

Rahmenkonzept Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement für die Stadt Heidelberg

Bearbeitungsstand: 03.12.2020

Rahmenkonzept

Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement für die Stadt Heidelberg

Erarbeitet für:



Stadt Heidelberg
Amt für Verkehrsmanagement
-Verkehrstechnik-

Erarbeitet durch:



Siemens Mobility GmbH
SMO NEE RC-DE ITS SUED
Dynamostraße 4
68165 Mannheim



VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH

VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH
Ullsteinstraße 120
12109 Berlin



IVU Umwelt GmbH Freiburg
Emmy-Noether-Straße 2
D-79110 Freiburg

Inhalt

Inhalt	II
Tabellenverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
1 Einleitung	9
1.1 Ziel- und Aufgabenstellung	9
1.2 Vorliegende Maßnahmenpläne	10
2 Allgemeine Beschreibung des Grundprinzips eines UVM	12
3 Grundlagen der Wirkungsanalyse der UVM-relevanten Maßnahmen	14
3.1 Verkehrsdaten	14
3.2 Verkehrszustand im Straßennetz	15
3.3 Umweltdaten und NO ₂ -Belastung im Nullfall	19
3.3.1 Identifikation von Hotspots mit einem Screening	19
3.3.2 Kfz-Daten und Emissionsberechnung	21
3.3.3 Screeningabschnitte	21
3.3.4 Vorbelastung	22
3.3.5 Meteorologie	23
3.3.6 Screeningberechnung und Ergebnisse	26
3.3.7 Messungen und Validierung	29
4 Maßnahmenentwicklung	31
4.1 Ausgangssituation	31
4.2 Vorgehensweise	31
4.3 Maßnahmen zur umweltorientierten Steuerung und Information des Straßenverkehrs	32
5 Bewertung der verkehrlichen Wirkungen der Maßnahmen	34
5.1 Planfall 1: Verstetigung	34
5.2 Planfall 2: Zuflussdosierung + Verstetigung	35
5.3 Planfall 3: Modale Verlagerung + Zuflussdosierung + Verstetigung	39

6	Wirkungen der Maßnahmen auf die NO ₂ -Belastung in den Hotspots _____	44
6.1	Verfahren zur Erzeugung einer virtuellen stündlichen Zeitreihe der NO ₂ -Belastung in den Hotspots	44
6.2	Ermittlung des Wirkungspotenzials von temporären UVM-Maßnahmen	46
6.4	Wirkungspotenzial von UVM am Beispiel Mittermaierstraße	47
6.5	Umweltseitige Wirkungsbetrachtung stadtwert	49
6.6	Zusammenfassung der Wirkungen und Ergebnisse	52
7	Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement (UVM) _____	54
7.1	Verkehrssteuerung	54
7.1.1	Leitstellensysteme der Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation	54
7.1.2	Erweiterung der genutzten Verkehrsmessdaten (Detektion und Verkehrslage)	57
7.1.3	Erweiterung des vorhandenen Verkehrssteuerungssystems	61
7.1.4	Integration Umweltmodell	64
7.2	Umweltmonitoring und Vorhersage mit IMMIS ^{mt}	64
7.2.1	Funktionsweise von IMMIS ^{mt}	66
7.2.2	Eingangsdaten und Schnittstellen	70
7.2.3	Exportschnittstellen	72
8	Informations- und Mobilitätsmanagement _____	74
8.1	Multimodales Mobilitätsmanagement	74
8.1.1	Bestandsaufnahme Mobilitätsangebote und nutzbare Daten	74
8.1.2	Bestandsaufnahme Mobilitätsinformationsdienste	81
8.1.3	Empfehlungen zum technischen Hintergrundsystem	87
8.2	Empfehlungen zur Erweiterung bestehender Mobilitätsinformationsdienste	87
8.3	Empfehlungen zu neuen Mobilitätsinformationsdiensten	90
8.4	Evaluation	94
8.7	Maßnahmen- und Kostenplan	98

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1	Ausgewählte Eingangsdaten und Screeningergebnisse für die Hotspots des Basisfalls sortiert nach absteigendem NO ₂ -Jahresmittelwert	28
Tabelle 5-1	Veränderung der LOS4 und LOS5 Anteile von Nullfall (Analyse) zum Planfall 1 (Verstetigung)	34
Tabelle 5-2	Änderung des DTV im Planfall 2 Zuflussdosierung zum Nullfall (Analyse)	37
Tabelle 5-3	Verkehrsstärkeveränderung der Planfälle	43
Tabelle 6-1	NO _x -Emissionen in der Spitzenstunde für die ausgewählten Abschnitt für den Basisfall und die drei Planfälle (PF) mit Veränderung der Planfälle zum Basisfall.....	47
Tabelle 6-2	Annahmen zur Wirkungsschätzung im Hotspot Mittermaierstraße	48
Tabelle 6-3	Auswertung des Minderungspotenzials und der Aktivierungsraten für den Hotspot Mittermaierstraße unter den gegebenen Rahmenbedingungen	49
Tabelle 6-4	Wirkungspotenzial der drei Planfälle bei einem Schwellenwert 60 µg/m ³	51
Tabelle 6-5	Wirkungspotenzial der drei Planfälle bei einem Schwellenwert 70 µg/m ³	51
Tabelle 6-6	Wirkungspotenzial der drei Planfälle bei einem Schwellenwert 80 µg/m	52
Tabelle 8-1	Analyse Auskunftssysteme.....	86
Tabelle 8-2	Empfehlungen zur Erweiterung der Auskunftssysteme sowie verbundener Integrationsschritte	90

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1	Vorgehen bei der Maßnahmenentwicklung in den kritischen Straßenabschnitten.....	9
Abbildung 2-1	Zeitreihe einer gemessenen NO ₂ -Konzentration in einem verkehrlichen Hotspot (rot) mit temporären Minderungen (grün) bei Überschreiten eines Schwellenwerts.....	12
Abbildung 2-2	UVM System - Übersicht	13
Abbildung 3-1	Untersuchungsgebiet.....	14
Abbildung 3-2	Zusammensetzung der Streckenbelastung aus Binnenverkehr, Quell- und Zielverkehr sowie Fernverkehr	15
Abbildung 3-3	HBEFA Verkehrszustand 2017, LOS 4 (Stop+Go), Mo-Do 06:00 - 09:00 Uhr.....	17
Abbildung 3-4	HBEFA Verkehrszustand 2017, LOS 5 (Stop+Go2), Mo-Do 06:00 - 09:00 Uhr.....	18
Abbildung 3-5	HBEFA Verkehrszustand 2017, LOS 5 (Stop+Go2), Mo-Do 16:00 – 17:00 Uhr, Teilausschnitt Berliner Straße	19
Abbildung 3-6	Schema der Zusammensetzung der städtischen Gesamtbelastung (LENSCHOW ET AL., 2001).....	20
Abbildung 3-7	Straßenabschnitte mit Randbebauung im Stadtgebiet von Heidelberg für die Screeningberechnungen durchgeführt wurden mit Darstellung des Baulückenanteils (Porosity).....	22
Abbildung 3-8	Darstellung der räumlichen Verteilung der angenommenen NO ₂ -Vorbelastung für die Screeningberechnungen	23
Abbildung 3-9	Ausschnitt aus dem Windrosenatlas der LUBW für das Stadtgebiet von Heidelberg mit Markierung der in dieser Untersuchung verwendeten Datensätze.....	24
Abbildung 3-10	Windrosen der für Heidelberg verwendeten Meteorologiedaten (Quelle met Soft GbR).....	25
Abbildung 3-11	Zuordnung der meteorologischen Daten zu den Screeningabschnitten.....	26

Abbildung 3-12	NO ₂ -Belastung an Screeningabschnitten in Heidelberg für das Bezugsjahr 2017.	27
Abbildung 3-13	Darstellung der berechneten Hotspots in Heidelberg mit Angabe der ID gemäß Tabelle 3-1	28
Abbildung 3-14	NO ₂ Jahresmittelwerte in Heidelberg [Daten UBA].....	29
Abbildung 4-1	Verkehrstromanalyse (Quellaufkommen) Mittermaierstraße	31
Abbildung 5-1	Verteilung des den Hotspot (gelb) durchfahrenden Kfz-Verkehrs im weiteren Netz (rot)	35
Abbildung 5-2	Knotenpunkte für die Zuflussdosierung.....	36
Abbildung 5-3	Vorgelagerte Knotenpunkte der Zuflussdosierung	38
Abbildung 5-4	Verkehrliche Wirkungen der weiträumigen Zuflussdosierung.....	39
Abbildung 5-5	Modal Split in Heidelberg (Quelle: SrV 2013).....	40
Abbildung 5-6	Verkehrsentwicklungsplan Heidelberg 2035, P+R-Plätze im Bestand.....	41
Abbildung 5-7	Spinnenbelastung im Norden	42
Abbildung 5-8	Spinnenbelastung Stadtzentrum	42
Abbildung 6-1	Jahreszeitreihe der 4-Wochenmittelwerte der NO ₂ Konzentration am Hotspot Mittermaierstraße	45
Abbildung 6-2	Stündlichen (virtuelle) Zeitreihe der NO ₂ -Stundenmittelwerte für den Hotspot Mittermaierstraße und im städtischen Hintergrund in Heidelberg sowie die 4-Wochenmittelwerte des Passivsammler-Messung.....	45
Abbildung 6-3	Darstellung der Jahreszeitreihe der Schwellenwertüberschreitungen pro Tag und Aktivierungen des Planfalls 3 als Tagesaktivierung	48
Abbildung 6-4	Zeitreihe der NO ₂ -Konzentration am Hotspot Mittermaierstraße Im Basisfall (rot) und bei temporärer Anwendung des Planfalls 3 (grün) bei Überschreiten des stündlichen Schwellenwerts von 70 µg/m ³ (schwarz)	49
Abbildung 7-1	Komponenten des Zielsystems.....	54
Abbildung 7-2	Zielsystem Verkehrssteuerung	57

Abbildung 7-3	Vorschlag zum Aufbau strategischer Verkehrsmesstellen	59
Abbildung 7-4	Allgemeiner Datenfluss der Verkehrslageberechnung	60
Abbildung 7-5	Standortvorschlag Informationstafeln	61
Abbildung 7-6	Systemumgebung - In Heidelberg bereits vorhandenes Software und Hardware System (dunkelblau) sowie Erweiterungen	63
Abbildung 7-7	Regelkreis der Umweltorientierten Verkehrssteuerung	64
Abbildung 7-8	System Design des Gesamtsystems IMMIS ^{mt}	65
Abbildung 7-9	Schema der Luftschadstoffmodellierung je Straßenabschnitt in IMMIS ^{mt}	67
Abbildung 7-10	Zeitreihendarstellung von IMMIS ^{mt} Viewer	69
Abbildung 7-11	Zeitreihendarstellung der Tagesmittelwerte (links) und Monatsmittelwerte (rechts) von IMMIS ^{mt} -Viewer	69
Abbildung 7-12	Kartendarstellung der mit IMMIS ^{mt} stadtweit modellierten NO ₂ -Immissionen auf den Straßenabschnitten des Verkehrsnetzes am Beispiel der Stadt Braunschweig	70
Abbildung 7-13	Eingangsdaten und Ergebnisse mit Schnittstellen	71
Abbildung 8-1	Übersicht Service Provider und Mobilitätsdaten	75
Abbildung 8-2	Ladesäulen der Stadtwerke Heidelberg (Quelle https://www.swhd.de/elektro_ladesaeulen)	78
Abbildung 8-3	Stadtmobil und JoeCar in Heidelberg (Quelle https://rhein-neckar.stadtmobil.de/privatkunden/stationen/)	79
Abbildung 8-4	Flinkster in Heidelberg (Quelle https://www.flinkster.de/kundenbuchung/process.php?proc=station&f=3)	80
Abbildung 8-5	VRNnextbike in Heidelberg (Quelle https://www.vrnnextbike.de/de/heidelberg/)	80
Abbildung 8-6	Flinkster in Heidelberg (Quelle https://www.callabike-interaktiv.de/de/staedte/Heidelberg)	81
Abbildung 8-7	VRN App und Screenshot des Routenplaners auf www.vrn.de (Quelle: https://www.vrn.de/)	82

Abbildung 8-8	rnv Fahrplanauskunft (Quelle: https://www.rnv-online.de/).....	83
Abbildung 8-9	Aktueller Internetauftritt Stadtplan Heidelberg (Quelle: https://ww2.heidelberg.de/mapservicemobile/index-bst.jsp).....	84
Abbildung 8-10	Mein Heidelberg App (Quelle: http://www.meinheidelberg.de/)	85
Abbildung 8-11	Umsetzungsbeispiele Multimodaler Mobilitätsmonitor	93
Abbildung 8-12	Umsetzungsstufen	95
Abbildung 8-13	Übersicht zu den Aufgaben der Verkehrsredaktion	96

1 Einleitung

1.1 Ziel- und Aufgabenstellung

Ziel dieses Vorhabens ist es, ein Stufenkonzept für die Weiterentwicklung der intelligenten Verkehrssteuerung mit Fokus auf ein umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement (UVM) für die Stadt Heidelberg zu erarbeiten und einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der Luftschadstoffbelastung im Rahmen der Digitalisierung des Verkehrssystems zu leisten.

Ziel dabei ist, die Luftschadstoffbelastung, insbesondere durch Stickstoffdioxid in Heidelberg, nicht nur in der Berliner Straße (in der Nähe der Dauermessstation zur Erfassung der städtischen Konzentrationen (städtischer Hintergrund Heidelberg) und der verkehrsnahen Spotmessstelle „Heidelberg Mittermaierstraße“, sondern in den Belastungsschwerpunkten im gesamten Stadtgebiet zu reduzieren. Insbesondere vorhandene Defizite in der Verkehrssteuerung im gesamten Hauptverkehrsstraßennetz, die in der Regel zu Stau und zu hohen Immissionsbelastungen führen, sollen identifiziert und konkrete Maßnahmen zu Verbesserung der Situation entwickelt werden. Abbildung 1-1 zeigt das Vorgehen in einer Übersicht.

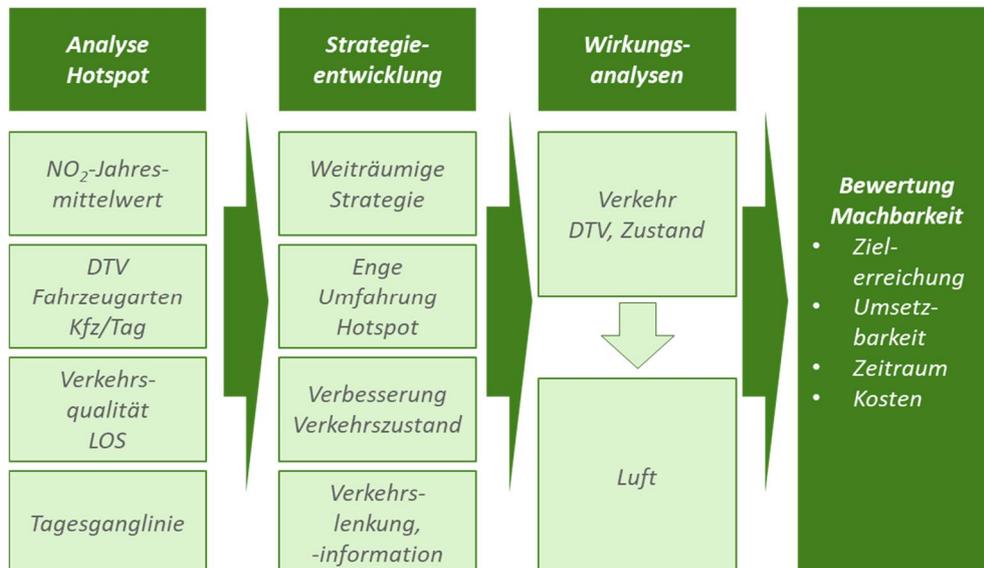


Abbildung 1-1 Vorgehen bei der Maßnahmenentwicklung in den kritischen Straßenabschnitten

Im Konzept werden die Wirkungen der verschiedenen Maßnahmen auf die Verkehrs- und Luftschadstoffsituation ermittelt, die Maßnahmen mit dem höchsten Wirkungsgrad aufgezeigt und die notwendigen Instrumente für ihre Umsetzung dargestellt. Im Ergebnis werden Fachkonzepte für die Umsetzung von Maßnahmen erarbeitet und ein Zeit- und Kostenplan vorgelegt.

Dabei besteht die Zielsetzung, die erforderlichen Investitionen für eine intelligente Verkehrssteuerung und ein verkehrsmittelübergreifendes Mobilitätsmanagement, nicht nur für das umweltorientierte Verkehrsmanagement, sondern auch nachhaltig weiter zu nutzen.

Bei der Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkungen auf den Verkehr und die Luftschadstoffbelastung wird zweistufig vorgegangen. Zuerst werden abgestimmte Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmenbündeln untersucht.

In einem zweiten Schritt werden die für die Zielerreichung vorrangigen Maßnahmen zusammengestellt und in ihre verkehrliche und umweltseitige Gesamtwirkung vertieft ermittelt und dargestellt.

Im Einzelnen gliedert sich die Erarbeitung des Rahmenkonzeptes in folgende Arbeitsschritte:

- Analyse der vorhandenen Datengrundlagen für ihre Nutzung in der umweltorientierten Verkehrssteuerung
- Analyse der Verkehrsqualität im Hauptverkehrsstraßennetz entsprechend HBEFA LOS auf Basis historischer FCD-Daten aus dem Jahr 2017
- Untersuchung der verkehrlichen Wirkung von möglichen Einzelmaßnahmen sowie Maßnahmenbündeln
- Ermittlung des Potenzials dieser Maßnahmen(-bündel) zur Minderung der Luftschadstoffbelastung
- Festlegung und Bewertung eines Zielszenarios für ein UVM, in dem die erfolgversprechenden Maßnahmen zusammenstellt sind
- Erarbeitung von Fachkonzepten (Monitoring der Verkehrs- und Umweltbelastung, Umweltorientierte Steuer- und Informationsstrategien, Verkehrsredaktion, Multimodales Mobilitätsmanagement) zur Umsetzung des UVM
- Entwicklung eines Maßnahmen-, Zeit- und Kostenplans

1.2 Vorliegende Maßnahmenpläne

Wesentliche Grundlage bildet der Gemeinsame Masterplan für eine nachhaltige Mobilität in den Städten Mannheim, Heidelberg und Ludwigshafen.

Als Schwerpunkte des Masterplans in Heidelberg werden darin beschrieben:

„Digitalisierung des Verkehrs über eine intelligente und umweltorientierte Verkehrssteuerung sowie ein digitales Baustellenmanagement. Mit der Möglichkeit der Verarbeitung und Verknüpfung großer Datenmengen sollen diese für die Bürgerinnen und Bürger leicht erreichbar sein. Anhand dieser Echtzeit- Informatio-

nen können sie ihre Wege im Tagesverlauf und/oder mit unterschiedlichen Fortbewegungsmitteln besser planen. So kann unnötiger Verkehr vermieden und damit der Schadstoffausstoß verringert werden.

Elektrifizierung des Verkehrs: Nach und nach sollen die von der Stadt Heidelberg genutzten Autos, Transporter, Müllautos, Fahrzeuge der Straßenreinigung oder weitere Sonderfahrzeuge vor allem durch batterie- oder wasserstoffbetriebene Elektrofahrzeuge ausgetauscht werden. Zudem sind unter anderem eine Wasserstofftankstelle und die Errichtung von E-Ladestationen im halböffentlichen Straßenraum geplant, also zum Beispiel auf Supermarkt-Parkplätzen oder in Parkgaragen.

Deutliche Verbesserung der Radinfrastruktur, insbesondere über Radschnellverbindungen. Geplant sind ein Radschnellweg von Heidelberg über Mannheim nach Ludwigshafen und ein weiterer vom Neuenheimer Feld über die Bahnstadt und Patrick-Henry-Village nach Schwetzingen.

Schaffung von Verknüpfungspunkten für eine intermodale Mobilität – auf diese Weise sollen innerhalb eines Weges künftig unterschiedliche Verkehrsmittel stärker genutzt werden.

Mit dem „Masterplan 100 % Klimaschutz“ geht Heidelberg noch einen Schritt weiter: Die Stadt will bis zum Jahr 2050 die CO₂-Emissionen um 95 Prozent reduzieren und den Energiebedarf der Kommune um die Hälfte senken. Dazu sind weitreichende Maßnahmen zur Vermeidung oder Umstellung des motorisierten Verkehrs erforderlich. „Im motorisierten Individualverkehr (MIV) stammen insgesamt 72 % der CO₂-Emissionen aus Binnen- und Quell-Zielverkehren im Stadtgebiet.“ „Die Verlagerung von Fahrten auf emissionsärmere und emissionsfreie Verkehrsmittel des Umweltverbands hat ebenfalls ein großes Minderungspotenzial. Mit einer Verlagerung vom Pkw auf öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Bahn) werden die CO₂-Emissionen pro Fahrt um 40-70% reduziert“.

Eine weitere wesentliche Grundlage bildet der aktuelle Arbeitsstand zum Verkehrsentwicklungsplan Heidelberg 2035. Von besonderer Bedeutung sind dabei die formulierten Ziele für Mobilität und Verkehr mit ihren Handlungsfeldern und Strategien, wie bspw. im Klimaschutz zur Weiterentwicklung von Infrastruktur und vernetzten Verkehrsangeboten im SPNV/ ÖPNV (kommunal und regional in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Akteuren) sowie die Förderung inter- und multimodaler Verhaltensweisen durch besondere Verkehrsangebote und Dienstleistungen.

2 Allgemeine Beschreibung des Grundprinzips eines UVM

Um die verbindlichen Grenzwerte der Immissionsbelastung einzuhalten, wurden und werden kommunale und regionale Luftreinhaltepläne erstellt und Minderungsmaßnahmen festgelegt. Auf Grund des hohen Verursacheranteils haben Maßnahmen für den Kfz-Verkehr dabei eine besondere Bedeutung.

Zu unterscheiden sind beim Kfz-Verkehr statische und dynamische Maßnahmen. Als dynamische Maßnahme wird zur Senkung der Immissionsbelastungen an den Hotspots vermehrt auf das umweltsensitive Verkehrsmanagement (UVM)¹ gesetzt, um die Eingriffe in den Verkehrsablauf auf solche Situationen zu beschränken, die hinsichtlich der Einhaltung von Grenzwerten der Luftqualität besonders effektiv sind [FGSV, 2014].

Dabei wird berücksichtigt, dass die NO₂-Konzentrationen in Hotspots starken zeitlichen Schwankungen unterliegen und über ein temporäres Kappen von Immissionsspitzen ein UVM einen relevanten Beitrag zur Minderung des NO₂-Jahresmittelwerts leisten kann (s. Abbildung 2-1).

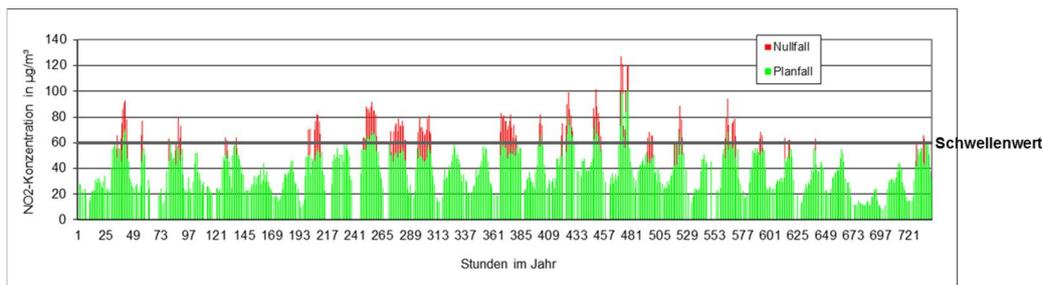


Abbildung 2-1 Zeitreihe einer gemessenen NO₂-Konzentration in einem verkehrlichen Hotspot (rot) mit temporären Minderungen (grün) bei Überschreiten eines Schwellenwerts.

Für den Einsatz des UVM ist ein System erforderlich, das es erlaubt, die aktuelle und/oder zu erwartende Luftschadstoffbelastung zu bestimmen sowie die notwendigen Informationen für die Umsetzung von Steuerungsmaßnahmen bereitzustellen. Ein bereits vorhandenes dynamisches Verkehrsmanagement wird als UVM damit zu einem multikriteriellen Managementsystem erweitert. Um dies zu realisieren, wird im Allgemeinen an eine vorhandene städtische Verkehrssteuerung ein sogenanntes Umweltmodul (Online-Prognosemodell) gekoppelt. Diese Prognosemodelle können dann darüber hinaus auch zur aktuellen Information der Öffentlichkeit zu den eingeleiteten Maßnahmen verwendet werden.

Abbildung 2-2 gibt einen Überblick über das UVM System. Auf Grundlage aktueller Verkehrsdaten (Verkehrsstärke, lokale Geschwindigkeit, Verkehrslage) sowie der Daten zur Meteorologie und Hintergrundbelastung erfolgt mittels Immissionsmodellierung die Berechnung der aktuellen Luftschadstoffbelastung in den

¹ Teilweise auch als „umweltorientiertes Verkehrsmanagement“ bezeichnet.

Hotspots und ggf. im gesamten Hauptverkehrsstraßennetz. Bei Überschreitung im Vorfeld festgelegter Schwellenwerte (bspw. der NO_2 -Belastung) erfolgt die Auslösung der Umweltorientierten Verkehrssteuerungsstrategien (Verflüssigung, Zuflussdosierung) mittels der vorhandenen und geeigneten LSA.

Darüber hinaus erfolgt eine Information der Verkehrsteilnehmer über die aktuelle Belastungssituation bzw. über die zu erwartenden hohe Luftschadstoffbelastung (Prognose) und die dafür eingeleiteten Maßnahmen mittels Informationstafeln, mobilen Applikationen mit dem Ziel, die Verkehrsmenge zu reduzieren und den Verkehr in den kritischen Bereichen zu verflüssigen.

Gleichzeitig können verkehrliche und umweltrelevante Abbruchkriterien für die Rücknahme der Steuerstrategien ausgelöst werden.

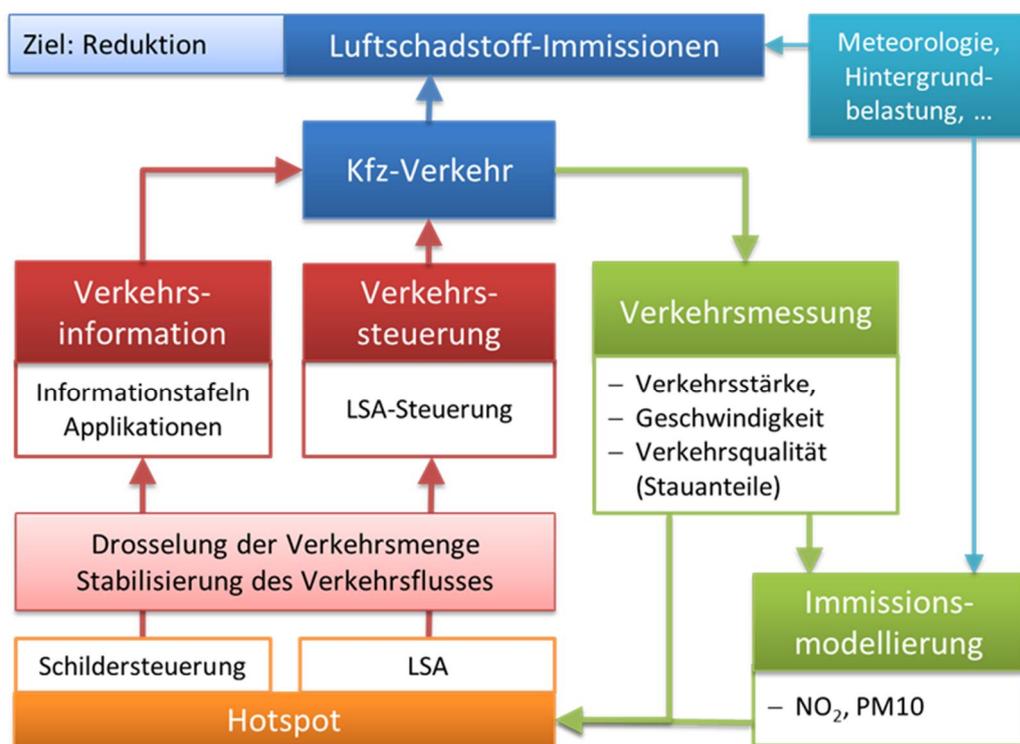


Abbildung 2-2 UVM System - Übersicht

3 Grundlagen der Wirkungsanalyse der UVM-relevanten Maßnahmen

Voraussetzung für die Wirkungsanalyse ist eine Gegenüberstellung der verkehrlichen und lufthygienischen Wirkungen zwischen einem Nullfall und den einzelnen Planfällen. Die Bewertung soll für die Hotspots im Hauptverkehrsstraßennetz der Stadt Heidelberg erfolgen.

Das Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 3-1 dargestellt und umfasst das gesamte Stadtgebiet der Stadt Heidelberg und bindet hinsichtlich der Verkehrsnachfrage und den verkehrlichen Wirkungen die angrenzenden Gebietskörperschaften ein.

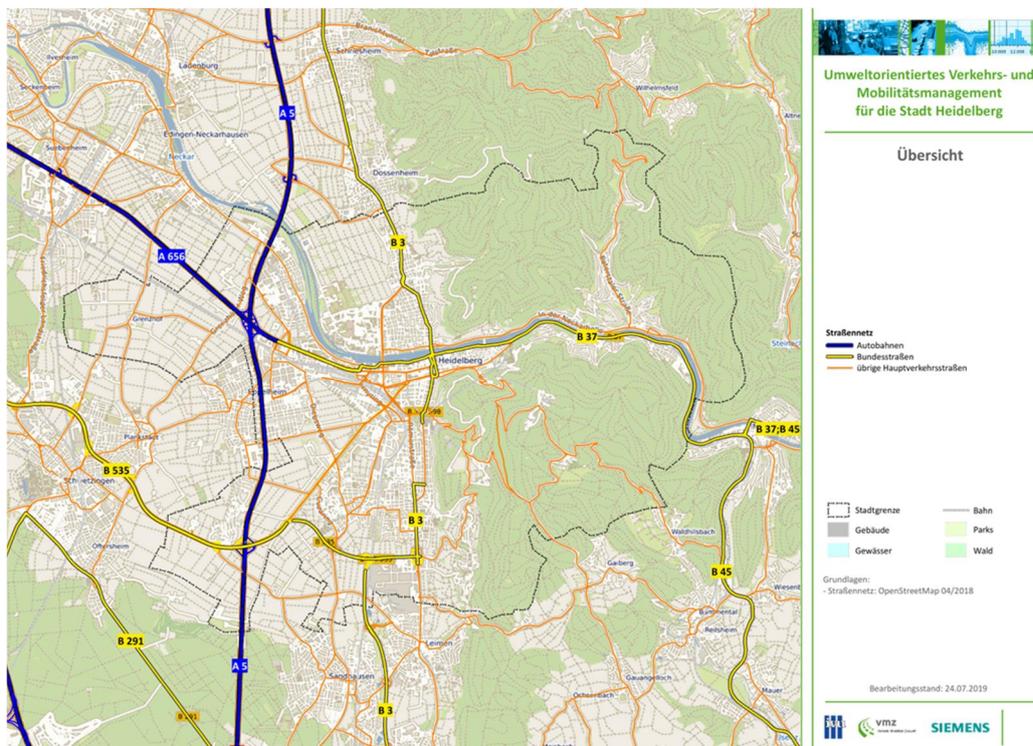


Abbildung 3-1 Untersuchungsgebiet

In diesem Kapitel werden die für die verkehrliche und die umweltseitige Bewertung der Maßnahmen genutzten Grundlagen dargestellt.

3.1 Verkehrsdaten

Zur Abbildung der Verkehrsstärken im Hauptverkehrsstraßennetz und als Grundlage der Maßnahmenentwicklung wurde durch die Stadtverwaltung ein Verkehrsmodell mit Stand 2015 zur Verfügung gestellt.

Das VISUM-Verkehrsmodell des Individualverkehrs (IV) bildet die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken an Werktagen (DTV_w) 2015 ab.

Das Verkehrsmodell deckt das Untersuchungsgebiet vollständig ab. Eine Plausibilitätsprüfung der modellierten Belastungen erfolgte anhand von Abgleichen mit Zählwerten, die von der Stadt zur Verfügung gestellt wurden.

Im Ergebnis der Modifizierungen des Verkehrsmodells wird die Verkehrssituation 2017 abgebildet.

Eine erste Analyse der Zusammensetzung des Kfz-Verkehrs zeigt, dass auf den in die Innenstadt führenden Hauptverkehrsstraßen der Quell- und Zielverkehr zwischen Heidelberg und der Region von besonders hoher Bedeutung ist (Abbildung 3-2). Besonders auffällig ist der hohe Anteil des Quell- und Zielverkehrs auf der nach Heidelberg führenden A656. Der Fernverkehr (Durchgangsverkehr) tangiert Heidelberg in Nord-Süd-Richtung über die BAB A5. Dies macht jedoch auch deutlich, dass bei Störungen auf der A5 die städtischen Hauptverkehrsstraßen als Alternativrouten zur Umfahrung genutzt werden.

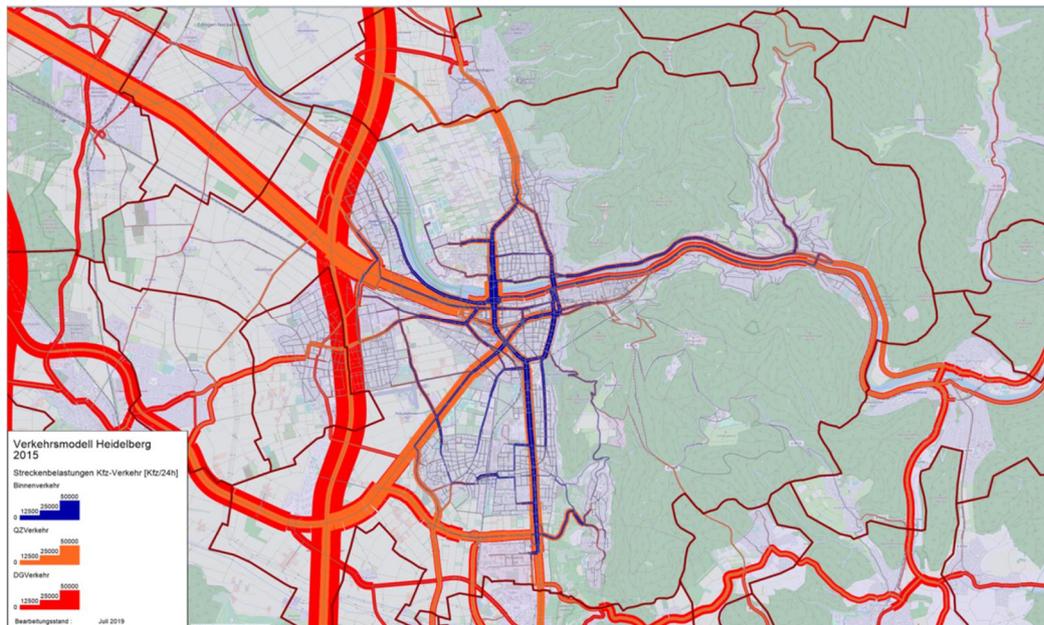


Abbildung 3-2 Zusammensetzung der Streckenbelastung aus Binnverkehr, Quell- und Zielverkehr sowie Fernverkehr

3.2 Verkehrszustand im Straßennetz

Die Ermittlung der Emissionen des Kfz-Verkehrs erfolgt anhand des Handbuches für Emissionsfaktoren, Version 4.1 („HBEFA“). Im HBEFA besitzt insbesondere der Verkehrszustand eine große Bedeutung für die Höhe der Fahrzeugemission. Das HBEFA unterscheidet dabei fünf sogenannte Level-of-Service (LOS-Stufen: LOS1 = flüssig, LOS2 = dicht, LOS3 = gesättigt, LOS4 = Stop+Go, LOS5=Stop+Go2).

