

Anhang 1 zu:

Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement

von

Volker Diegmann
Heike Wursthorn
Yvonne Breitenbach
IVU Umwelt GmbH, Freiburg

Ingo Düring
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul

Jörg Schönharting
TRC Transportation Research & Consulting GmbH,
Stuttgart

Thomas Kraus
pwp-systems GmbH, Bad Camberg

Patrick Klemm
Rainer Voigt
Ralf Kohlen
VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH

Holger Löhner
WVI GmbH, Braunschweig

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 321 – Anhang 1

bast

Anlage 1 zum Bericht

FE 70.0912/2015 Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement

für die

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
Brüderstraße 53
51427 Bergisch Gladbach

von der Arbeitsgemeinschaft

IVU Umwelt GmbH
Emmy-Noether-Straße 2
79110 Freiburg

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG
Mohrenstraße 14
01445 Radebeul

TRC GmbH
Stoßäckerstraße 55
70563 Stuttgart

und als Unterauftragnehmer

pwp-systems GmbH
Prießnitzstraße 11
65520 Bad Camberg

VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH
Ullsteinstraße 114
12109 Berlin

WVI GmbH
Nordstraße 11
38106 Braunschweig

Anlage 1 zum Bericht

FE 70.0912/2015 Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement

für die

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
Brüderstraße 53
51427 Bergisch Gladbach

Bearbeitet von:

Volker Diegmann, Heike Wursthorn, IVU
Dr. Ingo Düring, LOH
Prof. em. Dr. techn. Jörg Schönharting
Thomas Kraus, pwp
Patrick Klemm, Rainer Voigt, VMZ
Holger Löhner, WVI

Vorgelegt am 20.08.2018

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung	13
2	Untersuchungsgebiete	15
2.1	Berlin – Invalidenstraße	15
2.1.1	Gebietsbeschreibung	15
2.1.2	Beschreibung des Hotspots	16
2.1.2.1	Räumliche Lage	17
2.1.2.2	Luftschadstoffsituation	17
2.1.2.3	Lärmsituation	17
2.1.2.4	Verkehrliche Situation	18
2.1.3	Beschreibung des UVM-Systems	18
2.1.3.1	Verkehrsmodul	19
2.1.3.2	Umweltmodul	22
2.1.3.3	Zusammenspiel der Module	25
2.1.4	Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium	26
2.2	Braunschweig	28
2.2.1	Gebietsbeschreibung	29
2.2.2	Beschreibung der Hotspots	31
2.2.2.1	Hotspot Altewiekring	31
2.2.2.1.1	Räumliche Lage	31
2.2.2.1.2	Luftschadstoffsituation	32
2.2.2.1.3	Lärmsituation	34
2.2.2.1.4	Verkehrliche Situation	34
2.2.2.2	Hotspot Hildesheimer Straße	35
2.2.2.2.1	Räumliche Lage	35
2.2.2.2.2	Luftschadstoffsituation	35
2.2.2.2.3	Lärmsituation	36
2.2.2.2.4	Verkehrliche Situation	36
2.2.3	Beschreibung des UVM-Systems	37
2.2.3.1	Verkehrsmodul	38
2.2.3.2	Umweltmodul	41
2.2.3.3	Weitere Module	41
2.2.3.4	Zusammenspiel der Module	43
2.2.4	Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium	43
2.2.4.1	Hotspot Altewiekring	43
2.2.4.2	Hotspot Hildesheimer Straße	45
2.2.5	Ablauf der Aktivierung/Deaktivierung der Maßnahme	47
2.3	Erfurt	48
2.3.1	Gebietsbeschreibung	50
2.3.2	Beschreibung der Hotspots	53
2.3.2.1	Talstraße / Bergstraße	53
2.3.2.1.1	Räumliche Lage	53
2.3.2.1.2	Luftschadstoffsituation	54
2.3.2.1.3	Lärmsituation	54
2.3.2.1.4	Verkehrliche Situation	54
2.3.2.2	Leipziger Straße	55

2.3.2.2.1	Räumliche Lage	55
2.3.2.2.2	Luftschadstoffsituation	56
2.3.2.2.3	Lärmsituation	56
2.3.2.2.4	Verkehrliche Situation	57
2.3.3	Beschreibung des UVM-Systems	58
2.3.3.1	Verkehrsmodul	59
2.3.3.2	Umweltmodul	62
2.3.3.3	Weitere Module	62
2.3.3.4	Zusammenspiel der Module	62
2.3.4	Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium	64
2.4	Potsdam	66
2.4.1	Gebietsbeschreibung	66
2.4.2	Beschreibung der Hotspots	67
2.4.2.1	Räumliche Lage	67
2.4.2.2	Luftschadstoffsituation	68
2.4.2.3	Lärmsituation	69
2.4.2.4	Verkehrliche Situation	70
2.4.3	Beschreibung des UVM-Systems	71
2.4.3.1	Verkehrsmodul	71
2.4.3.2	Umweltmodul	72
2.4.3.3	Zusammenspiel der Module	73
2.4.4	Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium	75
2.5	Weimar	77
2.5.1	Gebietsbeschreibung	78
2.5.2	Beschreibung des Hotspots	80
2.5.2.1	Räumliche Lage	80
2.5.2.2	Luftschadstoffsituation	80
2.5.2.3	Lärmsituation	81
2.5.2.4	Verkehrliche Situation	81
2.5.3	Beschreibung des UVM-Systems	81
2.5.3.1	Verkehrsmodul	82
2.5.3.2	Umweltmodul	82
2.5.3.3	Weitere Module	82
2.5.3.4	Zusammenspiel der Module	82
2.5.4	Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium	83
2.6	Rostock	84
2.6.1	Gebietsbeschreibung	84
2.6.2	Beschreibung des Hotspots	87
2.6.2.1	Räumliche Lage	87
2.6.2.2	Luftschadstoffsituation	88
2.6.2.3	Lärmsituation	89
2.6.2.4	Verkehrliche Situation	89
2.6.3	Beschreibung des UVM-Systems	90
2.6.3.1	Verkehrsmodul	90
2.6.3.2	Umweltmodul	90
2.6.3.3	Weitere Module	91
2.6.3.4	Zusammenspiel der Module	91
2.6.4	Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium	92
2.6.5	Sonstiges	92

2.7	Lutherstadt Wittenberg	93
2.7.1	Gebietsbeschreibung	93
2.7.2	Beschreibung des Hotspots	95
2.7.2.1	Räumliche Lage	95
2.7.2.2	Luftschadstoffsituation	96
2.7.2.3	Lärmsituation	97
2.7.2.4	Verkehrliche Situation	97
2.7.3	Beschreibung des UVM-Systems	98
2.7.3.1	Verkehrsmodul	98
2.7.3.2	Umweltmodul	99
2.7.3.3	Weitere Module	103
2.7.3.4	Zusammenspiel der Module	103
2.7.4	Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium	103
2.7.5	Ablauf der manuellen Aktivierung/Deaktivierung der Maßnahme	104
2.8	Autobahnen in Österreich	106
2.8.1	Steiermark	107
2.8.1.1	Gebietsbeschreibung	108
2.8.1.2	Beschreibung der Hotspots	108
2.8.1.2.1	Räumliche Lage	108
2.8.1.2.2	Luftschadstoffsituation	110
2.8.1.2.3	Verkehrliche Situation	112
2.8.1.3	Beschreibung des UVM-Systems	113
2.8.1.3.1	Verkehrsmodul	113
2.8.1.3.2	Umweltmodul	113
2.8.1.3.3	Weitere Module	113
2.8.1.3.4	Zusammenspiel der Module	114
2.8.1.4	Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium	114
2.8.1.5	Ablauf der Aktivierung/Deaktivierung der Maßnahme	116
2.8.2	Tirol	116
2.9	Weitere Gebiete	118
2.9.1	Hagen	118
2.9.1.1	Gebietsbeschreibung	118
2.9.1.2	Beschreibung der Hotspots	119
2.9.1.3	Beschreibung des UVM-Systems	121
2.9.1.4	Maßnahmensituation und Auslösekriterium	122
2.9.1.5	Ablauf der Aktivierung	123
2.9.1.6	Wirksamkeit des UVM (Simulation)	124
2.9.1.7	Wirksamkeit des UVM (Realer Betrieb)	125
2.9.1.8	Ausblick	126
2.9.1.9	Investitionskosten	126
2.9.2	Köln	128
2.9.2.1	Gebietsbeschreibung	128
2.9.2.2	Beschreibung der Hotspots	129
2.9.2.3	Luftschadstoffsituation	129
2.9.2.4	Beschreibung des UVM-Systems	130
3	Verfügbare Daten für die Untersuchungsgebiete	131
3.1	Braunschweig	131
3.2	Potsdam	132

3.3	Berlin Invalidenstraße	132
3.4	Lutherstadt Wittenberg	132
3.5	Erfurt	133
3.6	Rostock	133
3.7	Weimar	134
4	Kriterien-/Indikatorenkatalog zur Auswahl der Untersuchungsgebiete	135
4.1	Allgemeine Überlegung	135
4.2	Zulässigkeitsprüfung	137
4.3	Zielfelder und Indikatoren	137
4.4	Methodik für die Nutzung der Wertausprägungen der Indikatoren zur Ermittlung der Ähnlichkeit / Unterschiedlichkeit von UG	141
4.5	Ergebnisse der Indikatorenanalyse	143
4.6	Zusammenstellung der Indikatoren für alle UG	143
4.7	Auswertungen	145
5	Vorschlag für die im Projekt zu behandelnden Untersuchungsgebiete	151
6	Literatur	153

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1:	Lage des Untersuchungsgebiets Berlin-Invalidenstraße (Quelle: VMZ Berlin)	15
Abbildung 2-2:	Invalidenstraße mit Blick in Richtung Nordbahnhof (Foto: VMZ Berlin, 2016)	16
Abbildung 2-3:	Übersichtsplan Hotspot Berlin-Invalidenstraße (Quelle: VMZ Berlin)	17
Abbildung 2-4:	Verkehrs- und Informationsmanagement Berlin (eigene Darstellung VMZ Berlin)	19
Abbildung 2-5:	Fundamentaldiagramm - Bestimmung HBEFA-Verkehrszustand der Invalidenstraße in Berlin (eigene Darstellung VMZ Berlin)	20
Abbildung 2-6:	Verkehrliche Messstandorte zum UVM Invalidenstraße/Berlin (Quelle: VMZ Berlin)	21
Abbildung 2-7:	Modellierung der Luftqualität mit dem System IMMIS ^{mt} und Einsatz des Systems im UVM im Hotspot in Berlin-Invalidenstraße (eigene Darstellung IVU)	22
Abbildung 2-8:	Übersicht über das Monitoringsystem IMMIS ^{mt} (eigene Darstellung IVU)	23
Abbildung 2-9:	Ablaufschema umweltsensitives Verkehrsmanagement in Berlin-Invalidenstraße (eigene Darstellung VMZ Berlin)	26
Abbildung 2-10:	Übersicht über das Dosierungsprinzip in der Invalidenstraße (Quelle: VMZ Berlin)	27
Abbildung 2-11:	Im Rahmen der UVM-Projekte betrachtete Hotspots in Braunschweig (UVM-BS, 2012)	28
Abbildung 2-12:	Übersichtskarte Braunschweig (© OpenStreetMap contributors)	30
Abbildung 2-13:	Lage der Luftmessstationen in Braunschweig (http://umap.openstreetmap.fr/de/ , Kartendaten © OpenStreetMap contributors)	31
Abbildung 2-14:	Hotspotbereich Altewiekring (http://umap.openstreetmap.fr/de/ , Kartendaten © OpenStreetMap contributors)	32
Abbildung 2-15:	Entwicklung der NO ₂ -Jahresmittelwerte an der Messstation Braunschweig-Altewiekring (GAA Hildesheim, 2016)	33
Abbildung 2-16:	Entwicklung der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte und Anzahl Überschreitungen des PM ₁₀ -Tagesgrenzwerts an der Messstation Braunschweig-Altewiekring (GAA Hildesheim, 2016)	33
Abbildung 2-17:	Hotspotbereich Hildesheimer Straße mit Standort Passivsammler (http://umap.openstreetmap.fr/de/ , Kartendaten © OpenStreetMap contributors)	35
Abbildung 2-18:	Entwicklung der NO ₂ -Jahresmittelwerte an der Messstation Braunschweig-Hildesheimer Straße (GAA Hildesheim, 2016, # NO ₂ -Messung mittels Passivsammler)	36
Abbildung 2-19:	Überblick Gesamtsystem im UVM Braunschweig (eigene Darstellung WVI)	37
Abbildung 2-20:	Betrachtungsraum Verkehrsmonitoring im UVM Braunschweig (WVI, 2012)	39
Abbildung 2-21:	Systemübersicht Verkehrsmonitoring im UVM Braunschweig (eigene Darstellung WVI)	41
Abbildung 2-22:	Prognosehorizonte in IMMIS ^{mt} (eigene Darstellung IVU)	43
Abbildung 2-23:	Überblick UVM-Maßnahme Altewiekring (Bellis)	44
Abbildung 2-24:	Lageplan Hotspot Hildesheimer Straße, Maßnahmen 2 und 2a (WVI, 2012)	45

Abbildung 2-25:	Hotspot Hildesheimer Straße, verkehrliche Wirkung der Maßnahme 2a (Stufe 3) (eigene Darstellung WVI)	47
Abbildung 2-26:	UVM Erfurt – Übersicht (UVM-EF-GK, 2015)	49
Abbildung 2-27:	Erfurt – Hauptstraßennetz (OpenStreetMap-Mitwirkende)	51
Abbildung 2-28:	UVM Erfurt – Grundprinzip Zuflussdosierung (pwp)	52
Abbildung 2-29:	UVM Erfurt – Immissionsmessstellen TLUG (grün) (UVM-EF-GK, 2015)	52
Abbildung 2-30:	UVM Erfurt – Talstraße / Bergstraße (pwp; Karte: OpenStreetMap-Mitwirkende)	53
Abbildung 2-31:	UVM Erfurt – Leipziger Straße (pwp; Karte: OpenStreetMap-Mitwirkende)	56
Abbildung 2-32:	VMP Erfurt – Systemaufbau (pwp)	58
Abbildung 2-33:	VMP Erfurt – pwpTMPlatform (pwp)	60
Abbildung 2-34:	VMP Erfurt – OPTIMA (PTV)	61
Abbildung 2-35:	VMP Erfurt – Strategische Verkehrssteuerung (pwp)	63
Abbildung 2-36:	UVM Erfurt – Versorgung Infotafeln (Prinzipbeispiel) (pwp)	65
Abbildung 2-37:	Lage und verkehrliche Anbindung des Untersuchungsgebiets in Potsdam (eigene Darstellung VMZ, Karte: OpenStreetMap und Mitwirkende)	66
Abbildung 2-38:	Lage der Hotspots und Maßnahmen der Umweltorientierten Verkehrssteuerung in Potsdam (Stadtverwaltung Potsdam)	68
Abbildung 2-39:	Anteile der räumlichen Verkehrsarten in Potsdam (eigene Darstellung VMZ, Karte: OpenStreetMap und Mitwirkende)	70
Abbildung 2-40:	Fundamentaldiagramm zur Bestimmung des Verkehrszustands nach HBEFA (Verkehrsqualität im 3. Quartal 2012, Behlerstraße (beide Fahrstreifen) Mo-Fr (eigene Darstellung VMZ)	72
Abbildung 2-41:	Funktionsweise des Umweltmodells IMMIS ^{mt} in Potsdam (eigene Darstellung IVU)	73
Abbildung 2-42:	Datenfluss der umweltorientierten Verkehrssteuerung Potsdam (eigene Darstellung VMZ)	74
Abbildung 2-43:	Integration des Umweltmoduls in die VSMZ Potsdam (Stadtverwaltung Potsdam)	75
Abbildung 2-44:	Schwellenwerte und Maßnahmen der umweltorientierten Verkehrssteuerung und -information in Potsdam (Stadtverwaltung Potsdam)	76
Abbildung 2-45:	UVM Weimar – Übersicht (pwp; Karte: SV Weimar)	77
Abbildung 2-46:	Weimar – Hauptstraßennetz (SBA Mittelthüringen, 2014)	79
Abbildung 2-47:	UVM Weimar – Hotspot Jenaer Straße (UVM-WE-GK, 2014)	80
Abbildung 2-48:	UVM Weimar – Systemaufbau (geplant) (pwp)	82
Abbildung 2-49:	Schematische Darstellung des Stadtgebietes Rostock inkl. der Landes- und Bundesstraßen sowie der Autobahnen (Rostock, 2008) ⁸⁵	
Abbildung 2-50:	Standorte der Luft-Messstationen in Rostock. Warnemünde=Städtischer Hintergrund (MWAT, 2008)	86
Abbildung 2-51:	Luftbild des Bereiches Am Strande zwischen Grubenstraße im Osten und Lagerstraße im Westen.	87
Abbildung 2-52:	Blick in die Straße Am Strande am Knotenpunkt mit Grubenstraße. Die Messstelle Am Strande ist durch einen Pfeil markiert. Blick in Richtung Osten (MWAT, 2008)	88

Abbildung 2-53:	Ausschnitt aus dem Verkehrslagesystem Rostock. Als blaues Rechteck ist der Bereich Am Strande (mit KP Grubenstraße) markiert. Roter Punkt=Lage der Messstelle Am Strande.	90
Abbildung 2-54:	Übersicht über das Datenhandling im Umweltmodul PROKAS ^{online} für Rostock	91
Abbildung 2-55:	Geografischer Überblick der Lutherstadt Wittenberg (MLU Sachsen-Anhalt, 2014)	93
Abbildung 2-56:	Standorte der LÜSA-Messstationen in der Lutherstadt Wittenberg. Bahnstraße=Städtischer Hintergrund (MLU Sachsen-Anhalt, 2014)	94
Abbildung 2-57:	Luftbild des Bereiches Dessauer Straße zwischen Krummer Weg und Clara-Zetkin-Straße	95
Abbildung 2-58:	Foto der Messstelle Dessauer Straße. Blick in Richtung Westen. (Wittenberg, 2008)	96
Abbildung 2-59:	VL Sachsen-Anhalt – Ausschnitt Wittenberg (pwp)	97
Abbildung 2-60:	VL Sachsen-Anhalt – Systemaufbau (pwp)	98
Abbildung 2-61:	VL Sachsen-Anhalt – pwpTMPlatform (pwp)	99
Abbildung 2-62:	Übersicht über das Umweltmodul ProFet/PROKAS ^{online} für Sachsen-Anhalt	100
Abbildung 2-63:	Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Datenbereitstellungen und Prognoserechnungen in ProFet-Sachsen-Anhalt	102
Abbildung 2-64:	Ausgabebildschirm für die Trendprognose (PM10-Tagesmittelwerte) in ProFet. Konzentrationswerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.	102
Abbildung 2-65:	Verkehrsbeschilderung auf der Coswiger Landstraße und der Dessauer Straße für die einseitige Lkw-Umleitung (MLU Sachsen-Anhalt 2014)	103
Abbildung 2-66:	Streckenführung für die einseitige Lkw-Umleitung (MLU Sachsen-Anhalt, 2014)	104
Abbildung 2-67:	Lage der beiden Untersuchungsgebiete Steiermark und Tirol (eigene Darstellung IVU, nach ASFINAG, 2010)	106
Abbildung 2-68:	Autobahnkreuz A2 und A9 im Großraum Graz (eigene Darstellung IVU, Kartengrundlage auf Basis von OpenStreetMap contributors [®])	108
Abbildung 2-69:	Lage der Messstationen im Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)	109
Abbildung 2-70:	Jahresauswertung 2014 für NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] für den Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)	110
Abbildung 2-71:	Funktionsschema VBA Umwelt (Land Tirol, 2008)	114
Abbildung 2-72:	Rechenmodell VBA Umwelt Tirol (Land Tirol, 2008)	114
Abbildung 2-73:	Schalzhäufigkeiten 2014 (Land Steiermark, 2015)	116
Abbildung 2-74:	Einbindung der Stadt Hagen in das regionale und das überregionale Straßennetz	118
Abbildung 2-75:	Aufstellungsorte der Messcontainer	119
Abbildung 2-76:	Häufigkeit des Auftretens von NO_2 -Konzentrationen $>160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Tagesverlauf (Zeitraum: 01.09.2006 – 31.08.2007)	120
Abbildung 2-77:	Aufbau des Programms zur dynamischen Verkehrslenkung	121
Abbildung 2-78:	Zeitliche Phasen des Einsatzes des UVM	122
Abbildung 2-79:	Eingeschaltetes Lkw-Durchfahrtsverbot (das allerdings nicht beachtet wird)	124
Abbildung 2-80:	Plan der Umgebung der Messstation Clevischer Ring (Neunhäuserer & Diegmann, 2010)	128

Abbildung 2-81:	Foto der Messstation Clevischer Ring in Köln (LANUV-Kürzel VKCL; https://www.lanuv.nrw.de/uploads/pics/bild-vkcl.jpg , 5.10.2016)	129
Abbildung 2-82:	Zeitreihe der gemessenen NO ₂ -Jahresmittelwerte an der Station Clevischer Ring in Köln (Daten LANUV http://opendata.lanuv.nrw.de/abt4/OpenKontiLUQS_VKCL_alt.csv ; 5.10.2016, Grafik IVU)	129
Abbildung 2-83:	Verursacheranalyse für die NO _x -Belastung am Clevischer Ring in 2008 (BezReg Köln, 2012)	130
Abbildung 4-1:	Funktionsschema eines Verkehrsmanagements mit integrierter umweltsensitiver Verkehrssteuerung	135
Abbildung 4-2:	Methodisches Vorgehen zur Auswahl von Untersuchungsgebieten (UG)	137

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1:	Quellgruppenanteile an den Immissionen im Altewiekring im Bezugsjahr 2010 (GAA Hildesheim, 2010)	34
Tabelle 2-2:	Überschreitungszahlen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes und PM10-Jahresmittelwert (JM) sowie NO ₂ -JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an Messstationen in Erfurt. Konzentrationen in µg/m ³ . Fett = Grenzwertüberschreitung. <i>Hinweis: Die dargestellten Messergebnisse beinhalten seit 2013 bereits die Wirkung des UVM.</i>	54
Tabelle 2-3:	Kritische Bereiche der Luftschadstoffbelastung in Potsdam (MUGV, 2012)	67
Tabelle 2-4:	Kritische Bereiche und Luftschadstoffbelastungen in Potsdam (MUGV, 2012)	69
Tabelle 2-5:	Kritische Bereiche und Kfz-Belastungen in Potsdam	71
Tabelle 2-6:	NO ₂ -JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an Messstationen in Weimar. Fett = Grenzwertüberschreitung.	81
Tabelle 2-7:	Überschreitungszahlen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes und PM10-Jahresmittelwert (JM) sowie NO ₂ -JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an Messstationen in Rostock. Konzentrationen in µg/m ³ . Fett= Grenzwertüberschreitung.	89
Tabelle 2-8:	Überschreitungszahlen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes und des PM10-Jahresmittelwertes (JM) sowie NO ₂ -JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an den Messstationen in der Lutherstadt Wittenberg. Konzentrationen in µg/m ³ . Fett = Grenzwertüberschreitung. <i>Hinweis: Die dargestellten Messergebnisse beinhalten bereits die Wirkung des UVM, welches seit 2007 aktiv ist.</i>	96
Tabelle 2-9:	Charakterisierung der Messstationen im Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)	109
Tabelle 2-10:	Jahresauswertung 2014 für Stickstoffoxide [µg/m ³] für den Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)	111
Tabelle 2-11:	Jahresauswertung 2014 für Feinstaub (PM10) [µg/m ³] für den Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)	111
Tabelle 2-12:	NO ₂ -Grenzwertüberschreitungen 1999-2014 im Ballungsraum Graz (UBA Österreich, 2016)	111
Tabelle 2-13:	PM10-Grenzwertüberschreitungen 1999-2014 im Ballungsraum Graz (UBA Österreich, 2016)	112
Tabelle 2-14:	NO ₂ -Jahresmittelwerte [µg/m ³] 2010-2014 an der Messstation Graz Don Bosco (UBA Österreich, 2016)	112
Tabelle 2-15:	Teilkorridore der VBA Umwelt Steiermark (FVT, 2013)	112
Tabelle 2-16:	Verkehrsdaten der vier Korridore im Betriebszeitraum 2011/2012 (FVT, 2013)	113
Tabelle 2-17:	Schwellenwerte zur Schaltung von Tempo 100 (Land Steiermark, 2015)	115
Tabelle 2-18:	Messgrößen der meteorologischen Stationen	120
Tabelle 2-19:	Kriterien zur Aktivierung des Lkw-Durchfahrverbotes	123
Tabelle 2-20:	Kenngößen der unterschiedlichen Sperrkonzepte (Untersuchungsraum: 01.09.2006 bis 14.02.2007 und 01.05.2007 bis 31.05.2007)	125
Tabelle 2-21:	Investitionskosten des UVM Hagen	127
Tabelle 4-1:	Matrix der Ausprägungen der Indikatoren	141
Tabelle 4-2:	Vorschlag für die Auswahl von 4 geeigneten Untersuchungsgebieten.	142

Tabelle 4-3:	Wertausprägungen aller Indikatoren und potentiellen UG	144
Tabelle 4-4:	Standardisierte Wertausprägungen aller Indikatoren und potentiellen Untersuchungsgebiete	147
Tabelle 4-5:	Distanzenmatrix zur Beschreibung der Unterschiedlichkeit der Ausgangssituation	148
Tabelle 4-6:	Distanzenmatrix zur Beschreibung der Unterschiedlichkeit der gewählten UVM-Lösung	149

1 Einführung

Die Anlage 1 beschreibt, ergänzend zum Schlussbericht zum Forschungsprojekt „Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement“, die Teilarbeiten zur Auswahl von geeigneten Untersuchungsgebieten, die hinsichtlich der im Gesamtprojekt geforderten Fragestellungen analysiert werden können.

Im Folgenden werden alle zum Zeitpunkt der Untersuchung verfügbaren Untersuchungsgebiete mit den jeweils vorhandenen Daten detailliert beschrieben, der Kriterienkatalog zur Auswahl geeigneter Gebiete wird erläutert und die darauf aufbauende Priorisierung der Gebiete wird dargestellt.

2 Untersuchungsgebiete

2.1 Berlin – Invalidenstraße

2.1.1 Gebietsbeschreibung

Die Invalidenstraße ist ein ca. drei Kilometer langer Abschnitt einer Hauptverkehrsstraße 2. Ordnung in Berlin Mitte. Sie verläuft in ost-westlicher Richtung und stellt einen Bestandteil einer Ringverbindung in der Innenstadt dar.



Abbildung 2-1: Lage des Untersuchungsgebiets Berlin-Invalidenstraße (Quelle: VMZ Berlin)

Die Invalidenstraße vom Hauptbahnhof bis zur Caroline-Michaelis-Straße wurde zwischen 2011 und 2015 als wichtige innerstädtische Straßenverbindung komplett neu gebaut. Im August 2015 wurde sie dem Betrieb übergeben.

2.1.2 Beschreibung des Hotspots

Der kritische Abschnitt der Invalidenstraße liegt zwischen der Straße Am Nordbahnhof und der Chausseestraße. Im Hotspot-Bereich stehen dem Kfz-Verkehr jeweils zwei Fahrstreifen pro Richtung zur Verfügung, wobei der jeweils innere Fahrstreifen auch von der Straßenbahn befahren wird. Der Radverkehr wird in beide Fahrrichtungen auf einem separaten Radfahrstreifen geführt. Bei dem kritischen Bereich handelt es sich um einen beidseitig geschlossen bebauten Straßenabschnitt (siehe Abbildung 2-2).



Abbildung 2-2: Invalidenstraße mit Blick in Richtung Nordbahnhof (Foto: VMZ Berlin, 2016)

2.1.2.1 Räumliche Lage

Der nachfolgende Übersichtsplan zeigt die Lage des Hotspots. Dieser kritische Abschnitt mit Ost-West-Ausrichtung liegt zwischen der Chausseestraße und der Straße Am Nordbahnhof (siehe Abbildung 2-3).



Abbildung 2-3: Übersichtsplan Hotspot Berlin-Invalidenstraße (Quelle: VMZ Berlin)

2.1.2.2 Luftschadstoffsituation

Für die Abbildung der Luftschadstoffsituation konnte bei dieser Neubaumaßnahme nicht auf Messdaten zurückgegriffen werden. Auch bei den verkehrlichen Grundlagen standen keine Zählungen zur Verkehrsstärke zur Verfügung. Für die Berechnung der Luftschadstoffbelastungen für diese neue Straßenverbindung konnten deshalb ausschließlich Verkehrsmodellrechnungen für die Zeit nach Inbetriebsetzung genutzt werden.

Für den Hotspot wurde eine NO_2 -Belastung von $40.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert.

2.1.2.3 Lärmsituation

Aufgrund der engen Straßenschlucht und der auftretenden Kfz-Belastung werden gemäß der Ergebnisdaten der Lärmkartierung 2012 in der Invalidenstraße hohe Lärmbe-

lastungswerte berechnet¹. Aufgrund der geringen Anzahl der möglichen Betroffenheit (Anwohner) im Hotspot-Bereich wird der Abschnitt der Invalidenstraße nicht als Problembereich im aktuellen Lärmaktionsplan Berlin² ausgewiesen.

2.1.2.4 Verkehrliche Situation

Die Modellierung der verkehrlichen Situation im Hotspot ergab eine zu erwartende Verkehrsbelastung in Höhe von ca. 16'800 Kfz/Tag im DTV.

Der verfügbare Straßenraum ist in beidseitige Gehwege und eine Fahrbahn mit 2x2 Fahrstreifen plus Radfahrstreifen unterteilt. Die jeweils inneren Fahrstreifen werden gemeinsam durch Kfz und Straßenbahn genutzt. Infolge der Randnutzung und des Einzelhandels werden die jeweils rechten Fahrstreifen durch Liefer- und Versorgungsfahrzeuge genutzt. Der Lkw-Anteil am DTV liegt bei ca. 4 %.

Aufgrund der innerstädtischen Lage ist die Verkehrszusammensetzung im Hotspot durch Berliner Binnenverkehr geprägt, städtischer Durchgangsverkehr ist nicht vorhanden.

2.1.3 Beschreibung des UVM-Systems

Wesentliche Voraussetzung für ein umweltorientiertes Verkehrsmanagement ist die Schaffung eines technischen Systems, das es ermöglicht, in Abhängigkeit von der aktuellen Immissionsbelastung in den Hotspots definierte Steuerstrategien zu schalten und darüber Einfluss auf die Verkehrsmenge und die Verkehrssituation zu nehmen.

Durch stete Messung der Verkehrsstärke und der lokalen Geschwindigkeit im Hotspot werden die verkehrlichen Grundlagen für die Bestimmung der Verkehrsqualität und die Immissionsmodellierung geschaffen. Im Ergebnis können drohende Überschreitungen von festgelegten Schwellenwerten der Verkehrs- und Luftschadstoffbelastung erkannt und der Befehl zur Auslösung der UVM-Schaltung an die integrierten LSA übermittelt werden.

In der Invalidenstraße wurde auf die Einbindung der Schildersteuerung zur Information der Verkehrsteilnehmer über die Luftschadstoffbelastung und die Maßnahmenaktivierung verzichtet.

¹ Ergebnisdaten aus den Fassadenpegeln (Immissionen) der Lärmkartierung 2012 der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin.

²

http://stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/laerm/laermminderungsplanung/download/laermaktionsplan/laermaktionsplan2013_2018.pdf

2.1.3.1 Verkehrsmodul

In Berlin muss unter Verkehrsmodul das gesamte Verkehrs- und Informationsmanagementsystem gefasst werden.

Das Gesamtsystem wird von der VKRZ (Verkehrssteuerung öffentliche Hand) und der VIZ (Verkehrsinformation, Dienstleistung) betrieben.



Abbildung 2-4: Verkehrs- und Informationsmanagement Berlin (eigene Darstellung VMZ Berlin)

Darin sind alle Prozesse der Datenerfassung, Datenaufbereitung, Datenübertragung sowie der operativen Steuerung und Information zusammengeführt und geregelt (siehe Abbildung 2-4).

Die aktuellen Verkehrsdaten werden über Verkehrsmessstellen erhoben. Zusätzlich zu den über 700 automatischen Verkehrsmessstellen in Hauptverkehrsstraßennetz wurde der Hotspot und das umgebende Straßennetz mit Traffic Eye Universal (TEUs) ausgerüstet. Mittels dieser Infrarotmessstellen werden die Verkehrsstärke, getrennt nach Pkw und Lkw, sowie die lokale Geschwindigkeit erfasst. Im iQ Traffic werden die Rohdaten zu Stundenwerten aggregiert, der aktuelle Verkehrszustand bestimmt und über eine Schnittstelle IMMIS^{mt} zur Verfügung gestellt. Die Grundlage für die Ableitung des Verkehrszustands bildet das Fundamentaldiagramm des Verkehrs, welches den Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Geschwindigkeit darstellt (siehe Abbildung 2-5). Dabei erfolgt die Bestimmung des Verkehrszustands nicht nach verkehrsplanerischen Aspekten, sondern nach umweltrelevanten Aspekten entsprechend der HBEFA-Definition von Stop+Go, gesättigtem, dichtem und flüssigem Verkehr.

