

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Karlsruhe
Nördliche Hildapromenade 6
76133 Karlsruhe

Telefon +49(721)504379 0
Telefax +49(721)504379 11

www.MuellerBBM.de

Dr. rer. nat. Rainer Bösingher
Telefon +49(721)504379 15
Rainer.Boesinger@mbbm.com

15. August 2016
M124786/04 BSG/BSG

Berechnungen im Rahmen der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für die Stadt Würzburg

**Immissionsprognosen bis 2025 für NO₂,
PM_{2,5} und PM₁₀ für verkehrsbelastete
Stellen im Stadtgebiet von Würzburg**

Bericht Nr. M124786/04

Auftraggeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Auftragsnummer:

23-0270-13274/2016

Bearbeitet von:

Dr. rer. nat. Rainer Bösingher

Berichtsumfang:

Insgesamt 41 Seiten

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Karlsruhe
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk, Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Situation und Aufgabenstellung	5
2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen	6
3 Örtliche Gegebenheiten	7
3.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes	7
3.2 Untersuchungsabschnitt Stadtring Süd (LÜB-Messstation)	8
3.3 Untersuchungsabschnitt Bahnhofstraße	11
3.4 Untersuchungsabschnitt Textorstraße	13
3.5 Untersuchungsabschnitt Theaterstraße	15
3.6 Untersuchungsabschnitt Rennweg	17
3.7 Untersuchungsabschnitt Schweinfurter Straße	19
3.8 Untersuchungsabschnitt Grombühlstraße	21
3.9 Untersuchungsabschnitt Röntgenring	23
3.10 Untersuchungsabschnitt Zeller Straße	25
3.11 Untersuchungsabschnitt Sanderglaxisstraße	27
4 Technische Grundlagen	29
4.1 Rechenverfahren	29
4.2 Verkehrsmengen	30
4.3 Flottenzusammensetzung	31
4.4 Vorbelastung	31
4.5 Meteorologische Daten	33
5 Ergebnisse	34
5.1 Methodik	34
5.2 Emissionen Straßenverkehr 2020 und 2025	35
5.3 Immissionsprognosen 2015, 2020 und 2025	36
6 Grundlagen, verwendete Literatur	40

Zusammenfassung

Im Rahmen der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für die Stadt Würzburg sind verschiedene Untersuchungen durchzuführen. Im vorliegenden Gutachten wird für zehn Straßenabschnitte geprüft, ob die gültigen Immissionsgrenzwerte hinsichtlich $PM_{2,5}$, PM_{10} und NO_2 in den Bezugsjahren 2020 und 2025 eingehalten werden oder überschritten werden. Für die Prognosen wird die aktuell bestehende Situation ohne Umweltzone zugrunde gelegt.

Die Emissions- und Immissionsprognosen wurden mit dem Screening-Modell $IMMIS^{em/luft}$ [6] auf Grundlage des aktuellen HBEFA 3.2 für die folgenden zehn Straßenabschnitte ermittelt:

- LÜB-Standort (Stadtring Süd)
- Bahnhofstraße
- Zeller Straße
- Theaterstraße
- Rennweg
- Grombühlstraße
- Schweinfurter Straße
- Röntgenring
- Textorstraße
- Sanderglaxisstraße

Die notwendigen Grundlagen, wie Verkehrszahlen und die Bebauungsdaten wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Für die Immissionsprognosen der Bezugsjahre 2020 und 2025 wurden in Abstimmung mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) die Verkehrszahlen aus dem Jahr 2015 aus der Untersuchung der Wirksamkeit der Einführung einer Umweltzone der Stufe 3 [11] unverändert übernommen. Bei den Emissionsprognosen 2020 und 2025 wurde die Flottenzusammensetzung der Bezugsjahre 2020 und 2025 aus $IMMIS^{em/luft}$ bzw. HBEFA 3.2 übernommen.

Die Vorbelastung wurde aus der o. g. Untersuchung zur Wirksamkeit einer Umweltzone [11] übernommen und in Abstimmung mit dem LfU für die Immissionsprognosen der Bezugsjahre 2020 und 2025 unverändert angesetzt. Eine mögliche Minderung der städtischen Vorbelastung wird damit nicht berücksichtigt. Nach den vom LfU dokumentierten Langzeitauswertungen der an LÜB-Messstationen gemessenen Immissionskonzentrationen [7] ist für NO_2 tendenziell von einer Reduzierung der Immissionskonzentrationen auszugehen.

Auf der Grundlage der $IMMIS^{em/luft}$ -Berechnungen für die Bezugsjahre 2020 und 2025 wurden die Immissionsminderungen für NO_2 , $PM_{2,5}$ und PM_{10} gegenüber der in der Untersuchung zur Wirksamkeit einer Umweltzone [11] für das Jahr 2015 ermittelten Bestandssituation ohne Umweltzone quantifiziert.

Die Feinstaubimmissionen ($PM_{2,5}$ und PM_{10}) unterschreiten nach der Immissionsprognose 2015 an allen Untersuchungsabschnitten die Grenzwerte der 39. BImSchV

für Jahresmittelwerte. Auch die nach 39. BImSchV zulässigen 35 Überschreitungstage für den Tagesgrenzwert von PM_{10} werden an den Untersuchungsabschnitten nicht überschritten. Der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird nach der Immissionsprognose 2015, abgesehen vom Rennweg, an allen betrachteten Untersuchungsabschnitten im Bestand überschritten. Am Rennweg wird nach den Berechnungen der NO_2 -Grenzwert eingehalten.

In den Prognosen 2020 und 2025 sind die Feinstaubimmissionen im Vergleich zu 2015 verringert. Die Feinstaubimmissionen unterschreiten daher weiterhin die Grenzwerte.

Auch die NO_2 -Immissionen sind im Vergleich zu 2015 reduziert. Der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird in der Prognose 2020 noch am höchstbelasteten Untersuchungsabschnitt Grombühlstraße überschritten. An den übrigen Untersuchungsabschnitten wird in der Prognose 2020 der NO_2 -Grenzwert eingehalten.

In der Prognose 2025 sind die NO_2 -Jahresmittelwerte nochmals vermindert. Dennoch bleibt die Grenzwertüberschreitung in der Grombühlstraße bestehen. An den übrigen Untersuchungsabschnitten wird in der Prognose 2025 der NO_2 -Grenzwert eingehalten.

Die Immissionsminderungen bei Prognose 2020 im Vergleich zu 2015 liegen bei den NO_2 -Jahresmittelwerten zwischen 12 % und 26 % ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$), bei den $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelwerten zwischen 3 % und 10 % ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und bei den PM_{10} -Immissionen im Jahresmittel zwischen 2 % und 6 % ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Minderung der Immissionen in der Prognose 2020 führt zu einer Unterschreitung des NO_2 -Grenzwertes an 9 von 10 Untersuchungsabschnitten.

Die Immissionsminderungen bei Prognose 2025 im Vergleich zu 2015 liegen bei den NO_2 -Jahresmittelwerten zwischen 18 % und 40 % ($6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$), bei den $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelwerten zwischen 4 % und 12 % ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und bei den PM_{10} -Immissionen im Jahresmittelwert zwischen 2 % und 7 % ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Minderung der Immissionen in der Prognose 2025 reicht nicht aus, den NO_2 -Grenzwert in der Grombühlstraße zu unterschreiten.

Die ermittelten Immissionen in den Prognosen basieren wesentlich auf den Emissionsgrundlagen des HBEFA 3.2 [4].

Dr. rer. nat. Rainer Böwger

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Regierung von Unterfranken hat im Jahr 2004 im Auftrag des damaligen Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (StMUG) zusammen mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) und der Stadt Würzburg einen Luftreinhalteplan (LRP) für das Stadtgebiet Würzburg erstellt. Ziel ist die Verbesserung der Luftqualität. Aufgrund der in 2008 mit $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aufgetretenen Überschreitung des Stickstoffdioxid (NO_2)-Jahresgrenzwertes an der Messstation Würzburg Stadtring Süd wurde im Jahr 2010 eine erste Fortschreibung des LRP für die Stadt Würzburg [8] erstellt. Auf Antrag der Stadt Würzburg wird der Luftreinhalteplan erneut fortgeschrieben.

In diesem Zusammenhang sind Berechnungen von NO_x , NO_2 , $\text{PM}_{2,5}$ und PM_{10} durchzuführen. Aufgabe des vorliegenden Gutachtens sind Immissionsprognosen für die Bezugsjahre 2020 und 2025 mit anschließender Prüfung, ob die gültigen Immissionsgrenzwerte eingehalten werden oder überschritten werden. Dabei ist die aktuell bestehende Situation ohne Umweltzone für die Prognosen zugrunde zu legen. Die Ergebnisse für die Jahre 2020 und 2025 sollen zusammen mit der Bestandssituation (übernommen aus der Untersuchung der Wirksamkeit der Einführung einer Umweltzone der Stufe 3 [11]) für das Jahr 2015 dargestellt werden.

Die Emissions- und Immissionsänderungen sind mit dem Screening-Modell $\text{IMMIS}^{\text{em/luft}}$ [6] auf Grundlage des aktuellen HBEFA 3.2 für die folgenden zehn Straßenabschnitte zu ermitteln:

- LÜB-Standort (Stadtring Süd)
- Bahnhofstraße
- Zeller Straße
- Theaterstraße
- Rennweg
- Grombühlstraße
- Schweinfurter Straße
- Röntgenring
- Textorstraße
- Sanderglaxisstraße

Die notwendigen Grundlagen, wie Verkehrszahlen und die Bebauungsdaten wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Für die Immissionsprognosen der Bezugsjahre 2020 und 2025 sind in Abstimmung mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) die Verkehrszahlen aus dem Jahr 2015 aus der Untersuchung der Wirksamkeit der Einführung einer Umweltzone der Stufe 3 [11] unverändert zu übernehmen.

2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen

Im Rahmen der vorliegenden lufthygienischen Untersuchung ist die Luftschadstoffbelastung hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit zu bewerten. Für die Beurteilung der Immissionen sind die entsprechenden Beurteilungswerte nach der 39. BImSchV [12] maßgebend. Die 39. BImSchV ist Teil der Umsetzung der von der Europäischen Union vorgegebenen Luftqualitätsrichtlinien [14] in deutsches Recht.

In der vorliegenden Untersuchung werden die v. a. vom Straßenverkehr emittierten Schadstoffe Stickstoffoxide NO_x (Summe aus NO und NO_2) und NO_2 sowie Feinstaubpartikel (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$) behandelt. Diese Schadstoffkomponenten gelten als Leitsubstanzen, weil die Luftbelastung mit anderen in der 39. BImSchV limitierten Schadstoffen in Bezug zu den zugehörigen Grenzwerten deutlich geringer ist.

