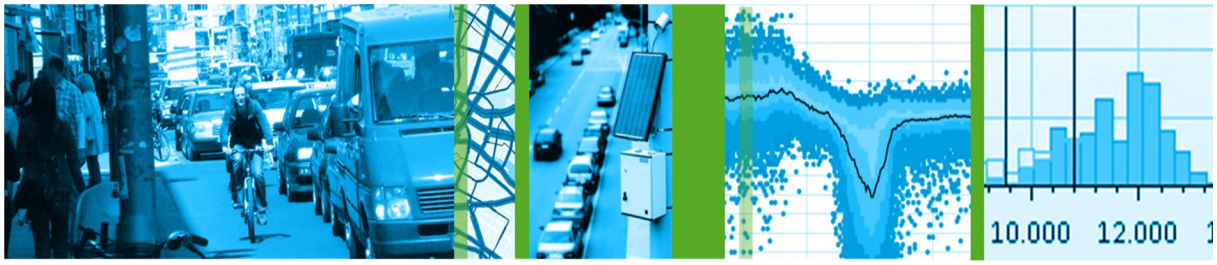

Green-City Plan Würzburg
Teilkonzept „Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement“

Berlin, 18.06.2018

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Teilkonzept „Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement“ im Green-City Plan Würzburg

Erarbeitet für:

Stadt Würzburg
Stabsstelle Klimaschutz
Fachabteilung Tiefbau
Rückermainstraße 2
97070 Würzburg

Gefördert durch:

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Erarbeitet durch:

Siemens AG
RC-DE MO SUED
Otto-Hahn-Ring 6
81379 München

VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH
Ullsteinstraße 120
12109 Berlin

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

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Inhalt

Inhalt I

Tabellenverzeichnis III

Abbildungsverzeichnis IV

1 Ziele, Aufgabenstellung und Vorgehensweise 1

2 Ausgangssituation 3

2.1 Vorliegende Maßnahmenpläne 3

2.2 Untersuchungsgebiet 5

2.3 Betrachtete Hotspots 6

3 Grundlagen der Wirkungsanalyse der UVM-relevanten Maßnahmen 7

3.1 Verkehrsdaten 7

3.2 Verkehrsmodell 7

3.3 Verkehrszustand im Straßennetz 10

3.4 Umweltdaten 12

4 Maßnahmenentwicklung 15

4.1 Vorgehensweise 15

4.2 Maßnahmen zur umweltorientierten Steuerung und Information des Straßenverkehrs 15

5 Bewertung der verkehrlichen Wirkungen der Maßnahmen 17

5.1 Zuflusssteuerung an ausgewählten Knotenpunkten 17

5.2 Verkehrszustand 19

5.3 Verkehrliche Wirkungen der Maßnahmen 20

6 Wirkungen der Maßnahmen auf die NO_2-Belastung in den Hotspots 22

6.1 Verfahren zur Erzeugung einer virtuellen stündlichen Zeitreihe der NO_2-Belastung in den Hotspots 23

6.1.1 Ermittlung des Wirkungspotenzials von temporären UVM-Maßnahmen 24

6.1.2 Abschätzung der Wirkung der Maßnahme bei ganzjähriger Aktivierung 25

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

6.2 Wirkungspotenzial am Beispiel Theaterstraße I 26
6.3 Potenzialabschätzung für alle Hotspots 28
6.4 Zusammenfassung der Wirkungen und Ergebnisse 32

7 Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement (UVM) _____ 34
7.1 Verkehrssteuerung 34
7.1.1 Leitstellensysteme der Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation 34
7.1.2 Erweiterung der genutzten Verkehrsmessdaten (Detektion und Verkehrslage) 37
7.1.3 Erweiterung des vorhandenen Verkehrssteuerungssystems 40
7.1.4 Integration Umweltmodell 44
7.2 Umweltmonitoring und Vorhersage mit IMMIS^{mt} 45
7.2.1 Funktionsweise von IMMIS^{mt} 46
7.2.2 Eingangsdaten und Schnittstellen 51
7.2.3 Exportschnittstellen 53
7.3 Informationsmanagement 54
7.3.1 Mobilitätsportal im Internet 55
7.3.2 Dynamische Informationstafeln im Hauptverkehrsstraßennetz ... 55
7.3.3 Virtuelle Informationstafeln 56
7.3.4 Organisationskonzept 57
7.4 Multimodales Mobilitätsmanagement 58
7.4.1 Bestandsaufnahme Mobilitätsangebote und nutzbare Daten 58
7.4.2 Mobilitätsplattform 64
7.4.3 Mobilitätsinformationsdienste 66

8 Umsetzungskonzept _____ 73
8.1 Realisierung des Umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements 73
8.2 Evaluation 74
8.3 Maßnahmen- und Kostenplan 74

9 Fazit _____ 76

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ausgewählte Verkehrszählungen 2015 in den kritischen Abschnitten (Hotspots) 7

Tabelle 2 Ausgewählte Eingangsdaten und Screeningergebnisse für den Basis-Fall (JMW – Jahresmittelwert) 14

Tabelle 3 Ausgewählte Eingangsdaten und Screeningergebnisse für die UVM-Maßnahme mit ganzjähriger Aktvierung und Modal-Split Veränderung 25

Tabelle 4 Ausgewählte Eingangsdaten und Screeningergebnisse für die UVM-Maßnahme mit ganzjähriger Aktvierung ohne Modal-Split Veränderung 26

Tabelle 5 Annahmen zur Wirkungsschätzung im Hotspot Theaterstraße I 26

Tabelle 6 Auswertung des Minderungspotenzials und der Aktivierungsraten für den Hotspot Theaterstr. I unter den gegebenen Rahmenbedingungen 27

Tabelle 7 Auswertung des Minderungspotenzials für alle Hotspots mit einem Schwellenwert in Höhe von 80 µg/m³ 29

Tabelle 8 Auswertung des Minderungspotenzials für alle Hotspots mit einem Schwellenwert in Höhe von 70 µg/m³ 30

Tabelle 9 Auswertung des Minderungspotenzials für alle Hotspots mit einem Schwellenwert in Höhe von 60 µg/m³ 31

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Filterkriterien für die Ableitung von UVM–Maßnahmen aus bestehenden Plandokumenten 4
Abbildung 2 Untersuchungsgebiet 5
Abbildung 3 Straßenabschnitte, die im „Feinstaubgutachten“ als kritisch identifiziert wurden (Quelle: LfU) 6
Abbildung 4 Verkehrsbelastung im Netz 8
Abbildung 5 Verkehrsstromanalyse Grombühlstraße 9
Abbildung 6 Verkehrsstromanalyse Textorstraße 9
Abbildung 7 Zuordnungsfunktion (Prinzipdarstellung) 11
Abbildung 8 Abschnitte mit berechneten NO_2-Jahresmittelwerten im Basisfall 13
Abbildung 9 Binnen, Quell, Ziel- und Durchgangsverkehr sowie Belastungen an ausgewählten Strecken 17
Abbildung 10 Verkehrszustand LOS 4 nach HBEFA 3.3 für die Frühspitze im Basisfall 19
Abbildung 11 LoS Veränderung Basisfall zu Planfall 20
Abbildung 12 Minderungs- und Verlagerungseffekte infolge der Maßnahmen Verkehrsinformation und Drosselung (DTVw); grün: Abnahme 21
Abbildung 13 Verkehrliche Minderungswirkung der UVM Maßnahmen (DTV) 21
Abbildung 14 Zeitreihe einer gemessenen NO_2-Konzentration in einem verkehrlichen Hotspot (rot) mit temporären Minderungen (grün) bei Überschreiten eines Schwellenwerts. 22
Abbildung 15 Darstellung der Schwellenwertüberschreitungen pro Tag (Aktiv) und Aktivierungen der Maßnahme 1 ganztags (T_aktiv) 27
Abbildung 16 UVM Steuerung 32
Abbildung 17 Zielsystem Verkehrssteuerung 36
Abbildung 18 Ergänzungen der Verkehrsdatenerfassung 38
Abbildung 19 Allgemeiner Datenfluss der Verkehrslageberechnung 39

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Abbildung 20 Überblick zu den geplanten Erweiterungen des Verkehrssteuersystems Stadt Würzburg 41
Abbildung 21 Regelkreis der Umweltorientierten Verkehrssteuerung 44
Abbildung 22 System Design des Gesamtsystems IMMIS^{mt} 45
Abbildung 23 Schema der Luftschadstoffmodellierung je Straßenabschnitt in IMMIS^{mt} 47
Abbildung 24 Zeitreihendarstellung von IMMIS^{mt} Viewer 49
Abbildung 25 Zeitreihendarstellung der Tagesmittelwerte (links) und Monatsmittelwerte (rechts) von IMMIS^{mt}-Viewer 50
Abbildung 26 Kartendarstellung der mit IMMIS^{mt} stadtweit modellierten NO_2-Immissionen auf den Straßenabschnitten des Verkehrsnetzes 50
Abbildung 27 Eingangsdaten und Ergebnisse mit Schnittstellen 51
Abbildung 28 Umweltorientiertes Verkehrsinformationsmanagement 54
Abbildung 29 Informationsmanagement im Straßenverkehr 56
Abbildung 30 Virtuelle Informationstafeln 57
Abbildung 31 Übersicht Service Provider und Mobilitätsdaten 59
Abbildung 32 Nextbike und Callabike Bikesharing in Würzburg 63
Abbildung 33 Reiseüberwachung 69
Abbildung 34 Aktueller Internetauftritt der Stadt Würzburg – Mobilitätsstationen 71
Abbildung 35 Aktueller Internetauftritt der WVV – Bereich Carsharing 71
Abbildung 36 Umsetzungsbeispiele Multimodaler Mobilitätsmonitor 72

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

1 Ziele, Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Die Stadt Würzburg lässt mit dem „Green-City Plan Würzburg“ einen Masterplan für die Gestaltung einer nachhaltigen und emissionsfreien Mobilität in der Region Würzburg erarbeiten. Im Rahmen dieses Masterplans soll ein Teilkonzept „Umweltorientiertes Verkehrsmanagement“ erarbeitet werden.

Mit dem Teilkonzept soll eine konzeptionelle Grundlage für die Errichtung eines netzadaptiven und umweltsensitiven Verkehrs- und Mobilitätsmanagements in Würzburg erarbeitet werden. Das Konzept für das Umweltorientierte Verkehrs- und Mobilitätsmanagement (UVM) soll sich von einer umweltsensitiven Steuerung und Lenkung des Straßenverkehrs über darauf abgestimmte Informationsdienste mit dynamischen Anzeigetafeln im Straßennetz bis hin zu Mobilitätsinformationen auf einer App erstrecken.

Ziel dabei ist es aufzuzeigen, mit welchen konkreten kurz- und mittelfristigen Maßnahmen der Verkehrssteuerung und einem umfassenden Informations- und Mobilitätsmanagement ein wesentlicher Beitrag zur Minderung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung in den kritischen Bereichen der Stadt Würzburg erreicht werden kann.

Die Erarbeitung des Teilkonzeptes erfolgte in einem mehrstufigen Prozess:

In einem ersten Arbeitsschritt wurden in Abstimmung mit den zuständigen Verwaltungen der Stadt Würzburg die zu betrachtenden kritischen Bereiche (Hotspots) festgelegt. Grundlage dafür bilden die bereits vorliegenden Untersuchungen insbesondere im Rahmen des aktuellen Luftreinhalteplans. Die Rahmenbedingungen und genutzten Grundlagen sind in Kapitel 2 zusammengefasst.

In einem zweiten Arbeitsschritt erfolgte auf der Basis dieser Grundlagen die schrittweise Entwicklung von Maßnahmen zur Minderung der Luftschadstoffbelastung in den kritischen Bereichen des Hauptverkehrsstraßennetzes der Stadt Würzburg im Rahmen eines umweltorientierten Verkehrsmanagements (Zielszenario).

Dazu zählen insbesondere:

- Maßnahmen zur Verbesserung der abschnitts- und richtungsbezogenen Verkehrsqualität in den kritischen Bereichen durch Optimierung der Signalzeitenpläne,
- Maßnahmen zur temporären Reduzierung der Kfz-Verkehrsmenge durch eine temporäre Zuflusssteuerung (Pförtnerung) und

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

- Maßnahmen zur modalen Verlagerung der Verkehrsnachfrage durch ein umfassendes Informations- und Mobilitätsmanagement.

Im Ergebnis wurden daraus strategische Maßnahmen zur Minderung der Immissionsgrenzwerte im gesamten Netz, insbesondere an Hotspots, abgeleitet. Die Maßnahmenentwicklung ist in Kapitel 4 zusammengefasst.

Die Abschätzung der Wirksamkeit von umweltorientierten verkehrlichen Maßnahmen auf die verkehrsbedingte Schadstoffbelastung in ausgewählten Hotspots erfolgte durch den Einsatz von Verkehrs- und Umweltmodellen. Die verkehrlichen und lufthygienischen Wirkungen der Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel eines umweltsensitiven Verkehrsmanagements werden ausgehend vom abgestimmten und berechneten Basisfall für die zu betrachtenden kritischen Bereiche ermittelt. Über einen Vergleich der Berechnungsergebnisse des Zielszenarios mit dem Basisfall lassen sich sowohl die verkehrlichen als auch die lufthygienischen Wirkungen quantifizieren.

Die Grundlagen der Wirkungsanalyse sind in Kapitel 3, die Bewertung der verkehrlichen Wirkungen in Kapitel 5 sowie die Wirkungen auf die NO_2-Belastungen in Kapitel 6 dargestellt.

In Abhängigkeit der erreichten Ergebnisse zur Minderung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung in den kritischen Bereichen werden die für die Umsetzung erforderlichen technischen und organisatorischen Maßnahmen zusammengestellt. In diesem Rahmen werden zunächst die bereits vorhandenen Datengrundlagen und Steuerungssysteme (Scala) und deren Ausstattung der Stadt Würzburg erfasst, sowie die erforderlichen Maßnahmen für ein Online-Monitoring, die erforderlichen Feinkonzepte für die Verkehrssteuerung und die notwendigen Maßnahmen für ein umfassendes Informations- und Mobilitätsmanagement abgeleitet. Dies schließt den Bedarf an zusätzlicher Verkehrs- und Umweltdatenerfassung in der Stadt Würzburg ein. Diese sind in Kapitel 7 dargestellt.

Aus den definierten Anforderungen wird ein Umsetzungskonzept entwickelt und eine Priorisierung der Maßnahmen vorgenommen, wobei der Fokus insbesondere auf den kurz- und mittelfristig umsetzbaren Maßnahmen liegt. Abschließend werden die erforderlichen Investitions- und Betriebskosten zusammengestellt. Das Umsetzungskonzept kann dem Kapitel 8 entnommen werden.

Ein Fazit fasst die wesentlichen Ergebnisse des Teilkonzeptes in Kaptiel 9 zusammen.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

2 Ausgangssituation

Im Folgenden werden die für die Erarbeitung des Teilkonzeptes Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement verwendeten Grundlagen dargestellt.

2.1 Vorliegende Maßnahmenpläne

Zunächst erfolgte eine Sichtung und Analyse bestehender Plandokumente der Stadt Würzburg hinsichtlich bereits geplanter umweltorientierter Steuerungsmaßnahmen:

- Der Entwurf zur zweiten Fortschreibung des Luftreinhalteplans für die Stadt Würzburg (2017) enthielt 20 Maßnahmen im Bereich Verkehr.
- Das integrierte Klimaschutzkonzept für die Stadt Würzburg (2012) wies 15 Maßnahmen im Bereich Verkehr auf.
- Aus dem interkommunalen Mobilitätskonzept (2016) wurden acht Maßnahmen abgeleitet.
- Der Bericht „Feinstaubuntersuchung Würzburg“ (2014) enthielt vier relevante Maßnahmen.
- Es erfolgte auch eine Sichtung des „Radverkehrskonzept Stadt Würzburg“ (2016), jedoch enthielt dieses keine relevanten Maßnahmen.

Darüber hinaus wurden ergänzende Erläuterungen oder bereits vorliegende Analysen zu den oben genannten Konzepten durch die Stadt Würzburg übernommen.

Zur ersten Einordnung der Relevanz der identifizierten Maßnahmen für das vorliegende Konzept wurden Filterkriterien definiert und angewendet, die auf ein umweltorientiertes Verkehrsmanagement ausgerichtet sind. Die Filterkriterien sind in der folgenden Abbildung 1 dargestellt und mit ihnen werden die identifizierten Maßnahmen dahingehend geprüft, ob sie einen Beitrag zur Minderung der Verkehrsbelastung bzw. zur Verflüssigung des Verkehrs leisten, ob sie bedarfsorientiert umgesetzt werden können und ob sie eine Wirkungsentfaltung kurz- bis mittelfristig, d. h. innerhalb der nächsten drei bis fünf Jahre ermöglichen.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Abbildung 1 Filterkriterien für die Ableitung von UVM–Maßnahmen aus bestehenden Plandokumenten

Im Ergebnis der Anwendung des Filters können als für das UVM besonders relevante Maßnahmen aus den vorhandenen Plandokumenten insbesondere Maßnahmen zur Optimierung der Lichtsignalanlagen und der temporären Verkehrsbeeinflussung abgeleitet werden.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

2.2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet für das Teilkonzept UVM ist in der folgenden Abbildung 2 dargestellt und umfasst das gesamte Stadtgebiet der Stadt Würzburg sowie die angrenzenden Bereiche bis zu den Anschlussstellen der Bundesautobahnen A3 im Süden und Osten sowie der A7 im Osten und Norden.

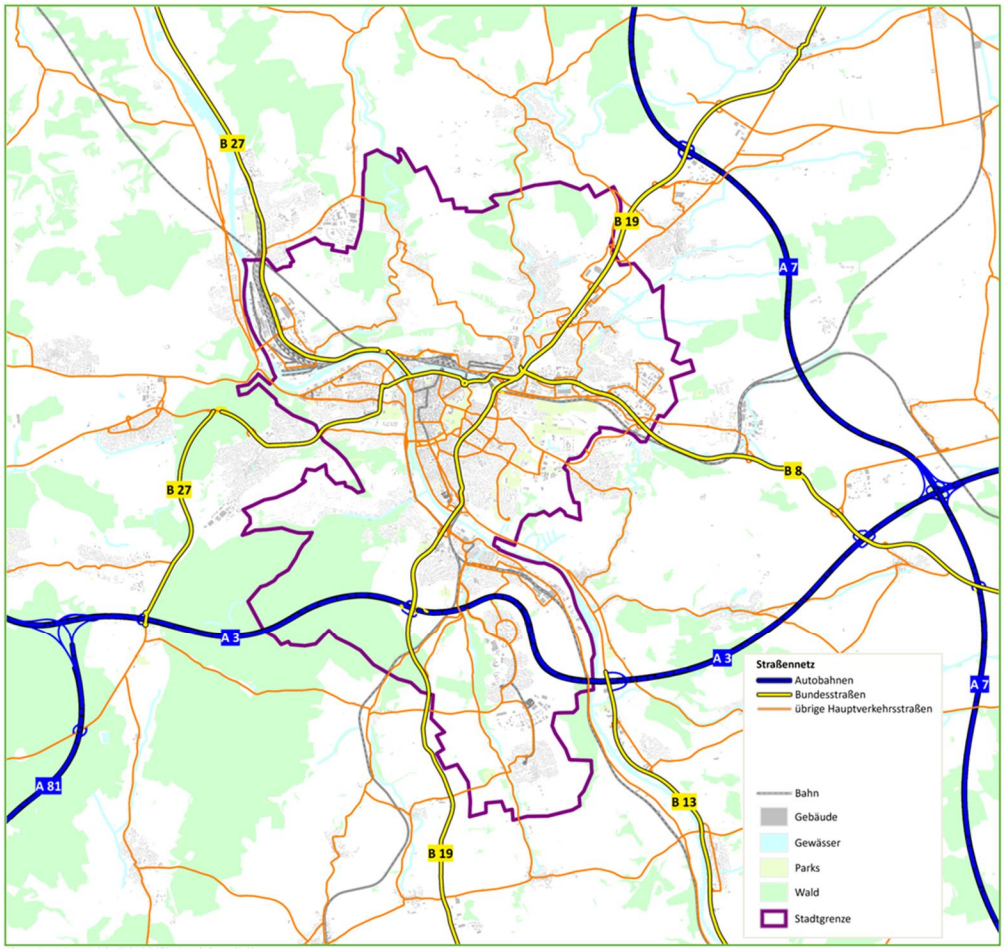

Abbildung 2 Untersuchungsgebiet

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

2.3 Betrachtete Hotspots

In Abstimmung mit der Stadtverwaltung Würzburg werden im vorliegenden Konzept die in der folgenden Abbildung 3 dargestellten Abschnitte mit hohen NO_2-Belastungen und zum Teil auch mit Überschreitungen des zulässigen Grenzwertes betrachtet. Die Basis der Abschnittsauswahl bildete dabei der Luftreinhalteplan (LRP) der Stadt Würzburg. Gegenüber dem LRP wurde der Abschnitt Rennweg nicht weiter betrachtet, da er nach den „Berechnungen im Rahmen der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für Würzburg“ (Anhang 5)[1] für das Bezugsjahr 2015 nur einen NO_2-Jahresmittelwert von 35 µg/m³ aufweist und damit die NO_2-Belastung schon deutlich unter dem Grenzwert liegt. Weiterhin wurden sowohl der Abschnitt Theaterstraße als auch der Abschnitt Stadtring Süd für die vorliegende Untersuchung in je zwei Abschnitte getrennt (vgl. Abbildung 8 auf Seite 13).