In einem Echtzeit-Monitoringsystem müssen, für die Modellierung der Umweltbelastung, diese Stufen aktuell zur Verfügung gestellt werden. Dabei bedient

man sich Verfahren, die Daten aus strategischen Verkehrsmessstellen mit Floating Car Data und Meldungen fusionieren.

Floating Car Data (FCD) sind aktuelle Reisezeit- bzw. Reisegeschwindigkeitsmessungen aus einer größeren Anzahl an Fahrzeugen. Derartige Daten können von kommerziellen Anbietern wie beispielsweise TomTom, INRIX oder HERE erworben werden. Hierbei werden in der Regel keine Weg-Zeit-Daten einzelner Fahrzeuge übermittelt, sondern vielmehr mittlere Geschwindigkeiten als Repräsentanten für den jeweiligen richtungsbezogenen Streckenabschnitt und den jeweiligen Zeitpunkt. Die Datenquellen für die Erfassung der Reisezeiten sind u. a. portable oder in den Fahrzeugen fest eingebaute Navigationsgeräte sowie Smartphone-Apps und Daten von Mobilfunkanbietern.

Im Rahmen der vorliegenden Wirkungsanalyse wurde bereits ein solches Verfahren der VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH für die Aufteilung der Verkehrsstärke auf die LOS-Anteile für den Nullfall eingesetzt. Als Datengrundlage wurden hierfür FCD Daten des zum Zeitpunkt der Bearbeitung aktuell vollständig vorliegenden Jahres, des Kalenderjahres 2017, verwendet. Die Ableitung des HBEFA-Verkehrszustands erfolgt auf Basis von Geschwindigkeitsinformationen aus Floating Car Data der Firma TomTom. Hierbei werden die aktuellen Geschwindigkeitsinformationen, die auf dem Straßennetz abschnitts- und richtungsgetrennt vorliegen, mit den kinematischen Parametern der im HBEFA hinterlegten Fahrzyklen (hier: mittlere Geschwindigkeit) verknüpft.

Unter Verwendung dieser Zuordnungsvorschrift(en) wurden die Verkehrsstärkeanteile der fünf Verkehrszustände nach HBEFA abschnitts- und richtungsgetrennt für das Kalenderjahr 2017 berechnet. Das Jahr 2017 wurde als Grundlage für die Verkehrszustandsberechnung herangezogen, um eine möglichst aktuelle Abbildung zu erhalten.

In Abbildung 3-3 und Abbildung 3-4 sind die Fahrleistungsanteile im Verkehrszustand Stop+Go sowie Stop+Go2 entsprechend HBEFA 4.1 beispielhaft dargestellt.

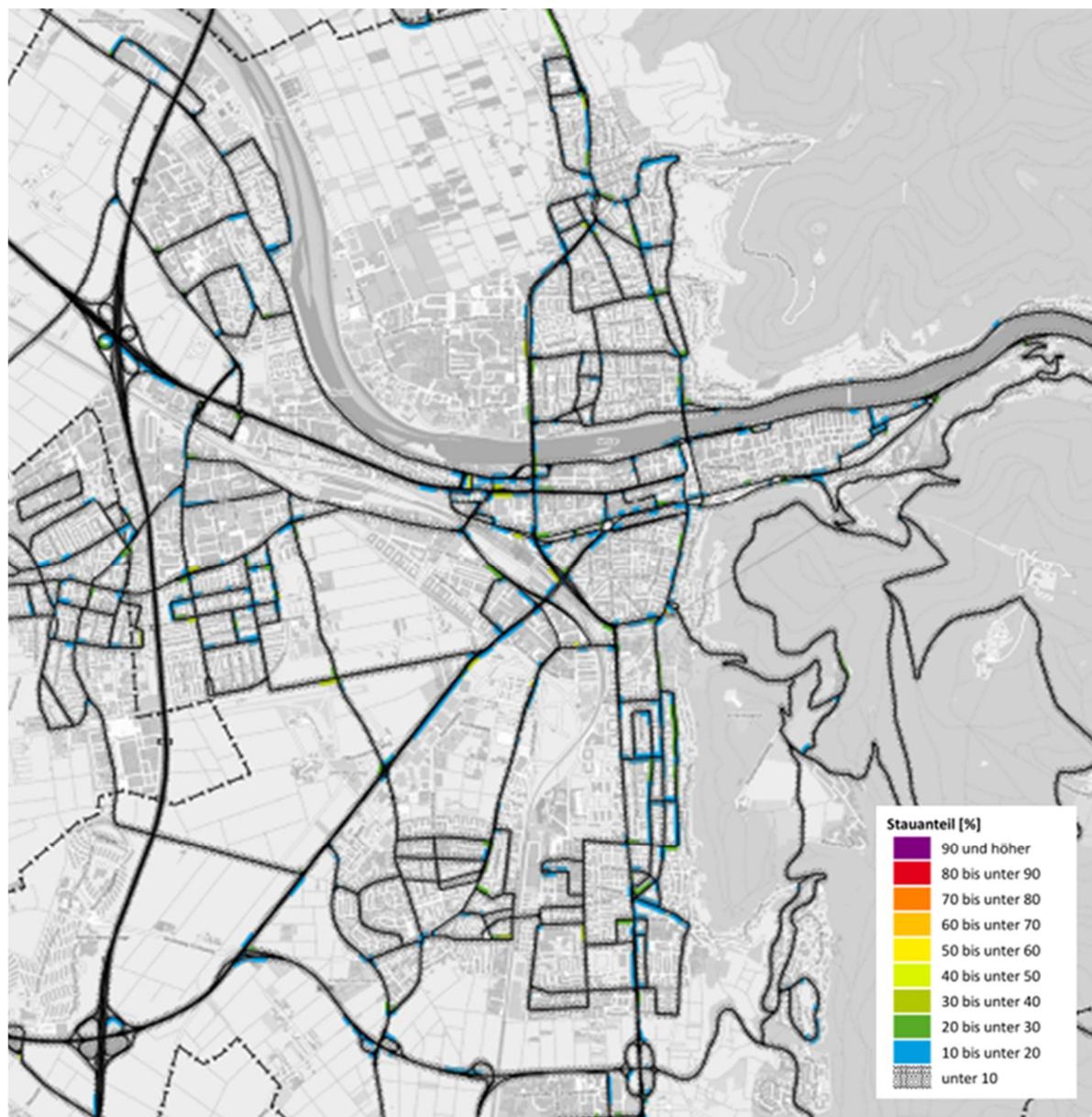


Abbildung 3-3 HBEFA Verkehrszustand 2017, LOS 4 (Stop+Go), Mo-Do 06:00 - 09:00 Uhr

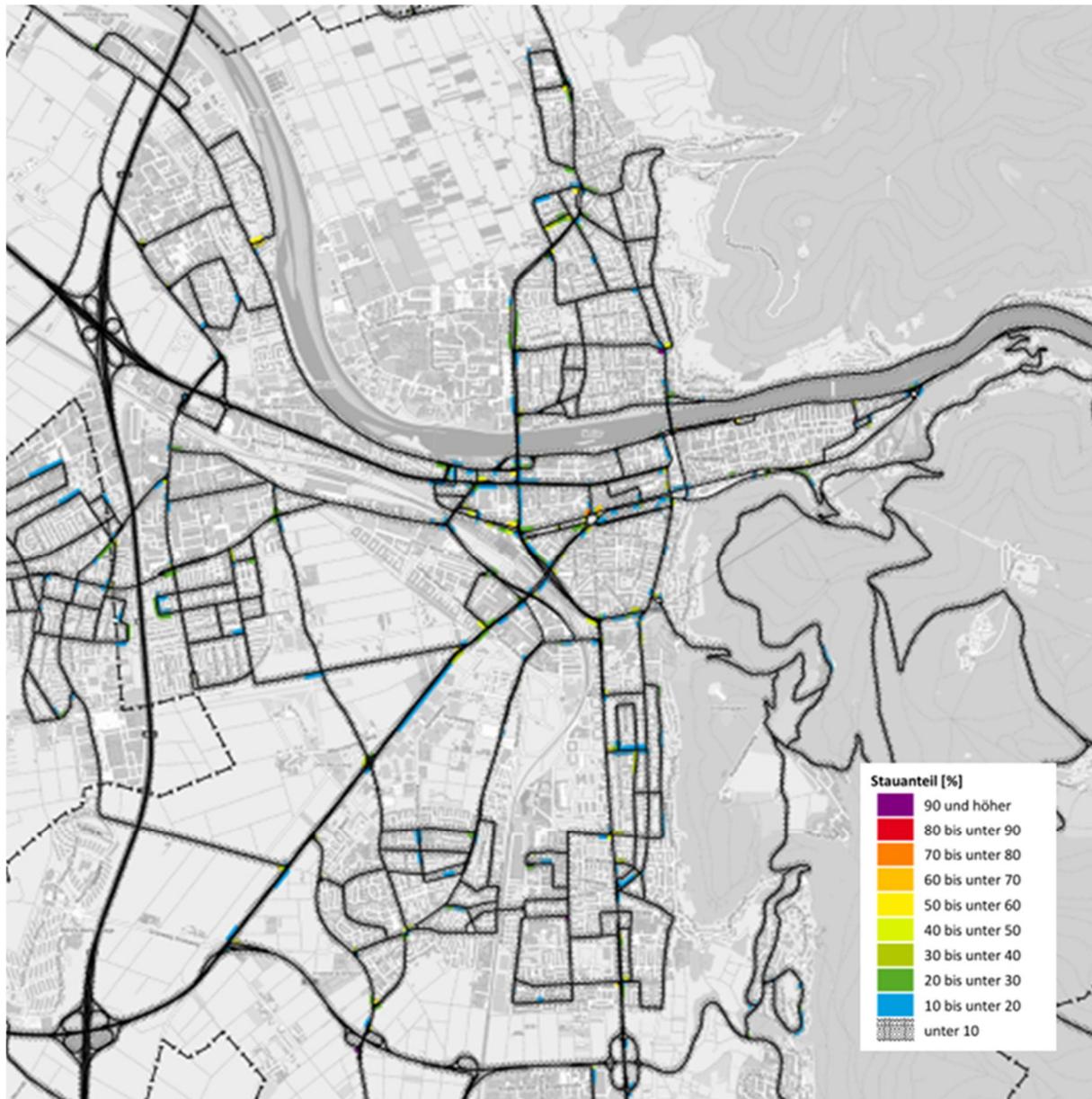


Abbildung 3-4 HBEFA Verkehrszustand 2017, LOS 5 (Stop+Go2), Mo-Do 06:00 - 09:00 Uhr

Insgesamt ist eine sehr gute Verkehrsqualität im Hauptverkehrsstraßennetz festzustellen. Insbesondere auf den wichtigen Einfall- und Hauptverkehrsstraßen, wie in der Kurfürstenanlage, der Berliner Straße, Speyerer Straße und Bergheimer Straße, sind Stauanteile um 50% zu verzeichnen. Nachfolgende Abbildung 3-5 verdeutlicht die hohen Stauanteile für die Berliner Straße.

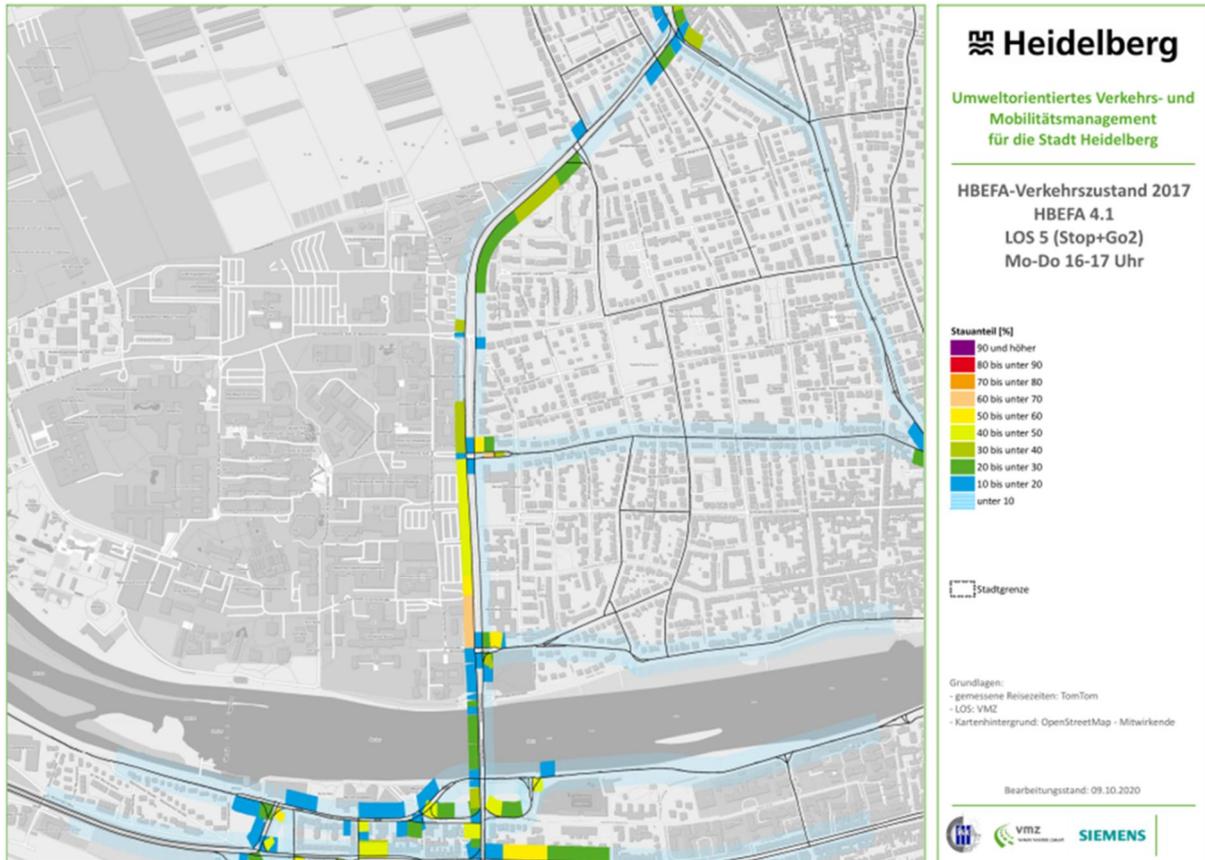


Abbildung 3-5 HBEFA Verkehrszustand 2017, LOS 5 (Stop+Go2), Mo-Do 16:00 – 17:00 Uhr, Teilausschnitt Berliner Straße

Bei der umweltorientierten Verkehrssteuerung handelt es sich um bedarfsorientierte Eingriffe in den Verkehrsablauf, die nur bei drohenden Überschreitungen festgelegter NO_2 -Schwellenwerte ausgelöst werden. Diese Eingriffe sind vor allem in den werktäglichen Spitzenzeiten bei hohen Verkehrsstärken erforderlich. Ziel der Verflüssigung des Verkehrs ist es, die Anteile LOS 4 und LOS 5 soweit wie möglich zu reduzieren.

3.3 Umweltdaten und NO_2 -Belastung im Nullfall

3.3.1 Identifikation von Hotspots mit einem Screening

Eine schematische Darstellung, wie sich die Luftbelastung innerhalb einer Stadt zusammensetzt, zeigt die Abbildung 3-6. An den verkehrlichen Hotspots ist die Gesamtbelastung die Summe aus regionalem Hintergrund, urbanem Hintergrund und Zusatzbelastung.



Abbildung 3-6 Schema der Zusammensetzung der städtischen Gesamtbelastung (LENSCHOW ET AL., 2001)

Die Berechnung der Immissionsbelastung in den bebauten Hauptstraßen erfolgt mit dem Modellsystem IMMIS im vorliegenden Fall mit den Komponenten IMMIS^{em} und IMMIS^{luft}.

Zur Berechnung der Zusatzbelastung in den besiedelten Straßenabschnitten kommt das Screeningmodell IMMIS^{luft} in der Version 8 auf Basis des aktuellen Handbuchs für Emissionsfaktoren 4.1 (HBEFA) zum Einsatz.

Das Modell berechnet für bebauungs- und verkehrshomogene Straßenabschnitte jeweils einen Wert der Zusatzbelastung auf Basis von sogenannten Kopplungswerten und den verkehrsbedingten Emissionen des jeweiligen Straßenabschnitts unter Berücksichtigung des Jahresmittelwerts der Windgeschwindigkeit. Die Kopplungswerte stellen den Zusammenhang zwischen den Emissionen im Straßenraum und der zu berechnenden Zusatzbelastung her. Sie werden auf der Basis einer meteorologischen Zeitreihe oder Statistik für verschiedene Straßenraumgeometrien mit dem Modell IMMIS^{cpb} vorprozessiert (Wiegand & Diegmann, 1994²).

Da von einem Screeningverfahren im Allgemeinen eine konservative Berechnung der Konzentration im Sinne einer tendenziellen Überschätzung verlangt wird, wird bei IMMIS^{luft} die Zusatzbelastung pro Straßenabschnitt für zwei fest definierte Aufpunkte im Straßenquerschnitt in der minimal erlaubten Messhöhe von 1.5 m, beidseits der Straße im Abstand von 15 % des Bebauungsabstandes (quer zur Straße) von der Bebauung, berechnet. Ausgegeben wird der höhere der beiden berechneten Werte.

Ein Straßenabschnitt wird als in sich homogen bezeichnet, wenn er auf beiden Seiten homogen, d. h. mit einer Höhendifferenz von bis zu ± 10 % der durchschnittlichen Höhe, durchgehend bebaut und mindestens doppelt so lang wie breit ist. Um Baulücken in einem Straßenabschnitt zu berücksichtigen, kann eine

² Wiegand, G.; Diegmann, V., 1994: Modellierung der Immissionsbelastung inerten Schadstoffe in Innenstädten durch den Kfz-Verkehr auf der Basis von Häufigkeitsverteilungen. In: Ossing, F. (Hrsg.): EDV für Verkehrskonzepte in Stadt und Region. Praxis der Umweltinformatik, Band 3. Metropolis Verlag, Marburg, 1994.

Porosität vorgegeben werden, die sich aus Länge und Breite des Straßenabschnitts sowie der bebauten Länge berechnet. Für Porositäten > 90 % wird von einem Straßenabschnitt ohne Bebauung ausgegangen, für den der Einsatz von IMMISluft nicht gültig ist. Bei Abschnitten ohne Randbebauung ist von einer deutlich niedrigeren Luftschadstoffbelastung auszugehen als bei Abschnitten mit vergleichbarem Verkehrsaufkommen und einer vorhandenen Randbebauung. Außerdem liegt bei fehlender Bebauung auch keine direkte Betroffenheit vor. Straßenabschnitte ohne Randbebauung werden in der vorliegenden Untersuchung nicht betrachtet. Die Bildung der Screeningabschnitte und die Ermittlung der Straßenraumgeometrie für das Screening mit IMMISluft wird in Abschnitt 3.3.3 beschrieben. Bei einem Vergleich von mit einem Screening-Verfahren berechneten Konzentrationen mit realen Messwerten muss immer berücksichtigt werden, dass es sich bei einem Screeningverfahren um ein stark vereinfachendes Verfahren handelt.

Zur Berechnung der Gesamtbelastung wird noch der Gesamthintergrund, bzw. die sogenannte Vorbelastung, benötigt. Unter der Vorbelastung wird der Anteil der Gesamtbelastung aus der Summe des urbanen und regionalen Hintergrunds für einen Straßenabschnitt verstanden, der nicht durch den Verkehr des Abschnitts (Zusatzbelastung) selbst verursacht wird.

Als Bezugsjahr für die Betrachtung der Umweltsituation wurde in Abstimmung mit der Stadt das Jahr 2017 festgelegt.

Für die Screeningberechnungen wurden folgende Arbeiten durchgeführt

- Aufbereitung des Netzes des Kfz-Verkehrs und Berechnung der Kfz-Emissionen
- Ableitung von Straßenabschnitten und Bebauungsgeometrie
- Abschätzung der Vorbelastung
- Auswahl und Aufbereitung Meteorologie
- Durchführung der Modellierung und Evaluierung

3.3.2 Kfz-Daten und Emissionsberechnung

Basis für die Emissionsberechnung des Kfz-Verkehrs sind die netzbezogenen Verkehrsbelastung mit Daten aus der Umlegung und einer LOS-Aufteilung auf Basis der FCD-Daten, wie es in Abschnitt 3.2 beschrieben wird.

Die Flottenzusammensetzung wurde aus dem HBEFA 4.1 übernommen und die NO_x- und NO₂-Emissionen mit IMMIS^{em} 8 berechnet.

3.3.3 Screeningabschnitte

Die Bildung der Screeningabschnitte und die für die Screeningberechnung notwendigen Eingangsdaten zur Straßenraumgeometrie wurde auf der Basis eines

von der Stadt Heidelberg zur Verfügung gestellten 3D-Gebäudemodells abgeleitet. Insgesamt wurden für 427 Straßenabschnitte mit einer Gesamtlänge von 44.8 km Screeningberechnungen durchgeführt, die in Abbildung 3-7 dargestellt sind.

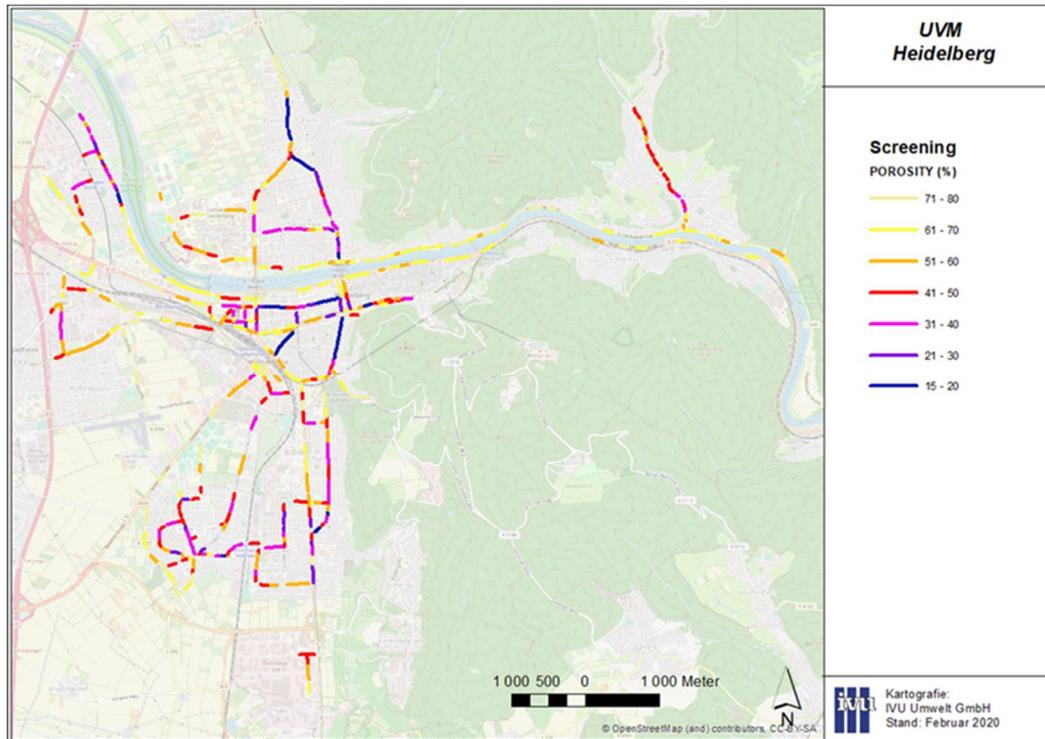


Abbildung 3-7 Straßenabschnitte mit Randbebauung im Stadtgebiet von Heidelberg für die Screeningberechnungen durchgeführt wurden mit Darstellung des Baulückenanteils (Porosity).

3.3.4 Vorbelastung

Die Grundlage der Vorbelastung wurde aus IVU Umwelt 2014³ abgeleitet. In Abstimmung mit der Stadt Heidelberg wurde die dort gegebene räumliche Struktur der NO₂-Konzentration auf einen Jahresmittelwert von 20 µg/m³ am Ort der städtischen Hintergrundmessstation skaliert. Die verwendeten Daten der NO₂-Vorbelastung sind in Abbildung 3-8 kartografisch dargestellt.

³ IVU Umwelt 2014: Flächendeckende Ermittlung der Immissions-Vorbelastung für Baden-Württemberg 2010. Auftraggeber: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) Baden-Württemberg. Veröffentlichung durch den Auftraggeber. 2014

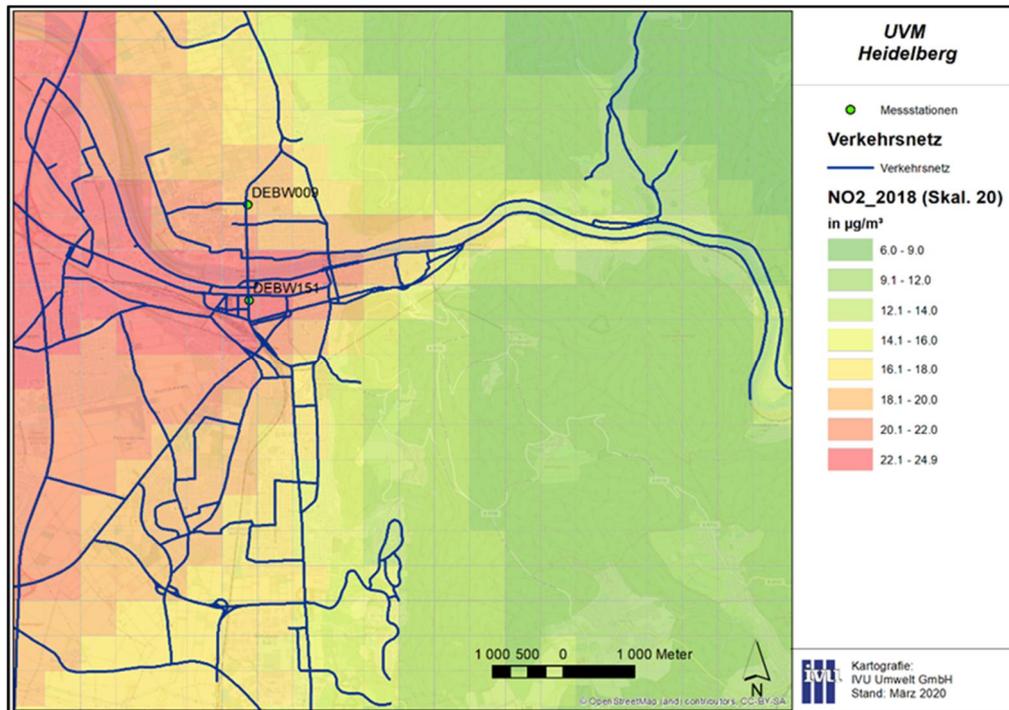


Abbildung 3-8 Darstellung der räumlichen Verteilung der angenommenen NO₂-Vorbelastung für die Screeningberechnungen

3.3.5 Meteorologie

Auf Grund der orografisch komplexeren Situation in der Stadt Heidelberg liegt wurden für die Screeningberechnungen zwei verschiedene meteorologische Situationen für eine stadtweite Betrachtung herangezogen. Die Auswahl möglichst repräsentativer Meteorologien erfolgte in Abstimmung mit der Stadt auf der Basis des Windrosenatlas der LUBW. Der Ausschnitt für das Stadtgebiet mit der Auswahl der verwendeten meteorologischen Daten ist in Abbildung 3-9 dargestellt. Für die ausgewählten Standorte wurden die beiden SynAKS-Datensätze, von den die Windrosen in Abbildung 3-10 dargestellt sind, erworben und für die weitere Nutzung aufbereitet.

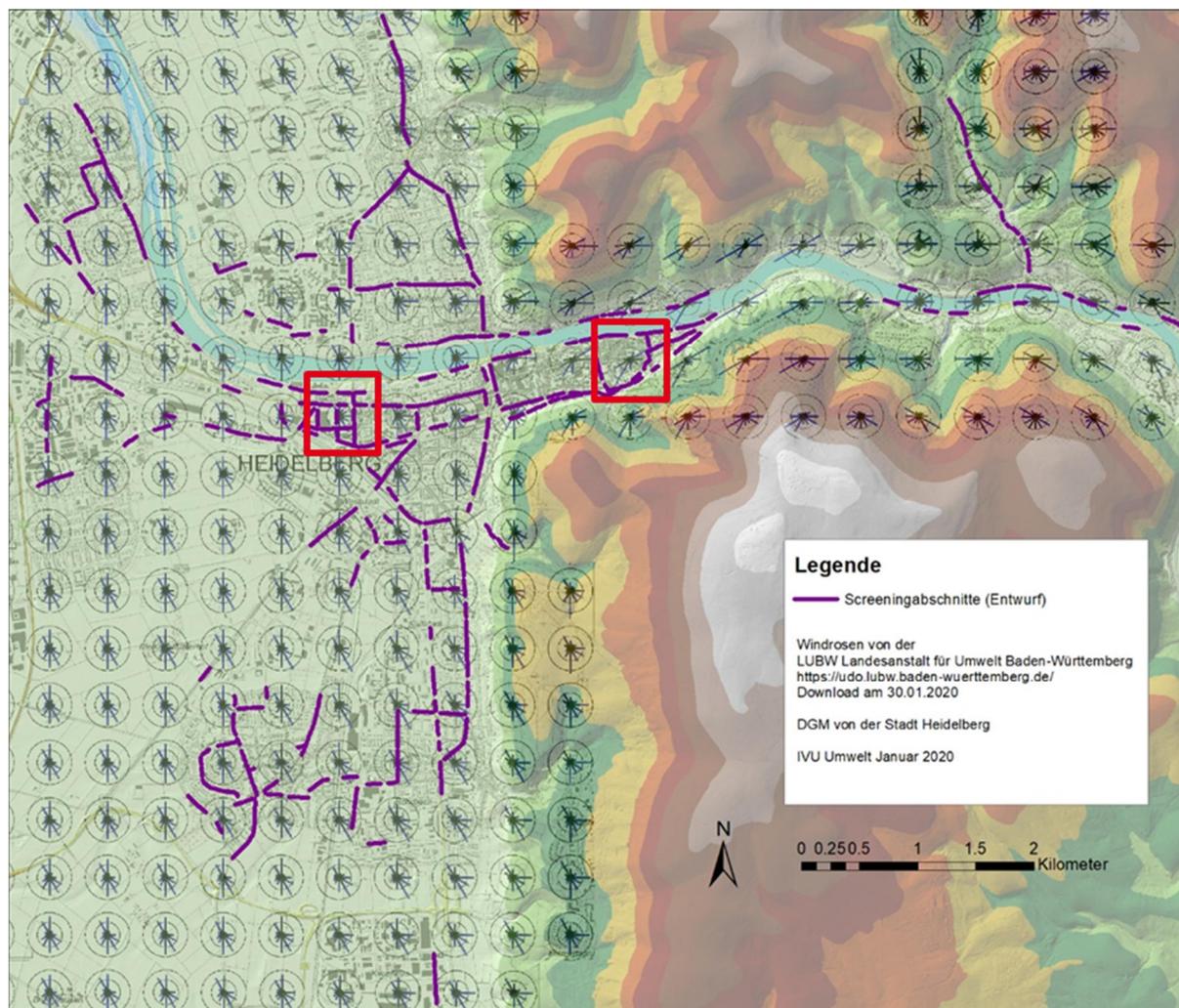
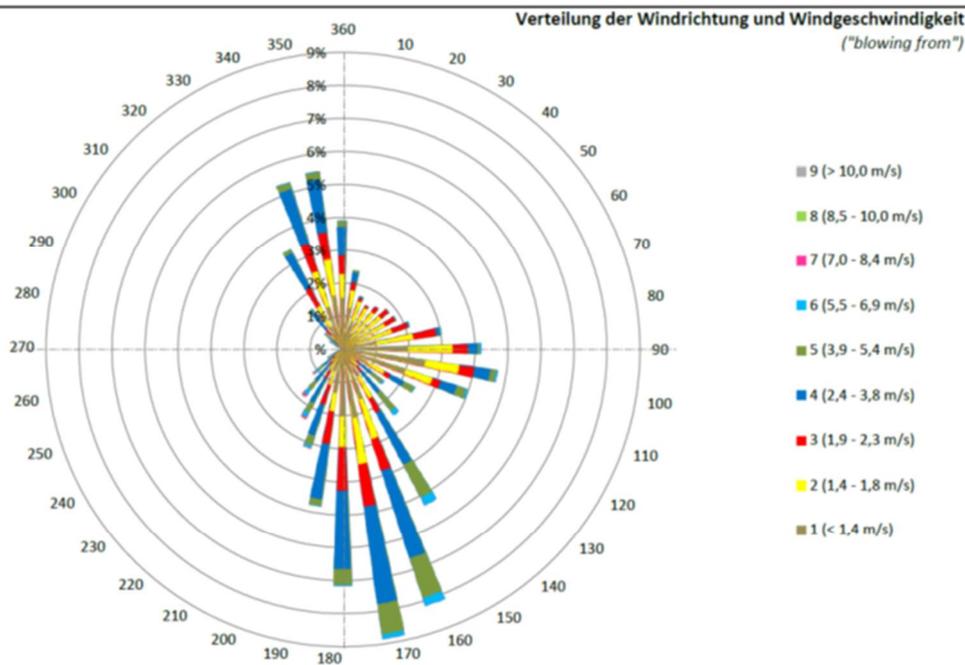


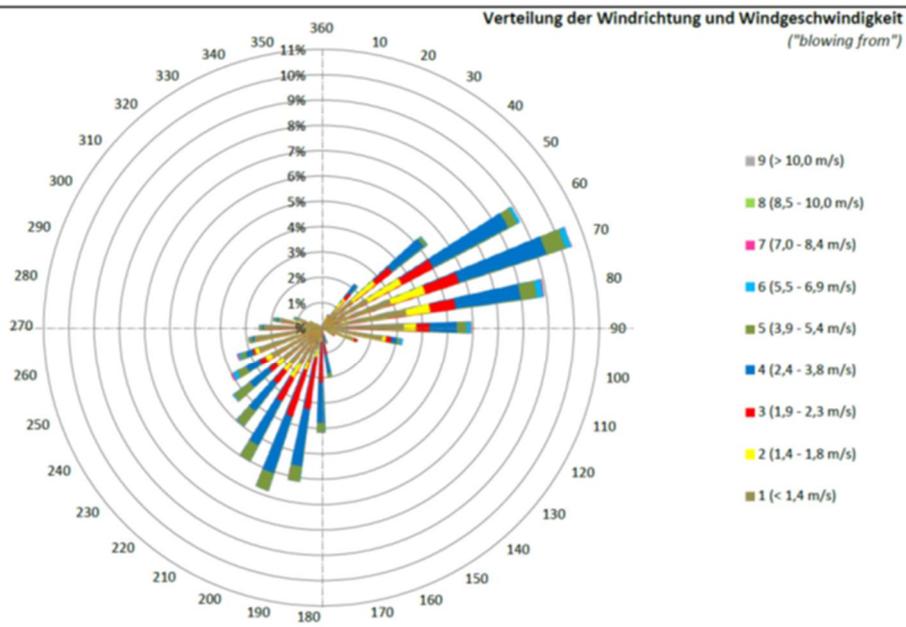
Abbildung 3-9 Ausschnitt aus dem Windrosenatlas der LUBW für das Stadtgebiet von Heidelberg mit Markierung der in dieser Untersuchung verwendeten Datensätze.