Die zum Schutz der menschlichen Gesundheit maßgeblichen Grenzwerte der o. g. Leitsubstanzen sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach 39. BImSchV [12] für die Leitsubstanzen.

Schadstoffkomponente Bezugszeitraum	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Zulässige Überschreitungen im Kalenderjahr
Stickstoffdioxid NO_2		
Jahresmittel	40	-
Stundenmittel	200	18
Feinstaub PM_{10}		
Jahresmittel	40	-
Tagesmittel	50	35
Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$		
Jahresmittel	25	-

3 Örtliche Gegebenheiten

3.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Stadt Würzburg wird im Süden von der A 3 und im Osten von der A 7 tangiert. Die B 19 verbindet die A 3 mit der A 7 und führt dabei durch das Stadtgebiet Würzburg. Die LÜB-Messstation Stadtring Süd liegt unmittelbar an der B 19 im innerstädtischen Bereich von Würzburg.

In Würzburg gibt es derzeit keine Umweltzone mit Einfahrverboten für Fahrzeuge. Als Maßnahme zur Luftreinhaltung wird aktuell geplant, eine Umweltzone in der Innenstadt von Würzburg einzurichten. Eine Umweltzone war eine in der 1. Fortschreibung 2010 des Luftreinhalteplans Würzburg [8] geprüfte, jedoch nicht aufgenommene Maßnahme. Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen die Lage der 10 untersuchten Straßenabschnitte.

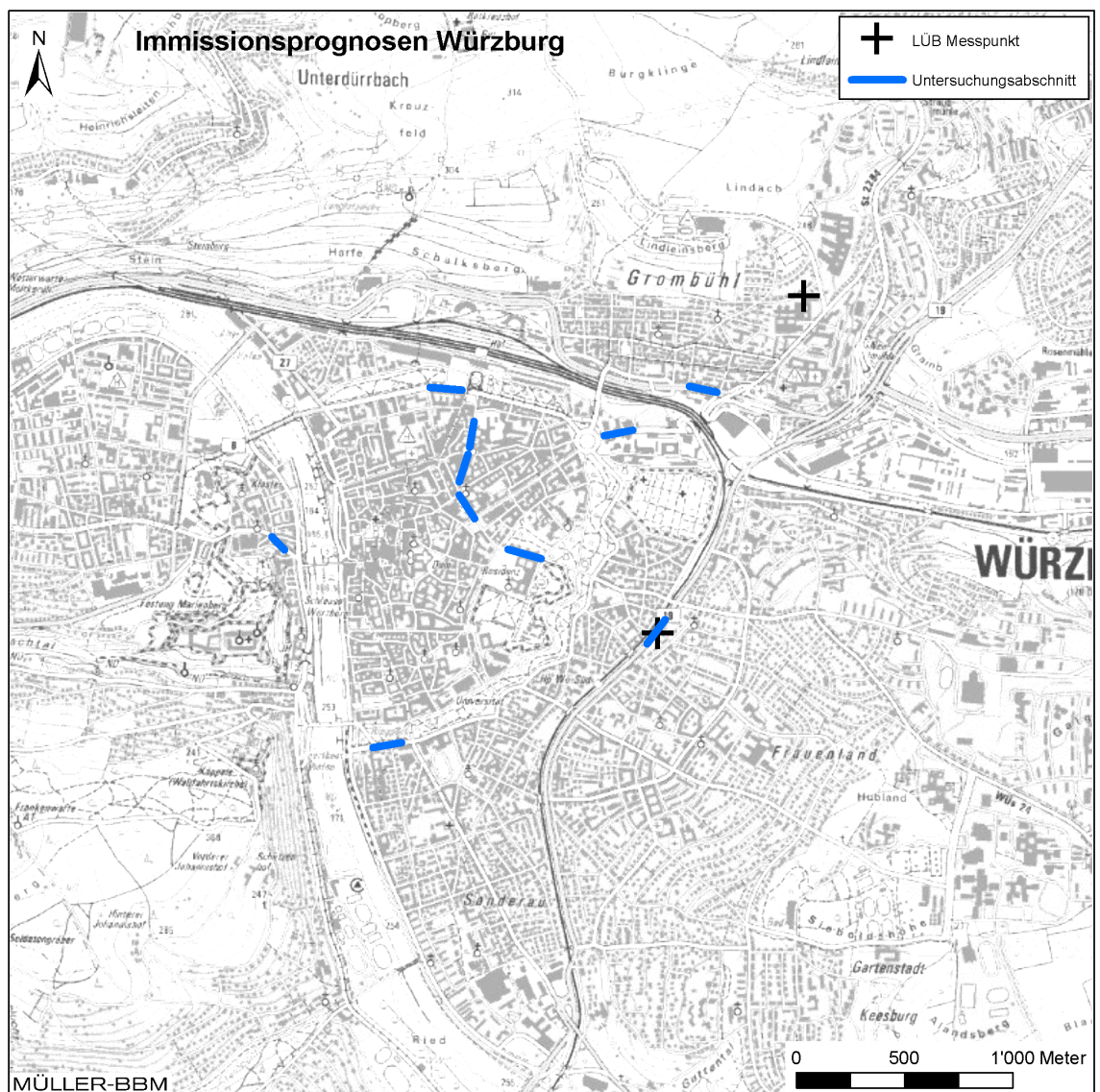


Abbildung 1. Lage der untersuchten Straßenabschnitte und der LÜB-Messorte in Würzburg auf topografischer Karte [17].



Abbildung 2. Lage der untersuchten Straßenabschnitte im Stadtgebiet Würzburg.

3.2 Untersuchungsabschnitt Stadtring Süd (LÜB-Messstation)

An der B 19 (Stadtring Süd) im innerstädtischen Bereich von Würzburg liegt der Messstandort „Würzburg Stadtring Süd“ des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB). Abbildung 3 zeigt den Lageplan mit Untersuchungsabschnitt und Messort sowie ein Luftbild des Untersuchungsabschnitts.

Die Messstation Stadtring Süd (Abbildung 4) wird vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) seit November 2005 betrieben und ist eine verkehrsnaher Messstation für den Innenstadtverkehr [7].

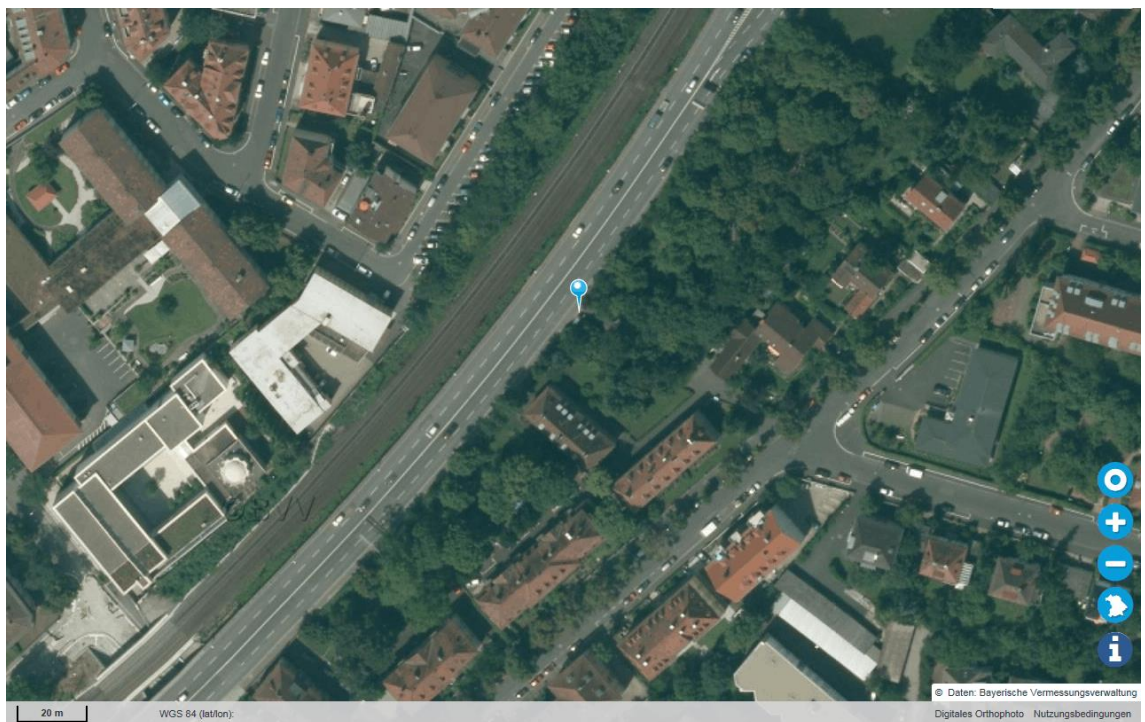
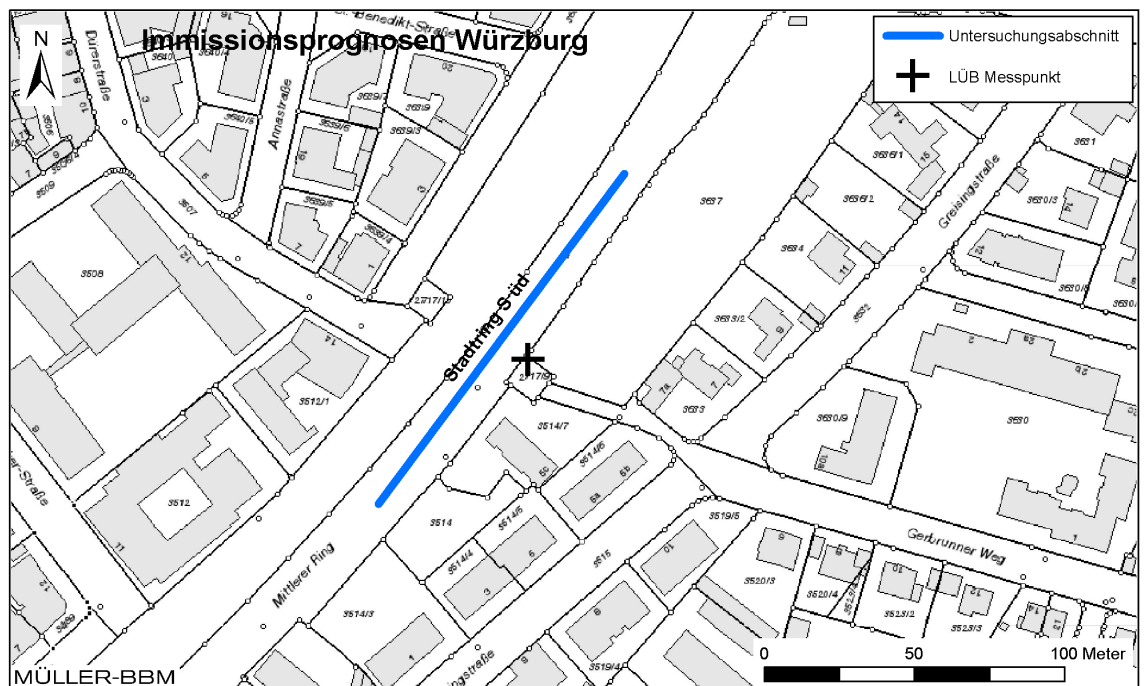


Abbildung 3. Stadtring Süd Würzburg, Lageplan mit Messort (oben) und Luftbild (unten) [18].