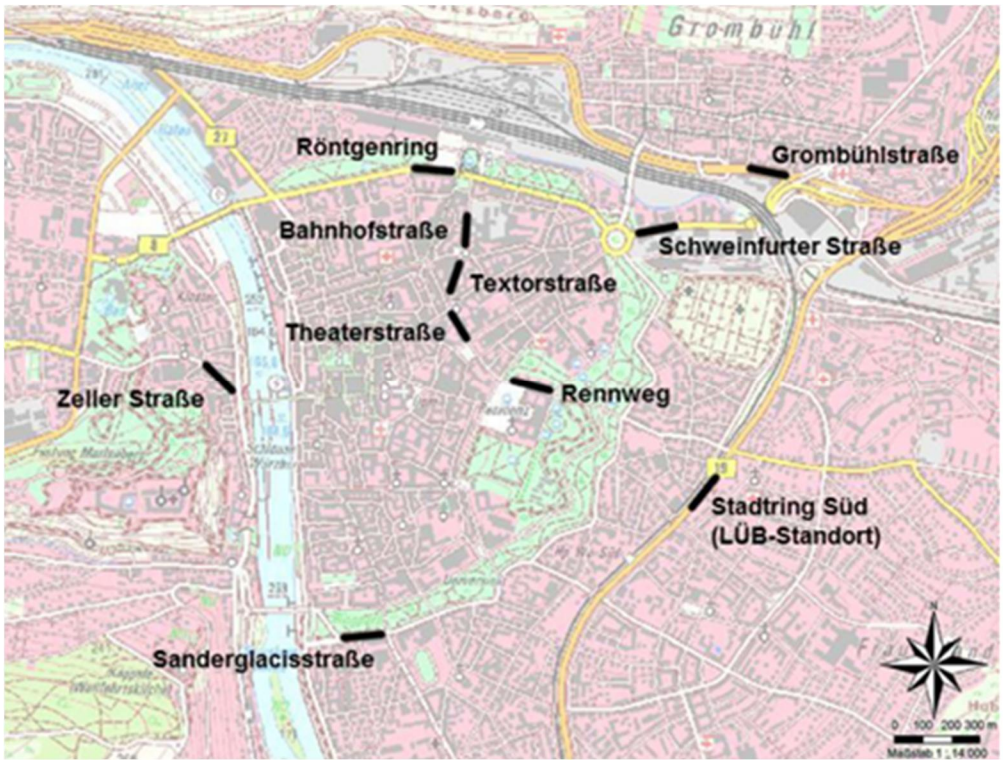

Abbildung 3 Straßenabschnitte, die im „Feinstaubgutachten“ als kritisch identifiziert wurden (Quelle: LfU)

[1] Müller-BBM 2016: Immissionsprognosen bis 2025 für NO2, PM2,5 und PM10 für verkehrsbelastete Stellen im Stadtgebiet von Würzburg. Berechnungen im Rahmen der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für die Stadt Würzburg. Auftraggeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt. 2016.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

3 Grundlagen der Wirkungsanalyse der UVM-relevanten Maßnahmen

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

3.1 Verkehrsdaten

Im April, Juli und September 2015 wurden durch die Stadt Würzburg Verkehrszählungen an den als besonders kritisch identifizierten Straßenzügen (Hotspots) durchgeführt und die aktuellen Verkehrsbelastungen ermittelt[2].

Straße	DTV [Kfz / 24 h]	SNfz-Anteil [% / 24h]	LNfz-Anteil [% / 24h]	Bus-Anteil [% / 24h]
Bahnhofstraße	8.090	1,2	6,0	6,3
Grombühlstraße	41.030	4,9	6,0	0,1
Rennweg	9.690	6,4	6,0	0,0
Röntgenring	25.340	1,1	6,0	0,9
Sanderglacisstraße	15.550	1,0	6,0	1,2
Schweinfurter Straße	30.530	0,9	6,0	2,1
Stadtring Süd (LÜB-Standort)	40.820	4,1	6,0	0,3
Textorstraße	9.150	1,2	6,0	4,3
Theaterstraße	9.380	1,8	6,0	7,5
Zeller Straße	7.110	3,4	6,0	0,0

DTV: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke; Kfz: Kraftfahrzeuge
SNfz: Schwere Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht > 3,5 t
LNfz: Leichte Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht ≤ 3,5 t

Tabelle 1 Ausgewählte Verkehrszählungen 2015 in den kritischen Abschnitten (Hotspots)

3.2 Verkehrsmodell

Von der Stadt Würzburg wurde für die verkehrliche Wirkungsanalyse ein VISUM-Verkehrsmodell des Individualverkehrs (IV) der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke an Werktagen (DTV_W) 2016/2017 zur Verfügung gestellt. Das Verkehrsmodell deckt das Untersuchungsgebiet vollständig ab. Eine Plausibilitätsprüfung der modellierten Belastungen erfolgte anhand von Abgleichen mit Zählwerten sowie der Verkehrsanteile des Binnenverkehrs, des Quell- und Zielverkehrs sowie des Durchgangsverkehrs und ihre jeweilige Verteilung im Netz. Die Modellierung zeigte plausible Ergebnisse und bestätigte damit die Eignung des Verkehrsmodells für den Einsatz in der

[2] Regierung Unterfranken, Luftreinhalteplan für die Stadt Würzburg, 2. Fortschreibung Juli 2017

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

verkehrlichen Wirkungsanalyse der umweltorientierten Steuerungsmaßnahmen im Rahmen des vorliegenden Projektes.

In der folgenden Abbildung 4 ist das Belastungsbild der modellierten Kfz-Verkehrsstärken dargestellt. Es zeigt die hohe Bedeutung der in die Stadt Würzburg führenden Radialen für den Quell- und Zielverkehr, die zum Beispiel auf der B19 eine Größenordnung bis zu 50.000 Kfz/Werktag erreichen. In der Altstadt weist die Straßenverbindung Bahnhofstraße – Textorstraße – Rennweg Verkehrsbelastungen zwischen 9.000 und 18.000 Kfz/Werktag auf.

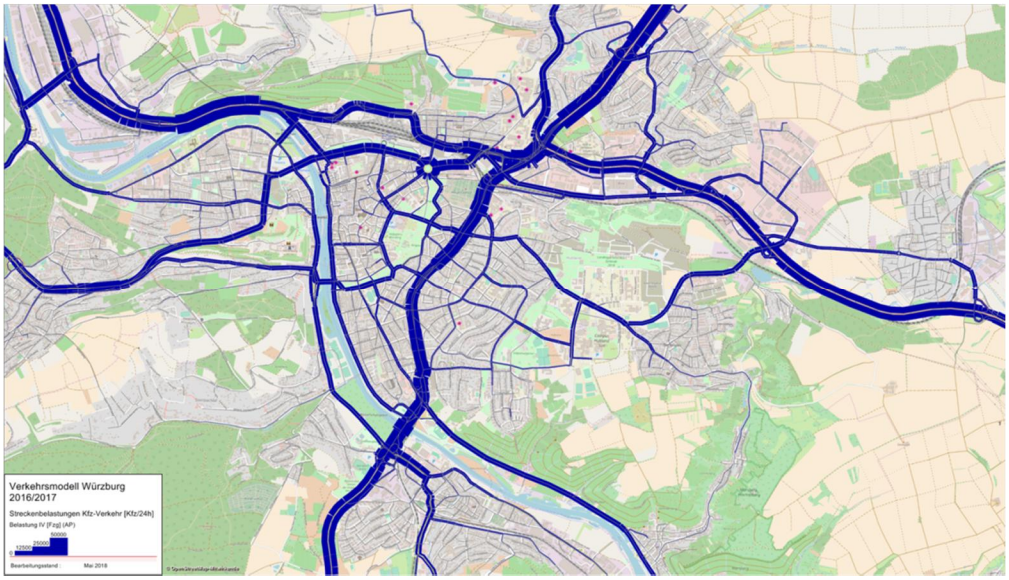

Abbildung 4 Verkehrsbelastung im Netz

In einem weiteren Schritt wurde die Verteilung des Kfz-Verkehrs im Netz untersucht, welche die Hotspots durchfahren. Diese Analyse ermöglicht erste Rückschlüsse für verkehrliche Eingriffe zur Drosselung und Verlagerung des Verkehrs. Beispielhaft ist in der folgenden Abbildung 5 der Hotspot Grombühlstraße, in Abbildung 6 der Hotspot Textorstraße dargestellt. Die Hotspots (Analyseabschnitte) sind jeweils violett ausgewiesen, die Farbe rot stellt jeweils die Verteilung der den Analyseabschnitt durchfahrenden Kfz-Verkehre in vor- und nachgelagerten Netzbereichen dar.

Die Analyse für die Grombühlstraße zeigt, dass der von Westen kommende Verkehr den Hotspot gebündelt von der B27 und der Nordtangente erreicht. Die Knotenpunkte im unmittelbaren Zufluss sind teilniveaufreien gestaltet und damit nicht mit Lichtsignalanlagen ausgestattet, die für eine Grünzeitreduzierung genutzt werden könnten. Eine Minderung des Verkehrs durch eine Verkehrsdrosselung wird sich daher kaum umsetzen lassen.

Im Osten verteilt sich der Verkehr auf die B19, die B8 sowie die Versbacher Straße und die Nürnberger Straße.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

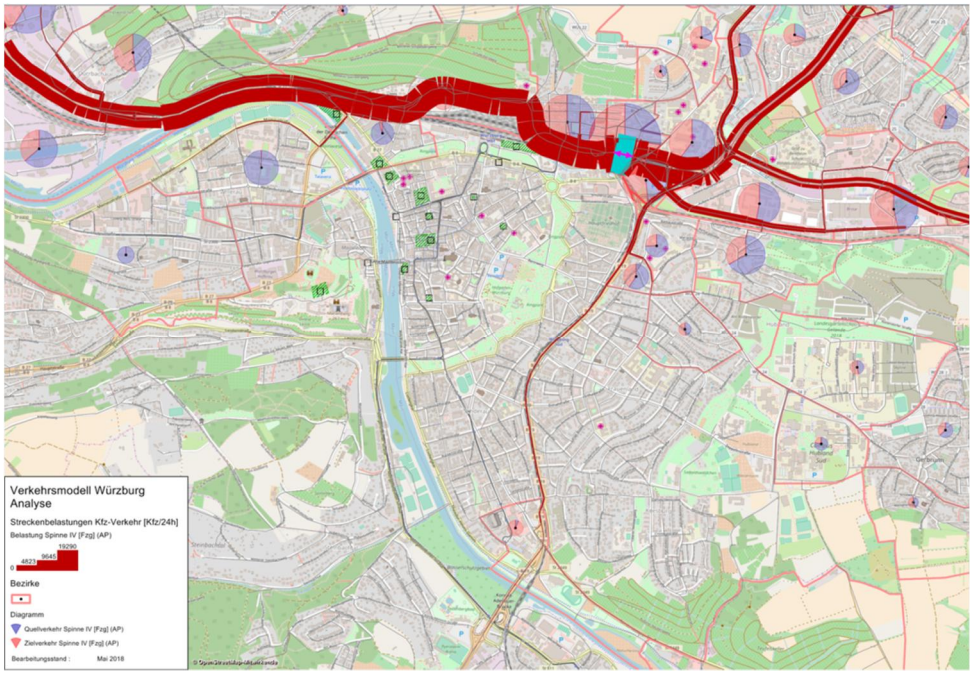

Abbildung 5 Verkehrsstromanalyse Grombühlstraße

Die Analyse für die Textorstraße zeigt, dass sich die Verkehre über eine Vielzahl von Straßen verteilen. Dabei tragen der Röntgenring mit den Verkehren von der B27 (Veitshöchheimer Straße, Luitpoldstraße), der Rennweg und die Ottostraße die höchsten Anteile.

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.

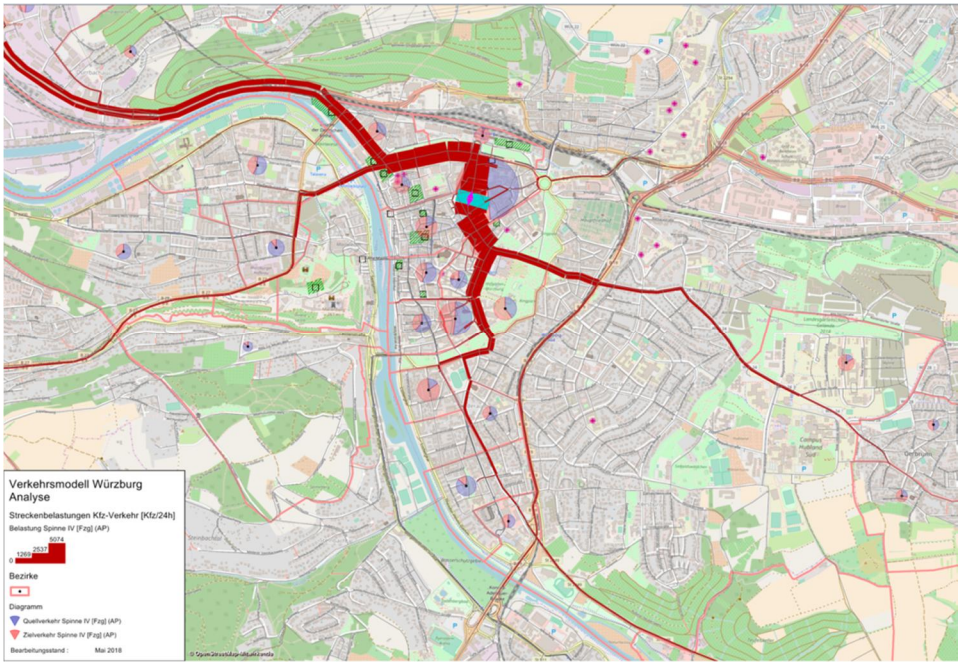

Abbildung 6 Verkehrsstromanalyse Textorstraße

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

3.3 Verkehrszustand im Straßennetz

Die Ermittlung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen erfolgt anhand des Handbuches für Emissionsfaktoren, Version 3.3 („HBEFA“). Im HBEFA besitzt der Verkehrszustand eine hohe Bedeutung für die Berechnung der Fahrzeugemission. Das HBEFA unterscheidet dabei vier Level-of-Service (LoS-Stufen: LoS1 = flüssig, LoS2 = dicht, LoS3 = gesättigt, LoS4 = Stop+Go).

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 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 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 für die Aufteilung der Verkehrsstärke auf die LOS-Anteile für den Basisfall eingesetzt. Als Datengrundlage wurde hierfür wurden FCD Daten des aktuellsten 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 (siehe Abbildung 7).

Hierzu wurde eine abschnittsweise lineare Zuordnungsfunktion gebildet, in die vier mittlere Geschwindigkeiten der Verkehrszustände unter Berücksichtigung von Gebietstyp, Straßentyp und zulässiger Höchstgeschwindigkeit einfließen. Das Prinzip ist in der folgenden Abbildung dargestellt und wird im Folgenden weiter erläutert.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

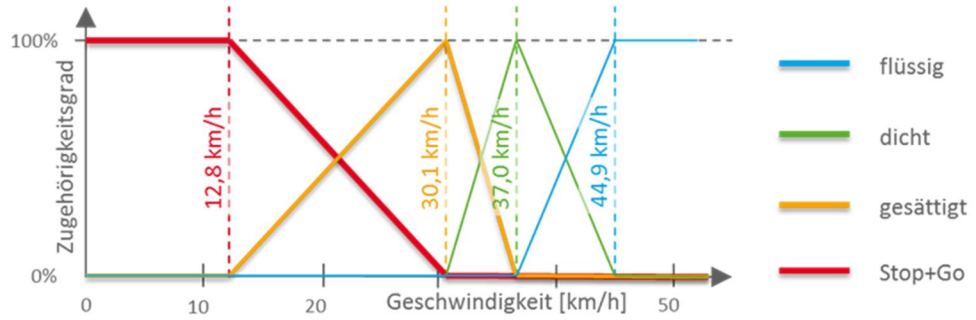

Abbildung 7 Zuordnungsfunktion (Prinzipdarstellung)

Die vier gestrichelt eingetragenen Geschwindigkeiten (12,8 km/h, 30,1 km/h etc.) variieren je nach Kombination von Gebietstyp, Straßentyp und zulässiger Höchstgeschwindigkeit. Somit existieren entsprechend viele Zuordnungsfunktionen.

Zu erkennen ist, dass den meisten Geschwindigkeiten anteilig zwei benachbarte Verkehrszustände zugeordnet werden, die in Linearkombination bei der Berechnung der Luftschadstoffemissionen berücksichtigt werden. Ausnahme sind die Geschwindigkeiten unterhalb der Stop+Go-Geschwindigkeit (100 % Stop+Go) und oberhalb der flüssig-Geschwindigkeit (100 % flüssig). Diese Zuordnungsvorschrift folgt einer Fuzzy-Logik und ist deutlich robuster als eine Zuordnung über feste Schwellenwerte.

Für den Verkehrszustand „flüssig“ hat eine zusätzliche Zuordnungsregel Priorität: Der Auslastungsgrad darf 15 % nicht überschreiten, anderenfalls wird anstelle des Verkehrszustands „flüssig“ der Verkehrszustand „dicht“ ausgewiesen.

Dies folgt der Aussage der HBEFA-Autoren, dass der Verkehrszustand „flüssig“ nur in den Nachtstunden auftreten kann und entspricht der Zuordnung über das Fundamentaldiagramm bei der Verfügbarkeit einer lokalen Verkehrsmessstelle.

Unter Verwendung dieser Zuordnungsvorschrift(en) wurden die Verkehrsstärkeanteile der vier 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 für ein vollständiges Kalenderjahr zu erhalten.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

3.4 Umweltdaten

Berechnungsgrundlage für die Umweltdaten bilden die Hotspotbetrachtungen aus den Untersuchungen „Untersuchung und Bewertung von Maßnahmen zur Reduzierung der Feinstaub- und Stickoxidbelastung in Würzburg - Feinstaubuntersuchung Würzburg“ vom Juli 2014. Berechnet werden die NO_2-Jahresmittelwerte für die in Abbildung 8 dargestellten Hotspots.

Als Bezugsjahr für die Betrachtung der Umweltsituation wurde in Abstimmung mit der Stadt das Jahr 2016 festgelegt, da für dieses Jahr bei Beginn der Arbeiten im Projekt geprüfte Messdaten durch das LfU zur Verfügung gestellt werden konnten.

In der Berechnung wurde die Kfz-Flotte auf die Standardwerte des HBEFA mit Bezugsjahr 2016 und die Verkehrsbelastung getrennt nach Pkw, LNfz, SLkw und Bussen, mit Daten aus der Umlegung und einer LOS-Aufteilung auf Basis der FCD-Daten, angepasst (s. Tabelle 2). Ebenfalls wurde die Vorbelastung auf Grundlage der Untersuchungen zum aktuellen Luftreinhalteplan[3] auf pauschale Werte als Jahresmittelwerte in Höhe von 25 µg/m³ für NO_2, 42 µg/m³ für NO_X und 40 µg/m³ für Ozon angepasst.

Die Berechnungen wurden mit dem Screeningmodell IMMIS$^{em/luft}$ Version 7.0, welches die Emissionsfaktoren des HBEFA 3.3. verwendet, durchgeführt.

Diese Berechnungen wurden als Basisfall zur Ermittlung der Minderungswirkungen in Abschnitt 6 verwendet. Die verkehrlichen Eingangsdaten zum DTV und zum LOS sowie die Ergebnisse der Berechnungen für die lokale Zusatzbelastung NO_X und die NO_2-Gesamtbelastung sind in Tabelle 2 für die in Abbildung 8 gezeigten Streckenabschnitte dargestellt.

Wie aus der Spalte zum Jahresmittelwert (JMW) NO_2 ersichtlich ist, wird nach den Berechnungen in 2016 der NO_2-Jahresgrenzwert in Höhe von 40 µg/m³ an sieben Streckenabschnitten überschritten. Nach diesen Modellberechnungen wird am Abschnitt des Mittleren Rings, an dem eine Umweltmessstation („Stadtring Süd“) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) steht, der NO_2-Grenzwert mit 38,9 µg/m³ nur knapp eingehalten. Für die Messstation wird vom LfU für 2016 ein NO_2-Jahresmittelwert in Höhe von 42 µg/m³ und für 2017 ein Wert von 38 µg/m³ angegeben.

[3] Müller-BBM 2016: Immissionsprognosen bis 2025 für NO2, PM2,5 und PM10 für verkehrsbelastete Stellen im Stadtgebiet von Würzburg. Berechnungen im Rahmen der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für die Stadt Würzburg. Auftraggeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt. 2016.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Für das Jahr 2017 gibt das LfU auf der Basis von Passivsammlermessungen für die Grombühlstraße einen NO_2-Jahresmittelwert in Höhe von 55 µg/m³ und für die Theaterstraße einen Wert in Höhe von 43 µg/m³ an. Damit besteht eine gute Übereinstimmung der Modellergebnisse mit den genannten Messungen.

