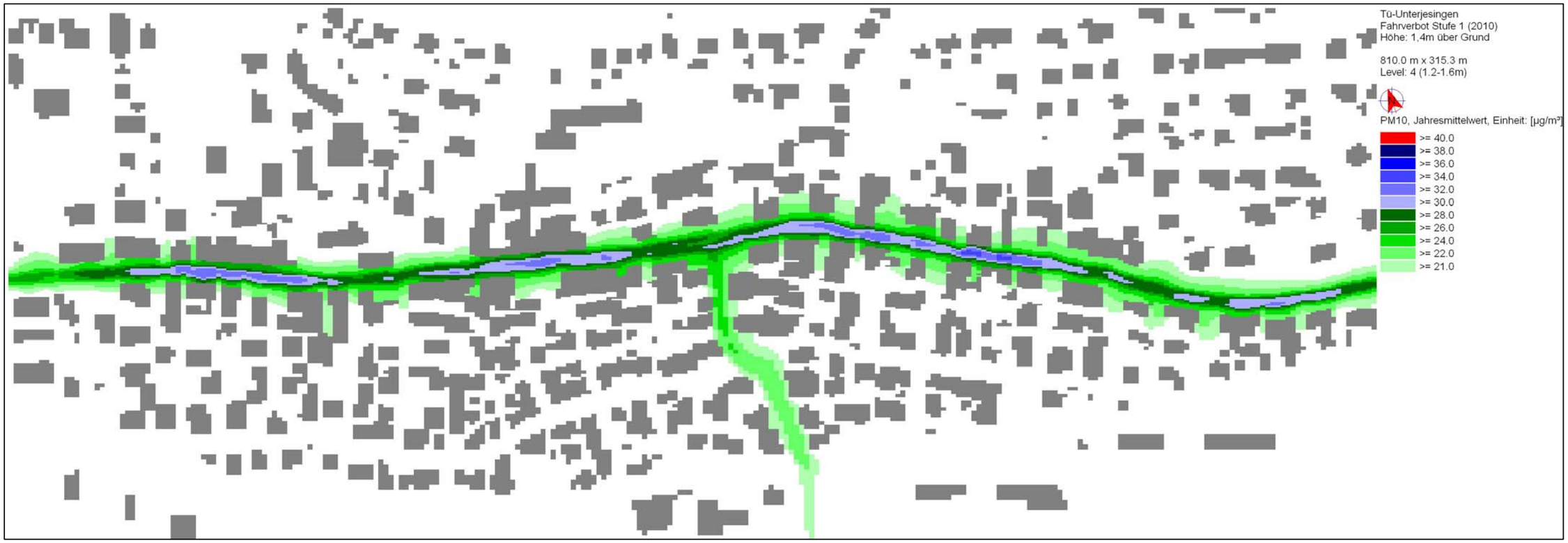


Bild C 12: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße Tübingen-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 1, 2010

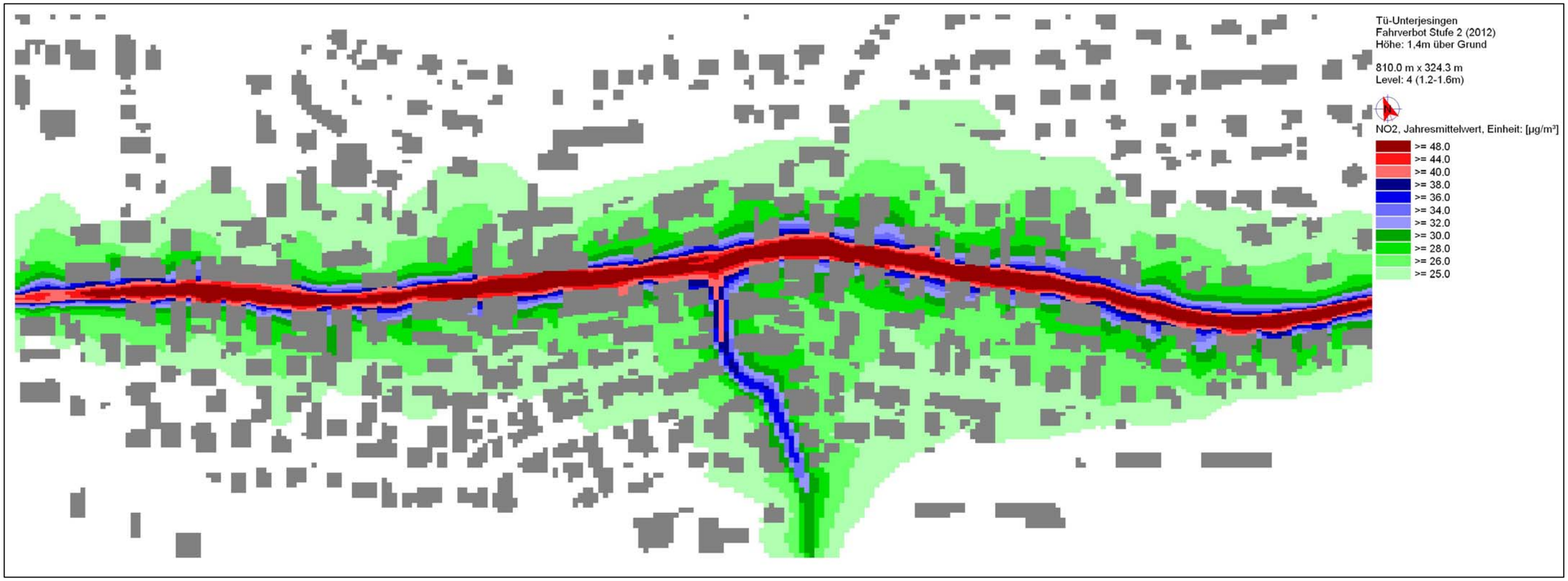


Bild C 13: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße Tübingen-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 2, 2012

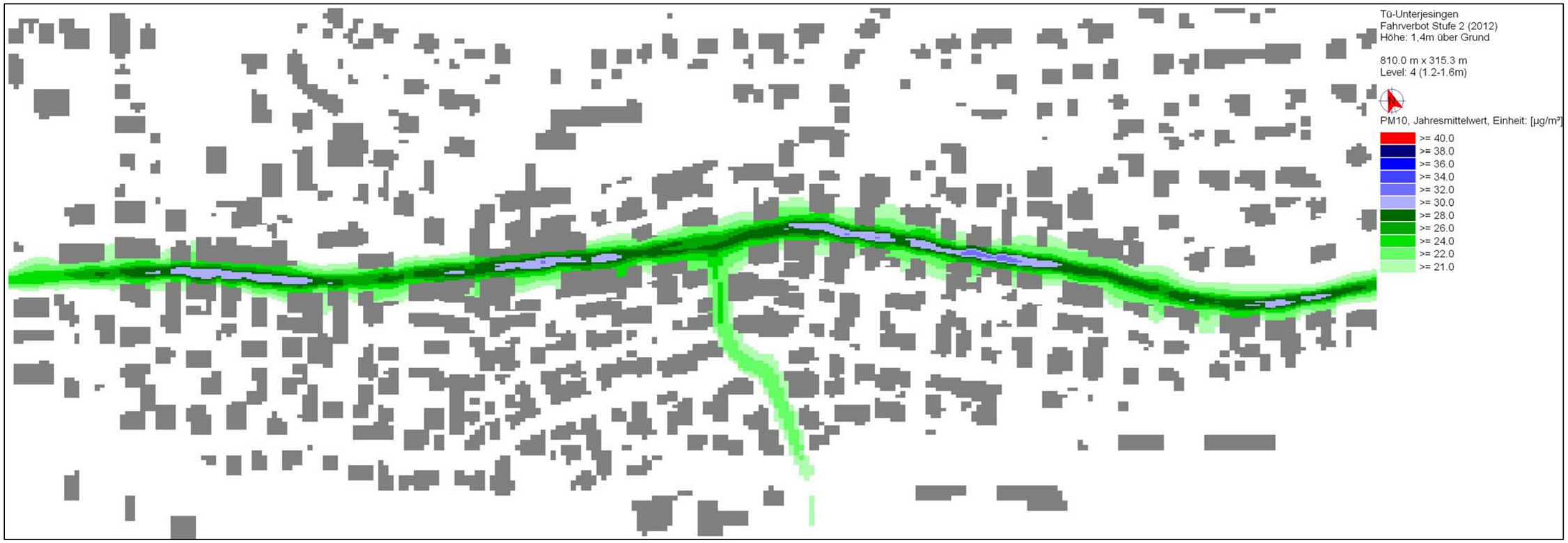


Bild C 14: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße Tübingen-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 2, 2012

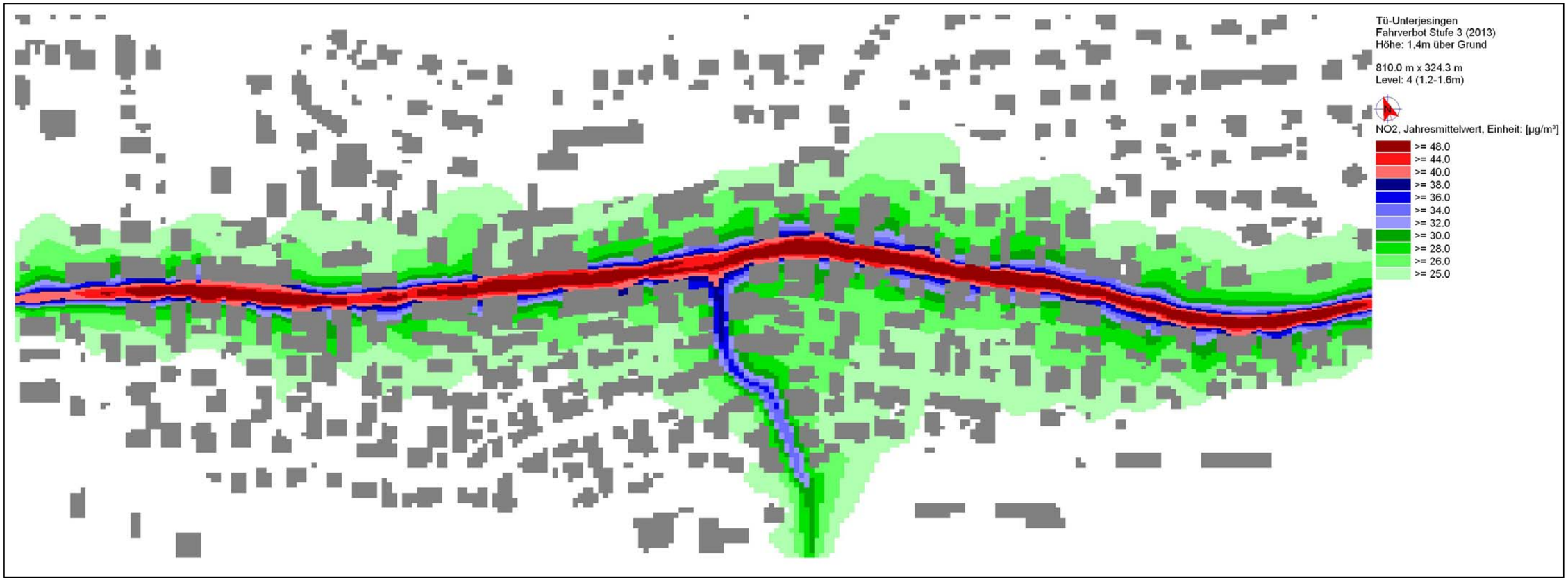


Bild C 15: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße Tübingen-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 3, 2013

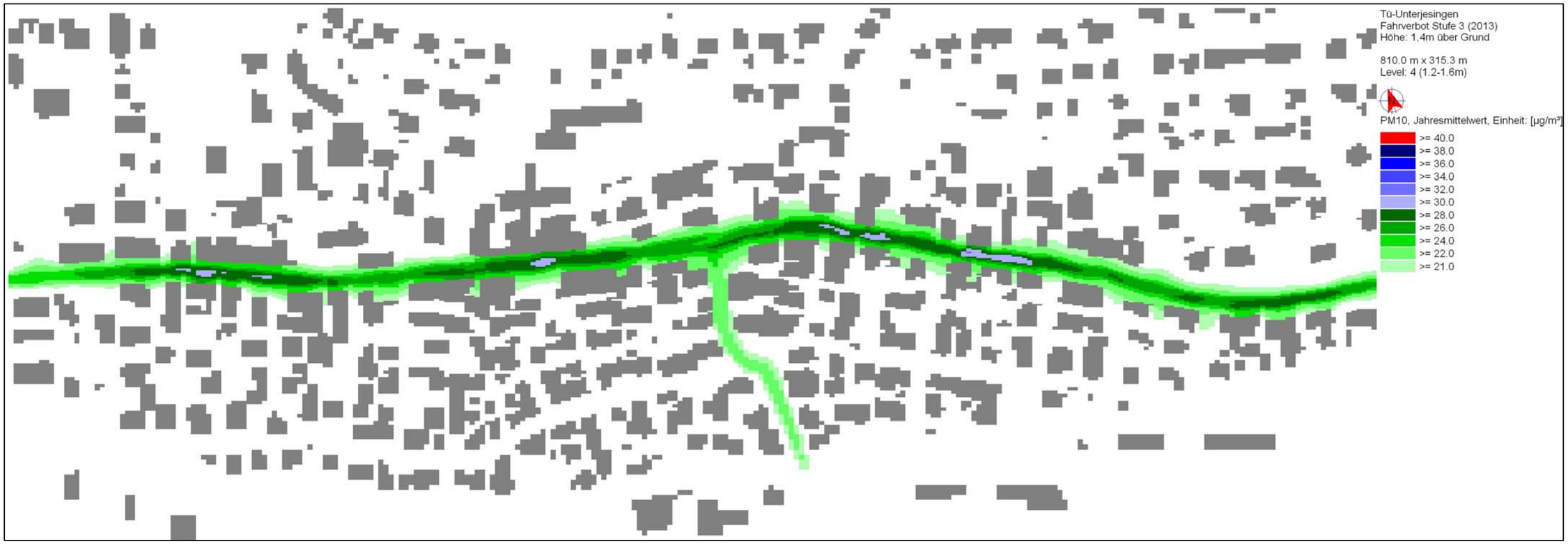


Bild C 16: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße Tübingen-Unterjesingen; Fahrverbot Stufe 3, 2013

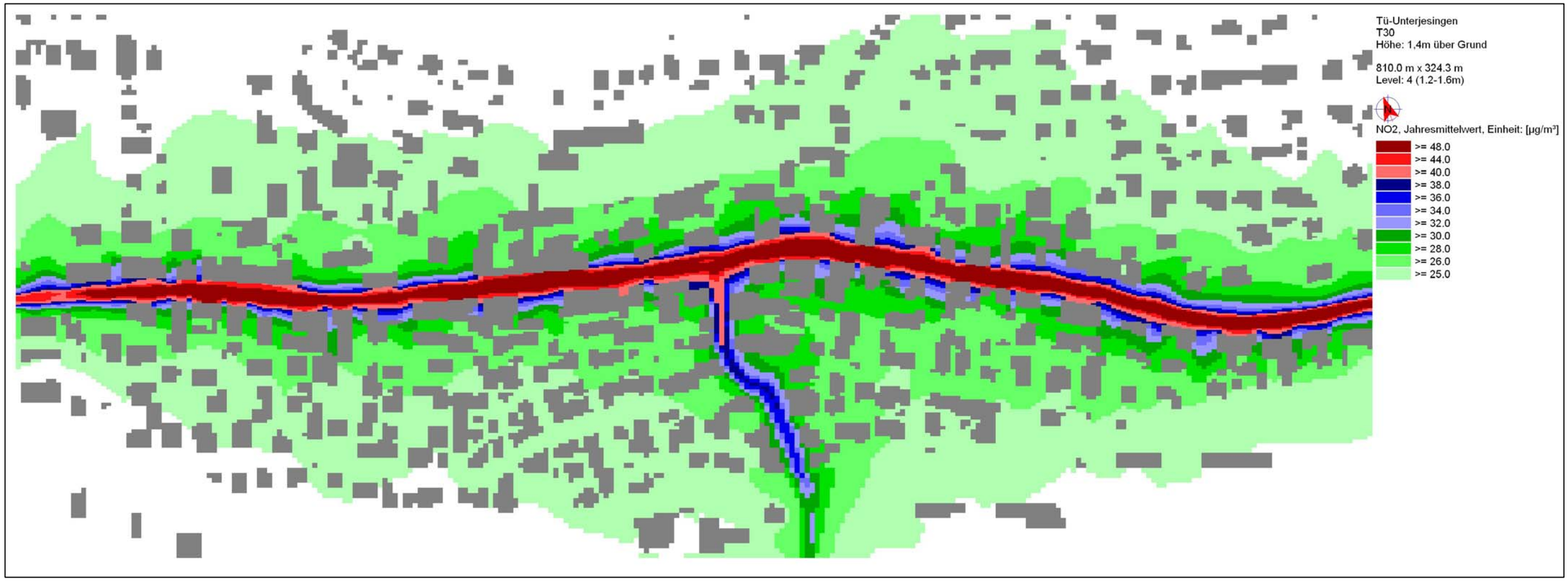


Bild C 17: NO_2-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße Tübingen-Unterjesingen; T30, 2010

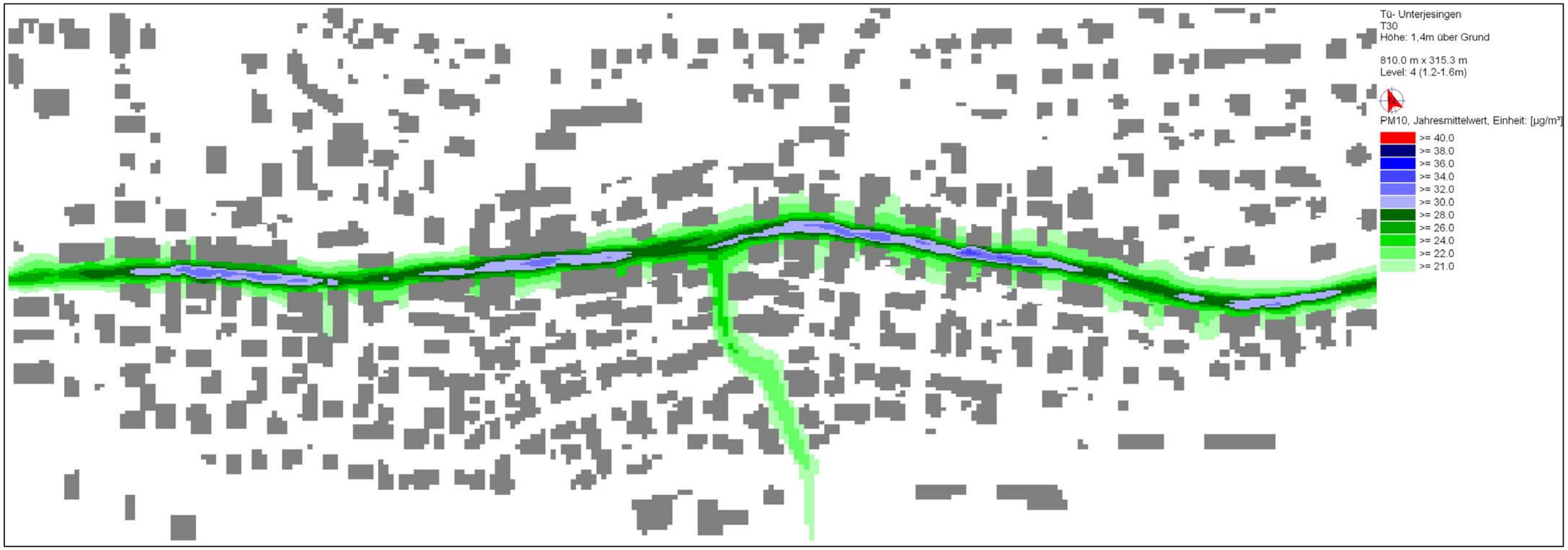


Bild C 18: PM10-Jahresmittelwerte; Hot Spot Hauptstraße Tübingen-Unterjesingen; T30, 2010