Abbildung 4. Blick auf den LÜB-Messcontainer Stadtring Süd in Würzburg, Richtung Südwesten (oben) und Richtung Nordosten (Mitte und unten) [13].

3.3 Untersuchungsabschnitt Bahnhofstraße

Der Untersuchungsabschnitt Bahnhofstraße und dessen Umfeld ist in Abbildung 5 und Abbildung 6 zu sehen.

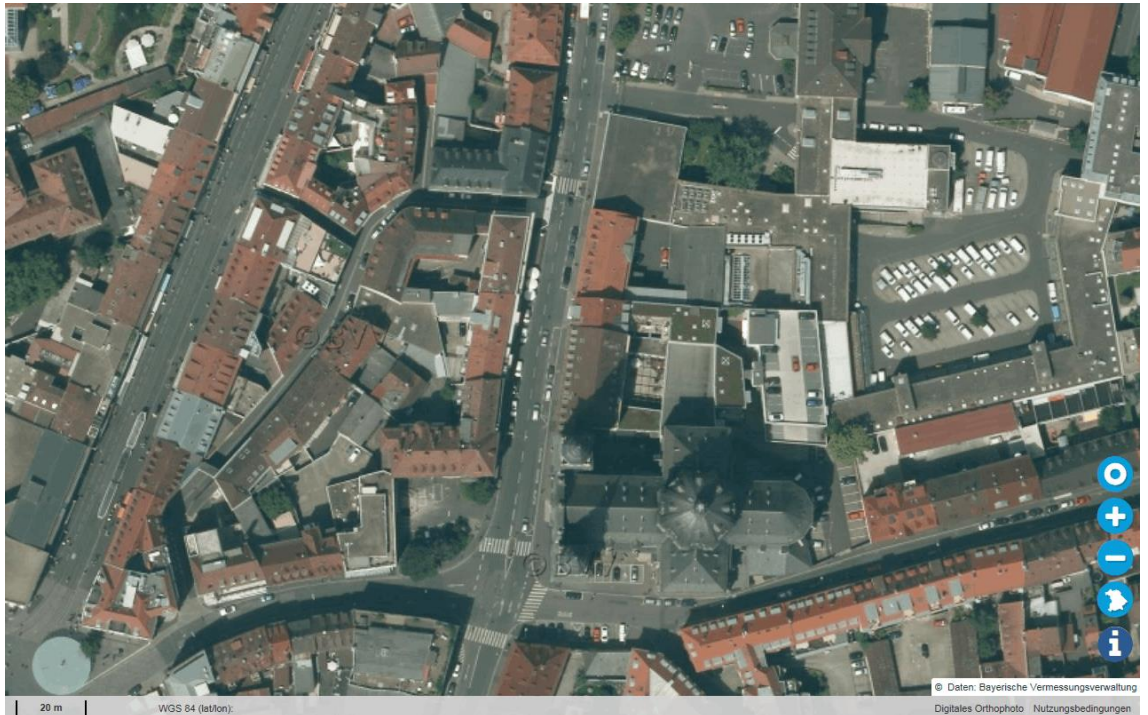
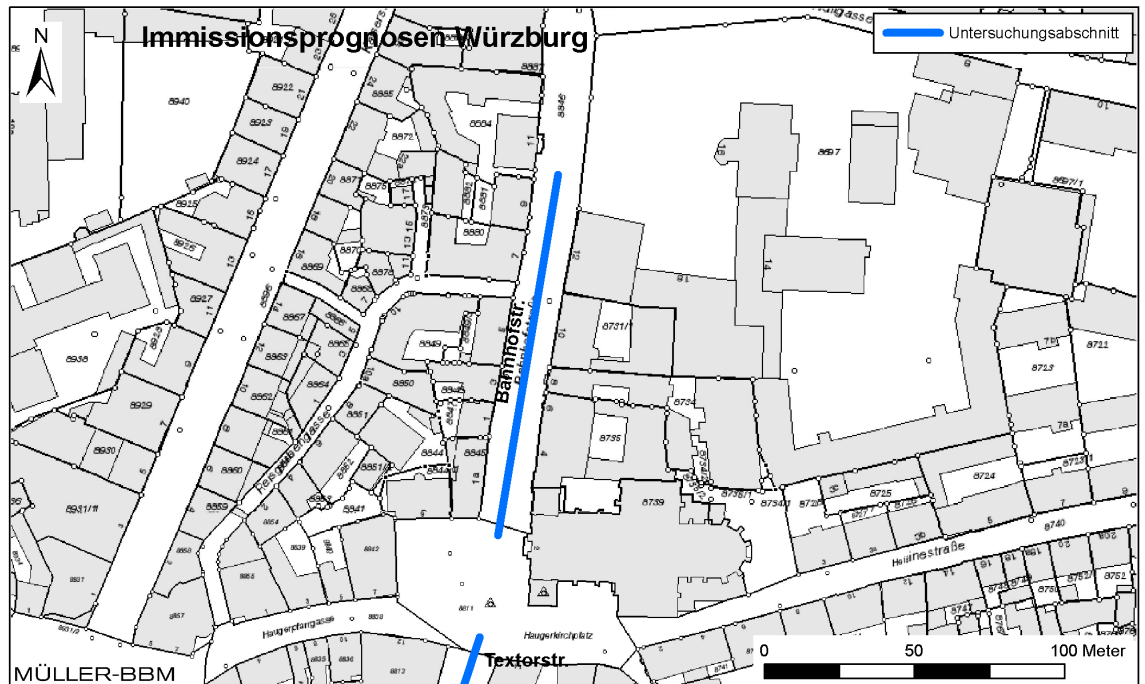


Abbildung 5. Untersuchungsabschnitt Bahnhofstraße in Würzburg, Lageplan (oben) [19] und Luftbild (unten) [18].



Abbildung 6. Blick auf den Untersuchungsabschnitt Bahnhofstraße in Würzburg [13].

Südlich der Bahnhofstraße folgt der Untersuchungsabschnitt Textorstraße, dessen Umfeld zeigen Abbildung 7 und Abbildung 8.



M124786/04 BSG/BSG
15. August 2016



Abbildung 8. Blick auf den Untersuchungsabschnitt Textorstraße in Würzburg [13].

3.5 Untersuchungsabschnitt Theaterstraße

Lageplan und Umfeld des Untersuchungsabschnittes Theaterstraße zeigen Abbildung 9 und Abbildung 10.

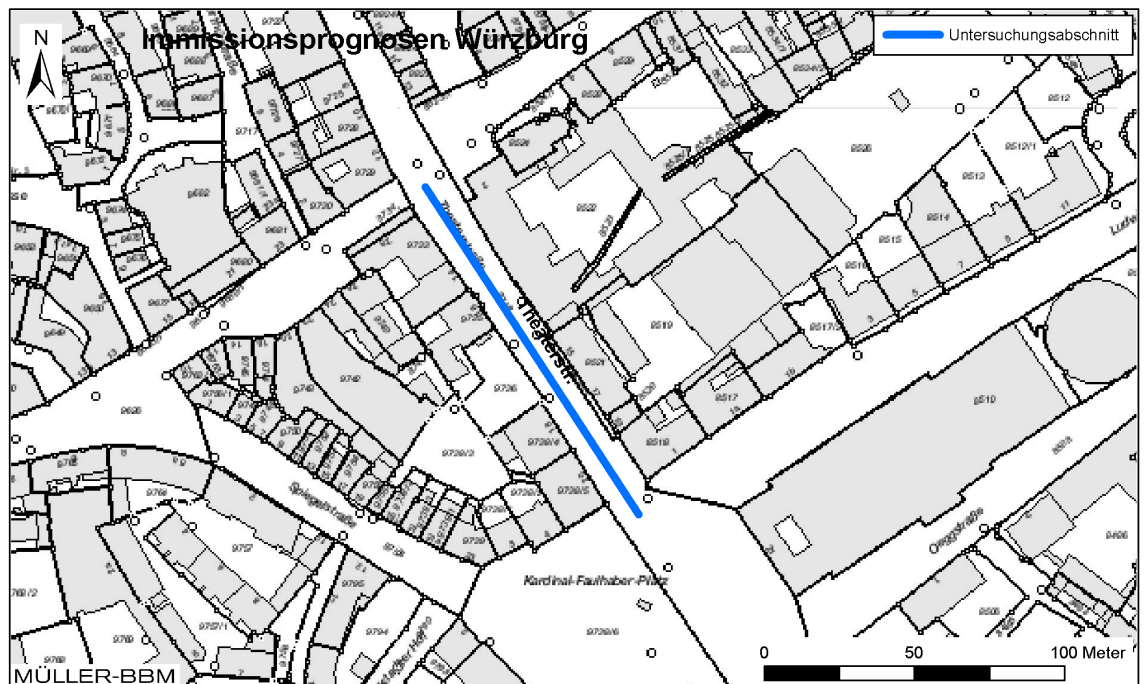


Abbildung 9. Untersuchungsabschnitt Theaterstraße in Würzburg, Lageplan (oben) [19] und Luftbild (unten) [18].



Abbildung 10. Blick auf den Untersuchungsabschnitt Theaterstraße in Würzburg [13].

3.6 Untersuchungsabschnitt Rennweg

Lageplan und Umfeld des Untersuchungsabschnittes Rennweg zeigen Abbildung 11 und Abbildung 12.