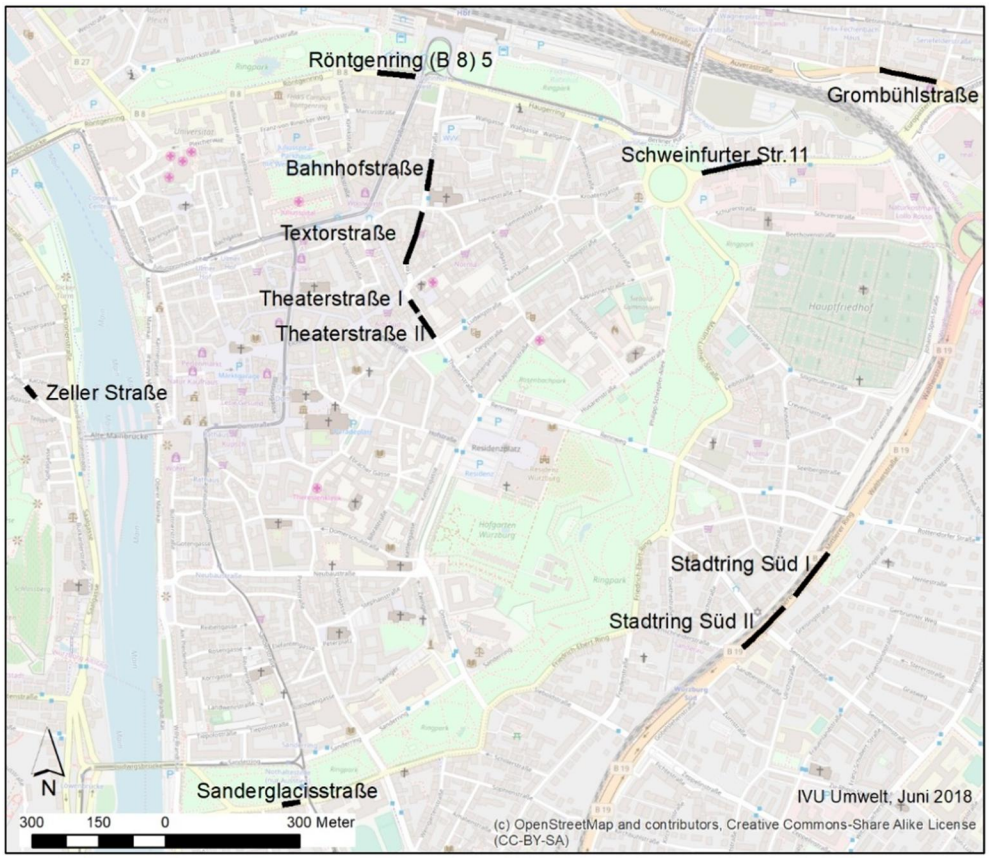

Abbildung 8 Abschnitte mit berechneten NO_2-Jahresmittelwerten im Basisfall

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Name	DTV [Kfz/24h]	LOS dicht [%]	LOS gesättigt [%]	LOS Stop+Go [%]	JMW Zusatzbel. NO_X [µg/m³]	JMW NO_2 [µg/m³]
Theaterstraße I	9380	9,4	24,2	61,4	47,1	**43,8**
Theaterstraße II	9380	9,4	24,2	61,4	51,2	**45,2**
Bahnhofstraße	8090	15,8	42,6	36,6	41,6	**42,0**
Schweinfurter Str. 11	30530	25,8	35,2	34	39,6	**41,7**
Grombühlstraße	41030	89,4	2,2	3,5	86,9	**58,0**
Stadtring Süd (B 19) I	40820	77	8,4	9,6	32,4	38,9
Stadtring Süd (B 19) II	40820	77	8,4	9,6	14,1	31,6
Röntgenring (B 8) 5	25340	29,6	31,5	34	22,0	34,9
Sanderglacisstraße	15550	11,5	42,3	41,2	27,0	36,9
Zeller Straße	7110	45,6	28,8	20,6	40,2	**41,4**
Textorstraße	9150	9,5	36,5	49	38,9	**41,2**

Tabelle 2 Ausgewählte Eingangsdaten und Screeningergebnisse für den Basis-Fall (JMW – Jahresmittelwert)

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

4 Maßnahmenentwicklung

4.1 Vorgehensweise

Die Entwicklung von Maßnahmen zur Minderung der Luftschadstoffbelastung in den kritischen Bereichen des Hauptverkehrsstraßennetzes der Stadt Würzburg im Rahmen eines umweltorientierten Verkehrsmanagements erfolgt auf mehreren Ebenen:

- Die Ableitung des Verkehrszustands nach HBEFA erfolgt auf Basis von abschnittsbezogenen Geschwindigkeitsinformationen aus Floating Car Data (FCD).
- Maßnahmen zur Verbesserung der abschnittsbezogenen und richtungsbezogenen Verkehrsqualität in den kritischen Bereichen erfolgen durch Anpassung der Signalzeitenpläne von Lichtsignalanlagen (LSA).
- Maßnahmen zur temporären Reduzierung der Kfz-Verkehrsmenge erfolgen durch Zuflusssteuerung (Pförtnerung) an LSA.
- Maßnahmen zur modalen Verlagerung der Verkehrsnachfrage erfolgen durch ein Informations- und Mobilitätsmanagement.

4.2 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.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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[4] 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.

[4] INFO-EFFECT Zielgruppenspezifische Wirkungen von multimodalen Verkehrsinformationen auf individuelles Verkehrsverhalten; Graz 2010

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

5 Bewertung der verkehrlichen Wirkungen der Maßnahmen

5.1 Zuflusssteuerung an ausgewählten Knotenpunkten

Die folgende Abbildung 9 zeigt die mittels des Verkehrsmodells berechneten Streckenabschnittsbelastungen des Kfz-Verkehrs im Straßennetz der Stadt Würzburg. Die Gesamtverkehrsbelastung ist dabei nach Anteilen der Verkehrsarten[5] getrennt dargestellt: blaue Belastungen zeigen Binnenverkehre, orangene Belastungen zeigen Quell- und Zielverkehre, rote Belastungen zeigen Durchgangsverkehre.

Die Modellanalyse zu den Kfz-Verkehren in den Hotspots zeigt, dass die Hotspots – mit Ausnahme der Grombühlstraße – insbesondere vom Binnenverkehr der Altstadt (blau) sowie von Quell- und Zielverkehren der Altstadt (orange) belastet sind. Durchgangsverkehre spielen hingegen eine untergeordnete Rolle.

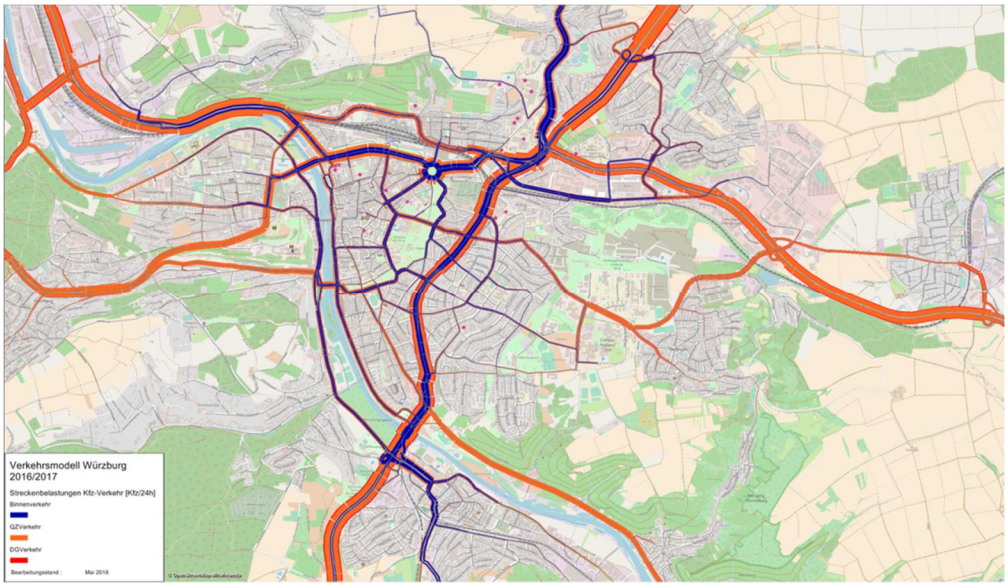

Abbildung 9 Binnen, Quell, Ziel- und Durchgangsverkehr sowie Belastungen an ausgewählten Strecken

Für die Binnen-, Quell- und Zielverkehre wird sich die Erreichbarkeit der Altstadt an Tagen der Aktivierung der umweltorientierten verkehrssteuernden Maßnahmen deutlich verschlechtern. Daher wurde hinsichtlich der modalen Verlagerungsmöglichkeiten nur dieser

[5] Einteilung der Verkehre nach Start bzw. Ziel der Fahrt relativ zu den Stadtgrenzen der Stadt Würzburg: Quellverkehre haben den Start ihrer Fahrt innerhalb der Stadtgrenzen, das Ziel außerhalb der Stadtgrenzen. Zielverkehre haben den Start ihrer Fahrt außerhalb der Stadtgrenzen, das Ziel innerhalb der Stadtgrenzen. Binnenverkehre haben sowohl den Start als auch das Ziel ihrer Fahrt innerhalb der Stadtgrenzen. Durchgangsverkehre haben sowohl den Start als auch das Ziel ihrer Fahrt außerhalb der Stadtgrenzen.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Verkehrsanteil berücksichtigt und daraus nur die Quelle- Zielbeziehungen die über eine gute ÖPNV-Anbindung (Straßenbahn, Bus, Regionalbahn) verfügen.

Im Ergebnis wurde abgeschätzt, dass sich im Fall zu hoher Luftschadstoffbelastungen, in Orientierung an die Grundlagenstudie Österreichs, ca. 10 % der MIV-Fahrten im Binnenverkehr sowie Quell- und Zielverkehr der Altstadt auf den Umweltverbund verlagern, wenn die Verkehrsteilnehmer vorab über die zu erwartende hohe Luftschadstoffbelastung und Maßnahmenauslösung informiert werden.

Durch die Regulierung des Zuflusses in kritische Verkehrsabschnitte kann dort eine Reduzierung der Verkehrsstärke und damit eine Reduzierung der verkehrsbedingten Luftschadstoffemissionen erreicht werden. Ggf. kann in der Folge die Verbesserung der Verkehrsqualität (LoS) und damit auch eine weitere Reduzierung der verkehrsbedingten Luftschadstoffemissionen erreicht werden.

Bezüglich der Verkehrsdrosselung sind grundsätzlich Eingriffe mit unterschiedlicher Tiefe möglich. Die Drosselung kann sich dabei auf die Hauptströme und/oder die zufließenden Nebenströme beziehen. Da die Drosselung zu Rückstauerscheinungen im vorgelagerten Abschnitt führt, sind dafür geeignete Abschnitte und Knotenpunkte mit einer guten Durchlüftung zu wählen. Darüber hinaus sollten geeignete Abbruchkriterien gemäß der zu definierenden Eingriffsschweren, insbesondere im Umfeld, entwickelt werden.

Umfassende Analysen zu den Verlagerungswirkungen von Kfz-Verkehren infolge verkehrsdrosselnder Maßnahmen haben gezeigt, dass Minderungswirkungen nur dann erreichbar sind, wenn im Sinne eines Kordons um die Altstadt gleichzeitig in die Steuerung eingegriffen wird.

Maßnahmen an einzelnen Knotenpunkten führen dagegen nur zu kleinräumigen Verlagerungen und nicht zu Minderungen der Verkehrsstärke in den Hotspots der Altstadt, insbesondere Bahnhofstraße – Textorstraße – Theaterstraße – Rennweg.

Für eine Drosselung bilden die Folgeknoten der Brücken über den Main sehr gute Voraussetzungen, da im Falle von Rückstau im Zeitraum der UVM-Schaltung an diesen Stellen eine gute Durchlüftung sichergestellt ist. Dies sind die Knotenpunkte Röntgenring/Veitshöchheimer Straße, Brücke der Deutschen Einheit/Veitshöchheimer Straße sowie Ludwigsbrücke/Willy-Brandt-Kai. An diesen Knoten erfolgt sowohl die Drosselung des Geradeausverkehrs als auch der Abbiegebeziehungen.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Des Weiteren werden die in die Altstadt führenden Verbindungen der durch den Ringpark führenden Straßen in die UVM-Steuerung eingebunden. Für den unmittelbaren Eingangsknoten Röntgenring/Bahnhofstraße ist im Rahmen des Feinkonzeptes zu prüfen, auf welche Art die Grünzeit für die vom Röntgenring kommenden Rechtsabbieger in die Bahnhofstraße mit einem geänderten Signalprogramm ggf. in Verbindung mit verkehrsorganisatorischen Veränderungen reduziert werden kann.

5.2 Verkehrszustand

Eine Grundlage der verkehrlichen Bewertung bildet der für den Basisfall abgeleitete Verkehrszustand für das Jahr 2017 unter Nutzung der Floating-Car-Daten von TomTom. Im folgenden Beispiel in Abbildung 10 ist der Anteil des LoS 4 nach HBEFA (Stop+Go) des Tagestyps Mo-Do in der Zeitscheibe 6-9 Uhr dargestellt, wobei kalte Farben geringe Anteile und warme Farben hohe Anteile repräsentieren.

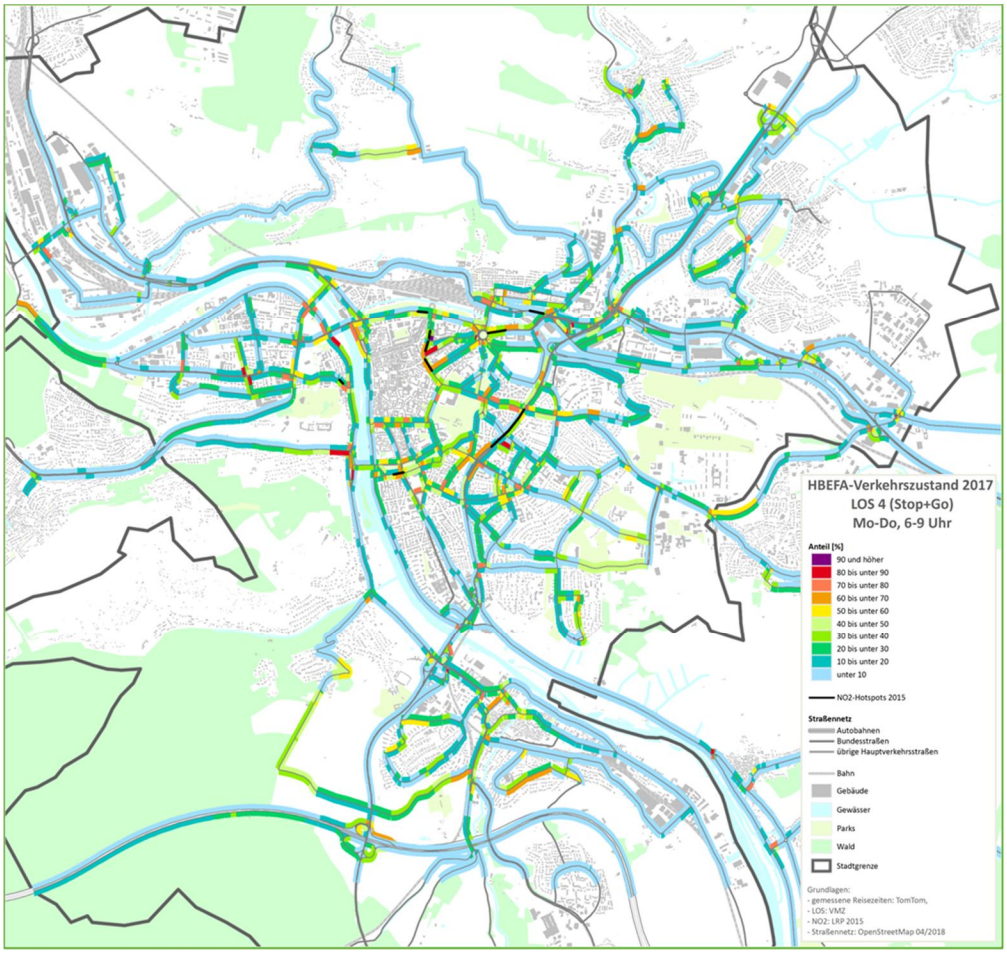

Abbildung 10 Verkehrszustand LOS 4 nach HBEFA 3.3 für die Frühspitze im Basisfall

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Darauf aufbauend wurden die Vorgaben für die anzustrebende Zielerreichung des LoS in den Hotspots definiert. Diese bilden die Grundlage für die Ableitung der Minderungspotenziale der vorgeschlagenen Maßnahmen. In der nachfolgenden Abbildung sind die Zielvorgaben für die Hotspots ausgewiesen.

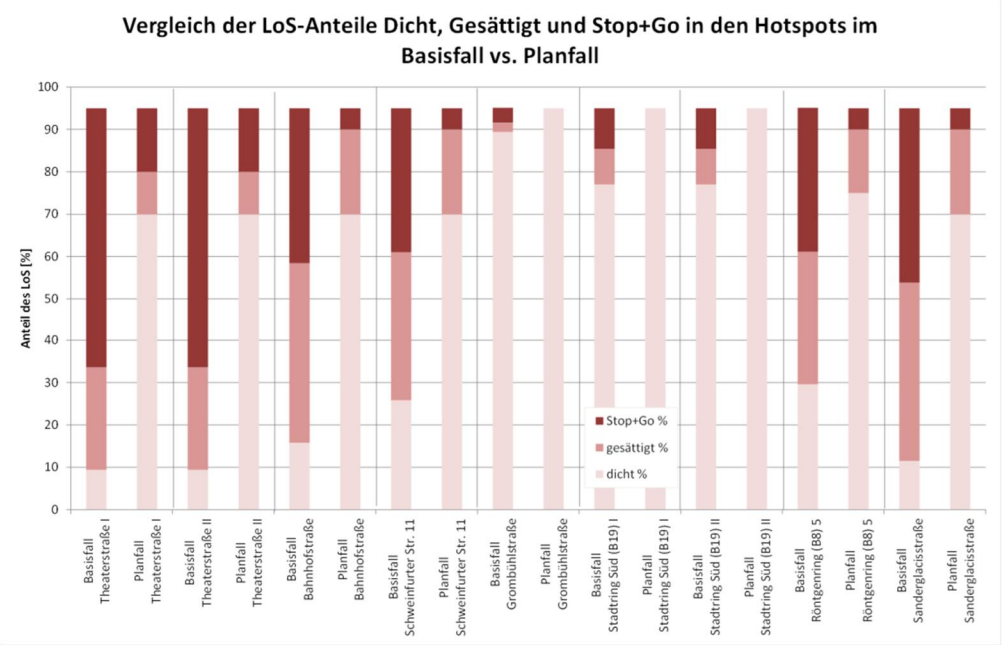

Abbildung 11 LoS Veränderung Basisfall zu Planfall

5.3 Verkehrliche Wirkungen der Maßnahmen

Wesentliche verkehrliche Eingangsgrößen für die Modellierung der NO_2-Minderungspotenziale sind die Verkehrsstärke und der Verkehrszustand.

Die Wirkungen der Maßnahmen auf die Verkehrsstärke können mittels einer Makrosimulation abgeleitet werden. Dazu wurden die Einzelmaßnahmen der Drosselung des Verkehrs und die Verkehrsinformation mit den modalen Verlagerungen in einem Maßnahmenbündel zusammengeführt. In einem ersten Schritt wurde dafür auf Grundlage der modalen Verlagerungen die Kfz-Nachfragematrix reduziert.

In einem zweiten Schritt wurde die UVM-Steuerung der Lichtsignalanlagen im Modell abgebildet. Im Ergebnis zeigt sich die in Abbildung 12 dargestellte Wirkung hinsichtlich der Veränderungen der Verkehrsbelastungen im Netz. Verkehrszunahmen sind dabei rot dargestellt, Verkehrsabnahmen grün.

In der gesamten Altstadt und insbesondere in den Hotspots im Zuge der Bahnhofstraße – Theaterstraße – Rennweg, aber auch in den weiteren Hotspots konnte durchgehend eine Verkehrsentlastung erreicht werden.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Insgesamt zeigt sich aus verkehrlicher Sicht folgendes Ergebnis der Minderung der Verkehrsstärke in den Hotspots (s. Abbildung 13).

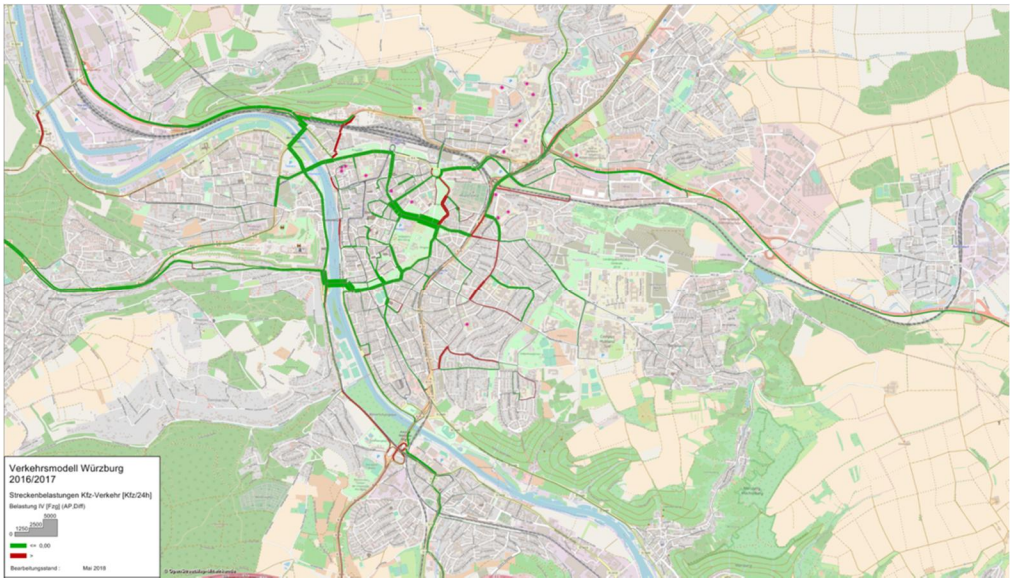

Abbildung 12 Minderungs- und Verlagerungseffekte infolge der Maßnahmen Verkehrsinformation und Drosselung (DTVw); grün: Abnahme

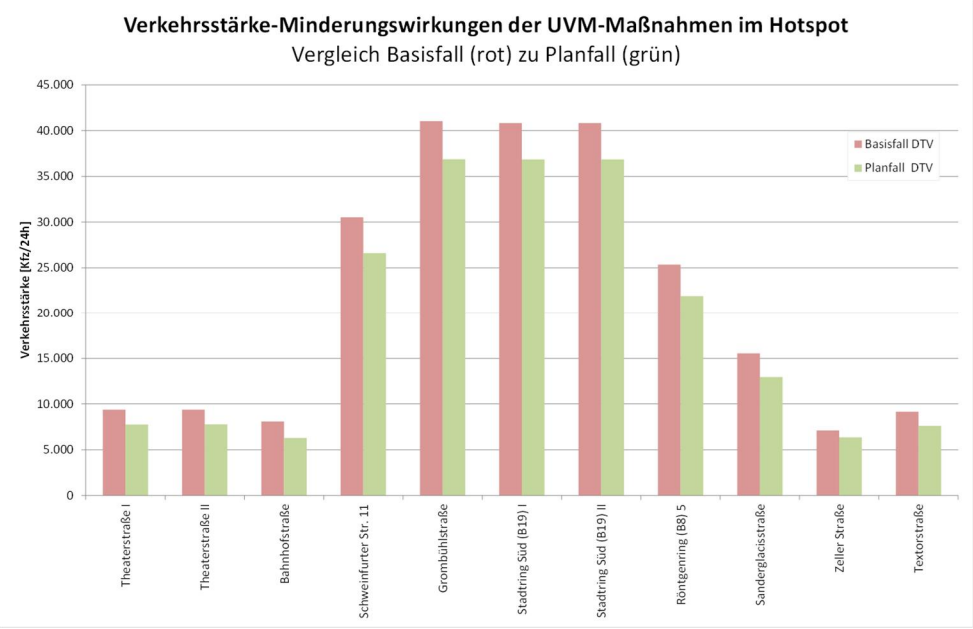

Abbildung 13 Verkehrliche Minderungswirkung der UVM Maßnahmen (DTV)

Die ausgewiesenen Abnahmen der Tagesverkehrsstärke können an Tagen mit Schaltung der umweltorientierten LSA-Programme erreicht werden. Sie sind das Ergebnis eines umfassenden Informationsmanagements für die Verkehrsteilnehmer (Vorab-Information, Ontrip-Information) sowie einer Drosselung der Leistungsfähigkeit an wichtigen Einfahrtsknoten in die Altstadt. Die Auslösung der Drosselung sollte daher auf Zeiten mit einer Überschreitung der festgelegten NO_2-Schwellwerte begrenzt werden.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

6 Wirkungen der Maßnahmen auf die NO_2-Belastung in den Hotspots

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)[6] gesetzt, um die Eingriffe in den Verkehrsablauf auf solche Situationen zu beschränken, die hinsichtlich der Einhaltung von Grenzwerten der Luftqualität besonders effektiv sind.