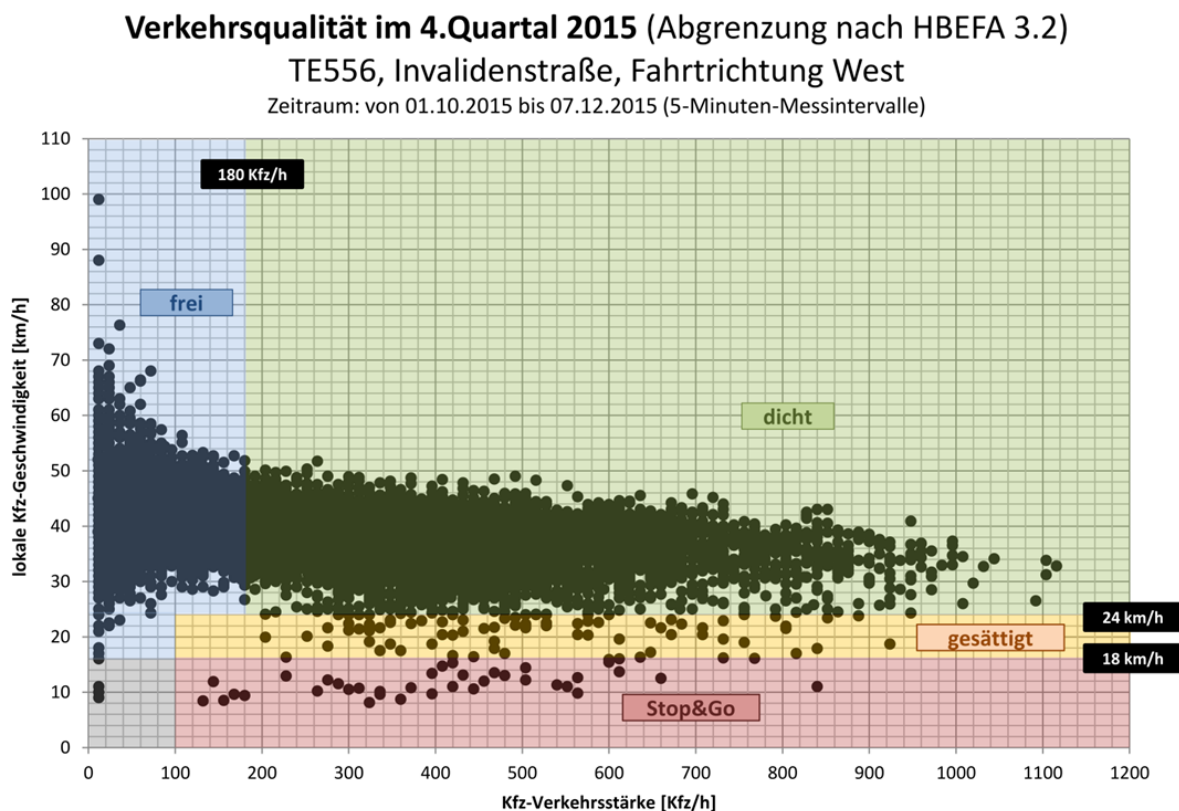


Abbildung 2-5: Fundamentaldiagramm - Bestimmung HBEFA-Verkehrszustand der Invalidenstraße in Berlin (eigene Darstellung VMZ Berlin)

Untrennbarer Bestandteil des Gesamtsystems ist das Steuerungs- und Informationsmanagement. Hier gilt es, die vorbereiteten Steuerungsstrategien automatisiert auszulösen bzw. aufzuheben sowie die beteiligten Partner mittels iQ Traffic über die Belastungssituation in der Stadt und die eingeleiteten Maßnahmen zu informieren. Das Monitoringsystem in iQ Traffic umfasst das komplette Hauptverkehrsstraßennetz Berlins.

Die Verkehrswerte (Verkehrsstärke und LOS) werden durch Detektoren, die im Rahmen des Projektes im Umfeld des Hotspots installiert wurden, ermittelt. Sie dienen zum einen als Eingangsdaten für die Berechnung im iQ Traffic und zum anderen der Analyse von Veränderungen im Verkehrsfluss. Dies gilt nicht nur für den unmittelbaren Hotspot sondern auch für die Analyse der Folgewirkungen im Umfeld. Für das berlinweite Monitoring wird darüber hinaus die Verkehrslage der Stadt genutzt.

Auf der folgenden Abbildung sind die verkehrlichen Messstandorte im Umfeld des Hotspots eingetragen, wobei die Standorte 4 und 5 im Hotspot der Invalidenstraße liegen.

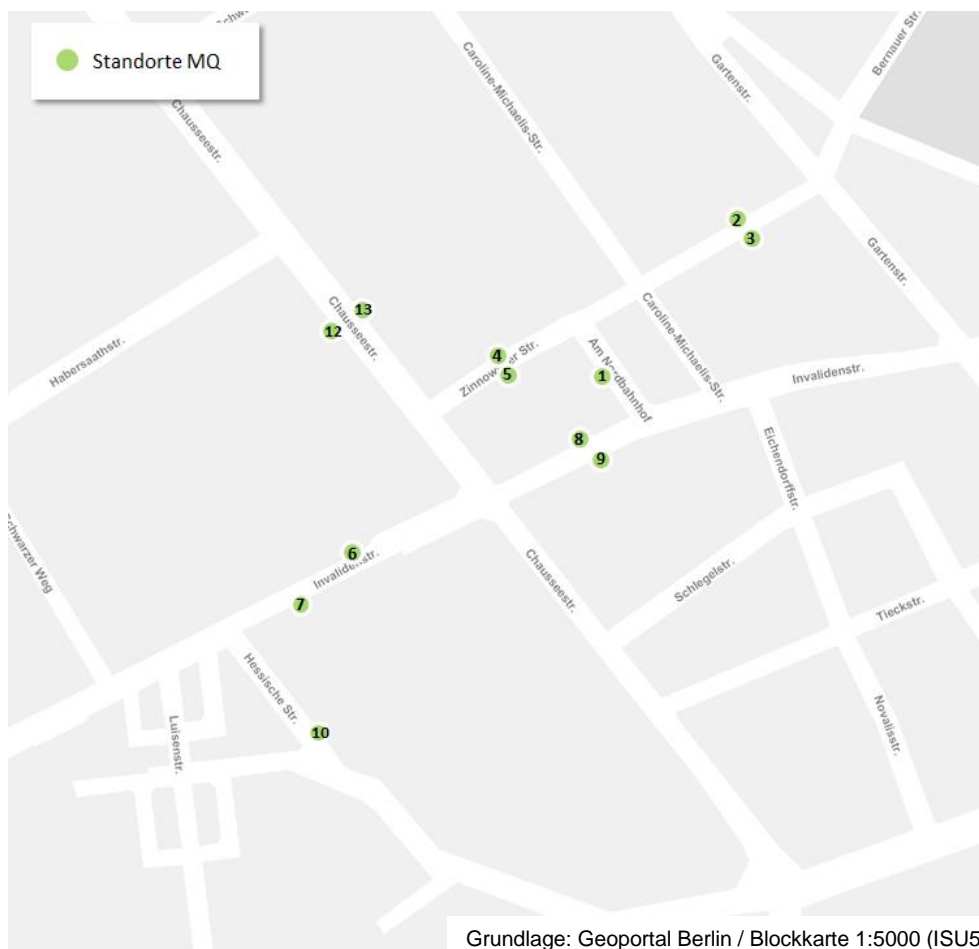


Abbildung 2-6: Verkehrliche Messstandorte zum UVM Invalidenstraße/Berlin (Quelle: VMZ Berlin)

2.1.3.2 Umweltmodul

Zur Berechnung der aktuellen Luftschadstoffbelastung wird das System IMMIS^{mt} (Diegmann & Gäßler, 2009) eingesetzt.

Abbildung 2-7 zeigt die wesentlichen Datengrundlagen der Berechnung, die Modelle und insbesondere den Einsatz von IMMIS^{mt} im Rahmen des Umwelt-Sonderprogramms zur Überwachung der Luftschadstoffkonzentration im Hotspot.

Die folgende Beschreibung des System IMMIS^{mt} ist möglichst kurz gehalten und dient damit auch der Information zu den folgenden Gebietsbeschreibung zu Braunschweig (Kapitel 2.2.3.2), Köln (Kapitel 2.9.2) und Potsdam (Kapitel 2.4.3.2), in denen das gleiche System eingesetzt wird.

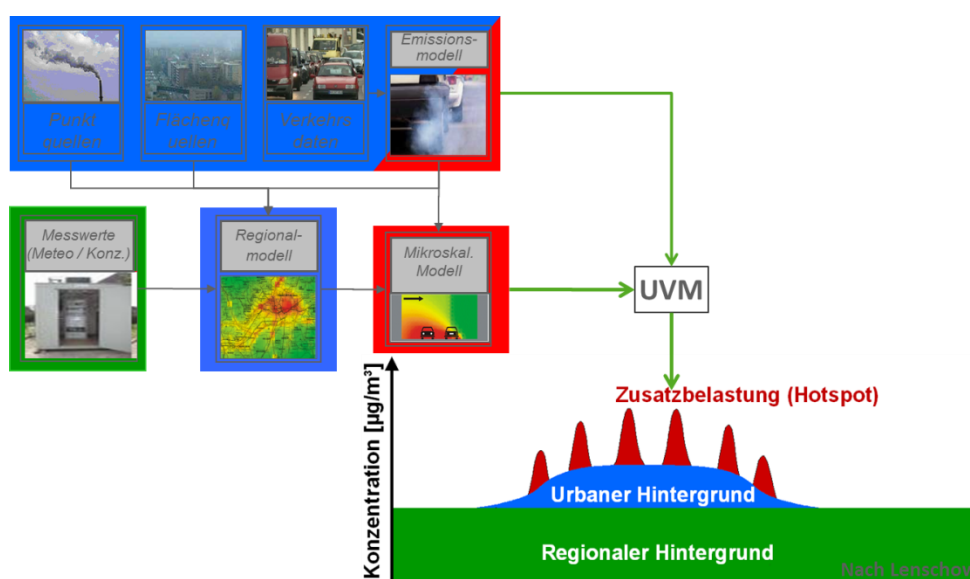


Abbildung 2-7: Modellierung der Luftqualität mit dem System IMMIS^{mt} und Einsatz des Systems im UVM im Hotspot in Berlin-Invalidenstraße (eigene Darstellung IVU)

Übersicht

IMMIS^{mt} ist ein Monitoring-System zur Überwachung und Prognose der stadtweiten Luftschadstoff- und Lärmbelastung in Echtzeit. Auf der Basis von aktuellen Verkehrsdaten, Schadstoffmesswerten und Wetterdaten berechnet IMMIS^{mt} Kfz-Emissionen, Hintergrundkonzentrationen und die Immissionen sowie die Lärmbelastung im Straßenraum z. B. in stündlicher Auflösung. Dafür sind mehrere innerhalb der Luftreinhaltungsplanung validierte Computermodelle optimal aufeinander abgestimmt und integriert (Abbildung 2-8).

IMMIS^{mt} besteht aus mehreren Modulen und kann für verschiedene Anwendungsfälle individuell konfiguriert werden. Aufgrund des modularisierten Aufbaus können bestehende Datenschnittstellen wie z. B. OCIT flexibel an die vorhandene IT-Infrastruktur angeschlossen werden. Das System ist skalierbar. Damit ist es in der Lage, Datenmengen für wenige Straßen, aber auch für umfangreiche Straßennetze von Großstädten oder Ballungsräumen zu verarbeiten. Alle Eingangs- und Ergebnisdaten können in ei-

ner Datenbank archiviert werden. Dabei können je nach Anforderungen einfache datei-
 basierte Datenbanken oder Client/Server-Datenbanksysteme verwendet werden. Damit
 können Auswertungen, wie z. B. die Ermittlung statistischer Kenngrößen, vorgenommen
 werden, die sonst weitreichende Recherchen oder Gutachten erfordern.

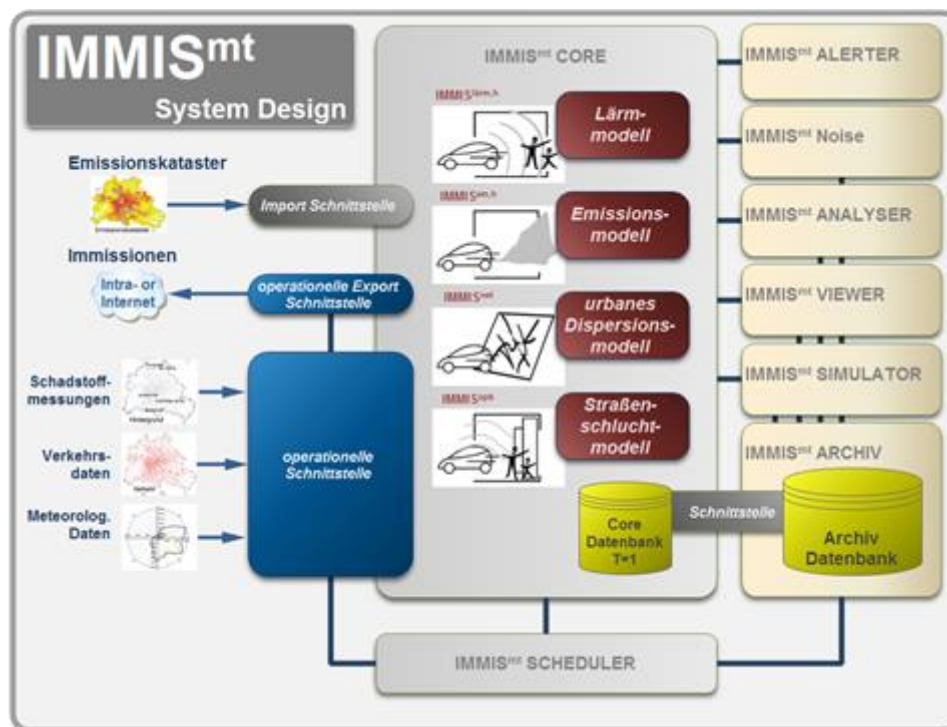


Abbildung 2-8: Übersicht über das Monitoringsystem IMMIS^{mt} (eigene Darstellung IVU)

Eingesetzte Modelle

Die Modellierung der Immissionen im Straßenraum berücksichtigt den regionalen Hinter-
 grund, den städtischen Hintergrund sowie die Zusatzkonzentration, die innerhalb ein-
 es Straßensegments gebildet wird. Die Emissionen des Verkehrs werden mit dem
 stündlichen Emissionsmodell IMMIS^{em} (IVU Umwelt, 2015) nach dem Handbuch für
 Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA, INFRAS, 2014) und weiteren Grund-
 lagen z. B. für PM10-AWAR-Emissionen bestimmt. Sie bilden zusammen mit den Emis-
 sionen aus einem Emissionskataster die Eingangsdaten für das städtische Dispersi-
 onsmodell IMMIS^{net} (IVU Umwelt, 2008) zur Bestimmung des urbanen Hintergrundes
 für alle Straßen sowie für Hintergrundmessstationen in der Stadt. Anhand der Stations-
 messwerte und dem städtischen Anteil lässt sich für jeden Zeitschritt der regionale
 Hintergrund ableiten. Schließlich wird mit dem Detailmodell IMMIS^{cpb} (Yamartino & Wie-
 gand, 1986) die Zusatzkonzentration für jedes Straßensegment für definierte Aufpunkte
 im Straßenraum berechnet. Für Detailberechnungen in der Mikroskala können auch
 vorprozessierte Konzentrationsfelder von MISKAM (Eichhorn & Kniffka, 2010) verwen-
 det werden.

Für die Berechnung der NO₂-Gesamtbelastung im Straßenraum wird ein einfaches Mo-
 dell nach Berkowicz et al. (1997) benutzt, in dem der NO₂-Anteil im Autoabgas sowie
 die NO₂-Vorbelastung und Verfügbarkeit von Ozon berücksichtigt wird.

Aufbau des Systems

IMMIS^{mt} besteht im Kern aus mehreren aufeinander abgestimmten Modellen, deren Ablauf und Datenfluss durch einen Kern (mt-Core) gesteuert und koordiniert wird (Abbildung 2-8). Ein Scheduler steuert den zeitlichen Ablauf des Gesamtsystems. Darunter fallen im Einzelnen Aufgaben wie die Datenversorgung, das Starten der Modellkette und das Versenden von Meldungen z. B. an das Verkehrsmanagement. Alle Eingangs- und Ausgangsdaten sind durch anpassbare Schnittstellen (OCPI/SOAP/HTTP/ASCII) an das System angebunden. Zur internen Datenhaltung dient eine je nach Anforderung wählbare Datenbank (Oracle, MySQL, SQLITE, MSACCESS o. a.). Die Datenbank enthält alle notwendigen statischen Daten (z. B. Geometrie des Straßennetzes) sowie alle dynamischen Daten für das aktuelle Modellierungsintervall.

In einem separaten Archiv werden die Werte eines Modelllaufs gespeichert. Dabei werden die Eingangswerte (Verkehrsdaten, Meteorologie- und Stationsdaten) eines Modelllaufes, die Zwischenergebnisse (Emissionen) sowie die Ergebnisse gespeichert. Die Daten stehen hierdurch für Auswertungen und Variationen der Simulationen zur Verfügung.

Mit einem eigenständigen Modul eines Simulators besteht die Möglichkeit, für einen ausgewählten Zeitraum Zeitschritte unter geänderten Parametern erneut zu berechnen. Als Datenbasis können die im Archiv gespeicherten Berechnungen genutzt werden.

Eine weitere Komponente erlaubt die Berechnung von Lärmpegeln im Straßenraum. Der Lärmberechnung liegt die RLS-90 und Schall 03 zugrunde. Analog zur Situation bei der Luftbelastung wird die Lärmbelastung für frei definierbare Aufpunkte im Querschnitt von Straßenräumen bestimmt.

Bei der Berechnung der Beurteilungspegel wird das Verfahren für "lange, gerade" Fahrstreifen angewendet. In die Berechnung des Emissionspegels werden folgende Einflussgrößen mit einbezogen:

- durchschnittliche stündliche Verkehrsstärke und Lkw-Anteile,
- durchschnittliche stündliche Frequenzen von Straßenbahn und S-/U-Bahnen,
- Korrektur für unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten,
- Korrektur für unterschiedliche Straßenoberflächen und -zustände bzw. Schienenanlagen,
- Zuschläge für Steigung und Gefälle und
- Korrektur für den Einfluss von Einfachreflexion.

Bei der Berechnung des Beurteilungspegels werden folgende Einflussgrößen berücksichtigt:

- Zuschläge durch lichtzeichengeregelte Kreuzungen und Einmündungen,
- Berücksichtigung des Abstandes und der Luftabsorption,
- Berücksichtigung der Boden- und Meteorologiedämpfung und
- Berücksichtigung der Mehrfachreflexion bei Straßenschluchten.

Anwendung in Berlin

Das Umweltmodul IMMIS^{mt} ist in Berlin Bestandteil des verkehrsmittelübergreifenden Qualitätsmoduls iQ Traffic und läuft in der VIZ (Abbildung 2-4). Parallel läuft ein Kontrollsystem von IMMIS^{mt} mit eigenständigem Archiv bei der IVU Umwelt.

Die erforderlichen aktuellen verkehrlichen Grunddaten für die Modellierung der Luftschadstoffbelastung werden über den Concert der VIZ dem Umweltmodul zur Verfügung gestellt. Hierzu gehören Messdaten aus dem Luftgütemessnetz. Die erforderlichen Verkehrsdaten stehen im iQ Traffic zur Verfügung.

Grundlagen zu weiteren Schadstoffemissionen werden dem Emissionskataster der Stadt Berlin entnommen, wie es dem aktuellen Luftreinhalteplan zugrunde liegt. Die Straßenraumgeometrie wird aus dem Detailnetz der VMZ abgeleitet³.

2.1.3.3 Zusammenspiel der Module

Die einzelnen Module werden in einem Gesamtsystem zusammengefasst und sind im operativen Betrieb der Verkehrssteuerung und Information der Stadt Berlin integriert.

Abbildung 2-9 zeigt den Datenfluss der umweltorientierten Verkehrssteuerung. Sie zeigt im rechten Bereich die mittels der errichteten Detektion erfassten Verkehrsdaten zu Verkehrsmenge, Geschwindigkeit und Verkehrszustand. Unter Beachtung der Meteorologie und der Hintergrundbelastung wird daraus die Immissionsbelastung für NO₂ und PM10 modellgestützt berechnet. Sowohl die Verkehrsdaten als auch die Umweltdaten bilden die Grundlage für die Schaltung von umweltorientierten Steuerstrategien durch die VKRZ Berlin. Mit der daraus resultierenden Dosierung der Verkehrsmenge und der Verstärkung des Verkehrsflusses verändern sich die Eingangsdaten der Immissionsbelastung und letztendlich der Aktivierung bzw. Aufhebung der Steuer- und Informationsstrategien.

³ http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/berlin/service.jsp?id=k_vms_detailnetz_wms_spatial@senstadt&type=WMS

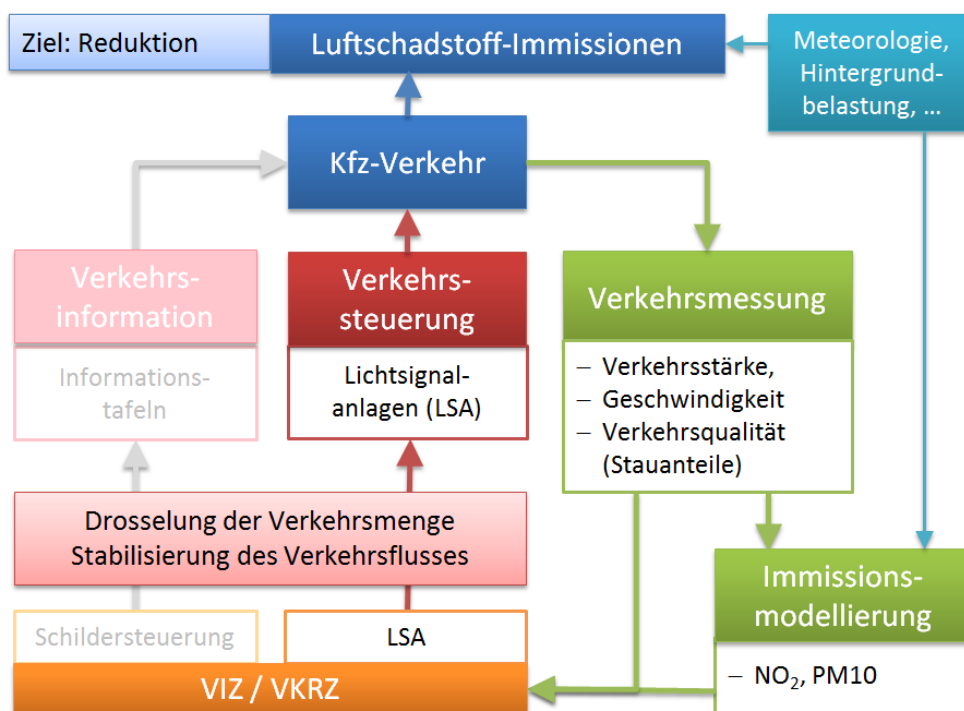


Abbildung 2-9: Ablaufschema umweltsensitives Verkehrsmanagement in Berlin-Invalidenstraße (eigene Darstellung VMZ Berlin)

2.1.4 Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium

Grundlage der Maßnahmenableitung war zunächst eine Bestimmung der jahresbezogenen Verkehrsmenge, für die eine Einhaltung der Grenzwerte für PM₁₀ und NO₂ prognostiziert wird. Sie liegt in der Invalidenstraße zwischen Caroline-Michaelis-Straße und Chausseestraße bei 16'800 Kfz im DTVw, bzw. 15'250 im DTV.

Darauf aufbauend wurden verschiedene Strategien einer verkehrlichen Steuerung modelliert und bewertet und daraus eine Vorzugsvariante bestimmt. Diese besteht in der Drosselung des Kfz-Verkehrs an unmittelbar vorgelagerten Zufahrtsknoten zum Hotspot. Gedrosselt wird auf der Julie-Wolfthorn-Straße in Fahrtrichtung West am Knoten mit der Caroline-Michaelis-Straße (Reduzierung Grünzeit für den Linksabbieger von der Julie-Wolfthorn-Straße) und in Fahrtrichtung Ost am Knoten Invalidenstraße/Hessische Straße (Reduzierung der Grünzeit für den Geradeausfahrer im Zuge Invalidenstraße).

Die NO₂-Belastung im Hotspot ist zu etwa 51% durch den lokalen Verkehr verursacht. Eine Steigerung im Verkehrsaufkommen bedeutet bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen einen unmittelbaren Anstieg der Schadstoffbelastung. Dieser Zusammenhang wird genutzt, um eine Aussage über die Entwicklung der Verkehrs- und Schadstoffbelastung z. B. für die nächste Stunde zu treffen und damit Schwellenwerte so festzulegen, dass der Jahresmittelwert durch die Kappung von festgelegten Tagesspitzen möglichst eingehalten wird.

Eine Rücknahme der Maßnahmenaktivierung „Sonderprogramm“ zum „Normalprogramm“ erfolgt bei einem niedrigeren Schwellenwert, um einen Hystereseffekt zu vermeiden. Im Ergebnis wurden folgende Schwellenwerte für die Auslösung und Abschaltung der Maßnahmen festgelegt:

- Auslöseschwellen - Verkehrsstärke = 1.150 Kfz/h im Querschnitt
 - NO₂-Stundenmittel = 70 µg/m³
- Ablöseschwellen - Verkehrsstärke = 1.150 Kfz/h im Querschnitt
 - NO₂-Stundenmittel = 60 µg/m³

Das Ziel des UVM-Sonderprogramms ist es, bei kritischen Situationen das aktuelle Verkehrsaufkommen zu mindern bzw. den Verkehrszustand zu verbessern.

Bei Überschreiten des Schwellenwerts der NO₂-Belastung im Hotspot wird der Verkehr an zwei LSA im unmittelbaren Umfeld abgeleitet. Am Knotenpunkt Julie-Wolffthorn-Straße/Caroline-Michaelis-Straße nördlich des Hotspots wird der Verkehr geradeaus in die Zinnowitzer Straße geleitet. Am Knotenpunkt Invalidenstraße/Hessische Straße biegt er rechts in die Hessische Straße ein.

Dies wird mit einer Ergänzung der Signalzeitenpläne, um ein neues Schaltprogramm umgesetzt, welches im Bedarfsfall automatisch ausgelöst wird und die Alternativstrecken hinsichtlich ihrer Grünphasen begünstigt (siehe Abbildung 2-10).

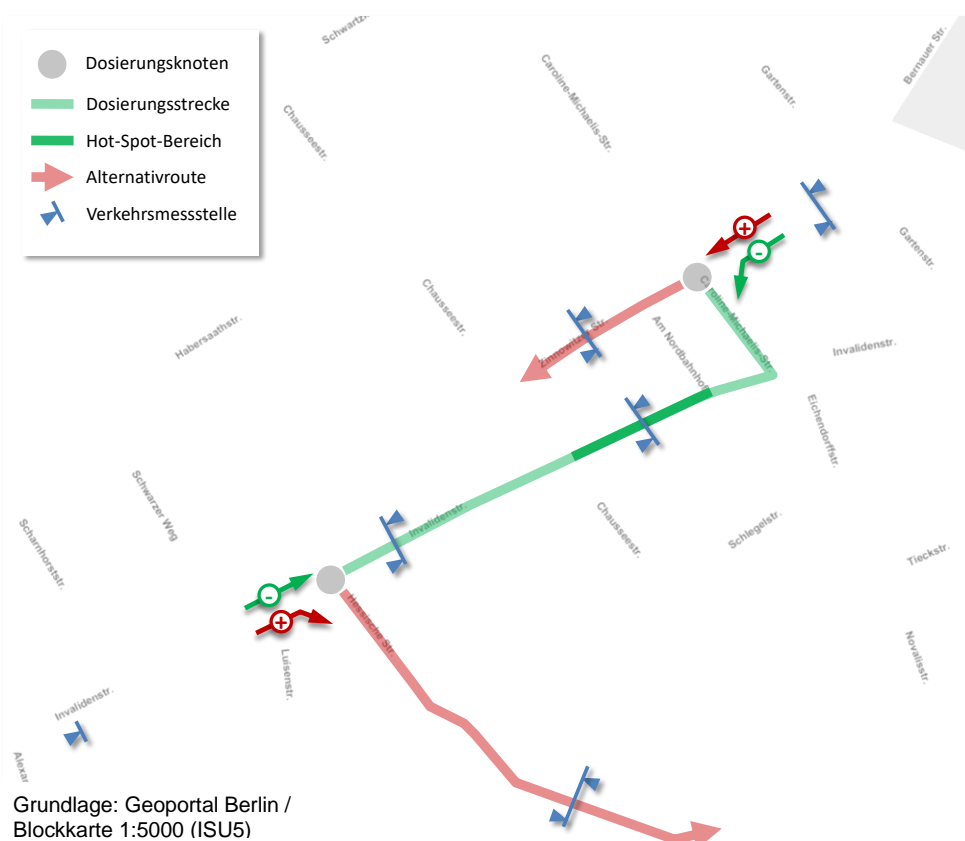


Abbildung 2-10: Übersicht über das Dosierungsprinzip in der Invalidenstraße (Quelle: VMZ Berlin)

Wesentliche Voraussetzung für die Festlegung der Maßnahmen war der Nachweis, dass bei deren Aktivierung die Anforderungen an die sicherzustellende Verkehrsqualität im Umfeld (Alternativstrecken) erfüllt werden und es auf den Alternativrouten zu keiner Überschreitung der Grenzwerte der Luftschadstoffbelastung kommt.

2.2 Braunschweig

Im Forschungsvorhaben „Umweltorientiertes Verkehrsmanagement Braunschweig“ (UVM-BS, 2010 und UVM-BS, 2012) wurde in mehreren Forschungsprojekten am Beispiel der Stadt Braunschweig untersucht, wie verkehrsinduzierte Luftschadstoffbelastungen und Grenzwertüberschreitungen durch situativ angepasstes, präventives Gegensteuern mit flächenbezogenen Verkehrsmanagementmaßnahmen reduziert werden können. Parallel dazu hat auch die Stadt Braunschweig die Einführung eines UVM als eine wesentliche Maßnahme zur Reduktion der Luftschadstoffbelastungen an kritischen Streckenabschnitten in Ihren Luftreinhalte- und Aktionsplan (Braunschweig, 2007) aufgenommen.

Seit 2009 läuft in Braunschweig ein UVM, welches in mehreren Bearbeitungsstufen geschaffen und weiterentwickelt wurde. In Stufe 1 wurden erste technische Voraussetzungen geschaffen und u. a. in einem Feldversuch die Wirksamkeit von UVM-Maßnahmen modelltechnisch belegt. In der Stufe 2 wurden darauf aufbauend mögliche Maßnahmen und Strategien weiter entwickelt und mittels Modellrechnungen und Simulationsstudien auf weitere Hotspots des Stadtgebietes angewendet. Dabei wurden insbesondere auch die auftretenden Wechselwirkungen untersucht.

