Unterlage 17.2

Lufthygienische Untersuchungen

Planfeststellung

Staatsstraße 2046

Berg i. Gau – (Mühlried) – B 300

Ortsumfahrung Mühlried und Königslachen

St 2044	**Abschnitt 150,**	**Station 0,800**	**bis**
B 300	**Abschnitt 1380,**	**Station 1,210**	

Aufgestellt: Stadt Schrobenhausen, den 27.08.2014 Dr. Karlheinz Stephan Erster Bürgermeister	

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

LUFTSCHADSTOFFBETRACHTUNGEN ZUM NEUBAU DER STAATSSTRASSE ST 2046, ORTSUMFAHRUNG MÜHLRIED-KÖNIGSLACHEN

Auftraggeber: Stadt Schrobenhausen
Lenbachplatz 18

86529 Schrobenhausen

Dipl.-Umweltwiss. A. Friedrich

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. W. Bächlin

August 2014
Projekt 62749-14-01
Berichtsumfang 24 Seiten

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN 1

1 ZUSAMMENFASSUNG 3

2 AUFGABENSTELLUNG 5

3 VORGEHENSWEISE 6

3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe 6

3.2 Berechnungsverfahren RLuS 7

4 EINGANGSDATEN 9

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes 9

4.2 Verkehrsdaten 11

4.3 Meteorologische Daten 11

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung 12

4.5 Emissionsbestimmung 15

5 ERGEBNISSE 17

6 LITERATUR 23

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. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

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

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

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

Grenzwerte / Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert 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.

Feinstaub / PM10 / PM2.5

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Nordosten von Schrobenhausen, Ortsteil Mühlried, ist der Neubau der Staatsstraße St 2046, Ortsumfahrung Mühlried-Königslachen, geplant. Die geplante Ortsumfahrung beginnt an der St 2044 im Norden von Mühlried, verläuft überwiegend in südöstlicher Richtung, kreuzt dabei die bestehende St 2046 mit einem Kreisverkehr und endet an der B 300 im Südosten von Mühlried mit einer Anschlussstelle mit mehreren Rampen. Die geplante Trasse reicht in Teilbereichen bis auf ca. 50 m an die bestehende Bebauung heran.

Die Abschätzung der Immissionsbelastungen an Straßenabschnitten erfolgt in Anlehnung an die Richtlinie über Luftverunreinigungen an Straßen (RLuS, 2012). Das in RLuS (2012) angegebene Ausbreitungsmodell ist für zwei- und mehrspurige Straßen ohne oder mit nur aufgelockerter Randbebauung entwickelt. Die Richtlinie erhebt keinen Anspruch auf eine exakte Berechnung, sondern sie ermöglicht die Abschätzung der Jahresmittelwerte und der für die Beurteilung erforderlichen statistischen Kennwerte. Die Immissionsberechnungen mit RLuS (2012) erfolgen anhand von Querschnitten bis in einen Abstand von 200 m vom Fahrbahnrand entlang der geplanten St 2046 sowie der bestehenden St 2044 und B 300 für den Planfall und werden unterstützt durch emissionsseitige Ermittlungen entsprechend der aktuellen Emissionsdatenbank (HBEFA 3.2, UBA (2014)).

Die höchsten NO_2-Immissionen an der Bebauung werden im Planfall 2020 an der zum geplanten Mündungsbereich der St 2046 in die St 2044 nächstgelegenen Bebauung berechnet mit Jahresmittelwerten bis 24 µg/m³. An der darüber hinaus entlang der geplanten St 2046 und bestehenden B 300 betrachteten Bebauung sind im Planfall NO_2-Immissionen bis 23 µg/m³ ermittelt. Damit sind an der bestehenden betrachteten Bebauung im Planfall keine Konflikte mit dem Grenzwert der 39. BImSchV für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ zu erwarten.

Die berechneten PM10-Immissionen führen an der zum Mündungsbereich der geplanten St 2046 in die St 2044 nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Bebauung zu Jahresmittelwerten bis 21 µg/m³, an der übrigen betrachteten Bebauung zu mit der angesetzten Hintergrundbelastung vergleichbaren PM10-Jahresmittelwerten von 20 µg/m³, so auch an der zur geplanten St 2046 nächstgelegenen betrachteten Bebauung außerhalb der Kreuzungs- und Mündungsbereiche. Der Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ und der PM10-Kurzzeitbelastungsgrenzwert (35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m³) werden an der bestehenden Bebauung nicht erreicht und nicht überschritten.

Die PM2.5-Immissionen werden an der betrachteten beurteilungsrelevanten Bebauung entlang der geplanten St 2046 sowie der St 2044 und B 300 mit Jahresmittelwerten bis 16 µg/m³ berechnet. Damit sind an der bestehenden Bebauung keine Konflikte mit dem Grenzwert der 39. BImSchV von 25 µg/m³ zu erwarten.

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass entlang der geplanten Ortsumfahrung (St 2046) Erhöhungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen zu erwarten sind, da bislang dort keine Straße verläuft. An der zur geplanten St 2046 nächstgelegenen Bebauung werden die jeweiligen Grenzwerte deutlich nicht erreicht und nicht überschritten; so wird der Grenzwert für NO_2 zu weniger als 60% erreicht und die verkehrsbedingte Zusatzbelastung beträgt weniger als 5% des Grenzwertes.

2 AUFGABENSTELLUNG

Im Nordosten von Schrobenhausen, Ortsteil Mühlried, ist der Neubau der Staatsstraße St 2046, Ortsumfahrung Mühlried-Königslachen, geplant. Die geplante Ortsumfahrung beginnt an der St 2044 im Norden von Mühlried, verläuft überwiegend in südöstlicher Richtung, kreuzt dabei die bestehende St 2046 mit einem Kreisverkehr und endet an der B 300 im Südosten von Mühlried. Die geplante Trasse reicht in Teilbereichen bis auf ca. 50 m an die bestehende Bebauung heran.

