



**Lufthygiene-Untersuchung „Heilbronn-Neckarbogen“  
für den Planungsstand 03/2014**

Auftraggeber: Stadt Heilbronn  
Planungs- und Baurechtsamt  
Cäzilienstraße 45  
D-74072 Heilbronn

Durchführung: Ingenieurbüro Rau  
Bottwarbahnstraße 4  
D-74081 Heilbronn

*unter Mitarbeit von:* AVISO GmbH  
Am Hasselholz 15  
D-52074 Aachen

---

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Methodik und Vorgehensweise .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Untersuchungsgebiet.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Emissionsermittlung .....</b>	<b>7</b>
4.1	Emissionen aus dem Straßenverkehr .....	7
4.1.1	Verkehrsdaten.....	7
4.1.2	Emissionsermittlung – Straßenverkehr.....	12
4.2	Emissionen aus dem Schienenverkehr.....	17
4.2.1	Emissionen des Schienenverkehrs auf dem Schienennetz der DB AG .....	17
4.2.2	Emissionen der Hafen- und Industriebahn Heilbronn .....	17
4.2.3	Gesamtemissionen Schienenverkehr .....	18
4.3	Emissionen aus dem Schiffsverkehr .....	19
4.4	Emissionen aus Industrie.....	19
4.5	Gesamtemissionen.....	20
<b>5</b>	<b>Bestimmung der Immissionsverhältnisse .....</b>	<b>22</b>
5.1	Mikroskalige Immissionsberechnungen für das Untersuchungsgebiet .....	22
5.1.1	Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM .....	22
5.1.2	Modellvorgaben .....	22
5.1.3	Umfang der Berechnungen .....	23
5.1.4	Windstatistik.....	23
5.2	Ermittlung der Hintergrundbelastung .....	24
5.3	Bestimmung der Gesamtbelastung.....	25
5.3.1	Jahresmittelwerte .....	26
5.3.2	Kurzzeitwerte .....	26
<b>6</b>	<b>Ergebnisse der Immissionsberechnung.....</b>	<b>28</b>
6.1	Beurteilungsmaßstäbe.....	28
6.2	Immissionsgesamtbelastung im Plangebiet .....	28
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>36</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Rahmenkonzeption für den Bereich Neckarbogen - Planungsstand März 2014 mit Abgrenzung des Detailgebietes für die lufthygienische Untersuchung (Berechnungsgebiet: Blauer Umriss. Beurteilungsgebiet: Roter Umriss).....	6
Abb. 2:	Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTV <sub>w</sub> ) des Kfz-Verkehrs im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015 .....	9
Abb. 3:	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) des Kfz-Verkehrs mit prozentualem Anteil der schweren Nutzfahrzeuge im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015 .....	10
Abb. 4:	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) des Kfz-Verkehrs der Nebenstraßen innerhalb des Quartiers Neckarbogen.....	11
Abb. 5:	Einflussfaktoren auf die spezifischen Kfz-Emissionen .....	12
Abb. 6:	NO <sub>x</sub> -Gesamt-Jahresemissionen des Straßenverkehrs für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015.....	14
Abb. 7:	PM10-Gesamt-Jahresemissionen (Abgas und Aufwirbelung/Abrieb) des Straßenverkehrs für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015 .....	15
Abb. 8:	PM2.5-Gesamt-Jahresemissionen (Abgas und Aufwirbelung/Abrieb) des Straßenverkehrs für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015 .....	16
Abb. 9:	Verwendete SynAKS am Standort GK/DHDN E3515000 N5445000 .....	24
Abb. 10:	Bodennahe NO <sub>2</sub> -Immissionsgesamtbelastung im Bereich des Beurteilungsgebiets HN-Neckarbogen .....	30
Abb. 11:	Bodennahe PM10-Immissionsgesamtbelastung im Bereich des Beurteilungsgebiets HN-Neckarbogen .....	31
Abb. 12:	Bodennahe PM2.5-Immissionsgesamtbelastung im Bereich des Beurteilungsgebiets HN-Neckarbogen .....	32

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	NO <sub>x</sub> -, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen des Straßenverkehrs innerhalb des Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015.....	13
Tab. 2:	NO <sub>x</sub> -, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen des Schienenverkehrs im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015.....	18
Tab. 3:	NO <sub>x</sub> -, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen des Schiffsverkehrs im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015.....	19
Tab. 4:	NO <sub>x</sub> -, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen Industriequellen im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015.....	20
Tab. 5:	NO <sub>x</sub> -, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen aller Quellengruppen im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015.....	21
Tab. 4:	Städtische Hintergrundbelastungswerte für NO <sub>2</sub> , PM10 und PM2.5 bezogen auf das in dieser Untersuchung betrachtete Detailgebiet; Bezugsjahr 2015. ....	25
Tab. 7:	Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach 39. BImSchV .....	28

***Dieses Dokument ist frei von Rechten Dritter.***

***Als Katastergrundlagen wurden, soweit nicht anders angegeben, von der Stadt Heilbronn (Kataster- und Vermessungsamt) zur Verfügung gestellte Plandaten verwendet.***

## 1 Einleitung und Zielsetzung

Nach Durchführung eines städtebaulichen Ideenwettbewerbs für das Fruchtschuppenareal (FSA) bzw. das Gebiet östlich des Neckartalarms (Hip-Gelände) wurde für die zukünftige Bebauung ein städtebaulicher Rahmenplan unter dem Namen "Stadtquartier Neckarbogen" erstellt. In diesem Rahmenplan wurde die mögliche zukünftige bauliche Gestaltung inklusive der straßenbaulichen Veränderungen auf dem derzeit brachliegenden FSA sowie auf dem östlich des Neckartalarms liegenden Hip-Geländes festgelegt. Verkehrstechnisch bedeutsam war dabei vor allem die Verlegung der Kalistraße auf die östliche Neckarseite, um die geplante Bebauung auf dem FSA sowohl lärmtechnisch als auch lufthygienisch aus dem direkten Einflussbereich der stark befahrenen Kalistraße, die den Verkehr aus dem Westen (Saarlandstraße) über die Peter-Bruckmann-Brücke und den Europaplatz mit dem Innenstadtbereich verbindet, zu nehmen.

Dieser Planungsstand wurde in der Lufthygiene-Untersuchung für den Rahmenplan Heilbronn-Neckarbogen vom 16.03.2012 [1] bewertet.

Im Zuge der weiteren Planung wurde das Gebiet des städtebaulichen Rahmenplans in mehrere einzelne Bebauungspläne gegliedert. In diesen B-Plänen erfolgt sukzessive die Umsetzung des Rahmenplans. In diesen B-Plänen sind, gegenüber der für die Untersuchung vom 16.03.2012 zu Grunde gelegten Planung, maßgebliche verkehrstechnische Veränderungen vorgenommen worden:

- Auf einen Neubau der Kalistraße auf der Ostseite des Neckars wird verzichtet; der Verkehr soll stattdessen über die bestehende Füger- und Weipertstraße zum Europaplatz geführt werden.
- Die Anbindung des Europaplatzes nach Westen erfolgt über die neue Bleichinselbrücke. Dadurch wird der Verlauf der bestehenden Kranenstraße teilweise verändert.

Durch diese gegenüber der Untersuchung vom 16.03.2012 geänderten Verkehrsprojekte ändern sich auf den jeweiligen Straßen des Gebietes Neckarbogen sowie in den anschließenden Straßenzügen die Verkehrszahlen und somit auch die durch den Verkehr verursachten Emissionen bzw. Immissionen.

Des Weiteren enthalten diese B-Pläne gegenüber dem im Jahre 2012 abgeschlossenen Gutachten eine Reihe von baulichen Planungsänderungen, die Auswirkungen auf die Ausbreitungsverhältnisse und somit die Immissionssituation haben können. Nachfolgend sind die maßgeblichen Änderungen aufgeführt:

- Gegenüber der bisherigen Planung erfolgt eine Nachverdichtung im Bereich der Güterbahnhofstraße.

- Die geplante Bebauung im Gebiet Neckarbogen unterscheidet sich deutlich von der bisher untersuchten Bebauung; auf Grund der Tatsache, dass mehr Wohn- und Arbeitsraum als bisher geplant geschaffen werden soll, sieht die jetzige Planung eine stärkere Verdichtung vor bzw. weisen einige Gebäudeblöcke größere Gebäudehöhen auf.
- Der Wall auf der Westseite des Gebietes Neckarbogen, der eine Abgrenzung zu der westlich angrenzenden Hafenbahn und Industrie bewirken soll, ist in seiner Ausdehnung, Lage und Höhe deutlich gegenüber der bisher untersuchten Variante verändert.
- Verändert gegenüber der bisher untersuchten Planung ist auch die Bebauung östlich des Neckaraltarmes; neu dazu kommen die neuen Gebäude des Bildungscampus an der Mannheimer Straße sowie der Neubau der Experimenta.

Bei den Industrieemissionen im unmittelbaren Nahbereich des Fruchtschuppenareals haben sich gegenüber der bisher durchgeführten Untersuchung ebenfalls Änderungen ergeben, die in dieser Untersuchung mitberücksichtigt werden.

Das IB Rau wurde von der Stadt Heilbronn am 03.12.2012 damit beauftragt, die lufthygienische Untersuchung vom 16.03.2012 unter Berücksichtigung neuer Randbedingungen zu überarbeiten.

Der Bericht ist folgendermaßen gegliedert:

In Kapitel 2 wird die Methodik und die Vorgehensweise vorgestellt. Kapitel 3 enthält die Beschreibung des Untersuchungsgebietes. In Kapitel 4 wird ausführlich die Emissionsbestimmung dargestellt. In Kapitel 5 wird die Vorgehensweise zur Bestimmung der Immissionsverhältnisse innerhalb des Untersuchungsgebietes sowie zur Ermittlung der städtischen Hintergrundbelastung, die auf das Untersuchungsgebiet einwirkt, erläutert. In Kapitel 6 werden die Ergebnisse der Immissionsberechnungen vorgestellt und diskutiert. Kapitel 7 enthält die Zusammenfassung.

## 2 Methodik und Vorgehensweise

Die NO<sub>2</sub>-, PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2.5</sub>-Immissionsbelastungen im Bereich des Untersuchungsgebietes Neckarbogen werden durch die Emissionen des Verkehrs (Kfz-Verkehr, Bahnverkehr und Schiffsverkehr) und durch die Emissionen von Industriebetrieben innerhalb des Untersuchungsgebietes verursacht. Bei den Verkehrsquellen, die unterhalb des mittleren Dachniveaus emittieren, wird die Ausbreitung stark durch die neu geplante Bebauung geprägt. Um für das Untersuchungsgebiet zuverlässige und detaillierte Aussagen zu der NO<sub>2</sub>-, PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2.5</sub>-Immissionskonzentration nach der Umsetzung der Bebauungspläne treffen zu können, sind Berechnungen mit einem mikroskaligen Modell wie bspw. MISCAM notwendig, mit dem die Um- und Überströmung der Gebäude sowie die Strömungen innerhalb von Straßenräumen realistisch abgebildet werden können.

Neben den genannten Quellen innerhalb des Untersuchungsgebietes bestimmen die Emissionen der direkt an das Untersuchungsgebiet anschließenden Emissionsquellen das Immissionsniveau im Untersuchungsgebiet. Die für diese Emissionen verantwortlichen Quellen wirken als sogenannte städtische Hintergrundbelastung auf das Untersuchungsgebiet ein. Um diesen nicht unerheblichen Anteil realistisch abschätzen zu können, ist es notwendig die maßgeblichen Quellen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes möglichst gut zu erfassen. Mit einer großräumigen Berechnung wurde in der Lufthygiene-Untersuchung vom 16.03.2012 [1] deshalb die Immissionsbelastung auf das Untersuchungsgebiet, welche durch umliegenden Quellen außerhalb des Untersuchungsgebiets verursacht wird, ermittelt. Bei dieser mesoskaligen Betrachtung wurden die Gebäude innerhalb und außerhalb des Plangebietes nicht explizit aufgelöst, sondern als Rauigkeit erfasst. Als Ausbreitungsmodell wurde das Modell LASAT verwendet. Dabei wurden die Emissionsquellen Gewerbe/Industrie, Verkehr (Schienen-, Schiff-, Kfz-Verkehr) und Hausbrand bis in eine Entfernung von 2 km außerhalb des Untersuchungsgebiets berücksichtigt und Quellen, die innerhalb des Untersuchungsgebiets liegen, ausgenommen. Da das Untersuchungsgebiet für die Detailuntersuchung auf Grund der in Kapitel 1 beschriebenen geänderten Randbedingungen im Rahmen dieser Untersuchung größer gewählt wird, werden Quellen, die bisher im Rahmen der Ermittlung der Hintergrundbelastung erfasst wurden, nun in dem Detailgebiet erfasst. Dadurch ist auch eine Neuauswertung der Immissionswerte für den städtischen Hintergrund, basierend auf den LASAT-Berechnungen der Lufthygiene-Untersuchung vom 16.03.2012 [1], notwendig.

Im Rahmen dieser lufthygienischen Untersuchung wird somit ebenfalls 2-stufig vorgegangen.