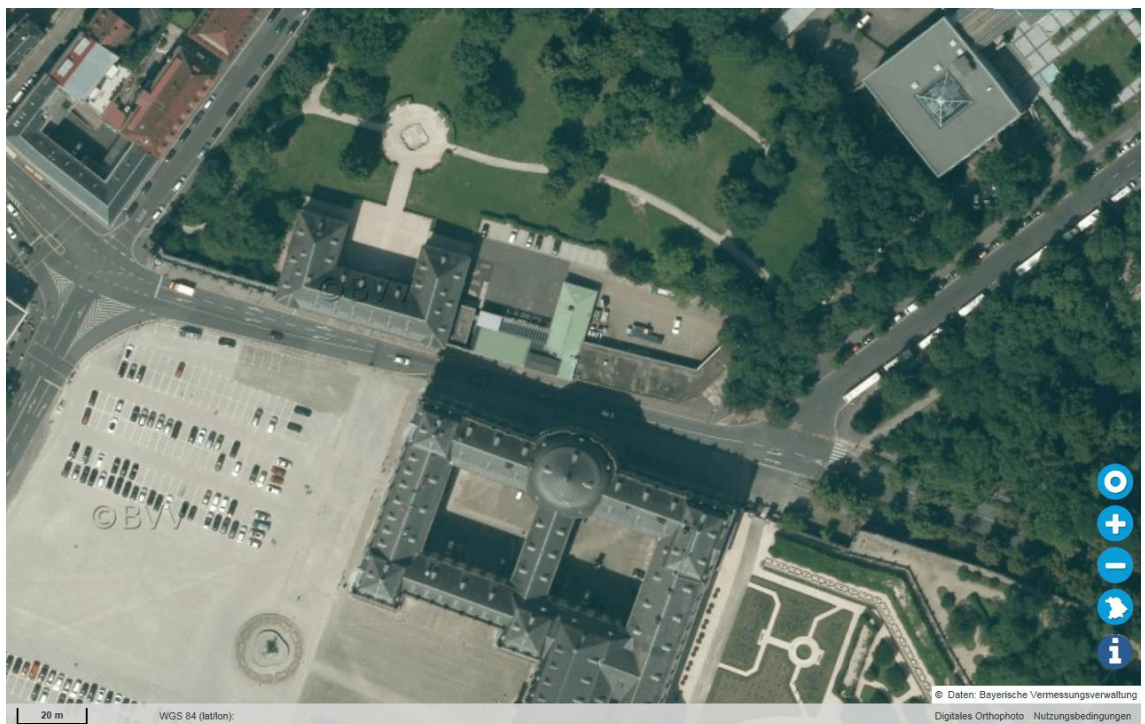
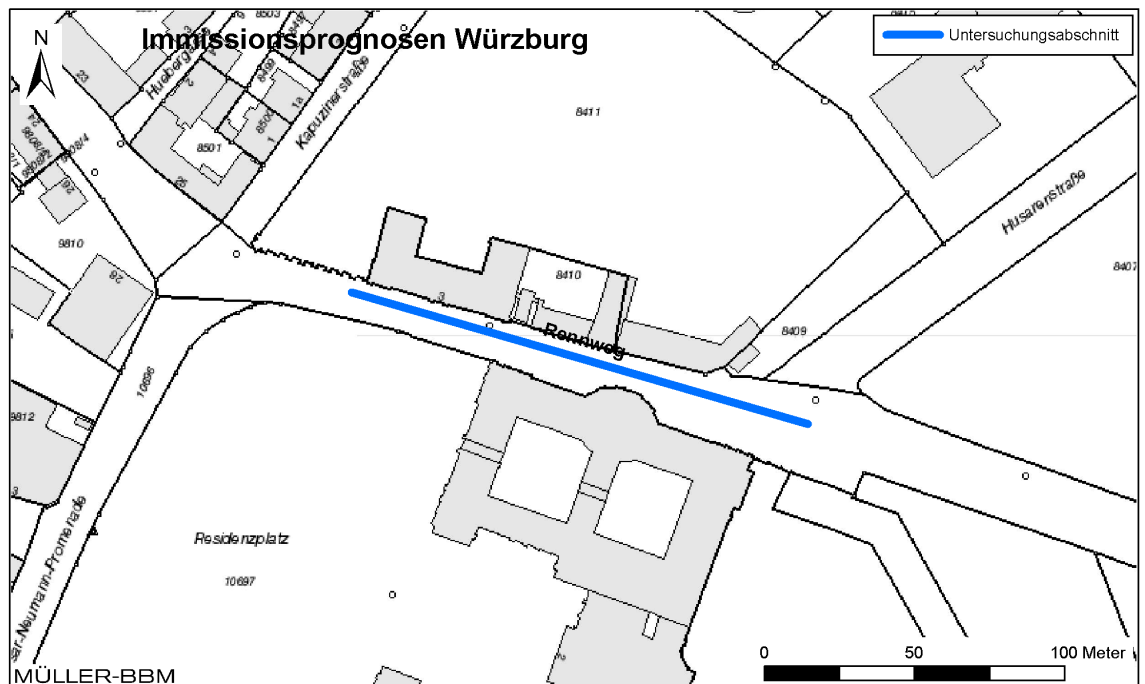


Abbildung 11. Untersuchungsabschnitt Rennweg in Würzburg, Lageplan (oben) [19] und Luftbild (unten) [18].



Abbildung 12. Blick auf den Untersuchungsabschnitt Rennweg in Würzburg [13].

3.7 Untersuchungsabschnitt Schweinfurter Straße

Lageplan und Umfeld des Untersuchungsabschnittes Schweinfurter Straße zeigen Abbildung 13 und Abbildung 14.

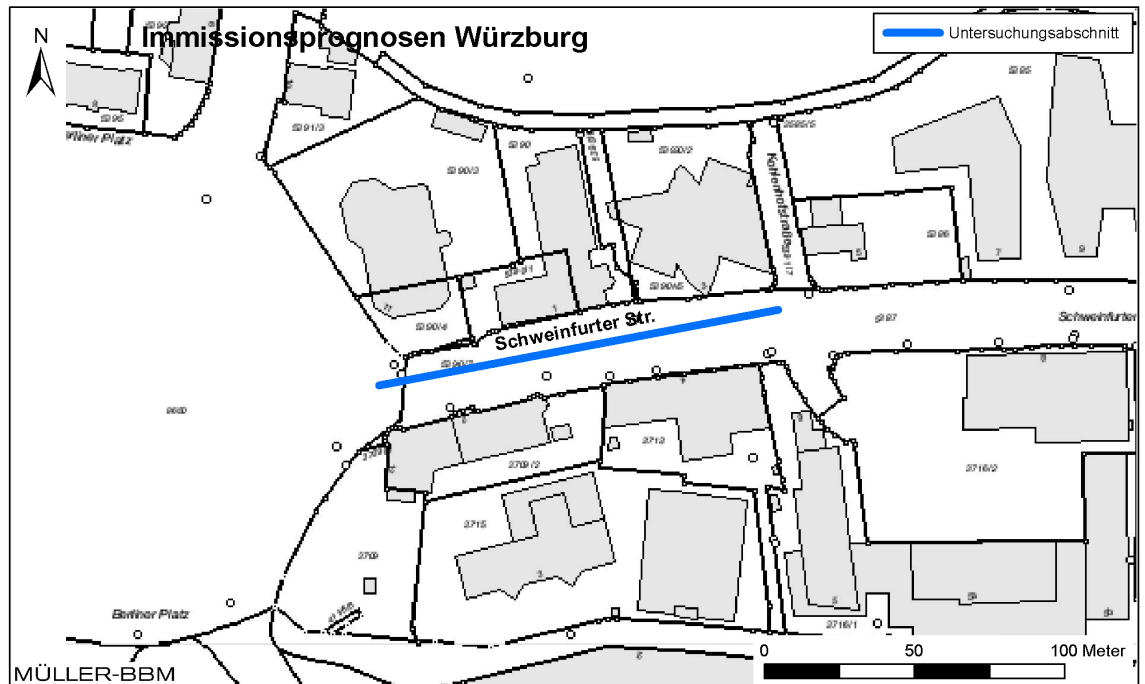


Abbildung 13. Untersuchungsabschnitt Schweinfurter Straße in Würzburg, Lageplan (oben) [19] und Luftbild (unten) [18].



Abbildung 14. Blick auf den Untersuchungsabschnitt Schweinfurter Straße in Würzburg [13].

3.8 Untersuchungsabschnitt Grombühlstraße

Den Lageplan und das Umfeld des Untersuchungsabschnittes Grombühlstraße zeigen Abbildung 15 und Abbildung 16.

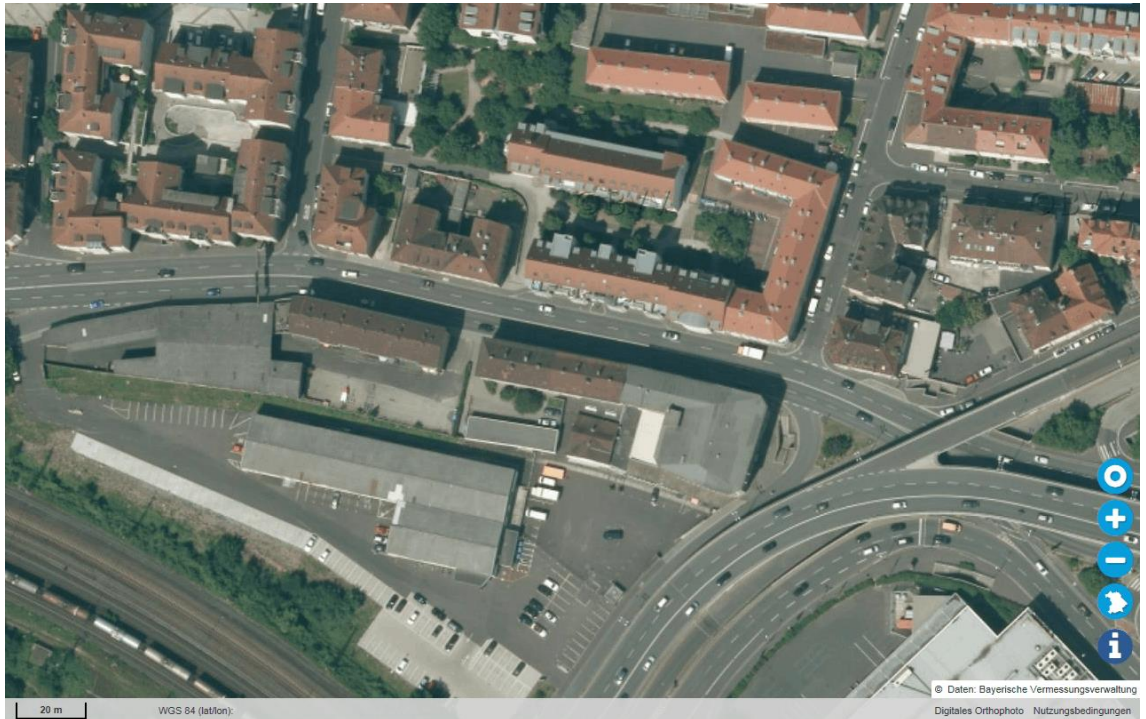
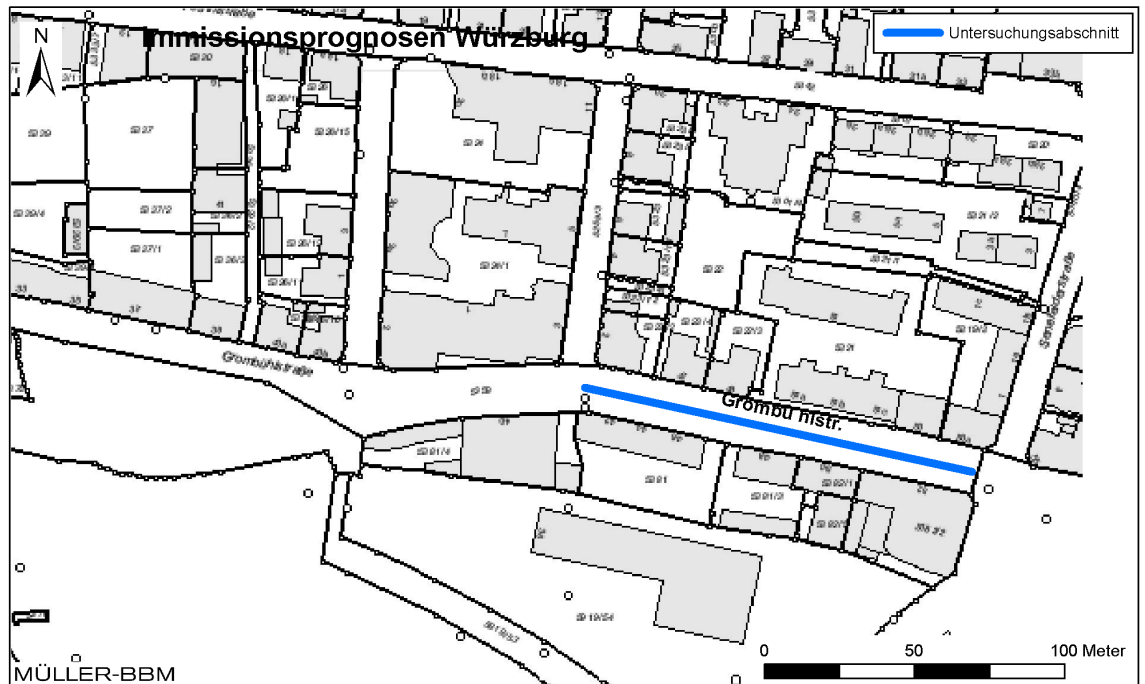