SynAKS Deutschland - Datenblatt für den Standort bei HD-Mittermaier-Straße



Version: SYNTHETISCH_2.05bc0 JAHR [Bezug: 01.01.2001-31.12.2010]
 Koordinaten: 3_GK DHDN/PD RW 3476502 HW 5474504
 mittlere Windgeschwindigkeit: 2,2 m/s (mit TA-Luft Rechengeschwindigkeit)

SynAKS Deutschland - Datenblatt für den Standort bei HD-Altstadt



Version: SYNTHETISCH_2.05bc0 JAHR [Bezug: 01.01.2001-31.12.2010]
 Koordinaten: 3_GK DHDN/PD RW 3478503 HW 5475005
 mittlere Windgeschwindigkeit: 2,1 m/s (mit TA-Luft Rechengeschwindigkeit)

Abbildung 3-10 Windrosen der für Heidelberg verwendeten Meteorologiedaten (Quelle met Soft GbR)

Die Zuordnung der meteorologischen Daten zu den Screeningabschnitten wird in Abbildung 3-11 dargestellt.

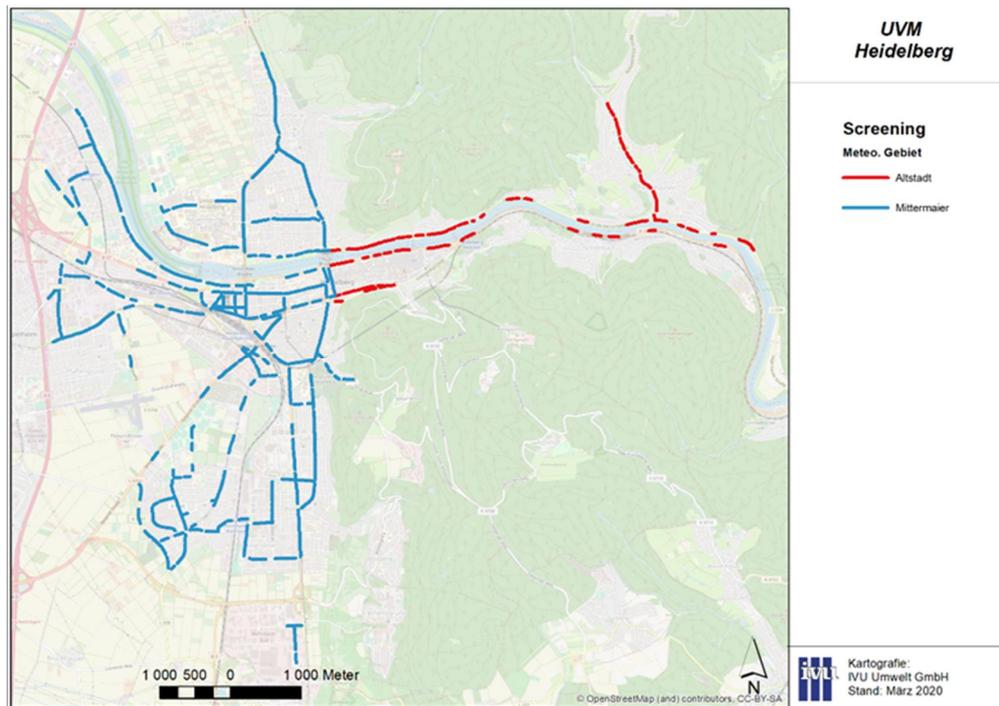


Abbildung 3-11 Zuordnung der meteorologischen Daten zu den Screeningabschnitten

3.3.6 Screeningberechnung und Ergebnisse

Die Berechnung der NO₂-Jahresmittelwerte erfolgte aus der mit dem Screening gemäß Abschnitt 3.3.1 modellierten NO_x-Gesamtbelastung im Straßenraum mit Hilfe des Romberg-Ansatzes (Romberg et al., 1996⁴) in der Parametrisierung nach Bächlin et al. (2006)⁵.

Das Ergebnis des stadtweiten Screenings für den NO₂-Jahresmittelwert ist in Abbildung 3-12 dargestellt. In der Abbildung 3-13 sind die Abschnitte mit berechneten NO₂-Jahresmittelwerten größer als 36 µg/m³ und einer Abschnittslänge von mehr als 50 m als sogenannte Hotspots mit einer eindeutigen ID-Nummer versehen, für die in Tabelle 3-1 ausgewählte Eingangsdaten und Ergebnisse aufgeführt sind.

⁴ Romberg, E.; Böisinger, R.; Lohmeyer, A.; Ruhnke, R.; Röth, E. 1996: NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56 Nr. 6, S. 215-218. 1996.

⁵ Bächlin, W.; Böisinger, R.; Brandt, A.; Schulz, T. 2006: Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 66 Nr. 4, S. 154-157. 2006.

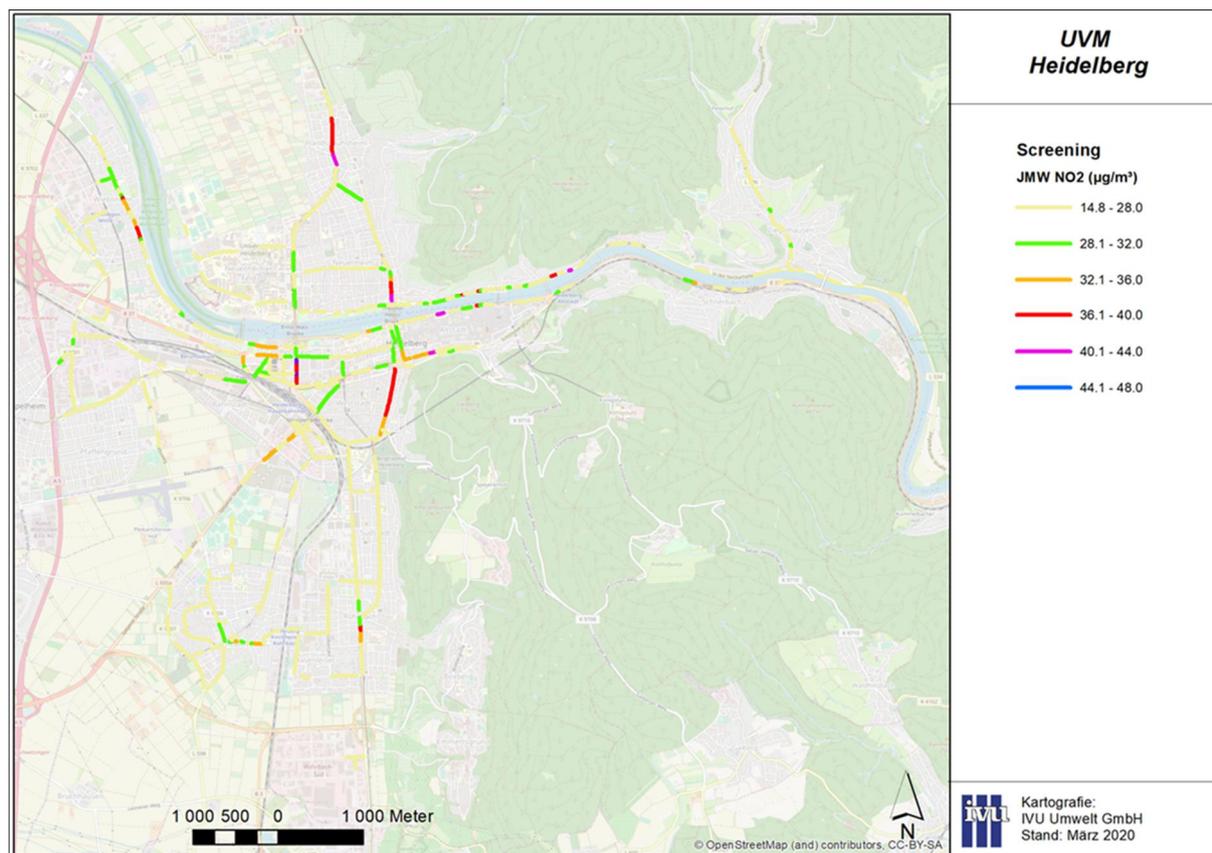


Abbildung 3-12 NO₂-Belastung an Screeningabschnitten in Heidelberg für das Bezugsjahr 2017.

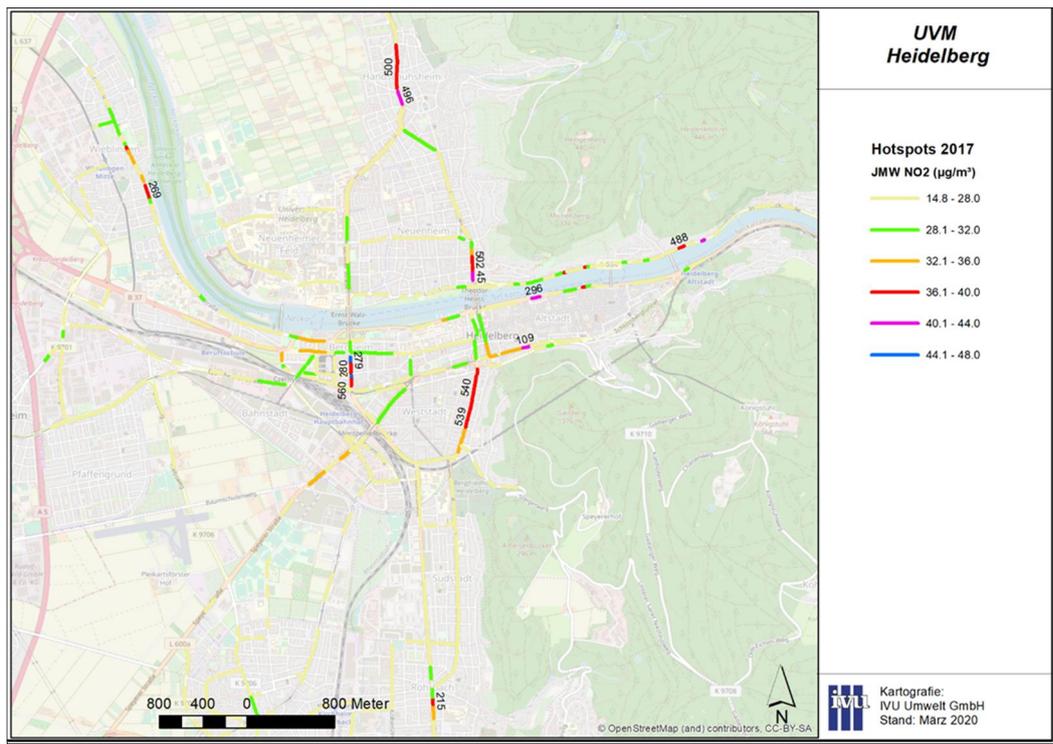


Abbildung 3-13 Darstellung der berechneten Hotspots in Heidelberg mit Angabe der ID gemäß Tabelle 3-1

ID	NO ₂ (µg/m ³)	DTV (Kfz/Tag)	Anteil SLkw (%)	Anteil LOS3 (%)	Anteil LOS4 (%)	Anteil LOS5 (%)	Bebauungshöhe (m)	Bebauungsabstand (m)	Bau-lückenanteil (%)	Länge (m)
279	44.3	21093	1.9	13.1	8.9	2.9	18.9	17.9	28	63
45	43.0	13948	2.5	18.8	14.3	5.1	23.7	17.6	19	87
496	41.7	19581	1.8	12.7	7.6	4.2	17.2	18.0	15	125
296	40.8	20495	3.5	12	3.3	0	26.5	15.4	58	73
109	40.7	8738	1.4	16.5	15.8	20	21.8	12.3	46	81
215	39.3	22941	2.3	14.9	4.7	0.9	15.0	16.9	26	57
500	38.5	19376	1.7	6.7	3.5	0.4	15.8	20.5	19	395
502	38.4	12553	2.4	15.6	11.3	2.7	24.2	17.9	23	68
280	38.3	21093	1.9	13.1	8.9	2.9	23.2	19.6	49	84
540	37.8	14715	1.3	14	7.7	1.4	21.9	19.4	20	386
560	37.6	22751	1.9	16.3	10.3	12.1	33.3	31.0	40	64
488	37.4	12060	1.6	2.1	0	0	11.7	9.2	57	52
539	36.9	14370	1.2	11.5	5.8	0.2	21.8	20.4	17	163
269	36.5	6905	2.6	4.7	0	0	14.5	12.4	18	135

Tabelle 3-1 Ausgewählte Eingangsdaten und Screeningergebnisse für die Hotspots des Basisfalls sortiert nach absteigendem NO₂-Jahresmittelwert

Der Tabelle 3-1 ist auch die Länge der einzelnen Abschnitte zu entnehmen für die die berechnete NO₂-Konzentration gilt. Dabei treten Abschnitte auf, deren Länge unter 100 m liegen und die damit nicht unbedingt eine Grenzwertverletzung darstellen, da die entsprechende Regelung der 39. BImSchV fordert, dass eine Messung repräsentativ für einen Abschnitt von mindestens 100 m sein muss. Ob Screeningabschnitte mit einer Länge unter 100 m trotzdem als potenzielle Grenzwertproblemfälle behandelt werden müssen, hängt auch davon ab, ob im Nahbereich eines Abschnitts sich weitere Abschnitte mit hohen NO₂-Belastungen befinden, so dass insgesamt von einem größeren Bereich einer potenziellen Grenzwertüberschreitung auszugehen ist, als es die Abschnittslänge vermuten lässt. Für den Abschnitt der Karlsruher Straße (ID 215) und den Abschnitt der Ziegelhäuser Landstraße (ID 488) trifft das nicht zu, weshalb diese beiden Abschnitte nicht weiter betrachtet werden.

Als Referenzabschnitte für die weitere Untersuchung von Maßnahmen werden folgende Abschnitte betrachtet:

- Mittermaierstraße (ID 279), liegt an der Messtelle der LUBW
- Brückenstraße (ID 45)
- Dossenheimer Landstraße (ID 469)
- Neckarstaden (ID 296)
- Friedrich-Ebert-Anlage (ID 109)
- Rohrbacher Straße (ID 540 und 539)

3.3.7 Messungen und Validierung

In Heidelberg wird von der LUBW an der Mittermaierstraße die NO₂-Belastung mit einem Passivsammler gemessen. Die Jahresmittelwerte für die Jahre 2010 bis 2018 sind in Abbildung 3-14 aufgeführt.

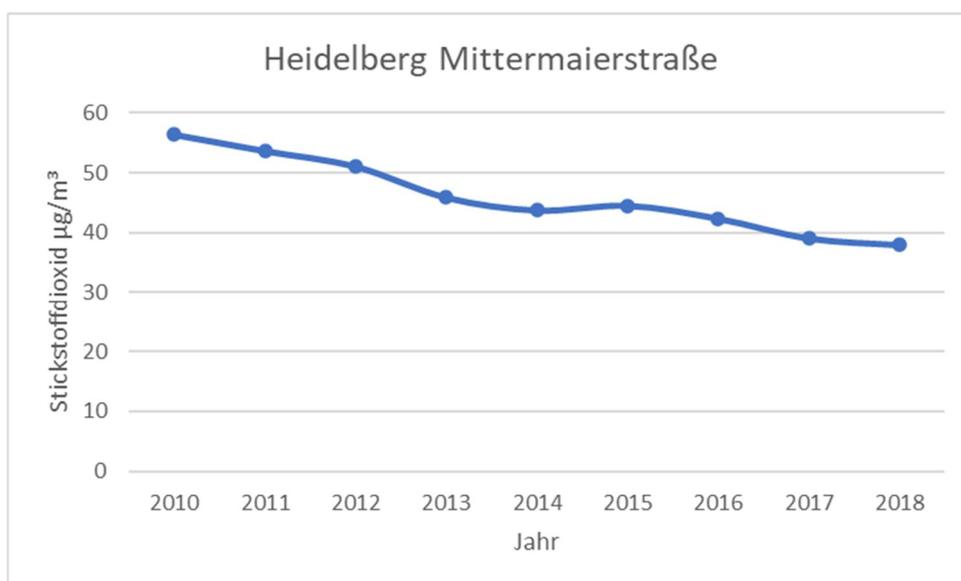


Abbildung 3-14 NO₂ Jahresmittelwerte in Heidelberg [Daten UBA]

Mit den Screeningberechnungen mit IMMISluft wird für die Mittermaierstraße (ID 279 in Tabelle 3 1) ein NO₂-Jahresmittelwert in Höhe von 44.3 µg/m³ ermittelt. Gemäß der Abbildung 3-14 wurde in 2015 ein NO₂-Jahresmittelwert in Höhe 44.5 µg/m³ gemessen der über 42.3 µg/m³ in 2016 , 39.1 µg/m³ in 2017 auf 37.9 µg/m³ in 2018 zurückgegangen ist. Bezogen auf das hier gewählte Bezugsjahr 2017 überschätzt das Screeningmodell den Messwert um 5.2 µg/m³ was einer Abweichung von 13 % entspricht.

4 Maßnahmenentwicklung

4.1 Ausgangssituation

Bezogen auf die kritischen Bereiche wird deutlich, dass die Verkehrsbelastungen durch den Binnenverkehr und den Quell- und Zielverkehr bestimmt werden. Aus diesem Grund wurde in einem weiteren Schritt die Verteilung des Kfz-Verkehrs im Netz untersucht, welche die kritischen Abschnitte durchfahren. Diese Analyse ermöglicht erste Rückschlüsse für verkehrliche Eingriffe zur Drosselung und Verlagerung des Verkehrs. Nachfolgend wird beispielhaft für den Hotspot Mittermaierstraße (Analyseabschnitt violett) die Verteilung der den Analyseabschnitt durchfahrenden Kfz-Verkehre in vor- und nachgelagerten Netzbereichen in der Farbe Grün ausgewiesen (s. Abbildung 4-1).

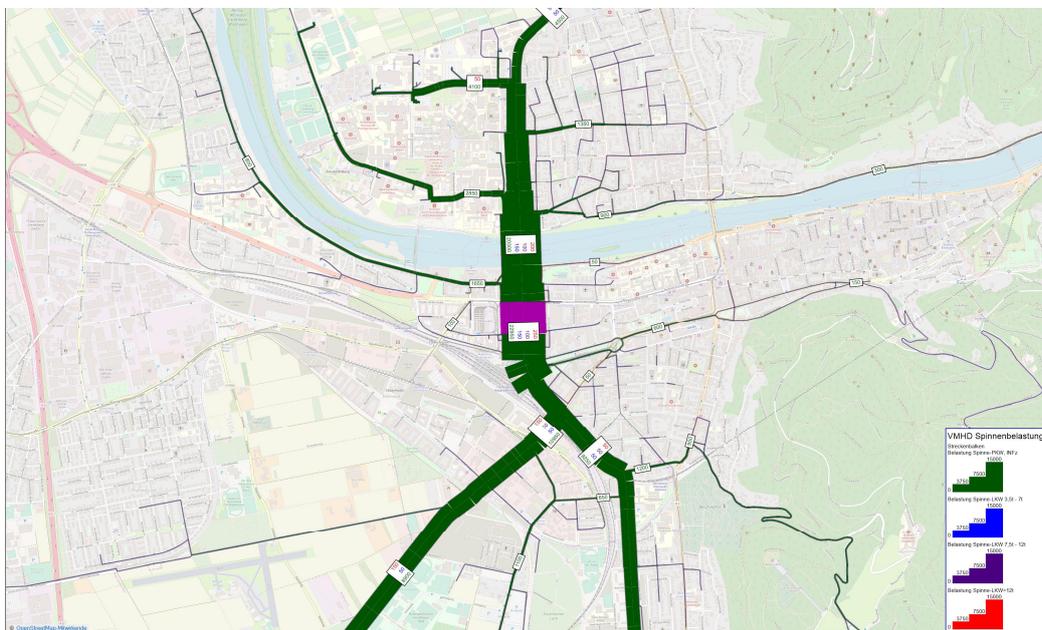


Abbildung 4-1 Verkehrsstromanalyse (Quellaufkommen) Mittermaierstraße

Die Analyse für die Mittermaierstraße zeigt, dass sich die Hauptbelastung aus Nord-Süd-gerichtetem Verkehr von der Berliner Straße und der Speyerer Straße sowie Römerstraße ergibt.

Die starke Verteilung der Verkehre im Netz kann dazu führen, dass sich die Kfz infolge von Drosselungsmaßnahmen an den einzelnen Knoten auf Alternativen verlagern. Diese Verlagerungseffekte sind bei der Maßnahmenentwicklung zu berücksichtigen.

4.2 Vorgehensweise

Die Entwicklung von Maßnahmen zur Senkung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung in den kritischen Bereichen des Hauptverkehrsstraßennetzes der

Stadt Heidelberg im Rahmen eines umweltorientierten Verkehrsmanagements erfolgt auf mehreren Ebenen:

- Maßnahmen zur Verbesserung der abschnittsbezogenen und richtungsbezogenen Verkehrsqualität in den kritischen Bereichen erfolgen durch Verbesserung der Koordinierung des Kfz-Verkehrs und damit der Anpassung der Signalzeitenpläne von Lichtsignalanlagen (LSA).
- Maßnahmen zur temporären Reduzierung der Kfz-Verkehrsmenge erfolgen durch Zuflusssteuerung (Pfortnerung) an LSA.
- Maßnahmen zur modalen Verlagerung der Verkehrsnachfrage erfolgen durch ein Informations- und Mobilitätsmanagement.

4.3 Maßnahmen zur umweltorientierten Steuerung und Information des Straßenverkehrs

Als relevante Maßnahmen für ein UVM stehen die Drosselung des Verkehrs zur Reduzierung der Verkehrsstärke und die Verstetigung des Verkehrs zur Reduzierung der Stop+Go – Anteile im Fokus.

Darüber hinaus hat sich das Informationsmanagement sowohl durch Ontrip-Informationen als auch durch Vorab-Informationen für Verkehrsteilnehmer als wichtige und wirkungsvolle Maßnahme etabliert.

Während die Ontrip-Information die Verkehrsteilnehmer an den Entscheidungspunkten ihrer Fahrtrouten über die hohen Luftschadstoffbelastungen sowie die aktuell eingeleiteten Maßnahmen mit ihren Folgewirkungen informieren sollen, haben Vorab-Informationen modale und zeitliche Verlagerungen sowie eine veränderte Zielwahl der Verkehrsteilnehmer zum Ziel.

Die Vorab-Information soll die Verkehrsteilnehmer am Vortag über die für den Folgetag zu erwartende Luftschadstoffbelastung informieren. Für die Vorab-Information muss ein Verfahren eingesetzt werden, das sowohl die Verkehrs- als auch die Umweltsituation des folgenden Tages prognostiziert. Entscheidend für die Wirkungsanalyse ist dabei die Abschätzung des Potenzials dieser Maßnahme hinsichtlich der modalen und zeitlichen Verlagerungen sowie einer veränderten Zielwahl. Es müssen die Voraussetzungen geschaffen werden, um den Verkehrsteilnehmern über verschiedene Medien (stationär und mobil) umfassende Informationen bereitzustellen und ihnen eine intermodale Routenplanung (multikriteriell, unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage, Radrouting, Routing zur nächsten freien Ladesäule, P+R und B+R, ÖV-Routing inkl. Fahrradmitnahme, Car- und Bikesharing-Routen) zu ermöglichen.

In einer Grundlagenstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie Österreichs im Jahr 2010 wurden die zielgruppenspezifischen Wirkungen von multimodalen Verkehrsinformationen auf das individuelle Verkehrsverhalten untersucht.

Darin wurden u. a. Verkehrsmittelwahl, Routen- und Abfahrtszeitpunktwahl und Zielwahl betrachtet. In den Schlussfolgerungen wird u. a. ausgeführt, dass Informationen das Verkehrsverhalten grundsätzlich beeinflussen können.

Bei der Routen- und Abfahrtszeitpunktwahl liegen die berichteten Anteile derer, die ihre Route oder Abfahrtszeit infolge von Informationen anpassen, zwischen 7 % und 33 %. Das Ausmaß des Modal-Shift, also der Nutzung anderer Verkehrsträger, liegt zwischen 1,5 % und 11 %.

Vergleichbare Erfahrungen hinsichtlich der Wirksamkeit eines abgestimmten Informations- und Mobilitätsmanagements wurden in Berlin bei großen, langandauernden Bau- und Sanierungsmaßnahmen gesammelt. Das Verlagerungspotenzial von Kfz-Fahrten auf andere Verkehrsmittel bzw. andere Ziele betrug relationsbezogen bis zu 30 % der Tagesverkehrsstärke.

Das Jahr 2020 hat mit den durch den Bund und die Länder ergriffenen Maßnahmen zur Eindämmung des Coronavirus zu Rückgängen in der Verkehrsnachfrage im Straßennetz um bis zu 40% geführt. Einen wesentlichen Anteil daran hat auch die verstärkte Arbeit im Homeoffice, welche zukünftig eine stärkere Rolle in der Arbeitsorganisation einnehmen wird. Im Zusammenhang mit dem Informations- und Mobilitätsmanagement und einer Prognose der Umweltbelastung kann hier zusätzliches Potenzial zur Reduzierung der Verkehrsnachfrage im Bedarfsfall erschlossen werden, wenn das Homeoffice auf diese Situationen ausgerichtet wird.

5 Bewertung der verkehrlichen Wirkungen der Maßnahmen

Wesentliche verkehrliche Eingangsgrößen für die Modellierung der NO₂-Minderungspotenziale sind die Verkehrsstärke und der Verkehrszustand.

Für die Ermittlung der Wirkungspotenziale werden 3 Planfälle untersucht:

- Nullfall
- Planfall 1 – Verstetigung
- Planfall 2 – Zuflussdosierung + Verstetigung
- Planfall 3 – modale Verlagerung + Zuflussdosierung + Verstetigung

Die Wirkungen der Maßnahmen auf die Verkehrsstärke können mittels einer Makrosimulation abgeleitet werden. Dazu wurden die Einzelmaßnahmen der Zuflussdosierung und der Verkehrsinformation mit den modalen Verlagerungen betrachtet.

5.1 Planfall 1: Verstetigung

Eine Grundlage der verkehrlichen Bewertung bildet der für den Nullfall abgeleitete Verkehrszustand für das Jahr 2017 unter Nutzung der Floating-Car-Daten von TomTom. Aufbauend auf den Nullfall wurde die Notwendigkeit einer generellen Verflüssigung des Verkehrs geprüft. Die Ergebnisse der Betrachtung der werktäglichen Spitzenzeiten bestätigen diese Notwendigkeit, so dass eine Verbesserung der LOS-Anteile Stop+Go (LOS 4) sowie Stop+Go2 (LOS 5) erzielt werden soll. Darauf aufbauend wurden die Vorgaben für die anzustrebende Zielerreichung des LOS in den Hotspots definiert. Diese bilden die Grundlage für die Ableitung der Minderungspotenziale. In der nachfolgenden Tabelle 5-1 sind die Zielvorgaben für die Hotspots ausgewiesen.

Straße	Analyse										mit Verflüssigung							
	LOS1		LOS2		LOS3		LOS4		LOS5		LOS2		LOS3		LOS4		LOS5	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Brückenstraße	5%	5%	68%	48%	10%	25%	12%	16%	5%	5%	85%	75%	5%	15%	5%	5%	0%	0%
Dossenheimer Landstraße	5%	5%	83%	70%	10%	12%	2%	9%	0%	4%	90%	85%	5%	5%	0%	5%	0%	0%
Dossenheimer Landstraße	5%	5%	63%	67%	13%	16%	9%	10%	10%	2%	83%	80%	5%	10%	5%	5%	2%	0%
Friedrich-Ebert-Anlage	0%	5%	0%	62%	0%	19%	0%	8%	0%	6%	0%	80%	0%	10%	0%	5%	0%	0%
Friedrich-Ebert-Anlage	0%	5%	0%	29%	0%	14%	0%	21%	0%	30%	0%	60%	0%	10%	0%	10%	0%	15%
Mittermaierstraße	5%	5%	68%	72%	12%	14%	10%	8%	5%	1%	85%	80%	5%	10%	5%	5%	0%	0%
Neckarstaden	5%	5%	81%	78%	13%	11%	1%	6%	0%	0%	85%	90%	10%	5%	0%	0%	0%	0%
Neckarstaden	5%	5%	81%	78%	13%	11%	1%	6%	0%	0%	85%	90%	10%	5%	0%	0%	0%	0%
Rohrbacher Straße	5%	5%	67%	69%	17%	14%	9%	7%	2%	6%	80%	85%	10%	10%	5%	0%	0%	0%
Rohrbacher Straße	5%	5%	67%	83%	11%	9%	8%	2%	9%	0%	83%	90%	5%	5%	5%	0%	2%	0%
Rohrbacher Straße	5%	5%	80%	56%	13%	20%	2%	20%	0%	0%	90%	75%	5%	10%	0%	10%	0%	0%
Rohrbacher Straße	5%	5%	80%	56%	13%	20%	2%	20%	0%	0%	90%	75%	5%	10%	0%	10%	0%	0%
Rohrbacher Straße	5%	5%	71%	78%	17%	12%	7%	5%	0%	0%	85%	89%	10%	6%	0%	0%	0%	0%
Rohrbacher Straße	5%	5%	68%	78%	13%	13%	7%	3%	7%	0%	90%	90%	5%	5%	0%	0%	0%	0%
Rohrbacher Straße	5%	5%	81%	62%	12%	16%	2%	16%	0%	1%	90%	75%	5%	10%	0%	10%	0%	0%
Rohrbacher Straße	5%	5%	85%	86%	9%	9%	2%	1%	0%	0%	90%	90%	5%	5%	0%	0%	0%	0%

Tabelle 5-1 Veränderung der LOS4 und LOS5 Anteile von Nullfall (Analyse) zum Planfall 1 (Verstetigung)

5.2 Planfall 2: Zuflussdosierung + Verstetigung

In einem ersten Schritt werden in unmittelbarer Nähe zum Hotspot Möglichkeiten für die Zuflussdosierung gesucht, in einem späteren Schritt ist die Möglichkeit weiterer vorgelagerter Knoten zu betrachten.

Im Umfeld der Hotspots wurden die für eine Zuflussdosierung geeigneten Knotenpunkte (KP) ausgewählt. Es handelt sich dabei um folgende fünf Knotenpunkte:

- KP 1 Rohrbacher Straße/Schillerstraße
- KP 2 Ernst-Walz-Brücke, Zufahrt Vangerohstraße
- KP 3 Lessingstraße /Kurfürsten-Anlage
- KP 4 Neckarstaden, hinter Alte Brücke Heidelberg
- KP 5 Dossenheimer Landstraße/Fritz-Frey-Straße

Das Hauptkriterium dabei ist, dass der den Hotspot durchfahrende Hauptstrom dosiert (s. Abbildung 5-1) wird und die sich aus der Zuflusssteuerung ergebenden Rückstaubereiche gut durchlüftet sind.

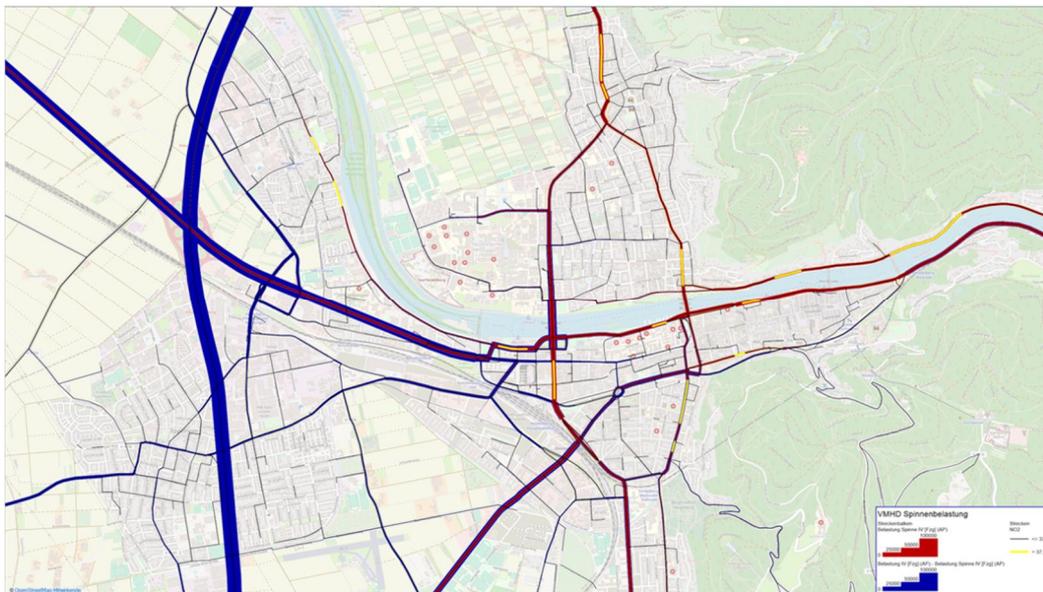


Abbildung 5-1 Verteilung des den Hotspot (gelb) durchfahrenden Kfz-Verkehrs im weiteren Netz (rot)

Abbildung 5-2 zeigt die ausgewählten Knotenpunkte der Zuflussdosierung.

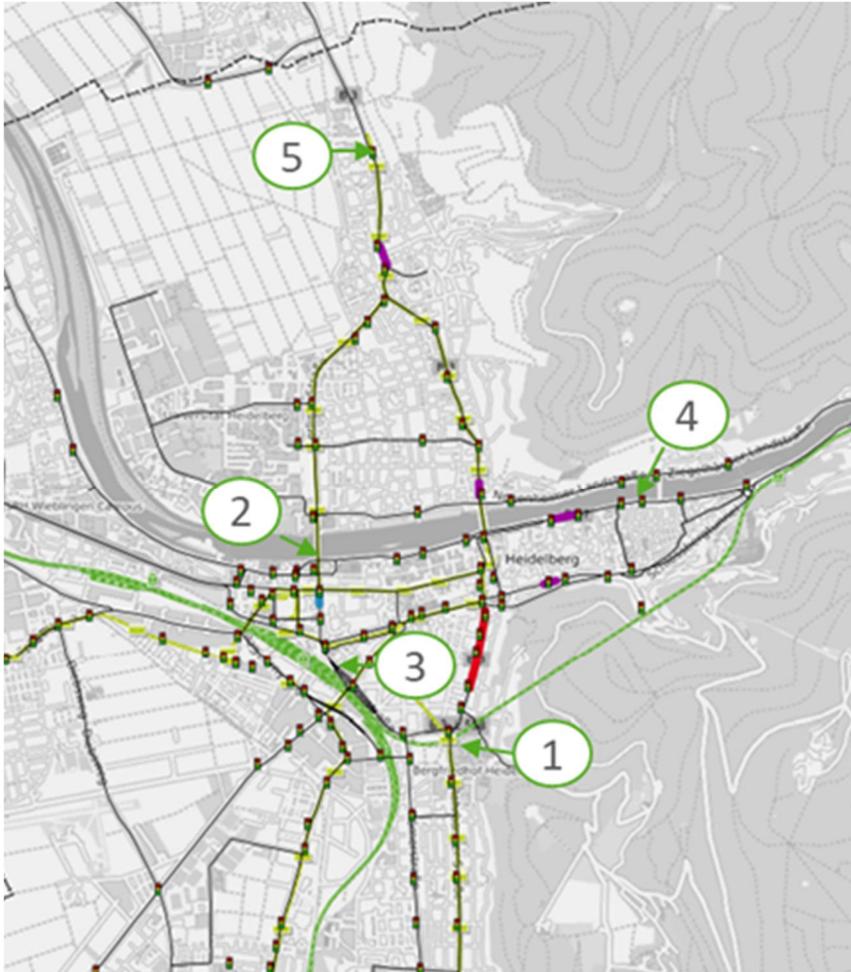


Abbildung 5-2 Knotenpunkte für die Zuflussdosierung

Der Nachweis der verkehrlichen Wirkung der Zuflussdosierung erfolgt mit dem makroskopischen Verkehrsmodell. Dazu wird die Passierzeit an den ausgewählten Knotenpunkten für jedes Fahrzeug erhöht. Die Eingriffsschwere kann dabei unterschiedlich stark ausgeprägt werden. In der ersten Stufe wird die Passierzeit um 30 Sekunden erhöht.