- In der ersten Stufe wird die städtische Hintergrundbelastung durch umliegende Quellen aus den Ergebnissen der Berechnungen des mesoskaligen Modells LASAT zur Lufthygiene-Untersuchung vom 16.03.2012 [1] neu ermittelt. Dabei werden die

Emissionen außerhalb des Untersuchungsgebietes aus der Lufthygiene-Untersuchung vom 16.03.2012 übernommen. Die zusätzlich zu betrachtende großräumige regionale NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2.5-Hintergrundbelastung wird aus vorliegenden Berechnungs- und Messergebnissen abgeleitet.

- In der zweiten Stufe wird detailliert die Immissionszusatzbelastung innerhalb des Untersuchungsgebietes, verursacht durch alle Quellen innerhalb des Gebietes mit dem mikroskaligen Modell MISKAM ermittelt. Berücksichtigt werden hierbei emissionsseitig die aktuellen Verkehrszahlen für das Untersuchungsgebiet sowie neue Erkenntnisse zu den Emissionen von Industriequellen. Die Emissionen der Quellgruppen Schiene- und Bahnverkehr werden unverändert aus der Lufthygiene-Untersuchung vom 16.03.2012 [1] übernommen.

Mit dieser Vorgehensweise erhält man eine flächendeckende Information über die zu erwartende NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2.5-Gesamtbelastung im Untersuchungsgebiet.

Es wurde mit dem Auftraggeber vereinbart, analog zu der vorangegangenen Untersuchung die Immissionsberechnungen für das Bezugsjahr 2015 durchzuführen. Das Bezugsjahr entspricht dem frühesten Zeitpunkt, ab dem theoretisch eine Planfeststellung und somit eine Bebauung möglich ist.



### 3 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet „Neckarbogen“ liegt westlich der Heilbronner Kernstadt und umfasst das Fruchtschuppenareal zwischen Kanalhafen im Westen, den Gleisanlagen am Hauptbahnhof im Süden, dem Industriegebiet Wohlgelegen im Norden sowie im Osten den Bereich beider Neckarufer einschließlich Teilen des Heilbronner Innovationsparks „Hip“ am Neckarostufer.

Das Areal stellt derzeit eine Brachfläche dar.

Die hier zu untersuchende Rahmenkonzeption Stand 03/2014 (**Abb. 1**) sieht für das Areal neue, kompakte Gebäudeensembles inmitten eines Grünareals vor, das durch zwei neue Seen und den Neckar gegliedert wird. Der überbaute Bereich umfasst eine Fläche von ca. 14 Hektar. Zentraler Teil ist ein dreieckig angelegtes Gebäudeensemble am Neckarwestufer, dessen Innenbereich durch den ca. 0,7 ha großen Stadtsee gestalterisch geprägt ist. Die Gebäude sind überwiegend vier- bis sechsgeschossig, vereinzelte Gebäude auch höher. Die höchsten Gebäude im Bereich des zentralen dreieckigen Gebäudeensembles sind elf- bis zwölfgeschossig und in **Abb. 1** in dunklerem Rot hervorgehoben<sup>1</sup>. Die Gebäude entlang der Westrandstraße sind größtenteils um fast vollständig geschlossene Höfe angeordnet. Entlang der Nordtangente zwischen den beiden Seen sind die Gebäude vereinzelt angeordnet. Die Gebäudeabstände entlang der Straßen betragen 13 m bis 18 m sowie innerhalb der Höfe 20 m bis 50 m.

Auf dem Hip-Gebiet am Neckarostufer sind drei- bis fünfgeschossige Gebäude vorgesehen, deren Längsseite in WNW-ESE-Richtung orientiert ist. Die Gebäudeabstände entlang der Straßen betragen ca. 20 m bis 25 m sowie zwischen Gebäuden einer Straßenseite jeweils ca. 12 m bis 15 m.

Die Erschließungsstraßen sind im Bereich der Gebäude durch Baumreihen mit z.T. alleinartigem Charakter gesäumt. Die Kalistraße wird zurückgebaut und der Verkehr zukünftig über die Füger- und Weipertstraße zum Europaplatz geführt. Damit wird Platz für einen Uferpark geschaffen, der das neue Quartier mit der Innenstadt verbindet. Die Verkehrsanbindung erfolgt an die Südseite

---

<sup>1</sup> Da die einzelnen Gebäudeensembles und neuen Erschließungsstraßen größtenteils noch nicht mit individuellen Bezeichnungen oder Eigennamen versehen sind, erfolgt in diesem Bericht die Verortung der Gebäudeensembles durch die Vergabe von Lagedeclarationen entsprechend der Orientierung zur Himmelsrichtung, siehe auch **Abb. 1**

E=Gebäudegruppe auf dem Neckarostufer,

S=südliche Gebäudegruppe des Dreiecksgebäudeensembles,

W=westliche Gebäudegruppe des Dreiecksgebäudeensembles

M=Mittig gelegene Gebäudegruppe.

des Plangebietes über die neu anzulegende, in Südwest-Nordost-Ausrichtung parallel zur Bahntrasse verlaufende, Westrandstraße.

Das Plangebiet wird im Westen mit einem 8 - 13 m hohen, begrünten Wall zu den Gewerbeflächen des Kanalhafens und zu den Gleisen der Hafenbahn abgegrenzt.



**Abb. 1:** Rahmenkonzeption für den Bereich Neckarbogen - Planungsstand März 2014 mit Abgrenzung des Detailgebietes für die lufthygienische Untersuchung (Berechnungsgebiet: Blauer Umriss. Beurteilungsgebiet: Roter Umriss)

## 4 Emissionsermittlung

Für die Immissionskonzentrationen im Bereich des Untersuchungsgebiets sind vor allem der Straßenverkehr (Kfz), Schienenverkehr (DB; Hafenbahn; Stadtbahn), Schiffsverkehr und die Emissionen aus Industrie, Gewerbe und sonstigen technischen Einrichtungen verantwortlich. Emissionsseitig betrachtet werden die Luftschadstoffe  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  (Abgas und Aufwirbelung/Abrieb) und  $\text{PM}_{2.5}$ . Die Emissionen wurden für das Bezugsjahr 2015 ermittelt. Im Folgenden wird die Emissionsermittlung für die Quellen, die für die kleinskalige Modellierung im Rahmen dieser Untersuchung innerhalb des Untersuchungsgebietes berücksichtigt werden, näher beschrieben und die maßgeblichen Emissionsmengen, die innerhalb des Untersuchungsgebietes berücksichtigt werden, quantifiziert. Die Emissionen für die Quellen Gewerbe, sonstige technische Einrichtungen und kleine und mittlere Feuerungsanlagen wurden in der Untersuchung von 16.03.2012 [1], da keine genaueren Angaben vorlagen, als Flächenquellen angesetzt und im Zuge der großräumigen Immissionsbestimmung zur Ermittlung des städtischen Hintergrunds berücksichtigt. Diese Quellen werden auch in dieser Untersuchung nicht im Detailmodell angesetzt und deshalb im Folgenden nicht näher beschrieben.

### 4.1 Emissionen aus dem Straßenverkehr

#### 4.1.1 Verkehrsdaten

Zur Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs sind streckenabschnittsbezogen Informationen zur Verkehrsstärke und Zusammensetzung notwendig.

In Abstimmung mit der Stadt Heilbronn wurden für die Verkehrsstärken von Kfz und schweren Nutzfahrzeugen (sNfz) die Daten aus dem durch das Büro Dr. Brenner Ingenieure prognostizierte Szenario „*Netz nach 2019 – mit Nordumfahrung – ohne Linkseinbieger Füger-/Weipertstraße*“ vom 13.06.2014 verwendet (siehe **Abb. 2**).

Die Verkehrsbelastungen, die auf Verkehrsmodellberechnungen basieren, stellen werktägliche Verkehrsstärken dar und wurden anhand eines Umrechnungsfaktors auf die für die Emissionsberechnung benötigten jahresmittleren durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV), die Wochenend- und Urlaubszeiten berücksichtigen, umgerechnet. Geometrische Netzgrundlage und Quelle für die Fahrzeugartenaufteilung der übrigen Fahrzeuge bildeten die Daten des landesweiten Emissionskatasters Verkehr Baden-Württemberg, die jeweils aktuell mit Daten für das Bezugsjahr 2015 vorliegen [2]. Alle weiteren relevanten Informationen zur Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs (Verkehrssituation, Geschwindigkeitsbeschränkung, etc.) wurden ebenfalls aus dem landesweiten Emissionskataster übernommen. Die Netzveränderungen durch die Verlagerung des Verkehrs aus der Kalistraße in die Füger-/Weipertstraße und die neue Westrandstraße wurden dabei berücksichtigt.

Aus den vorliegenden Daten wurde das in **Abb. 3** dargestellte aktuelle Verkehrsbild für das Bezugsjahr 2015 abgeleitet.

Zusätzlich wurde, in Absprache mit der Stadt Heilbronn, für die Nebenstraßen innerhalb des Quartiers Neckarbogen (unter Ausnahme der Weststrandstraße) das „*Szenario C - konventionelles Quartier, TG unter jedem Block*“ der R+T Verkehrsplanung (siehe **Abb. 4**) als konservativster Ansatz für eine mögliche Verkehrsbelastungssituation mit berücksichtigt.







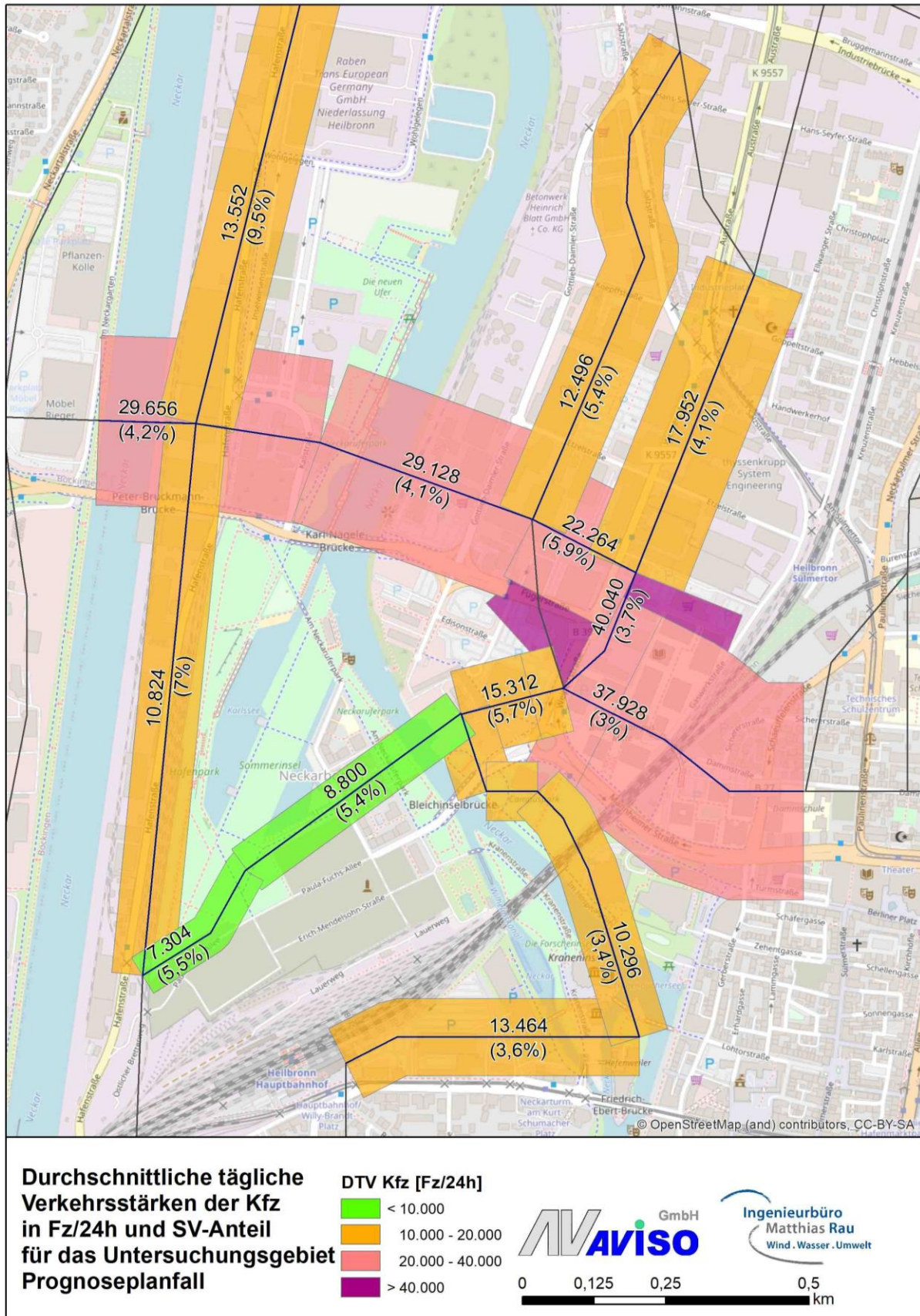


Abb. 3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) des Kfz-Verkehrs mit prozentualem Anteil der schweren Nutzfahrzeuge im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015



Heilbronn - Quartier Neckarbogen Verkehrliche Vertiefung

1.2

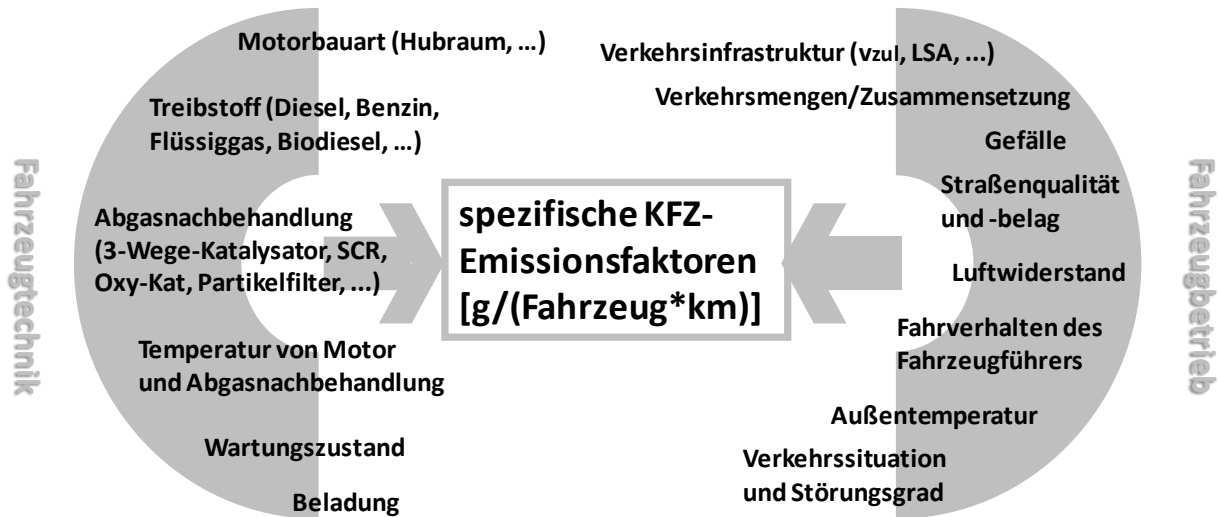
R+T  
Verkehrsplanung



Abb. 4: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) des Kfz-Verkehrs der Nebenstraßen innerhalb des Quartiers Neckarbogen.