Dabei wird berücksichtigt, dass die NO_2-Konzentrationen in Hotspots starken zeitlichen Schwankungen unterliegen und über ein temporäres Kappen von Immissionsspitzen eine UVM einen relevanten Beitrag zur Minderung des NO_2-Jahresmittelwerts leisten kann (siehe Abbildung 14).

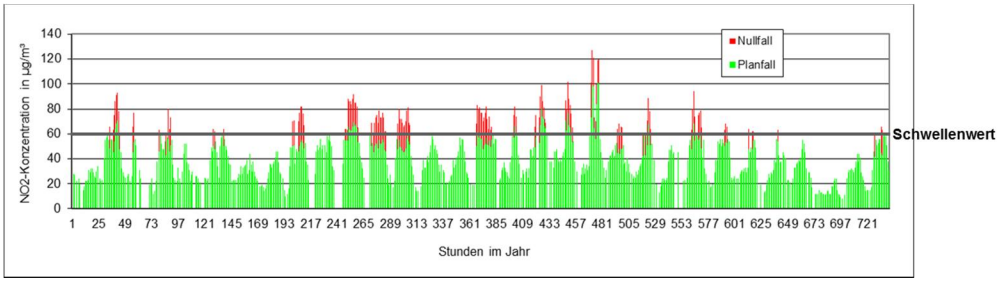

Abbildung 14 Zeitreihe einer gemessenen NO_2-Konzentration in einem verkehrlichen Hotspot (rot) mit temporären Minderungen (grün) bei Überschreiten eines Schwellenwerts.

Für die Ermittlung der Wirkung von Maßnahmen im Hotspot 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. Als Kenngröße wird hier der Stundenmittelwert der NO_2-Konzentration verwendet.

[6] Teilweise auch als „umweltorientiertes Verkehrsmanagement“ bezeichnet.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Da in den ausgewählten Hotspots, außer dem Stadtring Süd, keine kontinuierlichen NO_2-Messungen durchgeführt werden und mit der Messstation am Mittleren Ring nur die NO_2-Gesamtbelastung erfasst wird, musste zur Potenzialabschätzung ein Schätzverfahren entwickelt werden, das zum Einen den Anteils des städtischen Hintergrunds schätzt und zum Anderen eine Übertragung auf andere Hotspots ermöglicht[7]. Dies wird im Folgenden erläutert.

6.1 Verfahren zur Erzeugung einer virtuellen stündlichen Zeitreihe der NO_2-Belastung in den Hotspots

Für die Erzeugung einer stündlichen Zeitreihe der NO_2-Belastung an den Hotspots wird der zeitliche Verlauf der kontinuierlich messenden Verkehrsmessstation auf den, mittels des Screeningverfahrens bestimmten, NO_2-Jahresmittelwert übertragen. Da für die Wirkungsabschätzung der lokal wirkenden Maßnahmen der Anteil der lokalen Verkehrsemissionen an diesen NO_2-Stundenwerten bekannt sein muss, wird der stündliche Vorbelastungsanteil auf der Basis von Messungen im städtischen Hintergrund abgeschätzt. Die städtische Hintergrundbelastung wiederum wurde auf den im Screeningmodell benutzten Vorbelastungswert geeicht.

In Würzburg werden vom LfU kontinuierliche NO_2-Messungen an der verkehrsbezogenen Messstelle am Mittleren Ring (Stadtring Süd) durchgeführt. Kontinuierliche NO_2-Messungen im städtischen Hintergrund liegen hingegen nicht vor. In der Umgebung von Würzburg wird an drei Messstationen im städtischen Hintergrund die NO_2-Belastung gemessen: in Aschaffenburg, Schweinfurt und Erlangen.

Für die o. g. Stationen wurden vom LfU stündliche NO_2-Konzentrationszeitreihen für das Bezugsjahr 2016 zur Verfügung gestellt. Als Ergebnis einer Datenanalyse wurde die Station Erlangen/ Kraepelinstraße als städtische Hintergrundstation verwendet.

[7] Für den Betrieb und die Qualität eines Umweltmonitorings wären kontinuierliche Messdaten der NO_2-Belastung im lokalen städtischen Hintergrund sehr zu empfehlen.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

6.1.1 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 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 für Würzburg wurden zwei Maßnahmenaktivierungen unterschieden:

Maßnahme 1: 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 Verbesserung der LOS-Situation durch die Änderung der LSA-Steuerung ein.

Maßnahme 2: Falls für den Betrachtungstag nur für einzelne Stunden eine Schwellenwertüberschreitung prognostiziert wird, 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.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

6.1.2 Abschätzung der Wirkung der Maßnahme bei ganzjähriger Aktivierung

Auf Grundlage der Ergebnisse der Berechnungen des Basisfalls (Tabelle 2) und der verkehrlichen Wirkungen aus Kapitel 5 wurden die Wirkungen der Maßnahmen auf die verkehrsbedingte lokale NO_X-Zusatzbelastung und die NO_2-Gesamtbelastung unter Annahme einer ganzjährigen Aktivierung abgeschätzt. Dabei wurden einerseits eine DTV-Änderung aufgrund der Modal-Split-Veränderung mit einer LOS-Verbesserung (Tabelle 3) sowie andererseits eine alleinige Verbesserung der LOS-Situation angenommen (Tabelle 4).

Unter der Annahme der ganzjährigen Aktivierung, was unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen nicht umsetzbar und in seiner Wirkung ganzjährig auch schwerlich erreichbar wäre, würde unter den hier getroffenen Bedingungen der NO_2-Grenzwert nur noch im Hotspot Grombühlstraße überschritten. Die Minderungen der lokalen verkehrsbedingten NO_X-Zusatzbelastung liegen mit den DTV-Minderungen bei 11 % bis 33 % und ohne DTV-Minderung bei 4 % bis 26 %.

Name	DTV [Kfz/Tag]	LOS2 [%]	LOS3 [%	LOS4 [%]	Zus. NO_X [µg/m³]	JMW NO_2 [µg/m³]	Relative Minderung		
							DTV	Zus. NO_X	JMW NO_2
Theaterstraße I	7753	70	10	15	32.3	38.2	-17.3%	-31.5%	-12.6%
Theaterstraße II	7778	70	10	15	35.2	39.3	-17.1%	-31.3%	-13.0%
Bahnhofstraße	6278	70	20	5	29.4	37.3	-22.4%	-29.3%	-11.2%
Schweinfurter Str. 11	26598	70	20	5	29.4	37.6	-12.9%	-25.8%	-9.8%
Grombühlstraße	36876	95	0	0	77.2	**54.6**	-10.1%	-11.1%	-5.9%
Stadtring Süd (B 19) I	36851	95	0	0	27.1	36.8	-9.7%	-16.3%	-5.4%
Stadtring Süd (B 19) II	36851	95	0	0	11.8	30.7	-9.7%	-16.3%	-3.0%
Röntgenring (B 8) 5	21900	75	15	5	16.0	32.4	-13.6%	-27.3%	-7.2%
Sanderglacisstraße	12952	70	20	5	18.3	33.3	-16.7%	-32.3%	-9.8%
Zeller Straße	6359	85	10	0	32.2	38.3	-10.6%	-19.8%	-7.5%
Textorstraße	7612	65	20	10	27.3	36.7	-16.8%	-29.7%	-11.0%

Tabelle 3 Ausgewählte Eingangsdaten und Screeningergebnisse für die UVM-Maßnahme mit ganzjähriger Aktvierung und Modal-Split Veränderung

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Name	DTV [Kfz/Tag]	LOS2 [%]	LOS3 [%	LOS4 [%]	Zus. NO_X [µg/m³]	JMW NO_2 [µg/m³]	Relative Minderung		
							DTV	Zus. NO_X	JMW NO_2
Theaterstraße I	9380	70	10	15	34.9	39.3	0.0%	-25.9%	-10.2%
Theaterstraße II	9380	70	10	15	37.9	40.4	0.0%	-25.9%	-10.6%
Bahnhofstraße	8090	70	20	5	33.2	38.9	0.0%	-20.2%	-7.5%
Schweinfurter Str.11	30530	70	20	5	32.4	38.8	0.0%	-18.2%	-6.9%
Grombühlstraße	41030	95	0	0	83.7	**57.0**	0.0%	-3.7%	-1.8%
Stadtring Süd (B 19) I	40820	95	0	0	29.4	37.7	0.0%	-9.2%	-2.9%
Stadtring Süd (B 19) II	40820	95	0	0	12.8	31.1	0.0%	-9.2%	-1.7%
Röntgenring (B 8) 5	25340	75	15	5	18.0	33.3	0.0%	-17.9%	-4.8%
Sanderglacisstraße	15550	70	20	5	21.2	34.5	0.0%	-21.6%	-6.6%
Zeller Straße	7110	85	10	0	35.3	39.5	0.0%	-12.1%	-4.6%
Textorstraße	9150	65	20	10	30.2	37.8	0.0%	-22.2%	-8.1%

Tabelle 4 Ausgewählte Eingangsdaten und Screeningergebnisse für die UVM-Maßnahme mit ganzjähriger Aktvierung ohne Modal-Split Veränderung

6.2 Wirkungspotenzial am Beispiel Theaterstraße I

Am Beispiel des Hotspots Theaterstr. I wird im Folgenden die Methode zur Abschätzung des Wirkungspotenzials der UVM-Maßnahmen auf die Minderung des NO_2-Jahresmittelwerts beschrieben. Folgende Annahmen wurden getroffen:

Schwellenwert	70 µg/m³
Start einer möglichen Aktivierung	07:00
Ende einer möglichen Aktivierung	19:00
Maßnahmenwirkung 1 (ganztags) aus Tabelle 3	31,5%
Maßnahmenwirkung 2 (stündlich) aus Tabelle 4	25,9%
Aktivierung MN 1 bei Schwellenwertüberschreitung am Tag	6

Tabelle 5 Annahmen zur Wirkungsschätzung im Hotspot Theaterstraße I

Die folgende Abbildung zeigt die Anzahl von Schwellenwertüberschreitungen am Tag. Bei sechs oder mehr Überschreitungen pro Tag wird die Maßnahme 1 (ganztags) aktiviert und sonst nur die Maßnahme 2 (stündlich).

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

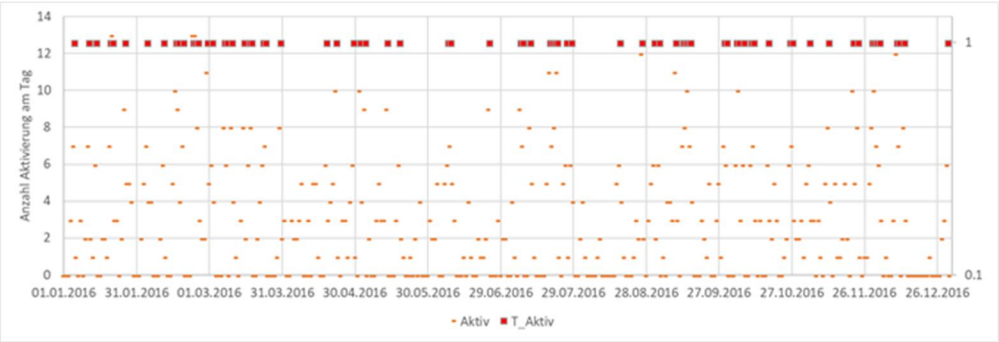

Abbildung 15 Darstellung der Schwellenwertüberschreitungen pro Tag (Aktiv) und Aktivierungen der Maßnahme 1 ganztags (T_aktiv)

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der Potenzialabschätzung für das Beispiel der Theaterstraße I.

NO_2-Jahresmittelwert (Basisfall)	**45.2 µg/m³**
NO_2-Jahresmittelwert (mit UVM-Maßnahme)	42.8 µg/m³
Minderung absolut	-2.4 µg/m³
Minderung relativ	-5.4%
Anwendungshäufigkeit MN1 (Tag)	62 Tage/ 17%
Anwendungshäufigkeit MN2 (Stunde)	444 Stunden/ 5%

Tabelle 6 Auswertung des Minderungspotenzials und der Aktivierungsraten für den Hotspot Theaterstr. I unter den gegebenen Rahmenbedingungen

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

6.3 Potenzialabschätzung für alle Hotspots

Mit der am Beispiel der Theaterstraße I beschriebenen Methodik wurde für alle ausgewählten Hotspots das Potenzial der UVM-Maßnahmen ermittelt. Dabei wurden drei unterschiedliche Schwellenwerte der stündlichen NO_2-Konzentration in Höhe von 80 µg/m³, 70 µg/m³ und 60 µg/m³ angesetzt.

Für den Hotspot Grombühlstraße wird auch mit der in Abschnitt 6.1.2 angenommenen unrealistischen ganzjährigen Maßnahmenaktivierung der NO_2-Jahresgrenzwert nicht eingehalten. Demzufolge kann eine temporäre Aktvierung nicht zur Einhaltung führen.

Bei einem Schwellenwert in Höhe von 80 µg/m³ werden nur geringe Minderungen des NO_2-Jahresmittelwerts in Höhe von bis 3,6 % erreicht. Bis auf den Hotspot Grombühlstraße sind damit einhergehend auch die Anwendungshäufigkeiten vor allem der ganztägigen Maßnahmen gering. Unter den hier getroffenen Annahmen würde nur im Hotspot Textorstraße der NO_2-Jahregrenzwert knapp eingehalten.

Ein Schwellenwert in Höhe von 70 µg/m³ erhöht die Anwendungshäufigkeit und damit verbunden auch die Minderungswirkung. Im Hotspot Textorstraße wäre damit eine Grenzwerteinhaltung gesichert und in den Hotspots Bahnhofstraße, Schweinfurter Str. und Zeller Str. kommt man in den Bereich der Einhaltung. Bis auf den Hotspot Grombühlstraße bleibt die Häufigkeit der Anwendungstage der Maßnahme 1 bei bis zu 20 % und der Maßnahme 2 bei bis zu 5 % der Jahresstunden.

Mit einem Schwellenwert in Höhe von 60 µg/m³ bleiben neben dem Hotspot Grombühlstraße nur noch die beiden Abschnitte die Theaterstraße mit potenziellen NO_2-Grenzwertüberschreitungen übrig. Nach Auskunft der Stadt Würzburg wird in der Theaterstraße aber mit einer SCRT-Nachrüstung der dort verkehrenden Busse eine effektive Maßnahme geplant, um dort die NO_2-Belastungen zu reduzieren (vgl. Rahmenbericht zum Masterplan).

Anhand dieser Analyse 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.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Name	Maßnahmenwirkung		JMW NO_2 [µg/m³]		Minderung		Anwendungshäufigkeit			
	MN 1 (ganztags)	MN2 (stündlich)	Basis	mit UVM	absolut [µg/m³]	relativ	MN 1 (ganztags)		MN2 (stündlich)	
							Tage	Anteil	Stunden	Anteil
Theaterstraße I	31.5%	25.9%	43.8	42.7	-1.1	-2.5%	17	5%	324	4%
Theaterstraße II	31.3%	25.9%	45.2	43.8	-1.4	-3.1%	25	7%	381	4%
Bahnhofstraße	29.3%	20.2%	42.0	41.2	-0.8	-3.6%	13	4%	289	3%
Schweinfurter Str.	25.8%	18.2%	41.7	41.1	-0.6	-1.5%	11	3%	276	3%
Grombühlstraße	11.1%	3.7%	58.0	56.5	-1.5	-2.6%	131	36%	400	5%
Zeller Straße	19.8%	12.1%	41.4	41.0	-0.4	-1.1%	11	3%	276	3%
Textorstraße	29.7%	22.2%	41.2	40.5	-0.7	-1.6%	9	2%	265	3%
Stadtring Süd (B 19) I	16.3%	9.2%	31.6	31.6	0.0	-0.1%	1	0%	43	0%
Stadtring Süd (B 19) II	16.3%	9.2%	38.9	38.7	-0.2	-0.6%	6	2%	206	2%
Röntgenring (B 8) 5	27.3%	17.9%	34.9	34.7	-0.2	-0.6%	3	1%	95	1%
Sanderglacisstraße	32.3%	21.6%	36.9	36.6	-0.3	-0.9%	4	1%	140	2%

Tabelle 7 Auswertung des Minderungspotenzials für alle Hotspots mit einem Schwellenwert in Höhe von 80 µg/m³

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Name	Maßnahmenwirkung		JMW NO_2 [µg/m³]		Minderung		Anwendungshäufigkeit			
	MN 1 (ganztags)	MN2 (stündlich)	Basis	mit UVM	absolut [µg/m³]	relativ	MN 1 (ganztags)		MN2 (stündlich)	
							Tage	Anteil	Stunden	Anteil
Theaterstraße I	31.5%	25.9%	43.8	41.7	-2.1	-4.8%	62	17%	444	5%
Theaterstraße II	31.3%	25.9%	45.2	42.8	-2.4	-5.4%	75	20%	444	5%
Bahnhofstraße	29.3%	20.2%	42.0	40.6	-1.4	-3.3%	41	11%	429	5%
Schweinfurter Str.	25.8%	18.2%	41.7	40.6	-1.1	-2.7%	35	10%	424	5%
Grombühlstraße	11.1%	3.7%	58.0	56.1	-1.9	-3.3%	189	52%	304	3%
Zeller Straße	19.8%	12.1%	41.4	40.6	-0.8	-1.9%	35	10%	424	5%
Textorstraße	29.7%	22.2%	41.2	39.9	-1.3	-3.2%	35	10%	424	5%
Stadtring Süd (B 19) I	16.3%	9.2%	31.6	31.5	-0.1	-0.4%	3	1%	124	1%
Stadtring Süd (B 19) II	16.3%	9.2%	38.9	38.5	-0.4	-1.1%	19	5%	349	4%
Röntgenring (B 8) 5	27.3%	17.9%	34.9	34.5	-0.4	-1.1%	6	2%	239	3%
Sanderglacisstraße	32.3%	21.6%	36.9	36.2	-0.7	-1.9%	13	4%	289	3%

Tabelle 8 Auswertung des Minderungspotenzials für alle Hotspots mit einem Schwellenwert in Höhe von 70 µg/m³

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Name	Maßnahmenwirkung		JMW NO_2 [µg/m³]		Minderung		Anwendungshäufigkeit			
	MN 1 (ganztags)	MN2 (stündlich)	Basis	mit UVM	absolut [µg/m³]	relativ	MN 1 (ganztags)		MN2 (stündlich)	
							Tage	Anteil	Stunden	Anteil
Theaterstraße I	31.5%	25.9%	43.8	40.7	-3.1	-7.1%	131	36%	400	5%
Theaterstraße II	31.3%	25.9%	45.2	41.7	-3.5	-7.7%	147	40%	378	4%
Bahnhofstraße	29.3%	20.2%	42.0	39.6	-2.4	-5.7%	108	30%	439	5%
Schweinfurter Str.	25.8%	18.2%	41.7	39.7	-2.0	-4.9%	103	28%	433	5%
Grombühlstraße	11.1%	3.7%	58.0	55.7	-2.3	-3.9%	243	66%	207	2%
Zeller Straße	19.8%	12.1%	41.4	39.9	-1.5	-3.6%	103	28%	433	5%
Textorstraße	29.7%	22.2%	41.2	38.9	-2.3	-5.7%	103	28%	433	5%
Stadtring Süd (B 19) I	16.3%	9.2%	31.6	31.4	-0.2	-0.8%	13	4%	289	3%
Stadtring Süd (B 19) II	16.3%	9.2%	38.9	38.0	-0.9	-2.3%	75	20%	444	5%
Röntgenring (B 8) 5	27.3%	17.9%	34.9	34.1	-0.8	-2.3%	30	8%	415	5%
Sanderglacisstraße	32.3%	21.6%	36.9	35.4	-1.5	-4.0%	57	16%	423	5%

Tabelle 9 Auswertung des Minderungspotenzials für alle Hotspots mit einem Schwellenwert in Höhe von 60 µg/m³

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

6.4 Zusammenfassung der Wirkungen und Ergebnisse

Im Rahmen des vorliegenden Teilkonzepts „Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement“ wurden drei wesentliche Maßnahmen (Zuflussdosierung, Verflüssigung sowie Verkehrs- und Mobilitätsinformation) entwickelt und bewertet.

Bezüglich der Verkehrsdrosselung sind grundsätzlich Eingriffe mit unterschiedlicher Tiefe möglich. Die Drosselung kann sich dabei auf die Hauptströme und/oder die zufließenden Nebenströme beziehen. Da die Drosselung zu Rückstauerscheinungen im vorgelagerten Abschnitt führt, sind dafür geeignete Abschnitte und Knotenpunkte mit einer guten Durchlüftung zu wählen. Darüber hinaus sollten geeignete Abbruchkriterien gemäß der zu definierenden Eingriffsschweren, insbesondere im Umfeld, entwickelt werden. Auf Grund der Schwere der Eingriffe sind diese nicht dauerhaft umsetzbar.

Umfassende Analysen zu den Verlagerungswirkungen von Kfz-Verkehren infolge verkehrsdrosselnder Maßnahmen haben gezeigt, dass Minderungswirkungen nur dann erreichbar sind, wenn im Sinne eines Kordons um die Altstadt gleichzeitig in die Steuerung eingegriffen wird.

Der unter Nutzung der Floating-Car-Daten von TomTom abgeleitete Verkehrszustand zeigt das aktuell vorhandene Potenzial einer Verflüssigung des Verkehrs in den kritischen Abschnitten auf. Die für die UVM-Steuerung (Zuflussdosierung und Verflüssigung) relevanten Knotenpunkte sind in Abbildung 16 dargestellt.