In diesem Zusammenhang ist ein Gutachten über die Auswirkungen der Planungen auf die Luftschadstoffbelastung zu erstellen. Dabei ist zu prüfen, ob sich durch die o.g. Planungen die Luftkonzentrationen verkehrsbedingter Schadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Die Berechnungen sollen mit dem Berechnungsverfahren RLuS 2012 erfolgen.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, ob die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO_2 und PM10 die 22. BImSchV ersetzt.

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 PM2.5). Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO_2 und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich und wird hier nicht durchgeführt.

3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe

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

Schadstoff	**Beurteilungswert**	**Zahlenwert in µg/m³**	
		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)

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert.

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 RLuS

Gegenstand der Richtlinie über Luftverunreinigungen an Straßen ist die Abschätzung der Immissionsbelastungen an Straßenabschnitten. Das in RLuS 2012 angegebene Ausbreitungsmodell ist für zwei- und mehrspurige Straßen ohne oder mit nur aufgelockerter Randbebauung entwickelt.

Die Richtlinie ist unter folgenden Bedingungen anwendbar:

- Verkehrsstärken über 5 000 Kfz/24 h,
- Geschwindigkeiten über 50 km/h,
- Trogtiefen und Dammhöhen unter 15 m,
- Längsneigung bis 6%,
- maximaler Abstand vom Fahrbahnrand 200 m,
- Lücken innerhalb der Randbebauung $\geq$ 50%,
- Abstände zwischen den Gebäuden und dem Fahrbahnrand $\geq$ 2 Gebäudehöhen,
- Gebäudebreite $\leq$ 2 Gebäudehöhen.

Die Richtlinie erhebt keinen Anspruch auf eine exakte Berechnung, sondern sie ermöglicht die Abschätzung der Jahresmittelwerte und der für die Beurteilung erforderlichen statistischen Kennwerte. Außerdem lässt sie eine Abschätzung über die Anzahl von Überschreitungen definierter Schadstoffkonzentrationen für NO_2 und PM10 zu. Die Emissionsbestimmung mit RLuS 2012 erfolgt auf Basis des Handbuchs für Emissionsfaktoren HBEFA 3.1 (UBA, 2010).

Aufgrund der relativ geringen Verkehrsstärken auf den überwiegenden Streckenabschnitten der geplanten Ortsumfahrung kann im vorliegenden Fall die RLuS (2012) in den überwiegenden Streckenabschnitten zur Immissionsprognose nicht direkt angewendet werden. Ersatzweise werden basierend auf den Verkehrsdaten die verkehrsbedingten Emissionen in einem separaten Arbeitsschritt berechnet und mit den immissionsseitigen, abstandsabhängigen Abklingkurven von RLuS (2012) verknüpft. Seit Juli 2014 liegt die aktualisierte Version des Handbuchs für Emissionsfaktoren HBEFA 3.2 vor (UBA, 2014). Diese ist derzeit noch nicht in RLuS 2012 integriert. Die separate Emissionsbestimmung erfolgt unter Berücksichtigung von HBEFA 3.2.

4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage der geplanten Straße und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die Verkehrsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet mit dem angrenzenden Stadtgebiet von Mühlried befindet sich ca. 15 km nordwestlich von Pfaffenhofen, ca. 25 km südwestlich von Ingolstadt und ca. 30 km nordöstlich von Augsburg im Donau-Isar-Hügelland in weitestgehend ebenem Gelände. Die geplante zweispurige Trasse der St 2046 beginnt an der St 2044 im Norden von Mühlried, verläuft überwiegend in südöstlicher Richtung, kreuzt dabei die bestehende St 2046 mit einem Kreisverkehr sowie den Bachlauf der Paar mit einer Brücke und endet mit einer Anschlussstelle mit mehreren Rampen an der B 300 im Südosten von Mühlried. Die geplante Trasse reicht in Teilbereichen bis auf ca. 50 m an die bestehende Bebauung heran.

Die Immissionsberechnungen mit RLuS 2012 erfolgen anhand von Querschnitten bis in einen Abstand von 200 m vom Fahrbahnrand entlang der geplanten St 2046 für den Planfall sowie für ausgewählte Abschnitte an der bestehenden St 2044 und B 300. Im Bereich des geplanten Kreisverkehrsplatzes sowie im Bereich der geplanten Anschlussstelle mit mehreren Rampen an die B 300 wird der Anwendungsbereich der RLuS (2012) überschritten; dort sind mit RLuS (2012) keine belastbaren Aussagen zu den Schadstoffbelastungen an der nächstgelegenen Bebauung ableitbar. Zudem können Brückenlagen nicht detailliert berücksichtigt werden.

Die Beurteilung bezieht sich nach der 39. BImSchV auf die Bereiche, in denen die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt über einen Zeitraum den Konzentrationen ausgesetzt sein wird, der der Mittelungszeit des betreffenden Immissionsgrenzwertes Rechnung trägt. Das betrifft vor allem Wohnnutzungen.

Die Lage der geplanten St 2046 ist in **Abb. 4.1** mit Angabe der Lage der betrachteten Querschnitte aufgezeigt.

Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die Verkehrsdaten, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung.