#### 4.1.2 Emissionsermittlung – Straßenverkehr

Die Emissionen des Kfz-Verkehrs hängen von verschiedenen Einflussgrößen ab, die sich im Wesentlichen in zwei Gruppen einteilen lassen. Dies sind zum einen Kenngrößen der Fahrzeugtechnik und zum anderen Kenngrößen des Fahrzeugbetriebs. Eine Übersicht über die einzelnen Einflussgrößen gibt **Abb. 5**.



**Abb. 5:** Einflussfaktoren auf die spezifischen Kfz-Emissionen

Wesentliche Datengrundlage zur Ermittlung der Emissionen stellt in Deutschland das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs in der aktuellen Version 3.1 (HBEFA3.1) dar [3].

Die HBEFA3.1-Datenbank enthält pro Fahrzeugkategorie für jede einzelne Fahrzeugschicht (unterschieden nach Motorkonzept, Euronormstufe, Hubraum, Gewichtsklasse, etc.) pro Verkehrssituation so genannte Schichtemissionsfaktoren für verschiedene Abgaskomponenten. Die Schichtemissionsfaktoren geben die charakteristischen spezifischen Abgasemissionen für die betrachtete Verkehrssituation in  $g/(Fzg \cdot km)$  an. Diese Schichtemissionsfaktoren wurden im Rahmen umfangreicher europäischer Projekte ermittelt, wobei zunächst typische Real-World-Fahrzyklen definiert und daraus die sogenannten Verkehrssituationen abgeleitet worden waren (vgl. z.B. [4]).

In HBEFA3.1 sind zur Ermittlung der Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie typische bundesmittlere Flottenzusammensetzungen für Autobahn, Außerortsstraßen oder Innerortsstraßen hinterlegt. Da sich aber die Flottenzusammensetzung regional insbesondere für die Pkw und INfz durchaus von der bundesmittleren Flottenzusammensetzung unterscheiden kann, wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung für die Pkw und INfz eine regionale Flottenzusammensetzung berücksichtigt.

Bezüglich der Emissionsfaktoren zur Ermittlung der PM<sub>10</sub>-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb wurden die auf HBEFA3.1 angepassten Daten aus [5] verwendet.



Die Berechnung erfolgte mit dem Emissionsberechnungsmodell roadTEIM<sup>2</sup>, das auf der in der VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7 [6] beschriebenen Vorgehensweise basiert.

Die Emissionen wurden dabei für die tagesspezifischen Verkehrsbelastungen der Tagesgruppen Montag-Freitag, Samstag und Sonntag ermittelt und im Weiteren zu einer Durchschnittsemission aggregiert.

In **Tab. 1** sind die berechneten Jahresemissionen, verursacht durch den Straßenverkehr, für das Bezugsjahr innerhalb des Untersuchungsgebietes dargestellt. Der Emissionsbeitrag an den Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet durch die Nebenstraßen innerhalb des Quartiers Neckarbogen ist sehr gering. Dies schließt nicht aus, dass es lokal jedoch zu höheren Immissionskonzentrationen bei schlechter Durchlüftung kommen kann.

	NO <sub>x</sub>		PM10		PM2.5	
	[kg/a]	%	[kg/a]	%	[kg/a]	%
Nebenstraßen innerhalb des Quartiers Neckarbogen	183	1%	23	2%	15	3%
restliches Untersuchungsgebiet (incl. Westrandstraße)	12776	99%	1419	98%	408	97%
<b>gesamt</b>	<b>12959</b>	<b>100%</b>	<b>1442</b>	<b>100%</b>	<b>422</b>	<b>100%</b>

**Tab. 1: NO<sub>x</sub>-, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen des Straßenverkehrs innerhalb des Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015**

**Abb. 6 bis Abb. 78** zeigen die berechneten streckenspezifischen NO<sub>x</sub>-, PM10- und PM2.5-Emissionen des Straßenverkehrs für das Bezugsjahr 2015 (ohne Kfz-Verkehr innerhalb des Quartiers Neckarbogen).

<sup>2</sup> roadTEIM (Transport-Emissions-Inventar-Modell, Kfz-Verkehr), AVISO GmbH, Aachen, laufende Weiterentwicklung

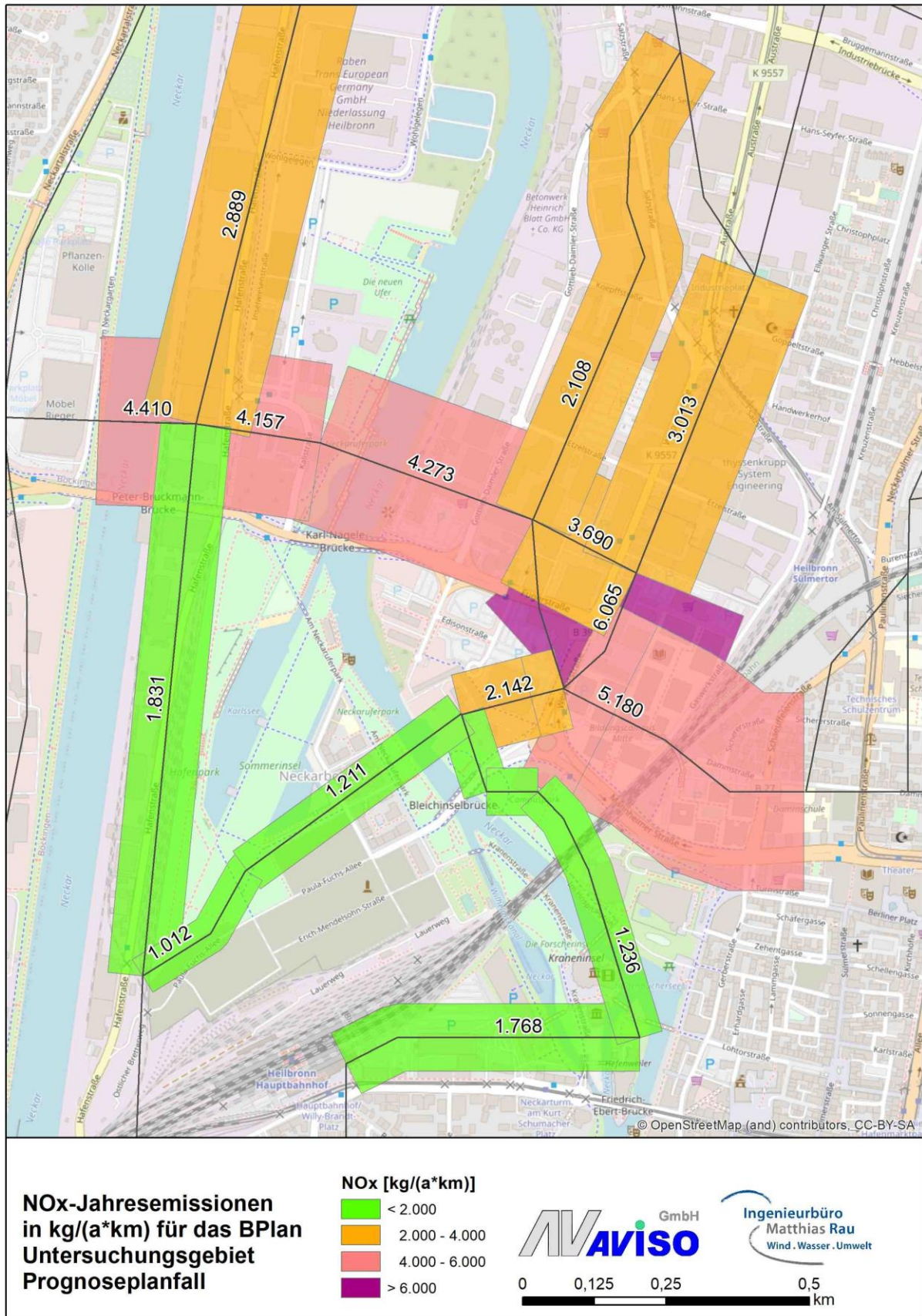


Abb. 6: NO<sub>x</sub>-Gesamt-Jahresemissionen des Straßenverkehrs für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015



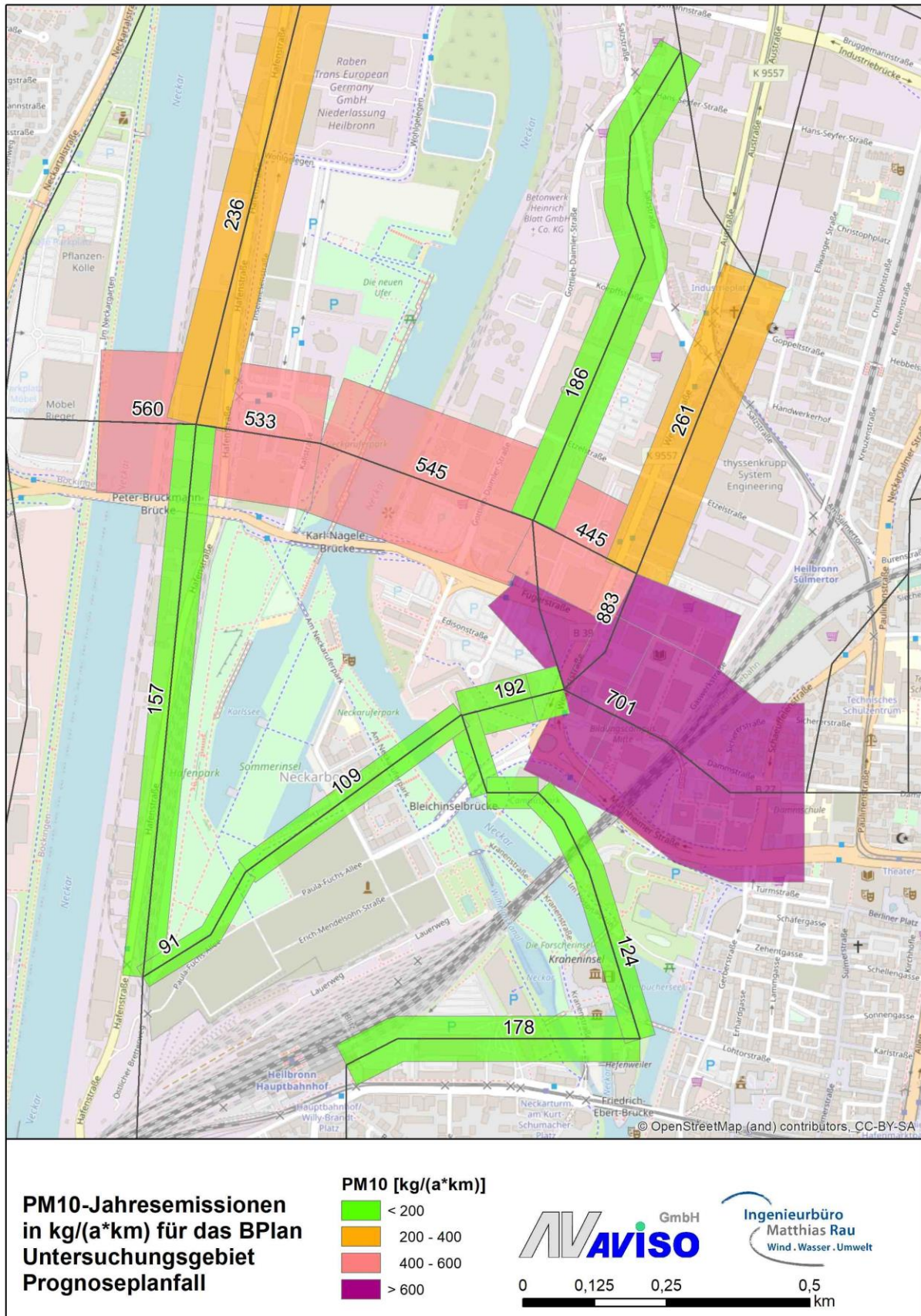


Abb. 7: PM10-Gesamt-Jahresemissionen (Abgas und Aufwirbelung/Abrieb) des Straßenverkehrs für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr2015