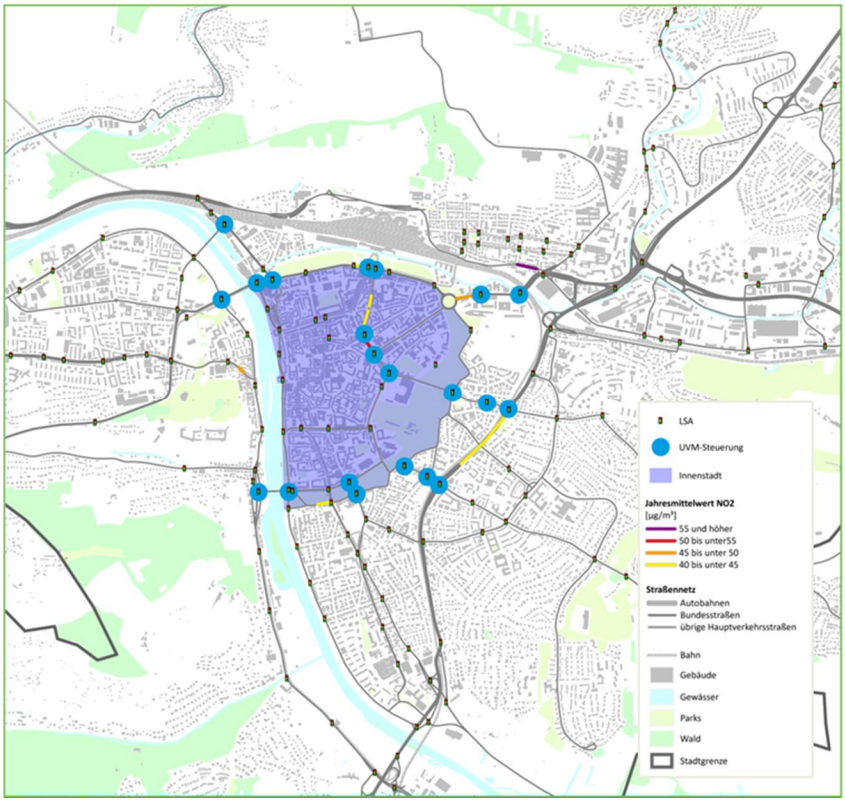

Abbildung 16 UVM Steuerung

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Mit einem stündlichen NO_2-Schwellenwert in Höhe von 60 µg/m³ bleibt neben dem Hotspot Grombühlstraße nur noch die Theaterstraße mit potenziellen NO_2-Grenzwertüberschreitungen übrig. Anhand der Anwendungshäufigkeiten wird deutlich, wie abhängig von der aktuellen Belastungssituation steuernd eingegriffen werden kann, um bei möglichst geringen Anwendungshäufigkeiten eine notwendige Minderungswirkung zu erreichen.

Die ausgewiesenen Abnahmen der Tagesverkehrsstärke können an Tagen mit Schaltung der umweltorientierten LSA-Programme erreicht werden. Sie sind das Ergebnis eines umfassenden Informationsmanagements für die Verkehrsteilnehmer (Vorab-Information, Ontrip-Information) sowie einer angemessenen Drosselung der Leistungsfähigkeit an wichtigen Einfahrtsknoten in die Altstadt. Die Auslösung der Drosselung sollte daher auf Zeiten mit einer Überschreitung der NO_2-Schwellwerte begrenzt werden. Im Rahmen der Evaluation der Maßnahmen sind diese zu optimieren und in Abhängigkeit der Folgewirkungen die erforderlichen Entscheidungsgrundlagen für den dauerhaften Betrieb zu schaffen.

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.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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.

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 beinhalten die Bestandssysteme der Leitstellen des Individualverkehrs (SiTraffic Concert/Scala) mit Anbindungen an Detektoren und Informationstafeln im Straßenraum sowie die Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet.

Ziel ist die Etablierung einer umweltorientierten Verkehrssteuerung zur Reduzierung der NO_2-Emissionen in den definierten Hotspots. Zu diesem Zweck wird der vorhandene Verkehrsrechner (SiTraffic Concert / Scala) um das Umweltmodell IMMIS^{mt} erweitert.

Der Verkehrsrechner beinhaltet die mit strategischen Detektoren im Straßennetz erhobenen Verkehrsdaten, die lokale Geschwindigkeit am Streckenabschnitt V_{Kfz}, die lokale Verkehrsstärke Q_{Kfz} sowie den Lkw-Anteil Q_{Lkw} auf dem Streckenabschnitt.

IMMIS^{mt} berechnet auf Basis der gemessenen verkehrlichen Parameter gemäß dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA, Version 3.3) die NO_2-Immissionen im Hotspot.

Wird für eine aktuelle Situation eine Schwellwertüberschreitung festgestellt, so wird eine Umweltschaltung aktiviert: Durch die Anpassung der Signalzeitenpläne der Lichtsignalanlagen im Zulauf des Hotspots werden Verkehre an weiter vom Hotspot entfernten und besser durchlüfteten Streckenabschnitten gepförtnert. Hierdurch reduziert sich zeitweise die

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Verkehrsbelastung im Hotspot und erhöht sich bei Unterschreitung der Auslastungsgrenze die Verkehrsqualität, wodurch eine direkte Reduzierung der lokalen NO_2-Emissionen der Fahrzeuge im Hotspot und hierdurch der verkehrlich bedingten lokalen NO_2-Immissionen bewirkt werden soll.

Über aktive Umweltschaltungen wird auf verschiedenen Informationskanälen informiert: Einerseits werden die im Straßennetz zu errichtenden Informationstafeln verwendet, um Verkehrsteilnehmer im direkten Umfeld der Schaltung auf die Pförtnerung 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 in Hotspots soll darüber hinaus zu einem kontinuierlichen stadtweiten umweltorientierten Verkehrsmanagement weiterentwickelt werden. Das UVM Leitstellen-System soll die in den Leitstellen verfügbaren Daten zur Verkehrs- und Umweltsituation bündeln und ein kombiniertes stadtweites Verkehrs- und Umweltmonitoring – und damit die Betrachtung auch von Bereichen außerhalb der Hotspots – ermöglichen. 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 NO_2-Belastungen im Gesamtnetz berechnet werden und soll das Umweltmonitoring ebenfalls zu einer stadtweiten Lösung ausgedehnt werden.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Durch die Etablierung des kontinuierlichen stadtweiten Verkehrs- und Umweltmonitorings wird angestrebt, die NO_2-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 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 Würzburg können einen erheblichen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit und den Beitrag des umweltorientierten Verkehrsmanagements zur Zielerreichung – der Senkung der NO_2-Belastungen – zur Folge haben. Die Verkehrssteuerungs-Aspekte müssen daher nach der erfolgten Integration und Erstversorgung hinsichtlich Ihrer Wirkung evaluiert und kontinuierlich durch einen Verkehrsingenieur bzw. im Rahmen eines Dienstleistungsauftrages (ASP-Lösung) überprüft und validiert werden.

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. Diese Informationsdienste werden in den folgenden Kapiteln 7.3 und 0 beschrieben.

Im Folgenden werden die Komponenten der Verkehrssteuerung beschrieben. Die folgende Abbildung 17 zeigt das Zielsystem der Verkehrssteuerung sowie die Anbindung an die Informationsdienste, die in den folgenden Abschnitten weiter untersetzt werden.

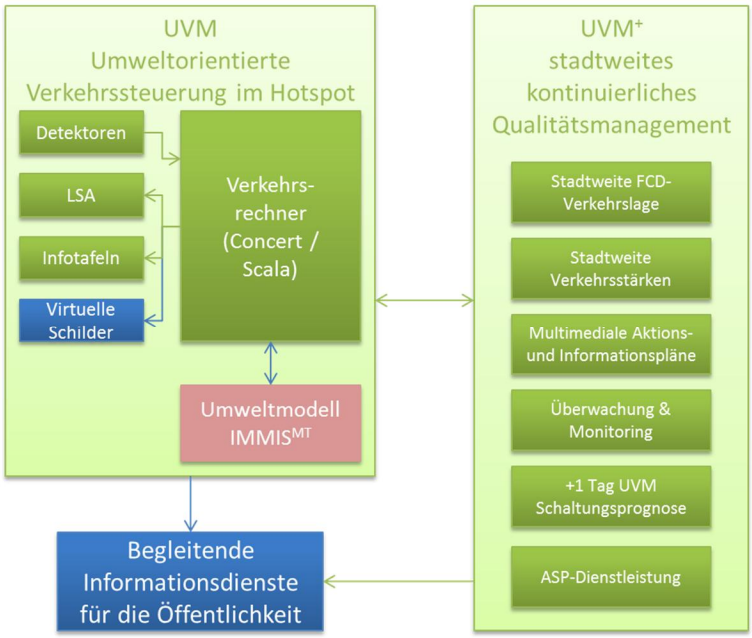

Abbildung 17 Zielsystem Verkehrssteuerung

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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 Würzburg 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 Luftschadstoff-emissionen 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 Zentralensystem 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 fahrstreifengenau 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

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

empfehlen. Nicht detektierte Abschnitte sollten über ein geeignetes Verkehrsmodell ergänzt werden, das mithilfe der strategischen Messstellen gestützt wird. In der folgenden Abbildung 18 ist hierfür ein Vorschlag für die zu detektierenden Abschnitte dargestellt. Hiermit wird erreicht, dass mindestens 75 % der Verkehrsströme auf den Hauptverkehrsstraßen mindestens einmal entlang der Fahrten detektiert werden.

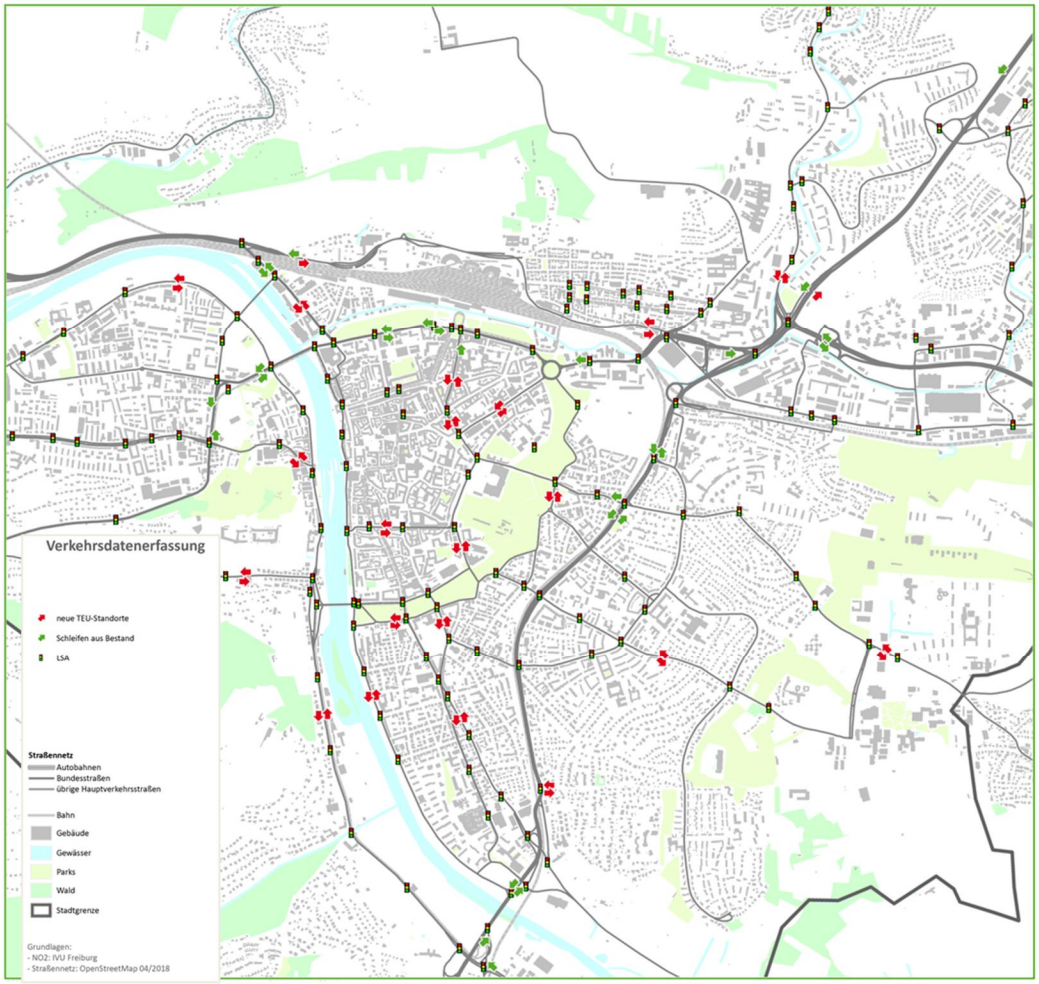

Abbildung 18 Ergänzungen der Verkehrsdatenerfassung

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

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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 gehosted. 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.

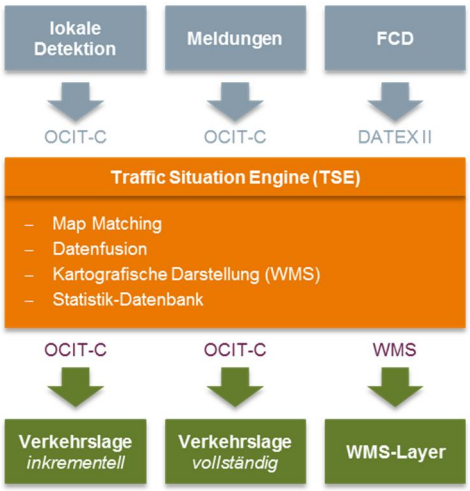

Abbildung 19 Allgemeiner Datenfluss der Verkehrslageberechnung

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

7.1.3 Erweiterung des vorhandenen Verkehrssteuerungssystems

Die Stadt Würzburg verfügt über ein Siemens Verkehrsrechnersystem. Die Hardware des Verkehrssteuerungsrechners (VSR) ist nicht mehr auf dem neuesten Stand und muss für die technische Umsetzung der UVM-Maßnahmen aktualisiert und modernisiert werden.

An den Verkehrsrechner sind derzeit 183 Lichtsignalanlagen (LSA) der Stadt Würzburg angeschlossen. Für die Steuerung der verkehrsabhängigen Signalprogramme sind derzeit 316 Verkehrsdetektoren in Betrieb und an den VSR angeschlossen. Der VSR ist für die Einbindung von bis zu 384 Detektoren ausgelegt. Das für die UVM-Steuerung erforderliche Strategiemanagement einschließlich der verkehrsabhängigen LSA-Signalprogrammsteuerung ist ebenfalls bereits im VSR implementiert und somit für das Projekt nutzbar.

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

- Modul zur Integration von Umfeldsensoren und Messstationen für umweltsensitive Daten
- Modul zur Ansteuerung von dynamischen Schildern (z. B. Infotafeln)
- Modul zur Integration des städtischen Parkleitsystems zwecks Einbindung der Belegungszustände der Parkierungsanlagen
- Modul zur Integration von Verkehrslage- und Reisezeitdaten auf für das UVM Konzept ausgewählten Verkehrsstrecken

Das nachfolgende Systembild stellt einen Überblick zu den erforderlichen Erweiterungen des Verkehrssteuersystems der Stadt Würzburg für die Umsetzung und den Betrieb eines umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements dar:

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

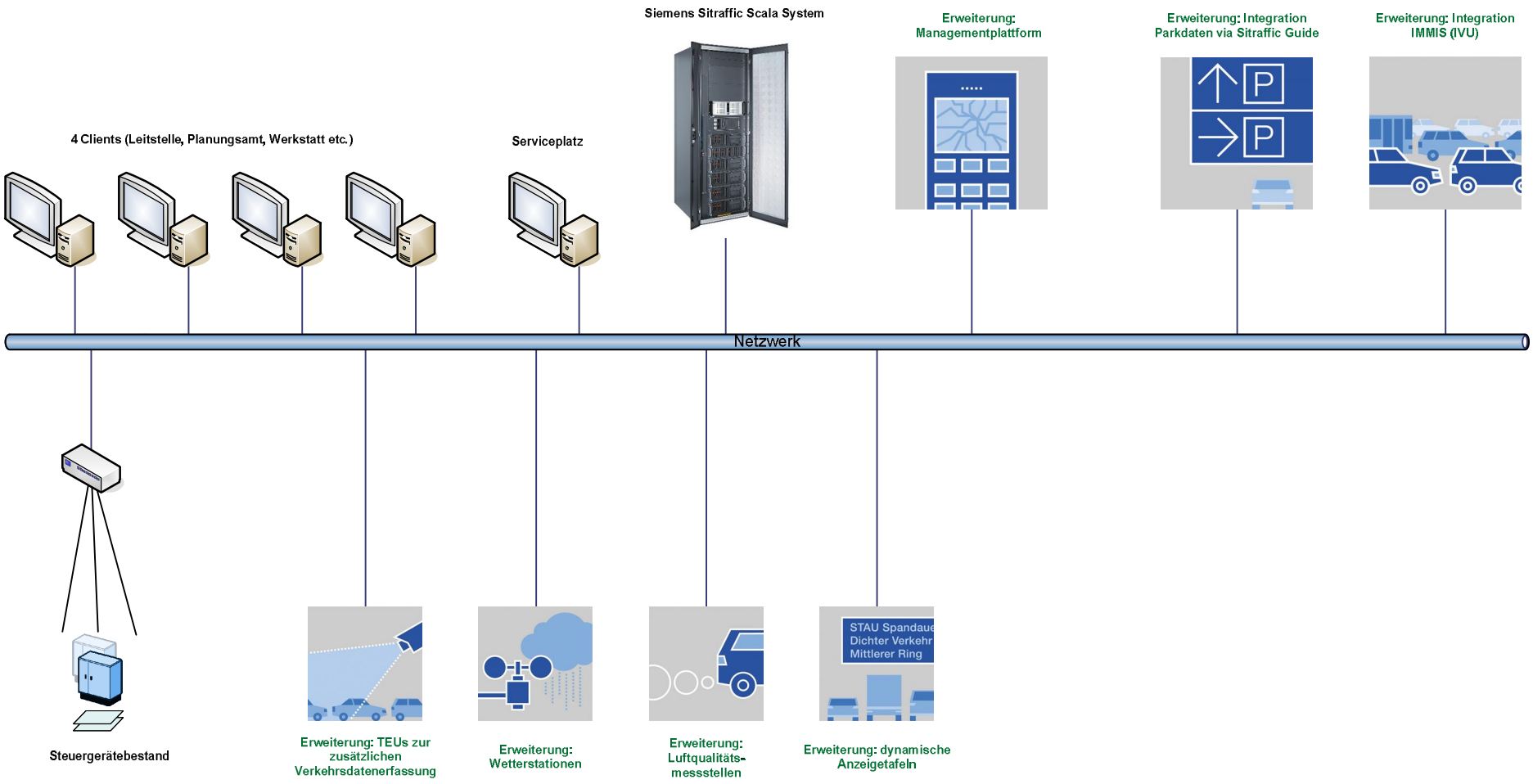

Abbildung 20 Überblick zu den geplanten Erweiterungen des Verkehrssteuersystems Stadt Würzburg

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

7.1.3.1 Schnittstellenerweiterungen

Der VSR muss im Zuge des vorliegenden Konzepts um folgende Schnittstellen erweitert werden:

Schnittstellen für den Anschluss von TEU Detektoren (Traffic Eye Universal) zur zusätzlichen Verkehrsdatenerfassung

Übertragung von Verkehrsmesswerten von Detektionseinrichtungen des Typs „TEU“ (Traffic Eye Universal).

Das „TEU“ ist ein modular aufgebautes autarkes Verkehrsdaten-Erfassungssystem zur Ermittlung der aktuellen Verkehrslage auf Straßen (inner- und außerorts). Die Verkehrsdetektion erfolgt hierbei über Kopf. Die Installation der TEU Detektoren erfolgt aufwandsarm an einem Mast oder Brückengeländer. Somit müssen keine Sensoren in der Fahrbahn installiert werden. Da die TEU Detektoren über ein Solarmodul verfügen, ist keine externe Energieversorgung für den Betrieb dieser Detektoren erforderlich. Die Datenübertragung zum VSR erfolgt über eine Mobilfunkverbindung.

Das „TEU“ bildet unter anderem die Datenbasis für Umweltmanagementsysteme, da eine Fahrzeugklassifizierung über einstellbare Längenkriterien möglich ist. Damit können bis zu fünf Klassen unterschieden werden und ist es z. B. möglich, kleine und große Lkw separat zu erfassen und die Verkehrsstärke des Schwerlastverkehrs als Basis für umweltorientiertes Verkehrsmanagement zu verwenden.

Schnittstellen zur Integration von Wetterstationen und Luftqualitätsmessstellen

Dabei können beispielsweise folgende von den entsprechenden Messstellen erhobene Daten an den VSR übermittelt werden:

- Sensortyp sowie geografische Lage
- Punkt- oder streckenbezogene Messwerte
- Messdaten:
    - Niederschlag (Intensität, Wahrscheinlichkeit)
    - Temperatur (Luft, Boden)
    - Wind
    - Luftfeuchte
    - Luftdruck
    - Sichtweite
    - Zustand Fahrbahnoberfläche
    - Sonnenauf- und -untergang
    - Helligkeit

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

- ergänzende Messdaten:
    - Strahlungsbilanz
    - Bewölkungsgrad
    - Ozon
    - Schwefeldioxid
    - Benzol
    - Ruß
    - Kohlenmonoxid
    - Staub
    - Wettervorhersage

Schnittstellen zur Ansteuerung von dynamischen Anzeigetafeln

- Übertragung von alphanumerischen Zeichen (Texte und Zahlen) aus dem VSR an Schilder mit dynamischen Anzeigen (z.B. Infotafeln).
- Kommunikation mit den dynamischen Schildern zwecks Übertragung von Steuerkommandos sowie Abfrage des aktuellen Anzeigezustandes (Überwachung).