Abbildung 15. Untersuchungsabschnitt Grombühlstraße in Würzburg, Lageplan (oben) [19] und Luftbild (unten) [18].



Abbildung 16. Blick auf den Untersuchungsabschnitt Grombühlstraße in Würzburg [13].

3.9 Untersuchungsabschnitt Röntgenring

Lageplan und Umfeld des Untersuchungsabschnittes Röntgenring zeigen Abbildung 17 und Abbildung 18.

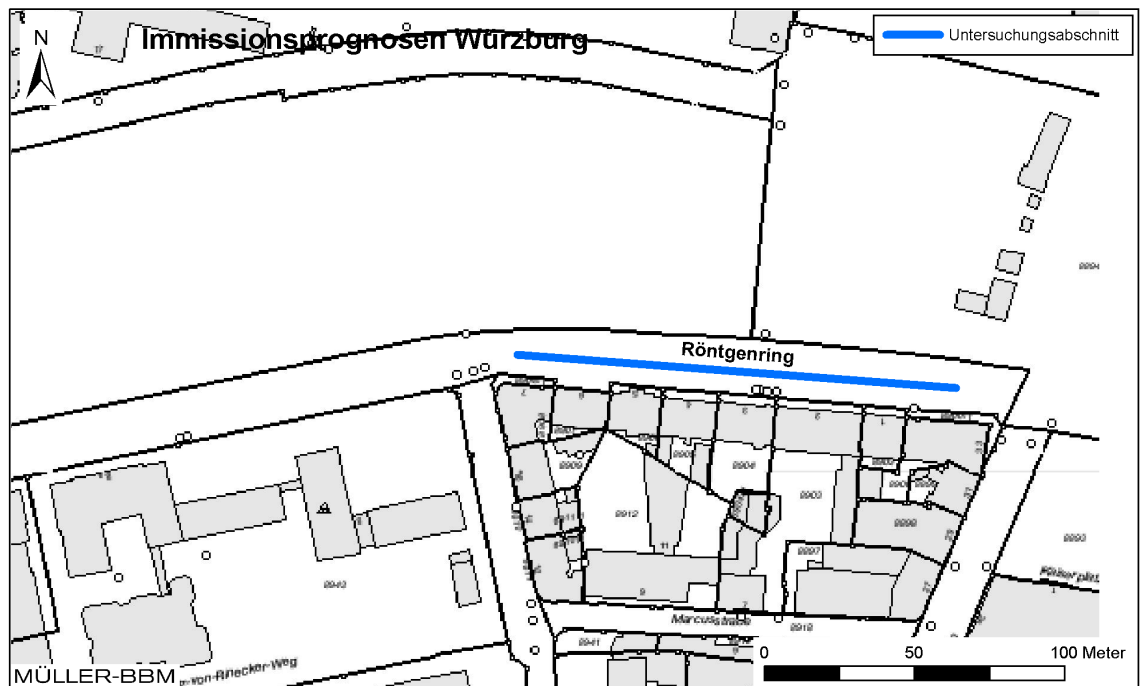


Abbildung 17. Untersuchungsabschnitt Röntgenring in Würzburg, Lageplan (oben) [19] und Luftbild (unten) [18].



Abbildung 18. Blick auf den Untersuchungsabschnitt Röntgenring in Würzburg [13].

3.10 Untersuchungsabschnitt Zeller Straße

Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen Lageplan und Umfeld des Untersuchungsabschnittes Zeller Straße.

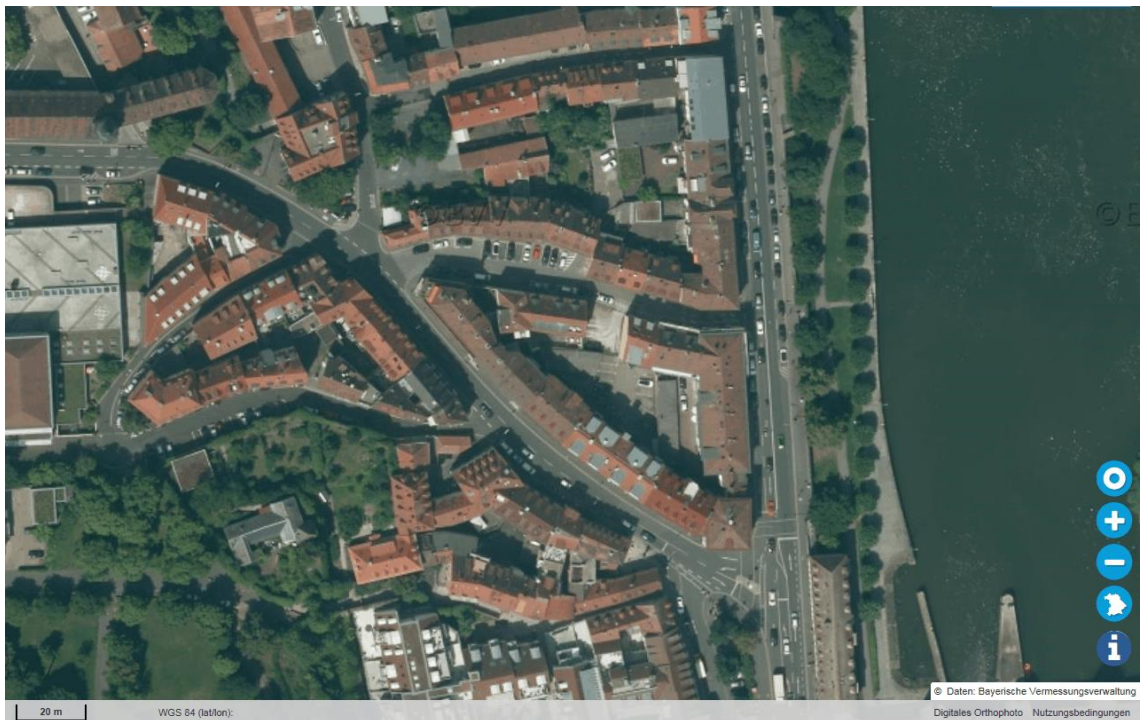
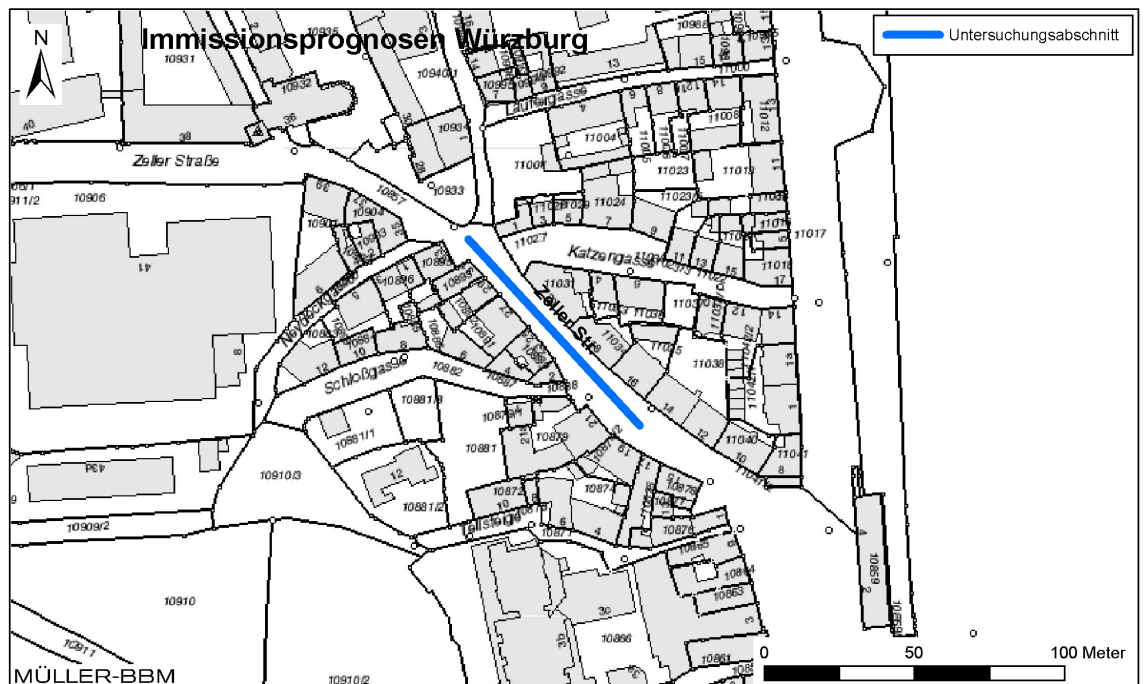


Abbildung 19. Untersuchungsabschnitt Zeller Straße in Würzburg, Lageplan (oben) [19] und Luftbild (unten) [18].