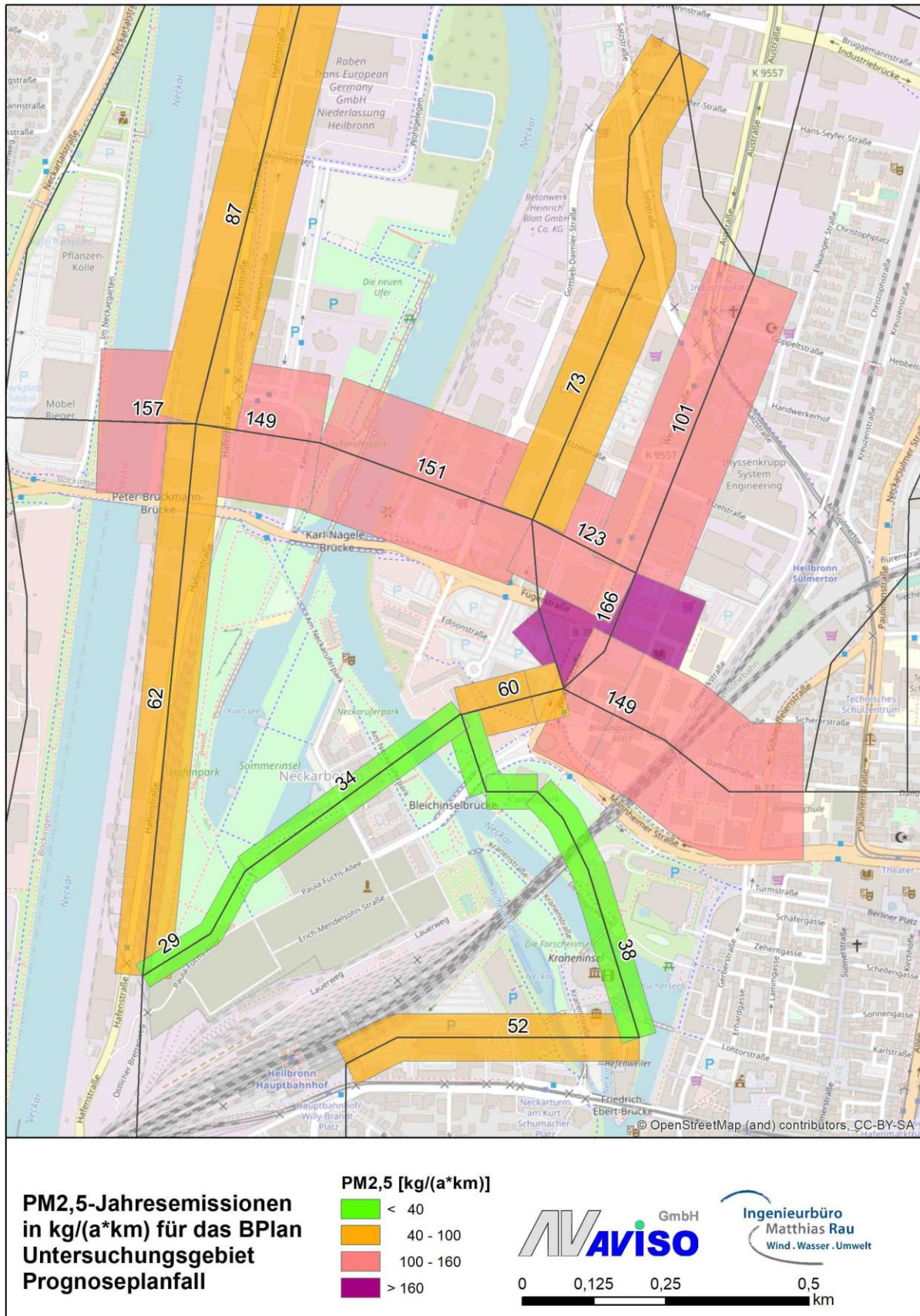


Abb. 8: PM2.5-Gesamt-Jahresemissionen (Abgas und Aufwirbelung/Abrieb) des Straßenverkehrs für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015

## **4.2 Emissionen aus dem Schienenverkehr**

### **4.2.1 Emissionen des Schienenverkehrs auf dem Schienennetz der DB AG**

Ausgangspunkt zur Ermittlung der Emissionen des Schienenverkehrs stellen die Daten aus dem landesweiten Emissionskataster BW 2008 dar [2]. Die Daten liegen als räumlich referenzierte Linienquellen vor und enthalten die Emissionen der DB AG sowie nicht-DB-eigener Fahrten auf dem Streckennetz der DB AG für das Bezugsjahr 2005 und die Bezugsjahre 2010, 2015 und 2020. Nicht enthalten sind die Emissionen der Hafen- und Industriebahn Heilbronn, die für die hier vorliegende Auswertung gesondert bestimmt wurden.

Um der mikroskaligen Immissionsmodellierung gerecht zu werden, wurde das Eisenbahnnetz, das im landesweiten Emissionskataster zweckmäßig räumlich weniger detailliert abgebildet ist, innerhalb des Untersuchungsgebietes anhand von Karten und Luftbildaufnahmen digitalisiert. Anschließend wurden die Daten des landesweiten Emissionskatasters auf das neu digitalisierte Netz übertragen. Dabei wurden auch die aktuellen Fahrpläne der Heilbronner Stadtbahn ausgewertet und weitere Entwicklungen seit der letzten Auswertung von 2008 (landesweites Emissionskataster) in Bezug auf die Emissionswerte berücksichtigt. Die bis 2015 neu eingeführte Stadtbahn Nord, die vom Heilbronner Hauptbahnhof aus in Richtung Neckarsulm fährt, wurde somit ebenfalls in die Emissionsberechnung einbezogen. Grundlagendaten zur Fahrleistung der Stadtbahn Nord wurden von der Stadt Heilbronn zur Verfügung gestellt [7]. Für die bereits bestehende Stadtbahnlinie S4 ist nach Aussagen der Stadt nicht von wesentlichen Veränderungen bis 2015 auszugehen.

Generell stammen  $\text{NO}_x$  und  $\text{PM}_{10}$  aus Dieselabgas.  $\text{PM}_{10}$  wird jedoch zusätzlich durch mechanische Abriebe erzeugt, auch bei der Elektro-Traktion.

Zur Abschätzung der  $\text{PM}_{2.5}$ -Emissionen, die im landesweiten Emissionskataster nicht enthalten sind, bezog man sich auf die Ergebnisse der Studie von [8]. Demnach beträgt das  $\text{PM}_{2.5}$ - zu  $\text{PM}_{10}$ -Verhältnis 100% für Abgas, 10% für Schienen- und 10% für Radantrieb sowie 20% für Bremsen- und 20 % für Fahrdrahtantrieb.

### **4.2.2 Emissionen der Hafen- und Industriebahn Heilbronn**

Von der DB Schenker Rail Deutschland AG (ehemalig Railion GmbH), die ca. 85% der Verkehrsleistung auf den städtischen Gleisen ausführt, wurden aktuelle Daten zu den Bedienungsfahrten auf den Gleisen der Hafen- und Industriebahn zur Verfügung gestellt [9]. Diese Bewegungszahlen bilden die Grundlage der Emissionsberechnung.

Nach Angaben der DB Schenker kommen dabei die Diesellok-Baureihen 363 und 294 zum Einsatz. Die Kraftstoffverbräuche wurden ebenfalls von der DB Schenker zur Verfügung gestellt [10]. Die Emissionsfaktoren für diese Baureihen wurden analog aus [11] abgeleitet.

Der Transport von Schüttgütern außer Kohle, der derzeit noch in offenen Wagen stattfindet, soll nach Angaben der DB Schenker bis 2015 in geschlossenen Wagen/Containern erfolgen. Für die Kohlezüge, die das Kraftwerk im Hafen beliefern, ist aufgrund der Eigenschaften von Kohle (mittlere Korngröße, Korndichte) und der Windgeschwindigkeiten im Untersuchungsgebiet (mittlere Windgeschwindigkeit: 2,1 m/s) nach VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 [12] nicht mit signifikanten Abwehungen zu rechnen.

Für das Bezugsjahr 2015 kann nach Einschätzungen der DB Schenker auf dem Stammgleis Neckar I und Kanalhafen aufgrund des neuen Containerterminals mit einer Zunahme des Wagenaufkommens von 25-30% gerechnet werden. Im Rahmen einer konservativen Herangehensweise wurde auf den entsprechenden Gleisen eine Erhöhung der Emissionen für das Jahr 2015 von 30% angesetzt. Ausgenommen sind jedoch die beiden Zuführungs- und Abholfahrten von Kohle zum Kraftwerk, da diese nicht in Zusammenhang mit dem neuen Containerterminal stehen.

Für die PM2.5-Abriebsemissionen wurde der von BUWAL 2003 [8] veröffentlichte mittlere Anteil von 20% am PM10-Abrieb verwendet. Die PM2.5-Abgasemissionen sind den PM10-Abgasemissionen gleichzusetzen.

#### 4.2.3 Gesamtemissionen Schienenverkehr

Die ermittelten NO<sub>x</sub>-, PM10- und PM2.5-Gesamtemissionen durch den Schienenverkehr im Untersuchungsgebiet (entspricht Rechengebiet) sind in der nachfolgenden **Tab. 2** aufgeführt.

**Tab. 2: NO<sub>x</sub>-, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen des Schienenverkehrs im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015**

	NO <sub>x</sub>		PM10		PM2.5	
	[kg/a]	%	[kg/a]	%	[kg/a]	%
DB	1260	56%	761	92%	137	86%
Hafenbahn	1002	44%	65	8%	21	14%
<b>gesamt</b>	<b>2262</b>	<b>100%</b>	<b>826</b>	<b>100%</b>	<b>158</b>	<b>100%</b>

Es werden im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2015 2262 kg NO<sub>x</sub>, 826 kg PM10 und davon 158 kg PM2.5 vom Schienenverkehr emittiert. Hierbei hat die Hafen- und Industriebahn bei den PM10- Emissionen einen Anteil von knapp 8%, da die PM10-Emissionen von den Abriebemissionen (Diesel- und Elektro-Traktion) des Schienenverkehrs auf dem Netz der DB AG dominiert werden. Dagegen liegt der Anteil der ausschließlich dieselbetriebenen Hafen- und Industriebahn an den NO<sub>x</sub>-Emissionen bei 44%.

### 4.3 Emissionen aus dem Schiffsverkehr

Datengrundlage für die Ermittlung der Emissionen durch den Schiffsverkehr im Untersuchungsgebiet bilden die Daten aus dem landesweiten Emissionskataster BW 2008 [2]. Darin enthalten sind die Abgas-Emissionen der Schifffahrt auf dem Neckar und die Abgas-Emissionen der Schiffe im Bereich des Heilbronner Hafens für das Bezugsjahr 2005 sowie die Bezugsjahre 2010, 2015 und 2020. Die Emissionen der Schifffahrt auf dem Neckar liegen dabei als Linienquellen vor. Die Emissionen des Hafens liegen im landesweiten Emissionskataster als Punktquelle vor. Zur Erhöhung der Genauigkeit wurde der Heilbronner Hafen als Linienquelle digitalisiert und die Emissionswerte des Emissionskatasters darauf übertragen. Es wurden die Daten für das Bezugsjahr 2015 verwendet.

Zusätzliche Emissionen, verursacht durch die Be- und Entladungsvorgänge im Hafen, sind der Quellengruppe Industrie zugeordnet (siehe Kap.4.4).

Durch den Schiffsverkehr werden im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2529 kg NO<sub>x</sub> und 52 kg PM10 bzw. PM2.5 emittiert. Da es sich ausschließlich um Abgasemissionen handelt wurde für die PM2.5-Emissionen davon ausgegangen, dass diese den PM10-Emissionen entsprechen.

Die Werte sind in der nachfolgenden **Tab. 3** dargestellt.

**Tab. 3: NO<sub>x</sub>-, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen des Schiffsverkehrs im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015**

	NO <sub>x</sub>		PM10		PM2.5	
	[kg/a]	%	[kg/a]	%	[kg/a]	%
<b>Schiffsverkehr</b>	<b>2529</b>	<b>100%</b>	<b>52</b>	<b>100%</b>	<b>52</b>	<b>100%</b>

### 4.4 Emissionen aus Industrie

Die Emissionen aus dem landesweiten Emissionskataster BW 2008 [13] enthalten auch die Emissionen der Quellengruppen Industrie. Darin sind die folgenden Emissionsquellen berücksichtigt:

- Industrie: Betriebe mit genehmigungsbedürftigen Anlagen nach 4. BImSchV, die zur Abgabe einer Emissionserklärung nach der 11. BImSchV verpflichtet sind.