Die Modellergebnisse zeigen grundsätzlich Abnahmen der Verkehrsbelastung mit Ausnahme von zwei Straßen (Brückenstraße und Friedrich-Ebert-Anlage) (siehe Tabelle 5-2).

Straße	Jahresmittelwert NO ₂ [µg/m ³]	DTV	
		Analyse	Drosselung
Brückenstraße	43	13.949	14.598
Dossenheimer Landstraße	41,7	19.546	19.263
Dossenheimer Landstraße	41,7	19.614	19.314
Friedrich-Ebert-Anlage	40,7	10.179	10.827
Friedrich-Ebert-Anlage	40,7	7.976	8.625
Mittermaierstraße	44,3	21.094	19.441
Neckarstaden	40,8	20.495	19.171
Neckarstaden	40,8	20.495	19.171
Rohrbacher Straße	37,8	15.282	15.209
Rohrbacher Straße	37,8	14.350	14.236
Rohrbacher Straße	37,8	14.438	14.348
Rohrbacher Straße	37,8	14.438	14.348
Rohrbacher Straße	37,8	15.016	14.939
Rohrbacher Straße	37,8	15.016	14.939
Rohrbacher Straße	36,9	14.265	13.877
Rohrbacher Straße	36,9	14.488	14.170

Tabelle 5-2 Änderung des DTV im Planfall 2 Zuflussdosierung zum Nullfall (Analyse)

Mit der gewählten Eingriffsschwere können die in der Tabelle ausgewiesenen Reduzierungen der Verkehrsstärke erreicht werden. Insbesondere für die Dossenheimer Landstraße, die Mittermaierstraße und Neckarstaden werden Reduzierungen der Verkehrsstärke ausgewiesen. Aufgrund der Netzstruktur führen die Eingriffe aber auch zu Verkehrsverlagerungen in benachbarte Straßenabschnitte, wie bspw. von der Berliner Straße in die Brückenstraße oder von Neckarstaden in die Friedrich-Ebert-Anlage. Aus diesen Gründen besitzt die Eingriffsschwere der Drosselung eine hohe Bedeutung im Rahmen der späteren Umsetzung. Da es sich im umweltorientierten Verkehrsmanagement um eine bedarfsorientierte und bei der Verkehrssteuerung auf die Spitzenstunden ausgerichtete Maßnahme handelt, ist die Veränderung auf die Spitzenzeiten des Tagesverkehrs zu beziehen. Es wird Aufgabe der mikroskopischen Feinplanung sein, die Wirkung unterschiedlicher Eingriffsschweren detailliert für die Spitzenstunde des Tages zu betrachten (Analyse der Rückstaulängen, Festlegung von Abbruchkriterien) und signaltechnisch vorzubereiten.

Aufgrund der dargestellten Verlagerungswirkungen können zur Erhöhung der Eingriffsschwere die Steuerungsmaßnahmen auf weiter vorgelagerte Knotenpunkte ausgedehnt werden. Dafür kommen folgende Knotenpunkte in Betracht:

- Dossenheimer Landstraße/Fritz-Frey-Straße
- Schlierbacher Landstraße/Schleuse Heidelberg

- Karlsruher Straße/Freiburger Straße
- Speyerer Straße/Stückerweg
- B37/Bergheimer Straße

(s. Abbildung 5-3).

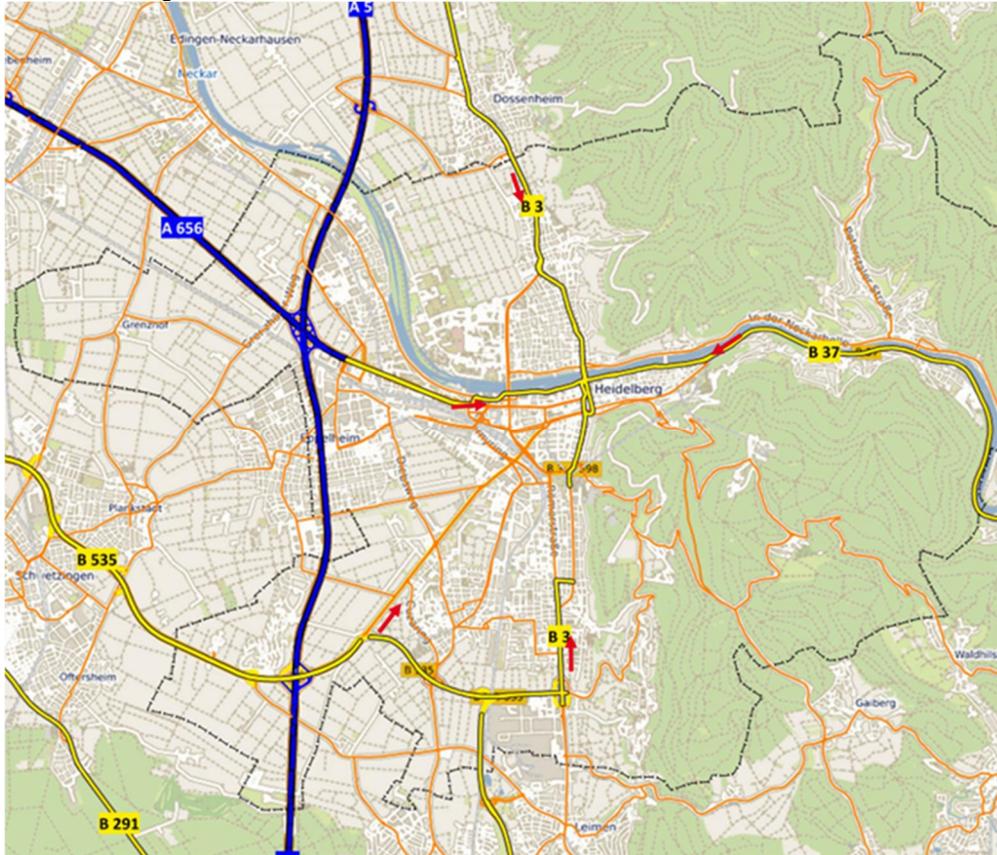


Abbildung 5-3 Vorgelagerte Knotenpunkte der Zuflussdosierung

Diese Maßnahme wirkt sich direkt auf den Pendlerverkehr aus der Region nach Heidelberg aus und ist daher regional abzustimmen. Die verkehrlichen Wirkungen sind in Abbildung 5-4 dargestellt.

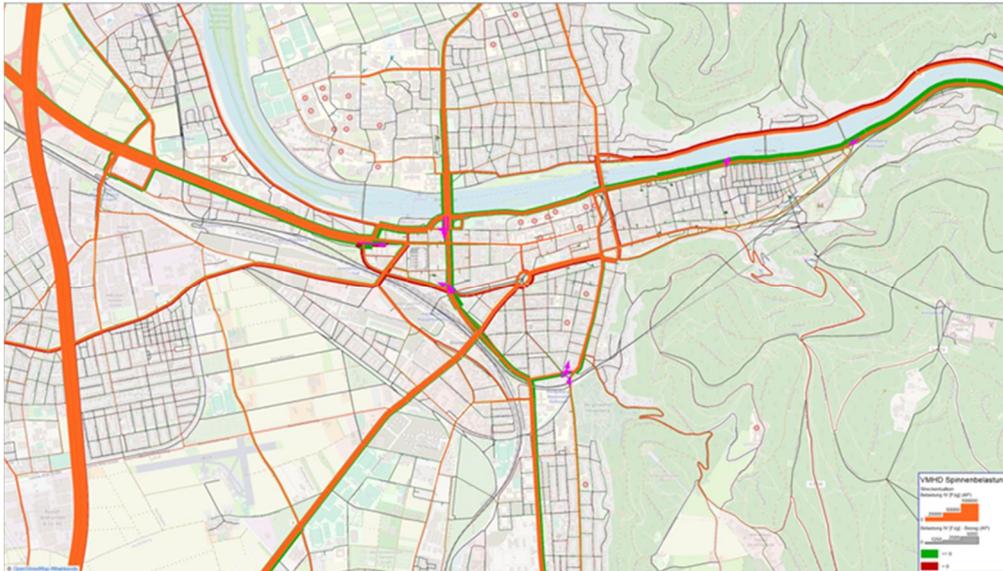


Abbildung 5-4 Verkehrliche Wirkungen der weiträumigen Zuflussdosierung

Auf die Hotspots hat die Maßnahme grundsätzlich entlastende Wirkungen, wobei die Verlagerungen von der B37 auf die L534 zu beachten sind. Eine zusätzliche Belastung in den kritischen Abschnitten der L534, insbesondere Ziegelhäuser Landstraße –ID488-, sollte vermieden werden.

Diese Maßnahmen sind in einem nächsten Schritt im Rahmen der verkehrstechnischen Untersuchung einschl. einer mikroskopischen Modellierung auf Machbarkeit, Eingriffsschwere und Rückstaubildung detailliert zu untersuchen und im Rahmen der Evaluation verkehrlich und umweltseitig zu bewerten.

5.3 Planfall 3: Modale Verlagerung + Zuflussdosierung + Verstetigung

Für die Binnen-, Quell- und Zielverkehre wird sich die Erreichbarkeit der Innenstadt an Tagen der Aktivierung der umweltsensitiven Verkehrssteuerung (zeitlich befristet) verschlechtern. Die Modal-Split-Anteile für Heidelberg zeigen für den Binnenverkehr der Stadt einen hohen Anteil Umweltverbund, während im Quell- und Zielverkehr die Nutzung des eigenen Pkw bei 64 % liegt (s. Abbildung 5-5).

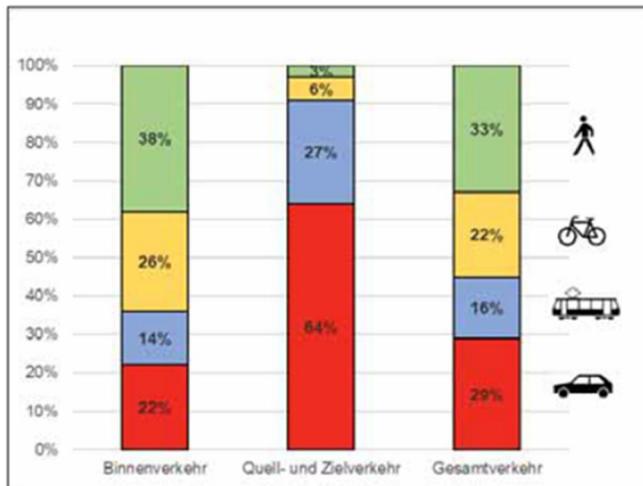


Abbildung 5-5 Modal Split in Heidelberg (Quelle: SrV 2013)

Aufgrund des bereits hohen Anteils des Umweltverbundes wird vor allem im Pendlerverkehr nach Heidelberg Potenzial zur Verlagerung gesehen. Die Größenordnung wird auf relevanten Verkehrsbeziehungen (P+R-Angebot, gute Erreichbarkeit) auf 5% abgeschätzt, wenn die Verkehrsteilnehmer vorab über eine zu erwartende hohe Luftschadstoffbelastung und Maßnahmenauslösung informiert werden.

Im Rahmen der Erarbeitung des Verkehrsentwicklungsplans für Heidelberg 2035 wurden die Standorte und Kapazitäten der vorhandenen P+R-Plätze erfasst (s. Abbildung 5-6).

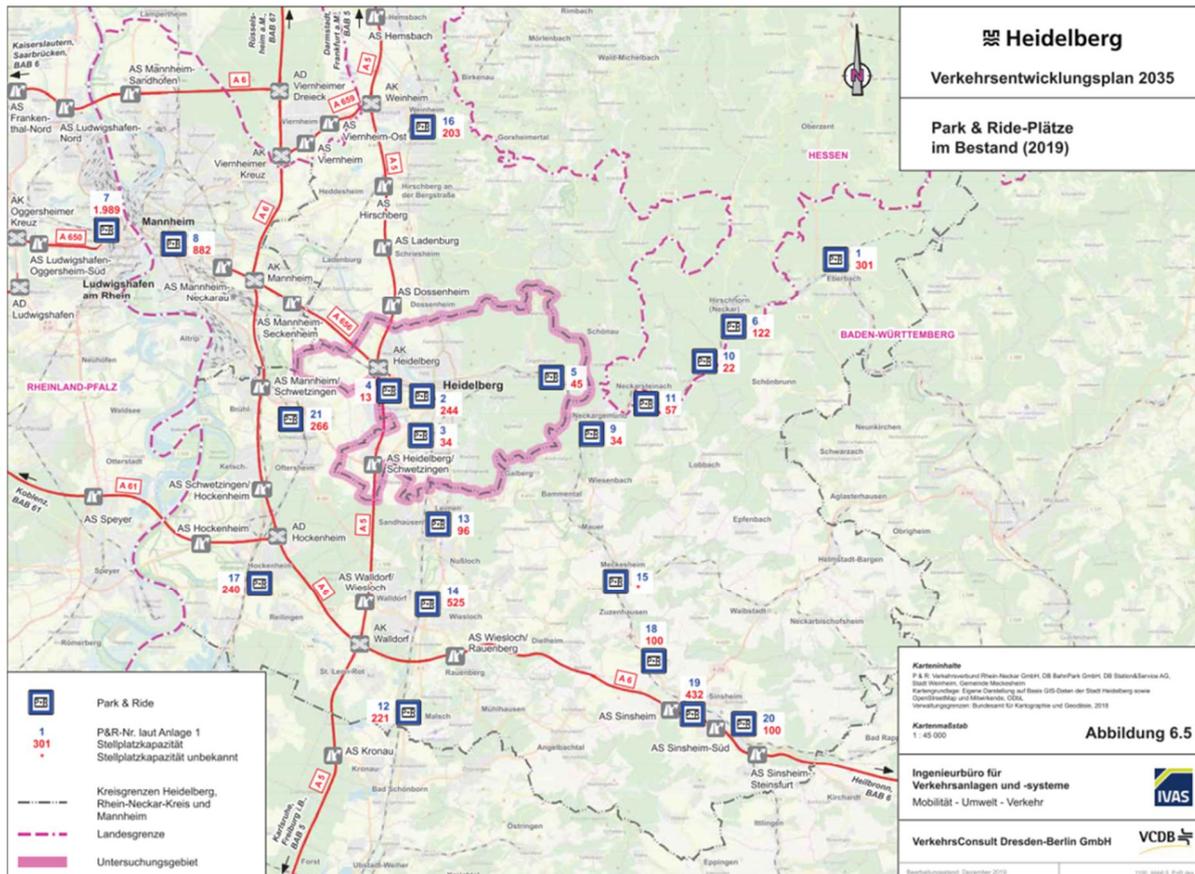


Abbildung 5-6 Verkehrsentwicklungsplan Heidelberg 2035, P+R-Plätze im Bestand

Die Wirkungen der modalen Verlagerung auf die Verkehrsstärke kann mittels einer Makrosimulation abgeleitet werden. In einem ersten Schritt wurde dafür auf Grundlage der modalen Verlagerungen die Kfz-Nachfragematrix reduziert. Betroffen sind ca. 6.000 Kfz-Fahrten pro Tag mit Ziel erweitertes Stadtzentrum, die sich auf den Umweltverbund verlagern.

UVM kann mit dem regionalen Informations- und Mobilitätsmanagement eine gute Grundlage für weitere auch nachhaltige Modal-Split-Verlagerungen bieten und unterstützt damit die Maßnahmen des Verkehrsentwicklungsplans 2035.

Die Abbildung 5-7 und Abbildung 5-8 zeigen die verkehrlichen Wirkungen der Maßnahmen Drosselung und modale Verlagerung. Grün sind Abnahmen, rot sind Zunahmen in der Verkehrsstärke zu erkennen.

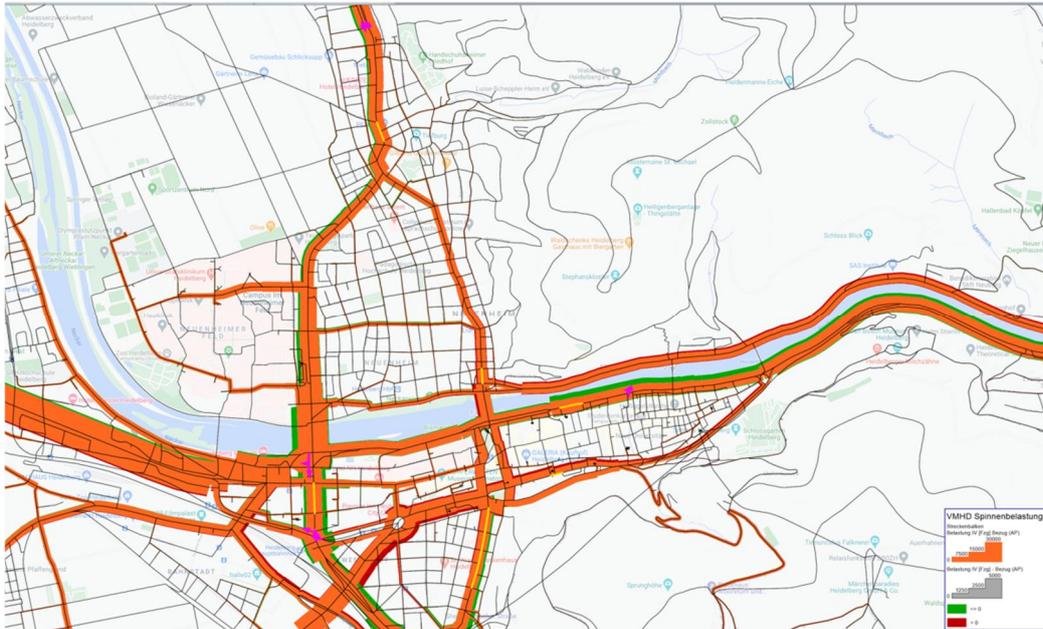


Abbildung 5-7 Spinnenbelastung im Norden

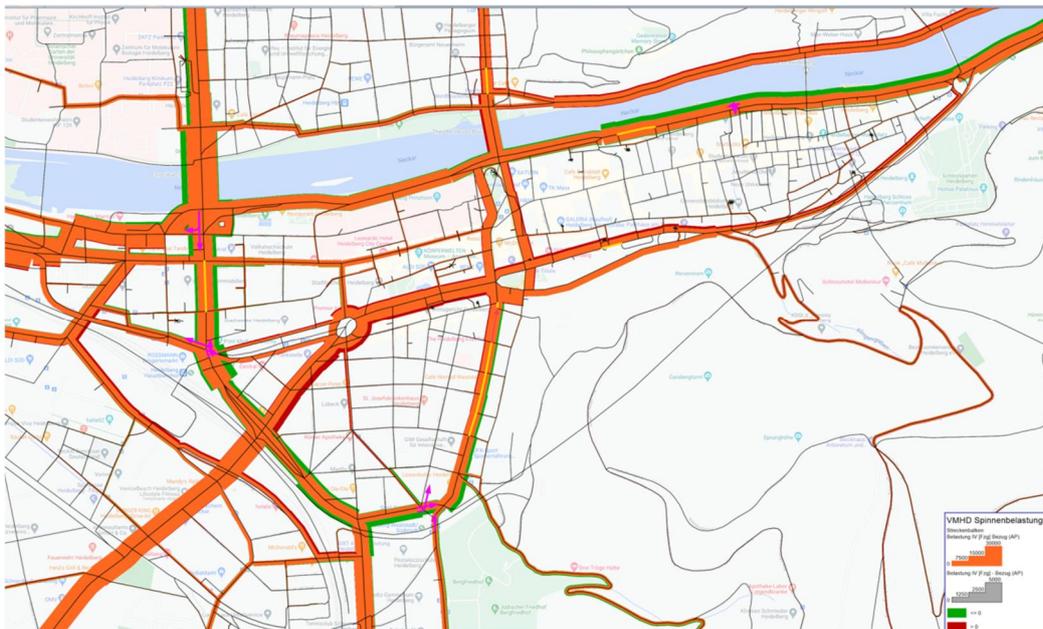


Abbildung 5-8 Spinnenbelastung Stadtzentrum

Bezogen auf die kritischen Bereiche zeigen sich die in der Tabelle dargestellten Ergebnisse.

Straße	Jahresmittelwert NO ₂ [µg/m ³]	DTV		
		Analyse	Drosselung	Drosselung & Verlagerung
Brückenstraße	43	13.949	14.598	14.544
Dossenheimer Landstraße	41,7	19.546	19.263	19.235
Dossenheimer Landstraße	41,7	19.614	19.314	19.289
Friedrich-Ebert-Anlage	40,7	10.179	10.827	10.785
Friedrich-Ebert-Anlage	40,7	7.976	8.625	8.595
Mittermaierstraße	44,3	21.094	19.441	19.389
Neckarstaden	40,8	20.495	19.171	19.128
Neckarstaden	40,8	20.495	19.171	19.128
Rohrbacher Straße	37,8	15.282	15.209	15.163
Rohrbacher Straße	37,8	14.350	14.236	14.192
Rohrbacher Straße	37,8	14.438	14.348	14.303
Rohrbacher Straße	37,8	14.438	14.348	14.303
Rohrbacher Straße	37,8	15.016	14.939	14.893
Rohrbacher Straße	37,8	15.016	14.939	14.893
Rohrbacher Straße	36,9	14.265	13.877	13.838
Rohrbacher Straße	36,9	14.488	14.170	14.129

Tabelle 5-3 Verkehrsstärkeveränderung der Planfälle

6 Wirkungen der Maßnahmen auf die NO₂-Belastung in den Hotspots

Für die Ermittlung der Wirkung von Maßnahmen in Hotspots im Rahmen eines UVM sind Angaben zur Häufigkeit der Aktivierung und zur Minderung der verkehrsbedingten Zusatzbelastung je Aktivierung erforderlich.

Die Häufigkeit der Aktivierung wird durch das Kriterium der Maßnahmenauslösung bestimmt. Die Auslösung von Maßnahmen erfolgt im Allgemeinen durch das Überschreiten von definierten Schwellenwerten der Luftbelastung (siehe Abschnitt 2). Als Kenngröße wird hier der Stundenmittelwert der NO₂-Konzentration verwendet.

Da in den ausgewählten Hotspots keine kontinuierlichen NO₂-Messungen durchgeführt werden, muss zur Potenzialabschätzungen ein Abschätzverfahren angewendet werden, das zum einen den Anteil des städtischen Hintergrunds und zum anderen eine Übertragung auf die anderen Hotspots ermöglicht. Dies wird im Folgenden erläutert.

6.1 Verfahren zur Erzeugung einer virtuellen stündlichen Zeitreihe der NO₂-Belastung in den Hotspots

Für die Erzeugung einer stündlichen Zeitreihe der NO₂-Konzentration an den Hotspots wird der zeitliche Verlauf der Messdaten der kontinuierlich messenden Messstation auf den NO₂-Jahresmittelwert übertragen, der mit dem Screeningverfahren bestimmt wurde.

Zusätzlich muss für eine Wirkungsabschätzung einer lokal wirkenden Maßnahme der Anteil der lokalen Verkehrsemissionen bzw. der Vorbelastungsanteil an den im Hotspot auftretenden NO₂-Stundenwerten bekannt sein. Dazu wird der stündliche Vorbelastungsanteil auf der Basis der stündlichen Messungen im städtischen Hintergrund auf den im Screeningmodell benutzten Vorbelastungswert übertragen. Als Messzeitreihen wurden die Messdaten aus 2017 verwendet. Für eine stündliche Auflösung der NO₂-Belastung in Hotspots, wurden auf die an der Mittermaierstraße mit Passivsammlern gemessenen 4-Wochenmittelwerte der NO₂-Belastung (siehe Abbildung 6-1) die Zeitreihe der stündlichen Messungen der LUBW an der städtischen Hintergrundstation an der Berliner Straße aufgeprägt. Die so erhaltene „virtuelle“ Zeitreihe der Hotspotbelastung ist in Abbildung 6-2 dargestellt. Diese stündliche Zeitreihe wird für Potenzialabschätzungen in Abschnitt 6.5 auf alle NO₂-Gesamtbelastungen der Hotspots übertragen.

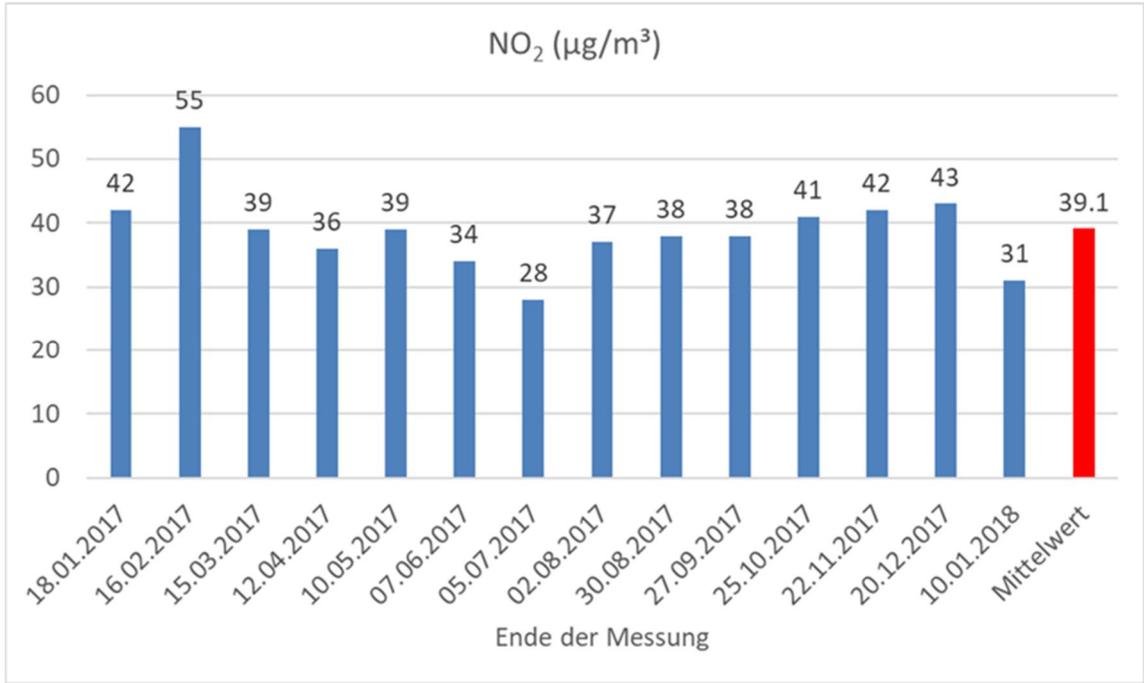


Abbildung 6-1 Jahreszeitreihe der 4-Wochenmittelwerte der NO₂ Konzentration am Hotspot Mittermaierstraße

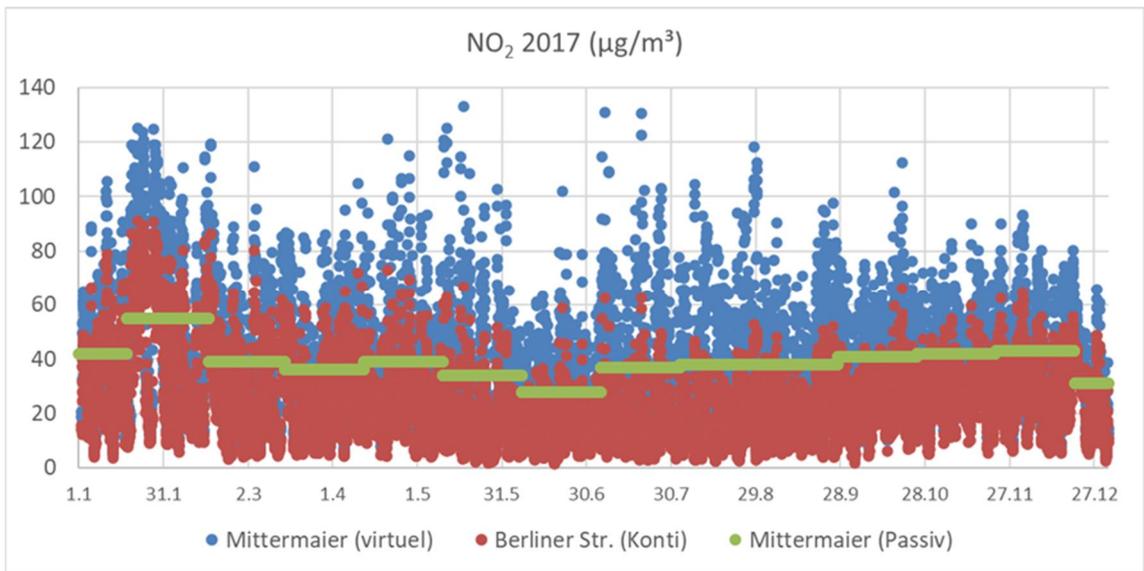


Abbildung 6-2 Stündlichen (virtuelle) Zeitreihe der NO₂-Stundenmittelwerte für den Hotspot Mittermaierstraße und im städtischen Hintergrund in Heidelberg sowie die 4-Wochenmittelwerte des Passivsammler-Messung

6.2 Ermittlung des Wirkungspotenzials von temporären UVM-Maßnahmen

Zur Analyse der Wirkung einer temporär aktivierten Maßnahme wurde von IVU Umwelt ein Tool entwickelt, mit dem, auf der Basis von Messzeitreihen oder Zeitreihen einer Modellierung, die Wirkungen bei veränderbaren Auslöseschwellen und Minderungswirkungen von temporären Maßnahmen auf Jahreskenngrößen ermittelt werden können.

Dazu werden die Konzentrationszeitreihen eines Hotspots und einer Zeitreihe der Vorbelastung bzw. Hintergrundkonzentration für ein ausgewähltes Jahr in Excel in stündlicher Auflösung aufbereitet. Die Differenz zwischen der jeweiligen Hotspot-Konzentration und der Vorbelastung wird berechnet und als mit der Maßnahme beeinflussbare Zusatzbelastung definiert. Diese Zusatzbelastung wird bei Überschreiten eines einstellbaren Schwellenwertes der Gesamtbelastung am Hotspot um den ebenfalls vorgebbaren Minderungseffekt der Maßnahme reduziert. Aus der Addition der temporär geminderten Zusatzbelastung und der unveränderten Vorbelastung ergibt sich so eine neue Zeitreihe unter Berücksichtigung der temporär aktivierten Maßnahme.

Für diese Zeitreihe mit temporär aktivierten Maßnahmen kann der Jahresmittelwert dem Jahresmittelwert der Ausgangsbelastung im Hotspot gegenübergestellt werden und so die gesamte Minderungswirkung bestimmt werden. Durch Auszählen der Häufigkeit des Überschreitens des Schwellenwertes wird die Aktivierungsrate berechnet.

In der vorliegenden Betrachtung wurden zwei Maßnahmenaktivierungen unterschieden:

Stündliche Aktivierung: Wird eine Überschreitung des vorgegebenen Schwellenwertes an einem Tag nur für einzelne Stunden prognostiziert, erfolgt nur eine Ontrip-Information. Eine vorherige Information der Verkehrsteilnehmer (Tag + 1) erfolgt nicht, sodass modale Verlagerungen ausgeschlossen werden. Durch die Veränderung der LSA-Steuerung wird aber bei einer entsprechenden Aktivierung in der betreffenden Stunde die LOS-Situation verbessert (Planfall 1 und Planfall 2).

Aktivierung für den Tag: Wird der vorgegebene Schwellenwert an einem Tag mehrmals überschritten, so wird davon ausgegangen, dass die Verkehrsteilnehmer am Vortag über die verkehrlichen Einschränkungen informiert werden. Es wird angenommen, dass aufgrund der Information eine Veränderung des Modal-Splits eintritt und die Verkehrsstärke im Hotspot entsprechend ganztägig reduziert wird. Ergänzend tritt eine zusätzliche Verbesserung der LOS-Situation durch die Änderung der LSA-Steuerung ein (Planfall 3).

6.3 Wirkung der verkehrlichen Maßnahmen auf die Kfz-Emissionen

Aus der verkehrlichen Untersuchung wurden für den Basisfall und die drei Planfälle Verkehrsmengen und Aufteilungen nach LOS für die jeweilige Spitzenstunde in den Hotspots bereitgestellt. Mit diesen Daten wurden mit IMMISem die NO_x-Emissionen in der Spitzenstunde berechnet und daraus die relative Minderungswirkung der drei Maßnahmen bzw. Planfälle je Abschnitte ermittelt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Tabelle 6-1 aufgeführt. Je nach Abschnitt und Planfall variieren die Minderungspotenzial bei den NO_x-Emissionen stark. So werden in der Brückenstraße und der Friedrich-Ebert-Anlage mit dem Planfall 1 höhere Minderungen mit 16 % bzw. 19 % ermittelt, während bei den anderen Abschnitten das erreichbare Minderungspotenzial im Bereich von 2 bis 6 % liegt. In den Planfällen 2 und 3 kehrt sich dieses Verhältnis um. In der Brückenstraße und der Friedrich-Ebert-Anlage werden teilweise sogar Erhöhungen ermittelt, während in den anderen Abschnitten das Potenzial bis zu 40 % ansteigt. Die hier dargestellten relativen Minderungswirkungen der Planfälle werden in der Potenzialabschätzung in Abschnitt 6.4 und 6.5 verwendet. Dabei werden die Wirkungen für den Planfall 2 und 3 in der Brückenstraße und der Friedrich-Ebert-Anlage nicht weiter berücksichtigt.

Abschnitt		NO _x -Emissionen in g/(m*Stunde)				Veränderung zum Basis Fall		
ID	Straße	Basis	PF1	PF2	PF3	PF1	PF2	PF3
45	Brückenstraße	1.000	0.841	1.018	0.998	-15.9%	1.8%	-0.2%
496	Dossenheimer Landstraße	2.374	2.230	2.075	2.063	-6.1%	-12.6%	-13.1%
109	Friedrich-Ebert-Anlage	1.448	1.170	1.546	1.526	-19.2%	6.8%	5.3%
279	Mittermaierstraße	1.266	1.196	0.779	0.764	-5.5%	-38.4%	-39.7%
296	Neckarstaden	2.335	2.233	1.609	1.585	-4.4%	-31.1%	-32.1%
540	Rohrbacher Straße	5.433	5.169	5.063	4.992	-4.9%	-6.8%	-8.1%
539	Rohrbacher Straße	1.720	1.682	1.518	1.497	-2.2%	-11.7%	-12.9%

Tabelle 6-1 NO_x-Emissionen in der Spitzenstunde für die ausgewählten Abschnitte für den Basisfall und die drei Planfälle (PF) mit Veränderung der Planfälle zum Basisfall

6.4 Wirkungspotenzial von UVM am Beispiel Mittermaierstraße

Am Beispiel des Hotspots Mittermaierstraße wird im Folgenden die Methode zur Abschätzung des Wirkungspotenzials der UVM-Maßnahmen auf die Minderung

des NO₂-Jahresmittelwerts beschrieben. Es wurden die in Tabelle 6-2 beschriebenen Annahmen getroffen:

- Eine Aktivierung der Maßnahme findet nur zwischen 7 und 21 Uhr statt.
- Es wird die Maßnahmenkombination PF2&PF3 betrachtet
- Eine Aktivierung der Maßnahme aus dem Planfall 3 für den ganzen Tag wird angenommen, wenn für den betreffenden Tag mindestens sechsmal der Schwellenwert, hier 70 µg/m³, überschritten wird.
- Die Maßnahmenwirkungen bei Aktivierung werden aus Tabelle 6-1 übernommen.

Schwellenwert	70 µg/m ³
Start einer möglichen Aktivierung	07:00 Uhr
Ende einer möglichen Aktivierung	21:00 Uhr
Maßnahmenwirkung (ganztags Planfall 3)	38.4 %
Maßnahmenwirkung (Planfall 2)	39.7 %
Aktivierung PF3 bei Überschreitungen des Schwellenwerts am Tag	6

Tabelle 6-2 Annahmen zur Wirkungsschätzung im Hotspot Mittermaierstraße

Die folgende Abbildung 6-3 zeigt die Anzahl von Schwellenwertüberschreitungen am Tag. Bei sechs oder mehr Überschreitungen pro Tag, wird die Maßnahme aus dem Planfall 3 (ganztags) aktiviert und sonst nur die Maßnahme aus dem Planfall 2 (stündlich).

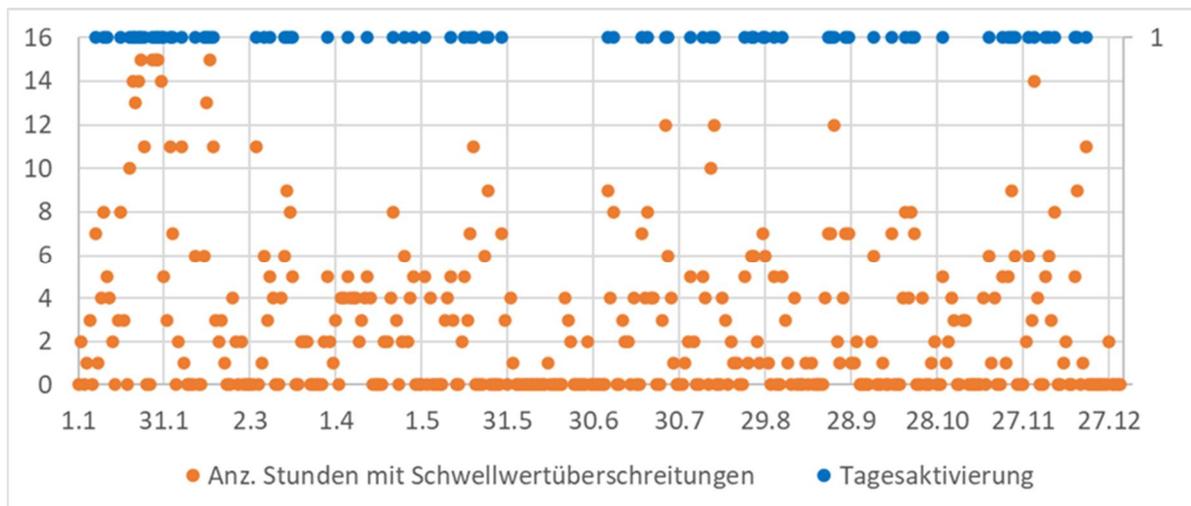


Abbildung 6-3 Darstellung der Jahreszeitreihe der Schwellenwertüberschreitungen pro Tag und Aktivierungen des Planfalls 3 als Tagesaktivierung

Die folgende Tabelle 6-3 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der Potenzialabschätzung für das Beispiel der Mittermaierstraße. Demnach würde das Beispiel der Kombination des verkehrlichen Planfalls 2 mit dem Planfall 3 bei einem Schwellenwert des NO₂-Stundenwerts in Höhe von 70 µg/m³ zu einer Minderung des NO₂-Jahresmittelwerts in der Mittermaierstraße um 2.5 µg/m³ bzw. 5.5 % führen. Dazu müsste die Maßnahme des Planfalls 3 ganztägig an 85 Tagen bzw.

23 % der Tage eines Jahres und zusätzlich die Maßnahme des Planfalls 2 noch an 310 Stunden im Jahr aktiviert werden.

In Abbildung 6-4 wird die stündliche Zeitreihe der NO₂-Belastung aus dem Basisfall, also ohne UVM-Maßnahmen, der Zeitreihe mit temporärer Aktivierung der hier ausgewählten UVM-Maßnahmen gegenübergestellt.

NO₂-Jahresmittelwert im Nullfall	44.3 µg/m ³
NO₂-Jahresmittelwert mit UVM-Aktivierung	41.8 µg/m ³
Minderung absolut	2.5 µg/m ³
Minderung relativ	5.5 %
Anwendungshäufigkeit MN 31 (Tage)	85 Tage / 23 %
Anwendungshäufigkeit MN 21 (Stunden)	310 Stunden / 3.6 %

Tabelle 6-3 Auswertung des Minderungspotenzials und der Aktivierungsraten für den Hotspot Mittermaierstraße unter den gegebenen Rahmenbedingungen

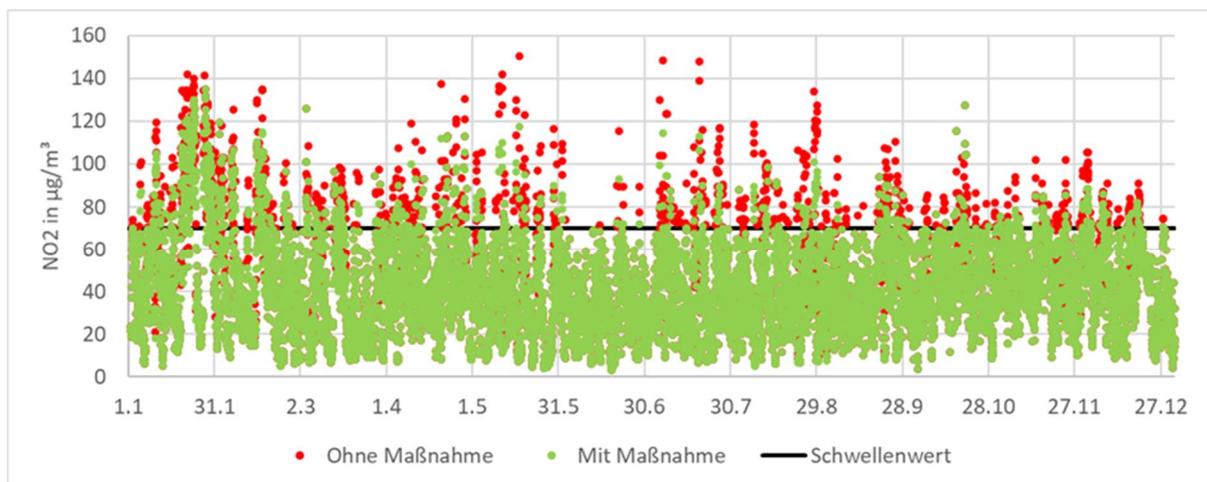


Abbildung 6-4 Zeitreihe der NO₂-Konzentration am Hotspot Mittermaierstraße Im Basisfall (rot) und bei temporärer Anwendung des Planfalls 3 (grün) bei Überschreiten des stündlichen Schwellenwerts von 70 µg/m³ (schwarz)⁶

6.5 Umweltseitige Wirkungsbetrachtung stadtweit

Mit der im vorhergehenden Abschnitt für den Hotspot Mittermaierstraße beispielhaft beschriebenen Methode zur Ermittlung des Wirkungspotenzials der UVM-Maßnahmen wurden Potenzialabschätzungen für alle Hotspots durchgeführt. Dabei wurden die Maßnahmenwirkungen der Maßnahmen aus den Planfällen 1 und 2 jeweils stündlich und der Kombination aus stündlicher und täglicher Aktivierung für die Kombination Planfall 2 (stündlich) und Planfall 3 (täglich) für alle ausgewählten Hotspots übernommen. Es wurden drei verschiedene Schwellenwerte zur Auslösung der Maßnahmen in Höhe von 60 µg/m³, 70 µg/m³

⁶ Die hohen Konzentrationen auch mit UVM-Maßnahmen am 4.3 und zwischen dem 17. und 20.10. treten in den Nachtstunden auf an denen UVM-Maßnahmen nicht aktiviert werden

und 80 µg/m³ untersucht. Die Ergebnisse dieser Abschätzungen sind in Tabelle 6-4 bis Tabelle 6-6 aufgeführt.

Wie zu erwarten, ist die Höhe des Minderungspotenziales abhängig vom Schwellenwert der Auslösung der jeweiligen Maßnahme und der damit verbundenen Anwendungshäufigkeit.

Bei dem niedrigsten Schwellenwert von 60 µg/m³ werden in den Hotspots in der Brückenstraße und der Friedrich-Ebert-Anlage im Planfall1 entsprechend der Emissionsminderungen nach Tabelle 6 1 die höchsten Minderungen mit 2.6 bzw. 2.7 % erreicht. Für die anderen Hotspots liegen die Minderungen in diesem Planfall bei 0.2 bis 1 %. Die Aktivierungsraten liegen bei allen Hotspots zwischen 10 und 18 % was 888 bzw. 1154 Stunden im Jahr entspricht. Im Planfall 2 liegen die Minderungspotenziale gegenüber dem Planfall 1 bei gleichbleibenden Aktivierungsraten an einigen Hotspots mit bis zu 5.7% an der Mittermaierstraße (ID 279) deutlich höher. In den Hotspots Brückenstraße und der Friedrich-Ebert-Anlage werden hier wie auch in der Kombination PF2&PF3 keine Minderungswirkung ermittelt, da nach Tabelle 6 1 hier die Emissionen ansteigen.

Für die Kombination von PF2&PF3 werden bei einem Schwellenwert von 60 µg/m³ nochmals höhere Minderungen, in der Mittermaierstraße (ID 279) bis 7.8%, ermittelt. Das geht einher mit Aktivierungsraten von 75 bis 148 Tagen im Jahr und zusätzlich noch 277 bis 306 Stunden.

Bei einem Schwellenwert von 70 µg/m³ erreicht man in der Kombination PF2&PF3 Minderungen im Bereich von 0.6 bis 5.5 % bei Aktivierungsraten von 27 bis 85 Tagen und zusätzlich noch 234 bis 310 Stunden im Jahr.

Ein Schwellenwert von 80 µg/m³ führt zu deutlich niedrigeren Aktivierungsraten aber damit verbunden auch zu niedrigeren Minderungswirkungen, die im Maximum für den Hotspot Mittermaierstraße bei 3.3 % liegt.

Anhand dieser Analysen der Minderungspotenziale der temporären UVM-Maßnahmen in Abhängigkeit von Schwellenwerten wird der Vorteil des UVM deutlich, da abhängig von der aktuellen Belastungssituation steuernd eingegriffen werden kann, um mit möglichst wenigen Anwendungen eine zielführende Minderungswirkung zu erreichen.

ID	Minderung						Anwendungshäufigkeit					
							PF1/PF2		PF2& PF3			
	PF1		PF2		PF 2 & 3		(stündlich)		PF2 (stündlich)		PF3 (ganztags)	
	abs. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	rel.	abs. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	rel.	abs. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	rel.	Std.	Ant.	Std.	Ant.	Tage	Ant.
45	-1.1	-2.6%					1438	17%				
496	-0.4	-1.0%	-0.9	-2.1%	-1.2	-2.9%	1323	15%	288	3%	125	34%
109	-1.1	-2.7%					1230	14%				
279	-0.4	-0.8%	-2.5	-5.7%	-3.5	-7.8%	1554	18%	277	3%	148	41%
296	-0.2	-0.6%	-1.8	-4.3%	-2.5	-6.0%	1249	14%	284	3%	117	32%
540	-0.2	-0.5%	-0.3	-0.8%	-0.4	-1.2%	991	11%	306	4%	85	23%
539	-0.1	-0.2%	-0.4	-1.2%	-0.6	-1.7%	888	10%	293	3%	75	21%

PF – Planfall, abs.- absolut; rel. – relativ; Std.- Stunden; Ant.- Anteil

Tabelle 6-4 Wirkungspotenzial der drei Planfälle bei einem Schwellenwert 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ID	Minderung						Anwendungshäufigkeit					
							PF1/PF2		PF2& PF3			
	PF1		PF2		PF 2 & 3		(stündlich)		PF2 (stündlich)		PF3 (ganztags)	
	abs. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	rel.	abs. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	rel.	abs. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	rel.	Std.	Ant.	Std.	Ant.	Tage	Ant.
45	-0.8	-1.8%					885	10%				
496	-0.3	-0.7%	-0.6	-1.4%	-0.8	-1.8%	785	9%	297	3%	61	17%
109	-0.7	-1.7%					711	8%				
279	-0.3	-0.6%	-1.8	-4.0%	-2.4	-5.5%	996	11%	310	4%	85	23%
296	-0.2	-0.4%	-1.1	-2.8%	-1.5	-3.6%	724	8%	304	3%	50	14%
540	-0.1	-0.3%	-0.2	-0.4%	-0.2	-0.6%	520	6%	251	3%	32	9%
539	0.0	-0.1%	-0.2	-0.7%	-0.3	-0.9%	465	5%	234	3%	27	7%

PF – Planfall, abs.- absolut; rel. – relativ; Std.- Stunden; Ant.- Anteil

Tabelle 6-5 Wirkungspotenzial der drei Planfälle bei einem Schwellenwert 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ID	Minderung						Anwendungshäufigkeit					
							PF1/PF2		PF2& PF3			
	PF1		PF2		PF 2 & 3		(stündlich)		PF2 (stündlich)		PF3 (ganztags)	
	abs. [µg/m ³]	rel.	abs. [µg/m ³]	rel.	abs. [µg/m ³]	rel.	Std.	Ant.	Std.	Ant.	Tage	Ant.
45	-0.5	-1.1%					502	6%				
496	-0.2	-0.4%	-0.3	-0.8%	-0.4	-1.1%	437	5%	217	2%	26	7%
109	-0.4	-1.1%					391	4%				
279	-0.2	-0.4%	-1.1	-2.6%	-1.4	-3.2%	586	7%	280	3%	36	10%
296	-0.1	-0.2%	-0.7	-1.7%	-0.8	-2.1%	399	5%	204	2%	22	6%
540	-0.1	-0.2%	-0.1	-0.3%	-0.1	-0.4%	282	3%	132	2%	19	5%
539	0.0	-0.1%	-0.1	-0.4%	-0.2	-0.5%	246	3%	117	1%	17	5%

PF – Planfall, abs.- absolut; rel. – relativ; Std.- Stunden; Ant.- Anteil

Tabelle 6-6 Wirkungspotenzial der drei Planfälle bei einem Schwellenwert 80 µg/m

6.6 Zusammenfassung der Wirkungen und Ergebnisse

Im Rahmen des vorliegenden Rahmenkonzepts „Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagements für die Stadt Heidelberg“ wurden drei wesentliche Maßnahmen (Zuflussdosierung, Verflüssigung sowie Verkehrs- und Mobilitätsinformation) entwickelt und bewertet.

Bezüglich der Zuflussdosierung sind grundsätzlich Eingriffe mit unterschiedlicher Tiefe möglich. Die Drosselung kann sich dabei auf die Hauptströme und/oder die zufließenden Nebenströme beziehen. In einer ersten Stufe wurden geeignete Knotenpunkte zur Zuflussdosierung in unmittelbarer Nähe der Hotspots gesucht. Aufgrund der Netzstruktur und der zentral gelegenen Brücken über den Neckar sind bei Eingriffen in die Kapazität unmittelbare Verlagerungswirkungen in benachbarte Straßenabschnitte zu verzeichnen. Diese Wirkungen sind bei der Festlegung der Eingriffsschwere im Rahmen der späteren mikroskopischen Planung zu beachten. Zusätzlich sollten geeignete Abbruchkriterien gemäß der zu definierenden Eingriffsschweren, insbesondere im Umfeld, entwickelt werden.

Aufgrund der dargestellten Verlagerungswirkungen können zur Erhöhung der Eingriffsschwere die Steuerungsmaßnahmen auf weiter vorgelagerte Knotenpunkte ausgedehnt werden. Diese Maßnahme wirkt sich direkt auf den Pendlerverkehr aus der Region nach Heidelberg aus und ist daher regional abzustimmen. Die Machbarkeit ist im Rahmen einer verkehrstechnischen Untersuchung einschl. mikroskopischen Modellierung zu prüfen und nachzuweisen.

Der unter Nutzung der Floating-Car-Daten von TomTom abgeleitete Verkehrszustand zeigt das aktuell vorhandene Potenzial einer Verflüssigung des Verkehrs in den kritischen Abschnitten und insbesondere auf den Hauptzufahrtsachsen auf.

Hinsichtlich der Wirkung der verkehrlichen Maßnahmen auf die NO₂-Belastung in den Hotspots zeigt sich, dass als kurzfristige Maßnahme ein Zuflussdosierung bereits ein deutlich höheres Minderungspotenzial hat als eine alleinige Verkehrsverflüssigung, die nur an den Hotspots Brückenstraße und der Friedrich-Ebert-Anlage zu einer signifikanten Verbesserung führen kann. Eine Kombination aus einer modalen Verlagerung mit einer Zuflussdosierung hat das größte Potenzial und führt in Kombination mit einem moderaten Schwellenwert von 70 µg/m³ z. B. in der Mittermaierstraße zu einer Minderung des NO₂-Jahresmittelwerts von 2.4 µg/m³ bzw. 5.5%.

Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement unterscheidet sich durch seine bedarfsorientierte Anwendung entscheidend von den übrigen statischen und infrastrukturellen Maßnahmen.

Der bedarfsorientierte Einsatz bedeutet, die Verkehrsteilnehmer nur bei drohenden Überschreitungen eines definierbaren Grenzwerts in ihrer Mobilität zu beeinflussen. Darüber hinaus sind sie hinsichtlich ihrer Umsetzung und Wirkungsentfaltung als kurzfristige Maßnahme einzuordnen.

Durch ihre direkte Kopplung an die in den Städten vorhandenen Verkehrsmanagementsysteme entsteht ein weit über die Umweltsteuerung in den Hotspots hinausgehender Nutzen. So schafft sie die Voraussetzung für die Integration der Umweltbelastung in das Qualitätsmanagement sowie die Nutzung der Ergebnisse in der Planung und dem Betrieb der Verkehrsanlagen.

7 Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement (UVM)

Für die Maßnahmenumsetzung wird im Folgenden ein technisches Zielsystem fachlich skizziert, welches ein kontinuierliches stadtweites Umweltorientiertes Verkehrsmanagement (UVM) mit begleitenden Informations- und Mobilitätsdiensten für die Öffentlichkeit verbindet.

Im avisierten Endzustand besteht dieses Zielsystem aus zwei maßgeblichen Komponenten: Auf der einen Seite den Systemen der Verkehrssteuerung für den Straßenverkehr in Verbindung mit einem Umweltmonitoring sowie auf der anderen Seite einem System aus begleitenden Mobilitätsinformationsdiensten.



Abbildung 7-1 Komponenten des Zielsystems

In den folgenden Kapiteln werden die Bausteine dieses Systems erläutert.

7.1 Verkehrssteuerung

7.1.1 Leitstellensysteme der Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation

Die Leitstellensysteme der Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation greifen auf die Bestandssysteme des Verkehrsrechners für den Individualverkehr zu (SiTraffic Concert/Scala) mit Anbindungen an Detektoren und Informationstafeln im Straßenraum sowie an die Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet Heidelberg.

Ziel des UVM ist es, die notwendigen Komponenten für eine umweltorientierte Verkehrssteuerung und -information zur Reduzierung der NO₂-Emissionen in den definierten Hotspots und im gesamten Stadtgebiet zu etablieren. Zu diesem Zweck muss der vorhandene Verkehrsrechner (SiTraffic Concert/Scala) u. a. um das Umweltmodell IMMISmt erweitert werden.

Die Leitstellensysteme der Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation greifen auf die Bestandssysteme der Leitstelle des Individualverkehrs (SiTraffic Concert/Scala) mit Anbindungen an Detektoren und Informationstafeln im Straßenraum sowie die Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet Heidelberg.

Ziel des UVM ist es, die notwendigen Komponenten für eine umweltorientierte Verkehrssteuerung und -information zur Reduzierung der NO₂-Emissionen in den definierten Hotspots und im gesamten Stadtgebiet zu etablieren. Zu diesem

Zweck wird der vorhandene Verkehrsrechner (SiTraffic Concert/Scala) u. a. um das Umweltmodell IMMIS^{mt} erweitert.

Der Verkehrsrechner beinhaltet die mit strategischen Detektoren im Straßennetz erhobenen Verkehrsdaten (lokale Geschwindigkeit und Verkehrsstärke).

IMMIS^{mt} berechnet auf Basis der gemessenen verkehrlichen Parameter gemäß dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA, Version 4.1) die NO₂-Immissionen im Hotspot.

Wird für eine aktuelle Situation eine Schwellenwertüberschreitung festgestellt, so wird eine Umweltschaltung aktiviert: Durch die Anpassung der Signalzeitpläne der Lichtsignalanlagen im Zulauf des Hotspots werden Verkehre an weiter vom Hotspot entfernten und besser durchlüfteten Streckenabschnitten gepförtner.

Hierdurch reduziert sich zeitweise die Verkehrsbelastung im Hotspot und es erhöht sich bei Unterschreitung der Auslastungsgrenze die Verkehrsqualität. So wird eine direkte Reduzierung der lokalen NO₂-Emissionen der Fahrzeuge im Hotspot und somit der verkehrlich bedingten lokalen NO₂-Immissionen bewirkt.

Über aktive Umweltschaltungen wird auf verschiedenen Informationskanälen informiert. Dafür werden im Straßennetz neu zu errichtenden Informationstafeln verwendet, um Verkehrsteilnehmer im direkten Umfeld der Schaltung auf die Aktivierung der Maßnahmen aufmerksam zu machen. Andererseits können über die begleitenden Informationsdienste (z. B. Mobilitäts-App) Verkehrsteilnehmer auch weit im Vorfeld erreicht werden.

Durch eine Vorausschau auf die Wetter- und Verkehrssituation für den kommenden Tag (Prognose) können Verkehrsteilnehmer auch mit zeitlichem Vorlauf über erwartete Schaltungen informiert werden und Pendler in ihrer Verkehrsmittelwahl bereits im Vorfeld beeinflusst werden.

Das umweltorientierte Verkehrsmanagement soll darüber hinaus zu einem kontinuierlichen stadtweiten umweltorientierten Verkehrsmanagement weiterentwickelt werden.

Durch die geplante integrierte Betrachtung des Stadtgebietes soll ein stadtweites kontinuierliches Monitoring konzipiert, entwickelt und etabliert werden. Dieses greift die Komponenten des UVM auf und überträgt sie in einen gesamtstädtischen Ansatz.

Die Errichtung des stadtweiten Monitorings sieht vor, das Verkehrsmonitoring auf das gesamte Hauptverkehrsstraßennetz der Stadt auszudehnen. Neben den im existierenden Verkehrsmanagementsystem Concert vorliegenden Informationen zur lokalen Verkehrsstärke und der Geschwindigkeit an detektierten Streckenabschnitten sind für ein stadtweites Monitoring Qualitätsinformationen an allen Streckenabschnitten erforderlich.

Hierfür wird der Einsatz einer fusionierten Verkehrslage aus flächendeckenden Floating-Car-Data (FCD) zur Verkehrsqualitätsbewertung im Hauptverkehrsstraßennetz und ggf. wesentlichen Abschnitten des Nebennetzes empfohlen. Diese Informationen werden mit den vorliegenden Detektionsdaten fusioniert, um eine widerspruchsfreie und valide Verkehrslage zu erzeugen. Da die FCD-Verkehrslage keine Aussage zur Verkehrsstärke zulässt, ist eine modellgestützte Fortschreibung der Verkehrsstärkedaten der stationären Detektion auf das Hauptverkehrsstraßennetz vorgesehen.

Auf Basis der damit vorliegenden netzweiten Verkehrslagedaten können mit dem Umweltmodell IMMIS^{MT} die NO₂-Belastungen im Gesamtnetz berechnet werden. Damit kann das Umweltmonitoring zu einer stadtweiten Lösung ausgedehnt werden.

Durch die Etablierung des kontinuierlichen stadtweiten Verkehrs- und Umweltmonitorings wird angestrebt, die NO₂-Belastungen nicht nur der lokalen Quellen in den Hotspots zu senken, sondern gleichzeitig den urbanen Hintergrund und damit die Belastung in anderen städtischen Gebieten zu senken.

Durch das vorgeschlagene System erhält die Stadt Heidelberg sehr gute Informationen über das gesamte Verkehrssystem. Ziel dessen ist es unter anderem auch, verkehrsplanerische Aufgaben schneller und flexibler zu erfüllen.

Änderungen in der Verkehrsorganisation oder den Verkehrsabläufen der Stadt Heidelberg können einen erheblichen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit und den Beitrag des umweltorientierten Verkehrsmanagements zur Zielerreichung – der Senkung der NO₂-Belastungen – zur Folge haben. Die Verkehrssteuerungs-Aspekte müssen daher nach der erfolgten Integration und Erstversorgung hinsichtlich Ihrer Wirkung evaluiert werden. Empfehlenswert ist eine kontinuierliche Überprüfung und Überwachung durch einen Verkehrsingenieur, ggf. im Rahmen eines Dienstleistungsauftrages (ASP-Lösung).

Es hat sich darüber hinaus gezeigt, dass die Akzeptanz von Maßnahmen im Straßenverkehr steigt, wenn diese durch eine breite Information der Verkehrsteilnehmer begleitet werden. Das hier definierte Zielsystem sieht dafür vor, die Information der Verkehrsteilnehmer durch komplementäre Informationsdienste, z. B. einer App, zu erweitern.

Im Folgenden werden die Komponenten der Verkehrssteuerung beschrieben. Die folgende Abbildung 7-2 zeigt das Zielsystem der Verkehrssteuerung sowie die Anbindung an die Informationsdienste, die in den folgenden Abschnitten weiter untersetzt werden.

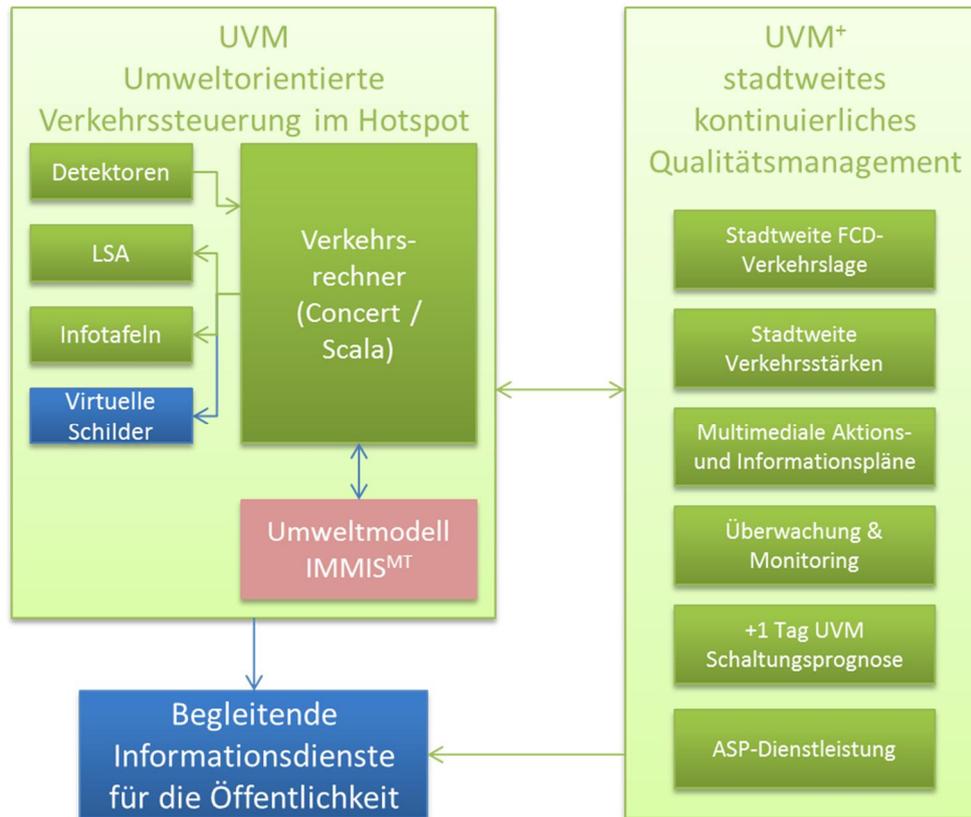


Abbildung 7-2 Zielsystem Verkehrssteuerung

7.1.2 Erweiterung der genutzten Verkehrsmessdaten (Detektion und Verkehrslage)

Im Folgenden werden die Voraussetzungen für ein UVM und die notwendigen Erweiterungen des Verkehrslagesystems der Stadt Heidelberg dargestellt. Einige der Voraussetzungen sind mit der bestehenden Infrastruktur bereits geschaffen, andere müssen erneuert bzw. ergänzt werden.

Verkehrsdetektion

Aktuelle und verlässliche Daten zur Verkehrsstärke, zur Verkehrszusammensetzung und zum Verkehrszustand sind eine wesentliche Datengrundlage zur Ermittlung der verkehrsbedingten Luftschadstoffemissionen und u. a. daraus resultierenden Luftschadstoffkonzentrationen in den hochbelasteten Abschnitten. Eine lokale Verkehrsdetektion schafft hierfür die geeigneten Voraussetzungen.

Die Verkehrsdetektion muss an einem geeigneten Punkt innerhalb der hochbelasteten Abschnitte installiert werden: Einerseits muss der Montageort hinreichend weit von der Haltelinie der nächstfolgenden Lichtsignalanlage entfernt liegen um eine genaue Zählung zu ermöglichen, andererseits muss aber auch ein Stau außerhalb des normalen Rückstaubereiches der LSA erkannt werden.

Durch bestehende Detektoren der Lichtsignalanlagen werden diese Bedingungen zumeist nicht erfüllt. Hierfür sind sogenannte strategische Verkehrsmessstellen erforderlich. In vielen Projekten in Deutschland haben sich hierfür Überkopf-Detektoren auf Infrarotbasis bewährt, deren Stromversorgung über ein Solarpanel und deren Datenkommunikation über Mobilfunk erfolgt. Ein Beispiel für ein entsprechendes kommerzielles Produkt ist das Traffic Eye Universal (TEU) der Siemens AG.

Der Vorteil der TEU ist die flexible Installationsmöglichkeit, z. B. an bestehenden Lichtmasten oder Schilderbrücken, ohne dass Bauleistungen hierfür erforderlich werden. Die Daten der Traffic Eyes werden per Mobilfunk an das Zentralsystem SiTraffic Scala/Concert übertragen und stehen dort in Form von zeitlich hochaufgelösten Verkehrsstärken, Lkw-Anteilen, lokalen Geschwindigkeiten und resultierendem Level-of-Service (Verkehrszustand) zur Anzeige und Weiterverarbeitung zur Verfügung. Die Daten werden sowohl fahstreifengenau als auch zu Messquerschnitten zusammengefasst verarbeitet. Die Übertragung und Verarbeitung von Einzelfahrzeugdaten kann ebenso aktiviert werden.

Für alle hochbelasteten Straßenabschnitte (Hotspots) wird eine Installation von derartigen lokalen Verkehrsmessstellen in jeweils beiden Fahrtrichtungen empfohlen. Darüber hinaus ist für die netzweite Kenntnis der aktuellen Verkehrsstärken und deren Zusammensetzung eine Installation von strategischen Verkehrsmessstellen an geeigneten Punkten im Netz zu empfehlen. Nicht detektierte Abschnitte sollten über ein geeignetes Verkehrsmodell ergänzt werden, das mithilfe der strategischen Messstellen gestützt wird. In Abbildung 7-3 ist ein Vorschlag für die zu detektierenden Abschnitte dargestellt. Hiermit wird erreicht, dass überwiegend 75 % der Verkehrsströme auf den Hauptverkehrsstraßen mindestens einmal entlang der Fahrten detektiert werden.

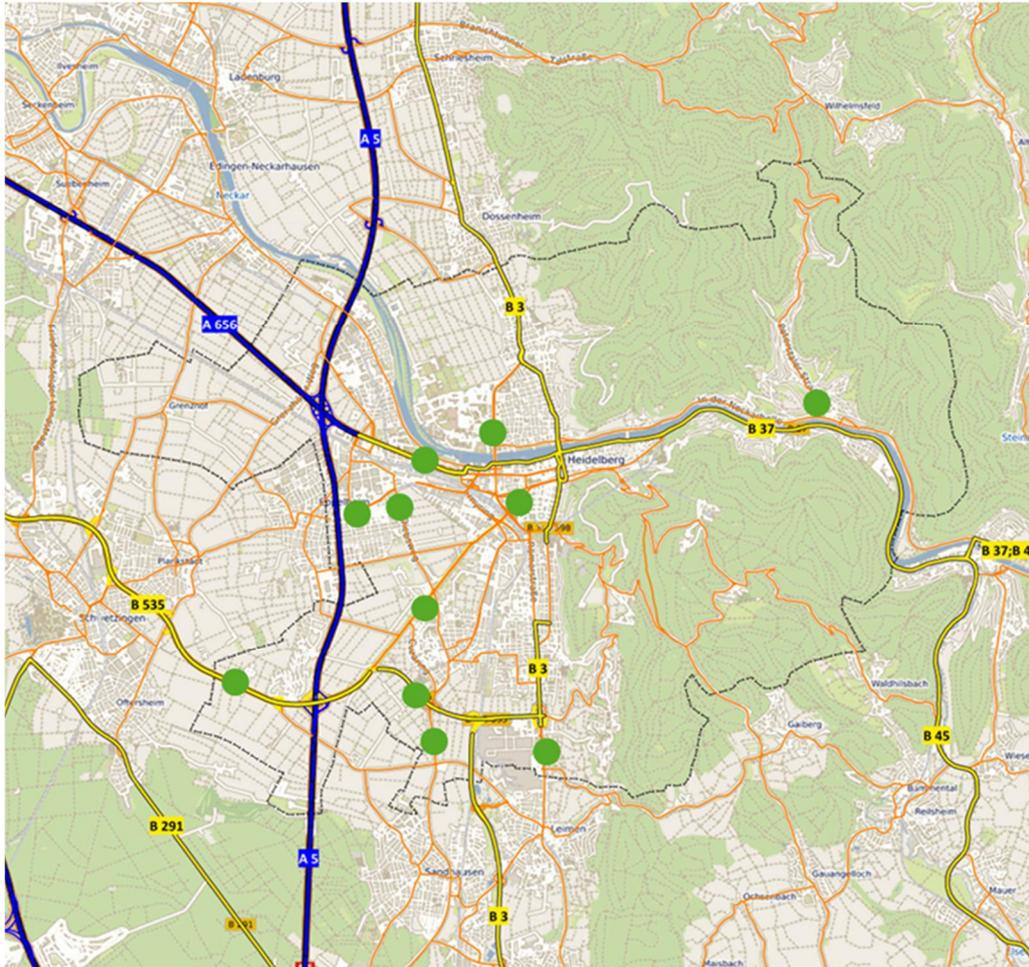


Abbildung 7-3 Vorschlag zum Aufbau strategischer Verkehrsmesstellen

Informationen zum aktuellen Verkehrszustand im Straßennetz

Viele Ereignisse beeinflussen die Situation im Straßenverkehr: geplante Einschränkungen wie Baustellen oder Veranstaltungen, aber auch nicht vorhersehbare Ereignisse wie Unfälle, Parken in zweiter Reihe oder Ausfälle von Lichtsignalanlagen. Verkehrsmodelle sind jedoch auf die Verfügbarkeit eben dieser Einflussfaktoren angewiesen und können nicht vorhersehbare Ereignisse kaum abbilden.