Abbildung 20. Blick auf den Untersuchungsabschnitt Zeller Straße in Würzburg [13].

3.11 Untersuchungsabschnitt Sanderglasisstraße

Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigen Lageplan und Umfeld des Untersuchungsabschnittes Sanderglasisstraße.

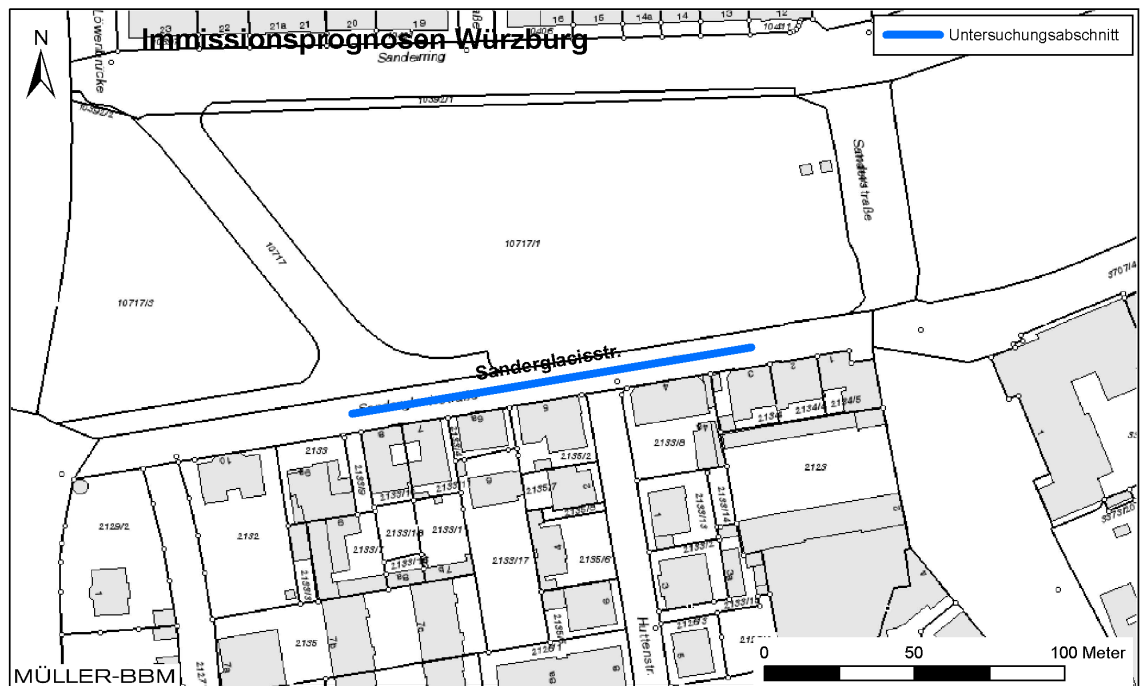


Abbildung 21. Untersuchungsabschnitt Sanderglasisstraße in Würzburg, Lageplan (oben) [19] und Luftbild (unten) [18].



Abbildung 22. Blick auf den Untersuchungsabschnitt Sanderglasisstraße in Würzburg [13].

4 Technische Grundlagen

4.1 Rechenverfahren

Die Berechnung der Luftschadstoffkonzentrationen in den betrachteten Straßenabschnitten erfolgt mittels des Rechenprogramms IMMIS-Em/Luft Version 6.1 [6].

IMMIS-Em/Luft oder IMMIS^{em/luft1} ist ein Screening-Programm zur Bestimmung der Luftschadstoff-Emissionen und -Immissionen in Innenstädten. IMMIS^{em/luft} integriert die Modelle IMMIS^{em} für die Berechnung der Emissionen und IMMIS^{luft} zur Berechnung der Immissionen. IMMIS^{em/luft} berechnet die durch Kraftfahrzeuge erzeugten Emissionen und modelliert die Ausbreitung der Luftschadstoffe im Straßenraum. Die Ausbreitungsmodellierung beruht auf dem Canyon-Plume-Box-Modell (CPB-Modell) für Straßenschluchten und einem Box-Modell für offene Bebauungen². Dem Rechenverfahren sind eine 10-Jahres-Klimatologie des DWD, sowie ein Satz von Tages-, Wochen- und Jahresgängen hinterlegt. [5].

IMMS^{em/luft} erlaubt die Berechnung der lokalen verkehrsbedingten Zusatzbelastung in einer innerstädtischen Straße in Abhängigkeit von der Straßenraumgeometrie, sowie der Porosität und Höhe der Straßenrandbebauung. Die Porosität ist ein Maß für die Geschlossenheit der Randbebauung. Die dabei eingehenden Emissionen der Straße werden unter Berücksichtigung der Verkehrsmengen und Emissionsfaktoren für unterschiedliche Verkehrssituationen nach HBEFA [4] vom internen Emissionsmodul berechnet.

Die Ermittlung der Luftschadstoffimmission (Gesamtbelastung) erfolgt programmintern durch Überlagerung der lokalen Zusatzbelastung in der Straße und der Vorbelastung.

Neben den Schadstoffen im Abgas wurden für die Feinstaubemissionen (PM₁₀) des Straßenverkehrs zusätzlich auch nicht-motorbedingte Partikelemissionen durch Abrieb und Aufwirbelung von Feinstaub nach einer Veröffentlichung des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) [3] berücksichtigt. Dazu wurden in IMMIS^{em/luft} die entsprechenden programminternen Parameter gesetzt.

In IMMIS^{em/luft} sind Startzuschläge für Fahrzeuge mit nicht betriebswarmen Motoren nach HBEFA 3.2 implementiert, die den „warmen“ Emissionsfaktoren aufaddiert werden. Die Startzuschläge liegen in HBEFA 3.2 nur für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge vor. Für Busse und schwere Nutzfahrzeuge stehen keine Startzuschläge zur Verfügung und konnten damit auch nicht berücksichtigt werden.

Die in IMMIS^{em/luft} angesetzten Parameter sind in Tabelle 2 aufgeführt.

¹ Programmbezeichnung laut Handbuch

² „Vereinfachte 2-D-Modellierung“ gemäß Richtlinie VDI 3783 Blatt 14 [16]

Tabelle 2. Parameter zur Emissions- und Immissionsberechnung mit IMMIS^{em/luft} ³.

Straßenabschnitt	Verkehrssituation	Längsneigung	LOS1 (frei)	Verkehrsqualität			LOS4 (Stop&Go)	Bebauung		
				LOS2 (dicht)	LOS3 (gesättigt)	in %		Porosität	Breite	Höhe
									in m	
Rennweg	Ahvs50	2%	0	78	19	3	50	15	18	
Grombühlstr.	Ahvs50	0%	0	100	0	0	20	18	16	
Stadtring Süd	Ahvs50	2%	0	100	0	0	75	18	6	
Schweinfurter Str.	Ahvs50	0%	0	77	20	3	35	26	25	
Theaterstr.	Aersch150	0%	0	87	11	2	0	15	17	
Textorstr.	Aersch150	0%	0	95	5	0	0	15	15	
Bahnhofstr.	Aersch150	0%	0	88	12	0	0	16	18	
Sanderglaciistr.	Aersch150	0%	0	70	15	15	50	15	17	
Zeller Str.	Aersch130	4%	0	100	0	0	20	10	15	
Röntgenring	Ahvs50	0%	0	70	22	8	50	22	22	

4.2 Verkehrsmengen

Die Verkehrsmengen für die vorliegenden Berechnungen wurden vom LfU zur Verfügung gestellt [19]. Für die zu untersuchenden Straßen in Würzburg liegen Daten aus Verkehrszählungen der Stadt Würzburg aus dem Jahr 2015 vor. Die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken DTV in Kfz/24h und die Anteile des Schwerverkehrs mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zGG) > 3,5 t (SNfz), der leichten Nutzfahrzeuge zGG ≤ 3,5 t (LNfz) und der Busse (BUS) sind in der Tabelle 3 angegeben.

Für die Immissionsprognosen der Bezugsjahre 2020 und 2025 werden in Abstimmung mit dem LfU die Verkehrszahlen aus dem Jahr 2015 unverändert übernommen.

³ Für die Grombühlstraße wird entgegen des dort signalisierten Tempolimits aufgrund der Erkenntnisse vorort ein Tempolimit von 50 km/h angesetzt.

Tabelle 3. Verkehrsmengen auf den Untersuchungsabschnitten [19].

Straßenabschnitt	DTV	SNfz-Anteil	LNfz-Anteil	BUS-Anteil
	[Kfz/24h]	% / 24h	% / 24h	% / 24h
Rennweg	9.690	6,4	6,0	0,0
Grombühlstr.	41.030	4,9	6,0	0,1
Stadtring Süd	40.820	4,1	6,0	0,3
Schweinfurter Str.	30.530	0,9	6,0	2,1
Theaterstr.	9.380	1,8	6,0	7,5
Textorstr.	9.150	1,2	6,0	4,3
Bahnhofstr.	8.090	1,2	6,0	6,3
Sanderglasisstr.	15.550	1,0	6,0	1,2
Zeller Str.	7.110	3,4	6,0	0,0
Röntgenring	25.340	1,1	6,0	0,9

4.3 Flottenzusammensetzung

Für die Zulassungsbezirke Würzburg, Würzburg-Stadt, Kitzingen, Main-Tauber und Main-Spessart liegen die Zulassungszahlen differenziert nach Schadstoffklassen nur bis zum Jahr 2015 vor [19]. Für die Emissionsprognosen der Bezugsjahre 2020 und 2025 wird daher die Flottenzusammensetzung aus IMMIS^{em/luft} bzw. HBEFA 3.2 übernommen.

4.4 Vorbelastung

Die Vorbelastung setzt sich zusammen aus der regionalen und der städtischen Hintergrundbelastung. Die regionale Hintergrundbelastung wurde vom Auftraggeber aus den Messwerten der LÜB-Messstation Andechs der Jahre 2013 bis 2015 [19] abgeleitet. Demnach sind im Jahresmittel für Würzburg folgende regionalen Hintergrundbelastungen anzusetzen:

- PM_{2,5} 9 µg/m³
- PM₁₀ 11 µg/m³
- NO₂ 7 µg/m³
- NO_x 10 µg/m³
- O₃ 59 µg/m³

Das Landesamt für Umwelt (LfU) leitet zudem aus den Messdaten der Jahre 2013 bis 2015 der LÜB-Messstationen Würzburg Kopfklinik und Schweinfurt eine Vorbelastung (Summe aus regionaler und städtischer Hintergrundbelastung) für die Innenstadt Würzburg ab [19]:

- 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$
- 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10}
- 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für NO_2
- 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für NO_x
- 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für O_3 jeweils als Jahresmittelwert.

In der Verursacheranalyse [10] wurde für den Messstandort Stadtring Süd die städtische Hintergrundbelastung durch Ausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung der Emittentengruppen Kfz-Verkehr (Hintergrundanteil)⁴, Industrie, Gewerbe, Hausbrand und Sonstiger Verkehr⁵ ermittelt. Die Berechnungen zur Verursacheranalyse für das Bezugsjahr 2015 berücksichtigen keine Umweltzone. Ergebnis der Untersuchung war eine Vorbelastung (Summe aus der regionalen und der städtischen Hintergrundbelastung) von

- 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} und
- 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für NO_2 jeweils als Jahresmittelwert.

Bei den hier beschriebenen Immissionsprognosen wurden für den Stadtring Süd die in der Verursacheranalyse für PM_{10} und NO_2 ermittelte Vorbelastung und ansonsten die aus den Messungen abgeleiteten Werte als Vorbelastung angesetzt.

Diese Ansätze wurden in Abstimmung mit dem LfU für die Immissionsprognosen der Bezugsjahre 2020 und 2025 unverändert angesetzt. Eine mögliche Minderung der städtischen Vorbelastung wird damit nicht berücksichtigt. Nach den vom LfU dokumentierten Langzeitauswertungen der an den Augsburger LÜB-Messstationen gemessenen Immissionskonzentrationen [7] ist tendenziell von einer Reduzierung der Immissionskonzentrationen auszugehen.

⁴ Verkehr auf dem Straßennetz in Würzburg ohne lokalen Verkehr

⁵ Bahn-, Schiffs- und Flugverkehr

4.5 Meteorologische Daten

Zur Berücksichtigung der meteorologischen Bedingungen wird eine einjährige Zeitreihe der Station Würzburg des Deutschen Wetterdienstes (DWD) herangezogen. Die an der Wetterstation Würzburg gemessenen Winddaten sowie die Ausbreitungsclassen des Jahres 2012 liegen als meteorologische Zeitreihe (AKTerm) mit einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde vor [9]. Das Jahr 2012 wurde vom Deutschen Wetterdienst hinsichtlich der Ausbreitungsbedingungen (Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Ausbreitungsclassen) zum repräsentativen Jahr für den Standort bestimmt [2]. Am Standort beträgt die mittlere Windgeschwindigkeit 3,3 m/s in der Messhöhe von 10 m über Grund.

Für die Immissionsberechnungen mit IMMIS^{em/luft} wird die mittlere Windgeschwindigkeit von 3,3 m/s als Überdach-Windgeschwindigkeit angesetzt. Diese Überdach-Windgeschwindigkeit entspricht einer Windgeschwindigkeit von 2,5 m/s in 10 m Höhe über Grund.

5 Ergebnisse

5.1 Methodik

Die in den Bezugsjahren 2020 und 2025 in Würzburg zu erwartenden Emissionen und Immissionen aus dem Kfz-Verkehr wurden rechnerisch anhand des Screeningverfahrens IMMIS^{em/luft} [6] ermittelt. Die Emissionen des Kfz-Verkehrs auf den betrachteten Straßenabschnitten wurden anhand der Verkehrszählraten (4.2) und der für die Bezugsjahre in IMMIS^{em/luft} vorgehaltenen Fahrzeugflottenzusammensetzungen sowie Emissionsfaktoren (4.3) berechnet. Die am Straßenrand der Untersuchungsabschnitte auftretenden Kfz bedingten Immissionen der Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) sowie Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) wurden berechnet. Die Verkehrsmengen, die Straßengeometrie und die Bebauungsdaten wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt [19].

Die städtische Vorbelastung (Summe aus regionaler und städtischer Hintergrundbelastung) wurde in beiden Prognosejahren entsprechend der Ansätze in der Untersuchung der Wirksamkeit der Einführung einer Umweltzone [11] angesetzt (4.4). Der NO₂-Beitrag des lokalen Verkehrs wurde mit dem in IMMIS^{em/luft} [6] integrierten Photochemieansatz (u. a. unter Berücksichtigung der Ozonkonzentration) ermittelt. Die prognostizierte Gesamtbelastung im Jahresmittel ergibt sich als Summe aus der Vorbelastung und den Kfz bedingten Immissionen. Die Anzahl der Tage mit Überschreitung des PM₁₀-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ wurde basierend auf dem PM₁₀-Jahresmittelwert nach [1] berechnet.

Auf der Grundlage der IMMIS^{em/luft}-Berechnungen für die Bezugsjahre 2020 und 2025 wurden die Immissionsminderungen für NO₂, PM_{2,5} und PM₁₀ gegenüber der in der Untersuchung zur Wirksamkeit einer Umweltzone [11] ermittelten Bestandssituation für das Jahr 2015 quantifiziert.

5.2 Emissionen Straßenverkehr 2020 und 2025

Die Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen (Menge der von den Fahrzeugen erzeugten Schadstoffe) erfolgte mit dem Verfahren IMMIS^{em/luft} [6] auf der Grundlage des aktuellen Handbuchs „Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA 3.2“ [4] und der in Abschnitt 4.3 beschriebenen Fahrzeugflotte. Die ermittelten und aus [11] übernommenen Emissionen sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4. Ermittelte Emissionen auf den Untersuchungsabschnitten.

Straßenabschnitt	Emissionen											
	NO _x			NO ₂			PM ₁₀			PM _{2,5}		
	2015	2020	2025	2015	2020	2025	2015	2020	2025	2015	2020	2025
in g/(m³d)												
Rennweg	6,45	3,34	2,10	1,33	0,79	0,49	0,70	0,61	0,59	0,33	0,24	0,22
Grombühlstr.	24,95	12,54	7,49	5,15	2,91	1,67	2,56	2,23	2,15	1,29	0,96	0,87
Stadtring Süd	23,29	12,50	7,80	5,20	3,04	1,80	2,46	2,14	2,06	1,27	0,94	0,86
Schweinfurter Str.	18,30	10,21	5,98	4,50	2,53	1,37	1,76	1,54	1,48	0,90	0,69	0,63
Theaterstr.	9,82	5,22	2,80	2,21	1,20	0,63	0,98	0,90	0,87	0,34	0,26	0,23
Textorstr.	7,18	3,89	2,17	1,70	0,93	0,49	0,71	0,64	0,61	0,30	0,23	0,20
Bahnhofstr.	7,49	4,01	2,17	1,73	0,94	0,49	0,75	0,68	0,66	0,28	0,21	0,19
Sanderglasisstr.	9,73	5,44	3,27	2,47	1,40	0,78	1,05	0,92	0,88	0,48	0,36	0,32
Zeller Str.	4,59	2,55	1,65	1,09	0,66	0,40	0,48	0,41	0,39	0,24	0,17	0,15
Röntgenring	13,80	7,75	4,70	3,47	1,97	1,09	1,41	1,22	1,17	0,74	0,56	0,51

In Tabelle 5 sind die Emissionsminderungen bei den Prognosen 2020 und 2025 im Vergleich zu 2015 angegeben. Nach den Berechnungen sinken auf den untersuchten Straßenabschnitten die NO_x-Emissionen im Jahr 2020 um bis zu 50 %, die NO₂-Emissionen um bis zu 46 %, die PM₁₀-Emissionen um bis zu 15 % und die PM_{2,5}-Emissionen um bis zu 29 %. Im Jahr 2025 sind nach den Prognosen noch weitere Minderungen zu erwarten.

Tabelle 5. Emissionsminderungen der Prognosen 2020 und 2025 im Vergleich zu 2015.

Straßenabschnitt	Emissionsminderung Prognosen 2020 und 2025 vs. 2015							
	NO _x		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	
	2020	2025	2020	2025	2020	2025	2020	2025
Rennweg	-48%	-67%	-41%	-63%	-13%	-16%	-27%	-34%
Grombühlstr.	-50%	-70%	-44%	-68%	-13%	-16%	-26%	-32%
Stadtring Süd	-46%	-66%	-42%	-65%	-13%	-16%	-25%	-32%
Schweinfurter Str.	-44%	-67%	-44%	-69%	-12%	-16%	-24%	-31%
Theaterstr.	-47%	-71%	-46%	-71%	-8%	-11%	-24%	-32%
Textorstr.	-46%	-70%	-45%	-71%	-10%	-13%	-24%	-32%
Bahnhofstr.	-46%	-71%	-46%	-72%	-9%	-12%	-24%	-32%
Sanderglasisstr.	-44%	-66%	-43%	-69%	-12%	-16%	-26%	-34%
Zeller Str.	-45%	-64%	-40%	-63%	-15%	-18%	-29%	-37%
Röntgenring	-44%	-66%	-43%	-68%	-13%	-17%	-25%	-31%

5.3 Immissionsprognosen 2015, 2020 und 2025

In Tabelle 6 sind die aus der Untersuchung der Wirksamkeit der Einführung einer Umweltzone der Stufe 3 [11] übernommenen Immissionen (prognostizierte Gesamtbelastung) für die Bestandssituation im Jahr 2015 aufgelistet. Die Feinstaubimmissionen ($PM_{2,5}$ und PM_{10}) unterschreiten demnach 2015 an allen Untersuchungsabschnitten die Grenzwerte der 39. BImSchV für Jahresmittelwerte (Abschnitt 2). Auch die nach 39. BImSchV zulässigen 35 Überschreitungstage für den Tagesgrenzwert von PM_{10} werden an den Untersuchungsabschnitten eingehalten. Für den Untersuchungsabschnitt Grombühlstraße wurden 35 Tage mit PM_{10} -Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird nach der Immissionsprognose 2015, abgesehen vom Rennweg, an allen betrachteten Untersuchungsabschnitten im Bestand überschritten. Am Rennweg wird nach den Berechnungen der NO_2 -Grenzwert eingehalten.

Tabelle 6. Immissionen (Gesamtbelastung) Prognose 2015.

Untersuchungspunkt	Jahresmittelwert			Anzahl
	NO_2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$PM_{2,5}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM_{10} in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM_{10} -TM>50 [-]
Immissionsprognose 2015				
Rennweg	35	13	20	7
Grombühlstr.	68	19	31	35
Stadtring Süd	42	14	20	7
Schweinfurter Str.	48	15	22	11
Theaterstr.	51	14	24	14
Textorstr.	43	14	22	10
Bahnhofstr.	43	14	22	10
Sanderglaciistr.	41	14	21	9
Zeller Str.	45	15	22	11
Röntgenring	41	14	21	9
Grenzwert	40	25	40	35

Tabelle 7 und Tabelle 8 geben die ermittelten Immissionen (Gesamtbelastung) der Prognosen 2020 und 2025 an den betrachteten Straßenabschnitten wieder. In den Prognosen 2020 und 2025 sind die Feinstaubimmissionen im Vergleich zu 2015 verringert. Die Jahresmittelwerte unterschreiten daher weiterhin die Grenzwerte. Die zulässigen 35 PM_{10} -Überschreitungstage werden auch in den Prognosen 2020 und 2025 eingehalten.