Schnittstelle zum städtischen Parkleitsystem der Stadt Würzburg

Übertragung von Belegungsdaten und Zuständen der Parkierungsanlagen an den VSR:

- Name und geografische Lage der Parkierungsanlagen
- Stellplatz Kapazität der Parkierungsanlagen
- Aktuelle Belegung und Anzahl freier Stellplätze der Anlagen
- prognostizierte Park-Belegungen (Trend)
- Status der Parkierungsanlagen

7.1.3.2 Aktualisierung und Modernisierung der VSR Hardware

Für die Modernisierung des VSR müssen die bestehenden Serversysteme vollständig erneuert werden (Einsatz der neuesten Servergeneration).

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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.

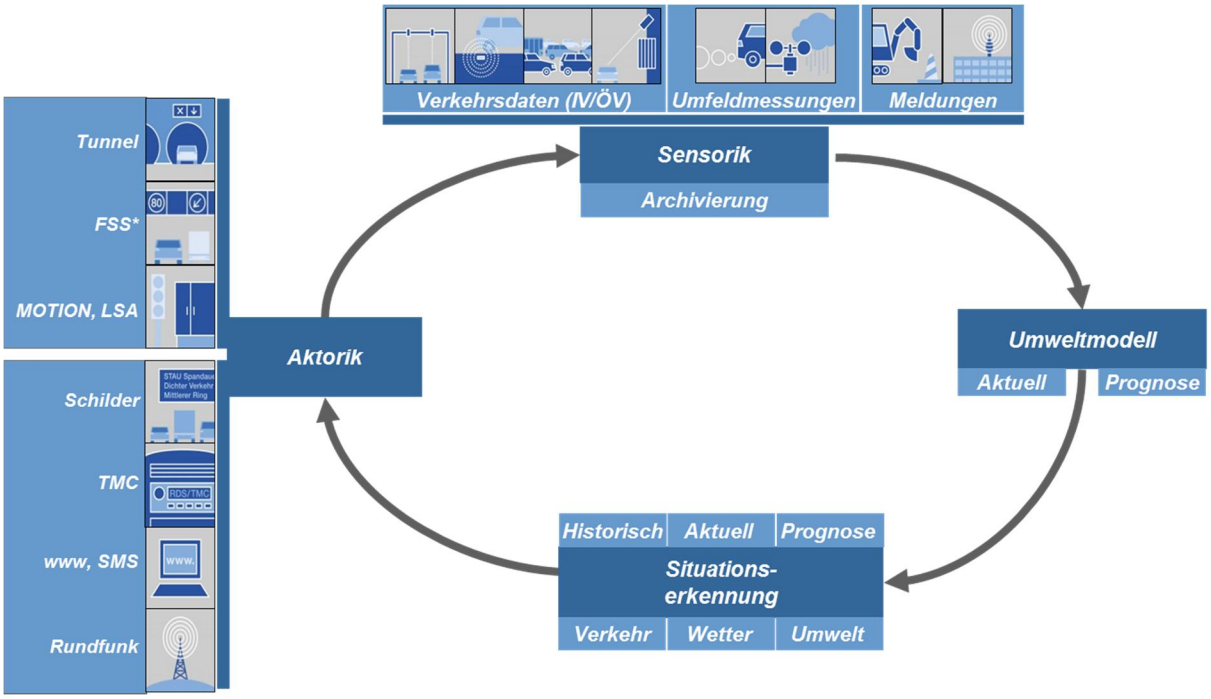

Abbildung 21 Regelkreis der Umweltorientierten Verkehrssteuerung

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

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

7.2 Umweltmonitoring und Vorhersage mit IMMIS^{mt}

IMMIS^{mt} ist ein Monitoring-System zur stadtweiten Überwachung der Luftschadstoff- und Lärmbelastung in Echtzeit. Auf der Basis von aktuellen oder prognostizierten Verkehrsdaten, Schadstoffmesswerten und Wetterdaten berechnet IMMIS^{mt} Kfz-Emissionen, Hintergrundkonzentrationen und die Immissionen sowie die Lärmbelastung im Straßenraum z. B. in halbstündlicher Auflösung. Das Gesamtsystem mit seinen einzelnen Modulen und Schnittstellen ist in Abbildung 22 schematisch dargestellt.

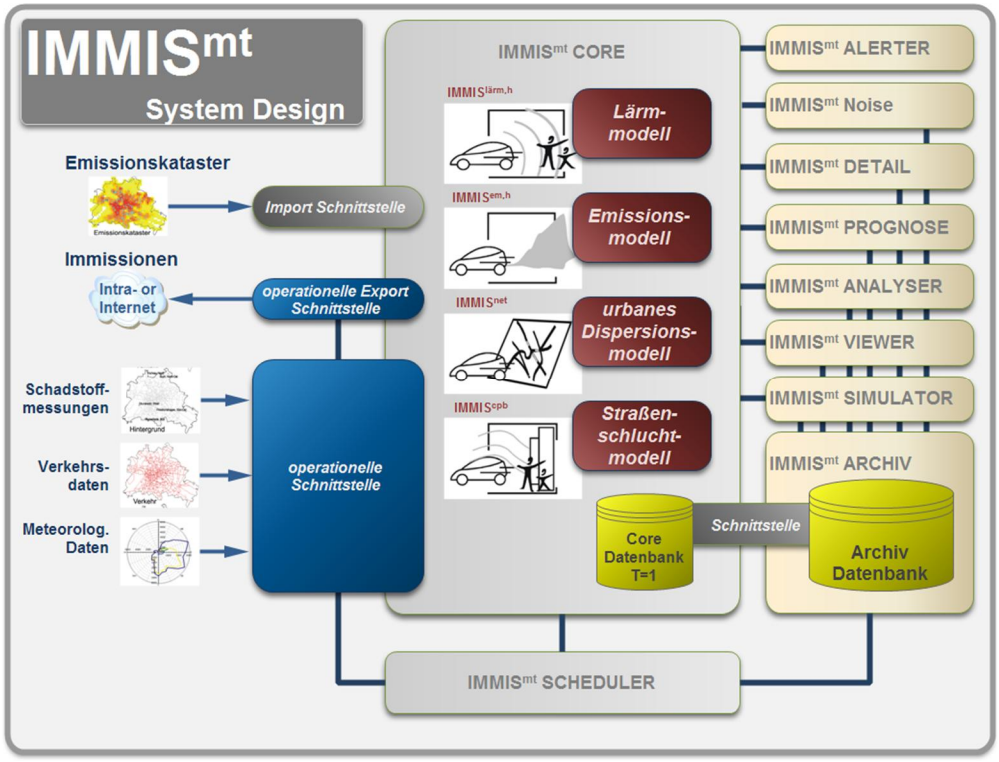

Abbildung 22 System Design des Gesamtsystems IMMIS^{mt}

IMMIS^{mt} besteht für den geforderten 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.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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.

Mit dem Lärmmodul IMMIS^{mt}-Lärm kann zusätzlich zur stadtweiten Luftschadstoffbelastung auch der Lärmpegel berechnet werden.

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)[8]. 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 3.3 (INFRAS, 2017) und der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (KRdL, 2003), die Emissionen des Straßenverkehrs. Ergänzt wird die Emissionsberechnung in IMMIS$^{em/h}$ um ein Modell zur Abbildung von

[8] Da nach Auskunft der Stadt das vorliegende E-Kataster alt und tw. unvollständig ist und der Beitrag von Quellen außerhalb von Würzburg auch eine Rolle spielt, ist das Vorhandensein einer kontinuierlichen Messung der städtischen NO_2-Hintegrundbelastung sehr zu empfehlen. Eine entsprechende Erweiterung der Messstation des LfU sollte angedacht werden.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Kaltstartzuschlägen entsprechend der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 und ein Modul zur Berechnung der Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen von PM10 und PM2.5. 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 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 23 Schema der Luftschadstoffmodellierung je Straßenabschnitt in IMMIS^{mt}

7.2.1.2 Berechnete Größen

In IMMIS^{mt} können alle motorbedingen Emissionskenngrößen, für die das HBEFA Emissionsfaktoren bereitstellt, berechnet werden. Zusätzlich können Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen (AWAR) von PM10 und PM2.5 berechnet werden. Damit können die hier geforderten Emissionen für die Schadstoffe NO_X, NO_2, CO_2, PM10 und PM2.5 und die PM-Emissionen als Gesamtemissionen sowie getrennt nach motorbedingten Emissionen und

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Aufwirbelung und Abrieb ausgegeben werden. Für Ozon gibt das HBEFA keine Emissionsfaktoren an, auf Anforderung können aber kostenfrei die Emissionen für weitere Schadstoffe wie z.B. die Ozon-Vorläuferstoffe NMHC ausgegeben werden.

Die stadtweiten Immissionen werden für die Schadstoffe NO_X, NO_2, PM10 und PM2.5 berechnet. Die Ozonbelastung im Straßenraum ergibt sich aus der Berechnung der NO_2-Konzentrationen unter Berücksichtigung der Photochemie.

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).

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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 24 zeigt Beispiele der Zeitreihengrafiken berechneter und gemessener NO_2-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.

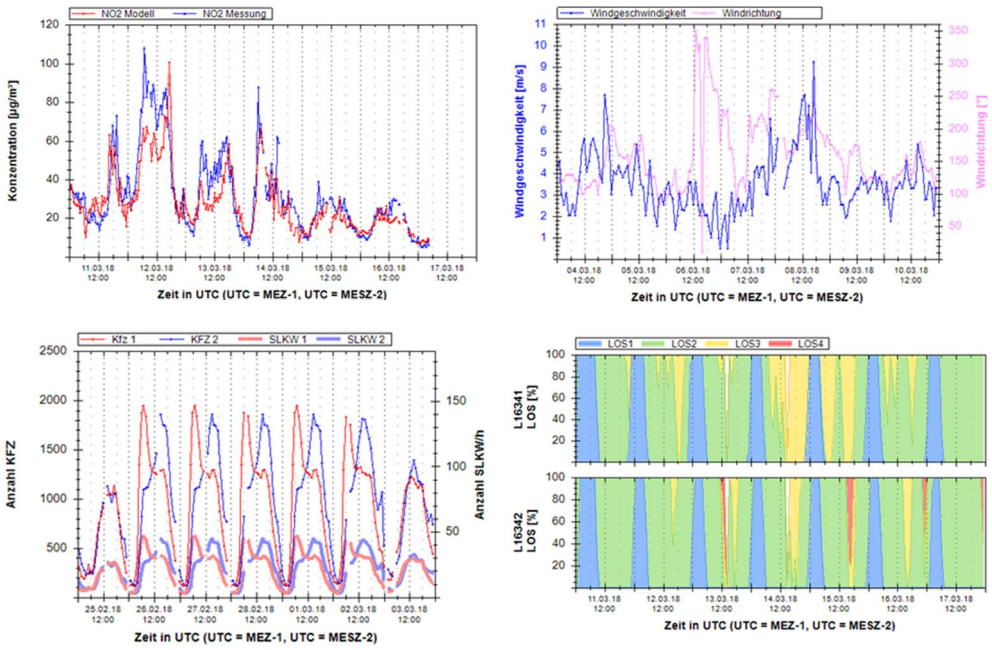

Abbildung 24 Zeitreihendarstellung von IMMIS^{mt} Viewer

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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 25.

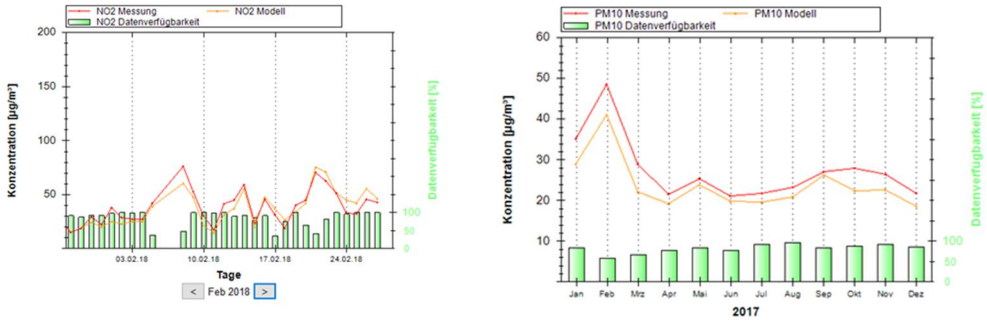

Abbildung 25 Zeitreihendarstellung der Tagesmittelwerte (links) und Monatsmittelwerte (rechts) von IMMIS^{mt}-Viewer

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 26 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.

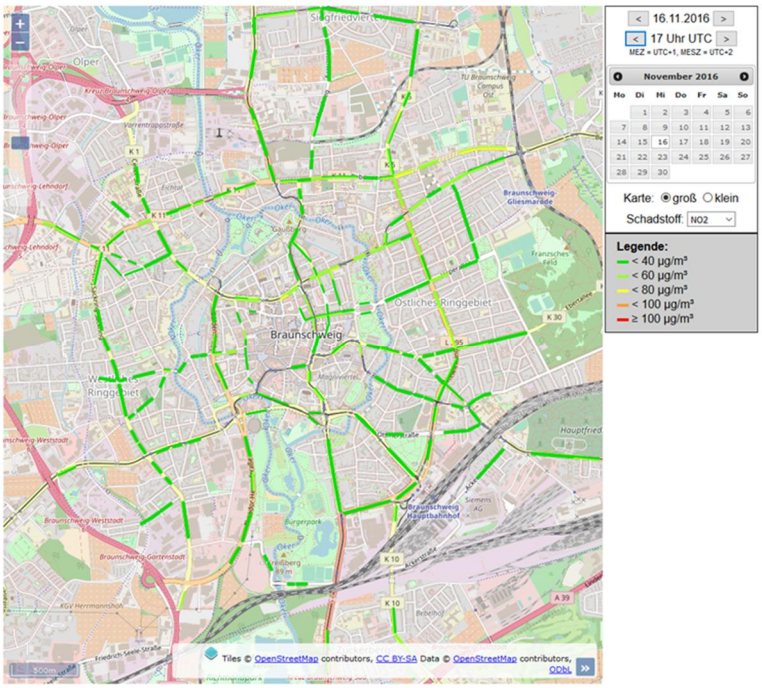

Abbildung 26 Kartendarstellung der mit IMMIS^{mt} stadtweit modellierten NO_2-Immissionen auf den Straßenabschnitten des Verkehrsnetzes

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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 27 jeweils am linken bzw. rechten Bildrand dargestellt.

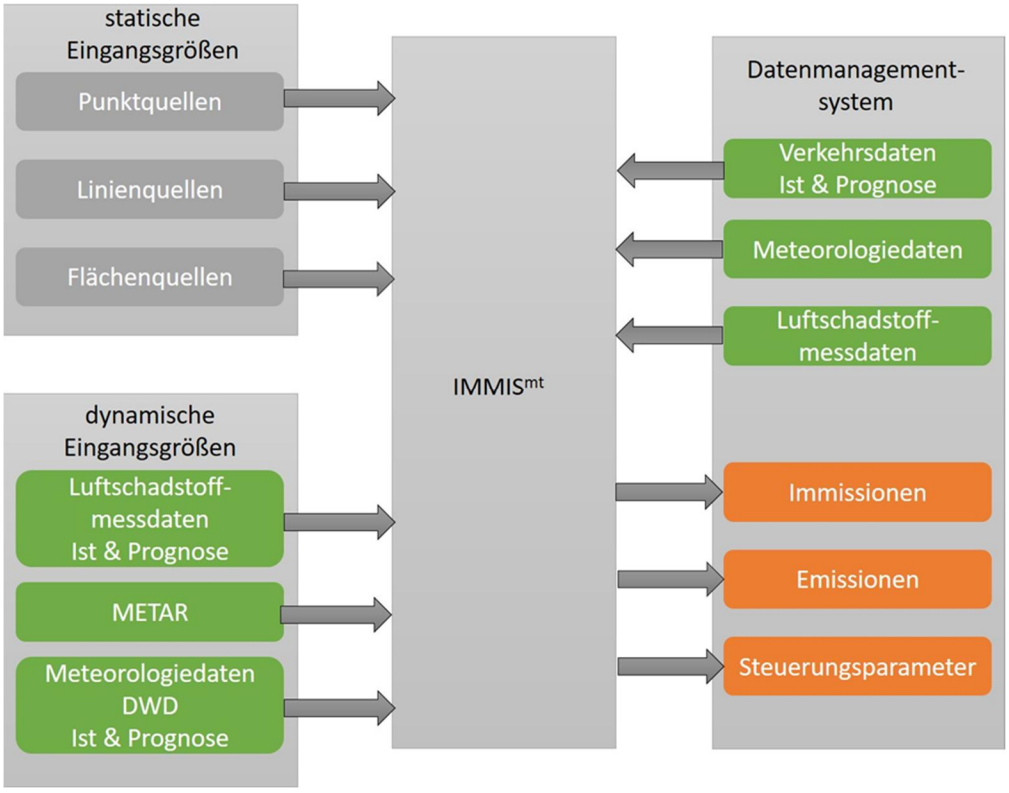

Abbildung 27 Eingangsdaten und Ergebnisse mit Schnittstellen

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

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Schnittstellen aus weiteren Datenquellen (z. B. DWD, METAR-Reports oder Erfurter Messstationen) abgerufen werden.

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

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

7.3 Informationsmanagement

Vor dem Hintergrund der notwendigen verkehrlichen Einschränkungen infolge hoher Luftschadstoffbelastungen durch den Kfz-Verkehr soll durch Vorab-, bzw. Ontrip-Informationen zu den eingeleiteten Maßnahmen der umweltsensitiven Verkehrssteuerung für Verständnis und Akzeptanz bei den Verkehrsteilnehmern geworben werden.

Durch eine rechtzeitige Information vor Beginn der Schaltungen und den damit verbundenen verkehrlichen Einschränkungen sollen die Verkehrsteilnehmer in die Lage versetzt werden, sich rechtzeitig auf die jeweils erwartete Situation einzustellen.

Dabei besteht die Zielsetzung darin, das Verkehrsverhalten nicht nur hinsichtlich einer räumlichen Verlagerung durch eine andere Routenwahl im Straßennetz zu beeinflussen, sondern auch die vorhandenen Möglichkeiten hinsichtlich der Wahl eines anderen Ziels für Einkauf oder Freizeitaktivitäten, aber auch im Berufsverkehr ein anderes Verkehrsmittel im Nahbereich z. B. das Fahrrad oder für längere Distanzen den ÖPNV zu nutzen.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Einbindung des Wirtschaftsverkehrs, welcher nur begrenzt modal verlagert werden kann. Dazu sollen die großen Verkehrserzeuger (Berufsverkehr, Transportaufkommen) in Würzburg und Umgebung aktiv mit Informationen über die Maßnahmen des umweltsensitiven Verkehrsmanagements, die jeweiligen Umfahrungsrouten sowie die aktuelle Verkehrssituation versorgt werden.

Die Abbildung 28 zeigt in einer Übersicht die für Würzburg verfügbaren Informationsgrundlagen und die möglichen Informationssysteme für ein stadtweites Verkehrsinformationsmanagement.

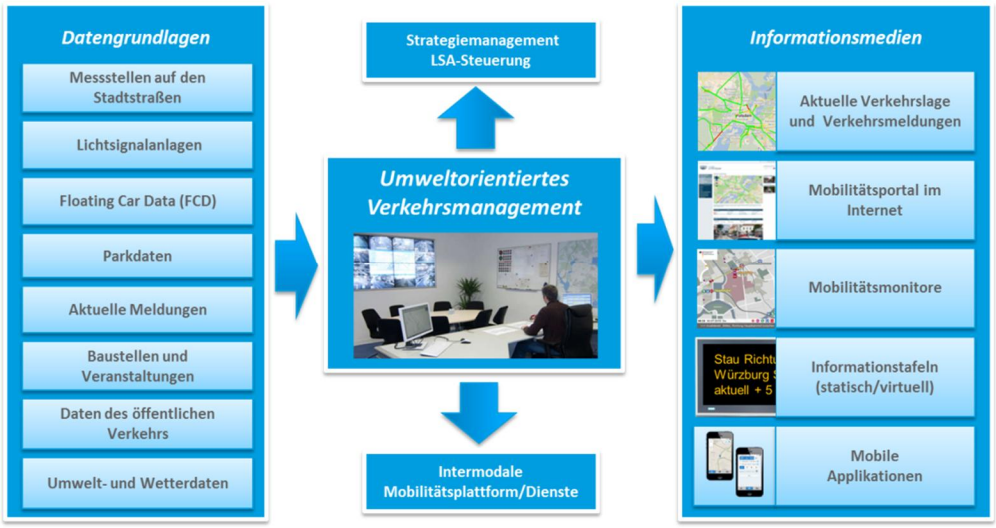

Abbildung 28 Umweltorientiertes Verkehrsinformationsmanagement

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Ziel ist es, mit einem intermodalen Informationsmanagement die Verkehrsteilnehmer über die aktuelle Situation im Verkehrssystem mithilfe verschiedener Medien zu informieren und ihnen damit die Möglichkeit zu verschaffen, sich bei Problemen rechtzeitig auf die neue Situation einzustellen und verfügbare Alternativen zu nutzen.

Die verfügbaren Alternativen werden darüber hinaus über entsprechende Mobilitätsdienste (vgl. Kapitel 7.4) verkehrsmittelübergreifend bereitgestellt.

7.3.1 Mobilitätsportal im Internet

Im Internetportal der Stadt Würzburg sollen die Informationen zum aktuellen Betrieb des umweltorientierten Verkehrsmanagements und zur aktuellen Verkehrslage angezeigt werden. Dabei ist zu prüfen inwieweit diese Information mit Angaben zu zusätzlichen Reisezeiten (Verlustzeiten) ergänzt werden kann.

Bei Vorlage der Prognose, die eine Überschreitung der festgelegten Schwellwerte für den folgenden Tag erwarten lässt, erfolgt eine entsprechende Ankündigung auf dem Internetportal.

Diese Informationen werden mit Hinweisen auf alternative Verkehrsangebote der Mobil-App für die Stadt Würzburg verknüpft. Die Informationen sollten während der Betriebszeit zeitnah aktualisiert werden.

7.3.2 Dynamische Informationstafeln im Hauptverkehrsstraßennetz

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. Auch hier wird bei Vorlage der Prognose, die eine Überschreitung der festgelegten Schwellwerte erwarten lässt, eine entsprechende Vorankündigung für den folgenden Tag erfolgen.

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. Tagesbaustellen, Havarien, Sperrungen, Unfälle, Ampelausfälle, die den Verkehr massiv beeinträchtigen und es erforderlich machen, die Verkehrsteilnehmer sofort zu informieren.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Die Abbildung 29 zeigt das avisierte Verkehrslagenetz sowie die Standorte der dynamischen Informationstafeln im Straßennetz.