Die Lösung für dieses Problem besteht in der Nutzung von Floating Car Data (FCD). Mit ihnen können die aktuellen Geschwindigkeiten abschnitts- und richtungsbezogen erfasst werden und sie enthalten die Wirkungen der oben aufgeführten Einflüsse in ihrer Gesamtheit. Die Notwendigkeit, Informationen zu unvorhergesehenen Ereignissen bereitzustellen, entfällt somit.

Durch ein besonderes, neues Verfahren zur Datenfusion von FCD mit lokalen Messdaten und verfügbaren Meldungen wird Konsistenz zwischen den lokalen Daten und den netzweiten FCD-Informationen sichergestellt. Durch die hohe Qualität und Aktualität der kommerziell verfügbaren FCD wird die Berechnung der aktuellen Verkehrslage in Echtzeit ermöglicht. Neben der Nutzung auf den

Autobahnen ist damit auch die innerstädtische Nutzung dieser Daten für die Verkehrslenkung, -steuerung und -information sehr attraktiv.

Die Traffic Situation Engine (TSE) ist das Siemens-System zur Berechnung der aktuellen Verkehrslage, welches lokale Messdaten und FCD fusioniert. Als Eingangsgrößen können neben der lokalen Detektion und den FCD auch georeferenzierte Meldungen (insbesondere Sperrungen) berücksichtigt werden. Standardisierte Schnittstellen sowohl für den Dateneingang als auch für den Datenausgang gewährleisten eine nahtlose Integration in bestehende Systeme.

Die Ergebnisse der Verkehrslageberechnung stehen als Komplettdatensatz des gesamten Netzes oder für Netzausschnitte, als komprimierter Änderungsdatensatz sowie als Kartenschicht zur Überlagerung mit bestehenden Grundkarten zur Verfügung. Die TSE kann sowohl im ASP-Modell (Application Service Providing) als auch als lokale Installation realisiert werden. Die ASP-Variante ist besonders für kleine und mittlere Netzgrößen wirtschaftlich attraktiv.

Hierbei wird die TSE in einem Siemens-Rechenzentrum gehostet. Nur die Eingangsdaten der lokalen Detektion und der Meldungen sowie die Ergebnisdaten werden zwischen dem Kundensystem und dem Siemens-Rechenzentrum ausgetauscht. Dies spart Kosten und kann bei wachsenden Netzgrößen zu einem späteren Zeitpunkt in eine lokale Installation umgewandelt werden.

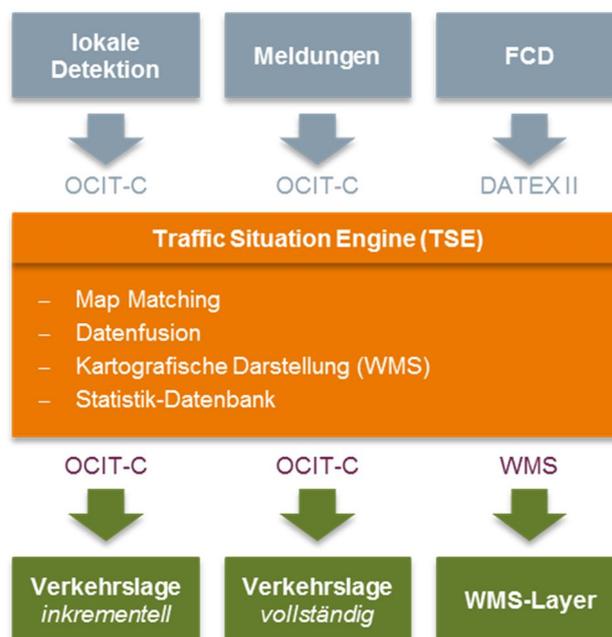


Abbildung 7-4 Allgemeiner Datenfluss der Verkehrslageberechnung

Ein wichtiges Informationsmedium für den Straßenverkehr sind dynamische Informationstafeln an wichtigen Entscheidungspunkten im Hauptverkehrsstraßennetz.

Insbesondere für den Quell- und Zielverkehr in Richtung Innenstadt erfolgt hier die Information zum aktuellen Betrieb der umweltorientierten Verkehrssteuerung.

Darüber hinaus können von einem Verkehrsredakteur manuell Anzeigen auf einzelnen Tafeln geschaltet werden, die sich auf aktuelle und relationsbezogene (Verkehrs-)Ereignisse beziehen. Dies sind z. B. Baustellen, Havarien, Sperrungen, Unfälle, Ampelausfälle, die den Verkehr massiv beeinträchtigen und es erforderlich machen, die Verkehrsteilnehmer sofort zu informieren.

Die Abbildung 7-5 zeigt die möglichen Grobstandorte von dynamischen Informationstafeln im Straßennetz.

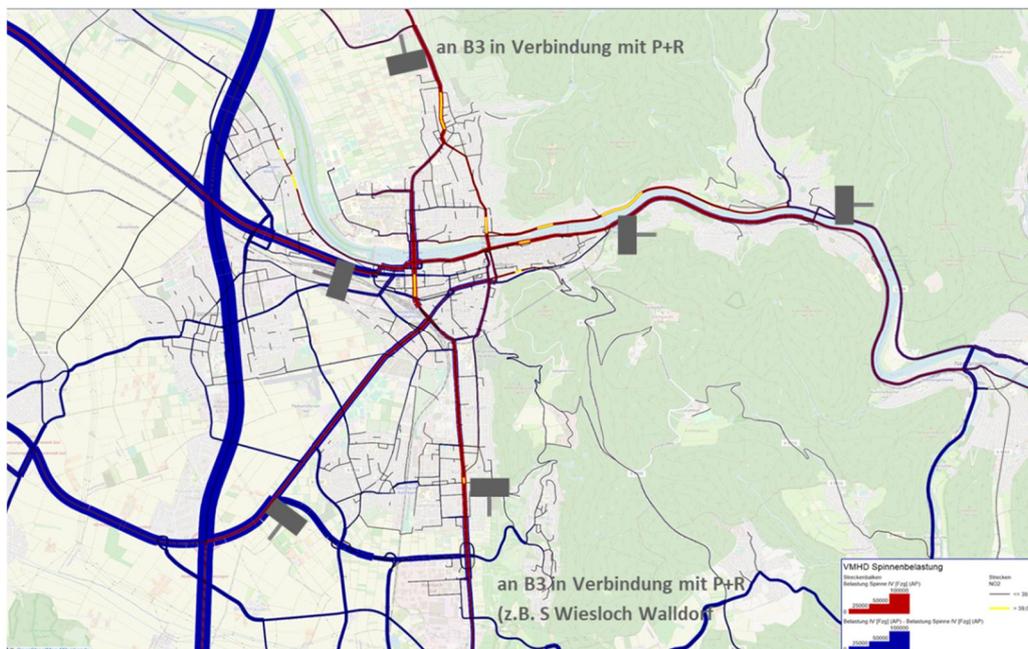


Abbildung 7-5 Standortvorschlag Informationstafeln

7.1.3 Erweiterung des vorhandenen Verkehrssteuerungssystems

Die Stadt Heidelberg verfügt über ein Siemens Verkehrsrechnersystem SiTraffic Scala. Die Software des Verkehrssteuerungsrechners (VSR) wird im Rahmen eines Systempflegevertrages kontinuierlich innoviert. Für die technische Umsetzung der UVM-Maßnahmen sind einzelne Erweiterungen notwendig.

An den Verkehrsrechner sind die Lichtsignalanlagen (LSA) der Stadt angeschlossen. Für die Steuerung der verkehrabhängigen Signalprogramme sind verschiedenste Verkehrsdetektoren in Betrieb und an den VSR. Ebenso sind Detektoren für Messquerschnitte installiert und im Verkehrsrechner eingerichtet.

Das für die UVM-Steuerung erforderliche Strategiemangement einschließlich der verkehrabhängigen LSA-Signalprogrammsteuerung ist ebenfalls bereits im VSR implementiert und somit für das Projekt nutzbar.

Derzeit sind u.a. die folgenden für das UVM benötigten Funktionalitäten noch nicht im VSR enthalten und werden somit nachgerüstet:

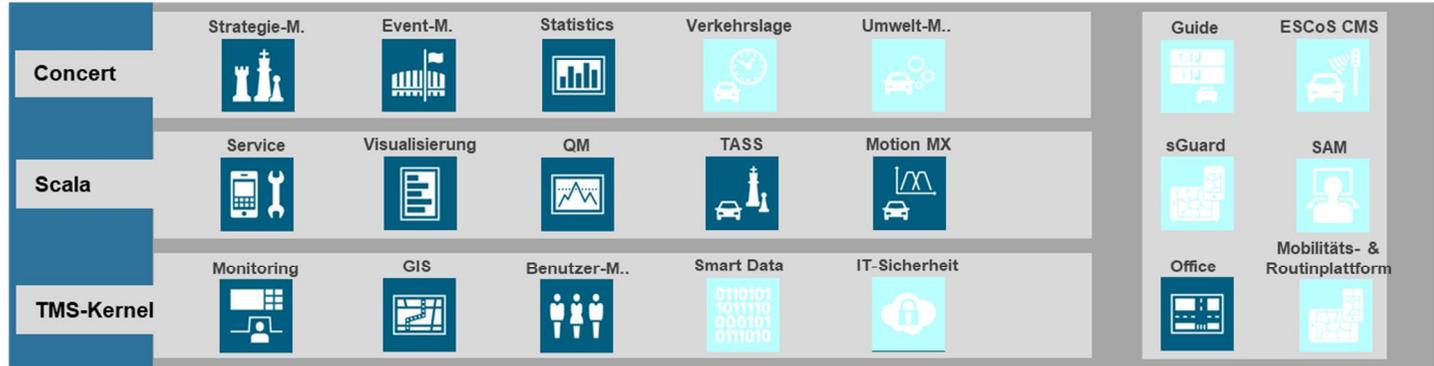
- Modul zur Integration von Umfeldsensoren und Messstationen für umweltsensitive Daten
- Modul zur Ansteuerung von dynamischen Schildern (z. B. Infotafeln)
- Modul zur Integration von Verkehrslage- und Reisezeitdaten auf für das UVM Konzept ausgewählten Verkehrsstrecken

Das nachfolgende Systembild (Abbildung 7-6) stellt einen Überblick zu den erforderlichen Erweiterungen des Verkehrssteuersystems der Stadt Heidelberg für die Umsetzung und den Betrieb eines umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements dar:

API Management



Verkehrsmanagement



Feldgeräte

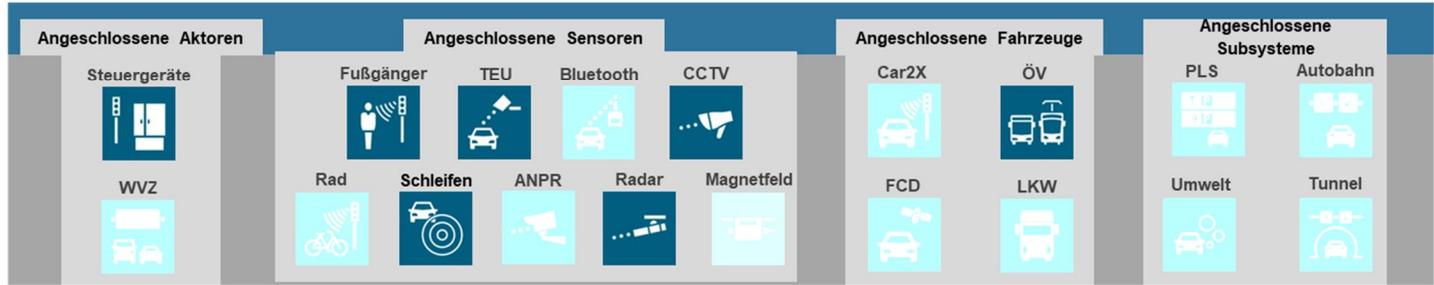


Abbildung 7-6 Systemumgebung - In Heidelberg bereits vorhandenes Software und Hardware System (dunkelblau) sowie Erweiterungen

7.1.4 Integration Umweltmodell

Die Systeme der Verkehrssteuerung werden um Schnittstellen zur Integration des Umweltmodells IMMIS^{mt} erweitert. IMMIS^{mt} selbst wird im folgenden Kapitel 7.2 erläutert.

Schnittstellen zur Integration von IMMIS^{mt} (IVU)

Das Verkehrssteuersystem liefert an IMMIS^{mt} die folgenden dynamischen Daten:

- Verkehrsdaten aus der Verkehrsdatenerfassung
- Umweltdaten von Wetterstationen und Luftqualitätsmessstellen

Die Ergebnisdaten der Immissionsberechnung von IMMIS^{mt} werden an das Verkehrssteuersystem zurückgeliefert und stehen dort für Auswertungen und zur temporären Auslösung der umweltorientierten Steuerstrategien zur Verfügung.

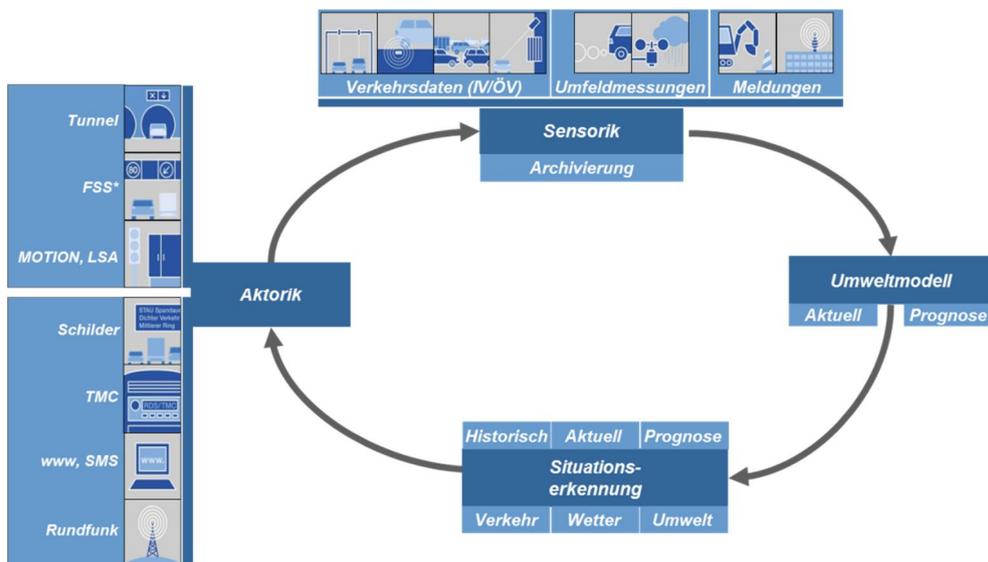


Abbildung 7-7 Regelkreis der Umweltorientierten Verkehrssteuerung

Zur Übergabe der prognostizierten Verkehrsstärken des Folgetages für eine Vorabinformation der Verkehrsteilnehmer müssen Schnittstellen zwischen dem UVM-System und IMMIS^{mt} geschaffen werden.

7.2 Umweltmonitoring und Vorhersage mit IMMIS^{mt}

IMMIS^{mt} ist ein Monitoring-System zur stadtweiten Überwachung der Luftschadstoffbelastung in Echtzeit. Auf der Basis von aktuellen oder prognostizierten Verkehrsdaten, Schadstoffmesswerten und Wetterdaten berechnet

IMMIS^{mt} Kfz-Emissionen, Hintergrund-Konzentrationen und die Immissionen im Straßenraum z. B. in halbstündlicher Auflösung. Das Gesamtsystem mit seinen einzelnen Modulen und Schnittstellen ist in Abbildung 7-8 schematisch dargestellt.

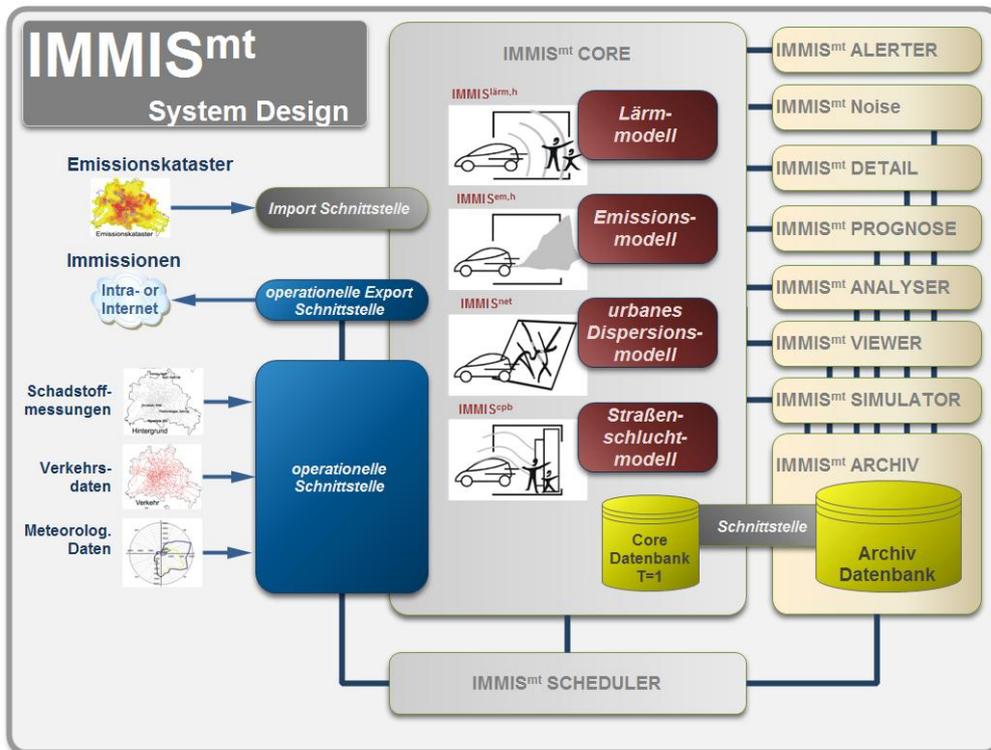


Abbildung 7-8 System Design des Gesamtsystems IMMIS^{mt}

IMMIS^{mt} besteht für den Anwendungsbereich der Luftschadstoffbelastung aus mehreren, innerhalb der Luftreinhalteplanung validierten, Computermodellen, die optimal aufeinander abgestimmt in IMMIS^{mt} integriert sind und in Kapitel 7.2.1 näher beschrieben werden. Die Modelle berechnen die aktuellen Kfz-Emissionen und Immissionsbelastungen im Stadtgebiet. Die dazu benötigten Eingangsdaten werden über verschiedene statische und dynamische Importschnittstellen (Kapitel 7.2.2) in das IMMIS^{mt}-System integriert. Über Exportschnittstellen können die berechneten Emissionen und Immissionen und weitere Steuerungsparameter, z. B. bei Überschreitung von Schwellwerten, an ein Datenmanagementsystem übertragen werden.

Das Basis-Modul von IMMIS^{mt} kann mit verschiedenen optionalen Modulen erweitert werden.

Sowohl ausgewählte Eingangsdaten als auch berechnete Ergebnisse können mit dem Modul IMMIS^{mt}-Archiv in einer Archiv-Datenbank abgelegt, mit dem

Modul IMMIS^{mt}-Viewer grafisch dargestellt und mit dem Modul IMMIS^{mt}-Analyser statistisch ausgewertet werden.

Das Prognosemodul von IMMIS^{mt} (Kapitel 7.2.1.3) bietet die Möglichkeit, die stadtweite Luftschadstoffbelastung für verschiedene Prognosehorizonte vorherzusagen.

Darüber hinaus ist ein Zusatzmodul IMMIS^{mt}-Detail für eine flächenhafte Darstellung der Immissionen an ausgewählten Hotspots und das Modul IMMIS^{mt}-Simulator zur Offline-Simulation von Planfällen verfügbar.

7.2.1 Funktionsweise von IMMIS^{mt}

7.2.1.1 Luftschadstoffmodellierung

Das Luftschadstoffmodul des Programmsystems IMMIS^{mt} besteht aus den folgenden Teilmodellen:

- IMMIS^{em/h} – zur Berechnung der verkehrsbedingten Schadstoffemissionen im Hauptverkehrsstraßennetz
- IMMIS^{net} – zur Bestimmung der Vorbelastung im Straßenraum aus den umliegenden städtischen Quellen (vornehmlich Kfz-Verkehr und eventuell weiterer vorhandener Katasterinformationen). Zusätzlich kann IMMIS^{net} die flächenhafte Schadstoffbelastung für das gesamte Stadtgebiet berechnen.
- IMMIS^{cpb} – zur Bestimmung der Schadstoffbelastung im Straßenraum

Das Modell IMMIS^{em/h} berechnet, basierend auf dem aktuellen Handbuch für Emissionsfaktoren HBEFA 4.1 (INFRAS, 2019) und der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (KRdL, 2020), die Emissionen des Straßenverkehrs. Ergänzt wird die Emissionsberechnung in IMMIS^{em/h} um ein Modell zur Abbildung von Kaltstartzuschlägen entsprechend der Richtlinie VDI 3782 Blatt. Sobald eine neue Version des HBEFA veröffentlicht wird, wird IVU Umwelt im Rahmen der Programmpflege zeitnah eine neue Version von IMMIS^{em/h} erstellen und in IMMIS^{mt} integrieren.

Die Berechnung des städtischen Anteils der Vorbelastung für die einzelnen Straßen erfolgt mit dem Modell IMMIS^{net} (IVU Umwelt, 2016). IMMIS^{net} ist ein immissionsklimatologisches Ausbreitungsmodell zur Berechnung der flächenhaften Luftschadstoffbelastung. Das Modell beschreibt den stationär behandelten Prozess der Verdünnung und des Transports von Schadstoffen aus Punkt-, Linien- oder Flächenquellen unter der Annahme einer Gaußschen Normalverteilung. Als Quelldaten werden die halbstündlichen Emissionen des

Hauptstraßenverkehrs aus IMMIS^{em/h} sowie die weiteren städtischen Quellarten aus statischen Emissionskatastern verwendet.

Die Luftschadstoffbelastung im Straßenraum wird mit dem Programm IMMIS^{cpb} (Yamartino, R. J., Wiegand, G. 1986) berechnet. Das Programm IMMIS^{cpb} modelliert die Luftschadstoff-Immissionen des Verkehrs in Straßenschluchten. Es ermöglicht die Berechnung z. B. von Halbstundenwerten der Immissionsbelastung an beliebigen Punkten im Straßenraum mit auf beiden Seiten unterschiedlichen Bebauungshöhen. Durch eine entsprechende Erweiterung können auch Immissionen für Straßenräume mit Baulücken berechnet werden. IMMIS^{cpb} ist das Grundlagenmodell für das Screening-Programm IMMIS^{luft}.

Der Ablauf der Berechnung der Luftschadstoffbelastung wird durch die folgende Abbildung skizziert.



Abbildung 7-9 Schema der Luftschadstoffmodellierung je Straßenabschnitt in IMMIS^{mt}

7.2.1.2 Berechnete Größen

In IMMIS^{mt} können alle motorbedingten Emissionskenngrößen, für die das HBEFA Emissionsfaktoren bereitstellt, berechnet werden. Zusätzlich können Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen (AWAR) von PM10 und PM2.5 berechnet werden. Damit können Emissionen für die Schadstoffe NO_x, NO₂, CO₂, PM10 und PM2.5 und die PM-Emissionen als Gesamtemissionen sowie getrennt nach motorbedingten Emissionen und Aufwirbelung und Abrieb ausgegeben werden.

Die stadtweiten Immissionen werden für die Schadstoffe NO_x, NO₂, PM10 und PM2.5 berechnet.

IMMIS^{mt} bietet die Möglichkeit Schwellwerte für einzelne Messstellen, Straßenzüge, Netzbereiche oder das Gesamtnetz zu definieren. Basierend auf diesen Schwellwerten können dann ggf. Steuerungsparameter an das Datenmanagementsystem übertragen werden, die z.B. zum Auslösen von Maßnahmen verwendet werden können.

7.2.1.3 Prognosemodul

Mit dem Prognosemodul von IMMIS^{mt} kann die Luftschadstoffbelastung, z. B. in halbstündlicher oder stündlicher Auflösung, prognostiziert werden.

Das Prognosemodul verwendet die gleichen Methoden und Werkzeuge wie das Monitoringsystem.

Das IMMIS^{mt}-Prognose-Modul verfügt über zwei Prognosehorizonte, die Kurzfrist- und die Mittelfristprognose. Halbstündlich oder stündlich wird eine Kurzfristprognose erstellt. Dabei werden die verkehrsbedingten Emissionen und die voraussichtlichen Immissionen für die folgenden Prognoseintervalle (Halbstunden bzw. Stunden) berechnet.

Zusätzlich wird täglich eine Mittelfristprognose berechnet, bei der die verkehrsbedingten Emissionen und Immissionen für alle Stunden des aktuellen und des folgenden Tags und als Tagesmittelwert prognostiziert werden.

Für den Prognosemodus von IMMIS^{mt} werden als Eingangsdaten der Modellierung Vorhersagen für meteorologische Daten, Schadstoffkonzentrationen und Verkehrsdaten anstelle von aktuell gemessenen Daten verwendet.

Die Prognose-Eingangsdaten können für die Kurzfristprognose entweder intern in IMMIS^{mt} mit einem Regressionsmodell berechnet oder von externen Verfahren (z. B. Verkehrsprognose, Wettervorhersage und regionale Schadstoffausbreitungsmodelle) über Datenschnittstellen in IMMIS^{mt} integriert werden. Für die Mittelfristprognose sind externe Prognosedaten erforderlich, die aber beispielsweise durch den DWD und CAMS frei verfügbar sind (siehe Kapitel 7.2.2.4 und 7.2.2.5).

7.2.1.4 Synchronisation der Datenflüsse

IMMIS^{mt} führt eine Modellierung durch, sobald die Verkehrsdaten, Umweltdaten und Meteorologiedaten für den aktuellen Berechnungszyklus vollständig vorhanden sind. Daher ist für jede Datengruppe auf eine zeitnahe Bereitstellung zu achten. Die Dauer der Berechnung innerhalb von IMMIS^{mt} hängt von der Anzahl der Straßenabschnitte ab für die Immissionen berechnet werden sollen. Das System ist grundsätzlich in der Lage, über 10.000 Abschnitte pro Berechnungszyklus zu berechnen. Die Weitergabe der Ergebnisse an das Verkehrsmanagementsystem erfolgt unmittelbar nach der Modellierung. Verzögerungen bei der Bereitstellung einzelner Datentypen können dazu führen, dass für den aktuellen Zeitschritt keine Berechnungen durchgeführt werden.

7.2.1.5 Visualisierung

Werden die Ergebnisse und Eingangsdaten in einer Archiv-Datenbank abgelegt, so können diese mit dem Modul IMMIS^{mt}-Viewer als Zeitreihe dargestellt werden. Abbildung 7-10 zeigt Beispiele der Zeitreihengrafiken berechneter und gemessener NO₂-Immissionen (oben links) und der Eingangsdaten wie

Windrichtung und Windgeschwindigkeit (oben rechts), Verkehrsdaten (Anzahl KFZ und SLKW, unten links) sowie die Anteile der Verkehrssituationen (unten rechts), die mit dem IMMIS^{mt}-Viewer erzeugt wurden.

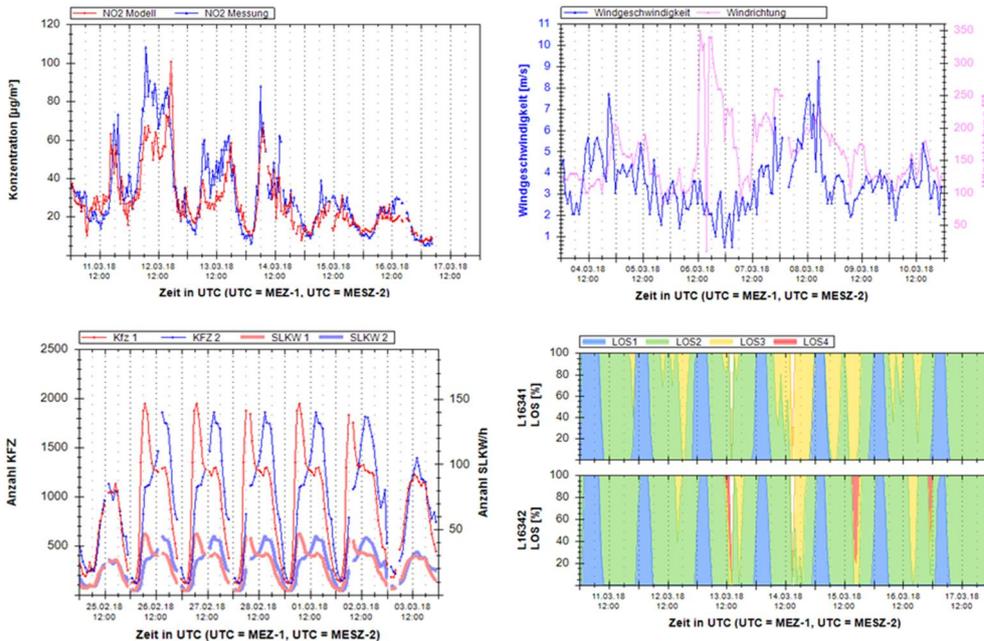


Abbildung 7-10 Zeitreihendarstellung von IMMIS^{mt} Viewer

Neben der Darstellung von Zeitreihen halbstündlicher bzw. stündlicher Daten können ebenfalls monatliche Zeitreihen der Tagesmittelwerte und jährliche Zeitreihen der Monatsmittelwerte erzeugt werden, siehe folgende Abbildung 7-11.

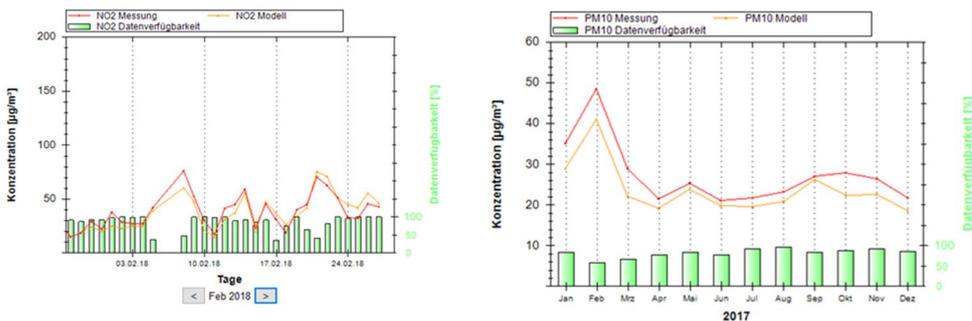


Abbildung 7-11 Zeitreihendarstellung der Tagesmittelwerte (links) und Monatsmittelwerte (rechts) von IMMIS^{mt}-Viewer

Die Eingangsdaten und Ergebnisse der Berechnungen können mit dem IMMIS^{mt}-Viewer zusätzlich auf einer Webseite visualisiert werden. Dabei werden die Grafiken automatisch nach erfolgter Berechnung auf eine Webseite geladen.

Neben der Zeitreihendarstellung können die berechneten Immissionen stadtweit bezogen auf das Straßennetz als Karte dargestellt werden. Abbildung 7-12 zeigt dies am Beispiel der modellierten NO_2 -Gesamtbelastung. Neben den modellierten Immissionen der verschiedenen Schadstoffe können auch Verkehrsdaten (wie z. B. Gesamtzahl Kfz, Anteil schwerer Nutzfahrzeuge, LoS4) dargestellt werden.

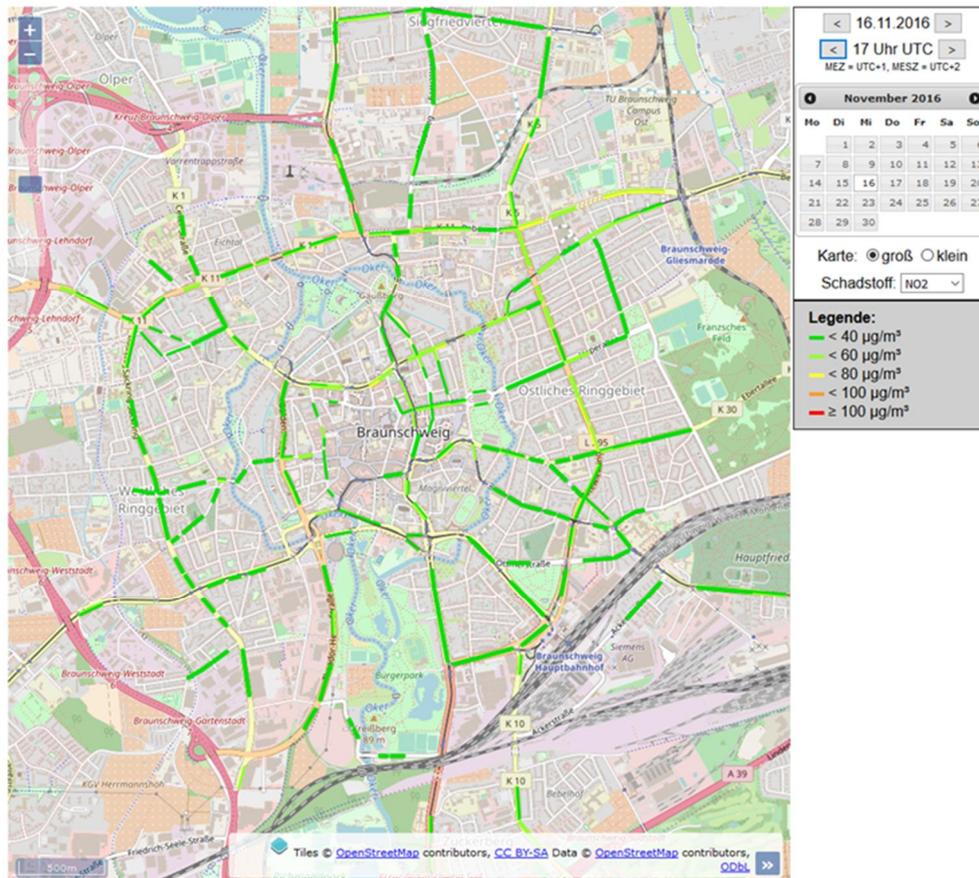


Abbildung 7-12 Kartendarstellung der mit IMMIS^{mt} stadtweit modellierten NO_2 -Immissionen auf den Straßenabschnitten des Verkehrsnetzes am Beispiel der Stadt Braunschweig

7.2.2 Eingangsdaten und Schnittstellen

7.2.2.1 Verarbeitung der Eingangsdaten

In diesem Kapitel werden die Eingangsdaten und Schnittstellen beschrieben, die für die Berechnung der Luftschadstoffe des Umweltmoduls IMMIS^{mt} von Bedeutung sind. Die erforderlichen Daten und berechneten Ergebnisse werden über definierte Schnittstellen in das MT-System überführt bzw. von IMMIS^{mt} exportiert. Diese sind in Abbildung 7-13 jeweils am linken bzw. rechten Bildrand dargestellt.