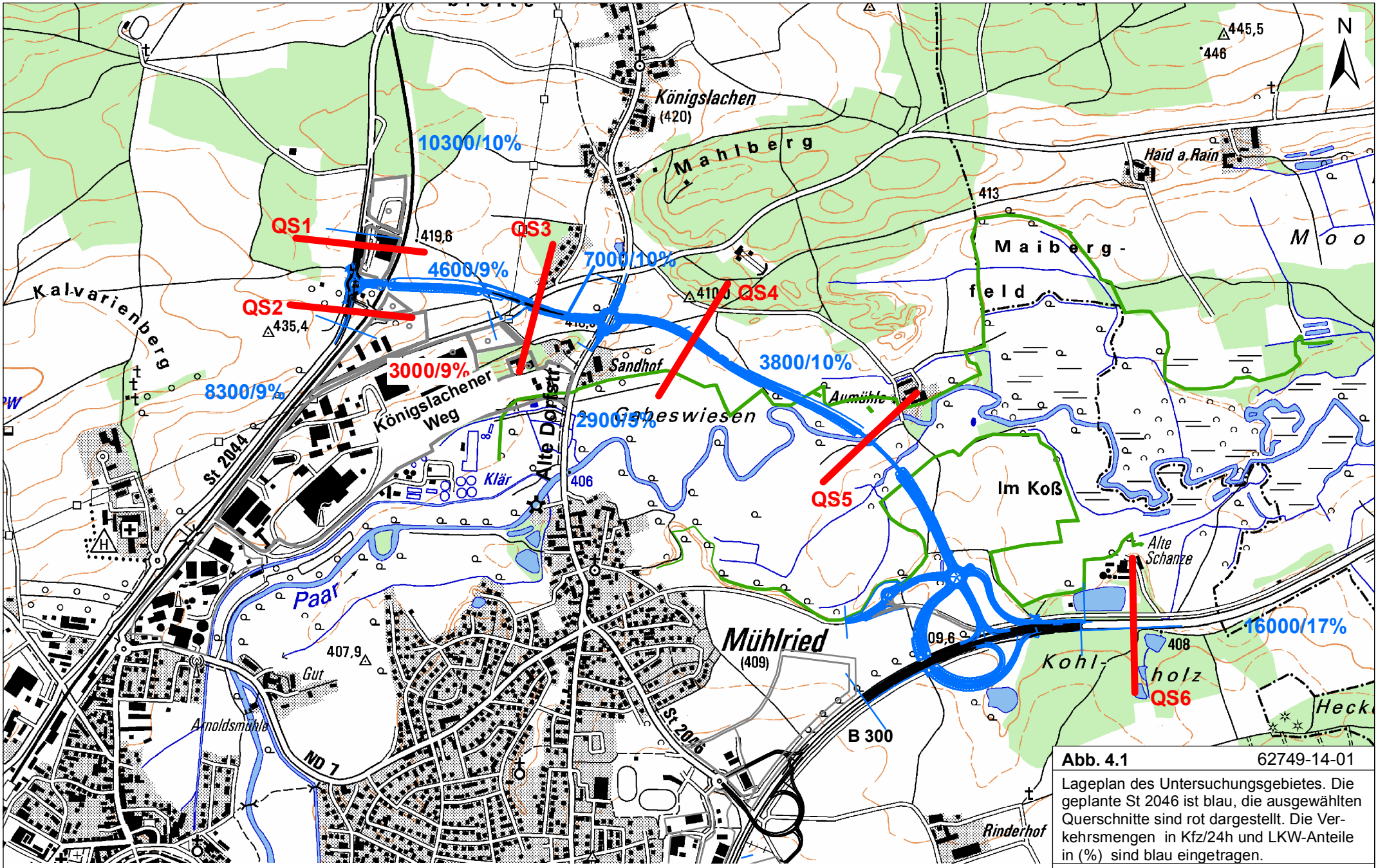

Abb. 4.1 62749-14-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes. Die geplante St 2046 ist blau, die ausgewählten Querschnitte sind rot dargestellt. Die Verkehrsmengen in Kfz/24h und LKW-Anteile in (%) sind blau eingetragen.

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten wurden durch den Auftraggeber mit der „Verkehrsuntersuchung St 2046“ auszugsweise zur Verfügung gestellt (Kurzak, 2012). Darin sind für die geplante St 2046 und die unmittelbar angrenzenden Straßen Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) für den Planfall im Prognosejahr 2030 enthalten. Angaben zu den LKW-(SV)-Anteilen in (%) sind nur für die geplante St 2046 enthalten. Die Schwerverkehrsanteile auf den unmittelbar angrenzenden Straßen wurden durch den Verkehrsgutachter in Form von Straßenverkehrszählungen vom 20.03.2013 zur Verfügung gestellt und unverändert für das Jahr der Verkehrsprognose 2030 angesetzt.

Im Planfall ist demnach auf der geplanten St 2046 ein durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen zwischen 3 800 Kfz/24h und 7 000 Kfz/24h bei einem LKW-Anteil von 9 bis 10% prognostiziert.

Diese Verkehrsdaten werden im Rahmen dieser Untersuchung für das Bezugsjahr 2020 angesetzt, dem frühesten Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Planungen; dabei ist zu berücksichtigen, dass in davor liegenden Jahren höhere spezifische Emissionsfaktoren vorliegen, da die jeweiligen Kfz-Flotten mehr Anteile an Fahrzeugen mit ungünstigeren Minderungskonzepten beinhalten.

Nach Angaben des Auftraggebers ist auf dem gesamten Streckenabschnitt der geplanten St 2046 eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h vorgesehen.

Entlang der St 2046 werden die Luftschadstoffe an mehreren Querschnitten ermittelt. Die Querschnitte werden so gewählt, dass die zu erwartenden Immissionen an empfindlichen Nutzungen im Sinne der 39. BImSchV beschrieben werden. Des Weiteren werden die Immissionen für zwei Querschnitte an der bestehenden St 2044 nördlich und südlich des Mündungsbereiches der geplanten St 2046 sowie für einen Querschnitt an der B 300 östlich des geplanten Anschlusses der St 2046 ermittelt.

4.3 Meteorologische Daten

Für die Immissionsberechnung mit RLuS 2012 wird die Angabe der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund benötigt.