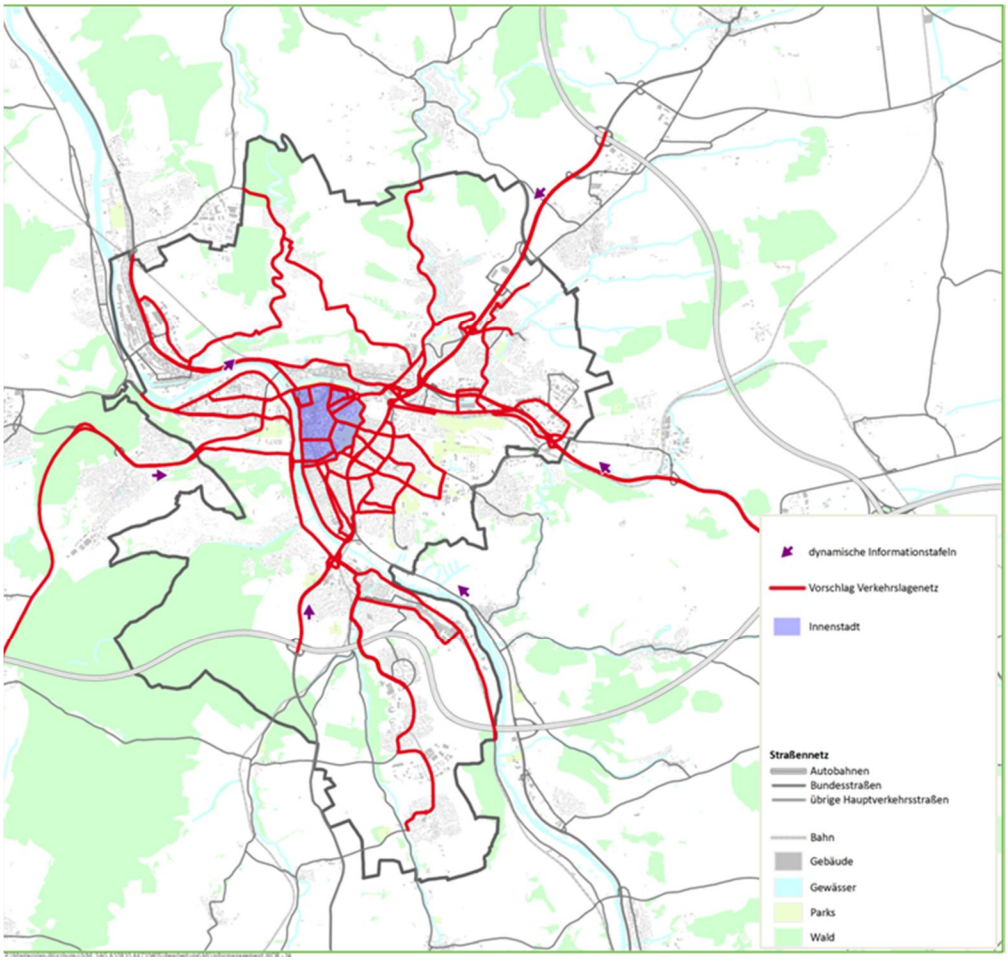

Abbildung 29 Informationsmanagement im Straßenverkehr

Bei einer Installation von sechs dynamischen Informationstafeln auf den Hauptzufahrtsstraßen in Richtung Würzburg könnten rd. 90.000 Verkehrsteilnehmer an einem durchschnittlichen Werktag erreicht und mit aktuellen Verkehrsmeldungen versorgt werden.

7.3.3 Virtuelle Informationstafeln

Ein weiteres Informationsmedium können virtuelle Informationstafeln im Zusammenhang mit einer mobilen Applikation sein. Diese können in der Regel in Bereichen zum Einsatz kommen, in denen nur temporär wichtige Verkehrsmeldungen von Bedeutung sind oder vor Ort die Bedingungen für die Aufstellung einer Informationstafel nicht gegeben sind.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

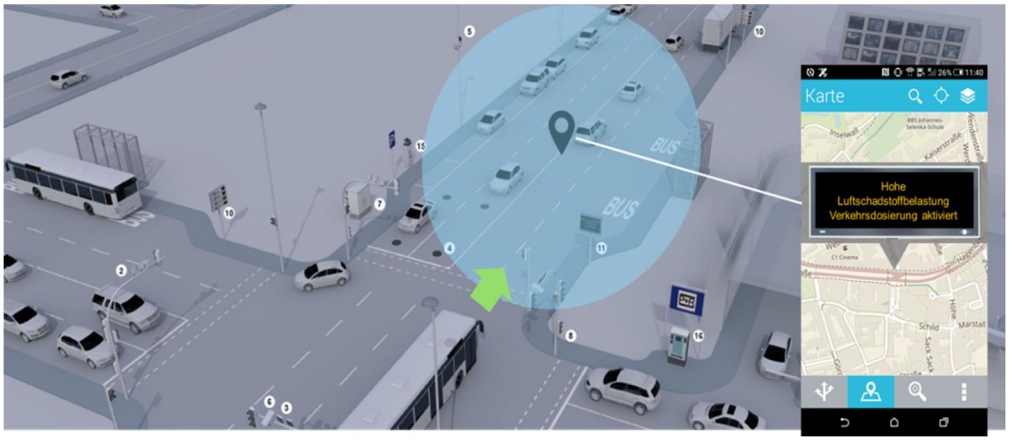

Abbildung 30 Virtuelle Informationstafeln

7.3.4 Organisationskonzept

Mit der Erweiterung der Funktionalitäten der Managementplattform sind über die laufende Kontrolle der Verkehrssteuerung der Lichtsignalanlagen hinaus weitere Aufgaben hinsichtlich der laufenden Kontrolle und Bedienung der installierten Verkehrsinformationssysteme zu bewältigen.

Dazu zählen insbesondere:

- Kontrolle und Bedienung der Software-Systeme und der Infrastruktur (6 dynamische Informationstafeln und der zusätzlichen 22 Geräte zur Verkehrsdatenerfassung).
- Überwachung und ggf. erforderliche redaktionelle Bearbeitung und Veröffentlichung von Verkehrsinformationen zur umweltsensitiven Verkehrsteuerung im laufenden Betrieb und in der Vorschau für den folgenden Tag.
- Recherche und laufende Aktualisierung von Informationen über geplante verkehrseinschränkende Ereignisse (Baustellen, Veranstaltungen) und nicht planbare Ereignisse (Unfälle, Havarien) im Hauptstraßennetz.
- Versorgung der Dienste im Mobilitätsportal und der dynamischen Informationstafeln.
- Erstellung einer Verkehrsvorschau und Verteilung an z. B. Medien, Verwaltungen und Unternehmen des Wirtschaftsverkehrs.
- Qualitätssicherung der veröffentlichten Informationen und angebotenen Dienste.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

7.4 Multimodales Mobilitätsmanagement

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

Konkret sollte eine ganzheitliche Vernetzung verfügbarer Daten, der Mobilitätsoptionen sowie für den ÖPNV eine effiziente und nutzerorientierte Informationsbereitstellung erfolgen, die neutral verschiedenste Mobilitäts-optionen monetär- & zeit-ökonomisch und ökologisch gegenüberstellt.

Ein modernes Mobilitätsmanagement sollte dabei folgende Ziele konkret verfolgen:

- Anreizsetzung für eine modale Verlagerung vom MIV auf den Umweltverbund
- Nutzerorientierung
- Alle Informationen aus einer Hand

Insbesondere der letztgenannte Punkt sollte dazu führen, dass Echtzeit-Informationen anbieterneutral bereitgestellt werden müssen.

Eine grundlegende Voraussetzung dafür ist die Anbindung aller Daten und Service Provider an eine neutral ausgerichtete Plattform, die offen für unterschiedlichste Service-Anbieter und Mobilitätsangebote ist und eine hohe Akzeptanz sowohl auf Seiten der Service Provider als auch auf der Nutzerseite erfahren kann.

Nachfolgend wird ein technisches Fachkonzept skizziert, das die Zusammenführung bestehender und neuer Mobilitätsinformationen für die Stadt Würzburg in einer Plattform aufzeigt. Abschließend werden potentielle Wege zur Darstellung der multimodalen Mobilitätsinformationen in bestehenden und neuen (Internet-) Portalen, in mobilen Informationsdiensten und vor Ort an wichtigen Schnittstellen der Würzburger Mobilität aufgezeigt.

7.4.1 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 Würzburg, die sich für eine spätere Integration in Mobilitätsinformationssysteme anbieten würden.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Die Abbildung 31 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

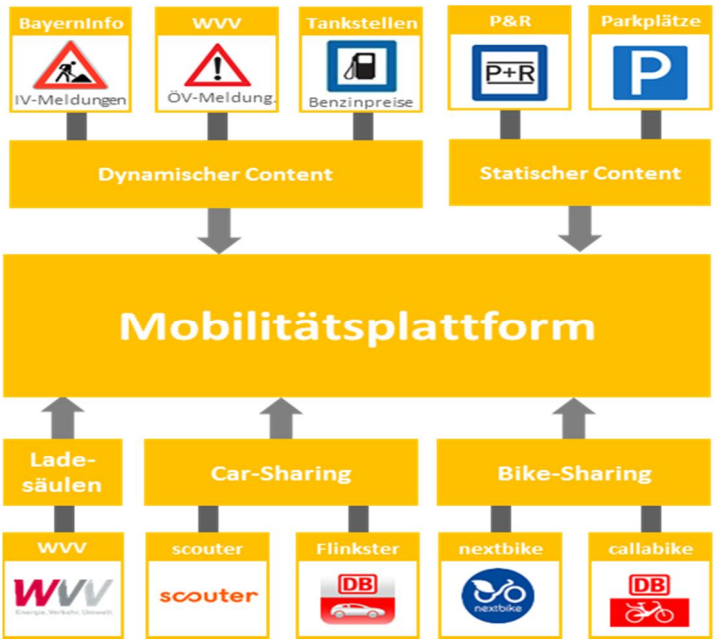

Abbildung 31 Übersicht Service Provider und Mobilitätsdaten

Die konkreten Provider mit ihren Daten lassen sich folgendermaßen unterscheiden:

<u>Statischer Content</u>

Für den statischen Content bieten sich die Integration vorhandener P&R-Anlagen sowie der Parkplätze in Würzburg 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 sinnvoll

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Dynamischer Content

Meldungen zum Individualverkehr:

Für den dynamischen Content sollten für den Bereich des MIVs aktuelle Meldungen zu:

- Baustellen
- Unfällen
- Sperrungen
- Events, etc.

eingebunden werden. Diese sind beispielsweise überregional für das Autobahnnetz Bayern über die Quelle BayernInfo beziehbar.

Aktuelle Situation ÖV

Für die aktuelle Situation des regionalen ÖVs ist eine Anbindung der lokalen Betreiber- oder Verbundschnittstelle, bspw. der WVV oder des VVMs (Verbund), notwendig. Die benötigten Informationen umfassen bspw.:

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

Ergänzend werden statische Informationen benötigt:

- Haltestellen-ID, Koordinate und Name der Haltestelle

Darüber hinaus sind relevant:

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

Aktuelle Kraftstoffpreise

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

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Ladesäulen

Informationen zur Lokalität und aktuellen Verfügbarkeit von vorhandener und zukünftiger Ladeinfrastruktur ließen sich bspw. über den Würzburger Versorgungs- und Verkehrsverbund beziehen. Eine Schnittstelle zu den E-Bike- sowie E-Autoladestationen würde die Sichtbarkeit dieser mobilitätsnahen Dienstleistung erhöhen. Falls eine Schnittstelle 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

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Carsharing

Scouter 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 Betreiberschnittstelle notwendig. Die 21 Stationen im Stadtgebiet mit aktuellen Verfügbarkeiten zu den vier verfügbaren Fahrzeugklassen stellen eine wichtige Information für die aufbauenden Mobilitätsdienste dar.

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)

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

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Bikesharing

Abgerundet werden die Mobilitätsangebote durch zwei Provider des Bikesharings. Konkret bietet Nextbike vor Ort 16 Stationen mit verfügbaren Rädern an. Call a Bike verfügt am Hauptbahnhof Würzburg über eine Station. Beide Provider sollten über ihre proprietäre Schnittstelle angebunden werden. Relevante Datentypen sind:

- Standort der Station
- Anzahl verfügbarer Räder

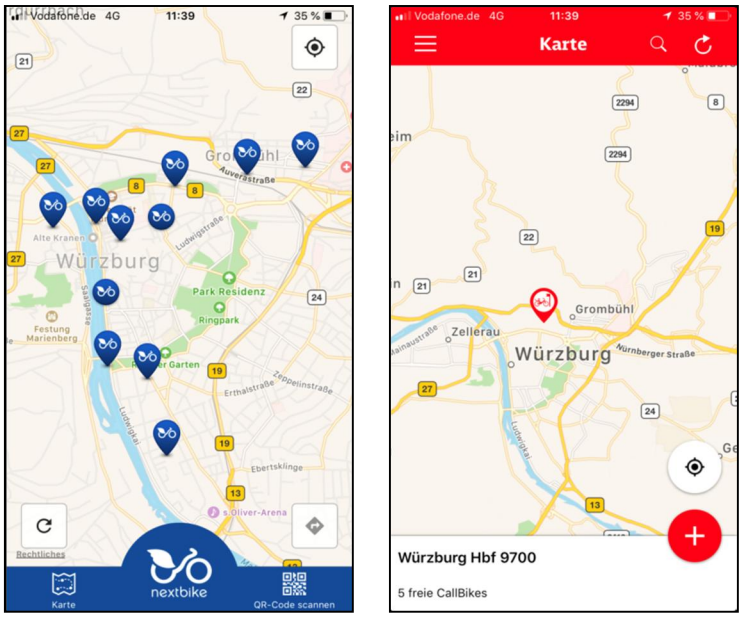

Abbildung 32 Nextbike und Callabike Bikesharing in Würzburg[9]

[9] (Quelle: Apps der Provider)

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

7.4.2 Mobilitätsplattform

Das Fachkonzept schlägt vor, die Mobilitätsinformationen an eine neutrale Plattform anzubinden, die keinen einzelnen Anbieterinteressen folgt, sondern neutral alle verfügbaren Daten der Stadt Würzburg bündelt. Die anbieterübergreifende Integration der Mobilitätsoptionen sollte also den verkehrspolitischen Zielen Rechnung tragen.

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

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 nachfolgenden Dienste erlauben.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Auswahl regionaler Initiativen und Projekte:

Mobilitätshub:

Innerhalb des nationalen Forschungsprojektes (Laufzeit 2017 – 2018) wird dem Kunden bei Nutzung seiner gewohnten regionalen App die Nutzung des gesamten Verkehrsangebots in Mitteldeutschland erlaubt. Innerhalb des Projektes wird dem Kunden ein Zugangsmedium realisiert, um ein Ticket für die gesamte Reisekette im Projektraum zu kaufen und Car- und Bikesharing-Angebote nutzen zu können, ohne sich in anderen Systemen anmelden zu müssen. Für die Bestimmung der Reisekette sollen dabei möglichst viele der öffentlich zugänglichen Mobilitätsangebote einbezogen werden und neben verbundübergreifenden ÖV-Tickets insbesondere auch Leihanbieter von Fahrrädern und Autos mit berücksichtigt werden.

Link zum Projekt: https://www.nasa.de/mobilitaetshub/

ReKoMo - Regionale Kooperations- und Mobilitätsplattform

Im nationalen Forschungsprojekt ReKoMo (Laufzeit 01/2017 bis 09/2018) wird eine anbieterneutrale, interoperable und regionale Kooperations- und Mobilitätsplattform errichtet. Hierbei wird der Fokus auf eine mandantenfähige Plattform gelegt, die es erlaubt, die lokalen Mobilitätsanbieter zu integrieren.

Link zum Projekt: https://www.rekomo-plattform.de/

VMZ Berlin Mobilitätsplattform

Die VMZ betreibt eine Mobilitätsplattform für die Region Berlin-Brandenburg, die das neutrale Backendsystem für verschiedene aufbauende Dienste unterschiedlicher Anbieter darstellt. Im Detail sind an diese Plattform alle relevanten Mobilitätsangebote wie Carsharing, Bikesharing und e-Scooter-Sharing angebunden. Mobilitätsnahe Dienstleistungen wie Ladeinfrastruktur sowie alle relevanten Echtzeitdaten zum Verkehr im IV- und ÖPNV-Bereich wurden ebenfalls an diese Plattform angebunden.

Die vorliegenden Daten werden über die relevanten lokalen Auskunftssysteme an die Kunden gegeben:

- Städtische Verkehrsinformationszentrale Berlin: https://viz.berlin.de
- Das offizielle Hauptstadtportal: https://www.berlin.de/tourismus/infos/verkehr/verkehrslagekarte/
- Der regionale Verkehrsverbund (VBB): http://fahrinfo.vbb.de/bin/help.exe/dn?L=vs_mobilitymap&tpl=fullmap&tabApp=show

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

7.4.3 Mobilitätsinformationsdienste

Die über das Backendsystem einer Mobilitätsplattform angebundenen Daten können über unterschiedliche Mobilitätsinformationsdienste ausgespielt (bspw. Verfügbarkeiten und Positionen von Sharing-Angeboten), aber darüber hinausgehend auch um intermodale Routingfunktionalitäten ergänzt 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 eigenständige Mobilitäts-App integrieren, um den Verkehrsteilnehmern intermodale und betreiberunabhängige Verkehrsinformationen zur Verfügung zu stellen. Diese App richtet sich explizit an alle Verkehrsteilnehmer. Durch eine hohe Sichtbarkeit alternativer Mobilitätsangebote und eine gleichberechtigte Darstellung aller Mobilitätsalternativen in Bezug auf Kosten, CO_2 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 Wegeketten 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 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 CO_2-Emissionen der Fahrt unabhängig von bestimmten Anbietern gezeigt werden.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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:

- Durch die Verbreitung von Smartphones ergibt sich nicht nur die Möglichkeit, Verkehrsinformationen zielgerichtet und schnell zu verbreiten; auch in der Übermittlung von Verkehrsdaten in umgekehrter Richtung, vom Smartphone-Nutzer zu Verkehrsinformationszentralen, liegen Potenziale für eine Verbesserung der Verkehrsinformation und darüber hinausgehend für eine effizientere Steuerung des Verkehrs.
- Unterschiedliche Nutzergruppen (z. B. Radfahrer oder körperlich eingeschränkte Personen) können durch Crowdsourcing stärker einbezogen werden und auf für sie wichtige Verkehrsbedingungen hingewiesen werden. Ebenfalls können Aktionen zur stärkeren Bürgerbeteiligung durch die Mobilitäts-Apps nach entsprechender Anpassung unterstützt werden. Durch die Eingabemöglichkeit von Unfallschwerpunkten können sich die Nutzer direkt und mobil an E-Partizipationsaktivitäten beteiligen. Damit wäre z. B. eine Umsetzung der im Rahmenbericht vorgeschlagenen Online-Plattform zur Meldung von Gefahr- und Problemstellen im Rad- und Fußverkehr möglich.
- Mobilitäts-Apps bieten die Möglichkeit, im Störungsfall standortbezogen und nutzergruppenspezifisch Informationen bereitzustellen. So können zum Beispiel im Fall einer Störung der Straßenbahn 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.

Als Referenzen können beispielhaft mobile Applikationen der VMZ Berlin dienen. Diese bieten umfassende Informationen über die aktuelle Straßenverkehrslage, Verkehrsstörungen, den ÖPNV, Fahrradverkehr, Carsharing-Angebote oder freie Ladesäulen für Elektrofahrzeuge. Um die schnellsten, günstigsten oder umweltfreundlichsten Verbindungen zu erhalten, werden im intermodalen Routenplaner der VMZ verschiedene Verkehrsmittel und -angebote bei der Routenberechnung berücksichtigt und miteinander kombiniert. Die Routenvorschläge erfolgen dabei unter objektiven Kriterien wie Dauer, Kosten oder CO_2-Emissionen der Fahrt

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

unabhängig von bestimmten Anbietern. Je nach Anforderung können lokale Mobilitäts- oder Infrastrukturdaten sowie Buchungs- und Ticketing-Funktionen über Schnittstellen in die Routing-Systeme eingebunden werden. Die Mobilitäts-Apps werden sowohl von Android- als auch von iOS-Systemen unterstützt - Referenzen sind die BerlinMobil-App (www.BerlinMobil-App.de) oder die im Rahmen des europaweiten Tür-zu-Tür Projektes DORA entstandene DORA-App (www.DORA-project.eu).

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.

In der nebenstehenden Abbildung ist ein Beispiel dargestellt, wie ein Handy-Ticket des VBB in die DORA App – eine Anwendung zur nahtlosen Tür-zu-Tür Routing unter Einbeziehung von Flughäfen und Airlines – integriert worden ist. Das Ticket wird über eine Schnittstelle von HandyTicket Deutschland bezogen und in der App inklusive unterschiedlicher Sicherheitsmerkmale – zum Beispiel dem Counter unten rechts – visualisiert.

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.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

- 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.

Die Reiseüberwachung kann sowohl für Einzelreisen als auch für wiederkehrende Routen – zum Beispiel dem täglichen Weg zur Arbeit – erfolgen. Siehe beispielhaft nachfolgende Screens.