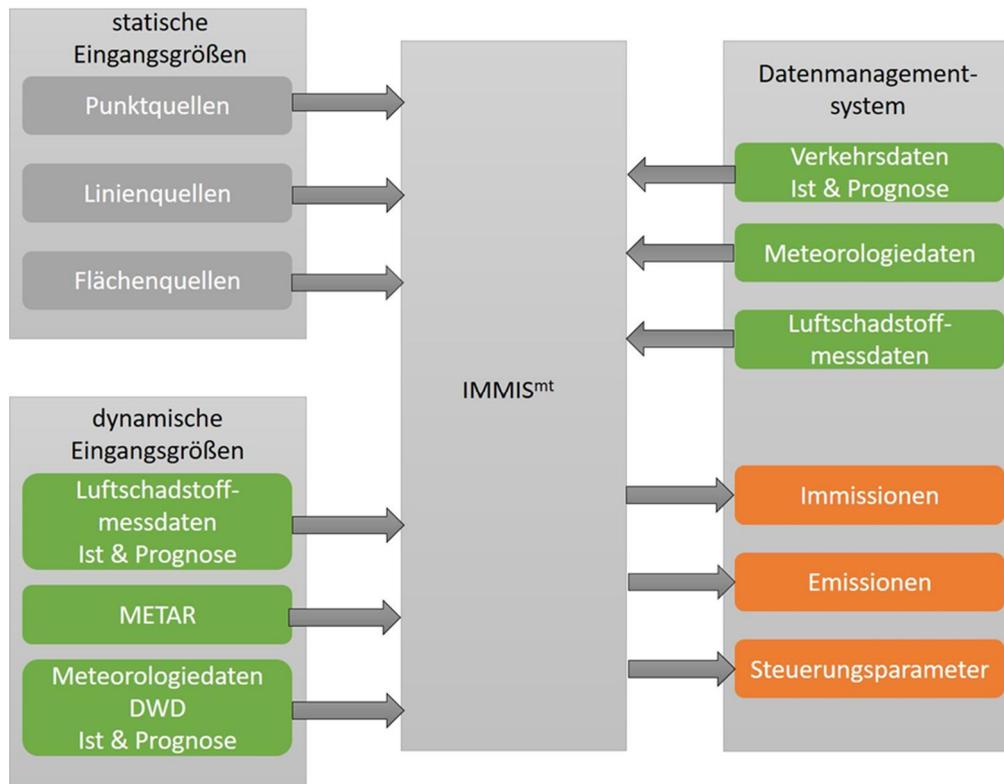


Abbildung 7-13 Eingangsdaten und Ergebnisse mit Schnittstellen

Es wird zwischen statischen und dynamischen Eingangsgrößen unterschieden. Die statischen Daten werden bei der Implementierung von IMMIS^{mt} importiert. Dabei kommen entsprechende Datei-Schnittstellen zum Einsatz.

Die dynamischen Eingangsdaten, im Allgemeinen Mess- und Prognosedaten, werden vor jeder halbstündlichen Berechnung von IMMIS^{mt} importiert. Dabei werden die Verkehrsdaten aus dem Datenmanagementsystem abgerufen. Die weiteren dynamischen Eingangsdaten wie Meteorologie- und Luftschadstoffmessdaten können entweder ebenfalls aus dem Datenmanagementsystem abgerufen werden oder alternativ über andere Schnittstellen aus weiteren Datenquellen (z. B. DWD, METAR-Reports oder lokale Messstationen) abgerufen werden.

In IMMIS^{mt} findet ggf. eine Aggregation von dynamischen Eingangsdaten auf Halbstundenwerte statt, so dass ein halbstündlicher Berechnungszyklus für die Luftschadstoffberechnung realisiert werden kann. Die Ergebnisse (Emissionen, Immissionen und ggf. Steuerungsparameter) werden durch IMMIS^{mt} an das Datenmanagementsystem übergeben.

7.2.2.2 Importschnittstellen zu statischen Daten

Statische Eingangsdaten werden einmalig bei Implementierung des Systems zusammengestellt und müssen nur bei Änderung manuell aktualisiert werden. Der Import der statischen Daten erfolgt für ein definiertes Format mit in IMMIS^{mt} vorhandenen Schnittstellen.

7.2.2.3 Importschnittstellen zu dynamischen Eingangsdaten

Dynamische Eingangsdaten werden von IMMIS^{mt} durch eine entsprechende Abfrage beim liefernden System, z. B. dem Verkehrsmanagementsystem abgefragt und importiert. Soweit dynamische Daten in kürzeren Intervallen als dem Berechnungsintervall zur Verfügung gestellt werden, werden die Daten von IMMIS^{mt} aggregiert.

7.2.2.4 Prognose-Meteorologiedaten

Für die Mittelfrist-Prognose von Immissionen im Straßenraum im Horizont +1 Tag (Option) benötigt IMMIS^{mt} meteorologische Prognosedaten. Dabei können z. B. frei verfügbare Prognosedaten des DWD verwendet werden. Diese Schnittstelle kann je nach Anforderung als XML- oder Datei-Schnittstelle umgesetzt werden. Die Daten können via https oder ftp abgerufen werden.

Die Daten werden einmal täglich aktualisiert.

7.2.2.5 Prognose-Luftschadstoffdaten

Für die Berechnung der prognostizierten Immissionen im Straßenraum (Mittelfristprognose mit Prognosehorizont +1 Tag; Option) benötigt IMMIS^{mt} Prognosedaten der Luftschadstoffe u. a. zur Ermittlung der Hintergrundbelastung. Es können z. B. CAMS-Prognosedaten verwendet werden. (<https://atmosphere.copernicus.eu/>). Diese Schnittstelle kann je nach Anforderung als XML- oder Datei-Schnittstelle umgesetzt werden. Die Daten können via https oder ftp abgerufen werden.

Die Daten werden einmal täglich aktualisiert.

7.2.3 Exportschnittstellen

7.2.3.1 Emissionsdaten

In IMMIS^{mt} ist eine Schnittstelle implementiert, mit der die berechneten Emissionen für den aktuellen Zeitschritt und als Prognose an das Datenmanagementsystem übertragen werden können. Dabei sind die Emissionen referenziert auf das Straßennetz.

Die Schnittstelle ist als konfigurierbare XML-Schnittstelle realisiert.

Die Daten werden nach erfolgter Berechnung übertragen. Die prognostizierten Daten der Mittelfristprognose (Prognosehorizont +1 Tag) werden einmal täglich übermittelt.

7.2.3.2 Immissionsdaten

In IMMIS^{mt} ist eine Schnittstelle implementiert, mit der die berechneten Immissionen für den aktuellen Zeitschritt und als Prognose an das Datenmanagementsystem übertragen werden können. Dabei sind die Immissionen referenziert auf das Straßennetz.

Die Schnittstelle ist als konfigurierbare XML-Schnittstelle realisiert.

Die Daten werden nach erfolgter Berechnung übertragen. Die prognostizierten Daten der Mittelfristprognose (Prognosehorizont +1 Tag) werden einmal täglich übermittelt.

7.2.3.3 Steuerungsparameter für das Verkehrsmanagement

In IMMIS^{mt} ist eine Schnittstelle implementiert, mit der im Falle der Überschreitung von definierten Schwellwerten Steuerungsparameter an das Datenmanagementsystem übertragen werden können.

Die Schnittstelle ist als konfigurierbare XML-Schnittstelle realisiert.

Die Daten werden nach erfolgter Berechnung übertragen.

7.2.3.4 Übertragung weiterer Daten an das Datenmanagementsystem

Über definierte Schnittstellen können weitere Daten, wie z. B. Meteorologie- oder Luftschadstoffmessdaten, an das Datenmanagementsystem übertragen werden, die von anderen Datenquellen in IMMIS^{mt} importiert werden.

Die Schnittstelle ist als konfigurierbare XML-Schnittstelle realisiert.

8 Informations- und Mobilitätsmanagement

8.1 Multimodales Mobilitätsmanagement

Neben einer umweltfreundlichen und leistungsfähigen Steuerung des Verkehrsablaufes mittels intelligenten Verkehrsmanagements ist ein intelligentes Mobilitätsmanagement ein zusätzlicher Lösungsansatz, den gegenwärtigen Handlungszielen der nachhaltigen Stadt- und Verkehrsentwicklung in der Stadt Heidelberg Rechnung zu tragen.

Konkret sollte eine ganzheitliche Vernetzung aller Optionen erfolgen, um jedes verfügbare Mobilitätsangebot monetär- und zeit-ökonomisch sowie ökologisch gegenüberzustellen. Ein modernes Mobilitätsmanagement sollte dabei folgende Ziele konkret verfolgen:

- Anreizsetzung insbesondere für eine Verlagerung des Motorisierten Individualverkehrs auf den Umweltverbund
- Anreizsetzung zur Nutzung flexibler Mobilitätsangebote wie Car- und Bikesharing insbesondere in Ergänzung zum Umweltverbund
- Starke Nutzerorientierung
- Umfassende Informationsbereitstellung durch Nutzung glaubwürdiger Datengrundlagen

Insbesondere der letzte Punkt erfordert, dass bestmöglich Echtzeit-Informationen mit einer guten Datenversorgung bereitgestellt werden, die nicht im Widerspruch zu weiteren Informationsmedien stehen. Eine grundlegende Voraussetzung dafür ist die Anbindung aller Daten und Service Provider an eine moderne Plattform, die offen für unterschiedlichste Service-Anbieter und Mobilitätsangebote ist. Dies gewährleistet eine hohe Akzeptanz sowohl auf Seiten der Service Provider als auch auf der Nutzerseite.

Nachfolgend wird skizziert, wie die Zusammenführung bestehender und neuer Mobilitätsinformationen für die Stadt Heidelberg in einer Plattform aussehen kann. Abschließend werden potentielle Wege zur Darstellung der multimodalen Mobilitätsinformationen in bekannten und neuen (Internet-) Portalen, in mobilen Informationsdiensten und vor Ort an wichtigen Schnittstellen der Heidelberger Mobilität aufgezeigt.

8.1.1 Bestandsaufnahme Mobilitätsangebote und nutzbare Daten

Das Kapitel erfasst die vorhandenen Mobilitätsangebote sowie Datenlieferanten (z. B. ÖV-Unternehmen, Carsharing, Ladeinfrastruktur) und deren technische Systeme im Raum Heidelberg, die sich für eine Integration in Mobilitätsinformationssysteme anbieten.

Abbildung 8-1 fasst die Angebote von Mobilitäts- und Providerdaten schematisch zusammen. Im Detail werden alle verfügbaren Daten zentral an eine Plattform angebunden, welche die Daten den aufbauenden Informationssystemen gebündelt zur Verfügung stellt.

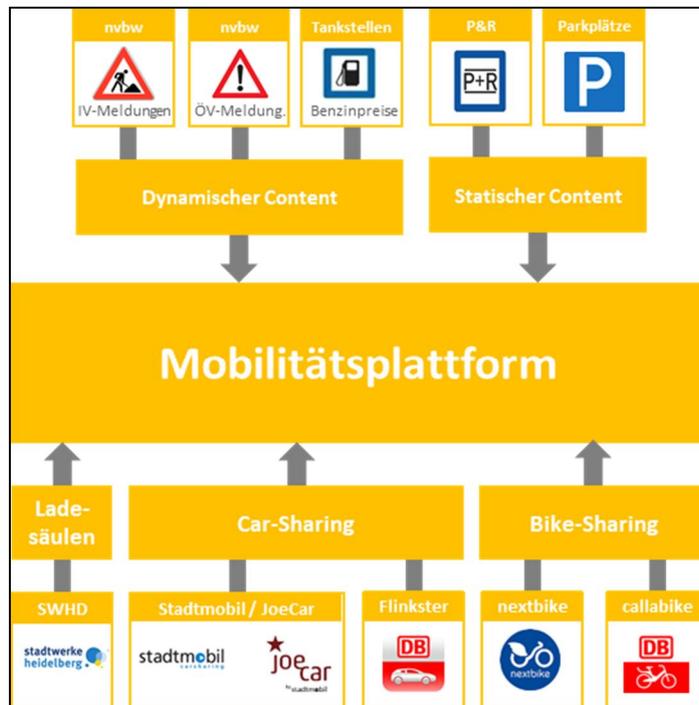


Abbildung 8-1 Übersicht Service Provider und Mobilitätsdaten

Die konkreten Provider mit ihren Daten lassen sich folgendermaßen unterscheiden:

Statischer Content

Für den statischen Content bieten sich die Integration vorhandener P&R-Anlagen sowie der Parkplätze in Heidelberg an. Statische Informationen zu deren Lokalität sowie etwaige Detailinformationen zu Kosten und verfügbaren Stellplätzen ergänzen die Informationen. Eine Anbindung kann bspw. über eine statische csv-Datei mit nachfolgenden grundlegenden Inhalten erzielt werden

- P&R-ID
- Koordinaten
- Name
- Kapazität (gesamt), Kapazität Behindertenstellplätze, Kapazität Frauenparkplätze sowie Kapazität Familienparkplätze
- Preisstruktur

- Weiterhin wäre eine Bereitstellung eines Icons für eine potenzielle Darstellung in der Karte notwendig

Genannte Informationen sollten kurz- bis mittelfristig um Belegungsdaten abgerundet werden. Insbesondere im Gebiet des VRN werden P+R-Anlagen im Rahmen des Bundesprogramms „Saubere Luft“ mit rund 2.000 Stellplätzen an voraussichtlich 22 Standorten mit einer Sensorik zur Erhebung des Belegungsgrades ausgestattet. Die ausgewählten P+R-Standorte befinden sich an Einfahrtsstrecken der S-Bahn Rhein-Neckar zu den Städten Mannheim, Ludwigshafen und Heidelberg.⁷

Dynamischer Content

Meldungen zum Individualverkehr:

Für den dynamischen Content im Bereich des Straßenverkehrs sollten aktuelle Meldungen zu:

- Baustellen
- Unfällen
- Sperrungen
- Events, etc.

eingebunden werden. Diese werden beispielsweise überregional für das Bundesland Baden-Württemberg über MobiData BW seitens der nvbw verfügbar gemacht.

Stadtweit für Heidelberg werden diese Informationen zukünftig aus dem erweiterten Concert Scala System über die OCPI2-Schnittstelle abrufbar sein.

Aktuelle Situation ÖV

Für die aktuelle Situation des regionalen ÖVs ist eine Anbindung der lokalen Betreiber- oder Verbundschnittstelle, bspw. des RNV oder des Verbunds VRN notwendig. Die benötigten Informationen umfassen bspw.:

- Ist-Abfahrtszeiten mit Verspätungsmeldungen
- Baustellen und Störungen
- Zug-/ oder Linienausfälle, etc.

Ergänzend werden statische Informationen benötigt:

- Haltestellen-ID, Koordinate und Name der Haltestelle

⁷ „BMVI vergibt weitere Förderbescheide aus dem Bundesprogramm „Saubere Luft“ an die Stadt Ludwigshafen und den VRN“ (4.12.2018 Presseinformation, https://www.vrn.de/mam/verbund/presse/pm/dokumente/2018/54-18_bmvi_vergibt_weitere_f%C3%B6rderbescheide_an_vrn_und_stadt_ludwigshafen_aus_dem_bundesprogramm_%E2%80%99Esaubere_luft%E2%80%9C.pdf)

Darüber hinaus sind relevant:

- Linienverläufe bspw. von Bussen referenziert auf das Straßennetz; z. B. im Shape Format

Genannte Informationen sind über das regionale EMA-System des VRN (Elektronische Mobilitätsplattform) im TRIAS-Schnittstellenstandard der Firma Mentz Datenverarbeitung abrufbar.

Aktuelle Kraftstoffpreise

Dynamische Informationen zu umliegenden Tankstellen und gegenwärtigen Preisen von Kraftstoffen können durch eine Anbindung einer proprietären Schnittstelle zu Dienstleistern der Markttransparenzstelle Kraftstoffe vervollständigt werden.

Ladesäulen

Informationen zur Lokalität und aktuellen Verfügbarkeit von vorhandener und zukünftiger Ladeinfrastruktur liegen vor. Eine Schnittstelle zu den E-Bike- sowie E-Autoladestationen würde die Sichtbarkeit dieser mobilitätsnahen Dienstleistung erhöhen.

Die Ladesäulen der Stadtwerke Heidelberg (swhd) befinden sich an nachfolgenden Orten:

- Stadtwerke Heidelberg, Bergheim
- Mathematikon
- Parkhaus P4 (Darmstädter Hof Centrum)
- Sparkasse Heidelberg
- NH Hotel
- Europäischer Hof
- Da-Vinci-Straße, Heidelberg
- P16 Nordbrückenkopf
- Stadtwerke Parkhaus P6 (Kraus), Altstadt
- ABB, Pfaffengrund
- Parkhaus P8 (Kongresshaus), Altstadt
- Parkhaus P13 (Karlsplatz), Altstadt
- Stadt Heidelberg - Abfallamt, Kirchheim
- Sparkasse Heidelberg, Wiesloch
- Parkdeck P1

- Parkhaus P12 (Kornmarkt/Schloss)

Falls eine Schnittstelle des örtlichen Providers existiert, sollte diese nachfolgende Datenfelder befüllen:

- Ladesäulen-ID
- Name
- Anbieter
- Adresse
- Anzahl Ladepunkte gesamt
- Anzahl freie Ladepunkte
- Art der Stecker (z. B. Typ 2 Outlet)
- Ladestrom (z. B. 16 A)
- Ggf. Parkplatzbelegung

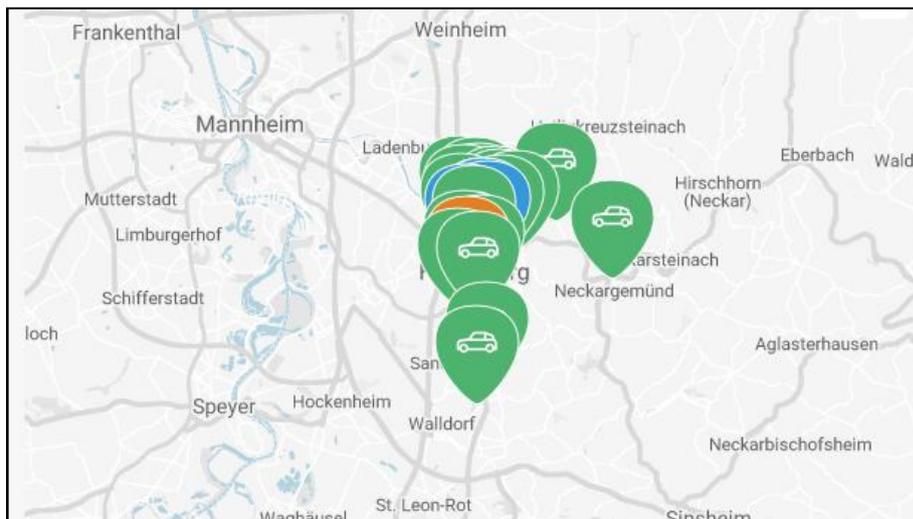


Abbildung 8-2 Ladesäulen der Stadtwerke Heidelberg (Quelle https://www.swhd.de/elektro_ladesaeulen)

Carsharing

Stadtmobil als stationsgebundenes Carsharing-Angebot stellt ein wichtiges Mobilitätsangebot dar, das in zukünftigen Informationsdiensten einen zentralen Bestandteil einnehmen sollte. Um diese Daten zu integrieren, ist die Integration der zugehörigen Betreiberschnittstelle erforderlich.

Weit mehr als 60 Stationen im Stadtgebiet stellen mit ihren aktuellen Verfügbarkeiten wichtige Information für die aufbauenden Mobilitätsdienste dar. Gegenwärtig sind die Stationen auf dem zugehörigen Internetauftritt des Providers einsehbar – siehe Stationen mit blauen Icons in nachfolgender Abbildung.

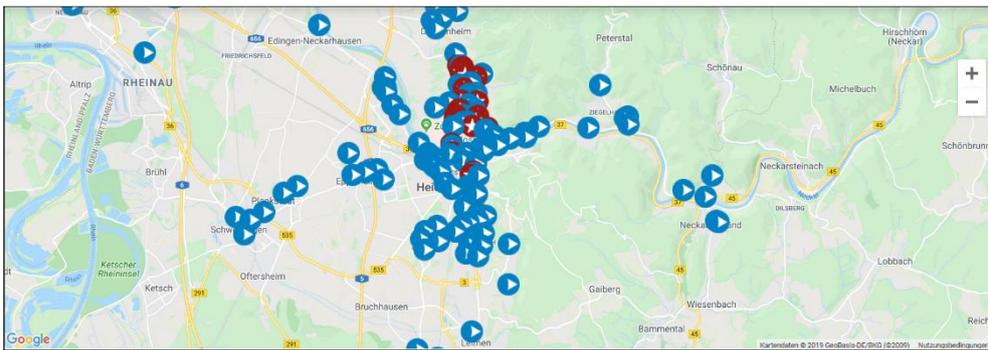


Abbildung 8-3 Stadtmobil und JoeCar in Heidelberg (Quelle <https://rhein-neckar.stadtmobil.de/privatkunden/stationen/>)

Im Detail sind nachfolgende Daten interessant und sollten über die Provider-Schnittstelle integriert werden:

- Standort der Station
- Hersteller
- Modell
- Antrieb
- Getriebe
- Sitzplätze
- Füllstand (Tank/Batterie)
- Kennzeichen
- Name
- Sauberkeit (außen)
- Sauberkeit (innen)

Diese Informationen könnten um die flexiblen *JoeCars* des identischen Anbieters ergänzt werden. JoeCar ist das stationslose Carsharing von Stadtmobil – siehe rote Icons in vorheriger Abbildung.

Hinzu kommt das Angebot von *Flinkster (Deutsche Bahn)*, das über eine Schnittstelle für Dritte verfügt. Eine Einbindung in nachfolgende Dienste und Lösungen wäre somit ebenfalls möglich.

Flinkster betreibt am Hauptbahnhof Heidelberg eine Station des eigenen stationsbasierten Carsharings.

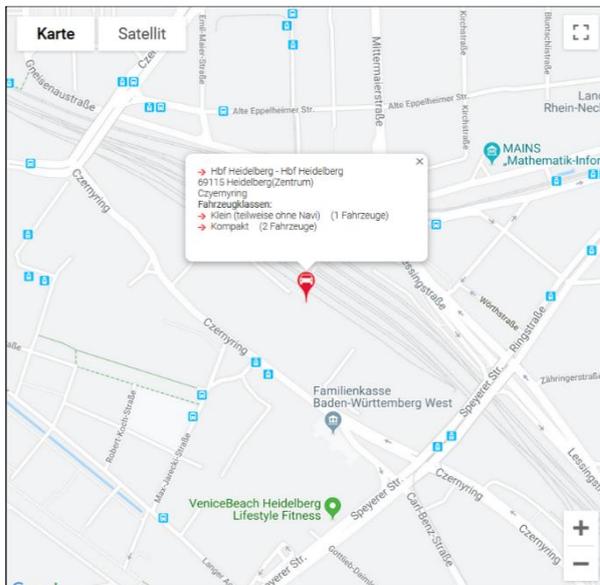


Abbildung 8-4 Flinkster in Heidelberg (Quelle <https://www.flinkster.de/kundenbuchung/process.php?proc=station&f=3>)

Bikesharing

Abgerundet werden die vor Ort befindlichen flexiblen Mobilitätsangebote durch einen Bikesharing Provider. VRNNextbike stellt in Heidelberg an 25 Stationen ca. 200 Leihräder bereit.

Nextbike bietet über eine proprietäre Schnittstelle für externe Datennutzer nachfolgende Informationen an, die sich wiederum in innovativen Mobilitätsinformationsdiensten integrieren ließen.

- Standort der Station
- Anzahl verfügbarer Räder

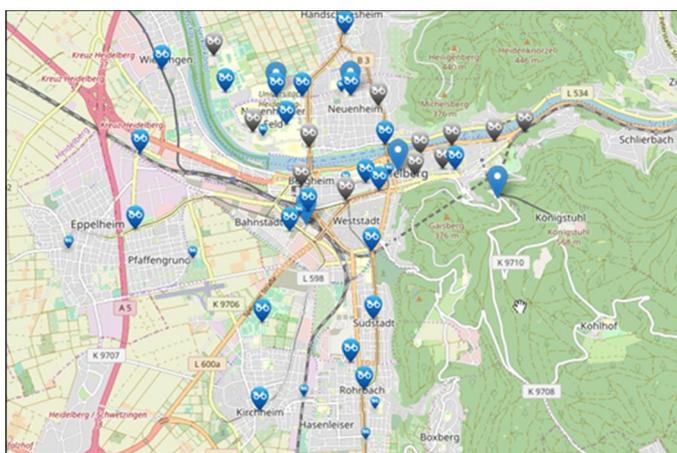


Abbildung 8-5 VRNnextbike in Heidelberg (Quelle <https://www.vrnnextbike.de/de/heidelberg/>)

Hinzu kommt das Angebot von *callabike (Deutsche Bahn)*, das vergleichbar zu Flinkster über eine Schnittstelle für Dritte verfügt. Eine Einbindung in nachfolgende Dienste und Lösungen wäre hier ebenfalls sinnvoll.

Callabike betreibt am Hauptbahnhof Heidelberg eine Station des eigenen stationsbasierten Bikesharings.

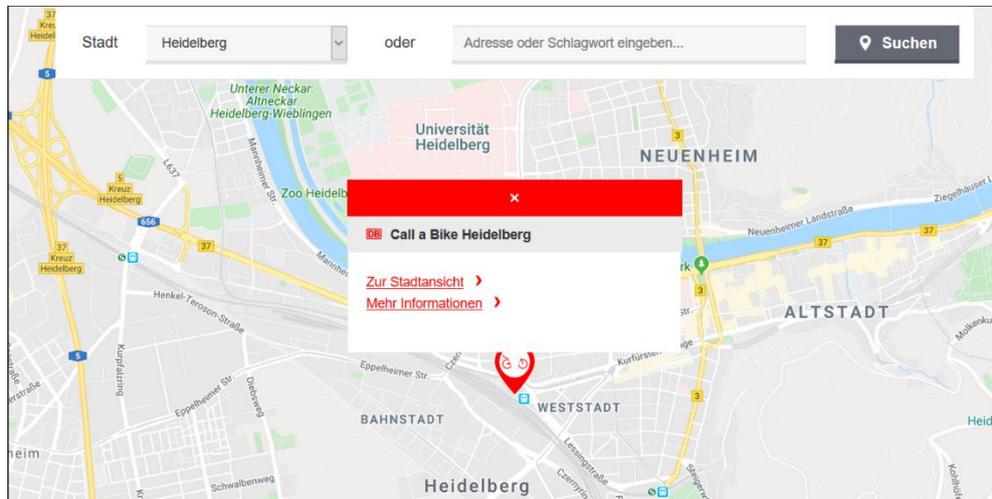


Abbildung 8-6 Flinkster in Heidelberg (Quelle <https://www.callabike-interaktiv.de/de/staedte/Heidelberg>)

8.1.2 Bestandsaufnahme Mobilitätsinformationsdienste

myVRN App (und Web)

Die multimodale Auskunft des VRN bietet gegenwärtig zwei Informationsportale:

- myVRN App
- Web unter www.vrn.de

Beide Portale unterstützen ein multimodales Routing inkl. Tarifen und Preisen zu ÖPNV, Carsharing und Bikesharing. Hinzu kommt eine interaktive Kartenfunktionalität inkl. POIs zu: Haltestellen, Parkplätze, Verkaufsstellen und Mobilitätszentralen sowie Carsharing- und Bikesharingstationen. Mit Details zu Veranstaltungsinformationen sowie Kulturangeboten werden die Inhalte vervollständigt.

Störungen im Betriebsablauf sowie Fahrplanänderungen für Linien mit Such- und Favoritenfunktion werden ebenfalls ausgespielt. Innerhalb der App werden Verkehrshinweise für favorisierte Linien ausgegeben.

Gegenwärtig ist für alle integrierten Mobilitätsangebote keine Ticketkauf- oder Buchungsfunktionalität enthalten. Laut Aussagen des VRN wird eine

solche Funktion in mittelfristiger Zeit vorbereitet und in circa ein bis zwei Jahren integriert werden.

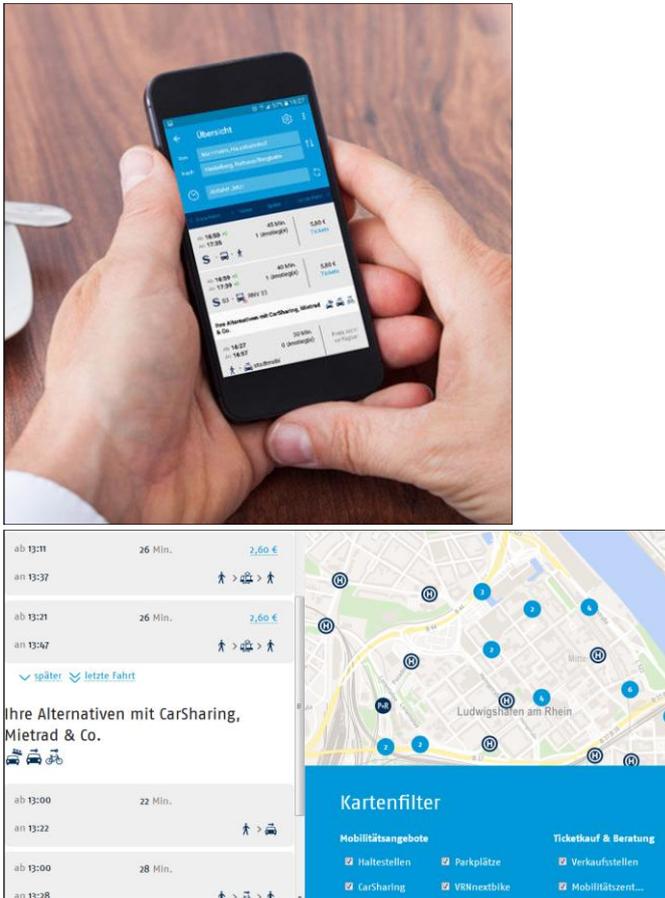


Abbildung 8-7 VRN App und Screenshot des Routenplaners auf www.vrn.de
(Quelle: <https://www.vrn.de/>)

rnv-online.de

Auf der Seite des regionalen Verkehrsbetreibers rnv findet sich eine Fahrplanauskunft. Diese verlinkt über einen Deeplink auf die VRN Website. Folglich ist es möglich für eine Route von A nach B auf der rnv-Seite die Details einzugeben und die Abfrage zu starten. Alle zugehörigen Antworten und Routenoptionen werden dann auf oben erwähnter Seite des VRN beantwortet und ausgegeben. Laut Aussage des VRN ist auf Seiten des rnv eine vollständige Anbindung der TRIAS-Schnittstelle in Vorbereitung, sodass genannte Routen zukünftig auch auf Seiten des rnv direkt berechnet werden können.

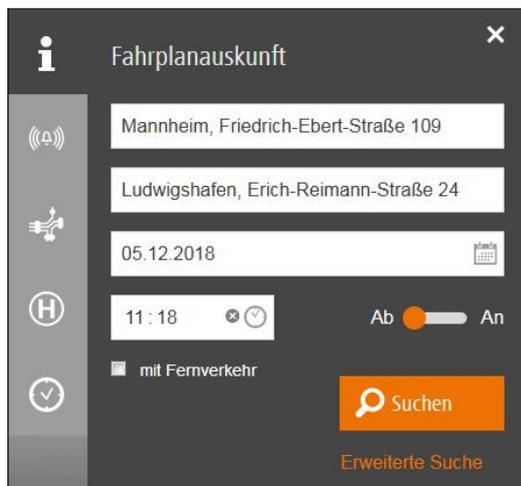


Abbildung 8-8 rnv Fahrplanauskunft (Quelle: <https://www.rnv-online.de/>)

Der rnv verfügt darüber hinaus über eine eigenständige App: die rnv Start.Info App, die eine Abfahrtsauskunft für bestimmte Linien oder Haltestellen darstellt. Im Störfall wird für die ausgewählte Linie oder Haltestelle über Verspätungen, etc. informiert.

eTarif - App

Im Verbundgebiet des VRN gibt es einen Luftlinientarif, der eine einfache Fahrpreisberechnung via Check-In/Check-Out-Funktionalität ermöglicht. Dieser Luftlinientarif unterscheidet sich von den üblichen Fahrscheinen und Abomodellen. Die App bietet keine Routingoptionen und wird vom rnv ausgegeben.

rnv/VRN Handy-Ticket - App

Neben der genannten eTarif – App ist der Kauf aller übrigen Fahrscheine in der rnv/VRN Handy-Ticket – App möglich. Die App bietet ebenfalls keine Routingoptionen und wird vom rnv ausgegeben.

ticket2go – App

Die ticket2go-App ermöglicht den Fahrscheinkauf für den VRN und weite Teile des Nahverkehrs in Baden-Württemberg. Neben dem VRN sind die Verbünde KVV, VPE, TGO, vgf, FMV, htv, RVL und WTV enthalten. Anbieter der Applikation ist die ticket2go Betreibergesellschaft mbH.

VRN-Ticket – App

VRN-Ticket ist die Handy-Ticket- und Abo-App der DB für den VRN-Bereich inklusive Fahrplanauskunft und Informationen über die Zug-Position oder eventuelle baubedingte Störungen. Anbieter ist die DB Vertrieb GmbH. Neben der VRN-Ticket – App laufen auch in der App DB Navigator zusammen. Diese App

der Deutschen Bahn erlaubt die deutschlandweite Fahrplanauskunft und mobile Ticketbuchung. Seit 2016 ist auch die Buchung ausgewählter VRN-Tickets möglich.

Online Stadtplan der Stadt Heidelberg

Die Stadt Heidelberg bietet ein städtisches Informationsportal an, das neben Themen zu Kindertagesstätten, touristischen Sehenswürdigkeiten, Bodenrichtwerten, etc. auch Karten zu Verkehrsthemen bereitstellt. Für genau diesen Bereich sind nachfolgende Inhalte enthalten:

- Aktuelle Baustellen im Stadtgebiet
- Umweltzonen
- Zonen des Bewohnerparkens

Abgesehen der aktuellen Baustellen sind keine dynamischen Daten in das Portal integriert.

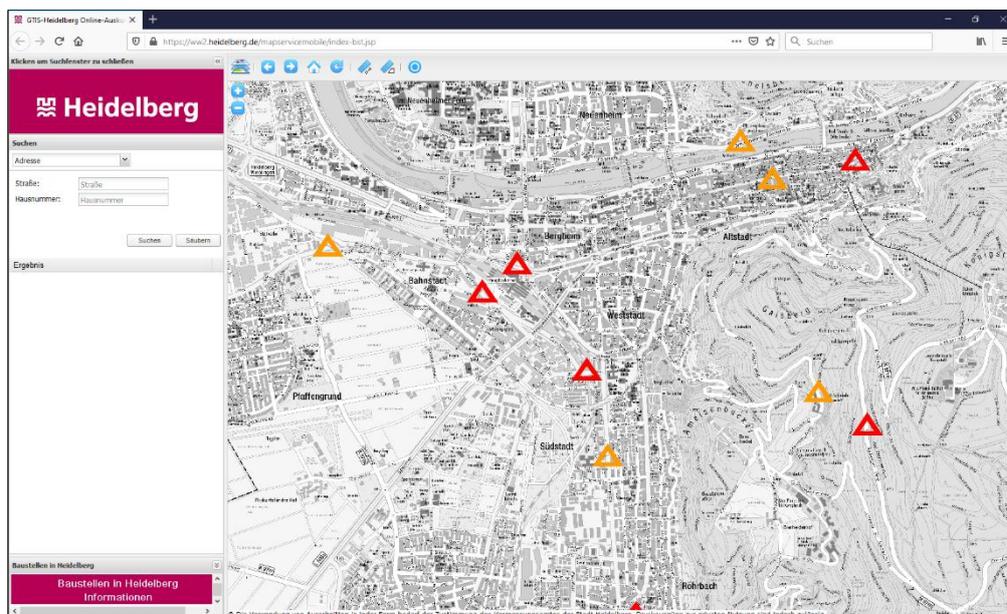


Abbildung 8-9 Aktueller Internetauftritt Stadtplan Heidelberg (Quelle: <https://ww2.heidelberg.de/mapservicemobile/index-bst.jsp>)

Mein Heidelberg App

Die offizielle App der Stadt Heidelberg erlaubt den Abruf standortbezogener Informationen: Wo ist die nächste Toilette? Wann wird die blaue Tonne in meiner Straße geleert? Auch relevante Verkehrsinformationen sind integriert.

- Haltestellen des Regional- und Fernverkehrs
- Haltestellen des ÖPNVs
- Standorte von Parkhäusern

- Taxihalte

Lediglich bei Haltestellen des ÖPNVs werden dynamische Echtzeitdaten über die zugehörigen Abfahrtszeiten je Haltestellen bereitgestellt.

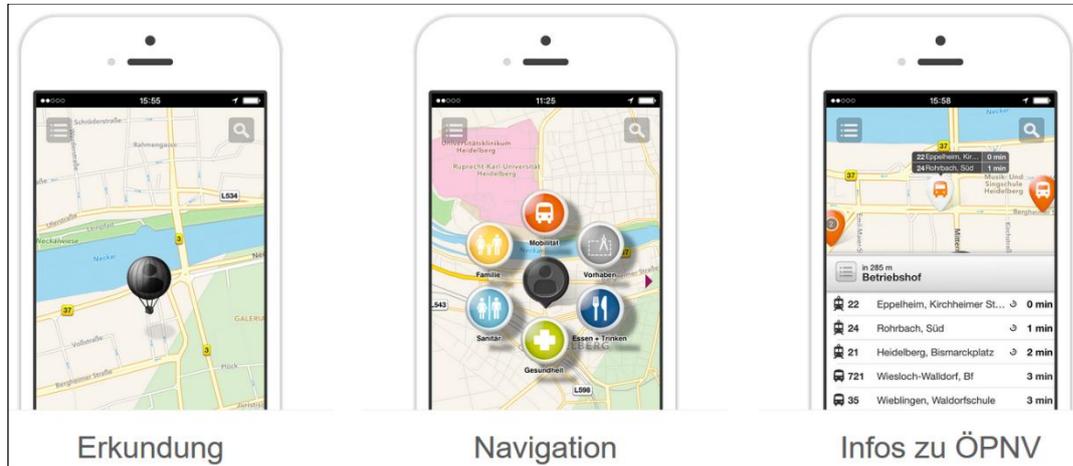


Abbildung 8-10 Mein Heidelberg App (Quelle: <http://www.meinheidelberg.de/>)

Zusammenfassung

Die nachfolgende Tabelle zeigt für die analysierten Informationsportale im Detail, welche Funktionalitäten im Bereich der Mobilität für die Stadt Heidelberg bereits heute ausgespielt werden.

Portal	VRN Web	my VRN	rnv Web	Start-Info	e-Tarif	rnv/VRN Ticket	VRN-Ticket	DB-Navi	Stadtplan HD	Mein HD
Typ	Web	App	Web	App	App	App	App	App	Web	App
Anbieter	VRN	VRN	rnv	rnv	rnv	rnv	DB	DB	HD	HD
Fahrplan-auskunft	ÖPNV	0	0	(0)	0		0	0	0	0
	Regionalverkehr	0	0	(0)			0	0	0	0
	Fernverkehr							0		
Modales Routing	ÖPNV	0	0	(0)			0	0	0	
	Regionalverkehr	0	0	(0)			0	0	0	
	Fernverkehr							0		
	Privat-Pkw									
	Carsharing	0	0	(0)						
Bikesharing	0	0	(0)							
Multi-modales Routing (ÖPNV+)	Privat-Pkw									
	Carsharing	0	0							
	Bikesharing	0	0							
Störungen	ÖPNV	0	0		0		0	0	0	
	Regionalverkehr	0	0		0		0	0	0	
	Fernverkehr							0		

	Privat-Pkw									0	
Buchung / Ticketing	ÖPNV					0	0	0	0		
	Regionalverkehr					0	0	0	0		
	Fernverkehr								0		
	Carsharing										
	Bikesharing										
Inter-aktive Karte	Haltestellen	0	0						0		0
	Parkplätze	0	0							0	0
	Störungen ÖPNV	0	0						0		
	Störungen IV									0	
	POI Carsharing	0	0								
	POI Bikesharing	0	0								
	POI Ladesäulen										
	POI Taxi										0
Anmerkungen				Deep-link zu VRN							

Tabelle 8-1 Analyse Auskunftssysteme

Es zeigt sich, dass insbesondere der VRN für die multimodale Routenauskunft schon heute das Car- und Bikesharing mit dem ÖPNV kombiniert. Diese Funktionalität ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht mit einem Ticketing kombiniert. Parallel sind vorhandene Tickeranwendungen wie die eTarif-App und die ticket2go-App in ihrer Funktion rein auf den Fahrscheinkauf beschränkt. Die Apps rnv/VRN Ticket-App und VRN-Ticket-App bieten eine Routingauskunft bzw. Fahrplanauskunft, sind nicht mit multimodalen Optionen verknüpft.

Alle Angebote aus dem ÖV und ÖPNV bieten keine dynamischen Informationen zu Störungen und Behinderungen im Straßenverkehr, die für die bereits enthaltene multimodale Auskunft erforderlich wären, um bspw. auch Nutzern des Carsharings zu Störungen oder Baustellen im Verkehrsablauf zu informieren.

Die Website der Stadt Heidelberg bzw. auch die Mein Heidelberg App bringen umfassend verschiedenste Themen zusammen. Jedoch fehlen für den Bereich des Verkehrs und der Mobilität insbesondere Echtzeitinformationen zu nachfolgenden Themen:

- Aktuelle Verkehrslage im Hauptverkehrsstraßennetz der Stadt Heidelberg und den angrenzenden Gebietskörperschaften in Ergänzung zu den aktuellen Baustellen
- Weitere Störungen und Meldungen im Hauptverkehrsstraßennetz

- Dynamisches Routing für den MIV und ÖPNV unter Einbeziehung der aktuellen Verkehrssituation
- Multimodales Routing für Kombinationen aus ÖPNV, MIV und flexibler Mobilitätsangebote
- Dynamische Daten zu den enthaltenen Ladesäulen wünschenswert.
- Übersicht über alle verfügbaren Mobilitätsangebote basierend auf aktuellen Daten

Eine vollumfängliche Vernetzung zwischen der Situation im öffentlichen und straßengebundenen Verkehr, die insbesondere bei Behinderungen und Störungen, aber auch bei der Anwendung der umweltsensitiven Verkehrssteuerung besondere Wirkungen haben, fehlen zum gegenwärtigen Zeitpunkt in den vorhandenen Informationsmedien.

8.1.3 Empfehlungen zum technischen Hintergrundsystem

Es wird vorgeschlagen, die Mobilitätsinformationen an eine vorhandene oder neue Plattform anzubinden, die alle verfügbaren Daten der Stadt Heidelberg bündelt. Die anbieterübergreifende Integration der Mobilitätsoptionen sollte den verkehrspolitischen Zielen der Stadt Heidelberg Rechnung tragen.

Ergänzend sei erwähnt, dass die Plattform flexibel und skalierbar gestaltet werden muss, um zukünftigen Providern die Integration in nachfolgend beschriebene Informationsdienste zu ermöglichen. Im Detail sollten hier offene Schnittstellen in modernen Standards wie bspw. JSON/REST implementiert sein, die sowohl die Anbindung weiterer Service Provider, als auch die Zulieferung der Echtzeitdaten an die Mobilitätsinformationsdienste erlaubt.

Voraussetzung für eine Anbindung ist das Schließen von Datenüberlassungsverträgen mit den Providern. Im Detail gilt, dass eine Überlassung der Daten für den Anwendungsfall Heidelberg im Rahmen individuell abgestimmter Datenüberlassungsvereinbarungen geregelt werden muss. Folglich ist neben der technischen Integration der Schnittstellen durch eine Plattform der rechtliche Rahmen zwischen den beteiligten Parteien bzw. Partnern zu definieren.

8.2 Empfehlungen zur Erweiterung bestehender Mobilitätsinformationsdienste

Es wird empfohlen, die angesprochenen Lücken der heutigen Informationsbereitstellung zu schließen. Hierbei ergeben sich für die Informationssysteme des ÖPNVs und des Straßenverkehrs verschiedene Vorteile und Synergien. Für die nachfolgenden identifizierten Funktionen werden die Mehrwerte und gleichzeitig die verbundenen technischen Integrationsschritte skizziert.

1. Multimodales Routing unter Einbeziehung des Kfz-Verkehrs

Die Einbindung des Kfz-Verkehrs in das existierende, multimodale Routing erlaubt den Nutzern die wahren Kosten (Preis je km) z. B. für die private Autofahrt den Fahrtkosten des Carsharing, Bikesharing sowie des ÖPNV gegenüberzustellen. Unter zur Hilfenahme des verbundenen CO₂-Ausstoßes einer entsprechenden Fahrt werden die Vorteile der nachhaltigeren Verkehrsmittel und moderner Alternativen aufgezeigt.

Parallel können so intermodale Fahrten wie bspw. das Nutzen von P&R-Fahrten mit dem Privat-Pkw zu einer Haltestelle berechnet werden.

2. Dynamisches MIV Routing

Die im vorherigen Punkt genannten Vorteile spielen erst dann ihre volle Wirkung aus, wenn die Einbindung eines dynamischen MIV-Routings realisiert wird. Unter dem dynamischen MIV-Routing wird das Routing unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Echtzeitverkehrslage inkl. potentieller Umfahrungen aktueller Störungen und Behinderungen verstanden.

Diese Integration erlaubt eine realistischere Schätzung der Fahrtzeiten im Straßenverkehr. Wichtig ist dieser Punkt bei Nutzung der flexiblen Mobilitätsangebote. Wird ein dynamisches MIV-Routing eingesetzt, sind erst Abschätzungen zu realen Fahrzeiten auf Basis der aktuellen Verkehrssituation möglich. Nur so lassen sich reale Fahrtlängen (km) und Fahrtzeiten (h und min) ausgeben, die maßgeblich die Fahrtkosten dieser Angebote beeinflussen. Auch nur so lassen sich realitätsnahe Vergleiche zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern des Straßenverkehrs und des ÖPNVs ziehen.

Der dynamische MIV-Router muss auf dieselbe Datengrundlage wie das UVM-System zurückgreifen, um eine konsistente Informationsbereitstellung insbesondere hinsichtlich der umweltsensitiven Verkehrssteuerung zu ermöglichen.

3. Echtzeit-Verkehrslage inkl. Meldungen und Störungen

Aktuelle Informationen sind insbesondere im Störfall relevant, um eindeutig auf Alternativen hinweisen zu können. Aus diesem Grund wird die Einbindung einer stadtweiten Verkehrslage sowie der zugehörigen Meldungen der Landesmeldestellen in die Informationssysteme vorgeschlagen. Insbesondere Nutzer flexibler Mobilitätsangebote profitieren von diesem Schritt. Im Fall von Störungen und Behinderungen lässt wohlmöglich diese Nutzergruppe ein angedachtes Carsharing-Fahrzeug stehen und nutzt bspw. schienengebundene Alternativen. Auf besagte Störungen hätten die Nutzer aber nur schwer ohne die ÖPNV-Informationssysteme hingewiesen werden können, da sie als nicht reine MIV-Nutzer weniger zugehörige Informationssysteme des Pkw-Verkehrs nutzen.

4. Umweltorientiertes Verkehrsmanagement

Eine Einbindung von Informationen zu aktuellen Meldungen des UVM-Systems stellen wichtige Hinweise in den existenten Informationsportalen dar. So kann zu bestimmten Situationen explizit darauf hingewiesen werden, dass auf die Nutzung eines Carsharing-Fahrzeugs auf Basis einer gegenwärtigen UVM-Verkehrssteuerung lieber verzichtet werden sollte. Alternativ sind Hinweise möglich, dass in bestimmten Situationen ein Umweg vorgeschlagen wird, der bestimmte Hotspots meidet. So lassen sich von vornherein Nutzer für potentiell längere Wege und damit höhere Kosten sensibilisieren und gleichzeitig auch Nutzergruppen mit diesen Informationen erreichen, die potentiell weniger Auto fahren und sich dieser Verkehrssteuerung weniger bewusst sind.

5. Einbindung weiterer mobilitätsnaher Services

Um die Informationsbereitstellung umfänglich abzuschließen, wird die Integration weiterer mobilitätsnaher Dienstleistungen vorgeschlagen. Insbesondere die verfügbaren Ladesäulen in Heidelberg sollten in den Systemen Beachtung finden und integriert werden. Diese Information kann auf Mobilitätskarten als zusätzliche POI-Kategorie hinzugefügt werden. Parallel bietet es sich an, diese Detailinformation mit in den multimodalen Routingansatz zu integrieren. Dieser Schritt gestattet nachfolgende Routingvorschläge, die gegenwärtig nicht durchgeführt werden können:

- Routing mit einem Elektrofahrzeug zu einer freien Ladesäule
- Routing mit einem E-Carsharing-Fahrzeug zu einer freien Ladesäule
- Routing mit dem E-Bike zur nächsten freien Ladesäule
- Routing mit dem E-Bikesharing-Rad zur nächsten freien Ladesäule
- Routing zu einem freien Parkplatz; insbesondere in Verbindung mit den zukünftigen Belegungsdaten der P&R-Abstellflächen

ID	Titel	Potentieller Provider	Schnittstellentyp	Integrationsschritte
1	Multimodales Routing unter Einbeziehung des Privat-Pkws	Mentz DV bzw. Externer Provider	TRIAS-Schnittstelle	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erweiterung des Routers um den MIV 2. Option: Nutzung eines dynamischen MIV-Routers (siehe ID2) 3. Einbindung multikriterieller Optionen für die Routenberechnung (Optimierung nach Fahrpreis und CO₂ für alle Verkehrsträger) 4. Erweiterung der Multimodalen Auskunft
2	Dynamisches MIV-Routing	Externer Provider	Proprietäre APIs (JSON/REST, XML, etc.)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Integration eines Third-Party Routers für den MIV zur Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage
3	Echtzeit-Verkehrslage und Meldungen	SIEMENS VSR	OCPI-2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einbindung der Verkehrslageinformation über Nutzung des Level of Service (Stau, Stockend, Flüssiger Verkehr) der OCPI-2-Schnittstelle 2. Einbindung der Verkehrsmeldungen im Straßenverkehr (Baustellen, Veranstaltungen, Sperrungen, Unfälle, etc.) 3. Visualisierung in Form eines zusätzlichen Kartenlayers in den Auskunftssystemen
4	UVM	SIEMENS VSR	OCPI-2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nach Schaffung des Umweltmonitoringsystems, Anbindung der OCPI-2 Schnittstelle zum Abruf der Informationen zum Umweltsensitiven Verkehrsmanagement 2. Visualisierung zugehöriger Meldungen in den Kartenlayern und Erweiterung der Routingempfehlungen
5	Mobilitätsnahe Services	<ul style="list-style-type: none"> • swhd (Ladesäulen) • Offen (P&R-Belegungen) 	Proprietäre APIs (JSON/REST, XML, etc.)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einbindung einer API zum Abruf der Echtzeitverfügbarkeiten von Ladesäulen, und/oder der zukünftigen P&R-Daten 2. Visualisierung beider Themen als erweiterte POIS in den Karten der Auskunftssysteme 3. Verknüpfung dieser Daten mit dem multimodalen Routing aus ID1

Tabelle 8-2 Empfehlungen zur Erweiterung der Auskunftssysteme sowie verbundener Integrationsschritte

8.3 Empfehlungen zu neuen Mobilitätsinformationsdiensten

Die über das Backendsystem einer Mobilitätsplattform angebotenen Daten können über neue Mobilitätsinformationsdienste ausgespielt werden, um eine bestmögliche Informationsbereitstellung für die Endnutzer zu ermöglichen. Nachfolgend werden potenzielle Anwendungsfälle im Detail beschrieben

Städtische Mobilitäts-App

Alle Inhalte lassen sich in eine umfassende Mobilitäts-App integrieren, um den Verkehrsteilnehmern intermodale Verkehrsinformationen zur Verfügung zu stellen. Diese App richtet sich explizit an alle Verkehrsteilnehmer insbesondere aber an die Kfz-Nutzer. Durch eine hohe Sichtbarkeit alternativer Mobilitätsangebote und eine gleichberechtigte Darstellung aller Mobilitätsalternativen in Bezug auf Kosten, CO₂ und Dauer kann eine mittelfristige Verhaltensänderung hin zur Nutzung der Angebote des Umweltverbundes unterstützt werden.

Die durch eine Mobilitäts-App angebotenen Informationen und Dienstleistungen müssen zuverlässig, aktuell, einfach zu bedienen und umfassend sein. Mehrmaliges Anmelden oder die mehrmalige Eingabe von Benutzerkennungen oder Routenanfragen, komplizierte Buchungs- und Reservierungsvorgänge oder das aufwändige manuelle Zusammentragen von multimodalen Wegekettens aus unterschiedlichen Applikationen müssen vermieden werden.

Die Mobilitäts-App sollte die Möglichkeit bieten, sich direkt und in Echtzeit über alle Mobilitätsoptionen zu informieren und sich zwischen verschiedenen Routenoptionen zu entscheiden. Die Ontrip-Verfügbarkeit der Endgeräte und Dienste ermöglicht eine standortbezogene und personalisierte Information der Nutzer.

Eine mobile Anwendung sollte demnach umfassende Informationen über die aktuelle Straßenverkehrslage, Verkehrsstörungen, den ÖPNV, Fahrradverkehr, Sharing-Angebote oder freie Ladesäulen für Elektrofahrzeuge bzw. Parkplatzmöglichkeiten bieten.

Um die schnellsten, günstigsten oder umweltfreundlichsten Verbindungen zu erhalten, müssen verschiedene Verkehrsmittel und -angebote bei der Routenberechnung berücksichtigt und bestenfalls miteinander kombiniert werden. Die Routenvorschläge sollten hierbei unter objektiven Kriterien wie Dauer, Kosten oder CO₂-Emissionen der Fahrt gezeigt werden. Je nach Anforderung sollten verfügbare lokale Mobilitäts- oder Infrastrukturdaten sowie Buchungs- und Ticketing-Funktionen über Schnittstellen in die Systeme eingebunden werden.

Über diese Informationsdienstleistung hinaus können weitere Funktionen in die Mobilitäts-App integriert werden, aus denen weitere Vorteile für die öffentliche Hand gewonnen werden können:

- Unterschiedliche Nutzergruppen (z. B. Radfahrer oder körperlich eingeschränkte Personen) können durch Crowdsourcing stärker einbezogen werden und auf für sie wichtige Verkehrsbedingungen hingewie-

sen werden. Ebenfalls können Aktionen zur stärkeren Bürgerbeteiligung durch die Mobilitäts-Apps nach entsprechender Anpassung unterstützt werden.

- Mobilitäts-Apps bieten die Möglichkeit, im Störfall Standortbezogen und nutzergruppenspezifisch Informationen bereitzustellen. So können zum Beispiel im Fall einer Störung des ÖPNVs ggf. alternative Routenvorschläge direkt an die App-Nutzer übermittelt werden.
- Für Veranstaltungen können nutzergruppenspezifische Verkehrsinformationen übermittelt werden. In Kooperation mit der städtischen Verwaltung und den Veranstaltern können bei größeren Kultur- und Sportevents Besucher und Anlieger zielgerichtet über An- und Abfahrtsmöglichkeiten informiert werden.

Ticketing, Buchen und Reservieren

Neben der reinen Berechnung verschiedener Routen von A nach B für unterschiedliche Verkehrsmittel stellt eine integrierte Ticketing Funktionalität eine zentrale Funktion dar. Mobilitätsanbieter, die an die Mobilitätsplattform angeschlossen sind, können so Prozesse mit Abrechnungsbezug nahtlos in eigene Anwendungen integrieren, ohne dass die Nutzer die Applikation verlassen müssen.

Ziel sollte es sein, dass eine Mobilitäts-App unterschiedliche Authentifizierungsverfahren unterstützt, damit sich der Kunde sicher mit seinem Account bei dem jeweiligen Dienst anmelden und die personalisierten Aktionen durchführen kann.

Reiseüberwachung

Ein Modul Reiseüberwachung informiert den Verkehrsteilnehmer vor und während seiner Reise proaktiv über Störungen und Verspätungen. Folgende Anforderungen werden abgedeckt:

- Hinweise auf den zeitgerechten Aufbruch vom Startort, um das Ziel gemäß ausgewähltem Reisevorschlag rechtzeitig zu erreichen.
- Verkehrsmittelübergreifende Reisebegleitung, welche sich für die Ausgabe von routenbezogenen Hinweisen auf die Reiseüberwachung der Anwendung stützt.
- Aktive Reiseüberwachung während der Reise. Im Falle von Verspätungen, Störungen im Reisekettenverlauf, Nicht-Mehr-Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln oder, wenn der Nutzer vom Reisevorschlag abweicht, können neue Routenempfehlungen berechnet werden.

Multimodaler Mobilitätsmonitor

Multimodale Mobilitätsmonitore informieren Kunden, Besucher und Reisende über die in der nahen Umgebung des Standortes aktuell verfügbaren Mobilitätsangebote.

Die Erreichbarkeit mit Bussen, Bahnen, dem Pkw oder dem Fahrrad ist ein wesentlicher Faktor für die Anziehungskraft von Einzelhandels- und Kulturstandorten und die Servicequalität öffentlicher Einrichtungen. Da die Standort-Erreichbarkeit neben der Anbindung an und Verknüpfung mit verschiedenen Transportmodi und Mobilitätsangeboten zunehmend auch von der aktuellen Verkehrslage bestimmt wird, steigern die aktuellen Mobilitätsinformationen die Attraktivität dieser Einrichtungen.



Abbildung 8-11 Umsetzungsbeispiele Multimodaler Mobilitätsmonitor

Der multimodale Mobilitätsmonitor besteht aus mehreren Kartenkomponenten, die beliebig miteinander kombiniert werden können. Zur Auswahl stehen z. B. die Anzeige der aktuellen Verkehrslage im Straßenverkehr, aktuelle Baustellen und weitere Störungsmeldungen. Die Anzeige aktueller Abfahrtszeiten an den umliegenden Haltestellen hilft ÖPNV-Fahrgästen, ihre Abreise besser zu planen. Darüber hinaus können auch Taxisstände, Fahrrad- und Autoverleihstationen mit Verfügbarkeitsanzeige integriert werden.

Der multimodale Mobilitätsmonitor kommt insbesondere an Schnittstellen des Verkehrs, z. B. auf Messegeländen, an Flughäfen oder auch in öffentlichen Verwaltungen zum Einsatz. Für die Stadt Heidelberg wird vorgeschlagen, zunächst einen multimodalen Mobilitätsmonitor im Bereich des Hauptbahnhofes zu installieren.

8.4 Evaluation

Grundlage der Evaluation ist eine Gegenüberstellung ausgewählter Kenndaten des Verkehrs und der Luftschadstoffbelastung zwischen einer Ohne-Situation (ohne Einsatz der umweltorientierten Maßnahmen) und einer Mit-Situation (mit Einsatz der umweltorientierten Maßnahmen), an denen die Wirksamkeit der Maßnahmen des UVM-Systems nachgewiesen werden kann.

Die Daten für die Ohne-Situation werden ab Inbetriebsetzung der relevanten Teilkomponenten (z. B. Detektion, Verkehrslage, IMMIS mt) gewonnen. Als Mit-Situation sollen die vier Quartale des Jahres 2021 und das Gesamtjahr 2021 ausgewertet werden.

Der Fokus der Evaluation liegt auf der Überprüfung der Zielerreichung der verkehrlichen und umweltseitigen Wirkungen der Maßnahmen sowie der Kontrolle Funktionsfähigkeit der Auslösung und Aufhebung der Strategien. Hierfür wird die Entwicklung der einzelnen verkehrlichen und umweltseitigen Kennwerte untersucht:

- Häufigkeit und Dauer der Umweltschaltungen,
- Entwicklung der Verkehrsstärke und der Verkehrssituation,
- Entwicklung der Luftschadstoffbelastung.

Diese Betrachtung erfolgt nicht nur für die Hotspots, sondern auch in den relevanten Alternativrouten.

8.5 Realisierung des Umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements

Die Realisierung des Umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements könnte drei Stufen erfolgen (s. Abbildung 8-12).

In der ersten Stufe werden die notwendigen Grundlagen für den Betrieb des Gesamtsystems geschaffen. Mit Verfügbarkeit der strategischen Messstellen kann parallel mit der Feinplanung der Maßnahmen begonnen werden. Voraussetzung sind aktuelle Verkehrsdaten über einen Zeitraum von mind. 3 Monaten. Die Evaluation wird den Betrieb des UVM über einen Zeitraum von einem Jahr begleiten. Wesentlicher Bestandteil ist die Erfassung und Aufbereitung der Situation vor Inbetriebsetzung des UVM (Vorherzeitraum), weshalb sie in Stufe 2 eingeordnet ist.

Stufe 3 kann in Teilen in Stufe 1 aufgebaut und parallel zu Stufe 2 realisiert werden.

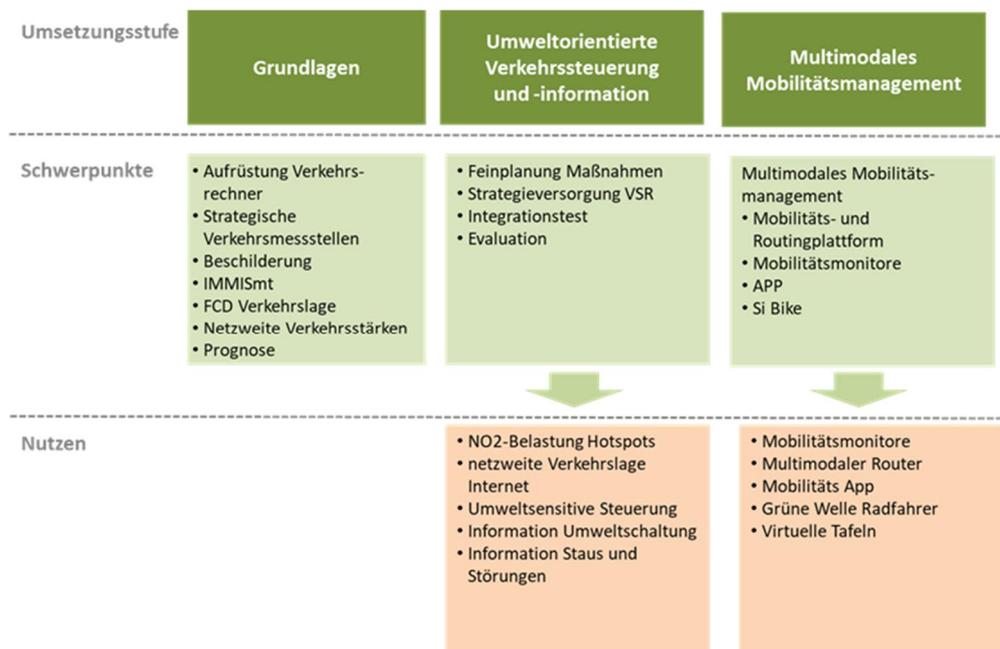


Abbildung 8-12 Umsetzungsstufen

8.6 Betrieb des Umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements - Redaktion

Für den laufenden Betrieb des Gesamtsystems nach Abschluss der Errichtung der technischen Systeme und der erfolgreichen Evaluation der Wirkungen ist für die einzelnen Komponenten ein Systemservicevertrag abzuschließen.

Darüber hinaus ist für den Betrieb des Umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements (UVM) nach Inbetriebsetzung der technischen Systeme der Betrieb einer Verkehrsredaktion eine wesentliche Voraussetzung (vgl. Abbildung 8-13).

Dazu ist ein entsprechendes Betriebsführungskonzept auszuarbeiten. Dieses Betriebsführungskonzept stellt die Grundlage der Arbeit der Verkehrsredaktion der Stadt Heidelberg dar. In diesem Konzept wird der Aufbau der Verkehrsredaktion erläutert sowie eine Beschreibung der von ihr zu leistenden Aufgaben gegeben.

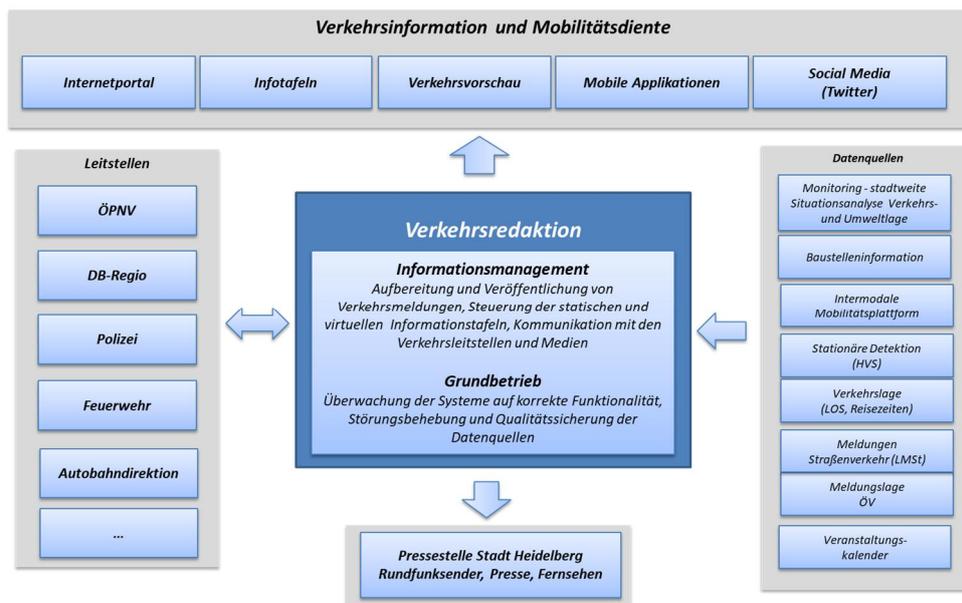


Abbildung 8-13 Übersicht zu den Aufgaben der Verkehrsredaktion

Die Aufgaben der Verkehrsredaktion gliedern sich in zwei Hauptaufgabenbereiche:

1. Informationsmanagement - Aufbereitung und Veröffentlichung von Verkehrsmeldungen
 - Aufbereitung der aktuellen Baustelleninformationen für das Stadtgebiet Heidelberg und Versorgung im Meldungsmanagement der Verkehrsredaktion.
 - Aufbereitung, verkehrliche Bewertung und Veröffentlichung von weiteren Verkehrsmeldungen und Ereignissen (Veranstaltungen, Störungen, Havarien) mit verkehrlicher Bedeutung.
 - Steuerung der statischen und virtuellen Informationstafeln.
 - permanenter Austausch mit den Leitstellen des ÖPNV, der Polizei und der Feuerwehr über verkehrliche Ereignisse und Besonderheiten
 - Hauptansprechpartner im Rahmen des Berichtswesens, um Informationen fundiert zu recherchieren, fachlich zu beurteilen, mit den anderen Leitstellen abzustimmen und für Veröffentlichungen und Anfragen von Verwaltung, Presse und Rundfunk aufzubereiten.

2. Grundbetrieb - Überwachung der eingesetzten Systeme auf korrekte Funktionalität
 - Überwachung des Meldungsmanagement-Systems einschließlich Internet-Auftritt auf korrekte Funktionalität, Störungsbehebung und Qualitätssicherung der Datenquellen
 - Recherche und Aktualisierung der statischen Datengrundlagen für die Mobilitätsplattform (1x jährlich)
 - Überwachung der Betriebsfähigkeit der dynamischen Informationstafeln im Hauptverkehrsstraßennetz
 - Überwachung der Betriebsfähigkeit Detektionssystem einschließlich kontinuierlicher Parametrierung der einzelnen Messstellen (TEU)
 - Überwachung des Verkehrslage-Systems auf korrekte Funktionalität, Störungsbehebung und Qualitätssicherung der Datenquellen (FCD-Daten, Meldungen)

Die zentralen Aufgaben im Rahmen des Informationsmanagements sollten durch die zuständige Fachabteilung Stadtverwaltung Heidelberg wahrgenommen werden.

Die Verkehrsredaktion sollte werktags und insbesondere während der werktäglichen Verkehrsspitzen besetzt sein. Außerhalb dieser Zeiten arbeiten die technischen Systeme automatisiert, sodass der laufende Betrieb nach außen gewährleistet ist. Dafür sollten 2 Personalstellen vorgesehen werden.

8.7 Maßnahmen- und Kostenplan

Die erste Zielsetzung der Stadt Heidelberg besteht in der Umsetzung einer intelligenten und umweltorientierten Verkehrssteuerung. Der nachfolgende Maßnahmen- und Kostenplan beinhaltet die von der Stadt dafür vorgesehenen Maßnahmen

- Aufrüstung Verkehrsrechner (VSR),
- Umweltmonitoring IMMIS^{mt},
- Datenfusion Floating Car Data (FCD) und stadtweite Zukunftsprognose sowie
- Dynamische Monitore.

Die darüber hinaus im Bericht dokumentierten Maßnahmen der umweltorientierten Steuerung der LSA, des Informations- und Mobilitätsmanagements, der Evaluation und der Redaktion sind nicht ausgewiesen.

Investitionskosten- und Maßnahmenplan Intelligente und umweltorientierte Verkehrslenkung für die Stadt Heidelberg (ohne umweltorientierte Verkehrssteuerung der LSA, ohne Mobilitätsplattform/APP und ohne Redaktion)				
Nr.	Maßnahme	Einzelpreis (€)	Anzahl	Nettokosten gesamt (€)
1. Gesamtprojektsteuerung				
1.1	Projektleitung AG - 2 Personen			
1.2	Projektsteuerung und Umsetzungsbegleitung (fachlich und technisch)			95.000
	Zwischensumme			95.000
Intelligente und umweltorientierte Verkehrssteuerung				
Aufrüstung Verkehrsrechner				170.000
2.1	Schnittstellen zum Anschluss verschiedener externer Datenquellen und -senken			30.000
2.3	Software zur Versorgung und Ansteuerung von dynamischen Anzeigetafeln			20.000
2.4	Integration von IMMIS			10.000
2.5	Anbindung/Integration des bestehenden Parkleitsystems			30.000
2.6	VSR Aufrüstung Serversystem			50.000
2.7	VSR Lizenzkosten Funktionen und Module			30.000
Dynamische Monitore				540.000
2.12	Informationstafel inkl. Fundament		6	500.000
2.14	Schilderkonzepte			20.000
3.4	Versorgung Scala/Concert mit Steuerungsstrategien			20.000
Umweltmonitoring IMMIS^{mt}				85.000
2.16	Lizenz IMMIS ^{mt} Basis+Archive+Prognose			40.000
2.17	Aufbau IMMIS ^{mt}			45.000
Datenfusion FCD und stadtweite Zukunftsprognose				250.000
2.18	Datenfusion FCD, Detektion (Lizenz, Errichtung, IBS)			125.000
2.19	stadtweite Verkehrsstärke/Prognose Tag+1 (Lizenz, Errichtung, IBS)			125.000
Gesamt				1.045.000
Betriebskosten (pro Jahr, ab Beginn Integrationstest)				
	Datenfusion FCD, stadtweite Verkehrsstärke, Prognose			120.000
	Wartung IMMIS ^{mt}			12.000