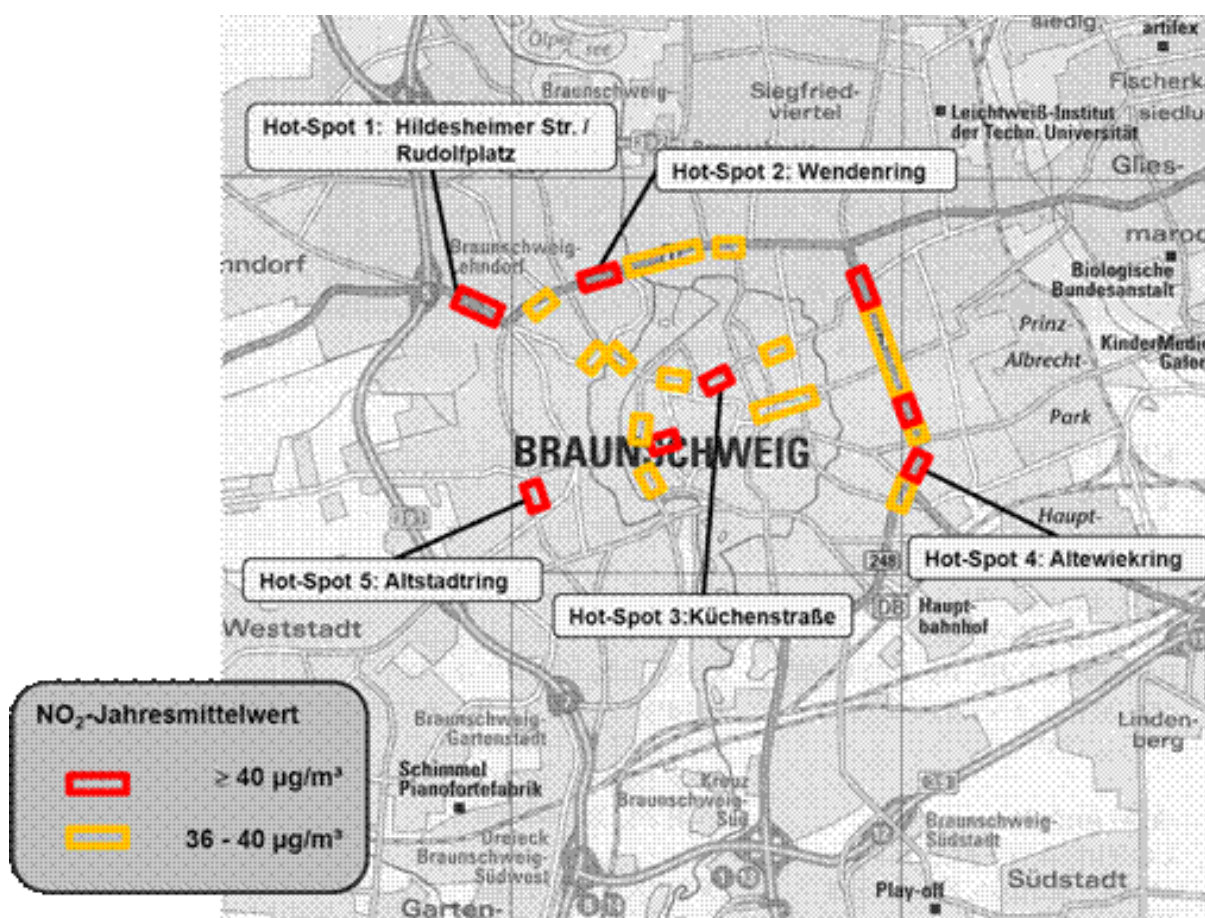


Abbildung 2-11: Im Rahmen der UVM-Projekte betrachtete Hotspots in Braunschweig (UVM-BS, 2012)

Mit der dritten Stufe des Projekts wurde 2015 die Entwicklung des UVM-Softwaresystems für den operativen Einsatz abgeschlossen und ein Vorhersagemodul für den Kfz-Verkehr und die Luftschadstoffbelastung integriert.

Das UVM-BS wird seit Mitte 2014 im Auftrag der Stadt Braunschweig flächendeckend als Verkehrs- und Umweltmonitoringsystem betrieben. 2015 wurden für den Hotspot Altewiekring im Rahmen einer zweimonatigen Testphase zeitgesteuerte LSA-Maßnahmen zur Verstetigung des Verkehrsablaufs erfolgreich getestet. Für 2016 ist die Schaltung weiterer Maßnahmen mit sensibler Auslösung auf Basis von Verkehrs- und Umweltdaten geplant.

Im Rahmen des Forschungsprojektes UVM-2 (UVM-BS, 2012) wurde u. a. der Bereich Hildesheimer Straße mit den möglichen Ausweichrouten BAB 391 und BAB 392 intensiv in Makro- und Mikrosimulationsstudien untersucht.

2.2.1 Gebietsbeschreibung

Gemäß Luftreinhalte- und Aktionsplan von 2007 (Braunschweig, 2007) ist Braunschweig „mit ca. 240.000 Einwohnern⁴ die zweitgrößte Stadt Niedersachsens. Die Stadt liegt an zwei Hauptverkehrsstrecken, der Autobahn A2 mit Anbindung über die A39 an die A7 in Richtung Süden und die Eisenbahnstrecke Ruhrgebiet-Berlin. Ein Regionalflughafen liegt im Norden der Stadt. Der Straßenverkehr läuft sternförmig aus allen Richtungen auf eine innerstädtische Ringstraße der Stadt zu (Abbildung 2-12). Von Norden/Süden kommender Durchgangsverkehr wird über eine Schnellstraße⁵ westlich an der Stadt vorbei geleitet. Der ÖPNV wird über acht Straßenbahnlinien⁶ abgewickelt. Ergänzt werden die Stadtbahnlinien durch ein Linienbusnetz.“

⁴ Zwischenzeitlich ist die Einwohnerzahl auf ca. 250.000 Einwohner gewachsen.

⁵ A391

⁶ Aktuell sind es noch 5 Stadtbahnlinien, die allerdings dasselbe Liniennetz abdecken wie 2007.

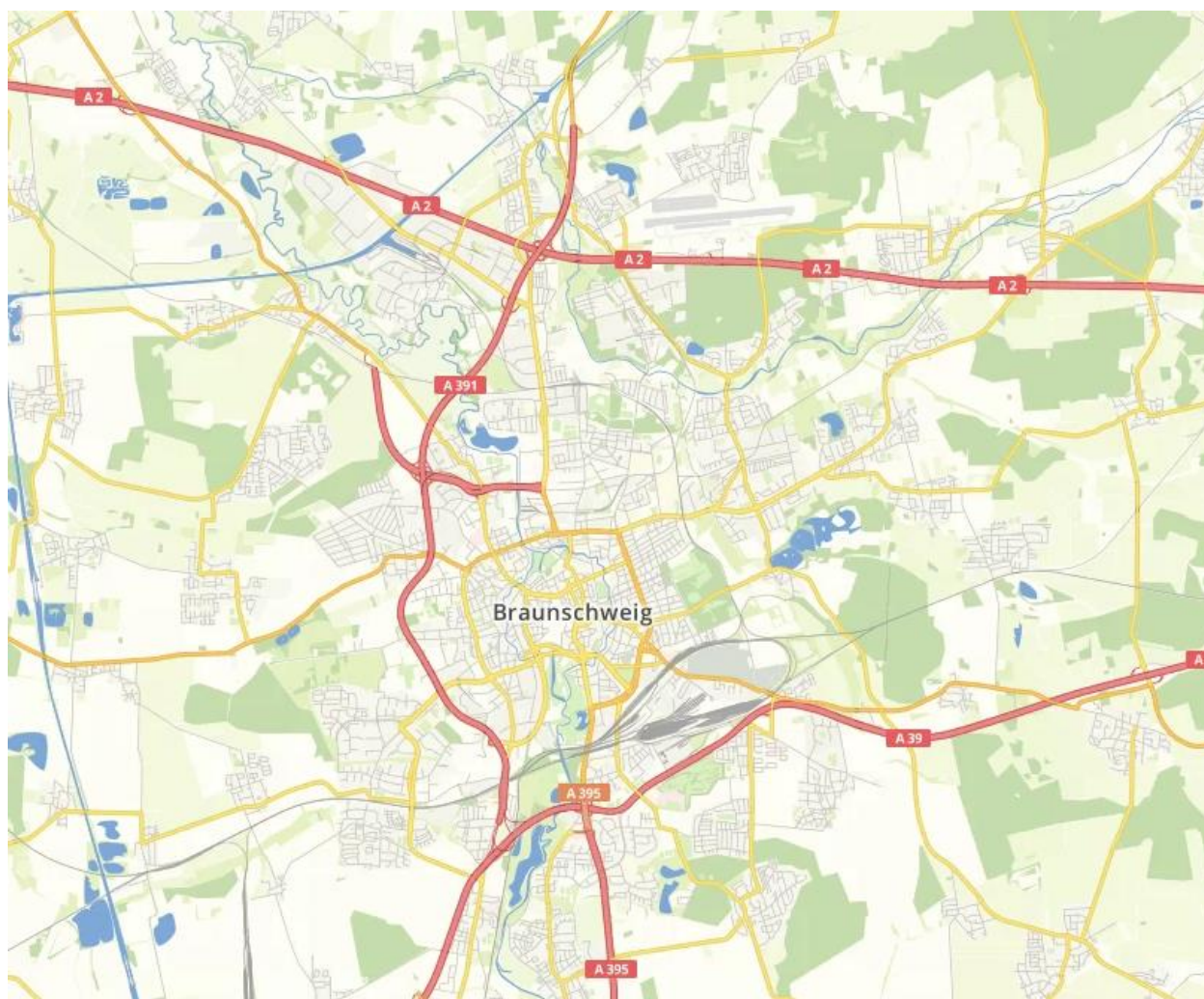


Abbildung 2-12: Übersichtskarte Braunschweig (© OpenStreetMap contributors)

Im Stadtgebiet Braunschweig werden zwei Messstationen des Niedersächsischen Luftmessnetzes betrieben. Im Südwesten der Stadt liegt die Station Braunschweig / Broitzem, die zur Ermittlung der städtischen Hintergrundbelastung dient. Die Verkehrsmessstation befindet sich auf dem östlichen Innenstadtring, direkt im Bereich des Hotspots Altewiekring (vgl. Abbildung 2-13).

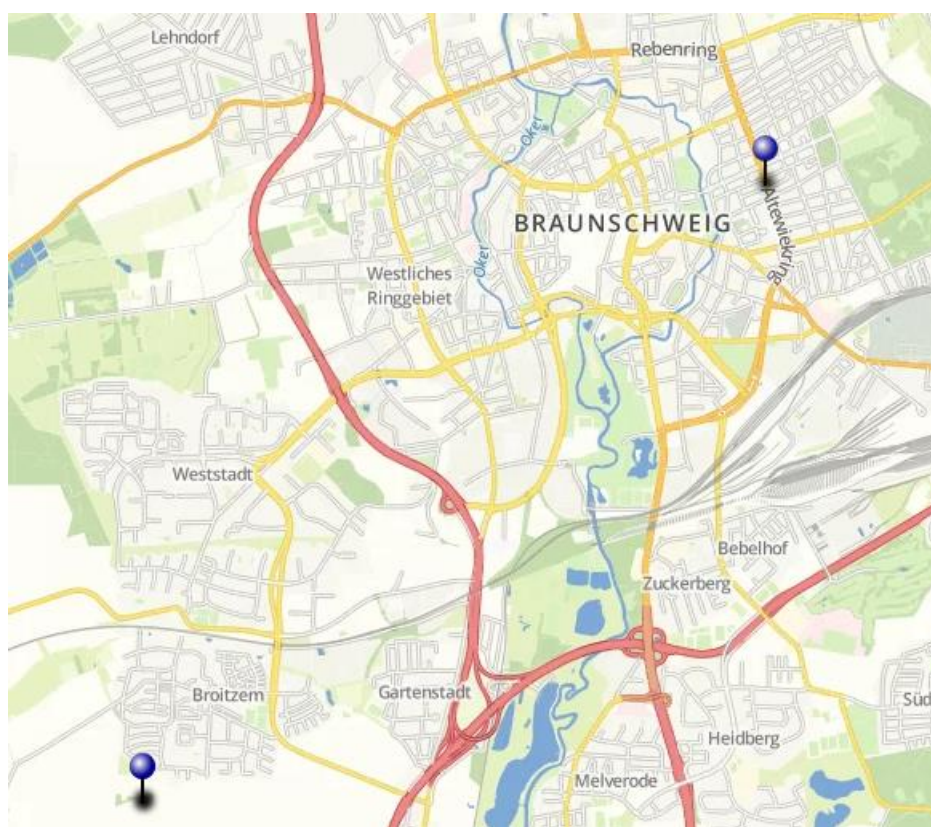


Abbildung 2-13: Lage der Luftmessstationen in Braunschweig
(<http://umap.openstreetmap.fr/de/>, Kartendaten © OpenStreet-Map contributors)

2.2.2 Beschreibung der Hotspots

2.2.2.1 Hotspot Altewiekring

2.2.2.1.1 Räumliche Lage

Der Hotspot Altewiekring liegt auf dem östlichen Teil des Braunschweiger Innenstadtrings. Gemäß Luftreinhalte- und Aktionsplan (Braunschweig, 2007) erstreckt sich der kritische Abschnitt von der Fasanenstraße bis zur Kastanienallee. Die Abschnitte nördlich und südlich dieses Hotspots weisen jedoch ebenfalls eine hohe Immissionsbelastung auf, so dass im UVM Braunschweig der gesamte Ringabschnitt von der Gliesmaroder Straße bis zum Leonhardplatz als kritischer Bereich betrachtet wird (vgl. Abbildung 2-14). Dieser weist eine Gesamtlänge von ca. 1.7 km auf, während der im Luftreinhalte- und Aktionsplan benannte Abschnitt lediglich knapp 500 m lang ist. Die Luftmessstation befindet sich im Kern des kritischen Abschnitts zwischen Fasanenstraße und Bergstraße.

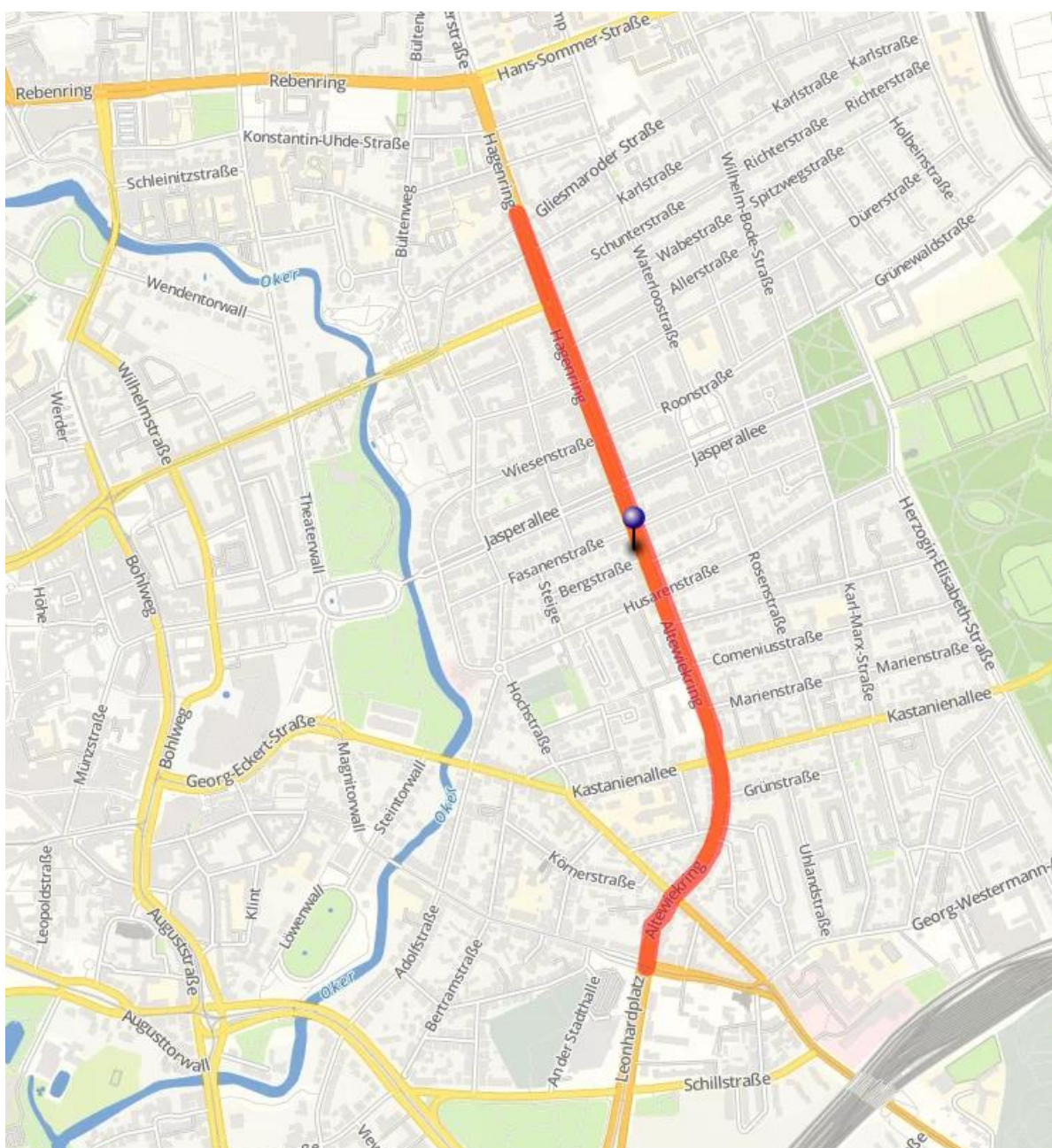


Abbildung 2-14: Hotspotbereich Altewiekring (<http://umap.openstreetmap.fr/de/>, Kartendaten © OpenStreetMap contributors)

2.2.2.1.2 Luftschadstoffsituation

Zur Beurteilung der Luftschadstoffsituation betreibt das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim (GAA Hildesheim) das Lufthygienische Überwachungssystem (LÜN). Die Lage der LÜN-Messstation im Altewiekring ist in Abbildung 2-13 und Abbildung 2-14 eingezeichnet.

Die zeitliche Entwicklung der gemessenen NO₂-Jahresmittelwerte ist in Abbildung 2-15 und der PM₁₀-Jahresmittelwert bzw. die Anzahl der PM₁₀-Überschreitungstage in Abbildung 2-16 dargestellt. Aus diesen Messungen wird ersichtlich, dass am Altewiekring seit Beginn der Messungen 2008 keine Grenzwertverletzungen bei PM₁₀ festgestellt

werden konnte. Bei NO₂ wurden bis 2011 mit Werten um 50 µg/m³ deutliche Überschreitungen des NO₂-Jahresgrenzwerts in Höhe von 40 µg/m³ gemessen. In 2014 und 2015 liegen die NO₂-Jahresmittelwert knapp im erlaubten Bereich.

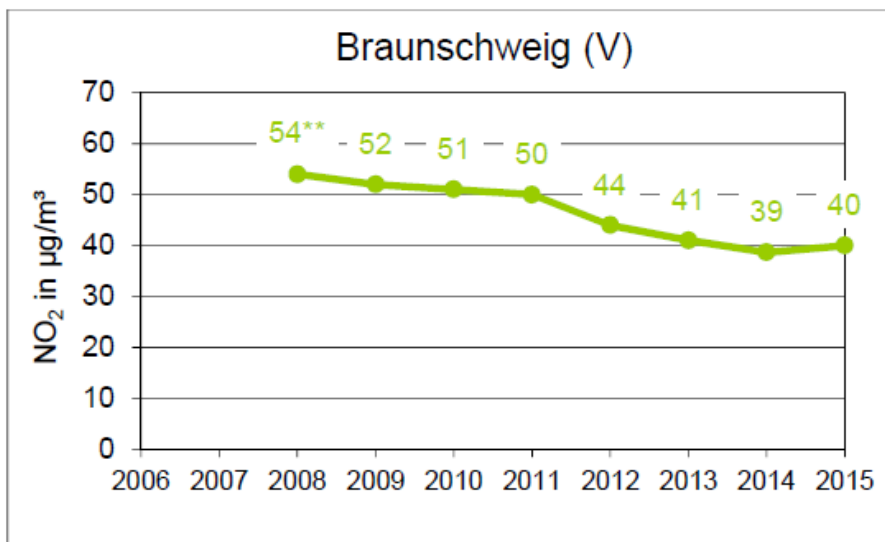


Abbildung 2-15: Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte an der Messstation Braunschweig-Altewiekring (GAA Hildesheim, 2016)

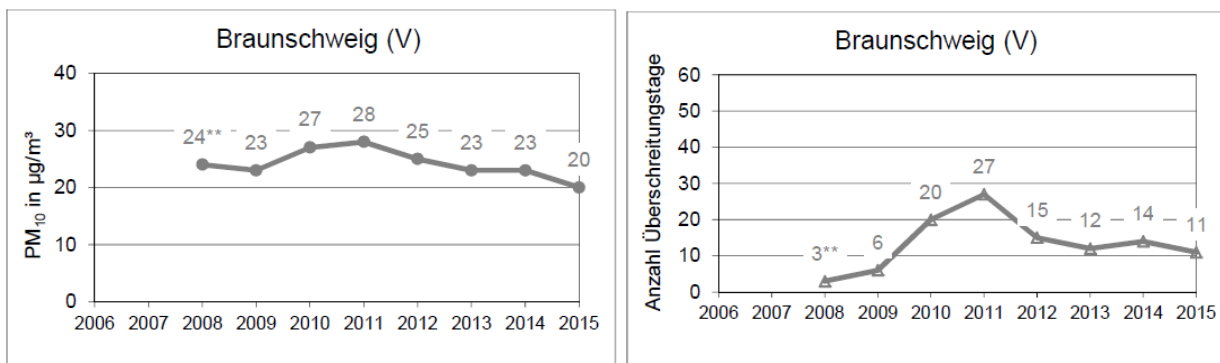


Abbildung 2-16: Entwicklung der PM₁₀-Jahresmittelwerte und Anzahl Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwerts an der Messstation Braunschweig-Altewiekring (GAA Hildesheim, 2016)

In GAA Hildesheim (2011) wird für die Immissionsbelastung im Altewiekring eine Verursacheranalyse angestellt, die in Tabelle 2-1 wiedergegeben ist.

Tabelle 2-1: Quellgruppenanteile an den Immissionen im Altewiekring im Bezugsjahr 2010 (GAA Hildesheim, 2010)

Quellgruppen		PM10 [µg/m ³]	NO _x [µg/m ³]	PM10 [%]	NO _x [%]
Regionaler Hintergrund		20,0	14,0	74,3	20,0
Urbaner Hintergrund	Industrie	0,0	0,4	0,1	0,6
Urbaner Hintergrund	Hausbrand	0,2	2,8	0,9	4,0
Urbaner Hintergrund	Nebenstraßennetz	0,1	1,4	0,5	2,0
Urbaner Hintergrund	Hauptstraßennetz	1,3	10,9	4,9	15,5
Zusatzbelastung in der Schlucht		5,2	40,5	19,2	57,8
alle Quellgruppen		26,9	69,9	100,0	100,0

2.2.2.1.3 Lärmsituation

Aus der Lärmkartierung der Stadt Braunschweig (Braunschweig, 2012) wird für die Belastungssituation Lärm nachts im Altewiekring Werte im Intervall 65 – 70 dB(A) ermittelt.

2.2.2.1.4 Verkehrliche Situation

Als östliche Achse des Innenstadtrings weist der Altewiekring über den gesamten Tagesverlauf hinweg in beiden Fahrtrichtungen eine verhältnismäßig hohe Verkehrsbelastung auf, die bedingt durch die zahlreichen LSA auf dem Streckenzug in den Spitzenstunden regelmäßig zu einem sehr schlechten Verkehrsfluss führt.

Der Straßenzug ist über den gesamten Streckenverlauf mit zwei Fahrstreifen je Fahrtrichtung und begleitenden Fuß- und Radwegen auf beiden Seiten ausgestattet. Die Fahrtrichtungen sind durch eine Mittelinsel getrennt. An beiden Enden des Hotspotbereichs kreuzt jeweils eine mit Vorrangschaltung ausgestattete Stadtbahnlinie den Streckenabschnitt.

In den vergangenen Jahren fanden auf dem östlichen Ring sowie in dessen Umfeld zahlreiche größere Baumaßnahmen statt, die sowohl die Verkehrsmengen als auch die Qualität des Verkehrsablaufs beeinflussten. Die gemessenen DTV-Werte⁷ variieren von 27'800 Kfz in 2010 bis zu 24'400 Kfz in 2015.

In den ersten 9 Monaten des Jahres 2016 lag der DTV-Wert bei 24'900 Kfz. An Werktagen werden aktuell in den Spitzenstunden in Richtung Süden ca. 1'000 Kfz/h (Morgenspitze) bzw. ca. 1'100 Kfz/h (Nachmittagsspitze) gemessen. In Richtung Norden sind es in beiden Zeitbereichen etwa 1'000 Kfz/h.

Der Verkehr setzt sich aus einem großen Anteil Quell- / Zielverkehr und lediglich einem kleineren Anteil Durchgangsverkehr zusammen. Der umgebende Bereich ist ein Wohn- und Arbeitsgebiet mit hoher Bevölkerungsdichte. Der Anteil des Durchgangsverkehrs (bezogen auf den kompletten, 1'700m langen Hotspotbereich) beträgt 23 %. Der Schwerverkehrsanteil ist mit 1.7 % recht niedrig.

⁷ bezogen auf den Querschnitt auf Höhe des Messcontainers

2.2.2.2 Hotspot Hildesheimer Straße

2.2.2.2.1 Räumliche Lage

Die Hildesheimer Straße ist eine hoch belastete Einfallstraße⁸, die aus Richtung Westen am Rudolfplatz auf den Innenstadtring trifft. Neben den von der B1 (Hannoversche Straße) aus Richtung Westen in Richtung Innenstadt führenden Verkehren nimmt sie auch die Verkehre aus den Stadtteilen Lehdorf und Kanzlerfeld (Saarstraße) auf. Zudem ist sie über die Abfahrt Lehdorf mit der Stadtautobahn A391 verknüpft. Der Hotspotbereich befindet sich an Ende der Hildesheimer Straße vor dem Rudolfplatz. Der kritische Abschnitt erstreckt sich über eine Länge von knapp 100 m (vgl. Abbildung 2-17).

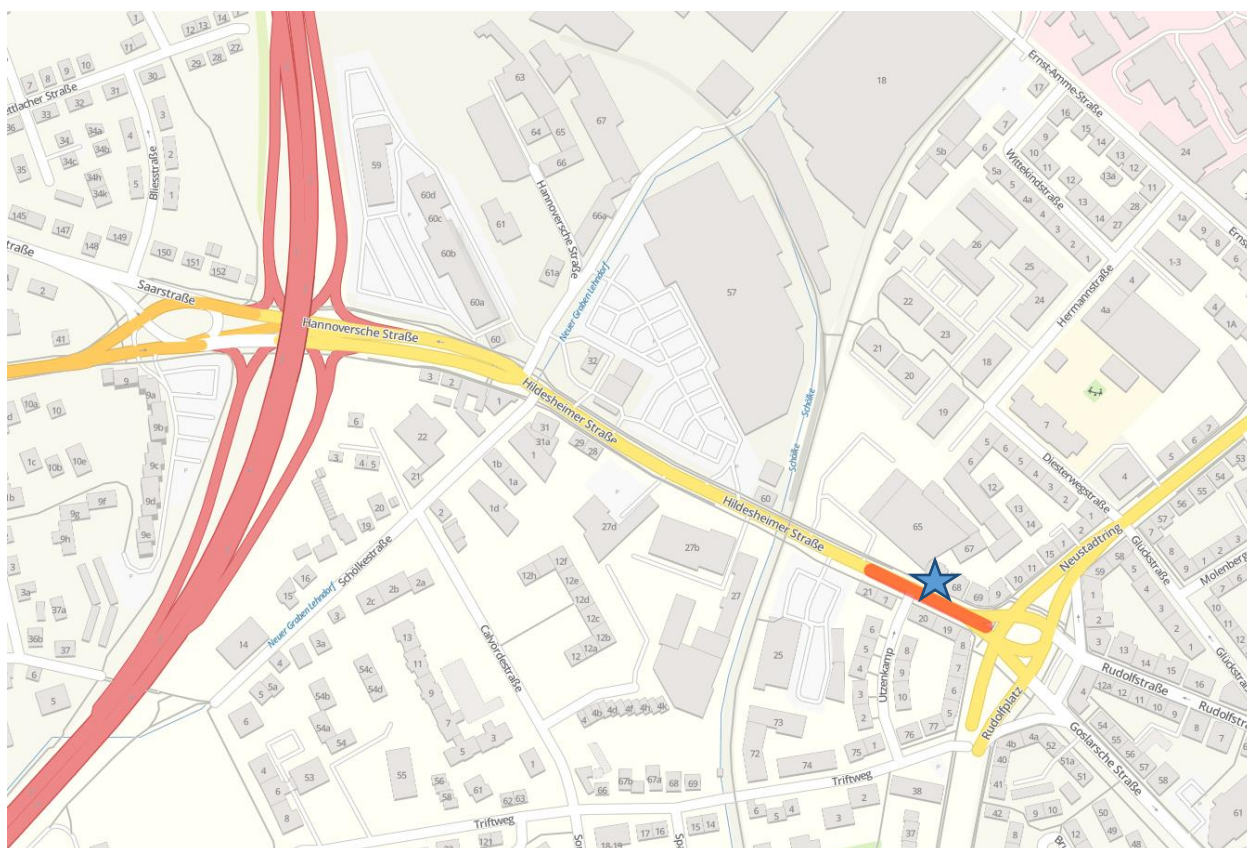


Abbildung 2-17: Hotspotbereich Hildesheimer Straße mit Standort Passivsammler (<http://umap.openstreetmap.fr/de/>, Kartendaten © OpenStreetMap contributors)

2.2.2.2.2 Luftschadstoffsituation

Zur Beurteilung der Luftschadstoffsituation betreibt das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim das Lufthygienische Überwachungssystem (LÜN). In der Hildesheimer Straße wird die NO₂-Belastung mit einem Passivsammler ermittelt.

⁸ Ehemals B1, heute herab gestuft zur Kreisstraße, da die B1 über die A391 und A39 um Braunschweig herum geführt wird.

Die Lage der LÜN-Messstation in der Hildesheimer Straße ist in Abbildung 2-17 eingezeichnet.

Die zeitliche Entwicklung der gemessenen NO₂-Jahresmittelwerte ist in Abbildung 2-18 dargestellt. Aus diesen Messungen wird ersichtlich, dass in der Hildesheimer Straße am Ort der Messungen keine Grenzwertverletzungen bei NO₂ festgestellt werden. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass aus meteorologischen Gründen auf der gegenüberliegenden Straßenseite mit höheren Belastungen zu rechnen ist, weshalb nach den Modellrechnungen des GAA von Grenzwertverletzungen des NO₂-Jahresmittelwerts auszugehen ist (GAA Hildesheim, 2011).

Aus den Modellrechnungen in GAA Hildesheim (2011) ergibt sich ein Verursacheranteil des lokalen Verkehrs in Höhe von 65 % bei NO_x und 30 % bei PM10 bezogen auf den Jahresmittelwert in 2010.

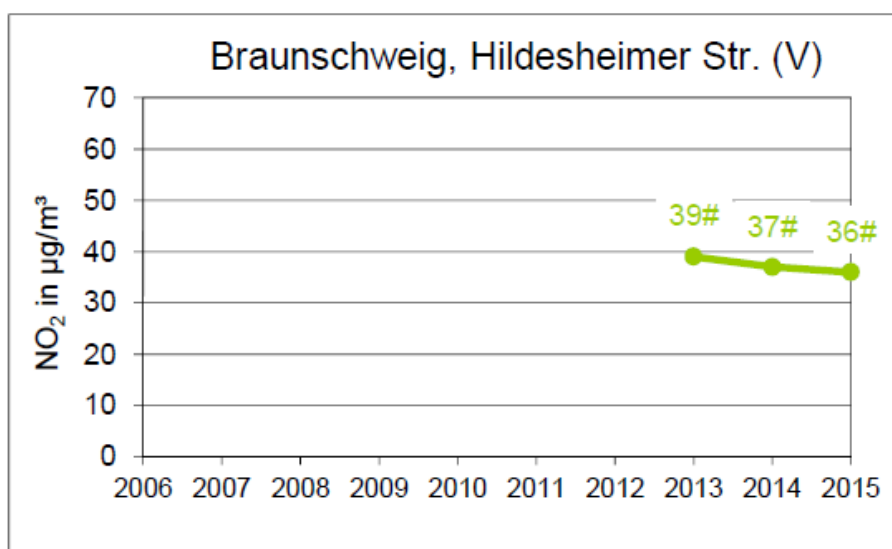


Abbildung 2-18: Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte an der Messstation Braunschweig-Hildesheimer Straße (GAA Hildesheim, 2016, # NO₂-Messung mittels Passivsammler)

2.2.2.2.3 Lärmsituation

Aus der Lärmkartierung der Stadt Braunschweig (Braunschweig, 2012) wird für die Belastungssituation Lärm nachts in der Hildesheimer Straße Werte im Intervall 65 – 70 dB(A) ermittelt.

2.2.2.2.4 Verkehrliche Situation

Als Einfallstraße Richtung Innenstadt ring weist die Hildesheimer Straße über den gesamten Tagesverlauf hinweg in beiden Fahrrichtungen eine hohe Verkehrsbelastung auf. Die Qualität des Verkehrsablaufs wird maßgeblich durch die Verkehrssituation am Rudolfplatz bestimmt, wobei insbesondere die stadteinwärts fahrenden Verkehre sich häufiger vom Rudolfplatz zurück in den Hotspotbereich stauen.