Die Daten zur Industrie basieren auf den Emissionserklärungen der Betriebe von 2008 und liegen als Punktquellen vor. Sie enthalten Quellhöhe, Quellfläche, Quellstärke, Abgasvolumenstrom und Abgastemperatur.

Nach Aussagen der Stadt Heilbronn sind Änderungen/Schließungen/Neuansiedlungen bezüglich der in Heilbronn ansässigen Industriebetriebe nicht bekannt und können auch nicht langfristig vorhergesagt werden, sodass die für 2008 gültigen Emissionen in erster Näherung auch für das Bezugsjahr 2015 verwendet werden können.



Zusätzlich wurden die Emissionswerte für PM10 und PM2.5 für einen Futtermittelbetrieb, der innerhalb des Untersuchungsgebietes liegt und im Zuge eines separaten Gutachtens erhoben wurden, mit in diese Untersuchung aufgenommen und entsprechend berücksichtigt [14].

Die Emissionen aus Industriequellen innerhalb des Untersuchungsgebiets belaufen sich auf 15278 kg NO<sub>x</sub>, 13478 kg PM10 und davon 4210 kg PM2.5 pro Jahr und sind in **Tab. 4** aufgeführt.

**Tab. 4: NO<sub>x</sub>-, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen Industriequellen im Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2015**

	NO <sub>x</sub>		PM10		PM2.5	
	[kg/a]	%	[kg/a]	%	[kg/a]	%
<b>Industrie</b>	<b>15278</b>	<b>100%</b>	<b>13478</b>	<b>100%</b>	<b>4210</b>	<b>100%</b>

#### 4.5 Gesamtemissionen

Die Emissionen aller vier beschriebenen Quellgruppen wurden aufbereitet und in einem Emissionskataster abgelegt, das im Weiteren als Eingangsdatensatz für die Immissionsberechnungen verwendet wurde.

Die bodennah freigesetzten Emissionen des Straßenverkehrs und des Schienen- und Schiffsverkehrs wurden dabei als Linienquellen ausgewiesen, die Emissionen der Industrie als Punkt und Flächenquellen.

In **Tab. 5** sind die Gesamtemissionen aller Quellgruppen nochmals zusammenfassend dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Industrie bezüglich aller untersuchten Schadstoffe der größte Emittent ist. Mit 85% bzw. 87% ist der Anteil dabei bei PM10 bzw. PM2.5 noch deutlich höher als bei NO<sub>x</sub> (46%). Bei den Staubemissionen der Quellgruppe Industrie ist allerdings zu beachten, dass ein Großteil der hier berücksichtigten Emissionen aus der Detailuntersuchung eines Futtermittelwerks mit eingeflossen ist. Dabei wurden die Staubemissionen durch Abwurf und Aufwirbelung konservativ auf Basis von Literaturwerten abgeschätzt, was tendenziell zu einer Überbewertung der Emissionsmenge für diese Anlage führt.

Die zweithöchste Schadstoffmenge wird bei NO<sub>x</sub> und PM10 durch den Kfz-Verkehr emittiert. Die Emissionsbeiträge der weiteren Quellgruppen sind gering. Lediglich der Beitrag des Schienenverkehrs auf den Strecken der DB AG ist mit 5,1% bei PM10 noch als signifikant einzustufen.

Die Unterschiede der hier ausgewiesenen Emissionen zu den Ergebnissen der Lufthygiene-Untersuchung vom 16.03.2012 [1] basieren im Wesentlichen auf dem deutlich abweichenden Umgriff des detaillierten Untersuchungsgebietes. In der Untersuchung vom 16.03.2012 wurden die Emissionen zur Ermittlung des großräumigen städtischen Hintergrunds und für die kleinräumige Betrachtung zusammenfassend dargestellt. Die hier aufgeführten Emissionen



beziehen sich im Gegensatz dazu nur auf das kleinräumige MISKAM-Rechengebiet (vgl. **Abb. 1**).

Maßgebliche Änderungen bei den Emissionen innerhalb des Untersuchungsgebietes für die Detailuntersuchung im Vergleich zu der Untersuchung vom 16.03.2012 [1] sind im Wesentlichen auf die geänderten Verkehrsführungen und die neuen Verkehrszahlen sowie auf aktuellere Daten bei den Industrieemissionen innerhalb des Untersuchungsgebietes zurückzuführen.

**Tab. 5: NO<sub>x</sub>-, PM10- und PM2.5-Jahresemissionen aller Quellengruppen im Untersuchungsgebiet., Bezugsjahr 2015**

	NO <sub>x</sub>		PM10		PM2.5	
	[kg/a]	%	[kg/a]	%	[kg/a]	%
Straßenverkehr	12959	39%	1442	9%	422	9%
Schienenverkehr	2262	7%	826	5%	158	3%
Schiffsverkehr	2529	8%	52	0%	52	1%
Industrie	15278	46%	13478	85%	4210	87%
<b>gesamt</b>	<b>33028</b>	<b>100%</b>	<b>15799</b>	<b>100%</b>	<b>4843</b>	<b>100%</b>

## 5 Bestimmung der Immissionsverhältnisse

### 5.1 Mikroskalige Immissionsberechnungen für das Untersuchungsgebiet

#### 5.1.1 Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM

Für die Immissionsberechnungen der NO<sub>2</sub>-, PM10- und PM2.5-Belastungen im Untersuchungsgebiet wurde das nichthydrostatische, prognostische Strömungsmodell MISKAM eingesetzt, das am Institut für Physik der Atmosphäre Mainz entwickelt wurde [15] und mittlerweile in der Version 6.3 (2014) vorliegt. Eine ausführliche Beschreibung des Modells ist in der zitierten Arbeit von Eichhorn gegeben. MISKAM gilt in seiner heutigen Version als Standardmodell und dient für andere Modellentwicklungen als Referenz- und Vergleichsmaßstab. Es handelt sich um ein dreidimensionales Strömungsmodell, das, gekoppelt mit einem entsprechenden Ausbreitungsmodell, die Berechnung der Ausbreitung auch in komplex bebautem Gelände erlaubt.

Das Windfeld wird durch die numerische Lösung der Erhaltungsgleichungen für Impuls, Masse und Energie berechnet. Einzelne Gebäude und Hindernisse können somit explizit in ihrer Form aufgelöst werden. Als Turbulenzmodell wird ein Standard-k, ε-Modell eingesetzt.

Vergleiche mit Messergebnissen aus Windkanälen zeigen, dass die Um- und Überströmung von Gebäuden und Gebäudekomplexen, die Ausbildung von Rückströmzonen, Frontwirbelbereiche etc. mit MISKAM realistisch abgebildet werden können [16]; [17].

Der Vergleich von Immissionsmessungen in bebauten Gebieten mit den mit MISKAM gerechneten Immissionskonzentrationen zeigt eine gute Übereinstimmung [18].

#### 5.1.2 Modellvorgaben

Für das zu betrachtende Gebiet der Rahmenkonzeption wurde eine Rechengebietsgröße mit einer Ausdehnung von ca. 1050 m in Ost-West-Richtung und ca. 1300 m in Nord-Süd-Richtung festgelegt.

Das Rechengebiet hat eine horizontale Gitterauflösung von 2,5 m. Bei der Auflösung musste ein Kompromiss zwischen maximal möglicher Anzahl von Gitterpunkten, Gebietsgröße und ausreichender Auflösung von Hindernissen getroffen werden. In der Vertikalen wurde bis in 2 m Höhe eine Gittermaschenweite von 0,4 m gewählt. Bis zu einer Höhe von 22 m wächst die vertikale Gitterhöhe auf maximal 2 m an. Ab dieser Höhe an erfolgt bis zum oberen Modellrand eine kontinuierliche Spreizung des Gitters entsprechend der Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 9 [19]. Der obere Modellrand wurde mit etwa der 4-fachen Höhe des höchsten Gebäudes im Untersuchungsgebiet festgesetzt, um eine Beeinflussung des Modelloberrandes durch das höchste Gebäude des Untersuchungsgebietes auszuschließen. Die für die Modellrechnungen benötigten Gebäudestrukturen wurden auf Basis der Rahmenkonzeption für den Bereich Wohlgelegen/ Neckarbogen vom März 2014 (vgl. **Abb. 1**) erarbeitet. Die Festsetzung der

Gebäudehöhen innerhalb des Quartiers Neckarbogen erfolgte über die Geschossanzahl. Für Basisgeschosse wurde im Allgemeinen eine Höhe von 4 m Höhe angesetzt, alle übrigen Etagen wurden mit 3 m Höhe berücksichtigt. Die Gebäudehöhen bestehender Gebäude wurden ebenfalls aus den vorliegenden Planunterlagen entnommen bzw. im Zuge einer Ortsbesichtigung überprüft. Die Vegetation wurde bei diesen Immissionsberechnungen nicht explizit berücksichtigt.

Ein modelltechnisches Problem stellt der 8-13 m hohe Wall im Westen des Plangebietes dar. Da das Modell kein Relief verarbeiten kann, wurde der Wall als abgestuftes Gebäude mit einer maximalen Höhe von 13 m abgebildet.

Das MISKAM-Rechengebiet ist in dem Lageplan (**Abb. 1**) blau umrandet dargestellt.

Das für diese Immissionsprognose relevante Beurteilungsgebiet ist in der Abbildung rot umrandet und hat eine Ausdehnung von ca. 735 m in Ost-West-Richtung und ca. 1050 m in Nord-Süd-Richtung (das Beurteilungsgebiet ist immer kleiner als das eigentliche Untersuchungs-/Rechengebiet, da sich an den jeweiligen Einströmrändern erst ein Strömungs- und Ausbreitungsfeld ausbilden muss). Das Beurteilungsgebiet ist somit bezüglich seiner Größe in etwa identisch mit dem Plangebiet Neckarbogen.

Innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden die Kfz-Emissionen, die Schiffsemissionen und die Emissionen der Bahn (DB bzw. Hafenbahn) als horizontale bodennahe Linienquellen mit einer Emissionsfreisetzung in 0.6 bis 2.5 m Höhe definiert. Die Emissionen der Industriequellen wurden bzgl. der Freisetzungshöhe und Ausdehnung entsprechend der Vorgaben in den Emissionserklärungen festgelegt.

### **5.1.3 Umfang der Berechnungen**

Die Berechnung der mikroskaligen Immissionsbelastung wurde für 12 Windrichtungen (30°-Schritte) bei einer Referenzgeschwindigkeit durchgeführt. Die Konzentrationswerte bei anderen Windgeschwindigkeiten lassen sich unter der Annahme berechnen, dass sie in erster Näherung umgekehrt proportional zur Windgeschwindigkeit sind.

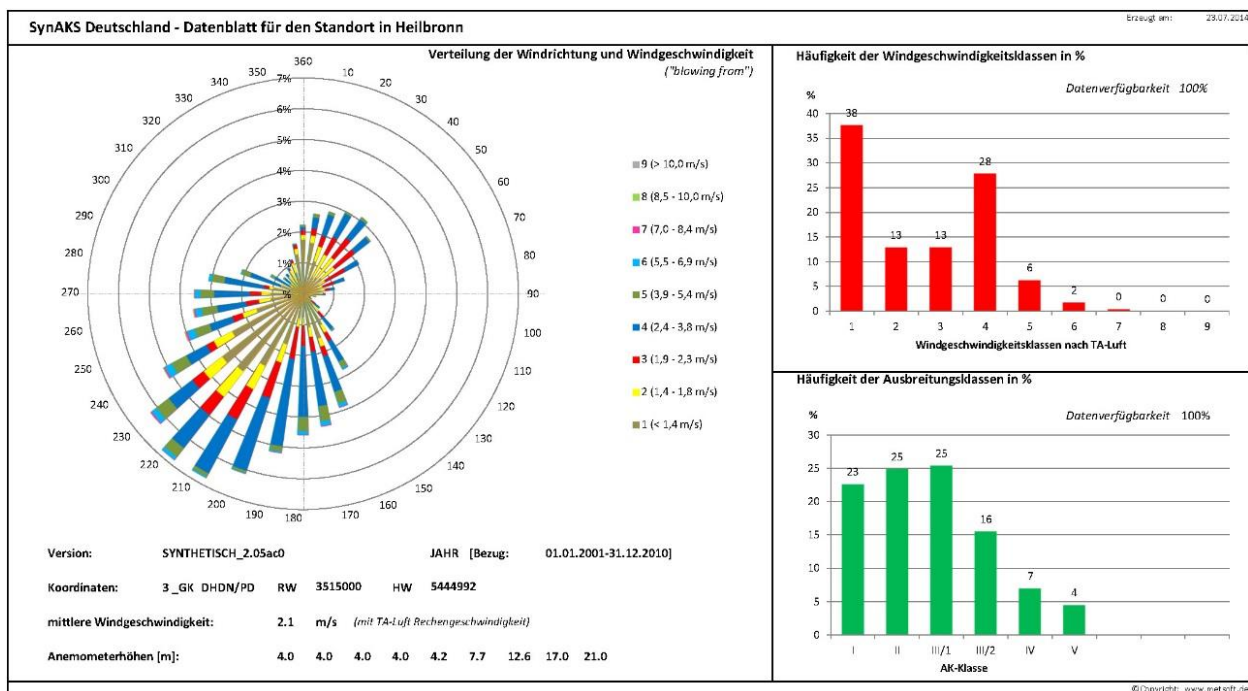
### **5.1.4 Windstatistik**

Für die Bestimmung der Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>, PM10- und PM2.5-Belastung wird eine für das Untersuchungsgebiet repräsentative Windstatistik mit den Parametern Windrichtung und Windgeschwindigkeit benötigt. Durch Gewichtung der für jede Anströmrichtung und Windgeschwindigkeitsklasse bestimmten Immissionskonzentrationsfelder gemäß der prozentualen Häufigkeit der entsprechenden Ausbreitungssituation, die in der Windstatistik durch Angabe der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit gegeben ist, werden die Jahresmittelwerte berechnet.

Für den vorliegenden Fall wurde als Statistik die synthetische AKS (SynAKS) mit dem Bezugspunkt GK/DHDN E3515000 N5445000 verwendet; dies entspricht in etwa dem Standort

des Heilbronner Hauptbahnhofs. Die SynAKS sind ein Produkt der ARGE IB Rau/METCON [20] [21] [22] [23]; sie liegen flächendeckend für das gesamte Bundesland Baden-Württemberg in einem Raster von 500 x 500 m<sup>2</sup> vor.

Die **Abb. 9** zeigt die Häufigkeit der Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen für die synthetische Windstatistik. Die Windrichtungsverteilung zeigt den für den Bereich des Plangebietes charakteristischen Verlauf mit dem Maximum für Winde aus südsüdwestlicher Richtung und dem Sekundärmaximum für nordöstliche Windrichtungen. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt bei 2,1 m/s.



**Abb. 9: Verwendete SynAKS am Standort GK/DHDN E3515000 N5445000**

## 5.2 Ermittlung der Hintergrundbelastung

Zur Ermittlung der städtischen Hintergrundbelastung wurde, wie bereits ausführlich in **Kap 2** erläutert, auf die Ergebnisse der Lufthygiene-Untersuchung für den Rahmenplan HN-Neckarbogen vom 16.03.2012 [1] zurückgegriffen.

Für die Berechnung der durch die Emissionsquellen außerhalb des Untersuchungsgebiets im Untersuchungsgebiet verursachten Immissionskonzentrationen (städtischer Hintergrund) wurde in der Lufthygiene-Untersuchung für den Rahmenplan HN-Neckarbogen vom 16.03.2012 das Ausbreitungsmodell LASAT verwendet.

Die Immissionskonzentrationen für den städtischen Hintergrund wurden dabei zum einen auf Basis der standortbezogenen Quellgruppen

- Straßenverkehr;
- Schienenverkehr;

- Schiffsverkehr;
- Industrie, Gewerbe und sonstige technische Einrichtungen;

die in einem 2 km breiten Gürtel außerhalb des Untersuchungsgebiets liegen und zum anderen auf Basis der flächenbezogenen Quellgruppen

- Gewerbe sowie sonstigen technische Einrichtungen;
- kleine und mittlere Feuerungsanlagen (Hausbrand und sonstige nicht genehmigungspflichtige Feuerungsanlagen);
- biogene Systeme

die das Gebiet außerhalb des aktuellen Untersuchungsgebietes sowie das aktuelle Untersuchungsgebiet abdecken, berechnet.

Eine detaillierte Herleitung der Emissionsquellen für den städtischen Hintergrund ist in der Lufthygiene-Untersuchung für den Rahmenplan HN-Neckarbogen vom 16.03.2012 [1] gegeben und wurde im Einvernehmen mit der Stadt Heilbronn als Basis für diese Untersuchung herangezogen.

Die Berechnungsergebnisse für die städtische Hintergrundbelastung aus der Untersuchung vom 16.03.2012 wurden unter Berücksichtigung des in dieser Untersuchung für die mikroskalige Berechnung neu festgelegten Rechengebiets neu ausgewertet. Dabei wurden die folgenden Jahresmittelwerte der städtischen Hintergrundbelastung für die Schadstoffe NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2.5 für das Plangebiet „Heilbronn-Neckarbogen“ abgeleitet (**Tab. 6**):

**Tab. 6: Städtische Hintergrundbelastungswerte für NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2.5 bezogen auf das in dieser Untersuchung betrachtete Detailgebiet; Bezugsjahr 2015.**

	Bezugsjahr 2015
NO <sub>2</sub>	27,0 µg/m <sup>3</sup>
PM10	22,0 µg/m <sup>3</sup>
PM2.5	15,0 µg/m <sup>3</sup>

### 5.3 Bestimmung der Gesamtbelastung

Die Berechnungen mit MISKAM (siehe **Kap. 5.1**) liefern als Ergebnis die NO<sub>x</sub>, PM10- und PM2.5-Immissionskonzentrationen, die sich durch die NO<sub>x</sub>-, PM10 und PM2.5-Emissionen im Untersuchungsgebiet selbst ergeben (Immissionszusatzbelastung). Die in **Kap 5.2** ermittelte städtische Hintergrundbelastung charakterisiert die Immissionsbelastung, die durch die das Untersuchungsgebiet umschließende Quellen in das Untersuchungsgebiet hineingetragen werden. Die Immissionsgesamtbelastung ergibt sich durch Überlagerung der berechneten Zusatzbelastung mit der städtischen Hintergrundbelastung (s. **Tab. 6**) sowie der großräumigen

regionalen Hintergrundbelastung. Die großräumige regionale Hintergrundbelastung basiert auf Messungen und wurde aus dem Bericht 2012 übernommen.

### 5.3.1 Jahresmittelwerte

Mit den charakteristischen Werten für die Hintergrundbelastung werden durch Überlagerung mit den berechneten Zusatzbelastungswerten die statistischen Kenngrößen (Jahresmittelwert für  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$ ) der Gesamtbelastung zum Vergleich mit den Grenzwerten berechnet.

Da mit den derzeit verfügbaren mikroskaligen Modellen, so auch mit MISKAM, nur die Ausbreitung inerte Schadstoffe simuliert werden kann, andererseits jedoch die Konzentrationen des reaktiven Schadstoffs  $\text{NO}_2$  bestimmt und beurteilt werden muss, wird bei der Berechnung der statistischen Kenngrößen für  $\text{NO}_2$  die  $\text{NO-NO}_2$ -Konversion berücksichtigt. Die chemische Umwandlung von  $\text{NO}_x$  nach  $\text{NO}_2$  ist äußerst komplex und von einer Reihe von Parametern wie UV-Strahlung, Ozonwert, Temperatur, um nur einige zu nennen, abhängig. Bisher gibt es noch kein hinreichend validiertes Chemiemodell, mit dem die sehr schnelle Umwandlung auf kleinem Raum in bebauten Gebieten hinreichend genau beschrieben werden kann. Stand der Technik war bisher, die Umwandlung mittels des empirischen Modells von Romberg [24], das den  $\text{NO-NO}_2$ -Umwandlungsgrad als Funktion der  $\text{NO}_x$ -Gesamtmission beschreibt, zu bestimmen. Diese empirische Beziehung wurde aus Messdaten Mitte der 90er Jahre abgeleitet. Es ist mittlerweile bekannt, dass sich emissionsseitig das  $\text{NO-NO}_2$ -Verhältnis verändert hat und vermutlich im Zuge weiterer Verbesserungen bei der Abgastechnik weiter verändern wird. Ein Indiz dafür ist unter anderem, dass in den letzten Jahren Messungen an verkehrsreichen Straßen einen Rückgang bei den  $\text{NO}_x$ -Immissionen, nicht aber bei den  $\text{NO}_2$ -Immissionen gezeigt haben. Diese Verschiebung zu einer höheren  $\text{NO}_2$ -Emission wird auch Auswirkungen auf die Umwandlung von  $\text{NO}_x$  zu  $\text{NO}_2$  haben. Wie sich die Umwandlung zukünftig ändern wird, ist allerdings zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vorherzusagen. Neuere Untersuchungen zeigen, dass der Romberg-Ansatz die Immissionskonzentrationen für Werte im Bereich des Grenzwertes befriedigend genau wiedergibt. Bei deutlich höheren Konzentrationen werden mit dem Romberg-Ansatz gegenüber Ansätzen mit Berücksichtigung einfacher Chemie niedrigere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen berechnet. Für die vorliegende Untersuchung wird, da die Immissionskonzentrationen im zentralen Bereich um das Quartier Neckarbogen unter dem Grenzwert liegen, der Romberg-Ansatz herangezogen.

### 5.3.2 Kurzzeitwerte

Die 39. BImSchV [25], deren Grenzwerte für die Immissionsbeurteilung relevant sind, enthält neben den Immissionsgrenzwerten für die Jahresmittelwerte von  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  auch Immissionsgrenzwerte für den Kurzzeitwert (Mittelungszeit 1 Stunde) von  $\text{NO}_2$ , der nicht öfter als 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf (entspricht einem 99,8%-Wert), sowie für den Tagesmittelwert von  $\text{PM}_{10}$ , der nicht öfter als 35 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf

(entspricht einem 90,4%-Wert). Die direkte modelltechnische Bestimmung dieser Kurzzeitwerte ist recht aufwändig.

Messergebnisse an vielen bundesweiten Stationen an stark verkehrsbelasteten Straßen der letzten Jahre zeigen jedoch, dass die maximal zulässigen 18 Überschreitungen des 1-h-Wertes für NO<sub>2</sub> dann eingehalten werden können, wenn der Jahresmittelwert unter 60 µg/m<sup>3</sup> liegt. Ab einem Jahresmittelwert von 80 µg/m<sup>3</sup> hingegen kann von einer Überschreitung des Kurzzeitwertes ausgegangen werden [26].

Bei PM10 ist es derzeit ebenfalls noch Standard, den 90,4%-Wert auf der Basis des einfach bestimmbaren Jahresmittelwertes abzuschätzen. Auswertungen von mehrjährigen PM10-Messungen ergaben, dass bei einem Jahresmittel von bis zu 30 µg/m<sup>3</sup> mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Unterschreitung des 90,4%-Wertes gegeben ist. Bei einem Jahresmittel von > 30 µg/m<sup>3</sup> ist mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer Überschreitung des 90,4%-Wertes auszugehen [26].

## 6 Ergebnisse der Immissionsberechnung

### 6.1 Beurteilungsmaßstäbe

Für die Beurteilung der Immissionsbelastung im Untersuchungsgebiet werden die lufthygienischen Grenzwerte der 39. BImSchV [25] herangezogen. Sie sind in **Tab. 7** zusammengestellt.

**Tab. 7: Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach 39. BImSchV**

Luftschadstoff	Immissionswert	statistische Definition	gültig
<b>NO<sub>2</sub></b>	40 µg/m <sup>3</sup>	Grenzwert (Jahresmittel)	seit 01.01.2010
	200 µg/m <sup>3</sup>	Grenzwert (Stundenmittel) 200 µg/m <sup>3</sup> dürfen bis zu 18-mal im Kalenderjahr überschritten werden	seit 01.01.2010
<b>PM10</b>	40 µg/m <sup>3</sup>	Grenzwert (Jahresmittel)	seit 01.01.2005
	50 µg/m <sup>3</sup>	Grenzwert (24-Stundenmittel) 50 µg/m <sup>3</sup> dürfen bis zu 35-mal im Kalenderjahr überschritten werden	seit 01.01.2005
<b>PM2.5</b>	25 µg/m <sup>3</sup>	Zielwert (Jahresmittel)	seit 01.01.2010
	25 µg/m <sup>3</sup>	Grenzwert (Jahresmittel)	ab 01.01.2015
	20 µg/m <sup>3</sup>	Mittelwert von Stationen im städtischen Hintergrund über jeweils 3 Jahre ab 2015	ab 01.01.2015

### 6.2 Immissionsgesamtbelastung im Plangebiet

In **Abb. 10** bis **Abb. 12** sind die Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-, PM10- und PM2.5-Gesamtbelastung im Beurteilungsgebiet bei Realisierung der Rahmenkonzeption vom März 2014 dargestellt. Beurteilungsrelevant ist der gebäudenahe Bereich (Gehwegbereich), in dem sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten.

**Abb. 10** zeigt die bodennahen NO<sub>2</sub>-Immissionskonzentrationen in 1,4 m Höhe. Innerhalb des dreieckigen Gebäudeensembles (W – M - S entsprechend **Abb. 1**) sowie nördlich des Hauptbahnhofes liegen die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte in einem Bereich von 27 bis 33 µg/m<sup>3</sup>. Gut zu sehen ist, dass der Wall zwischen dem Quartier Neckarbogen und dem westlich gelegenen Gewerbegebiet immissionsseitig einen guten Schutz für das Quartier darstellt. Im Bereich der Gebäude entlang der neu geplanten Weststrandstraße erreichen die Werte infolge der Emissionen der Weststrandstraße und der Bebauung mit der damit einhergehenden Einschränkung der Durchlüftung Werte bis zu 34 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel. Im Bereich der Bebauung östlich des Neckars (E entsprechend **Abb. 1**) liegen die Immissionskonzentrationen auf in etwa demselben



Niveau wie im Bereich des Neckarbogens. Lediglich entlang der Gebäude, die direkt an die höher belastete Füger-/Weipertstraße grenzen, treten Grenzwertüberschreitungen auf, die in einem vorangegangenen Gutachten [27] detailliert untersucht und bewertet wurden. Innerhalb des Quartiers Neckarbogen wird der Grenzwert sicher eingehalten.