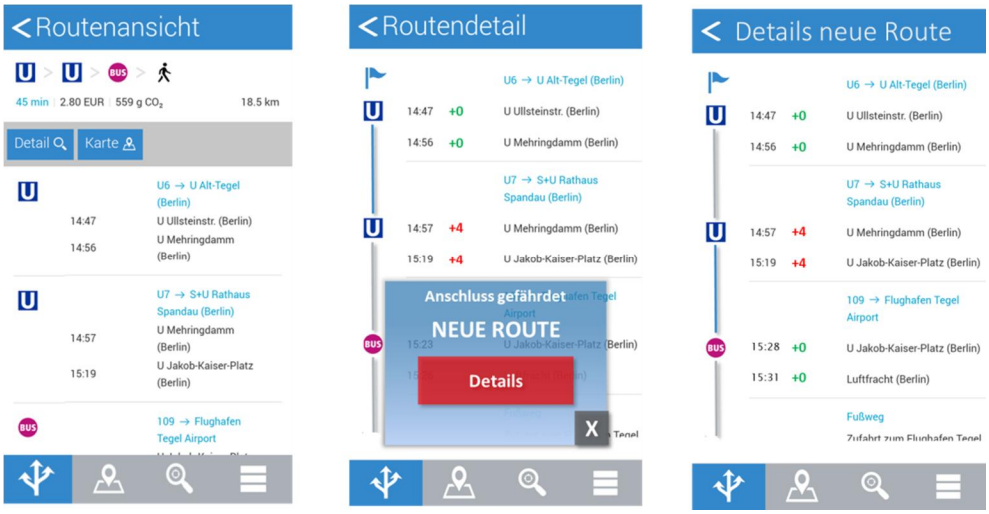

Abbildung 33 Reiseüberwachung

Grüne Welle für Radfahrer

Bisher sind „Grüne Wellen“ ausschließlich an den Geschwindigkeiten des Autoverkehrs ausgerichtet. Das Produkt SIEMENS SiTraffic SiBike ermöglicht es Fahrradfahrern, in den Genuss einer Grünen Welle zu kommen – sei es auf Fahrradautobahnen, Radschnellwegen, Straßen oder Fahrradwegen.

Nähert sich ein/e Fahrradfahrer(in) mit dem Modul SiBike – als ein Baustein einer städtischen Mobilitäts-App – einer Kreuzung, schaltet die Ampel binnen weniger Sekunden automatisch auf Grün oder verlängert die bestehende Grünphase. SiBike nutzt die Vorteile der Satellitennavigationstechnologie. Das Smartphone bestimmt die Position mittels GPS und prüft, ob ein virtueller Auslösepunkt mit der passenden Geschwindigkeit passiert wurde. In diesem Fall meldet die App die Aktivierung des Auslösepunktes an die Verkehrszentrale. Anschließend gibt die Verkehrszentrale einen Befehl an die Ampelsteuerung und sorgt dafür, dass Radfahrer/innen grünes Licht erhalten.

Bisher steht SiBike für Marburg zur Verfügung, wo das System im Rahmen eines Pilotprojekts eingeführt wurde.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Incentivierung/ Gamification

Gamification lässt sich als Anreizmittel einsetzen, um die Nutzung umweltfreundlicher Verkehrsmittel zu fördern. Im Rahmen von Kampagnen lässt sich durch Marketing wirksam auf eine zu verstärkende Nutzung bspw. des Radverkehrs hinweisen. Ein dazu notwendiges technisches System zur Begleitung kann als ein weiterer Baustein einer städtischen Mobilitäts-App betrachtet werden.

Als Referenz ist das EU-Forschungsprojekt Streetlife zu nennen, dass zwischen 2013 und 2016 durchgeführt wurde. Pilotiert in Berlin erfuhren sich Radfahrer/innen mit einem Smartphone virtuelle Bäume, die später gegen echte Bäume getauscht werden konnten.

Mit dem Spiel sammelten die Spieler für jeden gefahrenen Fahrradkilometer zehn Blätter. Haben sie 500 Blätter oder 50 Radkilometer beisammen, konnten sie auf dem virtuellen Stadtplan Berlins einen Baum pflanzen. Gespielt wurde in drei Runden á einem Monat. Für jeden Monat wurden jeweils die Teilnehmer mit den meisten Fahrradkilometern ermittelt. Die Teilnehmer auf den ersten beiden Plätzen gewannen einen echten Baum, der von Siemens gesponsert und von der Berliner Stadtbauminitiative gepflanzt wurde.

Der Wettbewerb war Teil eines Projekts, mit dem Forscher von Siemens Corporate Technology und VMZ Berlin umweltfreundliche Verkehrsmittel fördern wollten. Weitere Infos: http://www.streetlife-project.eu

Mobilitätsinformationen im Internet

Mobilitätsdienste wie Informationen über aktuelle Verfügbarkeiten der Sharingprodukte oder auch Routingservices sowie Verkehrsmeldungen können bspw. im Corporate Design der Stadt oder auch der Stadtwerke in bestehende Mobilitätsportale integriert oder als eigenständiges Portal realisiert werden. Über die zu implementierenden offenen Schnittstellen der Mobilitätsplattform sollten die Daten und Dienste integriert werden.

Referenzen für Mobilitätsportale und die Integration in bestehende Websites sind das Mobilitätsportal der Verkehrsinformationszentrale Berlin (www.viz.berlin.de), das auch in die Website der Hauptstadt berlin.de integriert ist, oder die Integration von An- und Abreiseinformation in die Internetseiten des Flughafens Berlin Brandenburg (www.airport-berlin.de).

Ein passendes Beispiel für Würzburg bietet sich in der Ertüchtigung der Seite zu Mobilitätsstationen in Würzburg an, auf der gegenwärtig rein statische Informationen zu den Lokalitäten der flexiblen Angebote enthalten sind. Dynamische Inhalte fehlen gegenwärtig.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

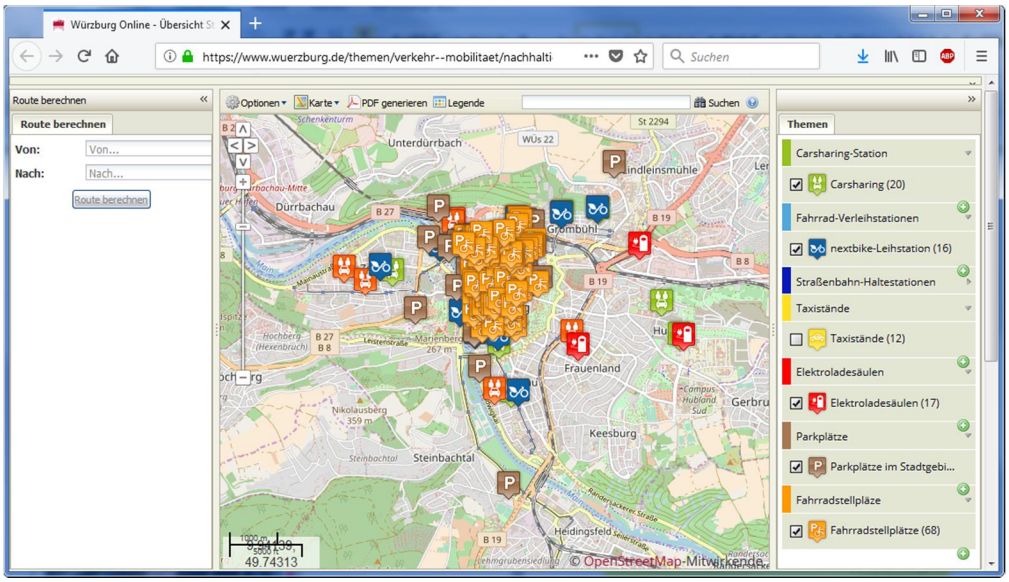

Abbildung 34 Aktueller Internetauftritt der Stadt Würzburg – Mobilitätsstationen

Einen weiteren potenziellen Anwendungsfall stellt die existierende Website der WVV im Bereich Carsharing dar, die durch Echtzeitinformationen erweitert werden könnte. Gegenwärtig finden sich hier statische Beschreibungen ohne dynamische Informationen.

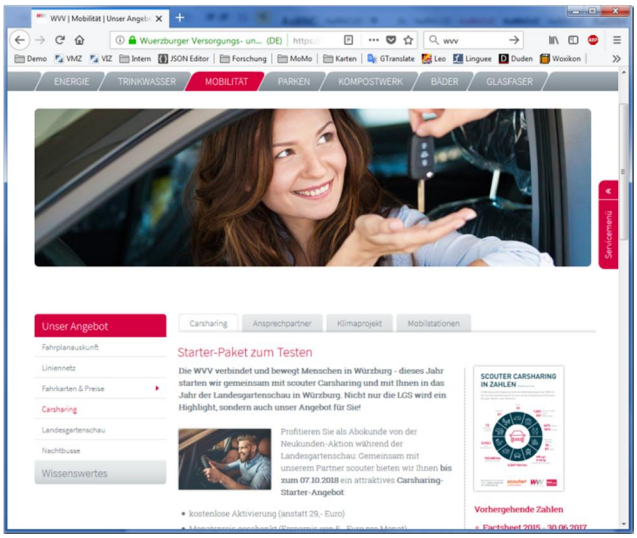

Abbildung 35 Aktueller Internetauftritt der WVV – Bereich Carsharing

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

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.

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 Taxistände, Fahrrad- und Autoverleih-Stationen mit Verfügbarkeitsanzeige integriert werden.

Abbildung 36 Umsetzungsbeispiele Multimodaler Mobilitätsmonitor

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 Würzburg wird vorgeschlagen zunächst im Bereich des Hauptbahnhofes einen multimodalen Mobilitätsmonitor zu installieren.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

8 Umsetzungskonzept

8.1 Realisierung des Umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements

Mit den bereits vorhandenen Verkehrssteuerungssystemen in der Stadt Würzburg bestehen sehr gute Voraussetzungen für eine kurzfristige Realisierung eines innovativen umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements.

Die für die Erweiterung des vorhandenen Verkehrssteuerungssystems der Stadt Würzburg erforderlichen technischen Systeme, Softwarekomponenten sowohl für die Steuerung und Lenkung des Straßenverkehrs als auch der darauf abgestimmten Informationsdienste mit dynamischen Anzeigetafeln und Mobilitätsinformationen über eine App sind verfügbar und zeitnah umzusetzen.

Durch ihre direkte Kopplung an das vorhandene Verkehrsmanagementsystem entsteht ein weit über die Umweltsteuerung in den Hotspots hinausgehender Nutzen für das Qualitätsmanagement sowie die Planung und dem Betrieb der Verkehrsanlagen der Stadt Würzburg.

Auf Grund der teilweise komplexen Verknüpfung und Abhängigkeiten der verschiedenen Komponenten des umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements sollten die einzelnen Umsetzungsschritte durch eine zentrale Projektsteuerung begleitet werden.

Einen Schwerpunkt bildet zunächst die Erweiterung der vorhandenen Verkehrsmanagementplattform der Stadt Würzburg um die erforderlichen Systemkomponenten und zusätzlichen Schnittstellen. Dazu zählen insbesondere der Aufbau und die Integration des Umweltmonitoring-Systems IMMIS^{MT} einschließlich des Prognosemoduls. Die Vorbereitung, Integration und Inbetriebnahme der zusätzlichen Außenanlagen (Detektion, dynamische Informationstafeln) kann schrittweise parallel erfolgen.

In diesem Rahmen sind gleichzeitig die erforderlichen verkehrstechnischen Untersuchungen (Feinkonzepte) für die Optimierung des Verkehrsablaufes in den kritischen Bereichen (Hotspots) und die temporäre Zuflusssteuerung bei Überschreitung der Schwellenwerte zu erarbeiten und zu implementieren.

Auf Grundlage der im Rahmen dieser Untersuchung vorgenommenen Bestandsaufnahme der Mobilitätsangebote und der nutzbaren Daten und dem darauf abgestimmten technischen Fachkonzept kann gleichzeitig die Realisierung der Mobilitäts- und Routingplattform inkl. der Anbindung des ÖPNV, der Service Provider WVV (Ladesäulen) und Scouter (Carsharing)

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

sowie der entsprechenden Mobilitätsdienste für das Web bzw. die städtische Mobilitäts-App (iOS und Android) beginnen.

Aufgrund der teilweise umfangreichen Eingriffe in den Straßenverkehr durch die temporäre Drosselung der Leistungsfähigkeit an wichtigen Entscheidungs- und Einfahrtsknoten in die Altstadt sollte vorab ein Kommunikationskonzept erarbeitet werden, das zum Einen über die Notwendigkeit der Maßnahmen der umweltorientieren Verkehrsteuerung und zum Anderen über die vorhandenen alternativen Mobilitätsangebote umfassend informiert, um damit bei den betroffenen Verkehrsteilnehmern Verständnis und Akzeptanz zu erzeugen.

8.2 Evaluation

Für die Evaluation der Maßnahmenwirkung (Verkehr und Umwelt) sollte ein Zeitraum von einem Jahr gewählt werden. Grundlage der Evaluation der Maßnahmenwirkung sind die abgestimmten Vorgaben

- zur Zuflussdosierung,
- zu den Detektionsstandorten,
- zur Aktivierung und Deaktivierung der Umweltschaltung und
- zu technischen Abläufen und Verantwortlichkeiten im Rahmen des operativen Betriebs.

Der Fokus der Evaluation liegt auf der Einhaltung der Schwellenwerte sowie der Kontrolle der Verkehrsstärke und der Verkehrssituation. 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 den Hotspot, sondern auch in den benachbarten Abschnitten. Auf Basis dieser Werte werden die festgelegten Vorgaben überprüft und im Bedarfsfall angepasst. Darüber hinaus werden die festgelegten Steuerstrategien und Systemabläufe untersucht und ggf. Empfehlungen für eine Anpassung und Modifizierung erarbeitet.

8.3 Maßnahmen- und Kostenplan

Im folgenden Maßnahmen- und Kostenplan werden die notwendigen Maßnahmen der Beschaffung, Inbetriebnahme sowie die Kosten für die Wartung, den laufenden Betrieb und für die Datenübertragung der erforderlichen Komponenten ausgewiesen.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Kosten- und Maßnahmenplan

Nr.	Maßnahme	Einzelpreis (€)	Anzahl	Nettokosten gesamt (€)
1. Gesamtprojektsteuerung				
1.1	Projektleitung AG			0
1.2	Projektsteuerung und Umsetzungsbegleitung (fachlich und technisch)	100.000	1	100.000
1.3	Evaluaton der Maßnahmenwirkungen (1 Jahr)	40.000	1	40.000
	Zwischensumme			**140.000**
2. Managementplattform (Erweiterung SCALA)				
2.1	Datenfusion FCD, Meldungen, Detektion	110.000	1	110.000
2.2	Schnittstelle zum Anschuss TEU Verkehrs Detektoren	10.000	1	10.000
2.3	Schnittstelle zur Integration von Wetterstationen und Luftqualitätsmessstellen	20.000	1	20.000
2.4	Schnittstelle zur Ansteuerung von dynamischen Anzeigetafeln	15.000	1	15.000
2.5	Schnittstellen zur Integration von IMMIS	10.000	1	10.000
2.6	Schnittstellen zum bestehenden Parkleitsystem Sitraffic Guide	10.000	1	10.000
2.7	VSR Modernisierung Serversystem	200.000	1	200.000
2.8	VSR Lizenzkosten Funktionen und Module	15.000	1	15.000
	Zwischensumme			**390.000**
3.	**IMMISmt**			
3.1	Feinplanung der Maßnahmen	20.000	1	20.000
3.2	Aufbau IMMISmt	100.000	1	100.000
	Zwischensumme			**120.000**
4.	**Verkehrstechnische Untersuchungen**			
4.1	VTU-Optimierung des Verkehrsablaufes in den kritischen Bereichen (Hotspots)	40.000	1	40.000
4.2	VTU-Temporäre Zuflusssteuerung bei Überschreitung der Schwellwerte	40.000	1	40.000
4.3	Umsetzung LSA, Umsetzung TASS	110.000	1	110.000
	Zwischensumme			**190.000**
5. Investitionskosten erweiterte Detektion und LSA Steuergeräte				
5.1	Detektion (Messquerschnitte)	7.000	40	280.000
5.2	Masten, Mastsetzung	2.200	40	88.000
5.3	Inbetriebsetzung, Parametrierung, Montage	1.000	40	40.000
5.4	Standortfeinplanung (inkl. Dokumentation)	450	40	18.000
5.5	Modernisierung LSA Steuergeräte (6 Anlagen)	220.000	1	220.000
	Zwischensumme			**646.000**
6. Investitionskosten Beschilderung Stadtstraßen				
6.1	Informationstafel inkl. Fundament	35.000	6	210.000
6.2	Hausanschlüsse	3.000	6	18.000
6.3	Schilderkonzepte	2.800	6	16.800
6.4	Standortfeinplanung (inkl. Dokumentation)	1.000	6	6.000
	Zwischensumme			**250.800**
7. Mobilitätsmonitore				
7.1	Mobilitätsmonitore (Bahnhof Würzburg) (Hardware und Umsetzung)	15.000	1	15.000
	Zwischensumme			**15.000**
8. Multimodales Mobilitätsmanagement				
8.1	Mobilitäts- und Routingplattform (inkl. Anbindung der Service Provider WVV (Ladesäulen) und Scooter (Carsharing))	60.000	1	60.000
8.2	Mobilitätsdienste Web	15.000	1	15.000
8.3	Städtische Mobilitäts App (iOS und Android)	45.000	1	45.000
8.4	App-Erweiterung Grüne Welle für Radfahrer	35.000	1	35.000
8.5	App-Erweiterung Gamification Radverkehr	25.000	1	25.000
8.6	App-Erweiterung Virtuelle Infotafeln	25.000	1	25.000
	Zwischensumme			**205.000**
9. Schulungen				
9.1	Schulung VSR neue Funktionen und Module	3.000	2	6.000
	Zwischensumme			**6.000**
10. Marketing und Kommunikationskonzept				
10.1	Marketing- und Kommunikationskonzept	50.000	1	50.000
	Zwischensumme			**50.000**
11. Virtuelle Infotafeln				
11.2	Schilderkonzepte und Versorgung	2.800	8	22.400
	Zwischensumme			**22.400**
12. Betriebskosten/ Jahr				
12.1	Wartung und Datenübertragung der neuen Detektion, Betrieb und Störungsbehebung	1.200	18	21.600
12.2	Wartung und Datenübertragung der neuen Infotafeln, Betrieb und Störungsbehebung	2.500	6	15.000
12.3	Wartung und Betrieb Mobilitätsmonitor Bahnhof Würzburg	6.000	1	6.000
12.4	Wartung und Betrieb Verkehrslage mittels Datenfusion	6.000	12	72.000
12.5	ASP-Service IMMISmt	40.000	1	40.000
12.6	Mobilitäts- und Routingplattform	30.000	1	30.000
12.7	UrbanMobility-App (inkl. Fremdlizenzen wie Karten, dynamisches MIV-Routing etc.)	25.000	1	25.000
12.8	App-Erweiterung Grüne Welle für Radfahrer	20.000	1	20.000
12.9	App-Erweiterung Gamification Radverkehr (1 Kampagne pro Jahr)	20.000	1	20.000
12.10	App-Erweiterung: Virtuelle Infotafeln	15.000	1	15.000
12.11	Wartung VSR System (neue Funktionen und Module)	6.000	1	6.000
	Zwischensumme			**270.600**
	Gesamtsumme (ohne Betriebskosten) in € netto			**2.035.200**
	Betriebskosten/Jahr in € netto			**270.600**

© VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

9 Fazit

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Ausarbeitung eines Umsetzungskonzeptes für ein umfassendes umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagements für die Stadt Würzburg und die Abschätzung der damit erzielbaren Effekte im Sinne einer Verbesserung der Luftqualität und der Etablierung einer nachhaltigen Mobilität(skultur).

Das für die Umsetzung vorgeschlagene System besteht aus zwei aufeinander aufbauenden Bausteinen, die im Bericht getrennt voneinander vorgestellt werden:

1. Eine umweltorientierte Verkehrssteuerung zur Entlastung der Belastungsschwerpunkte

Durch eine Kombination aus Drosselung und Verstetigung des Verkehrs (über die Steuerung der Lichtsignalanlagen) und einem umfassenden Informationsmanagement (einschließlich Vorschlag von Alternativen und frühzeitiger Warnung) wird es möglich, die Luftbelastung an den Belastungsschwerpunkten kurzfristig zu reduzieren.

2. Die Einrichtung eines umfassenden umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements

Das umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagement (UVM) stellt ein wichtiges digitales Instrument zur Unterstützung der Umsetzung verschiedener im Rahmenbericht zum Green-City Plan Würzburg beschriebenen Maßnahmen dar. Ausgangspunkt ist eine verbesserte Erfassung des gesamten Verkehrssystems (nahezu in Echtzeit). Auf dieser Grundlage können dann verkehrsplanerische Eingriffe zur Umsetzung der Ziele einer nachhaltigen Mobilität deutlich schneller und flexibler erfolgen; zudem wird es auch möglich, die Wirkung unmittelbar nachzuverfolgen. Herzstück des UVM ist darüber hinaus eine umfassende Informationsplattform. Über diese Plattform wird es den Nutzern ermöglicht, ihre täglichen Wege nachhaltig zu planen, indem alle Angebote und Möglichkeiten (Radwegeverbindung, Leihradverfügbarkeit, aktuelle ÖPNV-Fahrplaninformationen, Carsharing, Lastenräder, Fußwegeverbindungen, Ladestationen für E-Fahrzeuge etc.) auf einem Blick verfügbar sind und (multimodale) Routenplanungen einfach möglich werden. Zudem kann mit dem UVM auch den Bedürfnissen des Radverkehrs – einem entscheidenden Baustein für die nachhaltige Mobilität – deutlich besser Rechnung getragen werden; dies reicht von dynamischen „grünen Wellen“ für den Radverkehr, über spezielle Informationsangebote bis hin zu Feedback-Plattformen, die es ermöglichen Fehl- und Gefahrenstellen zu melden.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.

Auch auf Wirkungen und Kosten wird im Bericht eingegangen. Die umweltorientierte Verkehrssteuerung kann die Luftbelastung mit Stickstoffdioxid (bezogen auf den Jahresmittelwert) an den Belastungsschwerpunkten unter den getroffenen Annahmen um bis zu 7,7 % reduzieren. Sie stellt also eine kurzfristig wirksame und effektive Maßnahme zur Entlastung von Hotspots dar. Das UVM insgesamt zielt hingegen generell auf eine nachhaltige Mobilität und damit auf eine Verringerung der Anteile des motorisierten Individualverkehrs ab. Diese gesamtstädtischen Wirkungen sind im Einzelnen derzeit nicht quantifizierbar, die Erfahrungen aus anderen Städten zeigen aber, dass eine umfassende und aktuelle Informationsplattform (und die Nachvollziehbarkeit der Wirkungen) ein Schlüsselelement zur Motivation der Bevölkerung für die Nutzung der nachhaltigen Mobilitätsangebote ist. Für die Implementierung des vorgeschlagenen Gesamtsystems würden Investitionskosten im Bereich von etwa 2 Mio € sowie laufende Kosten von etwa 270.000 € pro Jahr anfallen.

© 2018 VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten.