

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

**K 7743 NEU
ORTSUMFAHRUNG MARKDORF
-
AKTUALISIERUNG DES
LUFTSCHADSTOFFGUTACHTENS**

Auftraggeber: Landratsamt Bodenseekreis
Glärnischstraße 1-3
88045 Friedrichshafen

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. W. Bächlin

Januar 2011 / Endfassung 15.04.2011
Projekt 61748-10-01
Berichtsumfang 121 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	6
3 VORGEHENSWEISE	12
3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe	12
3.2 Berechnungsverfahren PROKAS.....	13
3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	15
4 EINGANGSDATEN	17
4.1 Verkehrsdaten	17
4.2 Meteorologische Daten.....	23
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung der Luft	23
5 EMISSIONEN	28
5.1 Betrachtete Schadstoffe	28
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	28
5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	28
5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	31
5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes	32
6 ERGEBNISSE	35
6.1 Stickstoffdioxidimmissionen	36
6.2 Feinstaubimmissionen PM10.....	43
6.3 Feinstaubimmissionen PM2.5.....	49
6.4 Prognosejahr der Fertigstellung der Ortsumfahrung.....	54
6.5 Prognose-Nullfall mit OU Markdorf und Bermatingen	68
6.6 Schlussfolgerung	69
7 LITERATUR	78

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....	82
A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION.....	86
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	92

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug oder anderen Emittenten ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft.

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert / 98-Perzentilwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

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

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

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung weiterer Kurzzeitwerte in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM₁₀-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der 98-Perzentil- bzw. Jahresmittelwerte. Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

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

Feinstaub / PM₁₀/ PM_{2.5}

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

Das Landratsamt Bodenseekreis plant den Bau der K 7743 neu Südumfahrung von Markdorf. Für diese Planungen wurde im Jahr 2007 ein Luftschadstoffgutachten vorgelegt (Lohmeyer 2007, Projekt 60793). Im Zuge der Planungen wurde die Verkehrsprognose auf den Zeithorizont 2025 inklusive Berücksichtigung verkehrsbedingter Entwicklungen innerhalb des Plangebietes aktualisiert. Weiterhin liegen mit der Veröffentlichung der 39. BImSchV (August 2010) aktualisierte Beurteilungsgrundlagen und mit der im Februar 2010 veröffentlichten Emissionsdatenbank aktualisierte Fachinformationen für die lufthygienischen Betrachtungen vor. Entsprechend dem Stand des Planungsverlaufs wurde der Zeitpunkt der möglichen Fertigstellung der Baumaßnahmen auf das Jahr 2015 geändert. In der Aktualisierung der Ausarbeitungen zu den Luftschadstoffen werden damit die verkehrsbedingten Immissionen für den Prognose-Nullfall und drei Planungsfälle für die Prognosejahre 2015 und 2025 berechnet. Zusätzlich zu den Planungsfällen 1.2 LV und 1.2 oK wird der Prognose-Nullfall mit Ortsumfahrung Markdorf (PNF mit OU Markdorf) betrachtet. Der Prognose-Nullfall mit Ortsumfahrung Markdorf und Ortsumfahrung Bermatingen (PNF mit OU Markdorf und Bermatingen) wird ergänzend beschrieben.

Die Vorgehensweise der Immissionsberechnung entspricht dem vorangegangenen Gutachten. Ergänzend werden neben den Schadstoffen NO₂ und PM₁₀ auch die Emissionen und Immissionen für PM_{2.5} berechnet. Das Untersuchungsgebiet wurde gegenüber dem vorangegangenen Gutachten um die Ortschaften Ittendorf und Stetten erweitert.

Dargestellt werden die Auswirkungen der straßenverkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen entlang der geplanten Trassen sowie in sensitiven, d. h. beurteilungsrelevanten Bereichen wie straßennaher Wohnbebauung im Innerortsbereich von Markdorf. In den Innerortsbereichen von Markdorf, Lipbach, Kluftern, Ittendorf, Stetten, Riedheim, Bergheim und Efrizweiler werden die Auswirkungen der Planungen zusätzlich an exemplarischen Untersuchungspunkten aufgezeigt.

Die Auswertung aktueller Luftmessdaten in der Umgebung des Betrachtungsgebietes weisen in den letzten drei Jahren geringere PM₁₀-Jahresmittelwerte auf, sodass für die Berechnungen die Hintergrundbelastung mit 20 µg/m³ angesetzt wird. Die NO₂-Messdaten zeigen keine wesentliche Änderungen in den letzten Jahren.

Ergebnisse

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass mit der hier betrachteten geplanten Ortsumfahrung von Markdorf eine deutliche Entlastung der Ortsdurchfahrt Markdorf von den straßenverkehrsbedingten Schadstoffbelastungen zu erwarten ist. Dies ist aus lufthygienischer Sicht positiv zu bewerten.

Gegenüber dem vorhergegangenen Gutachten ergeben sich ähnliche oder geringere NO₂- und PM₁₀-Immissionen die zu einer Unterschreitung der Grenzwerte in den Planungsfällen führen.

Im Prognose-Nullfall ergeben die Berechnungen auf Grundlage der Verkehrsprognosen für das Jahr 2015, dass die Grenzwerte der 39. BImSchV für NO₂ im Jahresmittel und für PM₁₀ der Kurzzeitgrenzwert an der Randbebauung der Ortsdurchfahrt Markdorf teilweise deutlich überschritten sind. An der Randbebauung der Ortsdurchfahrt Kluftern wird der Grenzwert nicht überschritten aber nahezu erreicht. In den betrachteten Planungsfällen werden an der Randbebauung entlang der Ortsdurchfahrt Markdorf in etwa vergleichbare Entlastungen berechnet, wobei dort keine Überschreitungen der Grenzwerte zu erwarten sind. In den betrachteten Planungsfällen werden in allen Bereichen straßennaher Bebauung die Grenzwerte der 39. BImSchV eingehalten, überwiegend deutlich unterschritten.

Bei den Planungsfällen ist im Nahbereich der geplanten Trasse eine Erhöhung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen zu erwarten; die in diesen Bereichen prognostizierten Konzentrationswerte unterschreiten die gültigen Beurteilungswerte der jeweiligen Luftschadstoffe dabei deutlich. Der Prognose-Nullfall mit Ortsumfahrung Markdorf (PNF mit OU Markdorf) ist dort unter den Planungsfällen der günstigste.

Mit Ausnahme des Planungsfalls 1.2 oK sind in den weiteren detailliert betrachteten Planungsfällen auch an den Ortsdurchfahrten Kluftern und Lipbach Entlastungen oder gleich bleibende Belastungen von den straßenverkehrsbedingten Schadstoffbelastungen zu erwarten. Im Planungsfall 1.2 oK sind an der Ortsdurchfahrt von Kluftern gleich bleibende, und an der Ortsdurchfahrt von Lipbach bis 1 µg/m³ höhere Immissionen prognostiziert, wobei die Grenzwerte nicht überschritten werden. An den weiteren Ortsdurchfahrten im Untersuchungsgebiet werden teils geringfügig höhere, gleich bleibende oder niedrigere Immissionen prognostiziert; diese Änderungen betragen maximal 1 µg/m³, wobei dort keine Grenzwertüberschreitungen berechnet sind. Auch im Prognose-Nullfall mit OU Markdorf und Bermatingen ist eine Einhaltung der Grenzwerte zu erwarten.

Die Prognosen für das Jahr 2025 ergeben für alle betrachteten Planungsfälle keine Konflikte mit geltenden Grenzwerten. Aufgrund der Entwicklung der Zusammensetzung der Kfz-Flotte sind im Jahr 2025 gegenüber dem Jahr 2015 deutlich verringerte motorbedingte Schadstofffreisetzungen zu erwarten. Im Prognose-Nullfall im Jahr 2025 sind allerdings Grenzwertüberschreitungen an der Randbebauung der Ortsdurchfahrt von Markdorf nicht auszuschließen.

2 AUFGABENSTELLUNG

Das Landratsamt Bodenseekreis plant den Bau der K 7743 neu Südumfahrung von Markdorf. Für diese Planungen wurde im Jahr 2007 bereits ein Luftschadstoffgutachten erstellt (Lohmeyer 2007, Projekt 60793). Aufgrund neuer Verkehrszahlen soll das oben genannte Gutachten aktualisiert werden. Seit der Erstellung des vorangegangenen Gutachtens wurde eine aktualisierte Emissionsfaktoren-Datenbank durch das Umweltbundesamt (HBEFA Version 3.1, Feb. 2010) veröffentlicht, zudem ist die 39. BImSchV in Kraft getreten, in der auch ein Grenzwert für PM_{2.5} angegeben ist. Unter Berücksichtigung dieser Änderungen ist ein Luftschadstoffgutachten für die Schadstoffe NO₂, PM₁₀ und PM_{2.5} zu erstellen.

Die vorliegende Untersuchung behandelt den Bereich der Ortsumfahrung (OU) Markdorf. Die geplante Neubaustrecke der OU Markdorf beginnt an der bestehenden B 33 im Bereich des Haslacher Hofes, verläuft in östlicher Richtung südlich des Stüblehofes, unterquert die Bahnlinie Markdorf – Friedrichshafen und bindet unmittelbar nach der Bahnüberführung an die bestehende L 207 an. Neben dem Prognose-Nullfall werden die in **Tab. 2.1** aufgeführten Planungsfälle betrachtet (siehe **Abb. 2.1** bis **Abb. 2.4**). Zusätzlich wird der Prognose-Nullfall mit Ortsumfahrung Markdorf und Ortsumfahrung Bermatingen betrachtet.

Untersuchungsfall	Bezeichnung
Prognose-Nullfall	Prognose-Nullfall
Prognose-Nullfall mit Ortsumfahrung Markdorf	PNF mit OU Markdorf
Planungsfall 1.2 Variante LV B 31 Riedleparktunnel zweibahnig, B 31 OU Friedrichshafen, BA IIB (Friedrichshafen – Immenstaad), B 30 neu Friedrichshafen (B 31) bis Ravensburg, L 205 neu OU Bermatingen, K 7742 neu OU Schnetzenhausen, K 7743 neu OU Markdorf, Querspange zwischen L 207 und K 7742 (Weiterführung der K 7743 neu OU Markdorf in Richtung Osten), Straßenverbindung zwischen der K 7742 bei Riedheim und der B 31 neu	Planungsfall 1.2 LV
Planungsfall 1.2 ohne OU Kluftern B 31 Riedleparktunnel zweibahnig, B 31 OU Friedrichshafen, BA IIB (Friedrichshafen – Immenstaad), B 30 neu Friedrichshafen (B 31) bis Ravensburg, L 205 neu OU Bermatingen, K 7742 neu OU Schnetzenhausen, K 7743 neu OU Markdorf	Planungsfall 1.2 oK

Tab. 2.1: Untersuchungsfälle

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit dem umliegenden Straßennetz ist in **Abb. 2.1** bis **Abb. 2.4** aufgezeigt. In **Abb. 2.1** bis **Abb. 2.4** ist das bestehende Straßennetz schwarz und die geplanten Baumaßnahmen in Farbe eingezeichnet. Ausgewählte Untersuchungspunkte sind rot markiert und fortlaufend nummeriert. Darzustellen sind die Auswirkungen der straßenverkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen entlang der geplanten Trassen sowie in sensitiven, d.h. beurteilungsrelevanten Bereichen wie straßennaher Wohnbebauung im Innerortsbereich von Markdorf. In den Innerortsbereichen von Lipbach, Kluftern, Riedheim, Bergheim, Ittendorf und Stetten werden die Auswirkungen der Planungen zusätzlich an exemplarischen Untersuchungspunkten aufgezeigt.

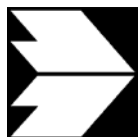
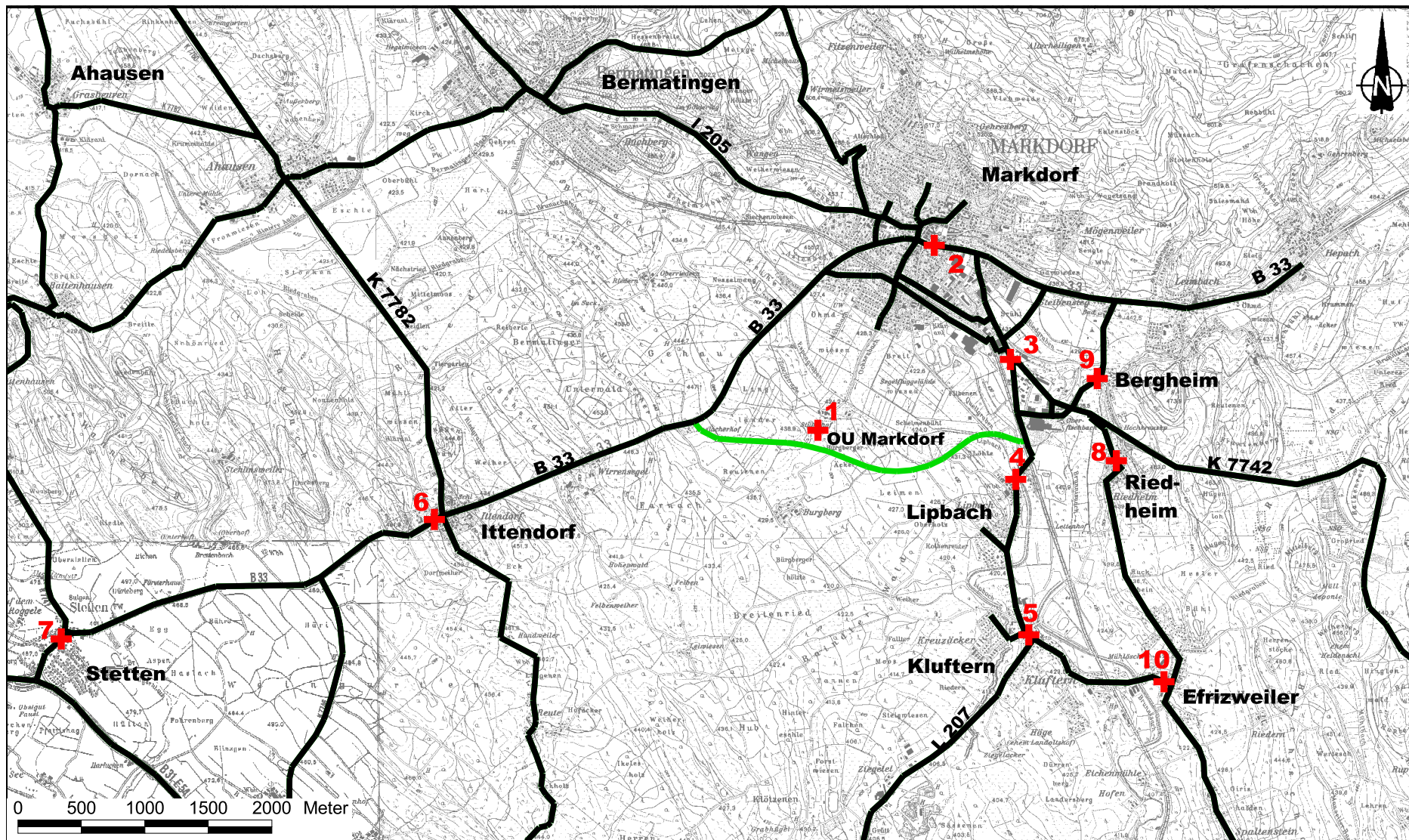


Abb. 2.1: Lage des Untersuchungsgebietes.
Schwarz: Prognosenullfall, grün: PNF mit OU Markdorf
rote Kreuze: Untersuchungspunkte

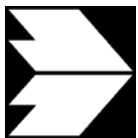
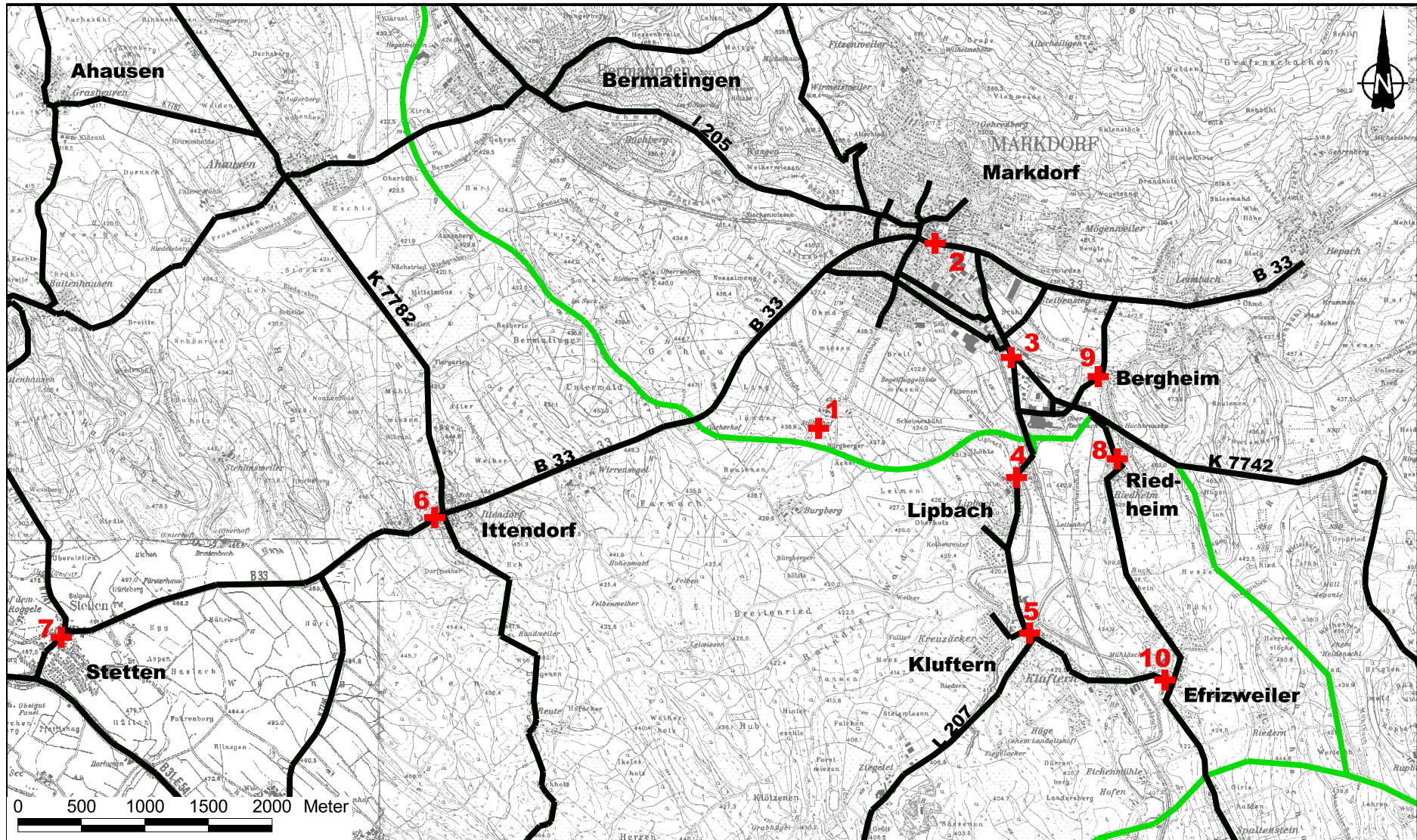


Abb. 2.2: Lage des Untersuchungsgebietes.
Schwarz: Prognosenullfall, grün: Planungsfall 1.2 LV
rote Kreuze: Untersuchungspunkte

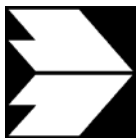
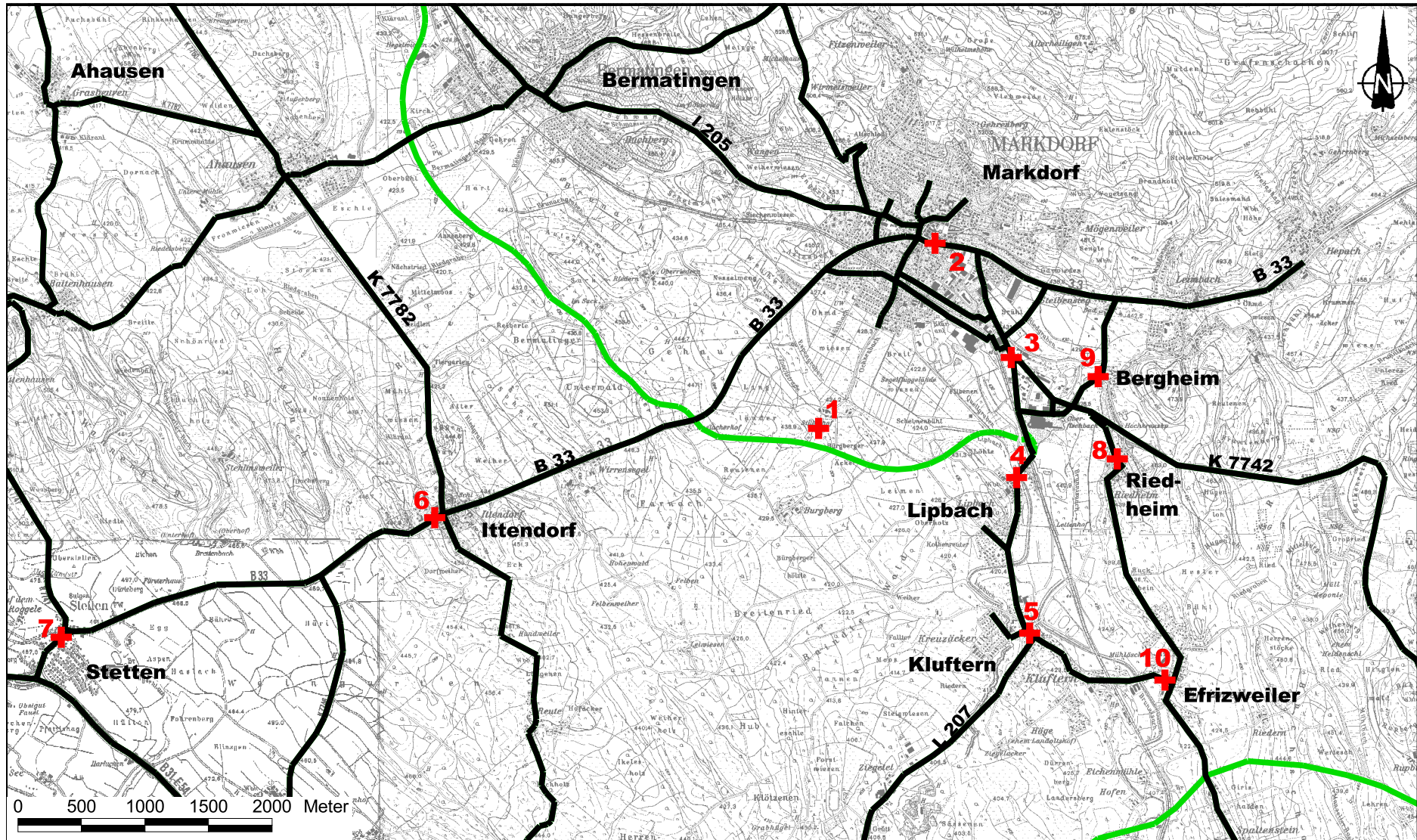


Abb. 2.3: Lage des Untersuchungsgebietes.
Schwarz: Prognosenullfall, grün: Planungsfall 1.2 oK
rote Kreuze: Untersuchungspunkte

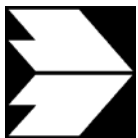
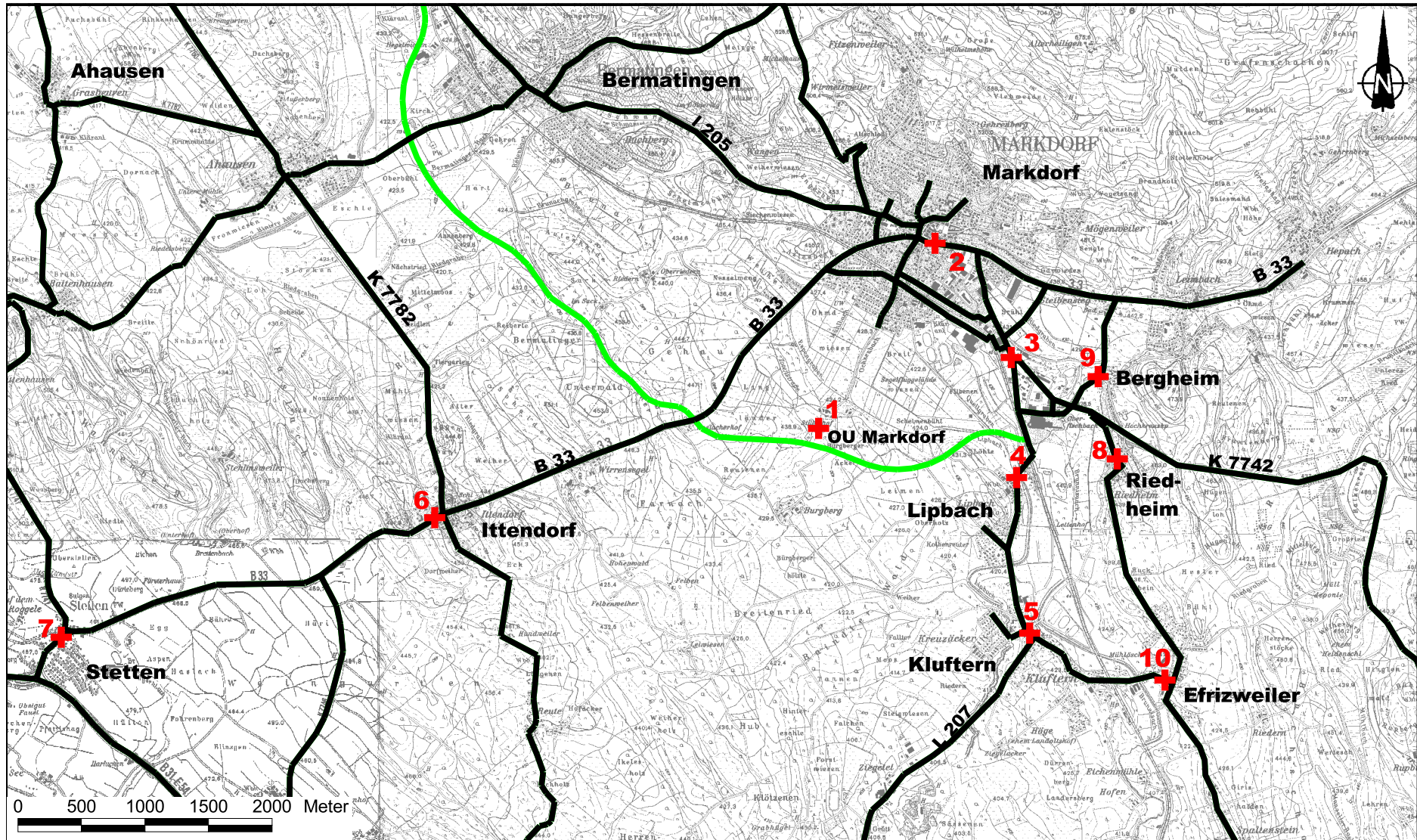


Abb. 2.4: Lage des Untersuchungsgebietes.
Schwarz: Prognosenullfall, grün: PNF mit OU Markdorf und Bermatingen
rote Kreuze: Untersuchungspunkte

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung ist zu prüfen, ob die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Luftkonzentrationen der Schadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Der Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO₂ und PM₁₀ von der 22. BImSchV aktuell in die 39. BImSchV überführt wurde.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide und Feinstaubpartikel (PM₁₀ und PM_{2.5}). Nach Aufhebung der 23. BImSchV durch die 33. BImSchV (2004) liegen keine Beurteilungswerte für Ruß mehr vor. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO aufgrund der Emissionswerte und der derzeitigen Luftkonzentrationen von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO ₂	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)
PM2.5	Grenzwert ab 2015	25	
PM2.5	Richtgrenzwert ab 2020	20	

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010)

Weiter orientiert sich die Bewertung an der Einstufung von Schadstoffimmissionen (siehe **Tab. 3.2**) durch die Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg (LfU, 1993).

Immissionen in % der entsprechenden Grenzwerte	Bewertung
bis 10 %	sehr niedrige Konzentrationen
über 10 % bis 25 %	niedrige Konzentrationen
über 25 % bis 50 %	mittlere Konzentrationen
über 50 % bis 75 %	leicht erhöhte Konzentrationen
über 75 % bis 90 %	erhöhte Konzentrationen
über 90 % bis 100 %	hohe Konzentrationen
über 100 % bis 110 %	geringfügige Überschreitungen
über 110 % bis 150 %	deutliche Überschreitungen
über 150 %	hohe Überschreitungen

Tab. 3.2: Bewertung von Immissionen nach LfU (1993)

3.2 Berechnungsverfahren PROKAS

Das Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung (MLuS 02, geänderte Fassung 2005) wird für solche Betrachtungen als einfach anwendbares Verfahren bevorzugt. Für die o.a. Aufgabenstellung ist die Anwendung von MLuS jedoch nicht möglich. Die neuen Emissionsfaktoren sowie die PM2.5-Immissionen können derzeit mit MLuS nicht berücksichtigt werden. Zudem ist die Anwendung des MLuS in Kreuzungsbereichen sowie an Straßenabschnitten mit dichter Randbebauung nicht möglich. Deshalb wird in dem vorliegenden Gutachten das für diese Fragestellung geeignete Straßennetzmodell

PROKAS eingesetzt. Im Gegensatz zu dem Abschätzverfahren MLuS ermöglicht das Berechnungsverfahren PROKAS die Verwendung des detaillierten Straßenverlaufs sowie einer untersuchungsgebietstypischen Wind- und Ausbreitungsstatistik. Das Modell erlaubt auch die Schadstoffprognosen an innerörtlichen Straßen mit Randbebauung. Mit PROKAS ist innerorts und außerorts sowohl eine flächenhafte Berechnung der Schadstoffimmissionen als auch eine Berechnung an ausgewählten Untersuchungspunkten möglich. Lärmschutzbauten und/oder Randbebauung werden in typisierter Form berücksichtigt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen für die Prognose 2025 sowie den daraus nach Angaben des Verkehrsgutachters abgeleiteten Verkehrsdaten für das Jahr 2015, dem frühesten Zeitpunkt der Realisierung der Planungen, werden für das Jahr 2025 und für das Jahr 2015 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und die -immissionen ermittelt. Zusätzlich werden die Auswirkungen der Planungen für ausgewählte Untersuchungsfälle an den exemplarischen Untersuchungspunkten für das Prognosejahr 2015 als dem Jahr der frühesten Fertigstellung der Ortsumfahrung betrachtet.

Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM10 und PM2.5) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA 3.1 nicht behandelt. Die PM10-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt auf der Grundlage der Ergebnisse von Forschungsarbeiten (BAST, 2005; Düring und Lohmeyer, 2004). Für die nicht motorbedingten PM2.5-Emissionen durch Abrieb von Reifen, Bremsen und Straßenfahrbahn werden Werte von europäischen Datenbanken (z.B. CORINAIR oder RAINS) als erste Abschätzung genutzt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik.

Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokal repräsentative Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS (siehe Anhang A2) ist in der Lage, sämtliche in **Abb. 2.1** bis **Abb. 2.4** dargestellten Straßenzüge gleichzeitig für jede Stunde der Woche mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- bzw. Kurzzeitwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wird auf der Grundlage von Messwerten an nahe gelegenen Messstandorten abgeschätzt.

3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

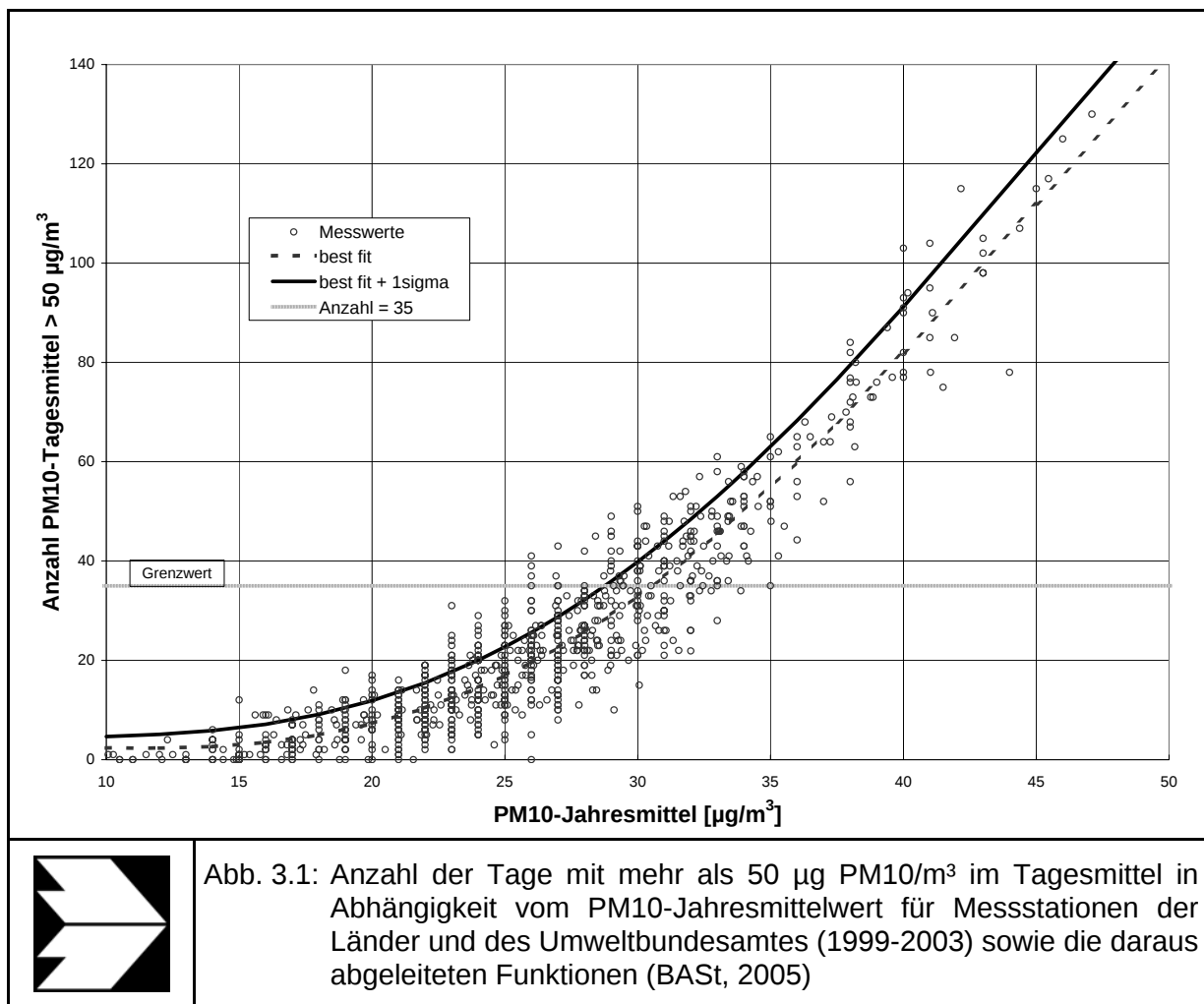
Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO_2 einen Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentrationen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM_{10} -Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM_{10} -Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM_{10} -Überschreitungshäufigkeit vom PM_{10} -Jahresmittelwert abgeleitet (BAST, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach

BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BASt (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).



4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die Verkehrsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen (Kap. 5), die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Verkehrsdaten, meteorologischen Daten und Schadstoffhintergrundbelastung werden in den Abschnitten 4.1 bis 4.3 erläutert. Als Grundlage für das vorliegende Gutachten wurden die Lagedaten dem vorangegangenen Gutachten entnommen.

4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsdaten wurden durch den Verkehrsgutachter in Form von Tagesverkehrsmengen zur Verfügung gestellt (MODUS CONSULT, Fortschreibung 2010). Das sind für das Betrachtungsgebiet mit direkter Umgebung Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) und der LKW-Anteile in %. Die Verkehrsmengen beziehen sich auf den Zeithorizont 2025. Die Verkehrsdaten sind für die zu betrachtenden Untersuchungsfälle in **Abb. 4.1** bis **Abb. 4.5** aufgezeigt. Für die zusätzlichen immissionsseitigen Betrachtungen für das Prognosejahr 2015 als dem Jahr der frühesten Fertigstellung des Bauvorhabens werden die Verkehrsdaten entsprechend den Angaben des Verkehrsgutachters angesetzt (MODUS CONSULT, 2010). Demzufolge sind die im Jahr 2015 für die OU Markdorf sowie für die Ortsdurchfahrten Markdorf (B 33), Ittendorf (B 33), Stetten (B 33), Lipbach (L 207) und Kluftern (L 328b) zu erwartenden Verkehrsmengen gegenüber dem Jahr 2025 um bis zu 15% reduziert. Die Verkehrsdaten für das Jahr 2015 wurden auf 100 Kfz aufgerundet.

Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt, die insbesondere der Ermittlung der Kurzzeitbelastungen dienen. Diese wurden aus Verkehrszählungsdaten von der B 33 sowie der L 205 und der L 207 ermittelt.

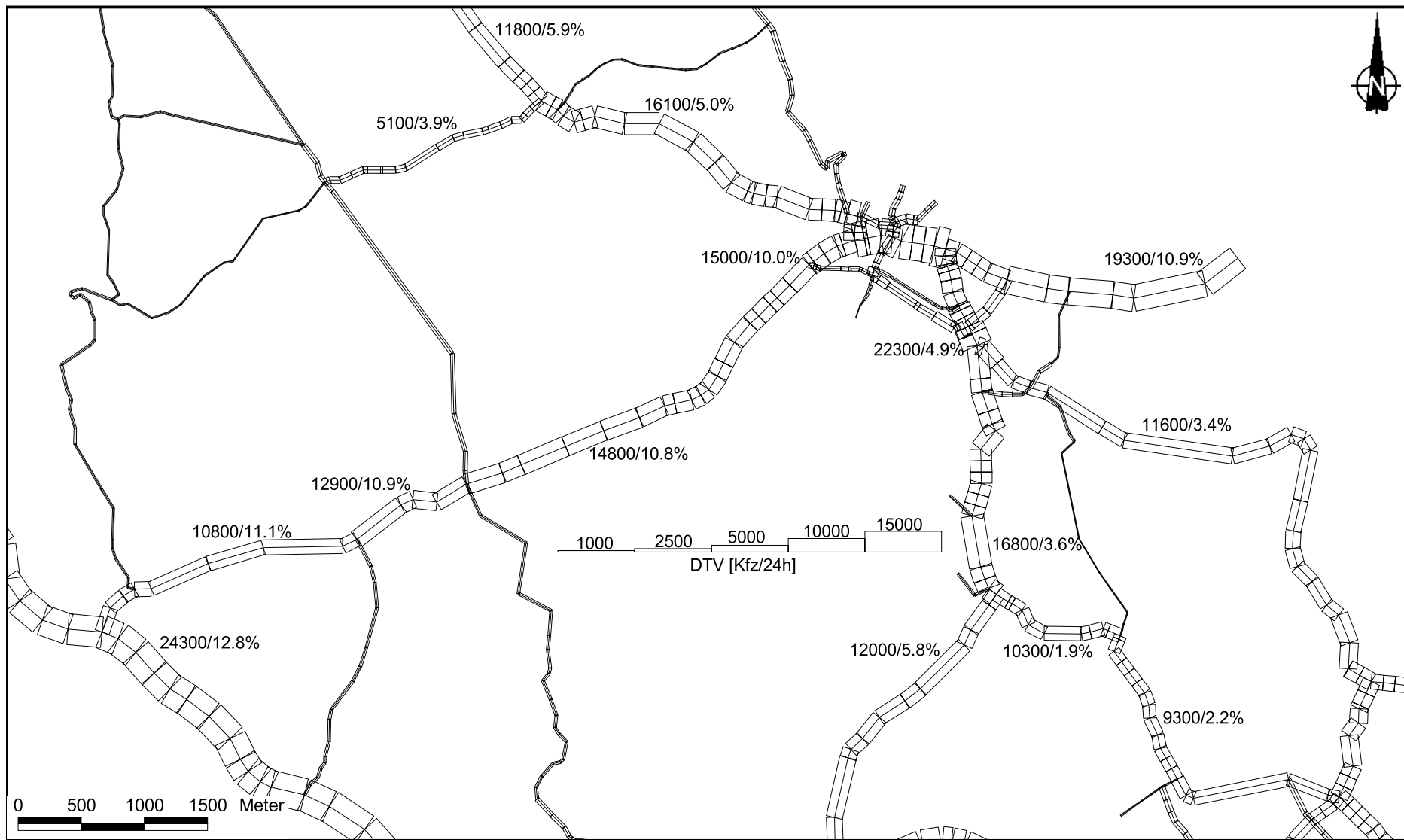


Abb. 4.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall im Jahr 2025

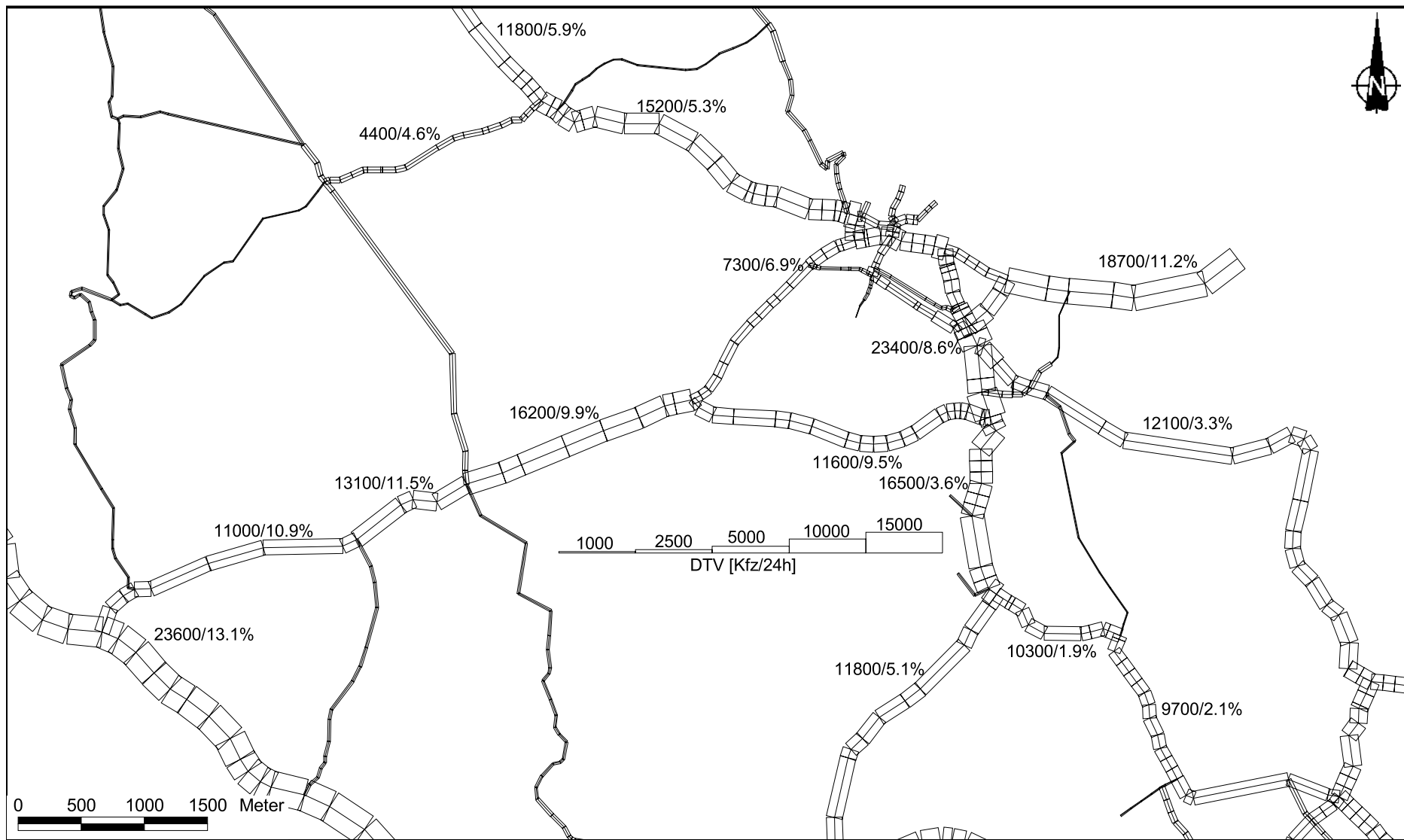


Abb. 4.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den PNF mit OU Markdorf im Jahr 2025

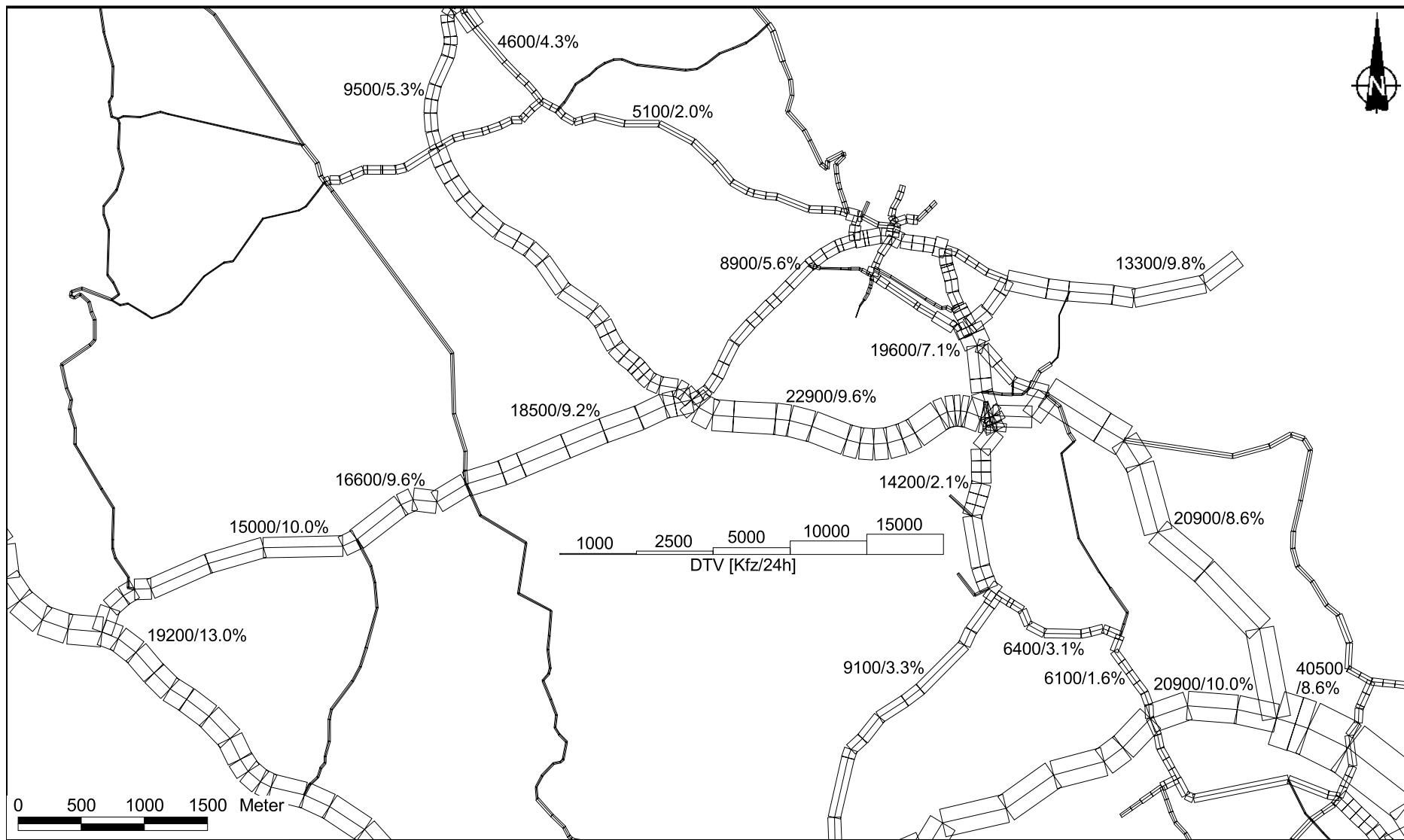


Abb. 4.3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planungsfall 1.2 LV im Jahr 2025

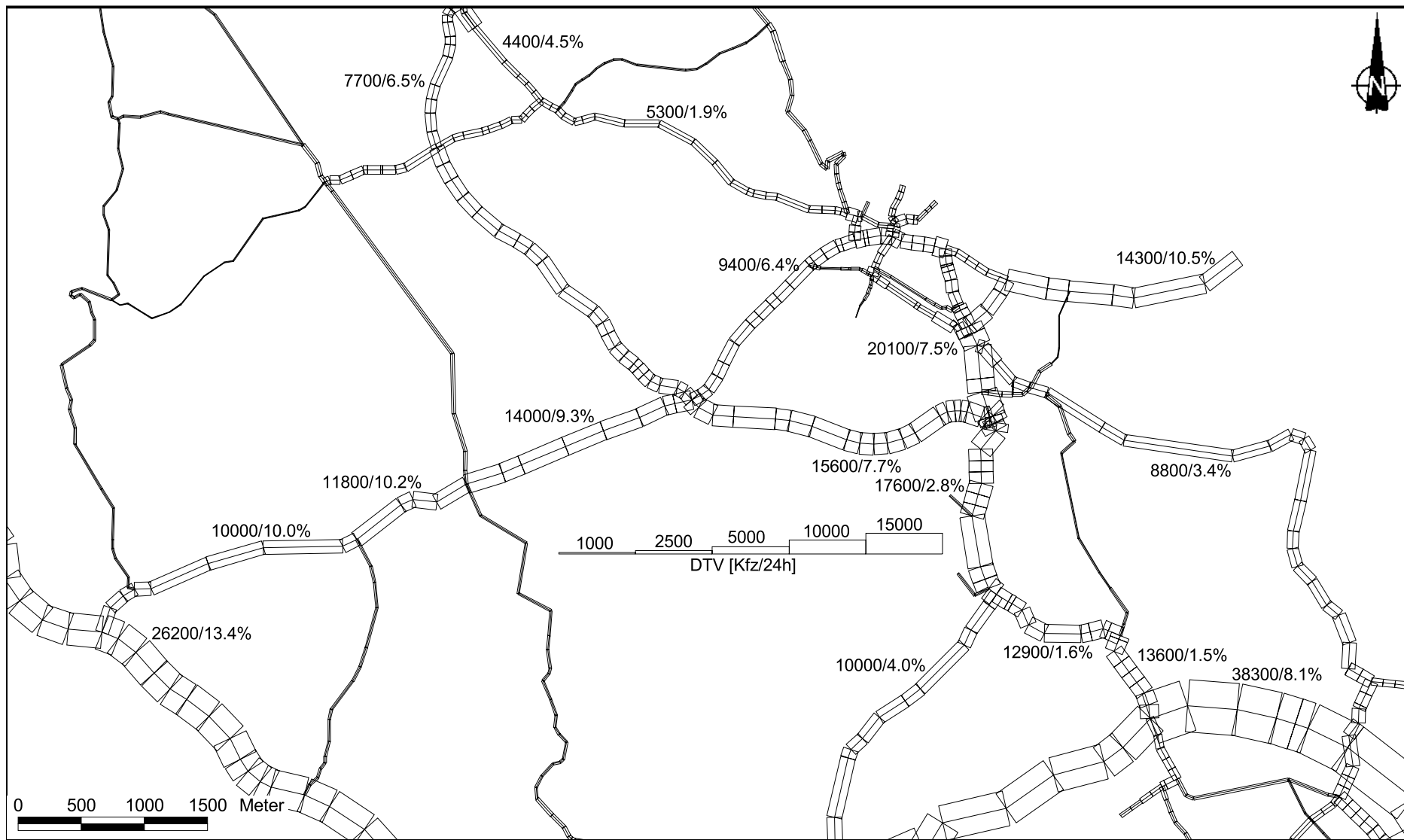


Abb. 4.4: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planungsfall 1.2 oK im Jahr 2025

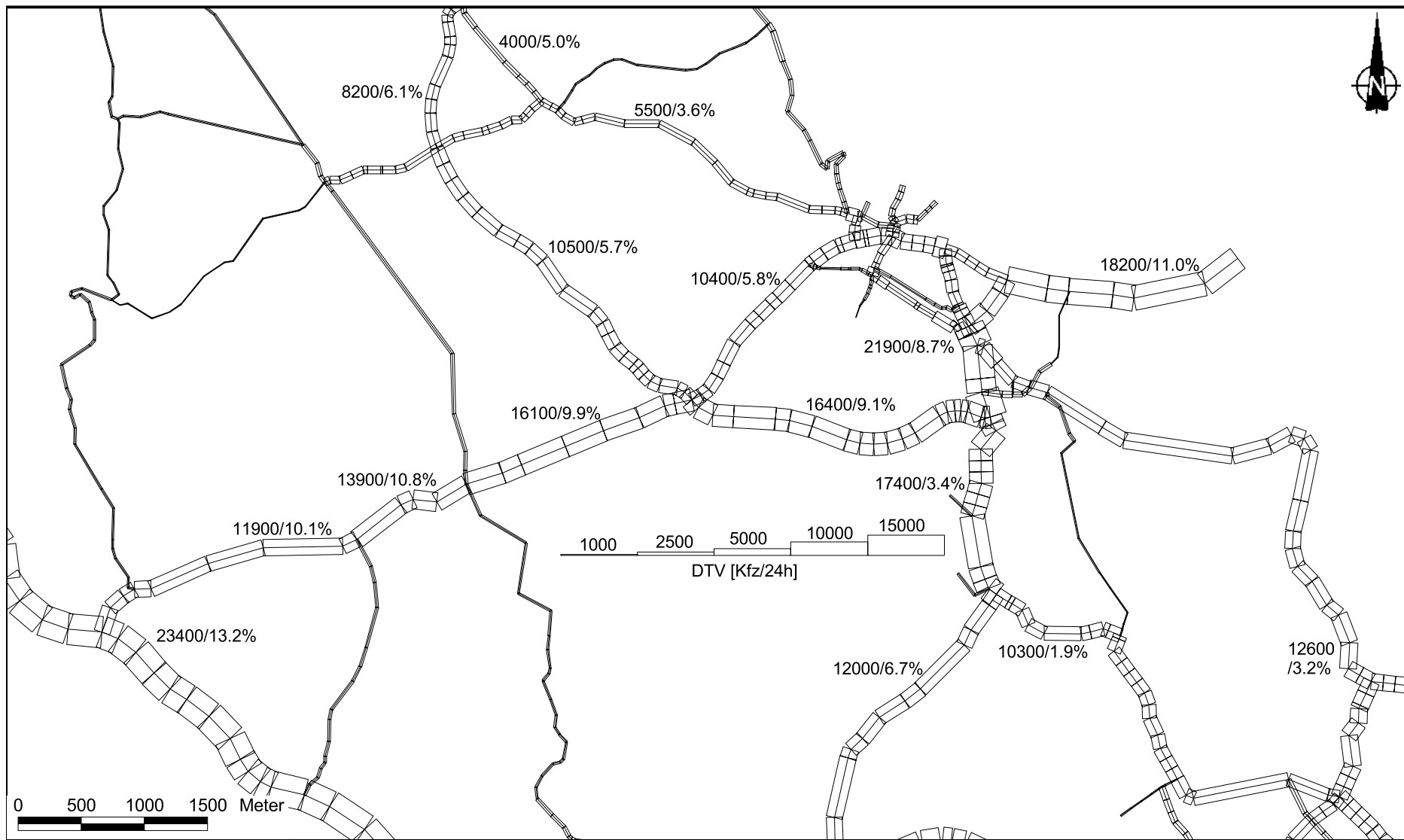


Abb. 4.5: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den PNF mit OU Markdorf und Bermatingen im Jahr 2025

4.2 Meteorologische Daten

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

Für den Bereich innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden bei einer Recherche keine Windmessungen gefunden. Im weiteren Umfeld liegen jedoch verschiedene nachfolgend aufgeführte Windmessungen vor (jeweils Standort und Betreiber der Station):

- Bad Waldsee (LfU BW und DWD)
- Ravensburg (LfU BW)
- Friedrichshafen (LfU BW und DWD)
- Illmensee (LfU BW)

Die Überprüfung zeigte, dass die meisten dieser Daten von lokalen Einflüssen geprägt sind. Die beste Übereinstimmung mit den im Untersuchungsgebiet vorliegenden topografischen Gegebenheiten zeigen die Verhältnisse am Standort Bad Waldsee. Die Übertragbarkeit der Windstatistik wurde mit dem diagnostischen Windfeldmodell DIWIMO (Beschreibung siehe www.lohmeyer.de/modelle/diwimo.htm) überprüft. Die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten für die Station Bad Waldsee sind in **Abb. 4.6** dargestellt. Es dominieren die Hauptwindrichtungen Südwest und Nordost, östliche bis südöstliche und nördliche bis nordwestliche Windrichtungen sind dagegen selten. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt bei 2 m/s.

4.3 Schadstoffhintergrundbelastung der Luft

Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Hintergrundbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

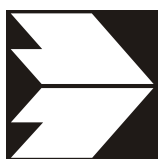
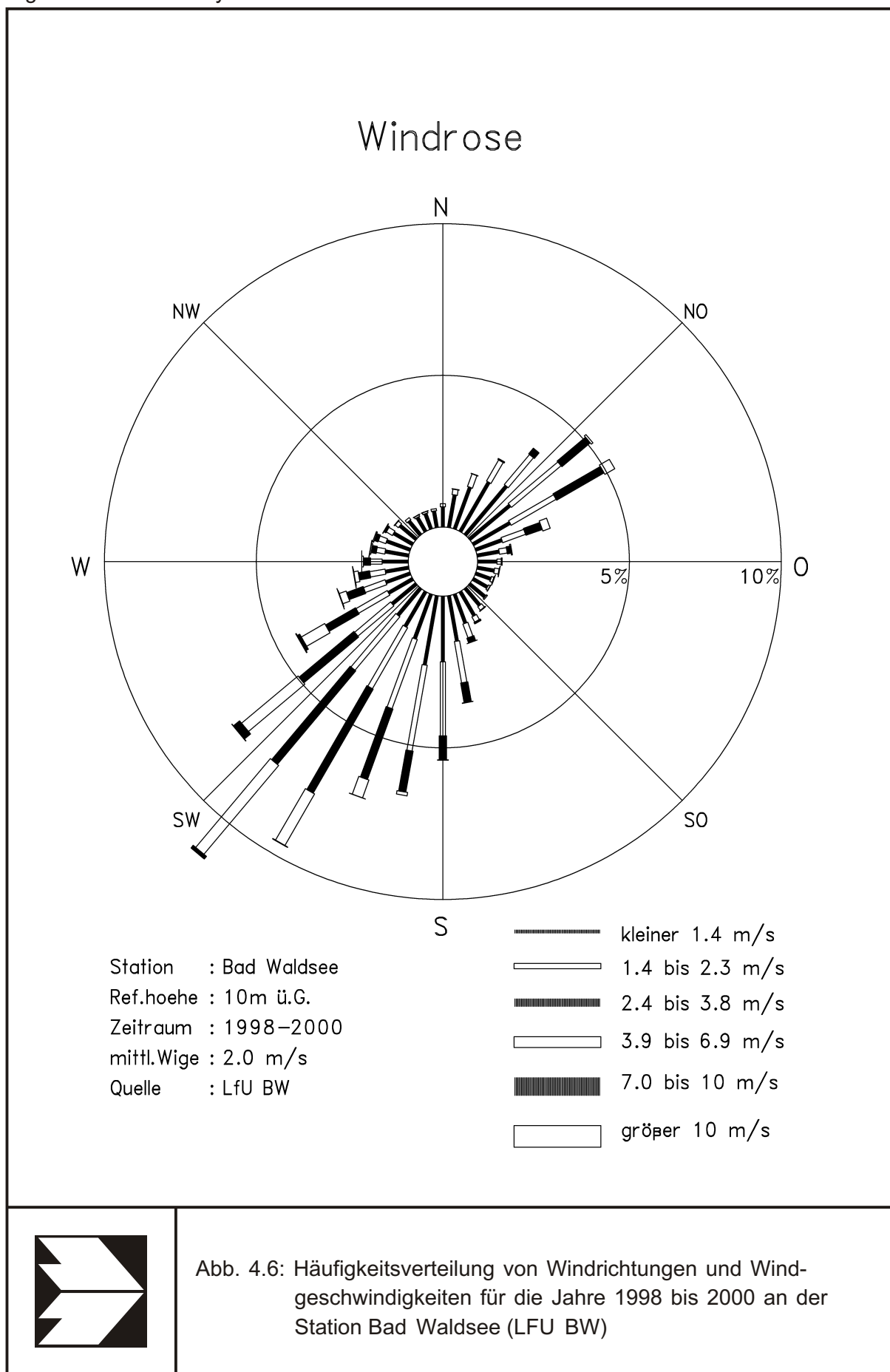


Abb. 4.6: Häufigkeitsverteilung von Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten für die Jahre 1998 bis 2000 an der Station Bad Waldsee (LfU BW)

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) betreibt das Luftmessnetz in Baden-Württemberg. In den Jahresberichten und mehrjährigen Datenreihen über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden. Die Messwerte belegen, dass im Vergleich zu den Grenzwerten, die Schadstoffe Benzol, Blei, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid von untergeordneter Bedeutung sind. Für die Beurteilung der Auswirkungen der Straßenverkehrsemissionen werden im vorliegenden Gutachten die Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaubpartikel PM₁₀ und PM_{2.5} betrachtet. Vorliegende Daten für die im Umkreis des Untersuchungsgebietes gelegenen Stationen sind auszugsweise in **Tab. 4.1** angeführt.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Friedrichshafen	Konstanz	Pfullendorf
NO ₂ -Jahresmittel	2003	25	22	-
	2004	21	19	-
	2005	26	22	12
	2006	25	21	13
	2007	22	20	14
	2008	23	20	13
	2009	23	21	-
NO ₂ -98-Perzentil	2003	74	68	-
	2004	60	54	-
	2005	-	-	-
	2006	-	-	-
	2007	-	-	-
	2008	64	58	39
	2009	64	59	-
PM ₁₀ -Jahresmittel	2003	26	27	-
	2004	21	24	-
	2005	23	24	20
	2006	23	24	22
	2007	18	20	18
	2008	17	20	17
	2009	19	20	-
Zahl der Überschreitungen des PM ₁₀ -Tagesmittelwertes	2003	27	-	-
	2004	11	-	-
	2005	14	8	8
	2006	24	17	17
	2007	11	5	5
	2008	9	4	4
	2009	10	-	-

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LUBW, 2004-2010)

Die in **Tab. 4.1** angeführte Station Konstanz, ca. 18 km südwestlich des Untersuchungsgebietes gelegen befindet sich in städtischem Gebiet. Die Station Pfullendorf, ca. 26 km nordnordwestlich des Untersuchungsgebietes gelegen, ist in vorstädtischem Gebiet gelegen und wird vom Betreiber als Hintergrundstation eingeordnet. Die Station Friedrichshafen, ca. 10 km südöstlich des Untersuchungsgebietes gelegen, befindet sich verkehrsnah in städtischem Gebiet.

Die an den genannten Stationen erfassten Messwerte der Luftbelastung sind überwiegend durch umliegende Nutzung, wie Hauptverkehrsstraßen, Industrie- und Gewerbegebiete, Wohnbebauung, etc. beeinflusst. In den Messwerten sind die Auswirkungen dieser Emissionen enthalten. Bei der Ermittlung der Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet werden die Straßenverkehrsemissionen in den Ausbreitungsrechnungen weitgehend berücksichtigt. Die Werte der genannten Stationen sind daher nicht als Hintergrundbelastung anzusetzen, weil sonst der Einfluss der dominierenden Quelle Straßenverkehr bei der Überlagerung von Zusatzbelastung und Hintergrundbelastung quasi „doppelt“ berücksichtigt würde.

Die Hintergrundbelastung für die betrachteten Schadstoffe wird auf der Grundlage der Messdaten von Friedrichshafen und Konstanz unter Berücksichtigung der Entwicklung der letzten Jahre abgeschätzt. Die PM₁₀-Messwerte zeigen in den letzten drei Jahren geringere Werte gegenüber den Jahren davor. Bei den NO₂-Messwerten ist keine deutliche Änderung erkennbar. Für die Immissionsberechnungen im Untersuchungsgebiet werden die in der **Tab. 4.2** angegebenen Schadstoffhintergrundbelastungen angesetzt.

Schadstoff	Jahresmittelwert	98-Perzentilwert
NO ₂	22	65
PM ₁₀	20	-
PM _{2.5}	16	-

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung in µg/m³ im Untersuchungsgebiet

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o.a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Für das zu betrachtende Prognosejahr 2025

zeigen Abschätzungen (MLuS 02, 2005) bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der Immissionen um ca. 5% bis 7%. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. Deshalb werden bis zum Prognosejahr zu erwartende Reduzierungen der Hintergrundbelastungen im vorliegenden Gutachten nicht berücksichtigt.

Für PM_{2.5} liegen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes keine Messdaten vor. Aus aktuellen Untersuchungen geht hervor, dass eine Korrelation zwischen PM₁₀ und PM_{2.5} besteht (De Leeuw et al. 2009, Lohmeyer, 2010). An Hintergrundmessstationen wurde ein Verhältnis zwischen PM_{2.5} und PM₁₀ von etwa 0.5 und an Verkehrsmessstationen von etwa 0.8 ermittelt. Aus diesen Angaben wurde für PM_{2.5} eine Hintergrundbelastung von 16 µg/m³ ermittelt und für die vorliegenden Untersuchungen angesetzt.

5 EMISSIONEN

5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ und PM₁₀ erreicht, zudem ist in der 39. BImSchV ein Grenzwert für PM_{2.5} angegeben, deshalb werden diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet.

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten PKW und LKW unterschieden. Die Fahrzeugart PKW enthält dabei die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) und Motorräder, die Fahrzeugart LKW versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) berechnet. Sie hängen für die Fahrzeugarten PKW und LKW im Wesentlichen ab von

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.)
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der

Technik hinsichtlich Abgasemission, z.B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr)

- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) .

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2010) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Längsneigung der Straßen ist aus Höhenplänen oder Lageplänen des Untersuchungsgebietes bekannt. Die Verkehrssituationen im Untersuchungsgebiet werden entsprechend den Gegebenheiten auf den einzelnen Streckenabschnitten und den Auswahlmöglichkeiten des HBEFA festgelegt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

AO-HVS100:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 100 km/h
AO-HVS80:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 80 km/h
AO-HVS70:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h
IO-HVS60:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 60 km/h
IO-HVS50:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
IO-HVS50d:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOK-HVS50:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Lichtsignalanlage
IO-HVS30:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h
IO-HVS30d:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr
IO-NS30:	Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h

Da das aktuelle HBEFA 3.1 für Lichtsignalanlagen gesteuerte Kreuzungen keine gesonderten Emissionsfaktoren angibt, werden diese durch eine ungünstigere Verkehrssituationseinstufung (Level of Service) und damit verbundene höhere Emissionszuweisung nachgebildet; für Lichtsignalanlagen gesteuerte Kreuzungen mit hohen Störungen in Hauptverkehrszeiten mit entsprechenden Standanteilen, geringen mittleren Durchschnittsgeschwindigkeiten und entsprechend erhöhten Emissionen wird hilfsweise zusätzlich ein Stauanteil mit eingerechnet (IOK-HVS50). Für Innerörtliche Hauptverkehrsstraßen mit Tempolimit 30 km/h sind im aktuellen HBEFA ebenfalls keine Emissionsfaktoren angegeben. Aktuelle Untersuchungen (LfU, 2003) zeigen, dass sich durch eine Reduktion der Geschwindigkeit auf 30 km/h die Emissionen von NO_x um etwa 10% und die Emissionen (motorbedingte Emissionen) von Feinstaub

um etwa 50% verringern. Die hier verwendeten Emissionen sind in **Tab. 5.1** und **Tab. 5.2** dargestellt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2015							
Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit [km/h]	NO _x		Partikel (PM10) (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (PM2.5) (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (nur Abgas)	
		PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
AO-HVS100	94.0	0.277	1.924	0.022	0.2	0.011	0.05	0.0060	0.0295
AO-HVS80	76.1	0.227	2.113	0.022	0.2	0.011	0.05	0.0052	0.0295
AO-HVS70	66.9	0.210	2.393	0.022	0.2	0.011	0.05	0.0047	0.0311
IO-HVS60	57.9	0.216	2.641	0.022	0.2	0.02	0.085	0.0055	0.0328
IO-HVS50	48.9	0.222	3.198	0.03	0.3	0.02	0.085	0.0059	0.0360
IO-HVS50d	39.7	0.298	3.904	0.04	0.38	0.02	0.085	0.0072	0.0439
IOK-HVS50	-	0.327	4.295	0.04	0.38	0.02	0.085	0.0079	0.0482
IO-HVS30	-	0.200	2.878	0.03	0.3	0.02	0.085	0.0029	0.0180
IO-HVS30d	-	0.268	3.514	0.04	0.38	0.02	0.085	0.0036	0.0219
IO-NS30	33.7	0.265	4.802	0.05	0.45	0.02	0.085	0.0066	0.0610

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2015

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2025							
Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit [km/h]	NO _x		Partikel (PM10) (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (PM2.5) (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (nur Abgas)	
		PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
AO-HVS100	94.0	0.142	0.393	0.022	0.2	0.011	0.05	0.0020	0.0057
AO-HVS80	76.1	0.117	0.424	0.022	0.2	0.011	0.05	0.0015	0.0057
AO-HVS70	66.9	0.111	0.492	0.022	0.2	0.011	0.05	0.0014	0.0060
IO-HVS60	57.9	0.112	0.621	0.022	0.2	0.02	0.085	0.0015	0.0062
IO-HVS50	48.9	0.117	0.832	0.03	0.3	0.02	0.085	0.0016	0.0067
IO-HVS50d	39.7	0.155	1.103	0.04	0.38	0.02	0.085	0.0020	0.0080
IOK-HVS50	-	0.171	1.214	0.04	0.38	0.02	0.085	0.0022	0.0088
IO-HVS30	-	0.106	0.749	0.03	0.3	0.02	0.085	0.0008	0.0033
IO-HVS30d	-	0.140	0.993	0.04	0.38	0.02	0.085	0.0010	0.0040
IO-NS30	33.7	0.140	1.310	0.05	0.45	0.02	0.085	0.0019	0.0110

Tab. 5.2: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2025

5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

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

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM₁₀-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend der in BAST (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2004) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenen Straßenstaub die in den **Tab. 5.1** und **Tab. 5.2** aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

Die nicht motorbedingten PM_{2.5}-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) werden in der vorliegenden Untersuchung entsprechend der im Emission Inventory Guidebook von EMEP/CORINAIR (CORINAIR, 2007) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Eine Differenzierung in verschiedene Straßentypen (z.B. Bundesautobahn oder Innerorts) ist durch eine dort angegebene Geschwindigkeitsabhängigkeit (für Reifen und Bremsabrieb) möglich. Eine Differenzierung in Verkehrssituationen erfolgte nicht. Für die PM_{2.5}-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) können daraus die in **Tab. 5.3** und in **Tab 5.4** dargestellten Werte abgeleitet werden:

	Reifenabrieb		Bremsabrieb		Straßenabrieb	
	PM2.5 [mg/km]					
	BAB	Innerorts	BAB	Innerorts	BAB	Innerorts
PKW	4	6	1	5	6	6
Leichte Nutzfahrzeuge	6	10	1	8	6	6
Schwere Nutzfahrzeuge	17	26	3	29	30	30
Motorräder	2	3	0	3	2	2

Tab. 5.3: Beitrag zu den PM_{2.5}-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) entsprechend CORINAIR (2007)

	Nicht motorbedingte PM2.5-Emissionsfaktoren [mg/km]	
	BAB	Innerorts
PKW	11	17
Leichte Nutzfahrzeuge	13	24
Schwere Nutzfahrzeuge	50	85
Motorräder	4	8

Tab. 5.4: Nicht motorbedingte PM2.5-Emissionsfaktoren nach CORINAIR (2007)

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

5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die im vorliegenden Fall angesetzten Verkehrssituationen sind exemplarisch für den Prognose-Nullfall der **Abb. 5.1** zu entnehmen. Straßen mit Längsneigungen sind klassifiziert wie im HBEFA (UBA, 2010) für Längsneigungsklassen in 2%-Stufen; in **Abb. 5.1** sind Straßen mit Längsneigungen über 2% dicker dargestellt.

Tab. 5.1 und **Tab. 5.2** geben einen Überblick über die zu diesen Verkehrssituationen gehörenden Emissionsfaktoren in den betrachteten Bezugsjahren 2015 und 2025. **Tab. 5.5** und **Tab. 5.6** zeigen exemplarisch für einen Abschnitt der B 33 zwischen der geplanten Südumfahrung und Markdorf die Verkehrsdaten für das Jahr 2015 und das Jahr 2025 und die hierzu berechneten Emissionen, ausgedrückt als strecken- und zeitbezogene Emissionsdichten. Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x, PM10 und PM2.5 werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. In **Abb. A3.1** bis **Abb. A3.30** sind die räumlichen Verteilungen der auf Grundlage der Verkehrsdaten 2025 und 2015 berechneten Emissionen für die Schadstoffe NO_x, PM10 und PM2.5 dargestellt.

Variante	DTV [Kfz/24h]	LKW- Anteil [%]	Verkehrs- situation	mittlere Emissionsdichte		
				NO _x [mg/(m*s)]	PM10 [mg/(m*s)]	PM2.5 [mg/(m*s)]
Prognose-Nullfall	12 900	10.0	AO-HVS70	0.055	0.0062	0.0030
PNF OU Markdorf	6 300	6.9	AO-HVS70	0.023	0.0027	0.0013
Planungsfall 1.2 LV	7 700	5.6	AO-HVS70	0.026	0.0031	0.0016
Planungsfall 1.2 oK	8 100	6.4	AO-HVS70	0.029	0.0033	0.0017
PNF OU Markdorf und Bermatingen	9 100	5.7	AO-HVS70	0.031	0.0036	0.0019

Tab. 5.5: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die B33 zwischen Markdorf und der geplanten Südumfahrung für den Prognose-Nullfall und die Planungsfälle im Jahr 2015

Variante	DTV [Kfz/24h]	LKW- Anteil [%]	Verkehrs- situation	mittlere Emissionsdichte		
				NO _x [mg/(m*s)]	PM10 [mg/(m*s)]	PM2.5 [mg/(m*s)]
Prognose-Nullfall	15 000	10.0	AO-HVS70	0.023	0.0063	0.0026
PNF OU Markdorf	7 300	6.9	AO-HVS70	0.011	0.0027	0.0012
Planungsfall 1.2 LV	8 900	5.6	AO-HVS70	0.013	0.0031	0.0014
Planungsfall 1.2 oK	9 400	6.4	AO-HVS70	0.014	0.0034	0.0015
PNF OU Markdorf und Bermatingen	10 500	5.7	AO-HVS70	0.015	0.0037	0.0017

Tab. 5.6: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die B33 zwischen Markdorf und der geplanten Südumfahrung für den Prognose-Nullfall und die Planungsfälle im Jahr 2025

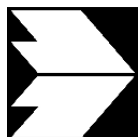
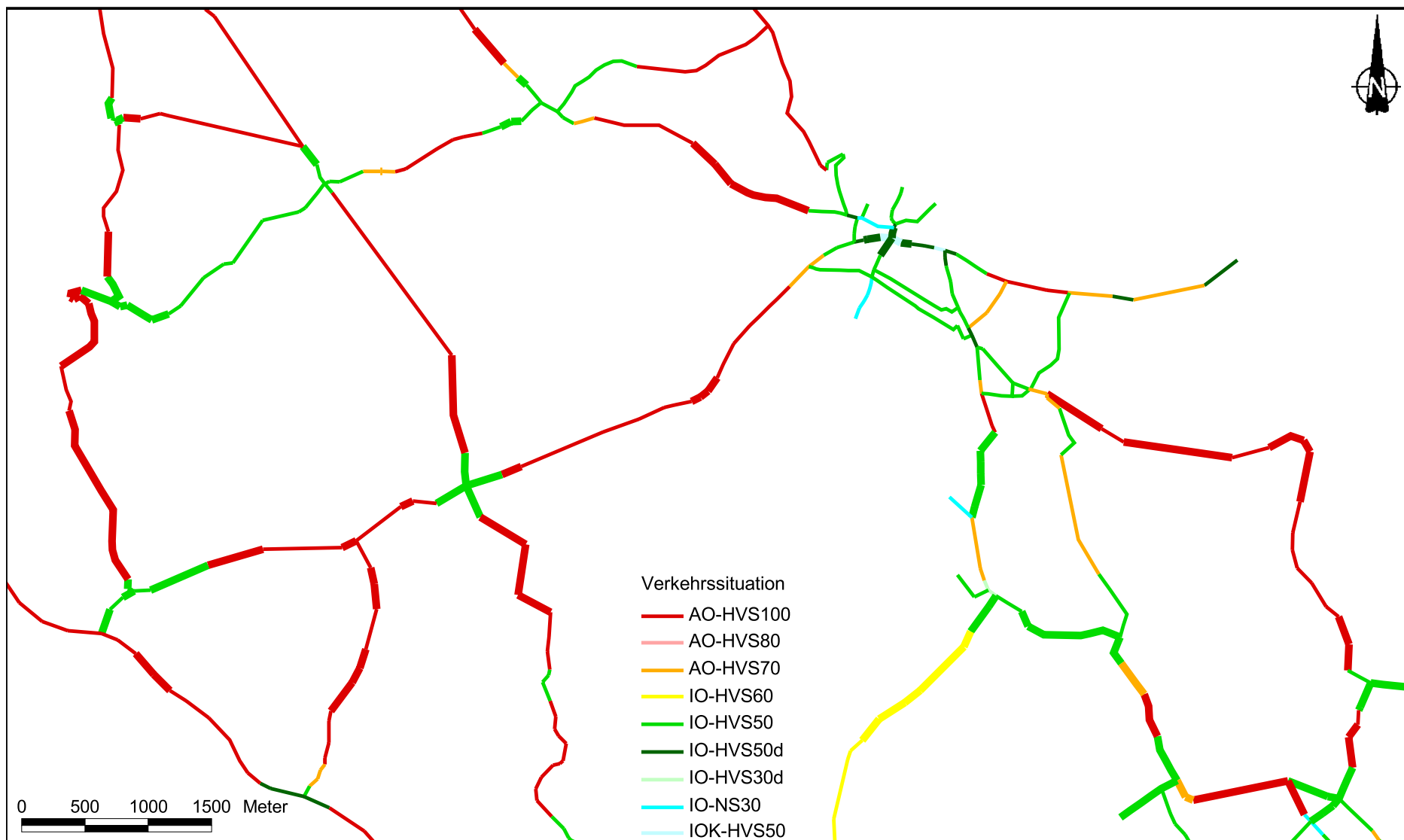


Abb. 5.1: Verkehrssituationen auf dem berücksichtigten Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall 2025.
Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet

6 ERGEBNISSE

Im Untersuchungsgebiet wurden die Schadstoffimmissionen in Bodennähe bestimmt. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt im Bereich der geplanten Trasse und an den Ortsdurchfahrten; die Untersuchungspunkte wurden in einem 10 m x 10 m Raster um den geplanten Straßenabschnitt angeordnet. In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen wurden für die maßgebenden Schadstoffkomponenten grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen orientiert sich der kleinste Wert (hellblau) an der Hintergrundbelastung. Die Grenzwerte der 39. BImSchV werden mit gelben Farben für NO₂-Jahresmittelwerte und PM_{2.5}-Richtgrenzwerte und mit roten Farben für PM₁₀- und PM_{2.5}-Jahresmittelwerte dargestellt.

Weiterhin werden die Auswertungen der berechneten Immissionen für ausgewählte Untersuchungspunkte tabellarisch ausgewiesen. Die Lage der Untersuchungspunkte ist in den **Abb. 2.1** bis **Abb. 2.4** aufgezeigt. Die Untersuchungspunkte in den ausgewählten Bereichen der Ortsdurchfahrten Markdorf, Ittendorf, Stetten, Lipbach, Kluftern Riedheim, Bergheim und Efrizweiler werden als beispielhaft für die maximale Immissionssituation in den Ortsdurchfahrten erachtet. Hinsichtlich der Definition der Standortkriterien der 39. BImSchV sind die ausgewählten Untersuchungspunkte (siehe **Abb. 2.1** bis **Abb. 2.4**) als beurteilungsrelevant hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit zu betrachten. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich in den Gebäuden Personen nicht nur vorübergehend aufhalten. Bei der Diskussion der Ergebnisse wird die Bewertung entsprechend der **Tab. 3.2** formuliert.

6.1 Stickstoffdioxidimmissionen

Abb. 6.1 bis **Abb. 6.4** zeigen die für die Prognose 2025 berechneten NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) des jeweiligen Betrachtungsfalles. Für den Vergleich der Fälle zeigt **Tab. 6.1** eine Gegenüberstellung der NO₂-Immissionen an ausgewählten Untersuchungspunkten, deren jeweilige Lage in den **Abb. 2.1** bis **Abb. 2.4** markiert ist. Entsprechend der 39. BImSchV (2010) ist für NO₂ seit dem Jahr 2010 ein Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel gültig. Neben dem Jahresmittelgrenzwert sieht die 39. BImSchV ebenfalls einen Grenzwert für die Kurzzeitbelastung von NO₂ vor. Bei einer Einhaltung des Äquivalentwertes der 98-Perzentilwerte von 130 µg/m³ kann davon ausgegangen werden, dass auch der Grenzwert für die Kurzzeitbelastung von NO₂ eingehalten wird (siehe Abschnitt 3.3).

In **Tab. 6.1** sind die berechneten Immissionen an einzelnen Untersuchungspunkten dargestellt. Im Prognose-Nullfall werden an der Ortsdurchfahrt von Markdorf im Jahr 2025 die höchsten Immissionen mit 39 µg/m³ prognostiziert. In den drei Planungsfällen nehmen diese Immissionen in Markdorf um etwa 23% bzw. 28% durch das reduzierte Verkehrsaufkommen ab. Das durch die Planungen an den Ortsdurchfahrten von Lipbach, Kluftern, Ittendorf, Stetten, Efrizweiler, Riedheim und Bergheim veränderte Verkehrsaufkommen führt je nach Planungsfall zu geringfügig erhöhten bzw. zu verringerten Immissionen. Dabei erhöhen sich die Immissionen um nicht mehr als 1 µg/m³. Die deutlichste Verringerung der Immissionen wird neben der Ortsdurchfahrt von Markdorf im Planungsfall 1.2 LV an der Ortsdurchfahrt von Kluftern mit etwa 15% prognostiziert.

Im Prognose-Nullfall (siehe **Abb. 6.1**) werden entlang der Ortsdurchfahrt von Markdorf NO₂-Immissionen bis 39 µg/m³ im Jahresmittel berechnet (Punkt 2 siehe **Tab. 6.1**). Der Grenzwert der 39. BImSchV von 40 µg/m³ wird dort nicht überschritten. In der Umgebung des geplanten Trassenverlaufs der OU Markdorf sind im Prognose-Nullfall aufgrund fehlender Beiträge bodennaher Emittenten Immissionen anzutreffen, die weitestgehend im Bereich der aus den Messdaten abgeleiteten Hintergrundbelastung liegen. An der Ortsdurchfahrt Kluftern werden im Prognose-Nullfall erhöhte NO₂-Immissionen bis 32 µg/m³ im Jahresmittel berechnet (Punkt 5), an den Ortsdurchfahrten von Lipbach, Ittendorf und Stetten leicht erhöhte NO₂-Immissionen bis 26 µg/m³ (Punkt 4, Punkt 6, Punkt 7) und an den Ortsdurchfahrten von Riedheim und Bergheim NO₂-Immissionen von etwa 23 µg/m³, was in etwa der angesetzten Hintergrundbelastung entspricht (Punkt 8, Punkt 9). An der Ortsdurchfahrt von Efrizweiler werden leicht erhöhte NO₂-Immissionen bis 25 µg/m³ im Jahresmittel (Punkt 10) berechnet.

Abgesehen von den straßennahen Untersuchungspunkten in Kluftern und Markdorf sind die NO₂-Immissionen im Untersuchungsgebiet als leicht erhöht im Sinne der **Tab. 3.2.** anzusehen.

Untersuchungspunkt	Immissionen in µg/m ³								Anzahl Überschreitungen				Immissionen in µg/m ³			
	NO ₂ -Jahresmittel				PM10-Jahresmittel				PM10-Tagesmittel > 50 µg/m ³				PM2.5-Jahresmittel			
	Prognose-Nullfall	Prognose-Nullfall OU Markdorf	Planungsfall 1.2 LV	Planungsfall 1.2 oK	Prognose-Nullfall	Prognose-Nullfall OU Markdorf	Planungsfall 1.2 LV	Planungsfall 1.2 oK	Prognose-Nullfall	Prognose-Nullfall OU Markdorf	Planungsfall 1.2 LV	Planungsfall 1.2 oK	Prognose-Nullfall	Prognose-Nullfall OU Markdorf	Planungsfall 1.2 LV	Planungsfall 1.2 oK
1 OU Markdorf	22	23	23	23	20	20	20	20	12	12	12	12	16	16	16	16
2 Markdorf	39	30	28	28	33	25	24	24	54	24	20	20	21	19	18	18
3 Südl. M. L207	24	25	24	25	21	22	21	22	14	15	14	14	17	17	17	17
4 Lipbach	26	26	26	27	22	22	22	23	16	16	15	18	17	17	17	17
5 Kluftern	32	32	28	32	27	27	24	27	29	29	20	29	19	19	18	19
6 Ittendorf	26	27	27	26	23	23	24	23	17	17	19	17	17	17	18	17
7 Stetten	26	26	27	26	22	22	23	22	16	16	18	16	17	17	18	17
8 Riedheim	23	23	24	24	21	21	21	21	13	13	13	13	16	16	17	17
9 Bergheim	23	23	23	23	20	20	21	20	12	12	13	12	16	16	16	16
10 Efritzweiler	25	25	24	26	22	22	21	22	15	15	14	16	17	17	17	18
Grenzwert bzw. zulässige Anzahl von Überschreitungen																
	40				40				35				25			

Tab. 6.1: Immissionen in µg/m³ für die Prognose 2025 in verschiedenen Planungsfällen an den ausgewählten Untersuchungspunkten im Untersuchungsgebiet. Lage der Untersuchungspunkte siehe **Abb. 2.1** bis **Abb. 2.4**.

Die in allen betrachteten Planungsfällen (siehe **Abb. 6.2** bis **Abb. 6.4**) prognostizierten NO₂-Immissionen im Jahresmittel sind in der Ortsdurchfahrt von Markdorf deutlich geringer als im Prognose-Nullfall. Maximal werden in den betrachteten Planungsfällen entlang der Ortsdurchfahrt von Markdorf NO₂-Immissionen von 30 µg/m³ im Jahresmittel erreicht (Punkt 2). In den flächenhaften Verteilungen der NO₂-Immissionen zeigen sich die Verkehrs- und damit die Emissionsverlagerungen deutlich. Die Ortslage von Markdorf wird deutlich entlastet.