**Abb. 11** zeigt die bodennahen PM10-Immissionskonzentrationen in 1,4 m Höhe. Auch hier zeigt sich wie schon für NO<sub>2</sub> das niedrige Immissionsniveau innerhalb des dreieckigen Gebäudeensembles (W - M - S) sowie nördlich des Hauptbahnhofes mit Werten nur knapp über dem städtischen Hintergrund. Im Bereich des Straßenraums der neu geplanten Westrandstraße erreichen die Werte bis zu 25 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel. Im Bereich der Bebauung östlich des Neckars liegen die Immissionskonzentrationen flächig in etwa auf einem ähnlich niedrigen Niveau. Der Grenzwert für das Jahresmittel wird innerhalb des Quartiers sicher eingehalten. Grenzwertüberschreitungen treten westlich des Plangebietes auf den Werksgeländen des Futtermittelbetriebes sowie der Hohenloher Asphalt sowie in unmittelbarer Nachbarschaft auf. Der Wall stellt jedoch auch hier einen wirksamen Immissionsschutz für das Plangebiet dar und reduziert die PM10-Immissionen deutlich bis Erreichen des Quartiers Neckarbogen.

**Abb. 12** zeigt die bodennahen PM2.5-Immissionskonzentrationen in 1,4 m Höhe. Die prognostizierten Immissionskonzentrationen für PM2.5 sind unproblematisch. Innerhalb des gesamten Plangebietes sind leicht erhöhte Werte nur in den Straßenräumen sowie im Nahbereich des Futtermittelbetriebes und der Hohenloher Asphalt zu erkennen. Ansonsten liegt das Immissionsniveau mit großflächig 15 bis 17 µg/m<sup>3</sup> nur geringfügig über dem städtischen Hintergrund von 15 µg/m<sup>3</sup>.

Bei den für das Beurteilungsgebiet prognostizierten Jahresmittelwerten für NO<sub>2</sub> und PM10 ist nach den in **Kap. 5.3.2** gemachten Ausführungen davon auszugehen, dass die maximal zulässigen 18 Überschreitungen des Stundenwertes für NO<sub>2</sub> und die maximal 35 zulässigen Überschreitungen des Tagesmittelwertes für PM10 im beurteilungsrelevanten Nahbereich von Gebäuden sicher eingehalten werden können.

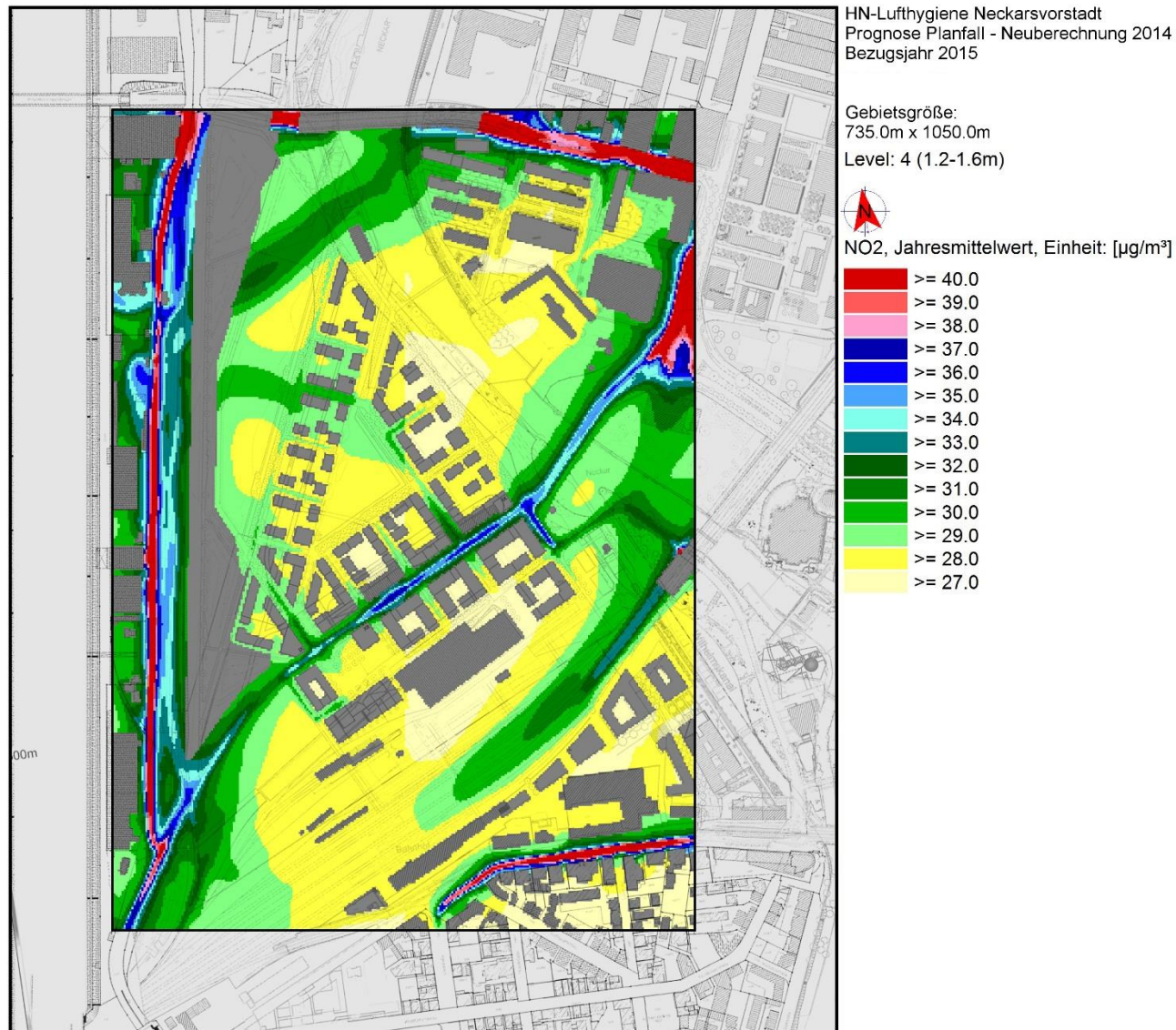


Abb. 10: Bodennahe NO<sub>2</sub>-Immissionsgesamtbelastung im Bereich des Beurteilungsgebiets HN-Neckarbogen

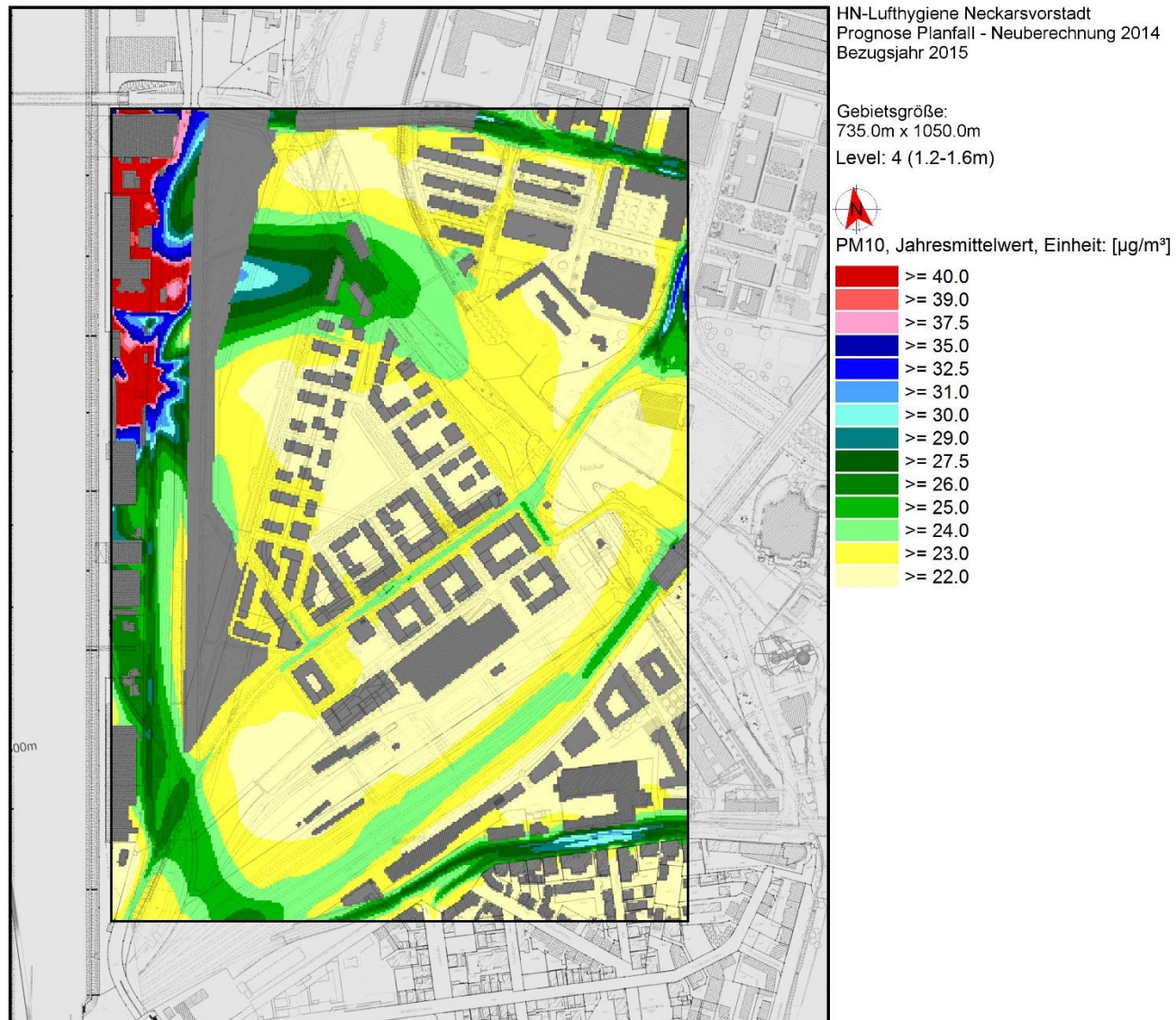


Abb. 11: Bodennahe PM10-Immissionsgesamtbelastung im Bereich des Beurteilungsgebiets HN-Neckarbogen



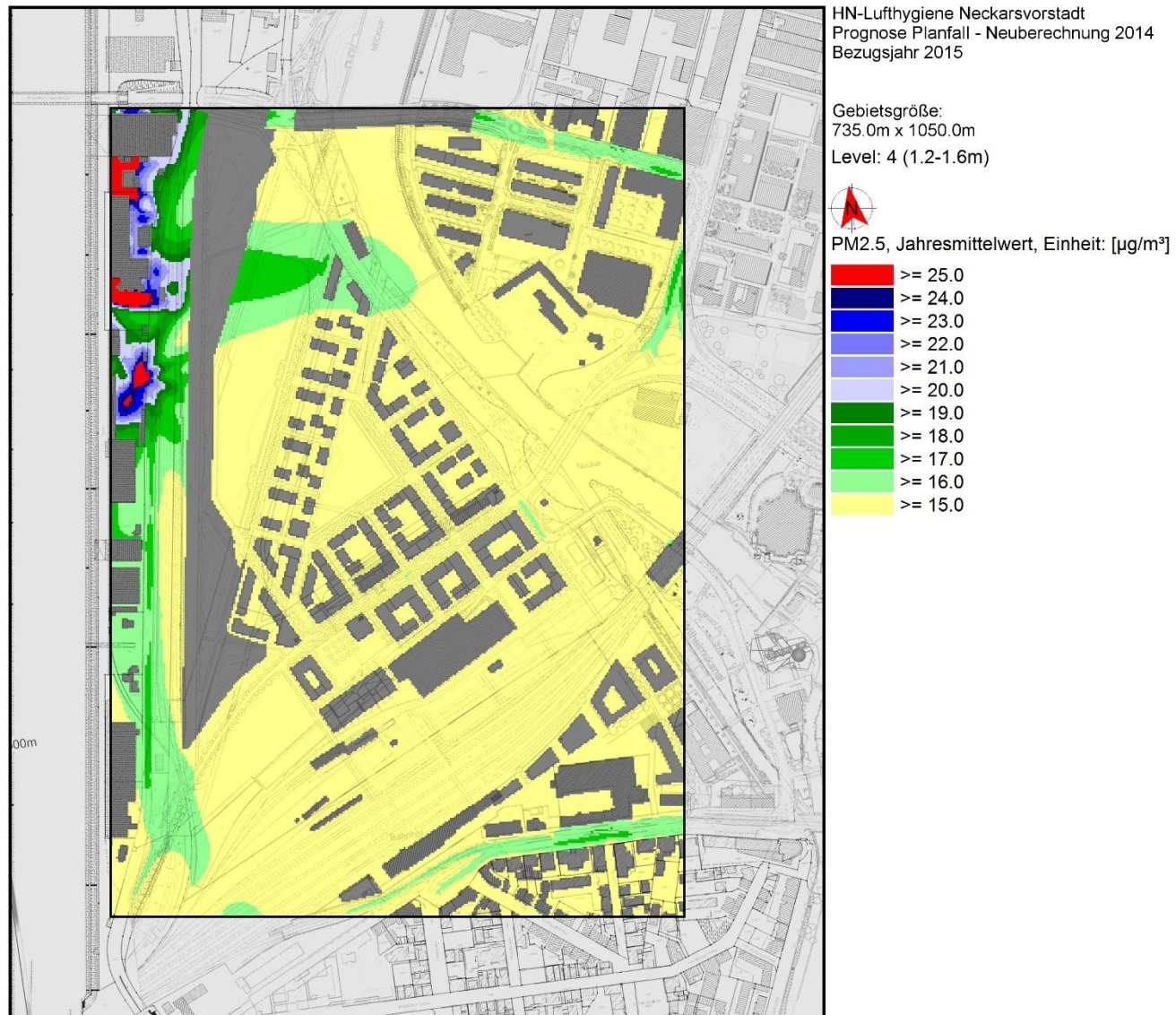


Abb. 12: Bodennahe PM2.5-Immissionsgesamtbelastung im Bereich des Beurteilungsgebiets HN-Neckarbogen

## 7 Zusammenfassung

Nach Durchführung eines städtebaulichen Ideenwettbewerbs für das Fruchtschuppenareal (FSA) bzw. das Gebiet östlich des Neckartales (Hip-Gelände) wurde für die zukünftige Bebauung ein städtebaulicher Rahmenplan unter dem Namen "Stadtquartier Neckarbogen" erstellt. In diesem Rahmenplan wurde die mögliche zukünftige bauliche Gestaltung inklusive der straßenbaulichen Veränderungen auf dem derzeit brachliegenden FSA sowie auf dem östlich des Neckartales liegenden Hip-Geländes festgelegt. Verkehrstechnisch bedeutsam war dabei vor allem die Verlegung der Kalistraße auf die östliche Neckarseite, um die geplante Bebauung auf dem FSA sowohl lärmtechnisch als auch lufthygienisch aus dem direkten Einflussbereich der stark befahrenen Kalistraße, die den Verkehr aus dem Westen (Saarlandstraße) über die Peter-Bruckmann-Brücke und den Europaplatz mit dem Innenstadtbereich verbindet, zu nehmen. Im Zuge der weiteren Planung wurde das Gebiet des städtebaulichen Rahmenplans in mehrere einzelne Bebauungspläne gegliedert. In diesen B-Plänen sind gegenüber dem ersten Rahmenplan maßgebliche verkehrstechnische Veränderungen vorgenommen worden. So soll die Kalistraße rückgebaut und der Verkehr stattdessen über die bestehende Füger- und Weipertstraße zum Europaplatz geführt werden. Die Anbindung des Europaplatzes nach Westen erfolgt über die neue Bleichinselbrücke, wodurch der Verlauf der bestehenden Kranenstraße teilweise verändert wird. Durch diese gegenüber dem ersten Rahmenplan (Untersuchung des IBRau vom 16.03.2012) geänderten Verkehrsprojekte ändern sich auf den jeweiligen Straßen des Gebietes Neckarbogen sowie in den anschließenden Straßenzügen die Verkehrszahlen und somit auch die durch den Verkehr verursachten Emissionen bzw. Immissionen. Des Weiteren enthalten diese B-Pläne gegenüber dem im Jahre 2012 abgeschlossenen Gutachten eine Reihe von baulichen Planungsänderungen, die Auswirkungen auf die Ausbreitungsverhältnisse und somit die Immissionssituation haben können.

Zur Abschätzung der zukünftig zu erwartenden lufthygienischen Belastungen unter Berücksichtigung der aktuellen Planung wurde das Ingenieurbüro Rau von der Stadt Heilbronn beauftragt, die zu erwartenden Immissionsbelastungen für die lufthygienisch relevanten Stoffe NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> für das Gebiet Neckarbogen für den aktuellen Planungsstand mittels geeigneter Ausbreitungsmodellierung zu prognostizieren.

Dabei wurde zweistufig vorgegangen. Zum einen wurde die Immissionsbelastung im Bereich des Untersuchungsgebietes, die durch Emittenten außerhalb des Untersuchungsgebietes verursacht werden, unter Berücksichtigung geänderter Randbedingungen, basierend auf der Untersuchung aus dem Jahr 2012, neu ermittelt. Dieser Beitrag stellt die so genannte städtische Hintergrundbelastung für das Plangebiet dar. In einem zweiten Schritt wurden mit mikroskaligen Ausbreitungsrechnungen für das Plangebiet die Zusatzbelastungen, die durch Quellen innerhalb

des Untersuchungsgebietes erzeugt werden, berechnet. Abschließend wurden die für das Gebiet kleinskalig ermittelten Zusatzbelastungen mit der städtischen Vorbelastung durch die umliegenden Quellen sowie der großräumigen regionalen Hintergrundbelastung zur Gesamtbelastung überlagert und anhand der entsprechenden Grenzwerte der 39. BImSchV bewertet. Die Untersuchungen wurden für das Bezugsjahr 2015 durchgeführt. Das Gebiet wurde im Vergleich zu der Untersuchung von 2012 größer gewählt; dadurch wurde eine Neuordnung der Emissionen der einzelnen Quellgruppen innerhalb des Untersuchungsgebietes notwendig.

Basis dieser Immissionsprognose ist eine umfangreiche und detaillierte Emissionsprognose, mit der für alle in Frage kommenden Emittenten-Gruppen die  $\text{NO}_x$ -,  $\text{PM}_{10}$ - und  $\text{PM}_{2.5}$ -Emissionsmengen innerhalb des Untersuchungsgebietes unter Berücksichtigung der geänderten Randbedingungen ermittelt wurden.

Die Berechnungen der Immissionsgesamtbelastung, also der Überlagerung aus regionalem Hintergrund, städtischem Hintergrund durch die Quellen der an das Untersuchungsgebiet angrenzenden Gebiete und der durch die Quellen im Untersuchungsgebiet erzeugten Konzentrationen führen zu folgendem Ergebnis:

- Innerhalb des dreieckigen Gebäudeensembles sowie nördlich des Hauptbahnhofes liegen die  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte in einem Bereich von 27 bis 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und damit deutlich unter dem Grenzwert für das Jahresmittel von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Gut zu sehen ist, dass der Wall zwischen dem Quartier Neckarbogen und dem westlich gelegenen Gewerbegebiet immissionsseitig einen guten Schutz für das Quartier darstellt. Im Bereich der Gebäude entlang der neu geplanten Westrandstraße erreichen die Werte infolge der Emissionen der Westrandstraße und der Bebauung mit der damit einhergehenden Einschränkung der Durchlüftung Werte bis zu 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel. Im Bereich der Bebauung östlich des Neckars liegen die Immissionskonzentrationen auf in etwa demselben Niveau wie im Bereich des Neckarbogens.
- Innerhalb des dreieckigen Gebäudeensembles sowie nördlich des Hauptbahnhofes zeigt sich für die  $\text{PM}_{10}$ -Belastung ein niedriges Immissionsniveau mit Werten nur knapp über dem städtischen Hintergrund. Im Bereich des Straßenraums der neu geplanten Westrandstraße erreichen die Werte bis zu 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel. Im Bereich der Bebauung östlich des Neckars liegen die Immissionskonzentrationen flächig in etwa auf einem ähnlich niedrigen Niveau. Der Grenzwert für das Jahresmittel von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  wird innerhalb des Quartiers sicher eingehalten. Grenzwertüberschreitungen treten westlich des Plangebietes auf den Werksgeländen des Futtermittelbetriebes sowie der Hohenloher Asphalt sowie in unmittelbarer Nachbarschaft auf. Der Wall stellt jedoch auch hier einen wirksamen Immissionsschutz für das Plangebiet dar und reduziert die  $\text{PM}_{10}$ -Immissionen deutlich bis Erreichen des Quartiers Neckarbogen.

- Die prognostizierten Immissionskonzentrationen für PM<sub>2.5</sub> sind unproblematisch. Innerhalb des gesamten Plangebietes sind leicht erhöhte Werte nur in den Straßenräumen sowie im Nahbereich des Futtermittelbetriebes und der Hohenloher Asphalt zu erkennen. Ansonsten liegt das Immissionsniveau mit großflächig 15 bis 17 µg/m<sup>3</sup> nur geringfügig über dem städtischen Hintergrund von 15 µg/m<sup>3</sup>.

Bei den für das Beurteilungsgebiet prognostizierten Jahresmittelwerten für NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub> kann sicher davon ausgegangen werden, dass die maximal zulässigen 18 Überschreitungen des Stundenwertes für NO<sub>2</sub> und die maximal 35 zulässigen Überschreitungen des Tagesmittelwertes für PM<sub>10</sub> im beurteilungsrelevanten Nahbereich von Gebäuden sicher eingehalten werden können.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Ingenieurbüro Rau, *Lufthygiene-Untersuchung für den Rahmenplan Heilbronn-Neckarbogen*, Heilbronn: Stadt Heilbronn, Planungs- und Baurechtsamt, 2012.
- [2] AVISO GmbH, *Erstellung eines zukunftsfähigen Emissionskatasters Straßenverkehr für Baden-Württemberg*, Aachen: Im Auftrag der LUBW, 2010.
- [3] INFRAS AG, *HBEFA 3.1 - Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA)*, Bern/Schweiz, 2010.
- [4] Hausberger, S.; et al., *Emission factors from the model PHEM for the HBEFA Version 3*, Graz: TU Graz Institute for internal combustion engines and thermodynamics, 2009.
- [5] Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, *Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs*, Dresden, Karlsruhe: Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 2011.
- [6] VDI-Fachbereich Umweltmeteorologie, *VDI-Richtlinie 3782, Blatt 7 - Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen*, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, 2003.
- [7] Stadt Heilbronn 2011b, *Stadt Heilbronn 2011b - Angaben zum Bahnverkehr auf der neuen Stadtbahnlinie Nord*, Heilbronn: erhalten per E-Mail im August 2011, 2011.
- [8] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) , „Modeling of PM10 and PM2,5 ambient concentrations in Switzerland 2000 and 2010,“ Environmental Documentation No. 169, Bern, 2003.
- [9] DB Schenker, *DB Schenker 2011a - angaben zu den Zugfahrten der Hafen- und Industriebahn Heilbronn*, Heilbronn: erhalten per E-MAil im August 2011, 2011.
- [10] DB Schenker, *DB Schenker 2011b - Angaben zum Kraftstoffverbrauch der eingesetzten Lok-Baureihen bei der Hafen- und Industriebahn Heilbronn*, Heilbronn: erhalten per E-Mail im August 2011, 2011.
- [11] AVISO GmbH, *Emissionsberechnungen für das Fruchtschuppenareal*, Aachen: im Auftrag des IB RAU, Heilbronn, 2008.
- [12] VDI-Fachbereich Umweltmeteorologie, *VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 - Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen - Lagerung, Umschlag und Transport von Süzzgütern*, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdl, 2010.
- [13] LUBW, *Daten des landesweiten Luftschadstoff-Emissionskatasters BW 2008 für die Stadt Heilbronn*, Heilbronn: erhalten per E-Mail im September 2010, 2010.
- [14] Ingenieurbüro Rau, *Emissions- und Immissionsprognose (Staub und Geruch) für das beweka Kraftfutterwerk in Heilbronn*, Heilbronn: unveröffentlicht, 2013.
- [15] Eichhorn, J., *Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen, mikroskaligen Stadtklimamodells. Diss. Meteorol. Inst. Univ. Mainz, Mainz, 1989.*
- [16] Röckle, R.; Richter, C.-J., *"Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -"*, Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe. (<http://bwplus.fzk.de>), 1995.



- [17] Rau, M., *Vergleich berechneter (MISKAM) und gemessener (Windkanal) Wind- und Konzentrationsfelder für ein U-Gebäude*, Projekt im Auftrag des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen; unveröffentlicht, 2000.
- [18] Zenger, Dr. A.; Weißenmayer, Dr. M., *Datensatz zur Verifizierung mikroskaliger atmosphärischer Ausbreitungsmodelle*, Immissionsschutz 3/2001, 2001.
- [19] VDI-Fachbereich Umweltmeteorologie, *VDI-Richtlinie 3783, Blatt 9 - Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung*, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdl, 2005.
- [20] Bigalke, K., *Berechnung von Ausbreitungsklassenstatistiken auf Basis der synthetischen Windstatistiken für Baden-Württemberg*, Pinneberg: Im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2007.
- [21] Bigalke, K.; Ahrens, D.; Rau, M., *Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken zur Verwendung in Immissionsprognosen*, Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 68. Jahrgang (2008), 2008.
- [22] Bigalke, K.; Rau, M., *Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken für Baden-Württemberg - Hinweise für Anwender*, Pinneberg, Heilbronn: Auftraggeber: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2013.
- [23] Bigalke, K., Rau, M. et al., *Dokumentation - Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken - SynAKS für Deutschland - Berechnung - Qualitätssicherung - Anwendung (Version 1.1)*, Pinneberg, Heilbronn: www.metsoft.de, 2013.
- [24] Romberg, E.; et al, *NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase*, Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Nr. 56 Jahrgang 1996, pp.215-218, 1996.
- [25] 39. *BImSchV Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065)*, 2010.
- [26] Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz Baden-Württemberg, *"Modellierung verkehrsbedingter Immissionen - Anforderungen an der Eingangsdaten - Grundlage HBEFA 3.1"*, LUBW, Hrsg., Freiburg, 2010.
- [27] Ingenieurbüro Rau, *Lufthygienische Untersuchung für den Bebauungsplan 09B/20 „Füger-Weipertstraße“ Heilbronn*, Heilbronn: Stadt Heilbronn, Planungs- und Baurechtsamt, 2013.