Im Betrachtungsgebiet liegen keine Messdaten der Windverhältnisse vor. In der weiteren Umgebung des Betrachtungsgebietes liegen Winddaten des Deutschen Wetterdienstes an der ca. 25 km nordöstlich des Untersuchungsgebietes gelegenen Station Ingolstadt für den Zeitraum 1993 bis 2001 vor. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit beträgt an dieser Station 2.7 m/s.

Für Bayern liegt der „Bayerische Solar- und Windatlas“ vor (Bayerisches Staatsministerium, 2001), in dem basierend auf flächenhaften Interpolationen der Messdaten von 1980-1989 mittlere jährliche Windgeschwindigkeiten in 10 m über Grund ausgegeben werden. Demnach wird gegenüber den im Internet veröffentlichen Daten am nordöstlichen Ortsrand von Mühlried eine mittlere Windgeschwindigkeit von 2.3 m/s und im Stadtgebiet von Schrobenhausen von 1.7 m/s angegeben.

Aktuelle Windgeschwindigkeitsdarstellungen des Energie-Atlanten Bayern (http://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten) zeigen für das Betrachtungsgebiet etwas abweichende, aber fachlich weniger belastbare Windgeschwindigkeitsverteilungen.

Für die Immissionsberechnungen mit RLuS (2012) wird aufgrund des Verlaufs der geplanten St 2046 am Stadtrand von Mühlried und in Orientierung an den Ergebnissen des Bayerischen Solar- und Windatlanten aus dem Jahr 2001 einheitlich eine mittlere jährliche Windgeschwindigkeit von 2.3 m/s entlang des gesamten Abschnittes der geplanten Ortsumfahrung angesetzt.

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung

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.

Vom Bayerischen Landesamt für Umwelt wird das Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB) betrieben. In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden. Die vorliegenden Daten für die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.1** aufgeführt.

Die Station Ingolstadt, Rechbergstraße befindet sich ca. 24 km nordnordöstlich des Untersuchungsgebietes in städtischem Gebiet. Die Stationen Augsburg, Karlstraße, Augsburg, Bourges-Platz, Augsburg, Königsplatz und Augsburg, LfU sind ca. 37 bis 40 km südwestlich des Untersuchungsgebietes in städtischem Gebiet gelegen, wobei sich die Stationen Augsburg, Karlstraße und Augsburg, Königsplatz an Hauptverkehrsstraßen befinden. Die Station Neustadt a.d. Donau/Eining ist ca. 47 km nordöstlich des Untersuchungsgebietes in ländlichem Gebiet gelegen.

Die Stationen Ingolstadt, Rechbergstraße sowie Augsburg, Karlstraße, Bourges-Platz und Königsplatz sind überwiegend von nahegelegenen Schadstoffemittenten bzw. von der städtischen Hintergrundbelastung beeinflusst, sodass die Messwerte nicht direkt auf das Untersuchungsgebiet übertragbar sind. Die Station Augsburg, LfU, wird als vorstädtische Hintergrundstation eingestuft. Die Messdaten der emittentenfernen Station Neustadt a.d. Donau/Eining repräsentieren ein „quellfernes“ Immissionsbild.

Bei der Ermittlung der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung mit RLuS 2012 werden nur die Straßenverkehrsemissionen der betrachteten Straßenabschnitte berücksichtigt; Emissionen des umliegenden großräumigen Straßennetzes sowie z.B. von Gewerbe-/Industriegebieten können nicht explizit berücksichtigt werden. Daher werden für das Untersuchungsgebiet am Ortsrand von Mühlried in Orientierung an den Messwerten der in **Tab. 4.1** aufgeführten vorstädtischen Station Augsburg, LfU für die Immissionsprognose die Werte der **Tab. 4.2** für die Hintergrundbelastung angesetzt.

Schadstoff-komponente	Zeit-raum	Ingolstadt, Rechberg-str.	Augs-burg, Karlstr.	Augs-burg, Bourges-Platz	Augs-burg, Königs-platz	Augs-burg, LfU	Neustadt a.d. Do-nau/Eining
NO_2-Jahresmittelwert	2006	35	65	34	57	23	19
	2007	31	59	30	50	20	18
	2008	27	53	32	45	20	17
	2009	30	57	39	47	22	17
	2010	32	54	40	51	23	17
	2011	34	49	31	49	22	14
	2012	34	46	25	33	-	15
	2013	29	-	27	32	-	14
NO_2-98-Perzentilwert	2006	83	130	85	118	70	58
	2007	72	125	75	108	59	45
	2008	68	114	70	93	57	44
	2009	73	121	88	99	62	45
	2010	80	113	94	104	64	44
	2011	82	105	78	98	64	38
	2012	-	-	-	-	-	-
	2013	-	-	-	-	-	-
PM10-Jahresmittelwert	2006	29	36	28	38	25	24
	2007	23	29	23	31	20	19
	2008	21	29	21	32	19	18
	2009	23	29	24	31	22	21
	2010	25	30	-	31	23	20
	2011	23	29	23	30	21	19
	2012	21	25	-	27	19	17
	2013	22	-	-	26	19	18
PM10-Überschrei-tungstage (An-zahl der Tage über 50 µg/m³)	2006	37	60	36	65	25	30
	2007	22	27	20	37	15	9
	2008	9	30	12	36	9	6
	2009	12	24	13	33	11	12
	2010	25	34	-	44	27	14
	2011	17	35	21	38	11	9
	2012	12	21	10	22	9	7
	2013	18	30 (27)	-	26 (25)	6	5
PM2.5-Jahresmittelwert	2006	-	-	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	12	-
	2009	-	-	-	-	15	-
	2010	-	-	16	-	16	-
	2011	-	-	16	-	15	-
	2012	-	-	15	-	15	-
	2013	16	-	16	-	15	-

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ an Stationen des Luft-hygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB, 2007-2014)

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 Bezugsjahr 2020 zeigen Abschätzungen mit RLuS 2012 bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der Immissionen für NO_2 um ca. 19% sowie für PM10 und PM2.5 um ca. 7%. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktionen verzichtet.

Schadstoff	**Jahresmittelwert** [µg/m^3]
NO_2	22
PM10	20
PM2.5	16

Tab. 4.2: Schadstoffhintergrundbelastung für das Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2013/2020

4.5 Emissionsbestimmung

Aufgrund der geringen Verkehrsbelegungsdaten auf den überwiegenden Abschnitten der geplanten St 2046 werden in einem ersten Schritt für das Prognosejahr 2020 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen an NO_x und Feinstaub (PM10, PM2.5) ermittelt. 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. Die mittleren spezifischen NO_x- und Feinstaub-Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) wurden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.2 (UBA, 2014, Stand 29.07.2014) bestimmt. Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM10, PM2.5) setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die PM10-Emissionen des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA nicht behandelt; diese werden in Anlehnung an BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2011) berechnet. Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in **Tab. 4.3** aufgeführt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2020							
Verkehrs-situation	Ge-schwin-digkeit (PKW)	NO_x		PM10 / PM2.5 (nur Abgase)		PM 10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		PM2.5 (nur Abrieb)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
AO-HVS100	94.0	0.215	0.772	0.0036	0.0143	0.030	0.130	0.011	0.053
AO-HVS100_2	94.0	0.235	1.009	0.0039	0.0138	0.030	0.130	0.011	0.053
AO-HVS70	67.0	0.168	0.927	0.0030	0.0154	0.030	0.130	0.016	0.062
AO-HVS70d	53.8	0.214	1.156	0.0037	0.0179	0.030	0.130	0.019	0.070

Tab. 4.3: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2020

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x und Feinstaub wurden für die geplante St 2046 und die angrenzenden außerörtlichen Hauptverkehrsstraßen (St 2044, B 300) ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-(SV)-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. In **Tab. 4.4** sind exemplarisch die Verkehrskennwerte und die daraus mit RLuS 2012 und mit HBEFA 3.2 abgeleiteten Emissionen für die geplante St 2046 östlich des Königslachener Wegs aufgeführt. Auf dem geplanten Streckenabschnitt ist eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 100 km/h vorgesehen.

Straßen-abschnitt	DTV [Kfz/24 h]	LKW-(SV)-Anteil [%]	Verkehrs-situation	NO_x [mg/(m s)]	PM10 [mg/(m s)]	PM2.5 [mg/(m s)]
St 2046 (RLuS)	7 000	10.0%	Regionalstr. 100	0.0211	0.00357	0.00159
St 2046 (HBEF 3.2)	7 000	10.0%	AO-HVS100	0.0220	0.00362	0.00164

Tab. 4.4: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die geplante St 2046 östlich des Königslachener Wegs für den Planfall.

In einem zweiten Schritt wurden mit RLuS (2012) die abstandsabhängigen immissionsseitigen Abklingkurven ermittelt. Dabei wurde für die geplante Ortsumfahrung in denjenigen Streckenabschnitten mit niedrigem Verkehrsaufkommen ein DTV von 5 000 Kfz/24h angesetzt, um den Anwendungsbereich der RLuS einzuhalten. Die mit RLuS (2012) mit dieser Vorgehensweise berechneten Immissionen wurden herangezogen und mit den anhand des HBEFA 3.2 berechneten Emissionen angepasst. Der Einfluss einmündender Straßen wurde ebenfalls emissionsseitig berechnet und auf die Vorgehensweise von RLuS 2012 übertragen. Daraus wurden für die ausgewählten Querschnitte bis in einen Abstand von 200 m zur geplanten St 2046 sowie bestehenden St 2044 und B 300 die zu erwartenden NO_2- und Feinstaub-Immissionen abgeleitet.

5 ERGEBNISSE

Die Berechnungen mit RLuS 2012 erlauben die Ermittlung der Schadstoffbelastungen in Form von Querschnitten bis in einen Abstand von 200 m vom Straßenrand der zu betrachtenden Straßen. Die Windrichtung geht in die Berechnungen nicht ein, sodass beiderseits der Straße dieselben Ergebnisse die Folge sind. Mit zunehmendem Abstand vom Straßenrand nehmen die Konzentrationen entsprechend den Ansätzen in RLuS 2012 im Allgemeinen ab.

In **Abb. 5.1** sind die im Planfall 2020 berechneten NO_2-Immissionen in Abhängigkeit vom Abstand zum Straßenrand grafisch dargestellt für die Querschnitte entlang der geplanten St 2046 sowie für zwei Querschnitte an der bestehenden St 2044 nördlich und südlich der Einmündung der geplanten St 2046 bzw. für einen Querschnitt an der B 300. Im Planfall sind entlang der St 2046 außerhalb der Mündungs- und Kreuzungsbereiche mit RLuS (2012) NO_2-Immissionen zwischen knapp über 23 µg/m³ in 200 m Abstand zur Straße und bis knapp über 24 µg/m³ am Straßenrand der geplanten St 2046 berechnet. Im Mündungsbereich der St 2046 in die bestehende St 2044 sind am Fahrbahnrand NO_2-Immissionen bis knapp über 25 µg/m³ und in einem Abstand von 200 m zur Straße knapp über 23 µg/m³ prognostiziert. An der B 300 sind nördlich der geplanten Einmündung der St 2046 am Fahrbahnrand NO_2-Gesamtbelastungen bis 27 µg/m³ ermittelt.

Für die nächstgelegene Bebauung an der geplanten St 2046 sowie der bestehenden St 2044 sind die berechneten Immissionen in **Tab. 5.1** aufgeführt. Es werden jeweils der entsprechende Querschnitt, der Abstand der Bebauung vom Straßenrand und die Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall aufgeführt.