Auch die NO_2 -Immissionen sind im Vergleich zu 2015 reduziert. Der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird in der Prognose 2020 (Tabelle 7) noch am höchstbelasteten Untersuchungsabschnitt Grombühlstraße überschritten. An den übrigen Untersuchungsabschnitten wird in der Prognose 2020 der NO_2 -Grenzwert eingehalten.

Tabelle 7. Immissionen (Gesamtbelastung) Prognose 2020.

Untersuchungspunkt	Jahresmittelwert			Anzahl
	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM ₁₀ -TM>50
	in µg/m ³	in µg/m ³	in µg/m ³	[-]
Immissionsprognose 2020				
Rennweg	31	13	19	7
Grombühlstr.	50	17	29	28
Stadtring Süd	37	13	20	7
Schweinfurter Str.	38	14	22	10
Theaterstr.	40	14	23	13
Textorstr.	36	13	21	9
Bahnhofstr.	36	13	21	9
Sanderglasisstr.	34	13	21	8
Zeller Str.	37	14	21	9
Röntgenring	35	14	20	8
Grenzwert	40	25	40	35

In der Prognose 2025 (Tabelle 8) sind die NO₂-Jahresmittelwerte nochmals vermindert. Dennoch bleibt die Grenzwertüberschreitung in der Grombühlstraße mit 41 µg/m³ im Jahresmittelwert bestehen. An den übrigen Untersuchungsabschnitten wird in der Prognose 2025 der NO₂-Grenzwert eingehalten.

Tabelle 8. Immissionen (Gesamtbelastung) Prognose 2025.

Untersuchungspunkt	Jahresmittelwert			Anzahl
	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM ₁₀ -TM>50
	in µg/m ³	in µg/m ³	in µg/m ³	[-]
Immissionsprognose 2025				
Rennweg	29	13	19	6
Grombühlstr.	41	17	28	27
Stadtring Süd	34	13	20	7
Schweinfurter Str.	33	14	22	10
Theaterstr.	34	14	23	13
Textorstr.	31	13	21	9
Bahnhofstr.	31	13	21	9
Sanderglasisstr.	31	13	20	8
Zeller Str.	33	14	21	9
Röntgenring	31	13	20	8
Grenzwert	40	25	40	35

Die anhand der Ergebnisse ermittelten Immissionsänderungen in den Prognosen 2020 und 2025 im Vergleich zur Immissionsprognose 2015 sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 angegeben. Die Immissionsminderungen sind geringer als die in

Abschnitt 5.2 angegebenen Emissionsminderungen. Die Begründung dafür liegt darin, dass an den Untersuchungsabschnitten zumeist mehr als die Hälfte der Immissionen durch die städtische Vorbelastung (4.4) verursacht wird. Die Minderung der Emission wirkt sich in den Immissionsberechnungen nur auf die lokale Zusatzbelastung am Untersuchungsabschnitt aus.

Die in Tabelle 9 angegebenen Immissionsminderungen bei Prognose 2020 im Vergleich zu 2015 liegen bei den NO_2 -Jahresmittelwerten zwischen 12 % und 26 % ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$), bei den $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelwerten zwischen 3 % und 10 % ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und bei den PM_{10} -Immissionen im Jahresmittel zwischen 2 % und 6 % ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Minderung der Immissionen in der Prognose 2020 führt zu einer Unterschreitung des NO_2 -Grenzwertes an 9 von 10 Untersuchungsabschnitten.

Tabelle 9. Immissionsänderungen bei Prognose 2020 im Vergleich zur Prognose 2015.

Immissionsänderung Prognose 2020 vs. 2015			
Untersuchungspunkt	Jahresmittelwert		
	NO_2	$\text{PM}_{2,5}$	PM_{10}
	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Rennweg	-4,3	-0,4	-0,4
Grombühlstr.	-17,8	-1,8	-1,8
Stadtring Süd	-5,6	-0,4	-0,4
Schweinfurter Str.	-9,2	-0,7	-0,7
Theaterstr.	-11,1	-0,6	-0,5
Textorstr.	-7,7	-0,5	-0,5
Bahnhofstr.	-7,8	-0,4	-0,4
Sanderglasisstr.	-6,4	-0,4	-0,5
Zeller Str.	-7,7	-0,7	-0,8
Röntgenring	-6,4	-0,6	-0,5
	NO_2	$\text{PM}_{2,5}$	PM_{10}
	in % bezogen auf Prognose 2015		
Rennweg	-12,1%	-3,0%	-2,0%
Grombühlstr.	-26,1%	-9,6%	-5,9%
Stadtring Süd	-13,3%	-3,0%	-2,0%
Schweinfurter Str.	-19,3%	-4,7%	-3,1%
Theaterstr.	-21,6%	-4,2%	-2,1%
Textorstr.	-17,8%	-3,6%	-2,3%
Bahnhofstr.	-18,0%	-2,9%	-1,9%
Sanderglasisstr.	-15,7%	-2,9%	-2,4%
Zeller Str.	-17,3%	-4,8%	-3,6%
Röntgenring	-15,6%	-4,3%	-2,4%

Die in Tabelle 10 angegebenen Immissionsminderungen bei Prognose 2025 im Vergleich zu 2015 liegen bei den NO_2 -Jahresmittelwerten zwischen 18 % und 40 % ($6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$), bei den $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelwerten zwischen 4 % und 12 % ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und bei den PM_{10} -Immissionen im Jahresmittelwert zwischen 2 % und 7 % ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Minderung der Immissionen in der Prognose 2025 reicht nicht aus, den NO_2 -Grenzwert in der Grombühlstraße zu unterschreiten.

Tabelle 10. Immissionsänderungen bei Prognose 2025 im Vergleich zur Prognose 2015.

Immissionsänderung Prognose 2025 vs. 2015			
Untersuchungspunkt	Jahresmittelwert		
	NO_2	$\text{PM}_{2,5}$	PM_{10}
	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Rennweg	-6,3	-0,5	-0,5
Grombühlstr.	-27,3	-2,2	-2,2
Stadtring Süd	-8,4	-0,5	-0,5
Schweinfurter Str.	-14,5	-0,9	-0,8
Theaterstr.	-17,6	-0,8	-0,7
Textorstr.	-12,1	-0,6	-0,6
Bahnhofstr.	-12,3	-0,5	-0,5
Sanderglasisstr.	-9,9	-0,6	-0,6
Zeller Str.	-11,6	-0,9	-1,0
Röntgenring	-10,0	-0,7	-0,6
	NO_2	$\text{PM}_{2,5}$	PM_{10}
	in % bezogen auf Istzustand 2015		
Rennweg	-17,8%	-3,8%	-2,5%
Grombühlstr.	-40,1%	-11,7%	-7,2%
Stadtring Süd	-20,0%	-3,7%	-2,5%
Schweinfurter Str.	-30,5%	-6,1%	-3,6%
Theaterstr.	-34,3%	-5,6%	-2,9%
Textorstr.	-27,9%	-4,3%	-2,8%
Bahnhofstr.	-28,3%	-3,6%	-2,3%
Sanderglasisstr.	-24,3%	-4,3%	-2,9%
Zeller Str.	-26,1%	-6,2%	-4,5%
Röntgenring	-24,3%	-5,0%	-2,9%

6 Grundlagen, verwendete Literatur

Bei der Erstellung des Gutachtens wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- [1] Düring, I., Bösing, R., Lohmeyer, A.: PM10-Emissionen an Außerortsstraßen; Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST), BAST-Reihe "Verkehrstechnik" Band V 125, 96 S, 2005.
- [2] DWD, Ermittlung eines repräsentativen Jahres für die Station Würzburg, Bezugszeitraum: 2007 – 2015, repräsentatives Jahr: 2012. Deutscher Wetterdienst (DWD), Abteilung Klima- und Umweltberatung, Offenbach, 25.02.2016.
- [3] Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs, Schmidt, W., Düring, I., Lohmeyer, A., i. A. des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Dresden, Juni 2011, und Korrektur des Erratums Tabelle 3.21, pers. Mitteilung Schmidt, W., April 2012.
- [4] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA, Version 3.2, 17. Juli 2014, INFRAS Bern/Zürich, www.hbefa.net.
- [5] Handbuch IMMISem/luft/lärm zur Version 6, IVU Umwelt GmbH, Juni 2015.
- [6] IMMIS Version 6.1, DLL-Version 6.1, IMMIS-Em/Luft, Copyright (c) IVU Umwelt GmbH 1994-2015, Freiburg.
- [7] Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB), Jahresberichte, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, <http://www.lfu.bayern.de/luft>.
- [8] Luftreinhalteplan für die Stadt Würzburg, 1. Fortschreibung, erarbeitet von der Regierung von Unterfranken, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG), Dezember 2010.
- [9] Meteorologische Daten (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Ausbreitungsklasse), Zeitreihe AKTerm der Station Würzburg für das repräsentative Jahr 2012. Deutscher Wetterdienst (DWD), Abteilung Klima- und Umweltberatung, Offenbach.
- [10] Müller-BBM (2016a): Berechnungen im Rahmen der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für die Stadt Würzburg - Verursacheranalyse für NOx, NO2 und PM10 für den LÜB-Standort Würzburg, Stadtring Süd für das Bezugsjahr 2015, Müller-BBM Bericht Nr. M124786/01, August 2016.
- [11] Müller-BBM (2016b): Berechnungen im Rahmen der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für die Stadt Würzburg - Prüfung der Wirksamkeit einer Umweltzone Stufe 3 im Vergleich zur bestehenden Situation ohne Umweltzone in Würzburg für das Bezugsjahr 2015, Müller-BBM Bericht Nr. M124786/03, August 2016.
- [12] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmenge - 39. BImSchV) vom 02.08.2010 (BGBl. I S. 1065).
- [13] Ortsbesichtigung am 10.05.2016 mit Fotodokumentation.

- [14] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- [15] Richtlinie VDI 3782 Blatt 7: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- [16] Richtlinie VDI 3783 Blatt 14: Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung – Kraftfahrzeugbedingte Immissionen. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, August 2013.
- [17] Topographische Karte Bayern, Maßstab 1:50.000, Geogrid®-Viewer V6, EADS Deutschland GmbH.
- [18] Topographische Karte und Luftbilder, BayernAtlas, Bayerische Vermessungsverwaltung, <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas>.
- [19] Verkehrsmengen und Straßendaten, Flurkarten, Bebauungsdaten, Kfz-Zulassungszahlen, meteorologische Daten, Vorbelastungswerte und regionale Hintergrundbelastung, Emissionsdaten Industrie und Emissionskataster, Bayer. Landesamt für Umwelt, Augsburg, 17.03.2016.