Die höchsten NO_2-Immissionen an der Bebauung werden im Planfall 2020 an der Bebauung im Mündungsbereich der geplanten St 2046 in die St 2044 berechnet mit Jahresmittelwerten bis 24 µg/m³ (Querschnitte 1 und 2 in **Tab. 5.1**). Entlang der geplanten St 2046 sind an der bestehenden betrachteten Bebauung im Planfall NO_2-Immissionen bis 23 µg/m³ ermittelt. An der zur B 300 nächstgelegenen Bebauung nördlich der geplanten Anschlussstelle sind im Planfall ebenfalls NO_2-Immissionen bis 23 µg/m³ berechnet.

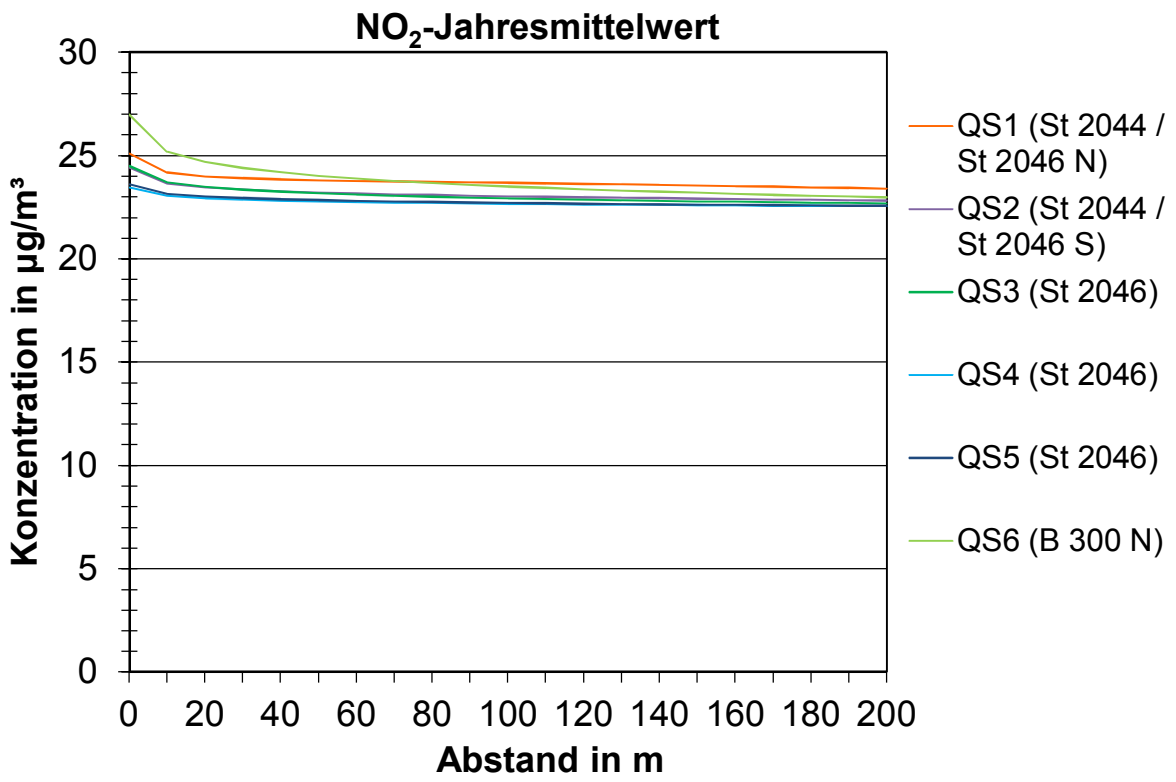

Abb. 5.1: Berechnete NO_2-Immissionen an ausgewählten Querschnitten entlang der geplanten St 2046, der bestehenden St 2044 und der B 300. Grenzwert für NO_2-Jahresmittelwerte: 40 µg/m³.

Der geltende Grenzwert der 39. BImSchV für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird im Planfall 2020 an der zur geplanten St 2046 sowie der St 2044 und B 300 nächstgelegenen betrachteten Bebauung nicht erreicht und nicht überschritten. Die NO_2-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind in Bezug auf den Grenzwert an zu einer der betrachteten Straßenabschnitte nächstgelegenen Bebauung nach **Tab. 3.2** als leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen.

Der Kreuzungsbereich mit der B 300 weist vielfältige Fahrbahnen auf und ist damit mit RLuS 2012 nicht abbildbar; die nächstgelegenen Bebauung weist jedoch einen Abstand von mehr als 200 m auf, sodass dort keine immissionsseitigen Konflikte zu erwarten sind. An dem Kreisverkehr St 2046/Alte Dorfstraße ist der Anwendungsbereich von RLuS 2012 ebenfalls überschritten. Die nächstgelegene Bebauung weist Abstände von ca. 70 m zum Kreisverkehr auf. Dort sind die Immissionen nicht abbildbar, jedoch sind aufgrund der Abstände ebenfalls keine Konflikte mit den Beurteilungswerten zu erwarten.

Querschnitt	Abstand zur Straße	DTV (SV-Anteil)	NO_2 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2.5 [µg/m³]	PM10 Ü-Tage
QS1 St 2044/ St 2046 Nord	40 m	10 300 (10%) / 4 600 (10%)	24	21	16	17
QS2 St 2044/ St 2046 Süd	40 m	8 300 (9%) / 4 600 (10%)	23	20	16	17
QS3 St 2046/ Königsl. Weg	50 m	7 000 (10%) / 3 000 (9%)	23	20	16	17
QS4 St 2046	270 m	3 800 (10%)	23	20	16	17
QS5 St 2046	150 m	3 800 (10%)	23	20	16	17
QS6 B 300	150 m	16 000 (17%)	23	20	16	27
Grenzwerte						
			40	40	25	35

Tab. 5.1: Berechnete NO_2- und Feinstaub-Immissionen (Jahresmittelwerte) in µg/m³ und Anzahl an PM10-Überschreitungstagen an der nächstgelegenen Bebauung zur geplanten St 2046, bestehenden St 2044 und B 300

In **Abb. 5.2** sind die berechneten PM10-Immissionen in Abhängigkeit vom Abstand vom Straßenrand grafisch dargestellt für die Querschnitte entlang der geplanten St 2046 sowie für die Querschnitte an der bestehenden St 2044 und B 300. Im Planfall sind entlang der St 2044 im Mündungsbereich der geplanten St 2046 PM10-Immissionen zwischen knapp über 20 µg/m³ in 200 m Abstand zur Straße und bis knapp über 21 µg/m³ im Mündungsbereich der geplanten St 2046 in die St 2044 berechnet. Entlang der St 2046 sind PM10-Immissionen knapp über 20 µg/m³ in 200 m Abstand zur Straße und bis 21 µg/m³ im Fahrbahnrand berechnet. An der B 300 sind am Straßenrand PM10-Immissionen bis 22 µg/m³ ermittelt.

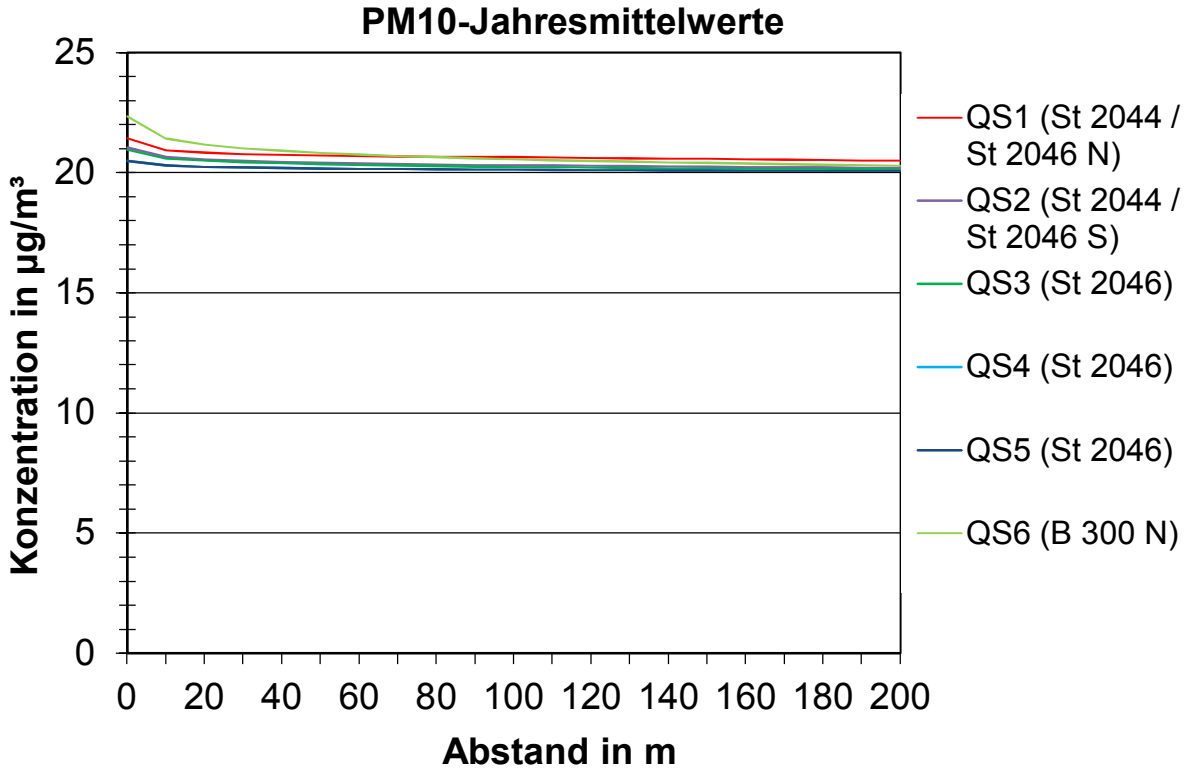

Abb. 5.2: Berechnete PM10-Immissionen an ausgewählten Querschnitten entlang der geplanten St 2046, der bestehenden St 2044 und der B 300. Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte: 40 µg/m³, Schwellenwert zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung: 27 µg/m³.

An der zur St 2044 im Mündungsbereich der geplanten St 2046 nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Bebauung sind im Planfall 2020 PM10-Jahresmittelwerte bis 21 µg/m berechnet (**Tab. 5.1**). An der zur geplanten St 2046 und bestehenden B 300 nächstgelegenen betrachteten Randbebauung sind mit der angesetzten Hintergrundbelastung vergleichbare PM10-Immissionen mit Jahresmittelwerten von 20 µg/m³ ermittelt. Der verkehrsbedingte Beitrag der betrachteten Straßen an der PM10-Gesamtbelastung beträgt an der nächstgelegenen Bebauung damit überwiegend weniger als 1 µg/m³.

Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird im Planfall 2020 an der zur geplanten St 2046 sowie zur St 2044 und B 300 nächstgelegenen betrachteten Bebauung nicht erreicht und nicht überschritten. In Bezug auf den Grenzwert sind die PM10-Jahresmittelwerte nach **Tab. 3.2** als mittlere Konzentrationen einzustufen. Für die Beurteilung der PM10-Immissionen besteht neben dem Grenzwert von 40 µg/m³

im Jahresmittel auch ein Kurzzeitbelastungsgrenzwert, der 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ zulässt. Entsprechend den Berechnungsergebnissen mit RLuS (2012) sind im Planfall an der zu den betrachteten Straßenabschnitten nächstgelegenen Bebauung bis zu 17 Überschreitungen berechnet (**Tab. 5.1**).

In **Abb. 5.3** sind die berechneten PM2.5-Immissionen in Abhängigkeit vom Abstand vom Straßenrand grafisch dargestellt für die Querschnitte entlang der geplanten St 2046 sowie für die Querschnitt an der bestehenden St 2044 und B 300. Die PM2.5-Immissionen werden im Planfall am Straßenrand der betrachteten Querschnitte mit Jahresmittelwerten knapp über der angesetzten Hintergrundbelastung von 16 µg/m³ berechnet, so auch an der zur geplanten St 2046 nächstgelegenen betrachteten Bebauung (**Tab. 5.1**).

Für die Bewertung der PM2.5-Immissionen werden zwei Beurteilungswerte genannt. Diese sind der PM2.5-Grenzwert (Jahresmittelwert) von 25 µg/m³, der ab dem Jahr 2015 einzuhalten ist und der Richtgrenzwert (Jahresmittelwert) von 20 µg/m³, der ab dem Jahr 2020 einzuhalten ist. Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von 25 µg/m³ wird entsprechend den Immissionsberechnungen an der zur geplanten St 2046, bestehenden St 2044 und B 300 nächstgelegenen betrachteten Bebauung im Planfall 2020 nicht erreicht und nicht überschritten. In Bezug auf den Grenzwert von 25 µg/m³ sind die PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) nach **Tab. 3.1** als leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen. Der ab dem Jahr 2020 einzuhaltende Richtgrenzwert (Jahresmittelwert) von 20 µg/m³ wird ebenfalls im Planfall 2020 nicht erreicht und nicht überschritten.

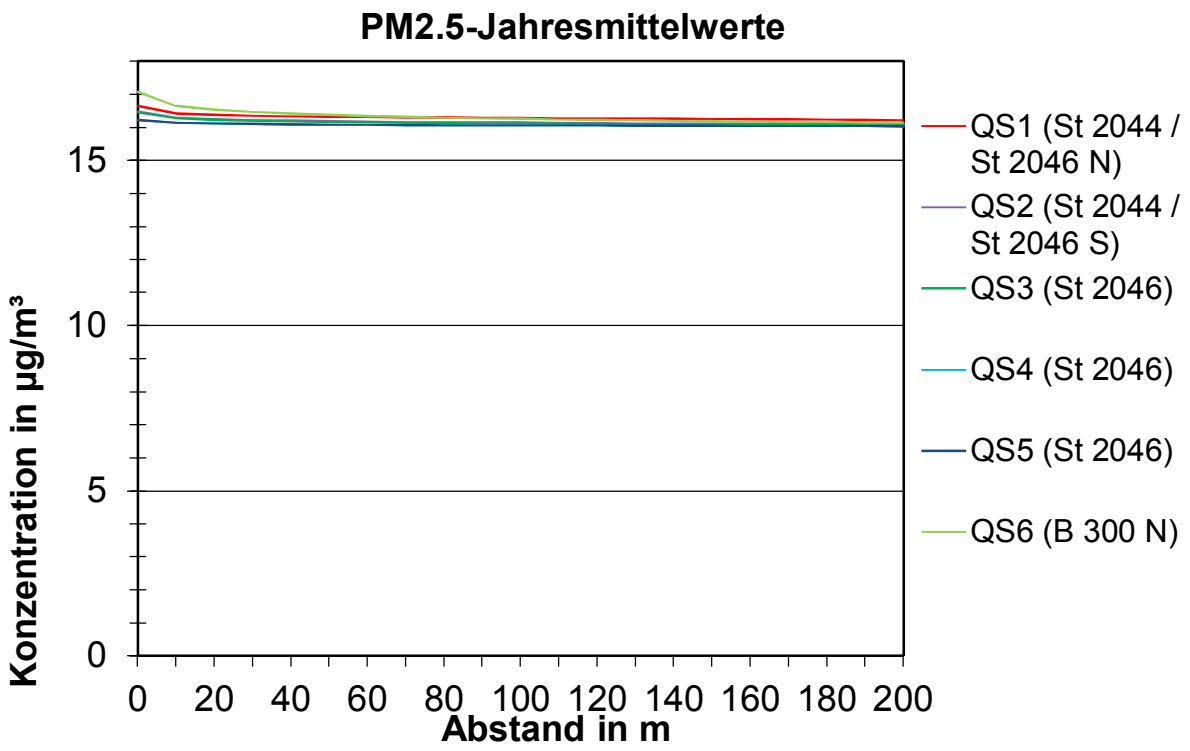

Abb. 5.3: Berechnete PM2.5-Immissionen an ausgewählten Querschnitten entlang der geplanten St 2046, der bestehenden St 2044 und der B 300. Ab 2015 geltender Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte: 25 µg/m³, ab 2020 geltender Richtgrenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte: 20 µg/m³.

6 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241). (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen)

23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). BGBl. I, Nr. 66, S. 1962. (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen)

39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.

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

Düring und Lohmeyer (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Kurzak (2012): Verkehrsuntersuchung St 2046. Straßenbelastung Mühlried und Königslachen. Hrsg.: Prof. Dr.-Ing. Harald Kurzak, München

LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.

LÜB (2007-2014): Lufthygienisches Überwachungssystem Bayern (LÜB), Luftqualitätsüberwachung in Bayern – Jahresberichte 2006 bis 2013. Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg. www.lfu.bayern.de

RLuS (2012): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLuS 2012. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, veröffentlicht 2013.

STMI (2012): Verkehrsmengenkarte 2010, Staatliches Bauamt Ingolstadt (Oberbayern. Hrsg.: Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren, erstellt 05.03.2012

UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.1 / Januar 2010. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.

UBA (2014): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.2 / Juli 2014. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.