Der Straßenzug ist im Hotspotbereich stadteinwärts mit drei und stadtauswärts mit zwei Fahrstreifen sowie begleitenden Fuß- und Radwegen auf beiden Seiten ausgestattet.

In den vergangenen Jahren fanden im Umfeld der Hildesheimer Straße zahlreiche größere Baumaßnahmen statt, die Auswirkungen auf die dort gemessenen Verkehrsmengen hatten. Die gemessenen DTV-Werte⁹ variieren von 28'000 Kfz in 2010 bis zu 23'100 Kfz in 2012.

In den ersten 9 Monaten des Jahres 2016 lag der mittlere DTV bei 24'500 Kfz. An Werktagen werden aktuell in den Spitzenstunden stadteinwärts ca. 950 Kfz/h (Morgenspitze) bzw. ca. 900 Kfz/h (Nachmittagsspitze) gemessen. Stadtauswärts sind es in der Morgenspitze knapp 900 Kfz und in der Nachmittagsspitze ca. 1'100 Kfz/h. Der Schwerververkehrsanteil beträgt 3.5%.

2.2.3 Beschreibung des UVM-Systems

Das UVM-Braunschweig wird gemeinsam von den Partnern Bellis GmbH, IVU Umwelt GmbH und WVI GmbH im Auftrag der Stadt Braunschweig betrieben. Es handelt sich um ein verteiltes System, dessen Komponenten jeweils bei den dafür verantwortlichen Partnern betrieben werden. Abbildung 2-19 stellt das Gesamtsystem in der Übersicht dar.

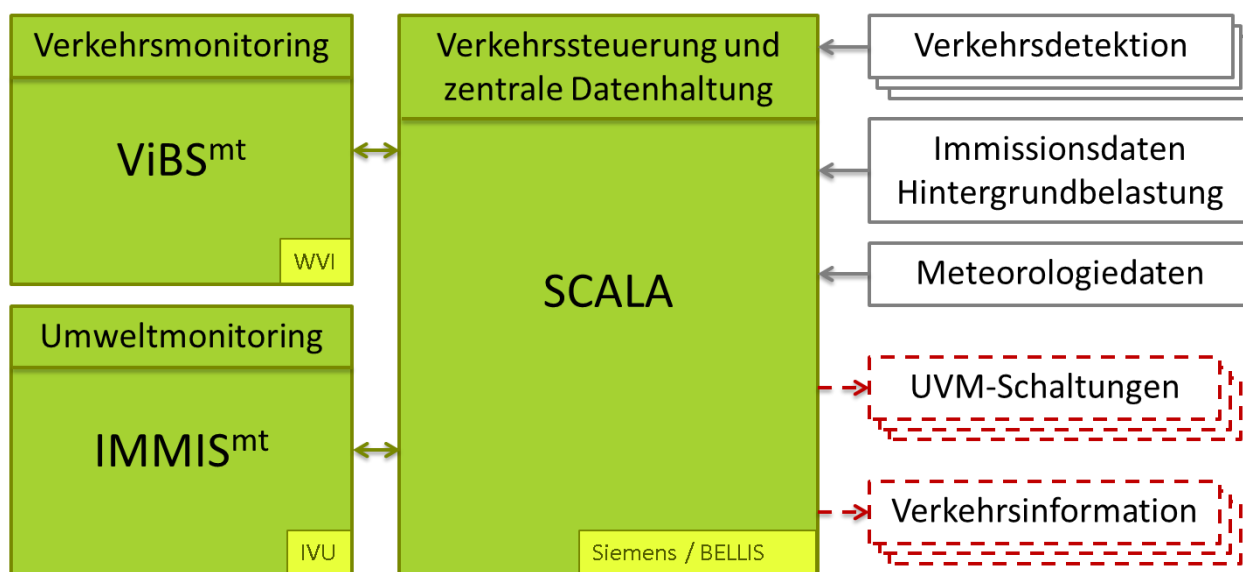


Abbildung 2-19: Überblick Gesamtsystem im UVM Braunschweig (eigene Darstellung WVI)

Im Verkehrsmonitoring ViBS^{mt} wird mit einem komplexen Verkehrsmodell unter Nutzung empirischer Detektionsdaten flächendeckend die Verkehrslage im Betrachtungsraum abgebildet. Das Umweltmonitoring IMMIS^{mt} berechnet darauf aufbauend flächendeckende Immissionsbelastungen, z. B. für PM10 und NO₂. Im Verkehrsmanagementsystem (SCALA) sind geeignete Strategien und Maßnahmen hinterlegt, die zur Vermeidung hoher Umweltbelastungen nur dann geschaltet werden, wenn es tatsächlich nötig ist. Eine präventive Steuerung durch die Prognose von Verkehrs- und Umweltbelastung komplettiert das Verfahren, ist aktuell jedoch durch die Stadt Braunschweig noch nicht beauftragt.

⁹ bezogen auf den Querschnitt auf Höhe des Messcontainers

2.2.3.1 Verkehrsmodul

Das von der WVI GmbH entwickelte und betriebene Verkehrsmonitoring-System ViBS^{mt} berechnet stündlich in Echtzeit die aktuelle Verkehrssituation im gesamten Hauptstraßennetz der Stadt Braunschweig. Das zugehörige Netzmodell wird bei der WVI GmbH gepflegt. Wöchentlich wird die Netzsituation insbesondere bzgl. größerer Baumaßnahmen geprüft und erforderlichenfalls angepasst, so dass im Monitoring immer mit einem aktuellen, den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechenden Netz gerechnet wird. Der im Netzmodell abgebildete Betrachtungsraum ist in Abbildung 2-20 dargestellt.

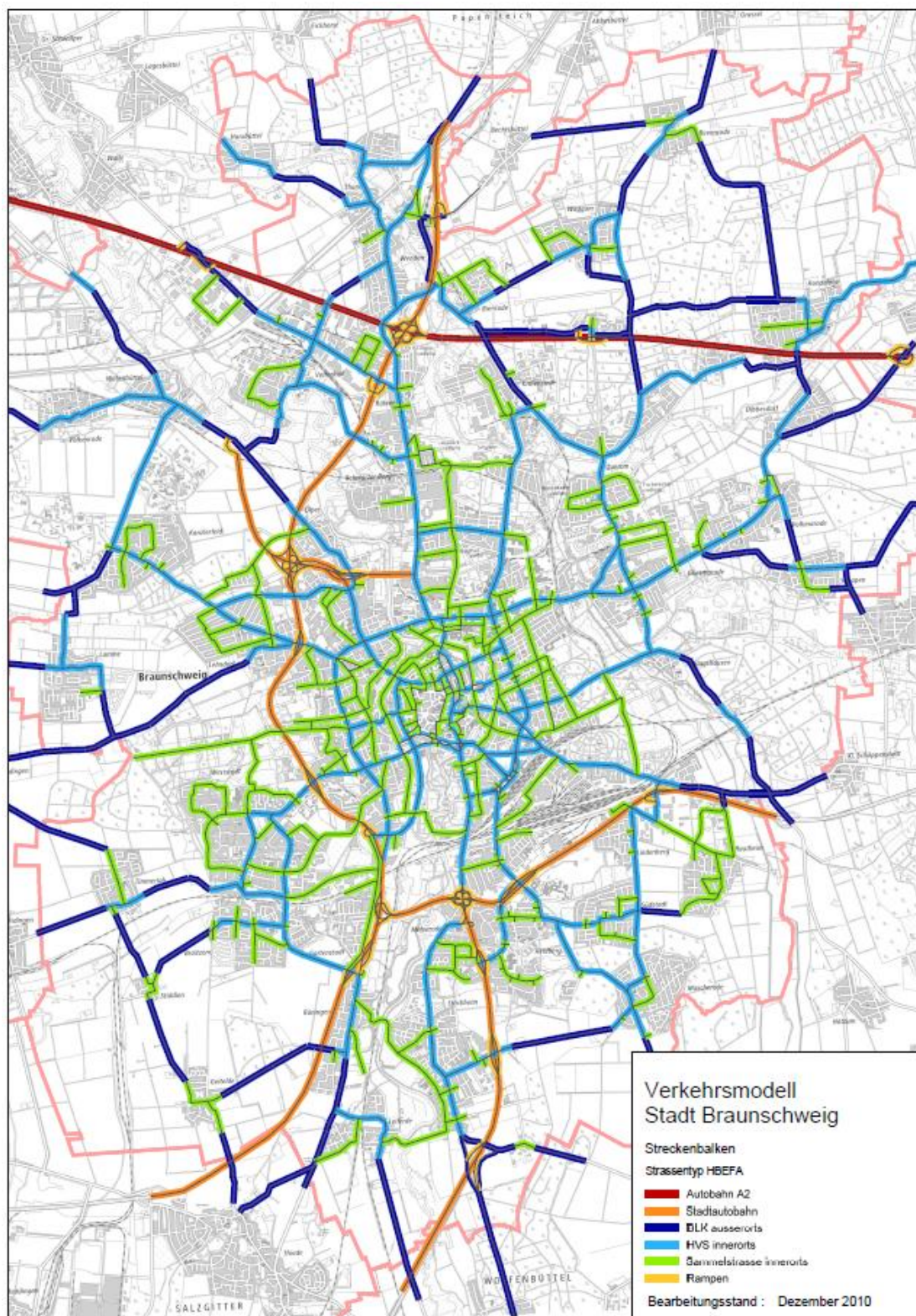


Abbildung 2-20: Betrachtungsraum Verkehrsmonitoring im UVM Braunschweig (WVI, 2012)

Kern des Verkehrsmonitorings ist ein Rechenmodell auf Basis von PTV VISUM, welches stündlich aus den aktuellen Eingangsdaten sowie dem passenden Netzmodell eine stundenbasierte Umlegungsrechnung durchführt. Im Ergebnis stehen stundenfeine und nach Fahrzeugarten differenzierte Verkehrsbelastungen für alle Strecken zur Verfügung.

Als Eingangsdaten fließen nach Jahreszeit, Tagesart, Tagesstunden und Fahrzeugarten differenzierte Quelle-Ziel-Matrizen sowie aktuelle Detektionsdaten aus dem Verkehrsmanagementsystem der Stadt Braunschweig ein. Die Matrizen dienen als Startlösung und werden mittels des VSTROM-Fuzzy Moduls in VISUM auf die tatsächliche Situation in der betrachteten Stunde angepasst.

Hierzu werden die Detektionsdaten als Kalibrierungsgröße verwendet. Diese sind dazu vorher im Verkehrsmonitoring geeignet aufzubereiten und auf Plausibilität zu prüfen. Unplausible Messwerte werden automatisiert für die jeweilige Stunde von den Berechnungen ausgeschlossen. Aktuell fließen im Normalfall Daten aus ca. 85 richtungsbezogenen Messstellen in das Verkehrsmonitoring ein. Mit Ausnahme der Messstelle MS005 (Bohlweg, Induktionsschleife) handelt es sich ausschließlich um Messstellen, die mit TEUs¹⁰ ausgestattet sind.

In einem zweiten Schritt wird mittels eines von der WVI GmbH entwickelten LOS-Modells der für die Emissionsberechnungen nach HBEFA¹¹ erforderliche Level of Service (LOS) je Strecke bestimmt. Grundlage der LOS-Bestimmung ist die Auslastung eines Streckenabschnitts in Bezug auf seine Kapazität. Über geeignete, im Netzmodell hinterlegte Faktoren wird berücksichtigt, dass die Kapazität eines Streckenabschnitts im städtischen Netz zu großen Teilen von dem darauf folgenden Knotenpunkt bestimmt wird. Zudem werden über geeignete Faktoren auch die Wirkungen von Verkehrsmanagementmaßnahmen (beispielsweise verbesserte Koordinierungen oder Pfortnerungen) im Verkehrsmonitoring abgebildet. Über die Schnittstelle zum Verkehrsmanagementsystem wird dazu vorab ermittelt, ob bzw. welche Verkehrsmanagementmaßnahmen im aktuellen Betrachtungszeitraum geschaltet sind.

Das Verkehrsnetz in ViBS^{mt} ist umfangreicher und feiner differenziert als das im Umweltmonitoring und Verkehrsmanagement betrachtete Streckennetz. In einem letzten Schritt werden daher die im Verkehrsmonitoring ermittelten Ergebnisse je Streckenabschnitt gewichtet auf die 2'122 Streckenabschnitte des im Verkehrsmanagementsystem SCALA hinterlegten Verkehrsnetzes aggregiert. Anschließend werden die Daten über die OCIP2-Schnittstelle an den SCALA gesendet, von dem aus sie dann auch für das Umweltmonitoring zur Verfügung stehen.

Abbildung 2-21 zeigt den Aufbau des Verkehrsmonitoringsystems in der Übersicht. Detaillierte Beschreibungen und weitere Erläuterungen finden sich in den Schlussberichten zum Forschungsprojekt UVM-2 (UVM-BS (2012) und WVI (2012)).

¹⁰ Traffic Eye Universal: Infrarot-Überkopf-Detektor-System der Firma Siemens

¹¹ Die Definition des LOS im HBEFA unterscheidet sich deutlich von der im Verkehrswesen üblichen Einteilung etwa gemäß HBS. Die im Verkehrsmonitoring ermittelte LOS-Verteilung ist dabei als Eingangsgröße für Rechenverfahren nach HBEFA auf die dortige Definition angepasst.

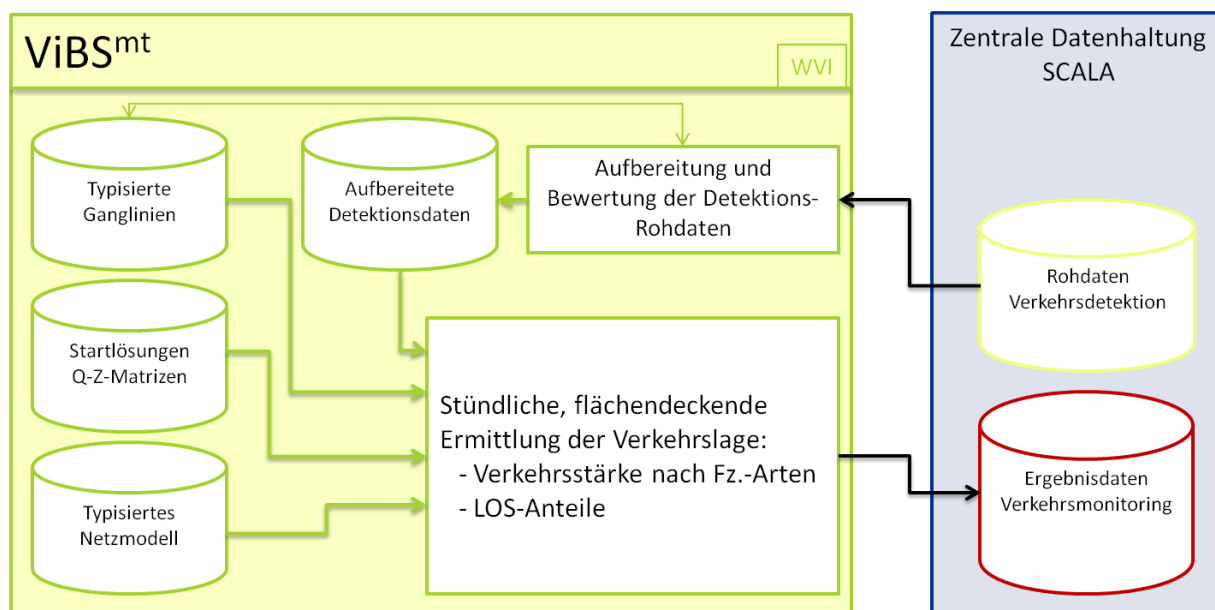


Abbildung 2-21: Systemübersicht Verkehrsmonitoring im UVM Braunschweig (eigene Darstellung WVI)

2.2.3.2 Umweltmodul

Als Umweltmodul kommt das Monitoringsystem IMMIS^{mt} zum Einsatz, welches in Abschnitt 2.1.3.2 allgemein beschrieben wird.

Im UVM Braunschweig wird das Monitoringsystem IMMIS^{mt} von IVU Umwelt in Freiburg als Dienst betrieben, der über das Verkehrsmanagementsystem SCALA, betrieben von der Bellis GmbH in Braunschweig, die Daten der Stadt Braunschweig zur Verfügung stellt.

Die Datenversorgung des Umweltmoduls erfolgt

- für die Verkehrsdaten über SCALA aus dem Verkehrsmonitoring,
- die Luftmessdaten und meteorologischen Daten aus Datenbereitstellung durch das GAA Hildesheim und
- weitere meteorologische Daten über eine Schnittstelle vom Umweltmodul zu den METAR-Daten vom Flughafen Braunschweig und Hannover.

2.2.3.3 Weitere Module

Das von der Bellis GmbH für die Stadt Braunschweig betriebene Verkehrsmanagementsystem (auf Basis Siemens SCALA) ist die dritte Hauptkomponente des Braunschweiger UVM (Abbildung 2-19). Es dient als zentrale Datendrehscheibe, in der alle Eingangsdaten (z. B. Verkehrsdetektion, Meteorologie, Immissionsdaten) zusammenlaufen und von wo aus sie an die Monitoringsysteme verteilt werden. Die Ergebnisdaten aus Verkehrs- und Umweltmonitoring laufen in den SCALA zurück und werden dort archiviert. Über die Oberfläche des Verkehrsmanagementsystems können auch die Mitarbeiter der Stadt Braunschweig jederzeit auf die Monitoringdaten zugreifen.

Zudem ist der SCALA für die automatische Auslösung und Rücknahme von UVM-Maßnahmen zuständig. Basierend auf hinterlegten Aktionsplänen werden bei Eintritt festgelegter Kriterien verkehrliche Maßnahmenbündel aktiviert oder wieder deaktiviert. Als Auslösekriterien können beispielsweise das Über- oder Unterschreiten definierter Schwellenwerte im Verkehrs- und Umweltmonitoring oder zeitliche Bedingungen verwendet werden. Über eine Kombination mehrerer Kriterien sind komplexe Steuerungen möglich. Beispielsweise könnte eine UVM-Maßnahme immer dann aktiviert werden, wenn einerseits am Hotspot ein festgelegter NO₂-Schwellenwert überschritten wird und andererseits gleichzeitig auf den vorgesehenen Ausweichstrecken Schwellenwerte für die Verkehrsstärke nicht überschritten werden. Die Verkehrsmonitoring-Komponente wird über aktivierte Maßnahmen informiert, damit sie diese in ihren Berechnungen berücksichtigen kann.

Um mit genügend Vorlaufzeit proaktiv handeln zu können, ist es wünschenswert, mit den Monitoringsystemen eine Prognose der Verkehrs- und Schadstoffentwicklungen für die nächsten Stunden bzw. Tage ermitteln zu können. Beide Systeme wurden daher im Rahmen des Forschungsprojektes UVM-3 um Prognosemodule erweitert, welche für die nächsten Stunden (Kurzzeitprognose) bzw. Tage (Mittelfristprognose) eine Vorhersage der Verkehrs- bzw. Umweltdaten tätigen können. Art und Umfang der Ergebnisdaten sind dabei mit denjenigen aus der normalen Berechnung identisch.

Im Verkehrsmonitoring können in der Kurzzeitprognose Verkehrsdaten für die aktuell laufende sowie die beiden folgenden Tagesstunden ermittelt werden. Dazu werden zunächst die querschnittsbezogenen Detektionsdaten auf Basis von relativen, historischen Ganglinien sowie den bislang für den Tag schon vorliegenden aktuellen Messdaten für die nächsten Stunden fortgeschrieben. Auf dieser Datenbasis wird dann im Wesentlichen das normale Rechenmodell des Verkehrsmonitorings angewendet. Die Mittelfristprognose (für den/die Folgetag(e)) basiert dagegen ausschließlich auf historischen Daten.

Das Prognose-Modul im Umweltmodul IMMIS^{mt} verfügt über zwei Prognosehorizonte, die Kurzfrist- und die Mittelfristprognose. Stündlich wird eine Kurzfristprognose erstellt, bei der die Immissionen für die nächsten drei Stunden berechnet werden. Zusätzlich wird täglich eine Mittelfristprognose berechnet, bei der die Immissionen für alle Stunden des aktuellen und der zwei folgenden Tage prognostiziert werden. Das Schema der Methoden zur Schadstoffvorhersage ist in Abbildung 2-22 dargestellt.

Beide Module wurden im Rahmen des Forschungsprojektes getestet und evaluiert. Der Regelbetrieb wurde jedoch bislang von der Stadt Braunschweig noch nicht beauftragt.

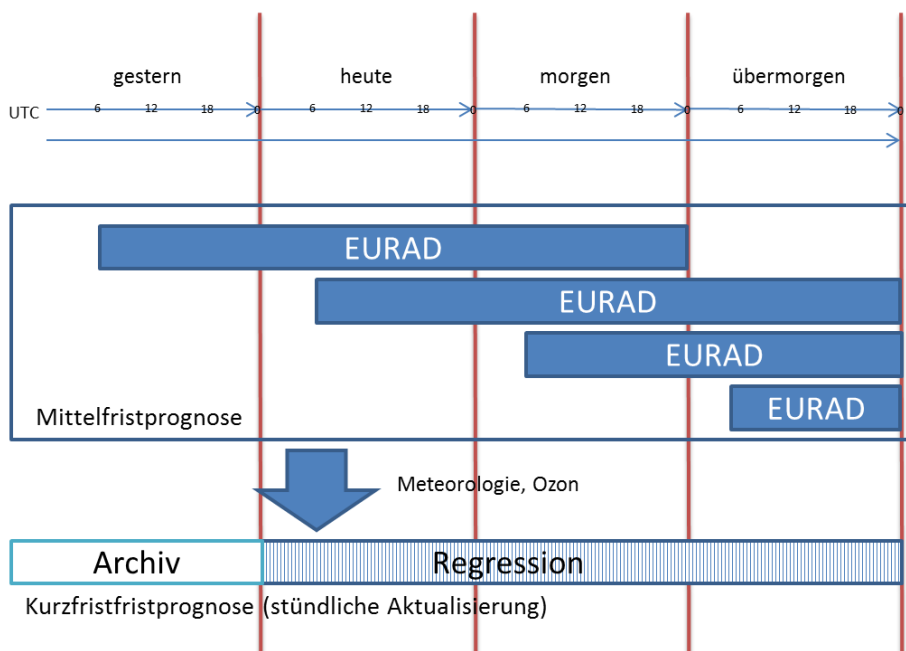


Abbildung 2-22: Prognosehorizonte in IMMIS^{mt} (eigene Darstellung IVU)

2.2.3.4 Zusammenspiel der Module

Das Zusammenspiel der Module wurde bereits in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben.

2.2.4 Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium

Grundsätzlich sind mit dem UVM-Braunschweig alle für ein UVM typischen verkehrlichen Maßnahmen (vgl. Schlussbericht, Seite 13) umsetzbar. Die Anpassung der Steuerung von Lichtsignalanlagen ist dabei das wichtigste Werkzeug. Der größte Teil der LSA-gesteuerten Knotenpunkte in Braunschweig kann direkt über das Verkehrsmanagementsystem beeinflusst werden und ist somit auch potentiell für UVM-Maßnahmen nutzbar. Für Informationszwecke können auch Wechselverkehrszeichen und frei programmierbare Informationstafeln vom Verkehrsmanagement gesteuert werden. Bislang gibt es allerdings in Braunschweig vergleichsweise wenige Informationstafeln, die zudem nicht immer an geeigneten Standorten stehen.

2.2.4.1 Hotspot Altewiekring

Auf dem östlichen Innenstadtring wurde als UVM-Maßnahme eine Kombination aus Zuflussdosierung und Verstetigung des Verkehrsflusses im kritischen Abschnitt ausgewählt.

Eine Verlagerung von Verkehrsströmen in nahegelegene Nebenstraßennetz ist dabei zu vermeiden. Auch eine etwas großräumigere Umfahrung kommt nicht in Betracht, da sich auf der möglichen Ausweichroute mit dem Bohlweg ein weiterer Streckenabschnitt mit kritischer Immissionsbelastung befindet. Zudem weist der östliche Ring nur einen vergleichsweise geringen Anteil Durchgangsverkehr auf, so dass das Verlagerungspotential ohnehin eng begrenzt wäre.



Abbildung 2-23: Überblick UVM-Maßnahme Altewiekring (Bellis)

Abbildung 2-23 gibt einen Überblick über die von der UVM-Maßnahme „Altewiekring“ betroffenen Knotenpunkte. Zwischen den Knoten K005 und K021 wird durch die Maßnahme in beiden Richtungen das Grünband für die Hauptrichtung verbreitert und zudem werden die Versatzzeiten optimiert. Dazu werden die Freigabezeiten für die Nebenrichtungen sowie zum Teil für die Fußgänger eingeschränkt.

Am Knoten K009 werden die Nebenrichtungen im Maßnahmenfall gemeinsam in einer Phase abgewickelt, während sie sonst aus Komfortgründen in zwei getrennten Phasen geführt werden.

Die Koordinierung zwischen den Knoten K071 bis K020 erfolgt bei geschalteter Maßnahme mit Festzeitsteuerung. Lediglich die Knoten K005 und K021 laufen verkehrabhängig, da dort die Vorrangschaltung für die Stadtbahn weiterhin aktiv ist¹².

Um die gewünschte Optimierung des Verkehrsflusses zu sichern, ist es zudem notwendig, die Verkehrsmengen innerhalb des kritischen Abschnitts zu begrenzen. Hierzu wird über eine Anpassung der Freigabezeiten an den Knotenpunkten K047 und K028 der Zufluss in den kritischen Abschnitt gesteuert. Auf eine Information der Verkehrsteilnehmer über die geschaltete Maßnahme wird bewusst verzichtet, da Ausweichverkehre vermieden werden sollen.

Die UVM-Maßnahme „Altewiekring“ wurde im Rahmen der Planung zunächst mittels einer Mikrosimulation des Verkehrsablaufs und anschließend in einem Feldversuch auf ihre verkehrlichen Wirkungen hin überprüft. Es wurde nachgewiesen, dass durch die Maßnahme einerseits im kritischen Abschnitt die gewünschte Verstärkung des Verkehrsflusses erreicht wird und andererseits Verlagerungseffekte ins übrige Streckennetz vermieden werden.

¹² Ein temporärer Verzicht auf die Vorrangschaltung innerhalb der UVM-Maßnahme könnte den Verkehrsfluss im kritischen Abschnitt noch weiter verbessern.

2.2.4.2 Hotspot Hildesheimer Straße

Im Hotspot Hildesheimer Straße ist in den Spitzenstunden häufig eine Verkehrsüberlastung zu beobachten, die insbesondere in Richtung Innenstadt zu einem Rückstau am Knotenpunkt Rudolfplatz führt. Von dort verteilt sich der Großteil des Verkehrs auf den nördlichen und ein kleinerer Teil auf den westlichen Innenstadtring. Mit der Hamburger Straße und Celler Straße im Norden sowie der Münchenstraße im Westen sind geeignete Ausweichrouten verfügbar, die alle gut über die Stadtautobahn A391 erreicht werden können und im Normalfall auch ausreichende Kapazitätsreserven bieten.

Die Grundidee der UVM-Maßnahme „Hildesheimer Straße“ ist daher, eine Zuflussdosierung für den kritischen Abschnitt vor dem Rudolfplatz bei gleichzeitiger Verlagerung eines Teils der stadteinwärts fließenden Verkehre auf die A391. Zusätzlich sind die Versatzzeiten so anzupassen, dass ankommende Verkehre möglichst ohne Halt aus dem kritischen Bereich abfließen können.

Im Rahmen der Planungen wurden vier unterschiedliche Maßnahmen mittels makroskopischer und mikroskopischer Modelle untersucht, wobei je Maßnahme jeweils drei Szenarien (Stufen) mit steigender Eingriffsschwere bewertet wurden.



Abbildung 2-24: Lageplan Hotspot Hildesheimer Straße, Maßnahmen 2 und 2a (WVI, 2012)

Als sinnvollste Variante hat sich dabei die Maßnahme 2a herausgestellt, bei der für die stadteinwärts führenden Verkehre eine erste Zuflussdosierung vor der Auffahrt zur A 391 sowie eine weitere Dosierung an der folgenden LSA stadteinwärts erfolgt (vgl. Abbildung 2-24). Gleichzeitig wird die Freigabezeit für die Linksabbieger Richtung A391 verlängert, so dass für die Verkehrsteilnehmer eine Umfahrung des Hotspotbereichs über A391 und im weiteren Verlauf Hamburger Straße oder Celler Straße attraktiver wird.

Im Zulauf auf die Autobahnauffahrt befindet sich eine frei programmierbare Informationstafel, über welche die Verkehrsteilnehmer gut über die geschaltete UVM-Maßnahme und die daraus resultierende Umleitungsempfehlung informiert werden können.

Abbildung 2-25 zeigt beispielhaft die mit der Maßnahme 2a in Stufe 3 erzielbare Verlagerungswirkung bezogen auf einen kompletten durchschnittlichen Werktag. Insgesamt können durch die Maßnahme je nach Eingriffsschwere zwischen 8% und 28% des stadteinwärts fahrenden Verkehrs (das entspricht zwischen 4% und 14% des Gesamtverkehrs am Querschnitt) verlagert werden. Für die verbleibende Verkehrsmenge im Hotspotbereich ergibt sich durch Vermeidung des Rückstaus eine deutliche Verbesserung des Level-Of-Service (LOS).

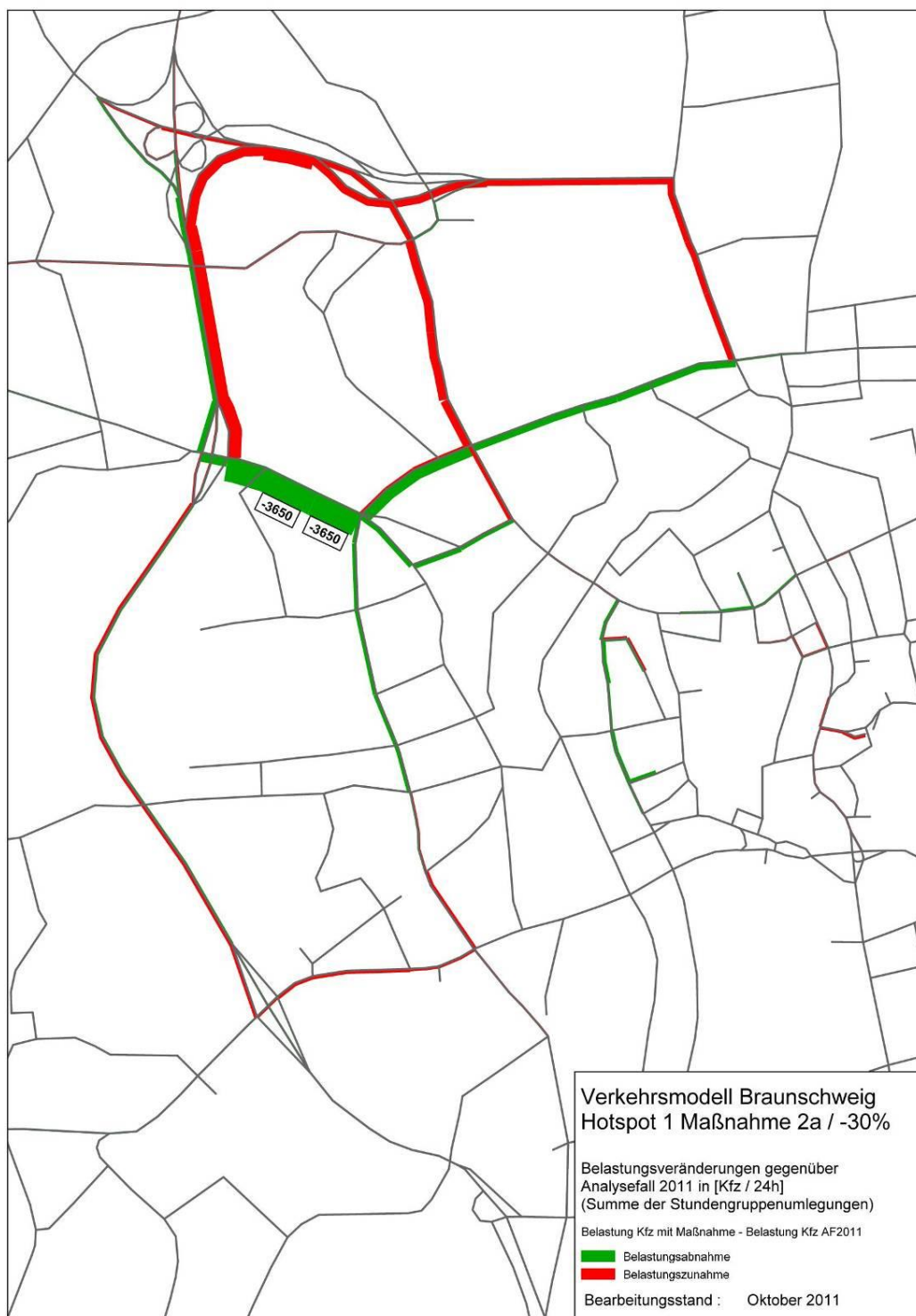


Abbildung 2-25: Hotspot Hildesheimer Straße, verkehrliche Wirkung der Maßnahme 2a (Stufe 3) (eigene Darstellung WVI)

2.2.5 Ablauf der Aktivierung/Deaktivierung der Maßnahme

Bisher wurden Maßnahmen in Braunschweig nur zu Forschungs- und Entwicklungszwecken aktiviert. Es ist geplant noch in 2016 Maßnahmen in Abhängigkeit von vorgegebenen Schwellenwerten zu aktivieren.

2.3 Erfurt

Die Landeshauptstadt Erfurt verfolgt das Ziel, mit intelligenten Maßnahmen des Verkehrsmanagements und gezielten Eingriffen in die Verkehrssteuerung einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der verkehrsbedingten Emissionen und damit der Gesamtmissionsbelastung durch Stickstoffdioxid und Feinstaub zu leisten. Der verfolgte prozessorientierte Gesamtansatz eines integrierten Verkehrs- und Umweltmanagements beinhaltet im Wesentlichen die zwei Schwerpunkte:

- Verstetigung des Verkehrsflusses zur Vermeidung emissionsintensiver Fahrzustände (Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge) sowie
- Verkehrsverlagerung und Verkehrlenkung zur (zeitweisen) Reduktion von Verkehrsmengen.

Er beinhaltet neben der Umsetzung der Maßnahmen zur Verkehrssteuerung auch den Aufbau neuer bzw. die Erweiterung vorhandener Systemkomponenten des Verkehrsmanagements für die Zwecke:

- Monitoring und Analyse von Meteorologie-, Umwelt- und Verkehrsdaten,
- Strategiemangement zur kontinuierlichen umweltsensitiven Verkehrssteuerung sowie
- kontinuierliche Wirkungsermittlung der umgesetzten Maßnahmen.

Im Fokus steht eine gesamtstädtische Betrachtung mit Maßnahmen der Verkehrssteuerung (Zuflussdosierung auf allen radialen Hauptverkehrsstraßen) sowie der kollektiven (und zukünftig auch individuellen) Verkehrsinformation.

Für die ganzheitliche Umsetzung eines umweltorientierten Verkehrsmanagements in Erfurt wurden ein Systemkonzept und ein Maßnahmenpaket entwickelt, das im Produktivbetrieb einen flexiblen dynamischen Einsatz ermöglicht, da die implementierten Steuerungsstrategien, je nach aktueller Verkehrs- und Umweltsituation, räumlich und insbesondere auch zeitlich differenziert eingesetzt werden können.

In einer ersten Stufe wurden in den Jahren 2011-2013 zur Prüfung der Realisierbarkeit dieses Ansatzes und zur Abschätzung der mit Maßnahmen des umweltorientierten Verkehrsmanagements erzielbaren verkehrlichen und umweltseitigen Wirkungen zwei Pilotmaßnahmen als Forschungsvorhaben „Umweltsensitive Verkehrssteuerung Erfurt (UVE)“ geplant, umgesetzt und nach einer Laufzeit von jeweils einem Jahr wissenschaftlich evaluiert.

Zum einen handelt sich dabei um den Straßenzug Talstraße / Bergstraße im Zuge des die Innenstadt umschließenden Stadtringes (ca. 800 m). Dieser stellt gleichzeitig den hinsichtlich der Luftschadstoffbelastung ungünstigsten innerstädtischen Hotspot dar.

Zum anderen handelt es sich dabei um den Straßenzug Leipziger Straße im Zuge einer radialen Hauptverkehrsstraße zwischen Schnellstraßenring und Stadtring (ca. 3400 m). Dieser stellt das insbesondere mit umfangreicher Immissionsdatenerfassung ausgestattete Testfeld für eine typische Erfurter Radialstraße dar.

In einer zweiten Stufe wurde in den Jahren 2013-2015 die umweltorientierte Verkehrssteuerung auf den beiden Straßenzügen in einen automatisierten Regelbetrieb überführt, als weitere radiale Hauptverkehrsstraße die Nordhäuser Straße mit Zuflussdosierung ausgestattet und ein Strategiemangementssystem aufgesetzt, das eine Aktivierung der Zuflussdosierung auf Basis der aktuellen Verkehrs- und Umweltsituation zeit-

lich differenziert veranlasst und auf Basis der aktuellen Verkehrs-, Parkraum- und Umweltsituation eine kollektive Information der Verkehrsteilnehmer über die Verkehrsinformationstafeln an allen 11 radialen Hauptverkehrsstraßen realisiert.

Neben den seit 2013 kontinuierlich automatisiert auflaufenden Meteorologie-, Umwelt- und Verkehrsdaten liegen für diese beiden ersten realisierten Ausbaustufen umfangreiche Datenauswertungen zur Wirkungsermittlung vor.

In einer dritten Stufe werden ab 2017 die weiteren 9 radialen Hauptverkehrsstraßen mit Zuflussdosierung ausgestattet und so das Gesamtsystem komplettiert.

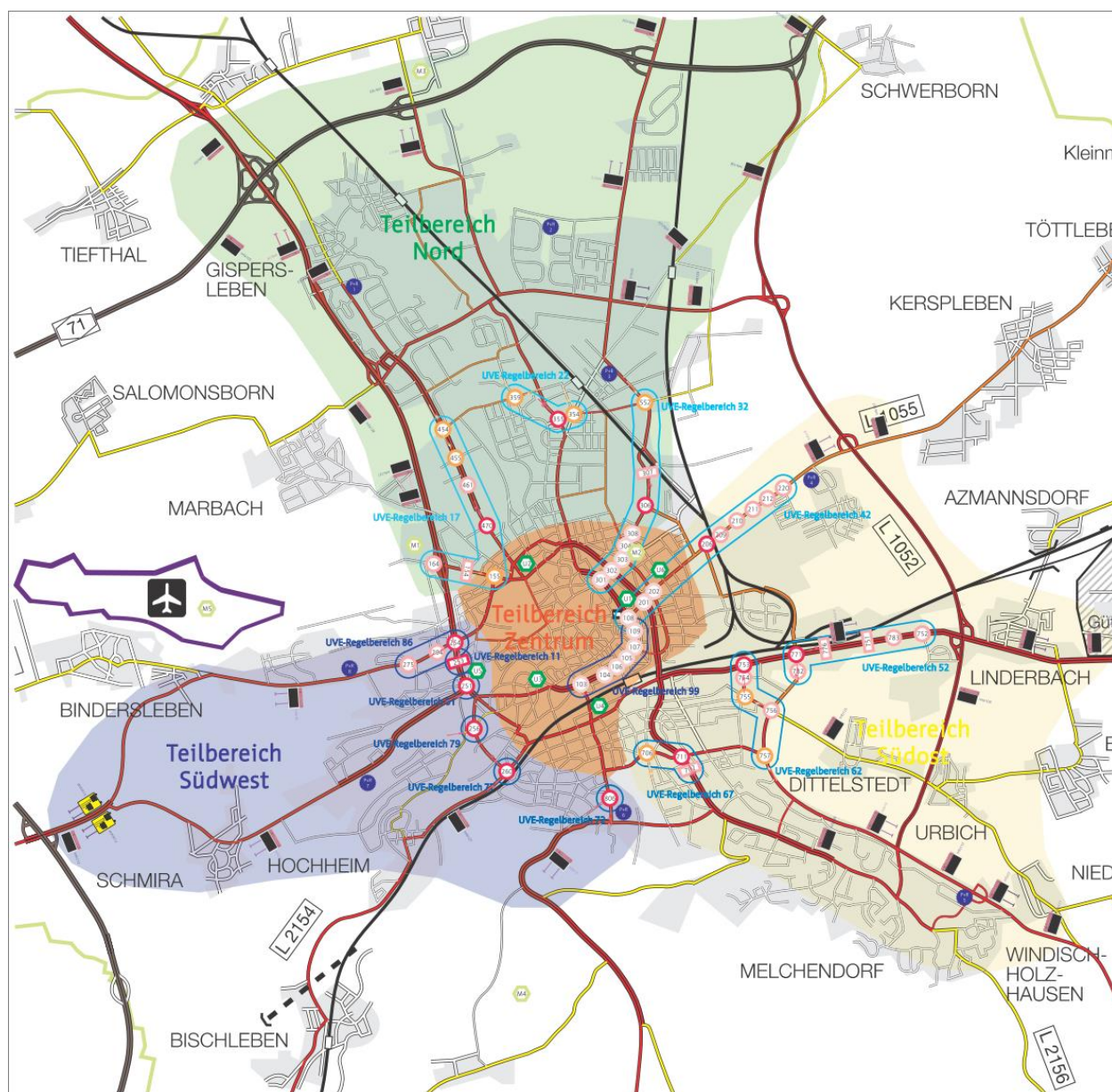


Abbildung 2-26: UVM Erfurt – Übersicht (UVM-EF-GK, 2015)

Die Übersichtskarte (Abbildung 2-26) zeigt die Lage wesentlicher Feldelemente des UVM Erfurt: Zuflussdosierung Hauptroute (rot), Zuflussdosierung Nebenroute (orange),

Überwachung Überstauung Knotenpunkt (rosa), Regelbereiche Koordinierung (blau), Immissionsmessstellen der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (grün) sowie stationäre und virtuelle Verkehrsinformationstafeln (schwarz). Weitere Immissionsmessstellen waren während der Pilotvorhaben zu Evaluationszwecken in Betrieb.

2.3.1 Gebietsbeschreibung

Erfurt, die Landeshauptstadt des Freistaates Thüringen, hat ca. 210.000 Einwohner und bedeckt eine Fläche von 270 km². Das Stadtgebiet wird durch einen Schnellstraßenring umschlossen. Dieser besteht aus der Bundesautobahn A4 im Süden, der Bundesautobahn A71 im Westen und Norden sowie der Bundesstraße B7 und der Landesstraße L1056 im Osten (Teilstrecken als Ostumfahrung bezeichnet).

Ein Stadtring umschließt die Innenstadt, ein weiter innen liegender nicht vollständiger Zentrumsring dient der Erschließung des Zentrums, hier ist der größte Teil der öffentlichen Parkhäuser und Tiefgaragen angeordnet. Der Bereich innerhalb des Zentrumsringes ist verkehrsberuhigt bzw. Fußgängerzone.

Die Verbindung zwischen dem Schnellstraßenring und innerstädtischen Stadtring wird über insgesamt 11 (davon 9 durchlaufende) radiale Hauptverkehrsstraßen gebildet.

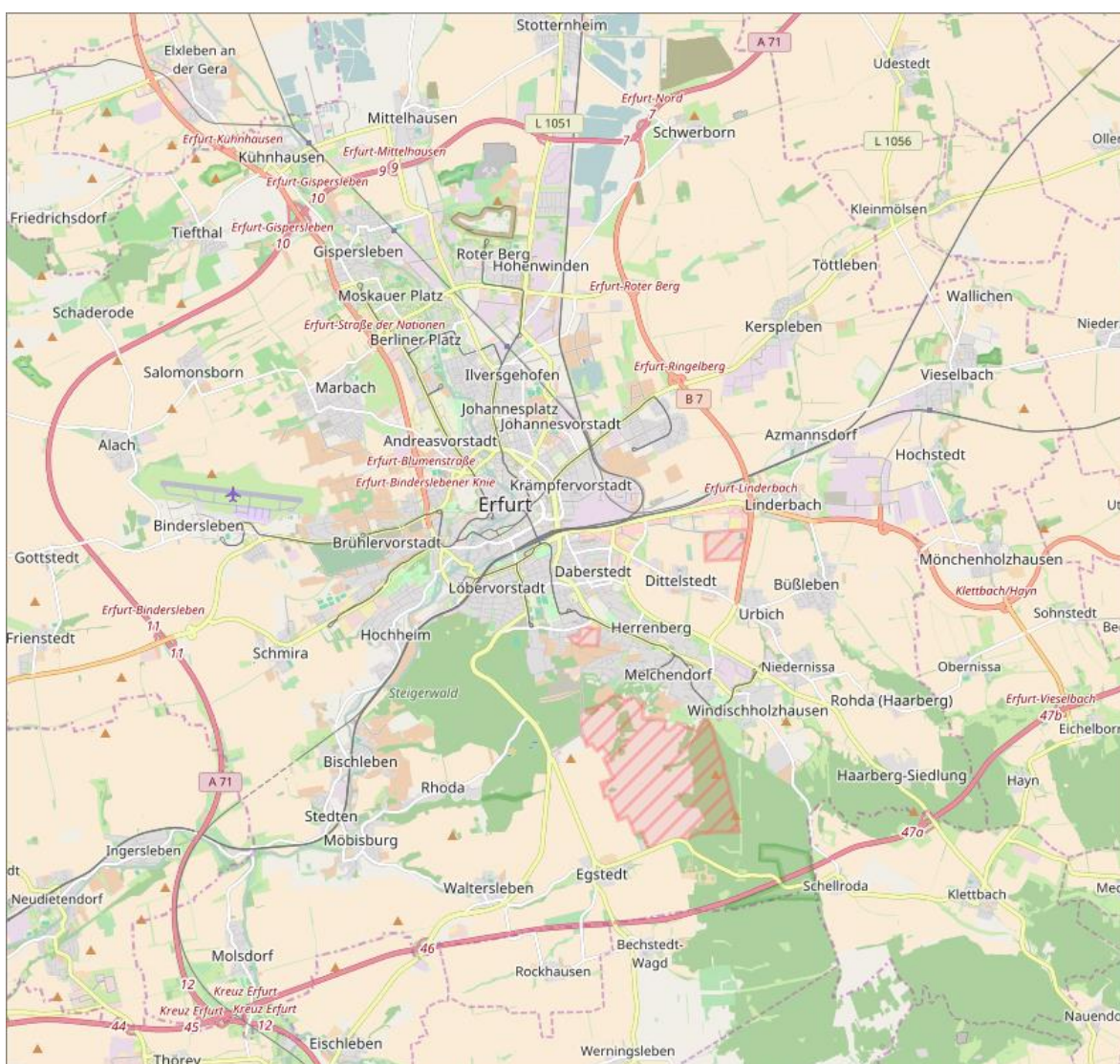


Abbildung 2-27: Erfurt – Hauptstraßennetz (OpenStreetMap-Mitwirkende)

Die Hauptlast des ÖPNV tragen 6 Stadtbahnlinien, die durch Stadt- und Regionalbuslinien ergänzt werden.

Der umweltsensible Bereich der LH Erfurt umfasst die Innenstadt sowie die umgrenzenden gründerzeitlichen Vorstädte. Er entspricht der ausgewiesenen Umweltzone.

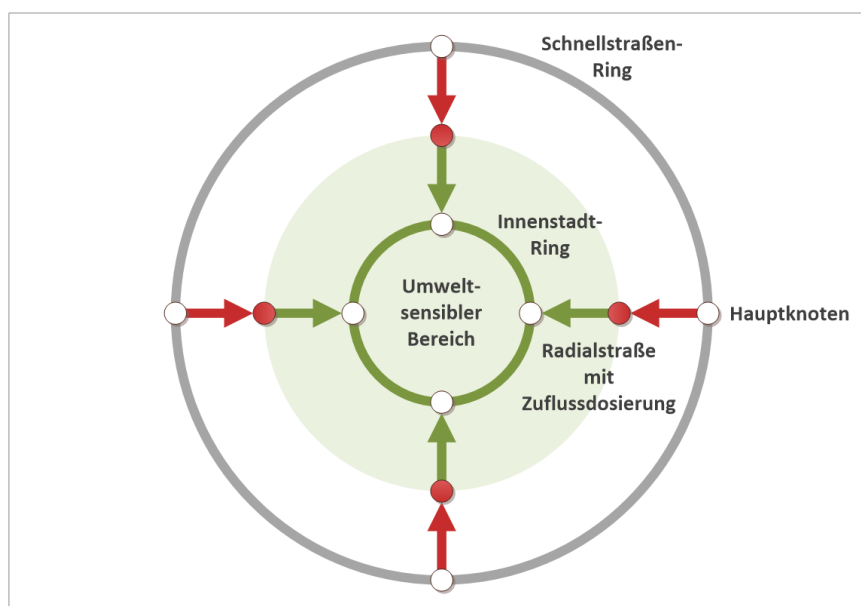


Abbildung 2-28: UVM Erfurt – Grundprinzip Zuflussdosierung (pwp)

Im Stadtgebiet von Erfurt führt die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) Immissionsmessungen an mehreren Messstationen durch (vgl. Abbildung 2-29, grün markiert). Für die vorliegende Untersuchung relevant ist die Messstelle U2 (Bergstraße, Typ Verkehr) am Hotspot Talstraße/Bergstraße sowie die Messstellen U1 (Krämpferstraße, Typ städtisch) und U6 (Altonaer Straße, Typ Verkehr) in der Leipziger Straße.

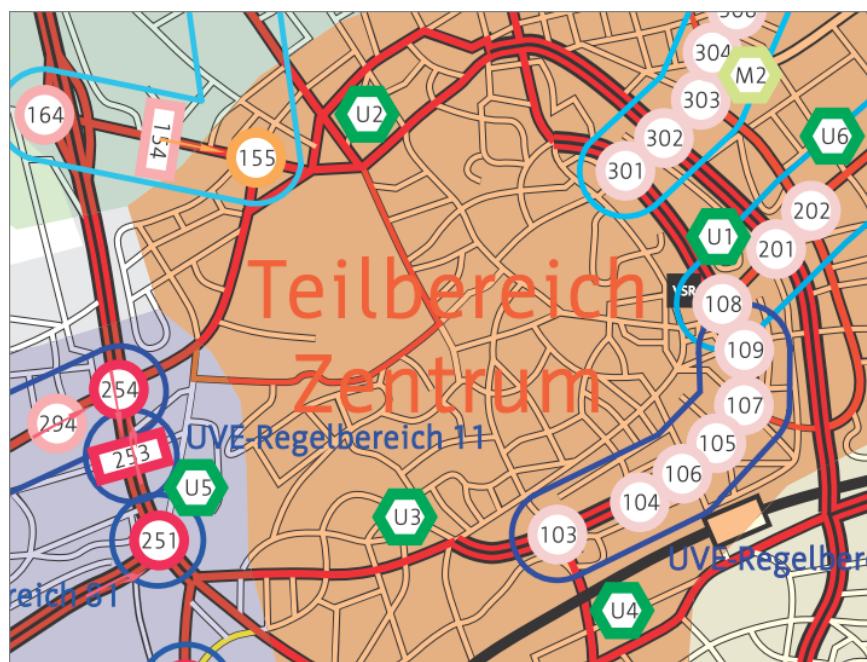


Abbildung 2-29: UVM Erfurt – Immissionsmessstellen TLUG (grün) (UVM-EF-GK, 2015)

2.3.2 Beschreibung der Hotspots

2.3.2.1 Talstraße / Bergstraße

Im Fokus der ersten UVM-Pilotmaßnahme und des nunmehr seit 2014 laufenden Regelbetriebs steht die Thematik Verstetigung des Verkehrsablaufes durch Optimierung der LSA-Steuerung. Es wurden verschiedene Steuerungsstrategien am Knotenpunkt Talstraße / Auenstraße (Lage am Beginn der Bergstraße) implementiert und hinsichtlich ihres Wirkungspotenziales untersucht.

2.3.2.1.1 Räumliche Lage

Der Straßenzug hat eine Länge von 770 Metern und ist Teil des nördlichen Stadtringes. Er verläuft vom Knotenpunkt Magdeburger Allee / Stauffenbergallee (Talknoten) in westlicher Richtung über Talstraße und Bergstraße bis zum Knotenpunkt Nordhäuser Straße / Bergstraße. Es handelt sich um einen Querschnitt mit 2 Fahrstreifen (Einbahnstraße). Die Bergstraße weist in diesem Bereich eine Steigung von +3% auf. Die zulässige Geschwindigkeit beträgt (vorrangig aus Gründen des Lärmschutzes) 30 km/h.

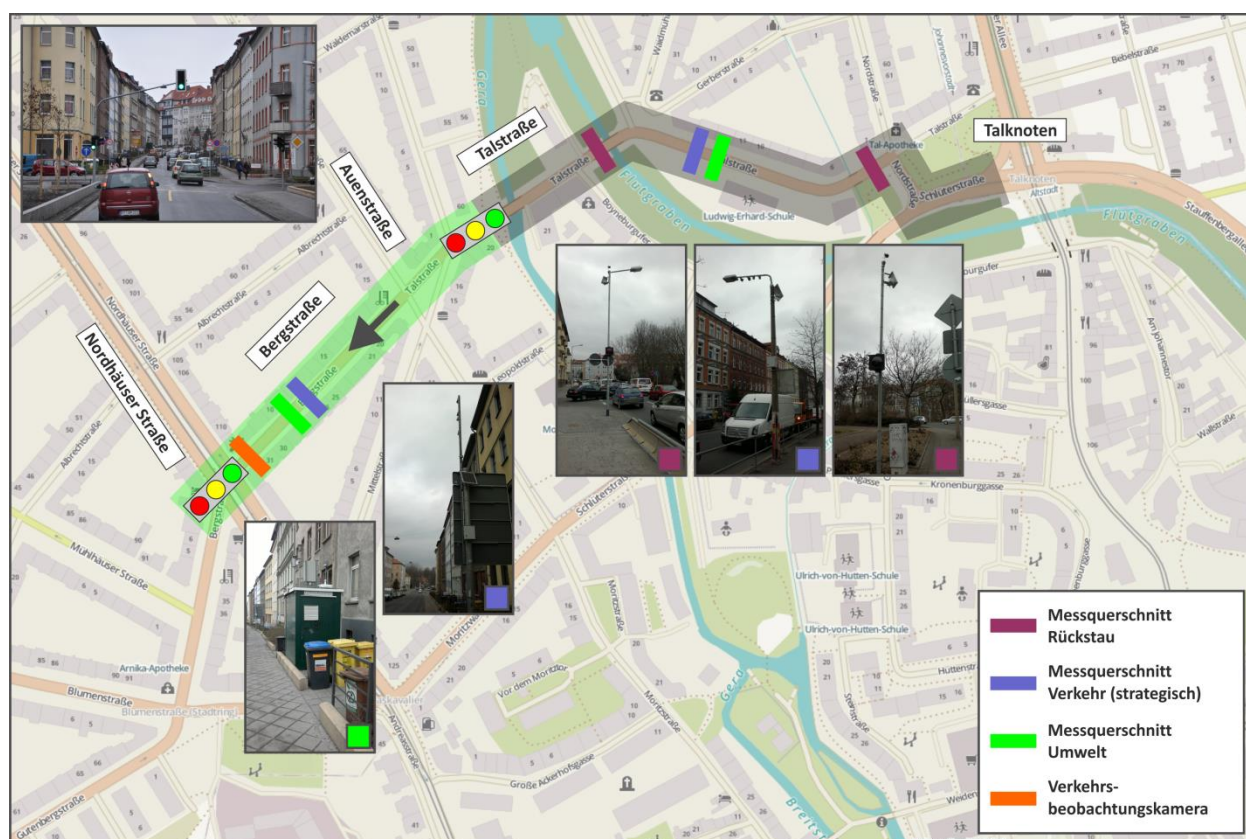


Abbildung 2-30: UVM Erfurt –Talstraße / Bergstraße (pwp; Karte: OpenStreet-Map-Mitwirkende)

Der Knotenpunkt Talstraße / Auenstraße teilt die untersuchte Strecke in zwei Abschnitte: die Bergstraße mit dem ursächlich umweltkritischen Bereich (Hotspot) und die stromaufwärts gelegene Talstraße. Im Bereich der Talstraße war (neben der TLUG-Messtation Bergstraße) für den Zeitraum der UVM-Pilotmaßnahme eine zusätzliche

Immissionsmessstelle in Betrieb, um die umweltseitigen Auswirkungen der angepassten LSA-Steuerung abschnittsweise bestimmen zu können.

2.3.2.1.2 Luftschadstoffsituation

Tabelle 2-2 zeigt für die Jahre 2010 bis 2015 die Überschreitungszahlen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes und den PM10-Jahresmittelwert (JM) sowie die NO₂-JM-Werte an den Messstationen Bergstraße und Krämpferstraße.

Tabelle 2-2: Überschreitungszahlen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes und PM10-Jahresmittelwert (JM) sowie NO₂-JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an Messstationen in Erfurt. Konzentrationen in µg/m³. Fett = Grenzwertüberschreitung. Hinweis: Die dargestellten Messergebnisse beinhalten seit 2013 bereits die Wirkung des UVM.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PM10-JM für Krämpferstraße	23	23	19	19	18	17
PM10-JM für Bergstraße	30	29	26	25	26	22
Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten > 50µg/m ³ für Krämpferstraße	22	21	13	11	13	3
Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten > 50µg/m ³ für Bergstraße	41	40	22	23	31	10
NO ₂ -JM für Krämpferstraße	25	26	22	22	21	23
NO ₂ -JM für Bergstraße	41	43	38	39	38	37

Demnach wurden in den Jahren 2010 und 2011 in der Bergstraße mehr als die erlaubten 35 Tage mit PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen festgestellt. Der höchste PM10-Jahresmittelwert dieses Zeitraumes wurde mit 30µg/m³ im Jahr 2010 gemessen. Die lokale verkehrsbedingte PM10-Zusatzbelastung an der Bergstraße lag in diesem Zeitraum bei ca. 21%.

Der höchste NO₂-Jahresmittelwert dieses Zeitraumes an der Bergstraße wurde mit 43 µg/m³ im Jahr 2011 gemessen. Die lokale verkehrsbedingte NO₂-Zusatzbelastung an der Bergstraße lag in diesem Zeitraum bei ca. 54%.

Die Länge des von NO₂-Grenzwertüberschreitungen betroffenen Straßenabschnittes der Bergstraße beträgt ca. 400 m, in dem ca. 200 Betroffene wohnen.

2.3.2.1.3 Lärmsituation

Gemäß Lärmaktionsplan der Landeshauptstadt Erfurt (Hauptverkehrsstraßen Stufe 2) beträgt die Lärmbelastung L_{Night} = 64 dB(A).

2.3.2.1.4 Verkehrliche Situation

Das durchschnittlich tägliche Verkehrsaufkommen liegt im Straßenzug Talstraße / Bergstraße Mo-Fr bei 13.300 Kfz. Am Ende des Straßenzuges wird mit der Nordhäuser Straße eine stark befahrene Hauptradialstraße gekreuzt. In deren Achse verlaufen zwei Stadtbahnlinien jeweils im 10-min-Takt mit weitreichender ÖPNV-Priorisierung und damit maßgeblichem Einfluss auf den Verkehrsablauf in der Bergstraße (im Ausgangszustand zahlreiche Anhalte- und Anfahrvorgänge im unmittelbaren Bereich der Immissionsmessstelle).

Bedingt durch den seit 2007 geschlossenen Erfurter Schnellstraßenring ist nur ein geringer Anteil des Verkehrsaufkommens dem Durchgangsverkehr zuzurechnen. Der Schwerverkehrsanteil beträgt 3,4%.

2.3.2.2 Leipziger Straße

Die durch Optimierung der LSA-Koordinierung zur Verstetigung des Verkehrsflusses im Bereich der innerstädtischen Hotspots erzielbaren Wirkungen sind je nach örtlichen Randbedingungen u. U. alleine noch nicht ausreichend für die angestrebte dauerhafte Einhaltung der Immissionsgrenzwerte.

Im Fokus der zweiten Pilotmaßnahme und des nunmehr seit 2014 laufenden Regelbetriebs steht die Thematik Verkehrsverlagerung durch eine (nach aktueller Verkehrs- und Umweltsituation zeitlich begrenzte) Zuflussdosierung des über die radialen Hauptverkehrsstraßen auf die Innenstadt als umweltsensiblen Bereich zulaufenden Verkehrs, die eine Reduktion der Verkehrsmengen im Bereich der innerstädtischen Hotspots bewirkt.

2.3.2.2.1 Räumliche Lage

Der untersuchte Straßenzug der Leipziger Straße hat eine Länge von 3410 Metern und stellt eine der 9 Hauptradien zwischen dem Erfurter Schnellstraßenring (hier Ostumfahrung B7) und dem Stadtring (Innenstadt) dar. Er verläuft vom Knotenpunkt Leipziger Straße / Walter-Gropius-Straße in westlicher Richtung bis zum Knotenpunkt Leipziger Straße / Stauffenbergallee (Stadtring). In seinem Verlauf befinden sich 12 LSA. Es handelt sich um einen Querschnitt mit 2 Fahrstreifen und Stadtbahn auf separatem Bahnkörper in Mittellage. Die zulässige Geschwindigkeit beträgt 50 km/h.



Abbildung 2-31: UVM Erfurt –Leipziger Straße (pwp; Karte: OpenStreetMap-Mitwirkende)

Der Knotenpunkt Leipziger Straße / Am Alten Nordhäuser Bahnhof teilt als Zuflussdosierungsquerschnitt die untersuchte Strecke in zwei Abschnitte: stromabwärts bis zur Staufenbergallee (Stadtring) befindet sich ein dicht bebauter umweltsensibler Bereich, stromaufwärts bis zur Walter-Gropius-Straße befindet sich ein weniger dicht bebauter und gut durchlüfteter Bereich, wo ein Rückstau durch die Zuflussdosierung weit weniger kritisch ist. Im Bereich der Leipziger Straße waren (neben den TLUG-Messstationen Krämpferstraße und Altonaer Straße) für den Zeitraum der UVM-Pilotmaßnahme weitere 6 zusätzliche Immissionsmessstellen an 3 Messquerschnitten in Betrieb, um die umweltseitigen Auswirkungen der Zuflussdosierung stromabwärts und stromaufwärts des Dosierungsquerschnitts abschnittsweise bestimmen zu können.

2.3.2.2.2 Luftschadstoffsituation

Da es sich bei der Leipziger Straße um eine der 9 Hauptradialen als Zufahrt zu den innerstädtischen Hotspots handelt, wird an dieser Stelle auf die Beschreibung der Luftschadstoffsituation in der Innenstadt (vgl. 2.3.2.1.2) verwiesen.

2.3.2.2.3 Lärmsituation

Gemäß Lärmaktionsplan der Landeshauptstadt Erfurt (Hauptverkehrsstraßen Stufe 2) beträgt die Lärmbelastung je nach Lage $L_{Night} = 58-61 \text{ dB(A)}$.

2.3.2.2.4 Verkehrliche Situation

Das durchschnittlich tägliche Verkehrsaufkommen liegt Mo-Fr bei 17.000 Kfz (beide Fahrrichtungen). Der in stadteinwärtiger Fahrtrichtung letzte 960 Meter lange Abschnitt vor dem Stadtring stellt wegen der Bebauungs- und Belüftungssituation einen umweltsensiblen Bereich dar, der in der Ausgangssituation in der Morgenspitze durch zähfließenden Verkehr gekennzeichnet war.

Durch die Zuflussdosierung am Knotenpunkt Leipziger Straße / Am Alten Nordhäuser Bahnhof in stadteinwärtiger Fahrtrichtung kann nunmehr nur so viel Verkehr in den kritischen Streckenabschnitt einfahren, wie umweltverträglich und im Regelfall ohne Behinderungen bis zur Stauffenbergallee abgewickelt werden kann. Der sich als Konsequenz in Spitzenzeiten aufbauende Rückstau vor dem Dosierungsquerschnitt verlagert den Verkehr stromaufwärts in unkritische, da weniger bewohnte und besser durchlüftete Streckenabschnitte.

Bedingt durch den seit 2007 geschlossenen Erfurter Schnellstraßenring ist nur ein geringer Anteil des Verkehrsaufkommens dem Durchgangsverkehr zuzurechnen. Der Schwerverkehrsanteil beträgt 3,4%.

2.3.3 Beschreibung des UVM-Systems

In Erweiterung der vorhandenen Verkehrsrechnerzentrale hat die Landeshauptstadt Erfurt in den Jahren 2013-2015 eine Verkehrsmanagementplattform (VMP) aufgebaut. Die VMP besteht aus drei softwareseitig getrennten Teilsystemen:

- SITRAFFIC Scala – Verkehrsrechnerzentrale
- pwpTMPlattform – Verkehrs- und Umweltdatenmanagement
- OPTIMA – Verkehrslageanalyse und -prognose

Unter dem Begriff Verkehrsmodul wird nachfolgend die VMP mit ihren drei Teilsystemen verstanden.

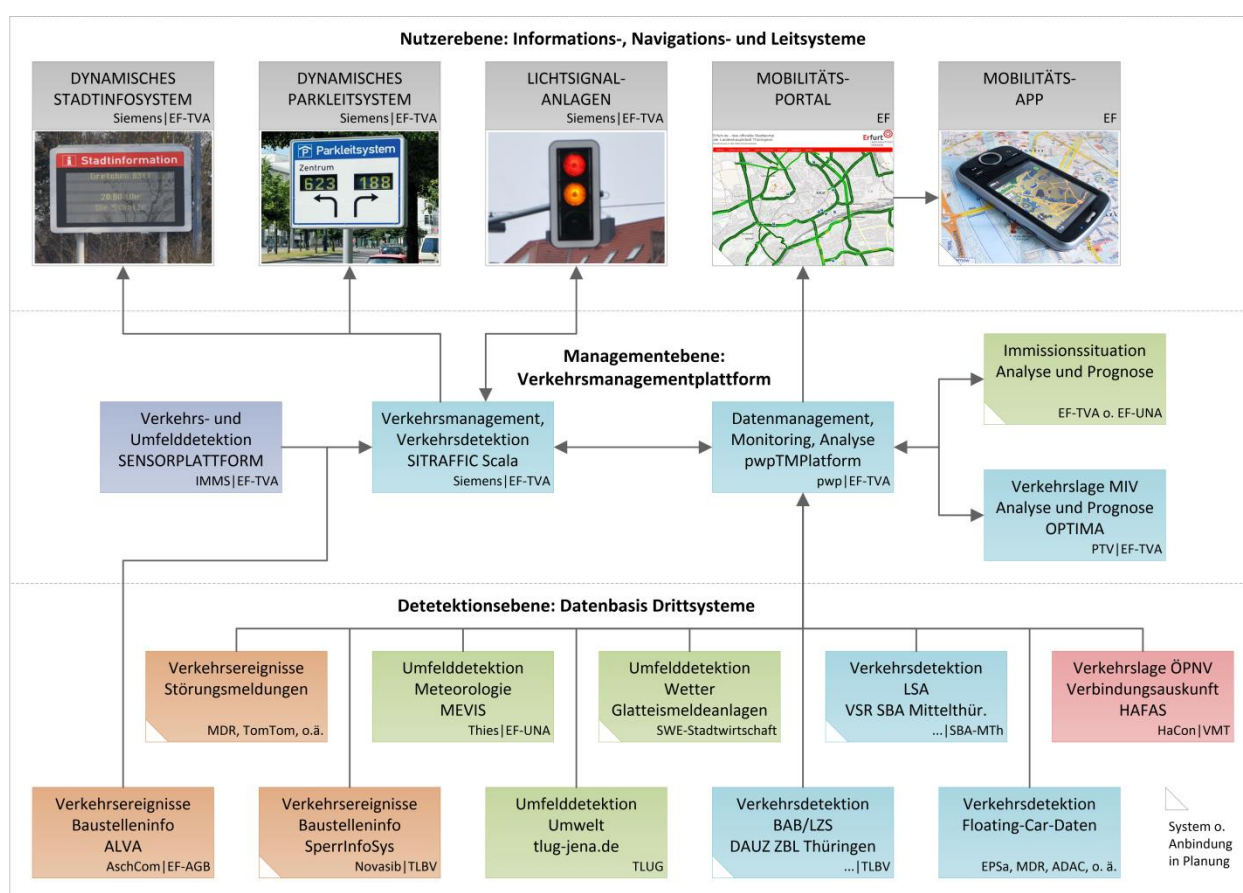


Abbildung 2-32: VMP Erfurt – Systemaufbau (pwp)

Das Umweltorientierte Verkehrsmanagement ist neben dem Parkraummanagement Innenstadt und der Bedarfsumleitungen BAB A4/A71 ein Maßnahmenbereich des Strategiemangements, das in den VMP-Teilsystemen pwpTMPlattform (Situationsermittlung) und SITRAFFIC Scala (Maßnahmenermittlung und -umsetzung) implementiert und konfiguriert ist.

2.3.3.1 Verkehrsmodul

Verkehrsrechnerzentrale

Das Verkehrsrechnersystem SITRAFFIC Scala ist seit vielen Jahren erfolgreich bei der Landeshauptstadt Erfurt im Einsatz. Es deckt mit den zahlreichen vorhandenen Teilmodulen die Bereiche Verkehrsmanagement, Verkehrssteuerung, Parkleiten einschließlich der Schnittstellen zur Anbindung an Drittsysteme ab. An die Verkehrsrechnerzentrale angebunden sind der größte Teil der Lichtsignalanlagen, die strategischen Messquerschnitte, das Parkleitsystem, das Stadtinformationssystem und das Baustelleninformationssystem. Die Datenversorgung umfasst Verkehrsdetektion und Verkehrereignisse.

Verkehrs- und Umweltdatenmanagement

Die pwpTMPlatform ist eine serverbasierte Software zur kontinuierlichen Verarbeitung von Verkehrs- und Umweltdaten (Datenmanagement, Datenmonitoring und Datenanalyse), beginnend bei den Datenquellen (z. B. Verkehrs- oder Umweltdatenrechner etc.), über die Verkehrslagegenerierung (Datenversorgung Verkehrslagesysteme) bis zur Bereitstellung von aufbereiteten Daten an nachgelagerte Systeme (z. B. Datenaustauschplattformen, Verkehrsinformationssysteme, Mobilitätsportale, Routing-Anwendungen, Ausbreitungsmodelle).

Die pwpTMPlatform ermöglicht eine langfristige Archivierung und eine kontinuierliche Qualitätsanalyse von punktbezogenen Daten (z. B. ortsfeste und mobile Detektion Verkehr sowie ortsfeste Detektion Umwelt), und linienbezogenen Daten (z. B. Verkehrslagedaten aus modellbasierten Verkehrslagesystemen und aus Floating-Car-Data-Systemen). Für das Datenmanagement verfügt die pwpTMPlatform über zahlreiche standardisierte Import- und Export-Schnittstellen (OCIT-C, DATEX II etc.).

Die Abbildung 2-33 zeigt die pwpTMPlatform Erfurt im Arbeitsbereich Monitoring mit den eingebundenen Datenquellen: Verkehrsdetektion (Detektoren, Zählstellen), Umfelddetektion, Verkehrereignisse (Baustellen, Veranstaltungen, Verkehrsstörungen), Parkeinrichtungen, Informationstafeln, ÖPNV-Haltestellen sowie der Verkehrslage (aus OPTIMA).

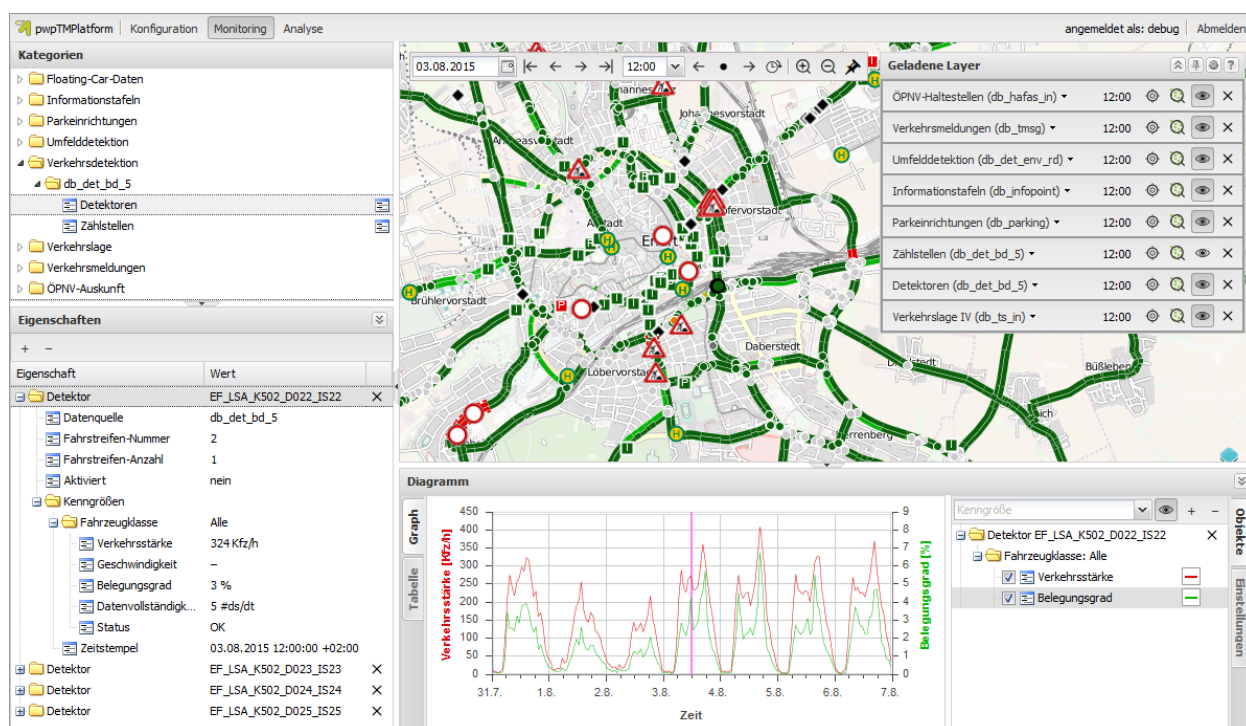


Abbildung 2-33: VMP Erfurt – pwpTMPlatform (pwp)

Die Datenversorgung umfasst neben Verkehrsdetektion und Verkehrsereignissen (beides über die Schnittstelle zur Verkehrsrechnerzentrale) auch die Umfelddetektion (Umweltmessstationen der TLUG; Meteorologiemessstationen der LH Erfurt) und die ÖPNV-Daten (Haltestellenauskunft Verkehrsverbund Mittelthüringen (VMT)).

Verkehrslageanalyse und Prognose

Das Softwareprodukt PTV OPTIMA ist als Kernkomponente von Verkehrslagesystemen im Einsatz und deckt den Bereich der verkehrsmodellbasierten und detektorgestützten Berechnung einer Online-Verkehrslage mit Analyse und Prognose ab.

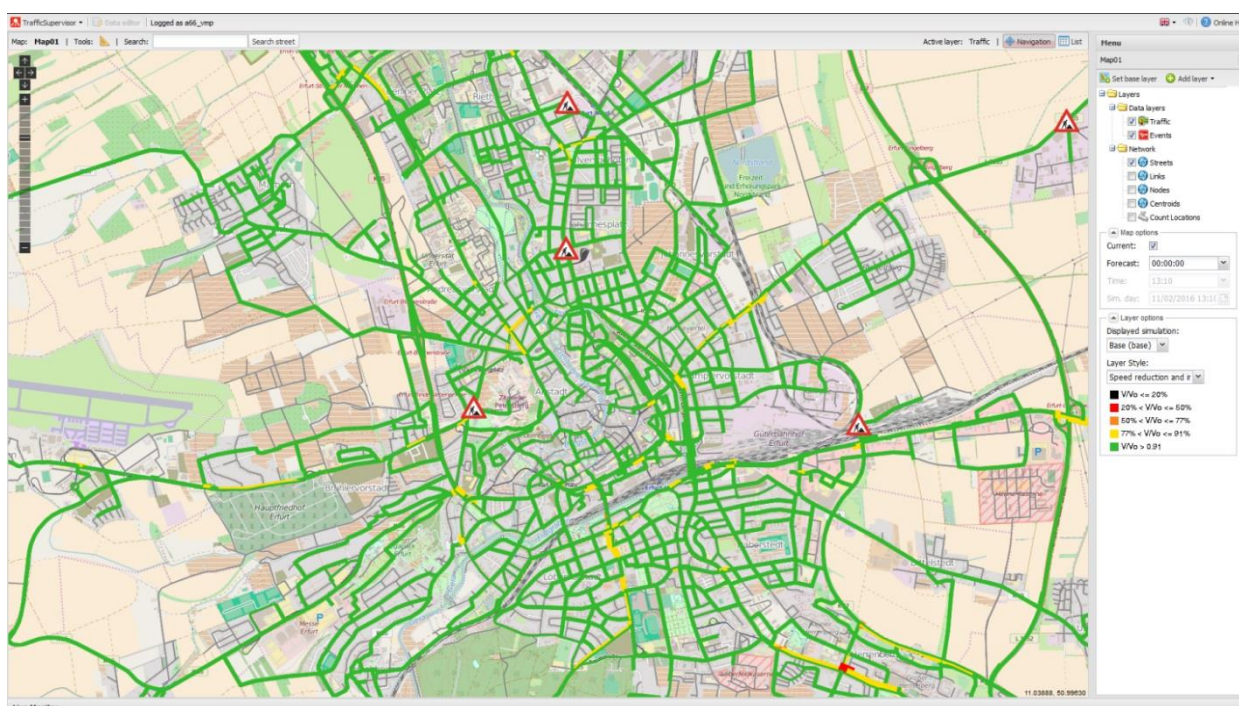


Abbildung 2-34: VMP Erfurt – OPTIMA (PTV)

OPTIMA liegt ein dynamisches Verkehrsumlegungsverfahren zugrunde, mit dem modellbasiert auf Grundlage punktueller Detektordaten des Verkehrs in kurzen Zeitintervallen flächendeckende Informationen zu aktueller Verkehrslage und Verkehrsprognose für große Verkehrsnetze berechnet werden können. OPTIMA ist durch folgende Leistungsmerkmale gekennzeichnet:

- Berechnung einer netzweiten Verkehrslage (Verkehrsstärke, Geschwindigkeit, Rückstaulänge) auf Grundlage punktuell erfasster Verkehrsdaten)
- Fortschreibung der netzweiten Verkehrslage für spätere Zeithorizonte (Kurzfristprognose)
- Nutzung einer nach Tageskategorien und Tageszeiten differenzierten Verkehrsnachfrage (4 Tageskategorien, 24 Stunden-Matrizen)
- Berücksichtigung von Verkehrsstärken und Geschwindigkeiten der ortsfesten Detektion
- Berücksichtigung von geplanten Baustellen im Netz durch zeitlich befristete Kapazitätsreduktion der betreffenden Streckenelemente
- Integration von Floating-Car-Daten (je nach Verfügbarkeit als vorverarbeitete streckenbezogene Fahrzeiten oder als Floating-Car-Rohdaten)
- Berechnung der Verkehrslage in Echtzeit und Bereitstellung der Ergebnisse in 5-Minuten-Intervallen

Die Datenversorgung von OPTIMA und die Weiterverarbeitung der Verkehrslagedaten wird über eine Schnittstelle zur pwpTMPlatform realisiert.

2.3.3.2 Umweltmodul

In der bislang realisierten zweiten Ausbaustufe (vgl. 2.3) erfolgt das Umweltmonitoring auf Basis der auflaufenden Daten der meteorologischen Messstationen der LH Erfurt und der Umweltmessstationen der TLUG. Diese Daten werden kontinuierlich durch die pwpTMPlattform analysiert. Die Immissionsdaten werden dabei unmittelbar als Parameter in der umweltorientierten Verkehrssteuerung berücksichtigt.

In der ab 2017 geplanten dritten Ausbaustufe zur Komplettierung des gesamtstädtischen UVM-Systems soll ein Monitoringsystem zur Überwachung und Prognose der stadtweiten Luftschadstoffbelastung integriert werden (vgl. Abbildung 2-32, Modul „Immissionssituation Analyse und Prognose“). Damit können neben den derzeit verwendeten aktuellen Immissionsdaten zusätzlich auch die Immissionsprognosedaten als Parameter in der umweltorientierten Verkehrssteuerung berücksichtigt werden.

Die Ermittlung der verkehrlichen Emissionen erfolgte im Rahmen der beiden benannten UVM-Pilotvorhaben unter Berücksichtigung der netzweit in kurzen Zeitintervallen verfügbaren Verkehrslagedaten (Verkehrsmengen nach Fahrzeugklassen, mittlere Geschwindigkeiten, abgeleitete HBEFA-Verkehrssituationen), dem Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 3.2, INFRAS, 2014) und weiterer Grundlagen z. B. für PM10-AWAR-Emissionen. Die Abschätzung des Anteils der verkehrlichen Emissionen auf die Gesamt-Immissionsbelastung an den Hotspots im Rahmen der Wirkungsermittlung berücksichtigt die regionale und städtische Hintergrundbelastung sowie die Zusatzkonzentration an den jeweiligen Streckenabschnitten.

2.3.3.3 Weitere Module

(keine)

2.3.3.4 Zusammenspiel der Module

Im SITRAFFIC Scala laufen kontinuierlich die Daten von Verkehrsdetektion, Verkehrereignissen und Parkraumbelagungen auf. Die pwpTMPlattform ruft diese Daten in 1-min-Intervallen vom SITRAFFIC Scala ab.

Gleichermaßen ruft die pwpTMPlattform die meteorologischen Daten der LH Erfurt, die Umweltdaten der TLUG sowie der ÖPNV-Daten des VMT ab. Alle Daten stehen in Echtzeit für das Verkehrs- und Umweltmonitoring zur Verfügung, werden aber auch dauerhaft für nachgelagerte Analysen archiviert. Für alle Daten erfolgt eine Qualitätssicherung.

In 5-min-Intervallen überträgt die pwpTMPlattform die qualitätsgesicherten Daten von Verkehrsdetektion und Verkehrereignissen an OPTIMA. Hier erfolgt die quasi kontinuierliche Berechnung der Verkehrslage (Analyse und Kurzfristprognose). Im Rücklauf erfolgt der Abruf der Verkehrslagedaten durch die pwpTMPlattform.

Die Umsetzung der strategischen Verkehrssteuerung mit den Maßnahmenbereichen Parkraummanagement Innenstadt, Bedarfsumleitungen BAB A4/A71 und Umweltorientiertes Verkehrsmanagement erfolgt im Zusammenspiel von pwpTMPlattform und SITRAFFIC Scala (vgl. Abbildung 2-35).

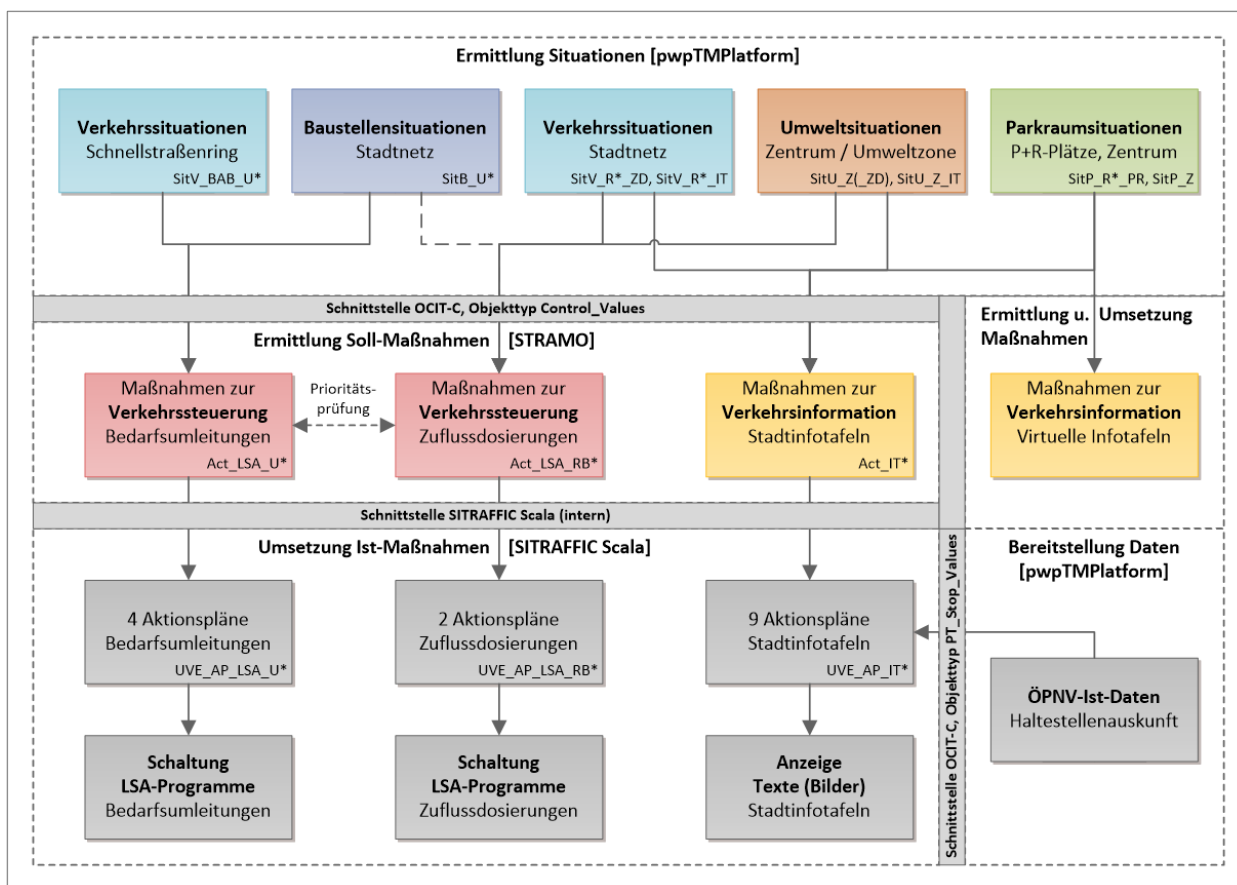


Abbildung 2-35: VMP Erfurt – Strategische Verkehrssteuerung (pwp)

Grundlage zur Ermittlung der Maßnahmen zur Verkehrssteuerung (Bedarfsumleitung, Zuflussdosierung) und Verkehrsinformation (Informationstafeln) ist die kontinuierliche Ermittlung von Situationen. Es werden folgende Kategorien unterschieden:

- Verkehrssituationen - Verkehrsablauf im fließenden Verkehr
- Baustellensituationen - Einschränkungen der Verfügbarkeit des Verkehrsnetzes
- Parkraumsituationen - Parkraumbelegung im ruhenden Verkehr
- Umweltsituationen - Luftschadstoffbelastung

Die Ermittlung der Situationen erfolgt mit der pwpTMPlattform in 1-min-Intervallen. Es werden jeweils 3 grundlegende Zustände unterschieden:

- normaler Zustand
- gestörter Zustand
 - angespannte Verkehrssituation
 - verkehrsrelevante Baustelle
 - ausgelasteter Parkraum
 - erhöhte Umweltbelastung
- undefinierter Zustand (bei fehlenden Eingangsdaten)

Die Verkehrs- und Baustellensituationen beziehen sich dabei auf Hauptstrecken des Verkehrsnetzes. Eine radiale Hauptverkehrsstraße ist hinsichtlich der Ermittlung der Verkehrssituationen bspw. in einen Abschnitt stromaufwärts und einen Abschnitt strom-

abwärts des Dosierungsquerschnittes geteilt. Die Parkraumsituationen beziehen sich auf konkrete Parkreinrichtungen bzw. Gruppen von Parkeinrichtungen. Die Parkhäuser der Innenstadt sind jeweils bspw. zu einer Gruppe zusammengefasst. Die Umweltsituationen beziehen sich auf die Standorte der Immissionsmessstellen. Die ermittelten Situationen werden in 1-min-Intervallen an den Strategiemodul STRAMO des SITRAFFIC Scala übergeben.

STRAMO ermittelt nunmehr die zu einem bestimmten Zeitpunkt gemäß der hinterlegten Logik umzusetzenden Maßnahmen (als Soll-Maßnahmen bezeichnet) und übergibt diese an SITRAFFIC Scala. Hier werden über Aktionspläne die Maßnahmen zur Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation geschaltet (als Ist-Maßnahmen bezeichnet).

Die ermittelten Situationen, Soll- und Ist-Maßnahmen werden für das Monitoring und die Analyse der Verkehrssteuerung dauerhaft in der pwpTMPlattform vorgehalten.

Das Zusammenwirken der Module ist nachfolgend zusammengefasst:

- OPTIMA
 - Bereitstellung von Verkehrslagedaten zur Ermittlung der Verkehrssituationen
- pwpTMPlattform
 - Zusammenführung und Qualitätssicherung aller Eingangsparameter (Verkehrsdetektion, Verkehrslage, Verkehrseignisse, Parkraumbelagungen, ÖPNV-Abfahrtszeiten, Umwelt- und Meteorologiedaten)
 - Analyse der Eingangsparameter und Ermittlung der Situationszustände (Verkehrs-, Baustellen-, Parkraum- und Umweltsituationen)
 - Übergabe der Situationszustände an SITRAFFIC Scala
- SITRAFFIC Scala
 - STRAMO: Ermittlung der umzusetzenden Verkehrsmanagementstrategie als Bündel von Maßnahmen an Lichtsignalanlagen und Stadtinformationstafeln
 - Versorgung der den Verkehrsmanagementstrategien zugeordneten Maßnahmen auf Ebene der verkehrstechnischen Feldelemente (Lichtsignalanlagen, Stadtinformationstafeln, Parkleitsystem)

2.3.4 Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium

Auf Grundlage der kontinuierlichen Ermittlung der Situationen (Verkehr, Baustellen, Parkraum, Umwelt) werden die jeweils aktuell umsetzbaren Maßnahmen ermittelt (vgl. oben). Es werden Maßnahmen zur Verkehrssteuerung an Lichtsignalanlagen und zur Verkehrsinformation an Infotafeln unterschieden.

Die Maßnahmen zur Verkehrssteuerung an Lichtsignalanlagen beinhalten Bedarfsumleitungen und Zuflussdosierungen. Sie sind teilweise untereinander konkurrierend, so dass über eine Prüfung der Priorität zu einem bestimmten Zeitpunkt Maßnahmen von der Umsetzung ausgeschlossen werden können.

Für die insgesamt 6 Bedarfsumleitungen BAB sind an den betroffenen LSA im Stadtgebiet separate Signalprogramme mit einer Umlaufzeit von 120 s (üblich im Tagesverkehr sonst 90 s) und einer erhöhten Kapazität für die Verkehrsströme entlang der Umleitungsstrecken hinterlegt, die bei Anforderung durch die strategische Verkehrssteuerung über Aktionspläne am SITRAFFIC Scala aktiviert werden.

In der bislang realisierten zweiten Ausbaustufe sind die relevanten LSA von 2 der 11 radialen Hauptverkehrsstraßen mit separaten Signalprogrammen zur Zuflussdosierung ausgestattet. Es handelt sich um die Achse Leipziger Straße (oben beschrieben) und um die Achse Nordhäuser Straße. Die Signalprogramme sind jeweils an der LSA am Dosierungsquerschnitt sowie zur Freihaltung der Knoteninnenräume auch an LSA stromaufwärts versorgt. Die stromaufwärts der Dosierungsquerschnitte liegenden Streckenabschnitte sind mit separater Detektion zur Rückstauüberwachung ausgerüstet. Bei Anforderung durch die strategische Verkehrssteuerung wird die Zuflussdosierung über Aktionspläne am SITRAFFIC Scala aktiviert.

Die Maßnahmen Zuflussdosierung haben grundsätzlich eine niedrigere Priorität als die Maßnahmen Bedarfsumleitung.

Die Maßnahmen zur Verkehrsinformation adressieren jeweils einzelne Stadtinformationstafeln. Sie stehen weder untereinander noch mit o. g. Maßnahmen zur Verkehrssteuerung in Konkurrenz. Jeder Maßnahme ist ein Aktionsplan zugeordnet, d. h. den Maßnahmen zur Verkehrsinformation sind 9 Aktionspläne zugeordnet.

Die konkret angezeigten Texte sind abhängig von Verkehrs-, Parkraum- und Umweltsituation sowie der Verfügbarkeit von ÖPNV-Ist-Daten aus der VMT-Haltestellenauskunft. Sie werden je Infotafel in mehreren Bildern bzw. Bilderserien hinterlegt, die Anzeige wird über den jeweiligen Aktionsplan gesteuert.

Die Zuweisung der aus bestimmten Situationen resultierenden Anzeigetexte wird vorzugsweise fix bestimmten Zeilen zugeordnet. Eine erforderliche Auswahl wird über die Priorität vorgenommen, so dass gleichzeitig maximal 4 Zeilen belegt sind:

- Zeilen 1+2 : Situationsbeschreibungen (Umwelt, Parken, Verkehr)
- Zeile 3 : (bleibt zur besseren Erfassbarkeit frei)
- Zeilen 4+5 : Handlungsempfehlungen (P+R, ÖPNV)



Abbildung 2-36: UVM Erfurt – Versorgung Infotafeln (Prinzipbeispiel) (pwp)

Das maßgebende Auslösekriterium für die umweltorientierte Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation ist der NO₂-Stundenmittelwert. Um häufige Wechsel zur Aktivierung bzw. Deaktivierung der Maßnahmen zu vermeiden, wurden für die Maßnahmen zur Verkehrssteuerung an LSA und zur Verkehrsinformation an Infotafeln untere und obere Schwellenwerte definiert:

- ◆ Verkehrssteuerung : NO₂ = 60..70 µg/m³
- ◆ Verkehrsinformation : NO₂ = 50..60 µg/m³

2.4 Potsdam

2.4.1 Gebietsbeschreibung

Die brandenburgische Landeshauptstadt Potsdam mit rd. 170.000 Einwohnern grenzt direkt an den Südwesten Berlins und liegt somit innerhalb der Metropolregion Berlin/Brandenburg. Sie besitzt eine Fläche von ca. 190 km² und eine Einwohnerdichte von 891 EW/km².

Sie ist im Westen und Süden durch den Berliner Autobahnring A 10 und im Osten durch die A 115 (AVUS) an das Bundesautobahnnetz angeschlossen. Durch das Stadtgebiet verlaufen drei Bundesstraßen, die B 1, B 2 und B 273. Die Landesstraße L 40, welche die Stadt Potsdam mit den Bundesstraßen B 101, B 96 und B 179 verbindet, erschließt das südliche Berliner Umland über Stahnsdorf, Teltow, Mahlow und Schönefeld nach Berlin Treptow-Köpenick (siehe Abbildung 2-37).

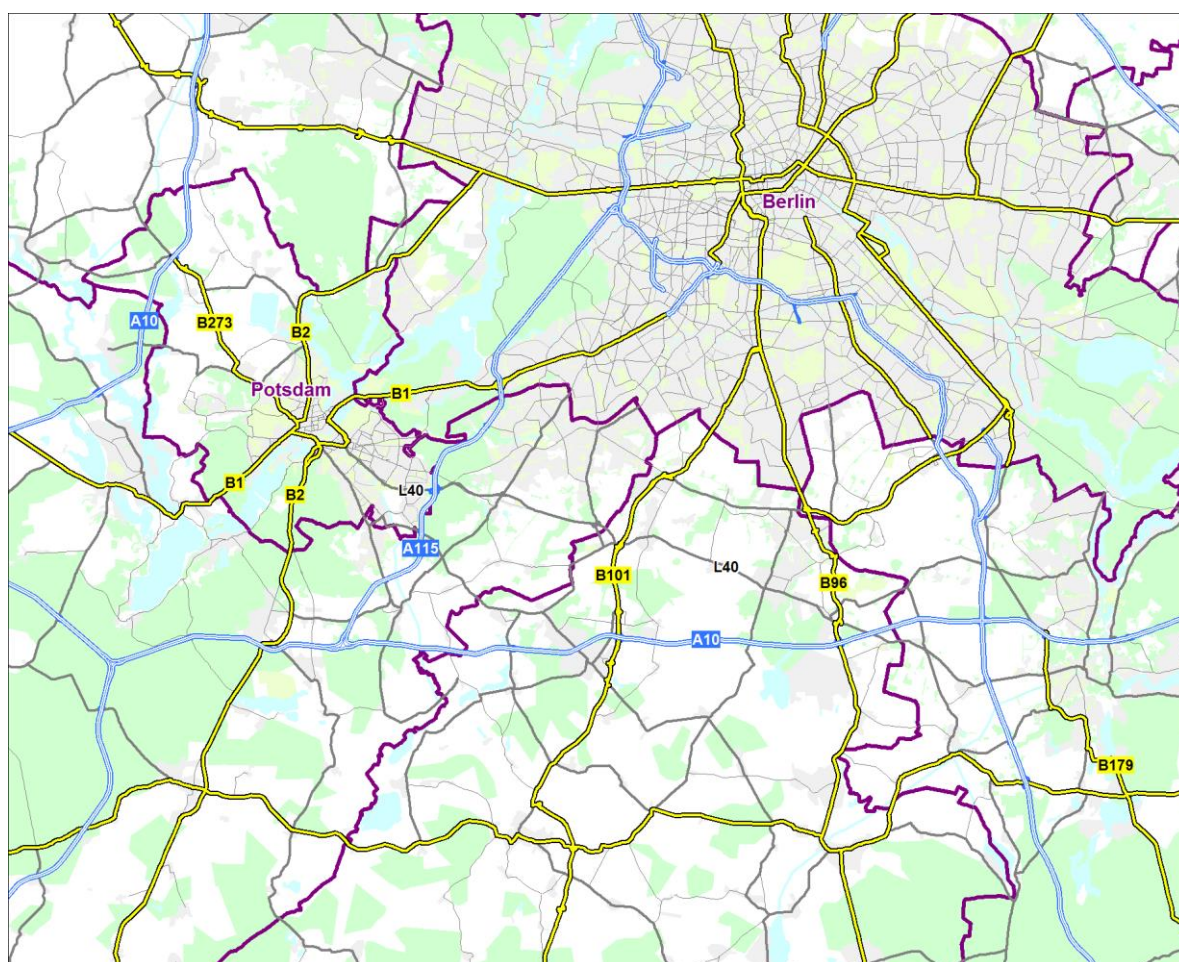


Abbildung 2-37: Lage und verkehrliche Anbindung des Untersuchungsgebiets in Potsdam (eigene Darstellung VMZ, Karte: OpenStreetMap und Mitwirkende)

2.4.2 Beschreibung der Hotspots

Im Rahmen des Luftreinhalte- und Aktionsplanes der Landeshauptstadt Potsdam¹³ wurde die Einführung eines umweltorientierten Verkehrsmanagements zur Senkung der straßenverkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung empfohlen.

Im Luftreinhalteplan wurden die in Tabelle 2-3 ausgewiesenen kritischen Bereiche identifiziert.

Tabelle 2-3: Kritische Bereiche der Luftschadstoffbelastung in Potsdam (MUGV, 2012)

Nr.	Straße	Länge [m] ¹⁴
1	Zepelinstraße (zwischen Geschwister-Scholl-Straße und Nansenstraße)	280
2	Zepelinstraße (Höhe Schillerplatz)	130
3	Breite Straße (zwischen Schopenhauerstraße und Dortustraße)	300
4	Breite Straße (zwischen Dortustraße und Schloßstraße)	290
5	Behlertstraße (zwischen Berliner Straße und Kurfürstenstraße)	410
6	Großbeerenstraße (zwischen Jahnstraße und Horstweg)	220

2.4.2.1 Räumliche Lage

Die Abbildung 2-38 zeigt die Lage der Hotspots und den Umfang der in der umweltorientierten Verkehrssteuerung umgesetzten Maßnahmen. Es wird deutlich, dass die Regelbereiche der Verkehrssteuerung weit über die Hotspots hinausgehen.

Alle Hotspot-Bereiche befinden sich in der Innenstadt bzw. grenzen an diese an. Der Hotspot Zepelinstraße befindet sich auf der Bundesstraße 1, der Hotspot Breite Straße auf der B1/B2, welche insbesondere regionale Verbindungsfunktionen aufweist. Die Behlertstraße nördlich der Humboldtbrücke bündelt die Kfz-Verkehre mit Zielorientierung Innenstadt und Nördliche Vorstadt. Die Großbeerenstraße stellt eine zentrale Verbindungs- und Erschließungsstraße für den Stadtteil Babelsberg dar.

¹³ Die Planung des UVM beruht auf den Ergebnissen des Luftreinhalte- und Qualitätsplans Potsdam 2010-2015 (LHP 2011): In der Zwischenzeit wurde durch die Landeshauptstadt Potsdam der Luftreinhalteplan weiter fortgeschrieben. Dieser liegt erst im Entwurf vor (<http://www.mlul.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.322623.de>).

¹⁴ Bezogen auf die Abschnitte zwischen genannten Straßen.

Die genannten Hotspot-Bereiche befinden sich in angebauten Bereichen, vornehmlich mit geschlossener und teiloffener Randbebauung. Die Nutzung ist vornehmlich durch Wohnen und Dienstleistung geprägt.



Abbildung 2-38: Lage der Hotspots und Maßnahmen der Umweltorientierten Verkehrssteuerung in Potsdam (Stadtverwaltung Potsdam)

2.4.2.2 Luftschadstoffsituation

Grundlage für die im Luftreinhalteplan ausgewiesenen Hotspots ist die Modellierung der Luftschadstoffbelastungen. Die Ergebnisse der PM10 und NO₂-Belastungen zeigt Tabelle 2-4.

Tabelle 2-4: Kritische Bereiche und Luftschadstoffbelastungen in Potsdam (MUGV, 2012)

Nr.	Straße	Länge [m] ¹⁵	Überschreitungstage 2010	Jahresmittelwert 2010	
			PM10 >50 µg/m ³ am Tag	PM10 (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
1	Zepelinstraße (zwischen Geschwister-Scholl-Straße und Nansenstraße)	280	45	32,4	45,5
2	Zepelinstraße (Höhe Schillerplatz)	130	37	30,4	41,7
3	Breite Straße (zwischen Schopenhauerstraße und Dortustraße)	300	54	34,7	47,0
4	Breite Straße (zwischen Dortustraße und Schloßstraße)	290	40	31,2	41,7
5	Behlerstraße (zwischen Berliner Straße und Kurfürstenstraße)	410	41	31,6	42,4
6	Großbeerenstraße (zwischen Jahnstraße und Horstweg)	220	28	27,9	40,7

Die Anzahl der betroffenen Personen in den Hotspots-Bereichen betrug dabei insgesamt 1.695¹⁶ Personen.

Der Verursacheranteil des lokalen Kfz-Verkehrs¹⁷ in der Zepelinstraße und der Großbeerenstraße betrug im Jahr 2010:

- Zepelinstraße
 - 63,4 % (NO₂)
 - 34,3 % (PM10)
- Großbeerenstraße
 - 56,6 % (NO₂)
 - 23,2 % (PM10).

2.4.2.3 Lärmsituation

Aufgrund der hohen Kfz-Belastungen und der Nähe der Straßenrandbebauung werden in allen Hotspot-Bereichen hohe Lärmimmissionswerte für den Gesamttag (L_{DEN}) und den Nachtzeitraum (L_{Night}) erreicht. Die Betroffenheitsanalyse im Rahmen der Lärmaktionsplanung¹⁸ zeigt insbesondere für die Zepelinstraße und die Großbeerenstraße hohe Lärmbetroffenheiten in den Nachtstunden (L_{Night} >55 dB(A)).

¹⁵ Bezogen auf die Abschnitte zwischen genannten Straßen.

¹⁶ Betroffenheit gemäß LRP 2010-2015

¹⁷ Abgeleitet aus Modellrechnungen

¹⁸ https://www.potsdam.de/sites/default/files/documents/2016-04-19_potsdamlap_1_oeff.pdf

2.4.2.4 Verkehrliche Situation

Im Folgenden wird die Verkehrsbelastung im Straßennetz an einem durchschnittlichen Werktag im Jahr 2010 dargestellt. Besonders hoch sind die Kfz-Belastungen auf den Potsdamer Radialstraßen, beispielsweise der Nutheschnellstraße und im Innenstadtbereich der Breite Straße, auf denen sich die Kfz-Verkehre bündeln.

Dabei ist festzustellen, dass neben dem städtischen Verkehr (Binnenverkehr) ein hoher Anteil Quell-Zielverkehr aus Berlin und den umliegenden Gemeinden die wichtigen innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen belastet. Dagegen ist der Anteil des Durchgangsverkehrs in Potsdam sehr gering.

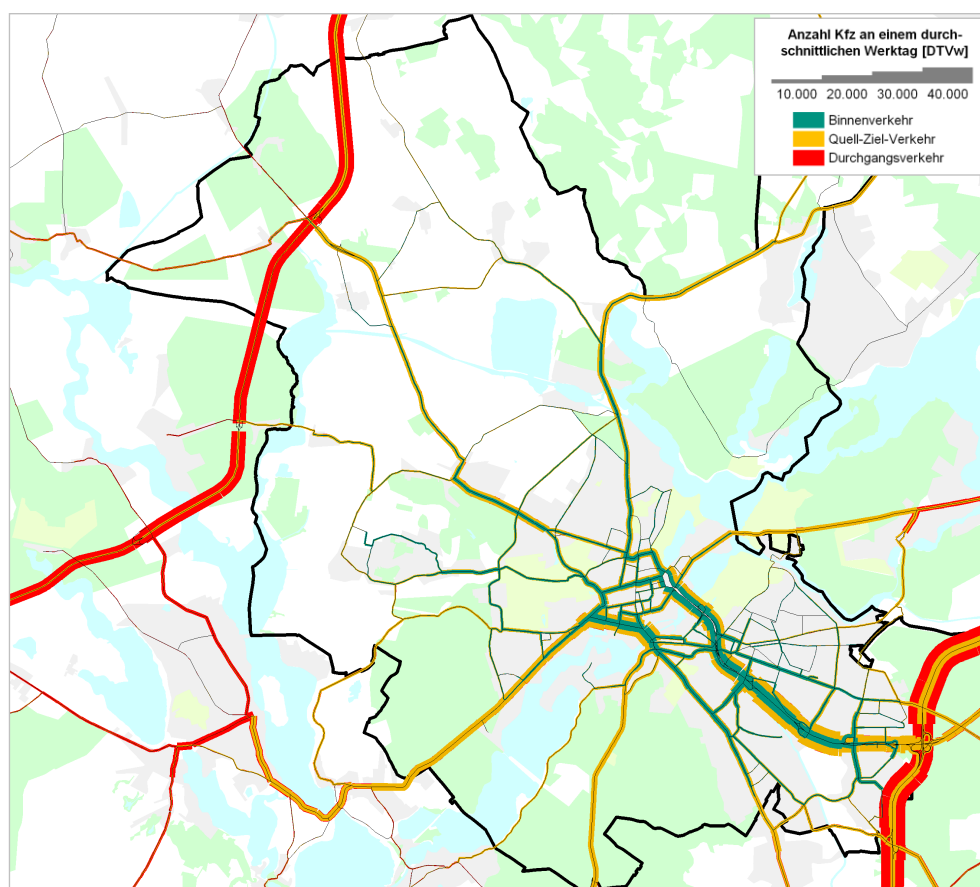


Abbildung 2-39: Anteile der räumlichen Verkehrsarten in Potsdam (eigene Darstellung VMZ, Karte: OpenStreetMap und Mitwirkende)

Auf den in Kapitel 2.1.2.2 ausgewiesenen Hotspots sind unterschiedliche Kfz-Verkehrsstärken zu verzeichnen. Insgesamt ist die Verkehrssituation in der Stadt Potsdam wesentlich durch die beiden einzigen Brücken über die Havel (Lange Brücke, Humboldtbrücke) gekennzeichnet, die zu starken Konzentrationen des Verkehrs im Zu- und Ablauf führen.

Tabelle 2-5: Kritische Bereiche und Kfz-Belastungen in Potsdam

Nr.	Straße	Kfz-Belastung (Kfz/24h, DTV) 2010
1	Zeppelinstraße (zwischen Geschwister-Scholl-Straße und Nansenstraße)	27.500
2	Zeppelinstraße (Höhe Schillerplatz)	26.100
3	Breite Straße (zwischen Schopenhauerstraße und Dortustraße)	43.300
4	Breite Straße (zwischen Dortustraße und Schloßstraße)	45.700
5	Behlertstraße (zwischen Berliner Straße und Kurfürstenstraße)	20.800
6	Großbeerenstraße (zwischen Jahnstraße und Horstweg)	11.900

Im Jahr 2010 lagen die Stauanteile für die Breite Straße und Behlertstraße zwischen 6,5 % und 7,8 % (jeweils Maximalwert der ausgewerteten Quartale des Jahres 2010). Für die Zeppelinstraße und Großbeerenstraße waren keine Daten verfügbar. Der durchschnittliche Lkw-Anteil betrug 3,5 %.

2.4.3 Beschreibung des UVM-Systems

Wesentliche Voraussetzung für ein umweltorientiertes Verkehrsmanagement ist die Schaffung eines technischen Systems, das es ermöglicht, in Abhängigkeit von der aktuellen Immissionsbelastung in den Hotspots definierte Steuerstrategien zu schalten und darüber Einfluss auf die Verkehrsmenge und die Verkehrssituation zu nehmen.

Sowohl die Verkehrsdaten als auch die Umweltdaten bilden die Grundlage für die Schaltung von umweltorientierten Steuerstrategien durch die VSMZ Potsdam. Mit der daraus resultierenden Dosierung der Verkehrsmenge und der Verstetigung des Verkehrsflusses verändern sich die Eingangsdaten der Immissionsbelastung und letztendlich der Aktivierung bzw. Aufhebung der Steuer- und Informationsstrategien.

2.4.3.1 Verkehrsmodul

In der Landeshauptstadt Potsdam muss unter Verkehrsmodul das gesamte Verkehrs- und Informationsmanagementsystem gefasst werden. Darin sind alle Prozesse der Datenerfassung, Datenaufbereitung, Datenübertragung sowie der operativen Steuerung und Information zusammengeführt.

Die aktuellen Verkehrsdaten werden über Verkehrsmessstellen erhoben. Zusätzlich zu den automatischen Verkehrsmessstellen im Hauptverkehrsstraßennetz wurden alle Hotspots der Luftschadstoffbelastung mit Traffic Eye Universal (TEUs) ausgerüstet. Mittels dieser Infrarotmessstellen werden die Verkehrsstärke, getrennt nach Pkw und Lkw, sowie die lokale Geschwindigkeit erfasst.

Im Scala/Concert werden die Rohdaten zu Halbstundenwerten aggregiert, der aktuelle Verkehrszustand bestimmt und über eine Schnittstelle dem Umweltmodul zur Verfügung gestellt. Die Grundlage für die Ableitung des Verkehrszustands bildet das Funda-

mentaldiagramm des Verkehrs, welches den Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Geschwindigkeit darstellt (siehe Abbildung 2-40). Dabei erfolgt die Bestimmung des Verkehrszustands nicht nach verkehrlichen Aspekten, sondern nach umweltrelevanten Aspekten entsprechend HBEFA.

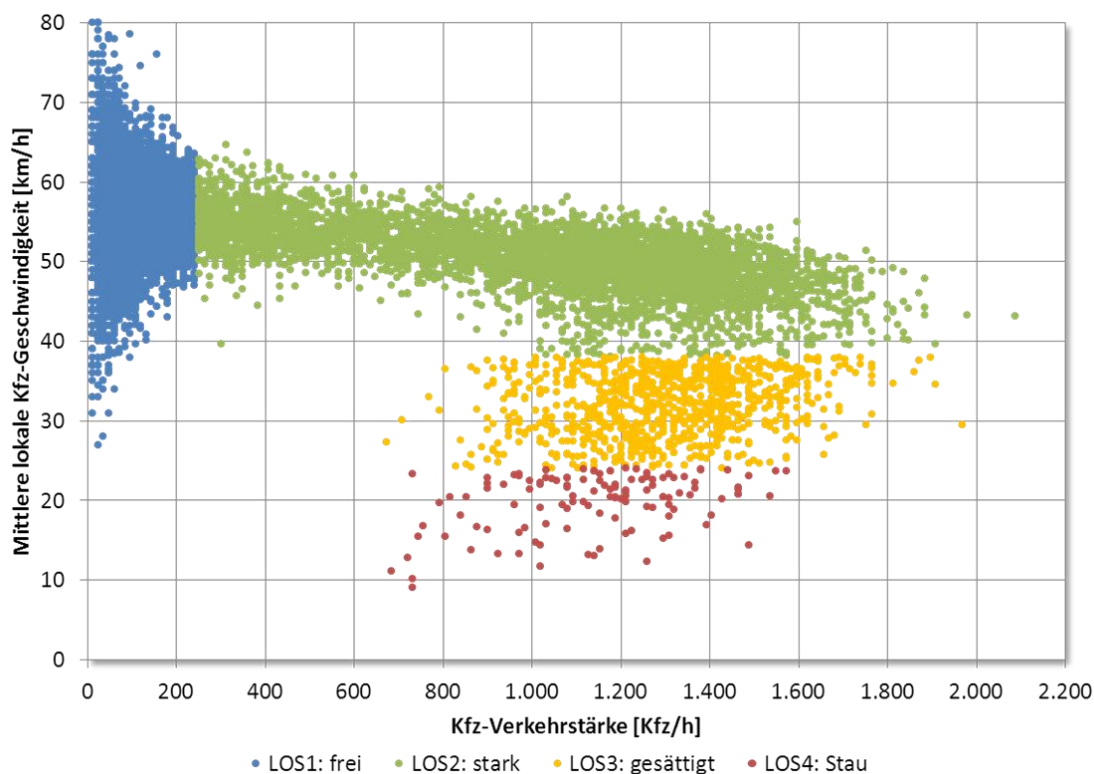


Abbildung 2-40: Fundamentaldiagramm zur Bestimmung des Verkehrszustands nach HBEFA (Verkehrsqualität im 3. Quartal 2012, Behlerstraße (beide Fahrstreifen) Mo-Fr (eigene Darstellung VMZ))

Untrennbarer Bestandteil des Gesamtsystems ist das Steuerungs- und Informationsmanagement. Hier gilt es, die vorbereiteten Steuerungsstrategien automatisiert auszulösen bzw. aufzuheben sowie die Verkehrsteilnehmer über die Situation in der Stadt und die eingeleiteten Maßnahmen zu informieren.

Als Voraussetzung für automatisiertes Handeln wurden Aktionspläne aufgestellt und im System hinterlegt.

2.4.3.2 Umweltmodul

Für die Analyse der verkehrlichen Wirkungen auf die Luftschadstoffbelastung wird das Monitoringsystem IMMIS^{mt} eingesetzt. Eine allgemeine Beschreibung zu IMMIS^{mt} findet sich in Abschnitt 2.1.3.2.

In Potsdam wird das System von der Stadt selbst betrieben. Die Datenversorgung erfolgt

- für die Verkehrsdaten über SCALA aus dem Verkehrsmodul,
- für die Luftmessdaten und meteorologischen Daten aus Datenbereitstellung durch das LfU Brandenburg,
- für Meteorologischen Daten vom Flughafen Berlin Tegel oder Berlin/Brandenburg Schönefeld über eine Schnittstelle zu METAR.

Die Daten zum Verkehrsgeschehen werden aus den aufbereiteten Daten der VSMZ übernommen. Die Funktionsweise des Umweltmodells ist in Abbildung 2-41 dargestellt.

Die erforderlichen dynamischen Grunddaten für die Modellierung der Luftschadstoffbelastung werden über den Verkehrsrechner dem Umweltmodul zur Verfügung gestellt. Alle statischen Grunddaten zu Infrastruktur und Bebauung sind Bestandteil des Umweltmoduls.

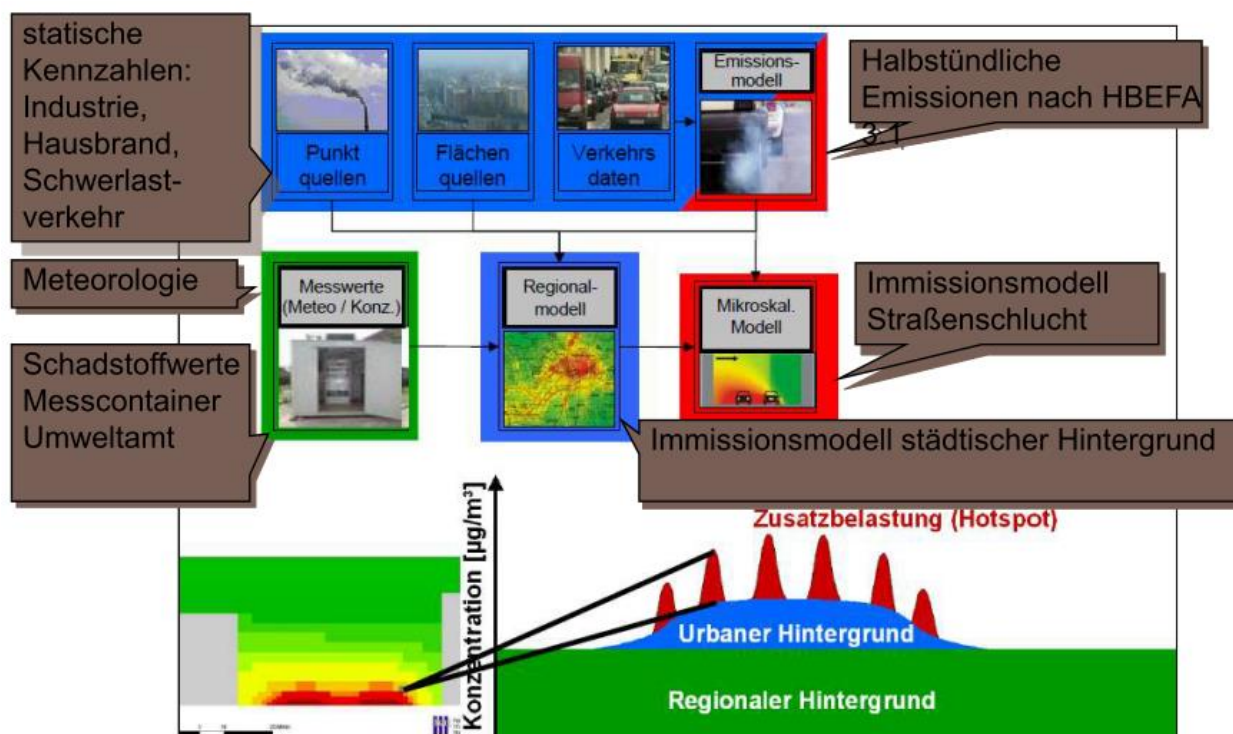


Abbildung 2-41: Funktionsweise des Umweltmodells IMMIS^{mt} in Potsdam (eigene Darstellung IVU)

2.4.3.3 Zusammenspiel der Module

Wie bereits dargestellt, sind die einzelnen Module in einem Gesamtsystem zusammengefasst und in den operativen Betrieb der Verkehrssteuerung und Information der Landeshauptstadt Potsdam integriert.

Abbildung 2-42 zeigt den Datenfluss der umweltorientierten Verkehrssteuerung in Potsdam. Sie zeigt im rechten Bereich die mittels der errichteten Detektion erfassten Verkehrsdaten zu Verkehrsmenge, Geschwindigkeit und Verkehrsqualität (Stauanteile).

Unter Beachtung der Meteorologie und der Hintergrundbelastung wird daraus die Immissionsbelastung für NO₂ und PM₁₀ modellgestützt berechnet.

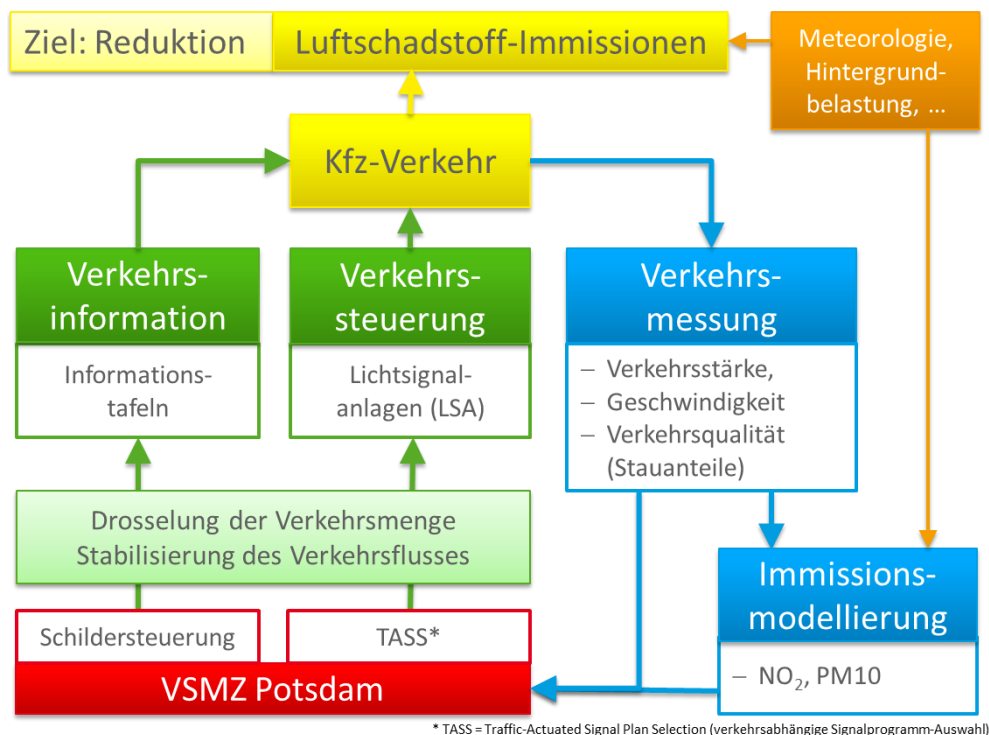


Abbildung 2-42: Datenfluss der umweltorientierten Verkehrssteuerung Potsdam (eigene Darstellung VMZ)

Das Gesamtsystem ist seit April 2012 in Betrieb. Die Abbildung 2-43 zeigt insbesondere die Integration des Umweltmoduls in das Verkehrsmanagementsystem der Stadt Potsdam sowie die Umsetzung der Strategien in der Verkehrssteuerung (LSA) und Information (dynamische Informationstafeln, Internet).

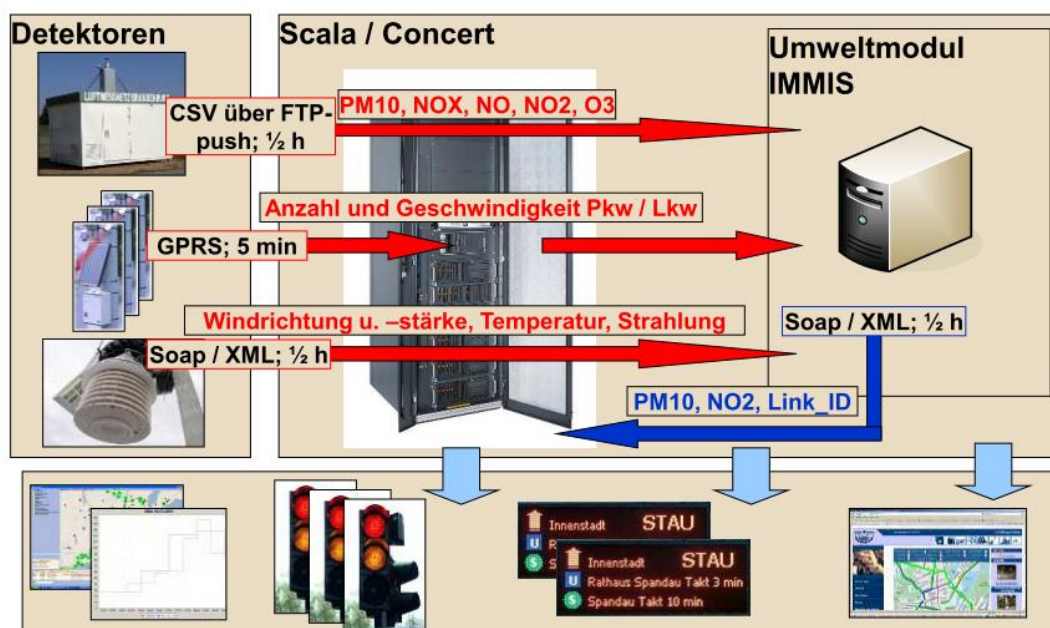


Abbildung 2-43: Integration des Umweltmoduls in die VSMZ Potsdam (Stadtverwaltung Potsdam)

2.4.4 Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium

Je nach Überschreitung von Schwellenwerten der lokal gemessenen Verkehrsbelastung und/oder Luftschadstoffbelastung (NO₂), die in dem Untersuchungsgebiet mit dem Monitoringsystem IMMIS^{mt} berechnet wird, werden folgende Strategien aktiviert:

Strategien

- Verflüssigung des Verkehrs durch kapazitätsabhängige Schaltung von „Grünen Wellen“,
- zeitlich verkehrs- und umweltabhängige Pfortnerung des Kfz-Verkehrs an der Lichtsignalanlage (LSA) am Beginn der Hotspot-Bereiche,
- Information der Verkehrsteilnehmer über erhöhte Belastungen und veränderte Verkehrssteuerung durch Informationstafeln,
- Modale Verlagerung des Kfz-Verkehrs auf den ÖPNV durch Verkehrsinformationen und Bereitstellung von P+R-Möglichkeiten im Bereich Zeppelinstraße.

Die Auslösekriterien und die daraus resultierenden LSA-Schaltungen und Informationen sind in Abbildung 2-44 dargestellt.

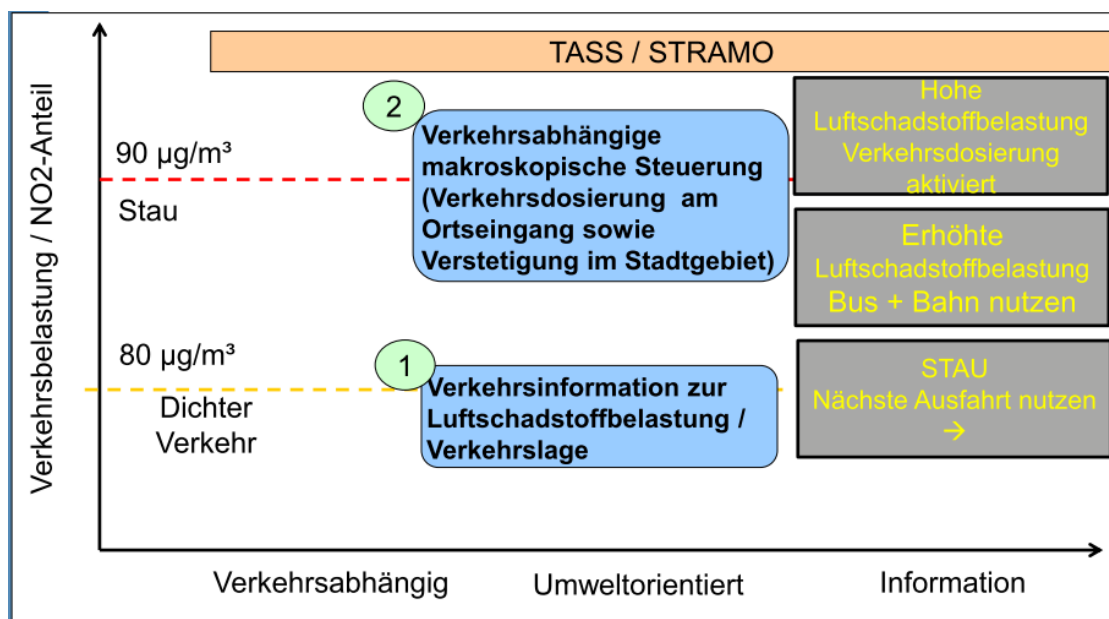


Abbildung 2-44: Schwellenwerte und Maßnahmen der umweltorientierten Verkehrssteuerung und -information in Potsdam (Stadtverwaltung Potsdam)

Der Auslöseschwellenwert für die UVS-Schaltung, sowohl der Informationstafeln als auch der Lichtsignalanlagen, wurde auf einer 30-Minuten-Basis durch die VSMZ Potsdam festgelegt, da dies die Rechenbasis der UVS ist.

2.5 Weimar

Im Rahmen der Untersuchungen zum Luftreinhalteplan und zum UVM-Grobkonzept der Stadt Weimar wurden zur Reduzierung der straßenverkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung mögliche Maßnahmen des umweltorientierten Verkehrsmanagements untersucht und zur Umsetzung empfohlen.



Abbildung 2-45: UVM Weimar – Übersicht (pwp; Karte: SV Weimar)

Dazu soll der Gesamtansatz eines integrierten Verkehrs- und Umweltmanagements, wie er für die LH Erfurt in Kapitel 2.3 beschrieben ist, in einer den Rahmenbedingungen in Weimar angepassten kleineren Lösung realisiert werden.

In einer ersten Stufe wurden in 2015 Maßnahmen zur Verstärkung des Verkehrsflusses durch Optimierung der LSA-Koordinierung im Zuge der Bundesstraße B7 in der Jenaer Straße (hier liegt auch ein wichtiger Hotspot) umgesetzt.

In den weiteren Stufen ist ab 2017 die gesamtstädtische Umsetzung einer umweltorientierten Verkehrssteuerung geplant. Die konzeptionellen Arbeiten hierfür sind abgeschlossen, womit entsprechende Datengrundlagen für die Berechnung der zu erwartenden verkehrlichen, emissionsseitigen und immissionsseitigen Wirkungen vorliegen.

2.5.1 Gebietsbeschreibung

Die kreisfreie Stadt Weimar bedeckt eine Fläche von 84 km² und ist mit ca. 64.000 Einwohnern die viergrößte Stadt des Freistaates Thüringen. Als Mittelzentrum mit Teilfunktionen eines Oberzentrums erfüllt die Stadt Weimar wirtschaftliche und Versorgungsfunktionen für den Kreis Weimarer Land.

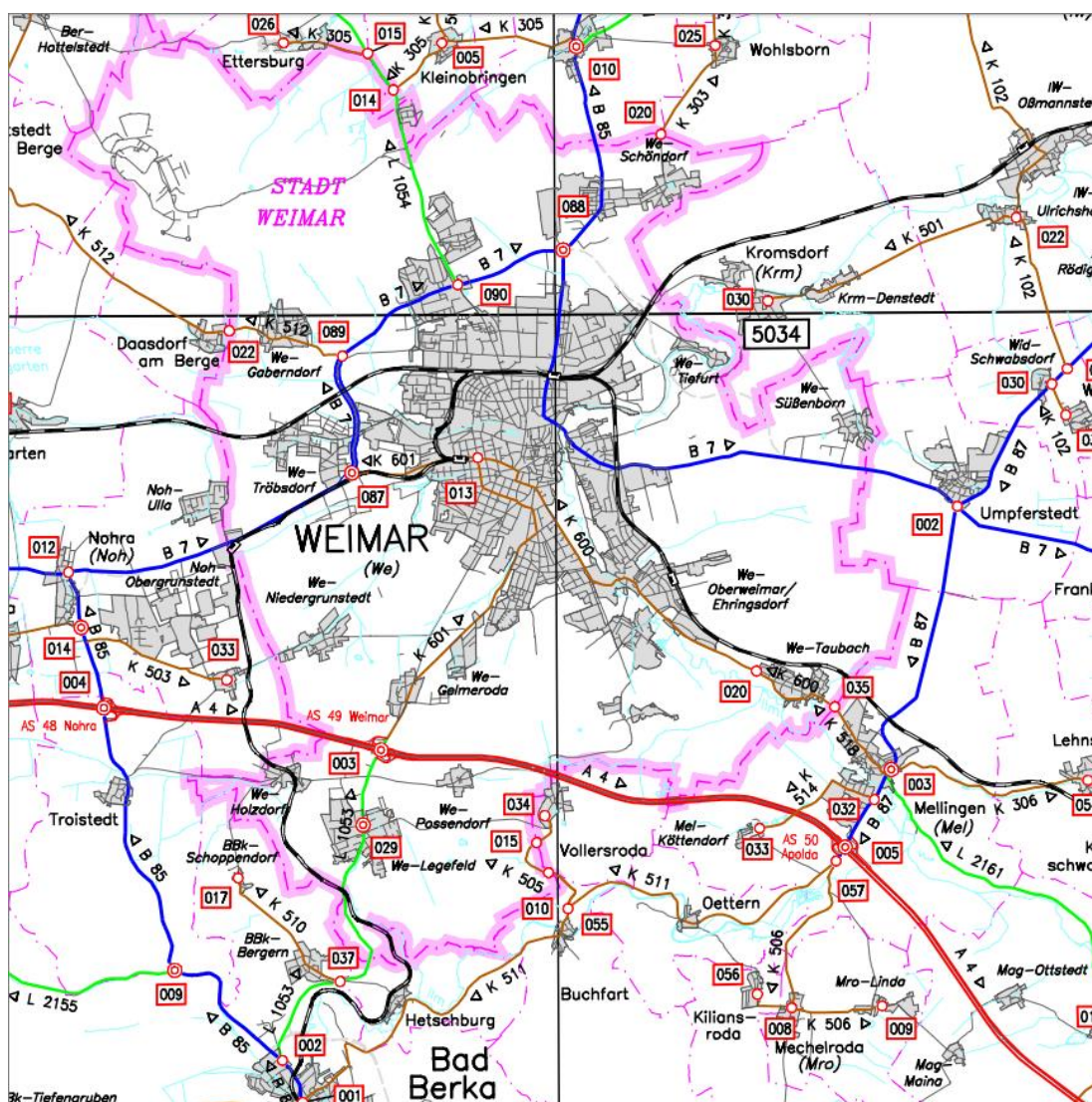


Abbildung 2-46: Weimar – Hauptstraßennetz (SBA Mittelthüringen, 2014)

Als bedeutsame überregionale Verkehrsverbindungen fungieren die in Ost-West-Richtung das südliche Stadtgebiet durchschneidende Bundesautobahn A4 zwischen Erfurt und Dresden.

Parallel zur A4 verläuft als zusätzliche Ost-West-Verbindung die B7. Diese bietet eine weitere direkte Verknüpfung mit den benachbarten Oberzentren Erfurt und Jena, die jeweils lediglich ca. 20-25 km von Weimar entfernt liegen. Im Bereich des nordwestlichen Stadtgebietes wird die B7 gemeinsam mit der B85 auf einer Umgehungsstraße geführt. Im Bereich des nordöstlichen Stadtgebietes zwischen Schöndorf und Süßenborn sind aufgrund der schwierigen räumlichen und landschaftlichen Rahmenbedingungen verschiedene Varianten in Diskussion. Aktuell wird die B7 über Buttstedter Straße, Friedrich-Ebert-Straße, Friedensstraße und Jenaer Straße geführt. Sie durchschneidet damit das östliche Stadtgebiet in Nord-Süd-Richtung.

In Nord-Süd-Richtung verläuft die B85 teilweise durch das Stadtgebiet. Seit 2015 verläuft die B85 nicht mehr durch das südliche Stadtgebiet, sondern wird westlich über Nohra zur A4 und weiter nach Bad Berka geführt.

Insbesondere Durchgangsverkehre in der Relation Nord-Ost nutzen die B7 durch das östliche Stadtgebiet. Im Zuge dieser Verbindung liegt auch der Hotspot Jenaer Straße.

Im Stadtgebiet von Weimar führt die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) Immissionsmessungen an mehreren Messstationen durch (vgl. Abbildung 2-47, grün markiert). Für die vorliegende Untersuchung relevant ist die Messstelle 101 (Jenaer Straße, Typ Verkehr) sowie die Messstelle 093 (Schwanseestraße, Typ städtisch).

2.5.2 Beschreibung des Hotspots

2.5.2.1 Räumliche Lage

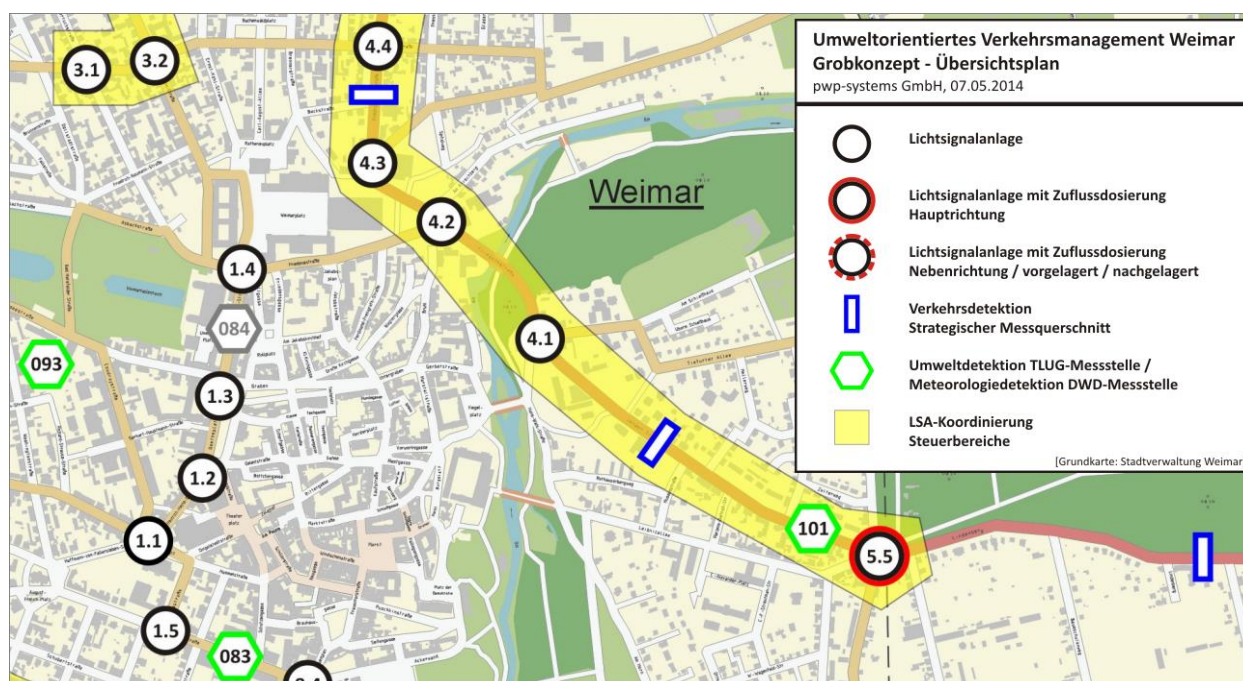


Abbildung 2-47: UVM Weimar – Hotspot Jenaer Straße (UVM-WE-GK, 2014)

Der Straßenzug im Zuge der B7 in der Relation Nord-Ost hat insgesamt eine Länge von 2.800 Metern. Er beginnt am Knotenpunkt 5.7 Buttelsehder Straße / Nordstraße im Norden und endet am Knotenpunkt 5.5 Jenaer Straße / Bodelschwinghstraße im Osten (vgl. Abbildung 2-45). Es handelt sich um einen Querschnitt mit 2 Fahrstreifen und einem Angebotsstreifen für den Radverkehr.

Der umweltkritische Abschnitt des Straßenzuges befindet sich an seinem östlichen Ende zwischen dem Knotenpunkt 4.1 Jenaer Straße / Hans-Wahl-Straße und dem Knotenpunkt 5.5 Jenaer Straße / Bodelschwinghstraße. Er hat eine Länge von ca. 800 Metern und hat eine durchschnittliche Längsneigung von +5%. Die zulässige Geschwindigkeit beträgt aus Gründen des Lärmschutzes und der Luftschadstoffsituation 30 km/h.

2.5.2.2 Luftschadstoffsituation

Tabelle 2-6 zeigt für die Jahre 2010 bis 2015 die NO₂-JM-Werte an den Messstationen Schwanseestraße und Jenaer Straße.

Tabelle 2-6: NO₂-JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an Messstationen in Weimar. Fett = Grenzwertüberschreitung.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
NO ₂ -JM für Schwanseestraße	23	18	20	19	19	20
NO ₂ -JM für Jenaer Straße	42	45	47	44	42	37

Der höchste NO₂-Jahresmittelwert an der Jenaer Straße wurde mit 47 µg/m³ im Jahr 2012 gemessen. Die lokale verkehrsbedingte NO₂-Zusatzbelastung an der Jenaer Straße lag in diesem Zeitraum bei ca. 57%.

Die Länge des von NO₂-Grenzwertüberschreitungen betroffenen Straßenabschnittes der Jenaer Straße beträgt 800 m, in dem ca. 300 Betroffene wohnen.

2.5.2.3 Lärmsituation

Gemäß Lärmaktionsplan der Stadt Weimar (Weimar, 2008) beträgt die Lärmbelastung L_{Night} = 60 dB(A).

2.5.2.4 Verkehrliche Situation

Das durchschnittlich tägliche Verkehrsaufkommen liegt im Straßenzug Jenaer Straße Mo-Fr bei 22.800 Kfz. Am Ende des Straßenzuges und der Steigungsstrecke wird die Bodelschwinghstraße gekreuzt. Hier mündet eine bevorrechtigte Buslinie des Stadtverkehrs in die Jenaer Straße ein, was in der Ausgangssituation in der Jenaer Straße zu einem häufig un stetigen Verkehrsfluss mit unterbrochener Koordinierung geführt hat.

Ein eher geringer Anteil des Verkehrsaufkommens ist dem Durchgangsverkehr zuzurechnen. Der Schwerverkehrsanteil beträgt 13%.

2.5.3 Beschreibung des UVM-Systems

Das für Weimar geplante UVM-System (Aufbau ab 2017) ist in Abbildung 2-48 dargestellt. Es soll zentralenseitig aus dem bestehenden Verkehrsrechner und einem Managementsystem Verkehr und Umwelt und dem Monitoringsystem Luftschadstoffe bestehen.

Die in einer ersten Stufe in 2015 umgesetzten Maßnahmen zur Verstetigung des Verkehrsflusses durch Optimierung der LSA-Koordinierung sind als UVM-Vorstufe zu sehen, da hier noch keine übergeordnete zentralenseitige Steuerung bzw. Maßnahmenauswahl basierend auf Verkehrs- und Umweltsituationen erfolgt und die Immissionsmessung im Bereich des Hotspots Jenaer Straße nur durch Passivsammler erfolgt.

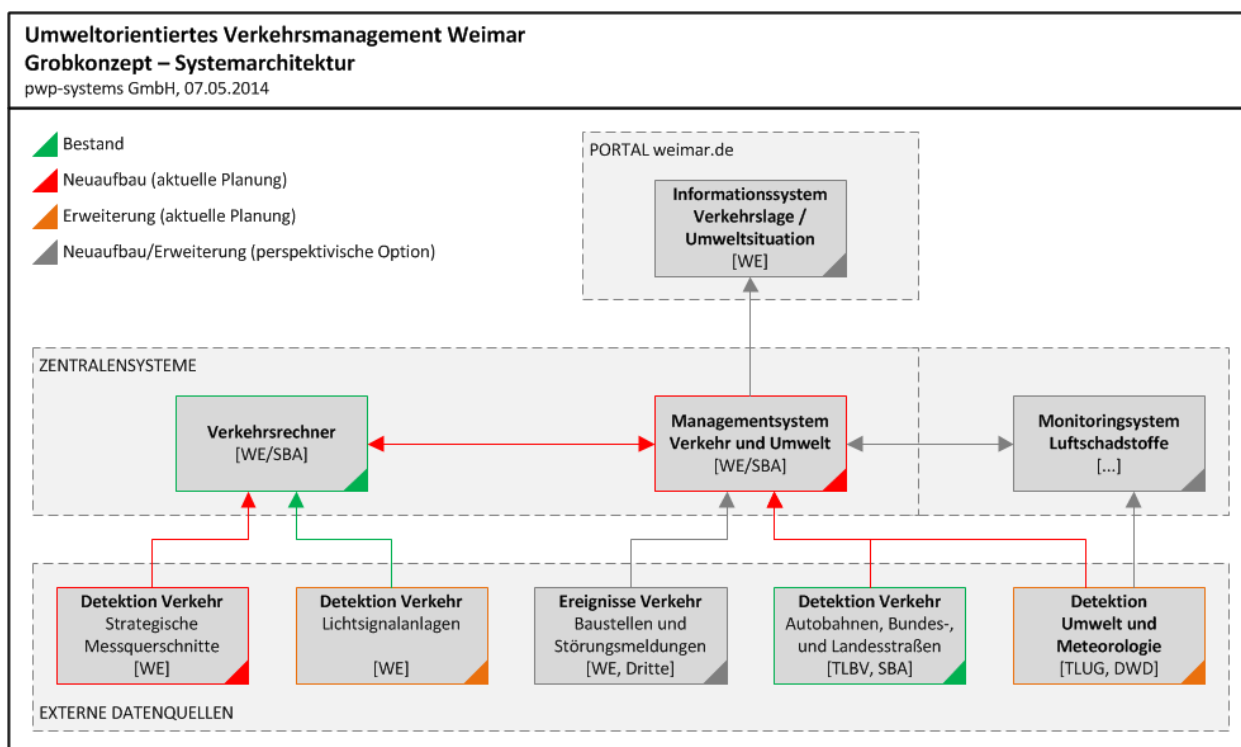


Abbildung 2-48: UVM Weimar – Systemaufbau (geplant) (pwp)

2.5.3.1 Verkehrsmodul

Der Aufbau und die grundlegende Funktionsweise des Verkehrsmoduls entsprechen dem in Erfurt in Betrieb befindlichen System. Ein separates Teilmodul zur modellbasierten Verkehrslageberechnung ist jedoch nicht vorgesehen. Diese Funktion wird in das Teilmodul Management Verkehr und Umwelt integriert.

Zur grundlegenden Beschreibung siehe Kapitel 2.3.3.1 (Abschnitt Verkehrsrechnerzentrale; Abschnitt Verkehrs- und Umweltdatenmanagement).

2.5.3.2 Umweltmodul

Der Aufbau und die grundlegende Funktionsweise des Umweltmoduls entsprechen dem in Erfurt in Betrieb befindlichen bzw. mit der dritten Ausbaustufe zur Komplettierung des gesamtstädtischen UVM-Systems verfügbaren System.

Zur grundlegenden Beschreibung siehe Kapitel 2.3.3.2.

2.5.3.3 Weitere Module

(keine)

2.5.3.4 Zusammenspiel der Module

Das grundlegende Zusammenwirken der Module entspricht dem in Erfurt in Betrieb befindlichen System (ohne separaten Teilmodul zur modellbasierten Verkehrslageberechnung). Im Unterschied zum Erfurter System werden bei der Ermittlung von Situationen nur die Kategorien Verkehrssituationen und Umweltsituationen berücksichtigt.

Zur grundlegenden Beschreibung siehe Kapitel 2.3.3.4.

2.5.4 Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium

Auf Grundlage der kontinuierlichen Ermittlung der Situationen (Verkehr, Umwelt) werden zukünftig die jeweils aktuell umsetzbaren Maßnahmen ermittelt. Es werden Maßnahmen zur Verkehrssteuerung an Lichtsignalanlagen und zur Alternativroutensteuerung mit Lkw-Durchfahrtsverbot vorgesehen.

Die Maßnahmen zur Verkehrssteuerung an Lichtsignalanlagen beinhalten die Optimierung der Koordinierung in umweltsensiblen Bereichen zur Verstärkung des Verkehrsflusses sowie die Zuflussdosierung auf allen für die Belastung der innerstädtischen Hotspots relevanten Hauptverkehrsstraßen (vgl. Abbildung 2-45).

Die Maßnahme zur Alternativroutensteuerung mit Lkw-Durchfahrtsverbot bezieht sich auf die genannten Durchgangsverkehre in der Relation Nord-Ost über die B7 durch das östliche Stadtgebiet. Sie erfordern von der B85 im Norden kommend eine weite westliche Umfahrung der Innenstadt von Weimar bis zur Bundesautobahn A4, AS48 Nohra und weiter über die A4 in Richtung Osten (großer Umwegefaktor). Hier ist noch in Diskussion, ob die Maßnahme dynamisch als Alternativroutensteuerung oder mit einer statischen Beschilderung umgesetzt wird.

Als Auslösekriterium für die umweltorientierte Verkehrssteuerung ist der NO₂-Stundenmittelwert vorgesehen. Im aktuellen Planungsstadium wurden die Schwellenwerte zur Aktivierung bzw. Deaktivierung der (dynamischen) Maßnahmen noch nicht definiert.

2.6 Rostock

2.6.1 Gebietsbeschreibung

Die Hansestadt Rostock und die angrenzenden Gemeinden stellen lt. MWAT (2008) ein industrielles Ballungszentrum mit über 200.000 Einwohnern dar. Das Stadtgebiet der Hansestadt Rostock erstreckt sich dabei auf einer Länge von ca. 16 km beiderseits am Unterlauf der Warnow bis zur Mündung in die Ostsee.

Das Grundgerüst des Straßennetzes der Stadt Rostock wird durch den äußeren Tangentenring mit der östlich verlaufenden Bundesstraße B 103 und den Bundesautobahnen A 19 im Westen und A 20 im Süden gebildet (siehe Abbildung 2-49).

Die großräumige Erschließung der Hansestadt Rostock wird somit direkt durch die im Osten des Stadtgebietes befindliche und aus Richtung Süden bis zum Kreuzungspunkt mit der B 105 verlaufende Bundesautobahn A 19 gewährleistet, welche weiterführend als E 55 einen Anschluss an den Überseehafen und die östlichen Stadtgebiete der Hansestadt Rostock ermöglicht. Ergänzt wird das überregionale Straßennetz durch die in Ost-West-Richtung und das südliche Umland durchschneidende Bundesautobahn A 20 zwischen Stettin und Lübeck. Diese ist über zwei Anschlussstellen mit dem innerstädtischen Straßennetz verknüpft. Aufgrund der Entfernung zum Siedlungsraum der Hansestadt Rostock (8,5 km bis zur Stadtmitte) ist allerdings die Attraktivität für lokale Durchgangsverkehre, Quell- und Zielverkehre und gewisse innerstädtische Binnenverkehre vergleichsweise gering.

Zur Entlastung des Stadtzentrums wurde im Jahr 2003 der mautpflichtige Warnowtunnel als nördliche Ost-West-Verbindung für den Verkehr freigegeben. Diese Verbindung vervollständigte den Äußeren Tangentenring und ermöglicht einen direkten Anschluss der Ortsteile im Nordwesten der Hansestadt Rostock (Lichtenhagen, Lütten-Klein, Warnemünde) über die Autobahn A 19 (E 55), ohne das Stadtkerngebiet zu durchfahren. Allerdings ist in Folge der Mautpflicht der Entlastungseffekt bezüglich der L 22 und somit der Lärm- und Luftschadstoffminderung nicht optimal.

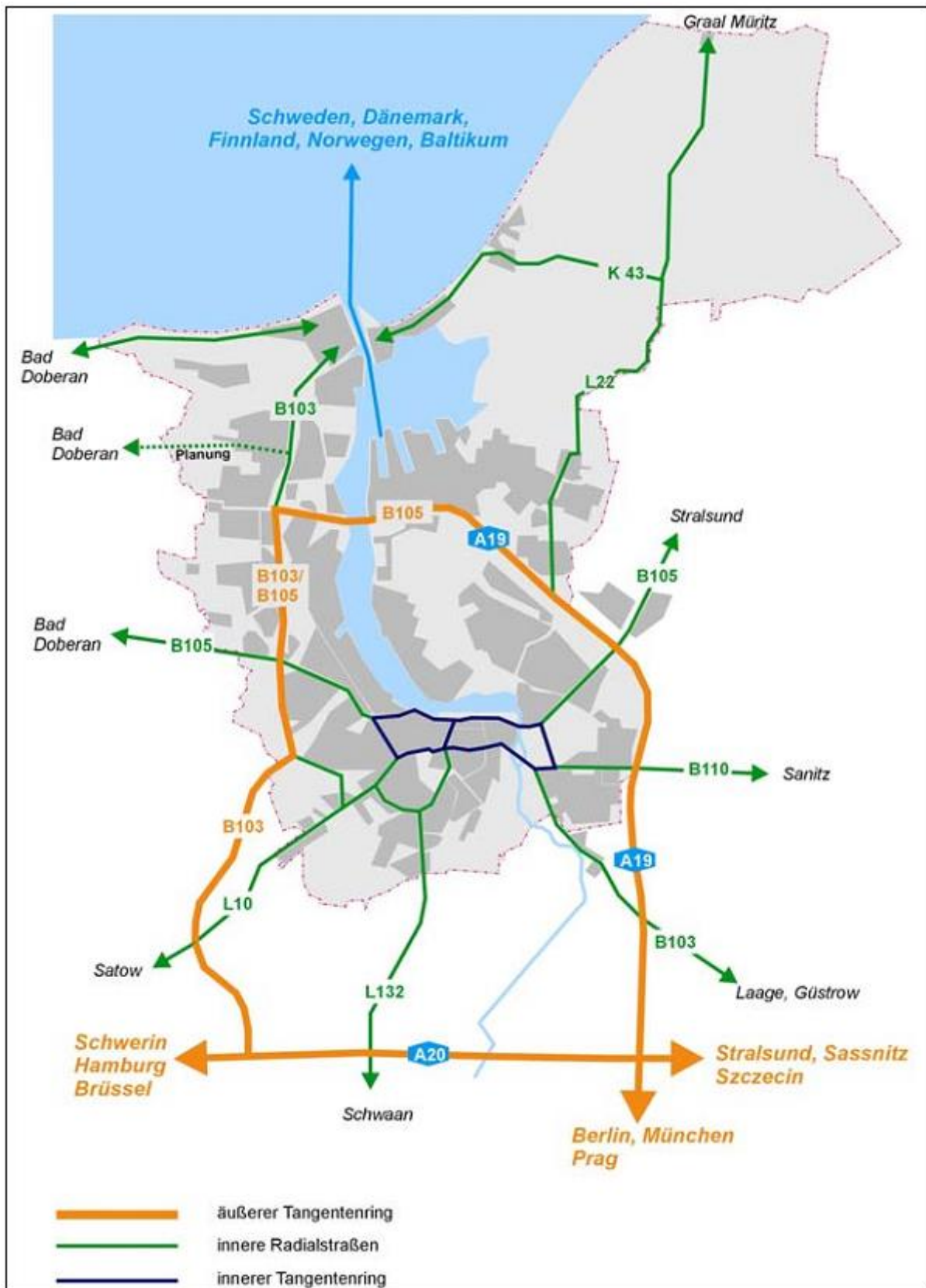


Abbildung 2-49: Schematische Darstellung des Stadtgebietes Rostock inkl. der Landes- und Bundesstraßen sowie der Autobahnen (Rostock, 2008)

Die weitere Erschließung der Stadt Rostock erfolgt über die radial verlaufenden Bundesstraßen B 105, B 110 (Tessiner Straße) und B 103 sowie die Landesstraßen L 10 (Satower Straße) und L 132 (Nobelstraße). Die Bundesstraße B 105 (L 22) verläuft, aus östlicher Richtung kommend, über Kreuzungspunkte mit der A 19 in einer Ost-West-Achse gemeinsam durch das Stadtkerngebiet entlang des Warnowufers (Rövershäger Chaussee, Am Strande, Warnowufer, Lübecker Straße, Hamburger Straße). Sie stellt die Hauptachse des Inneren Tangentenrings dar.

Im Stadtgebiet von Rostock führt das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) Immissionsmessungen an vier Messstationen durch. Die örtliche Lage der Messstationen ist der Abbildung 2-50 zu entnehmen.

Die Station Warnemünde repräsentiert dabei den städtischen Hintergrund, Stuthof den ländlichen Hintergrund, die Station Holbeinplatz ist verkehrsbeeinflusst und die Station Am Strande ist der verkehrliche Hotspot.

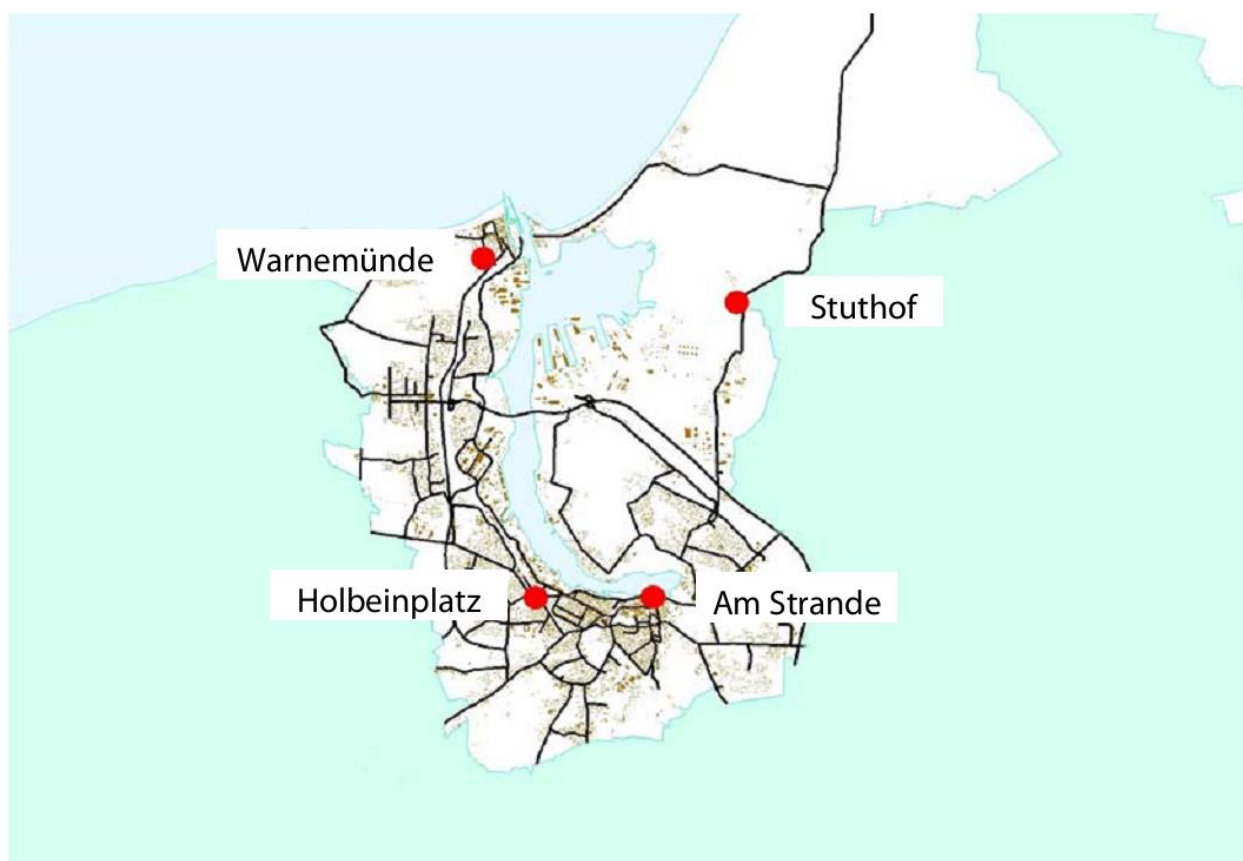


Abbildung 2-50: Standorte der Luft-Messstationen in Rostock. Warnemünde=Städtischer Hintergrund (MWAT, 2008)

2.6.2 Beschreibung des Hotspots

2.6.2.1 Räumliche Lage

Der Hotspot befindet sich in der Straße Am Strande zwischen Grubenstraße und Lagerstraße (siehe Abbildung 2-51). Die Straße am Strande ist dort eine stark befahrene fünfstreifige (inkl. Abbiegespuren) Landesstraße (L22) mit einem Tempolimit von 50 km/h. Durch die beidseits dichte Randbebauung ist der Luftaustausch eingeschränkt. Durch den LSA-signalisierten Knotenpunkt mit der Grubenstraße ist zudem der Verkehrsfluss sehr unstetig.



Abbildung 2-51: Luftbild des Bereiches Am Strande zwischen Grubenstraße im Osten und Lagerstraße im Westen. (Quelle: eigene Darstellung Loh, Kartengrundlage auf Basis von OpenStreetMap contributors®)



Abbildung 2-52: Blick in die Straße Am Strande am Knotenpunkt mit Grubenstraße. Die Messstelle Am Strande ist durch einen Pfeil markiert. Blick in Richtung Osten (MWAT, 2008)

2.6.2.2 Luftschadstoffsituation

Tabelle 2-7 zeigt die Überschreitungszahlen des PM₁₀-Tagesmittelgrenzwertes und den PM₁₀-Jahresmittelwert (JM) sowie die NO₂-JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an den Messstationen Warnemünde und Am Strande.

Tabelle 2-7: Überschreitungszahlen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes und PM10-Jahresmittelwert (JM) sowie NO₂-JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an Messstationen in Rostock. Konzentrationen in µg/m³. Fett= Grenzwertüberschreitung.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PM10-JM für Warnemünde	18	23	16	16	20	17
PM10-JM für Am Strande	31	33	26	26	28	24
Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten > 50 µg/m ³ für Warnemünde	10	22	6	1	7	8
Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten > 50 µg/m ³ für Am Strande	33	41	15	15	27	17
NO ₂ -JM für Warnemünde	15	14	15	14	15	13
NO ₂ -JM für Am Strande	44	44	44	42	41	38

Demnach wurden im Jahr 2011 mehr als die erlaubten 35 Tage mit PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen festgestellt. Der höchste PM10-Jahresmittelwert dieses Zeitraumes wurde mit 33µg/m³ im Jahr 2011 gemessen. Die lokale verkehrsbedingte PM10-Zusatzbelastung Am Strande lag in diesem Zeitraum bei ca. 30%.

Der höchste NO₂-Jahresmittelwert dieses Zeitraumes wurde mit 44µg/m³ in den Jahren 2010 bis 2012 gemessen. Die lokale verkehrsbedingte NO₂-Zusatzbelastung Am Strande lag in diesem Zeitraum bei ca. 66%.

Lt. Rostock (2014) beträgt die Länge des von NO₂-Grenzwertüberschreitungen betroffenen Straßenabschnittes ca. 400 m, in dem 130 Anwohner gemeldet sind.

2.6.2.3 Lärmsituation

Dieser Straßenabschnitt ist auch ein Schwerpunkt bzgl. der Lärmbelastung. Lt. Rostock (2014) liegt der Nachtpegel bei mehr als 60dB(A) sowie der Tagpegel bei mehr als 70 dB(A).

2.6.2.4 Verkehrliche Situation

Die Verkehrsbelegung im Bereich des Hotspots beträgt im Querschnitt ca. 40 000 Kfz/24h (Mo bis Fr) bei einem Schwerverkehrsanteil <3.5 t von ca. 3 %. Die am LSA koordinierten Knotenpunkt einmündende Grubenstraße weist eine Verkehrsbelastung von ca. 9 000 Kfz/24h bei einem SV-Anteil von weniger als 1% auf.

Im Sommer 2009 wurde zur Bestimmung des Durchgangsverkehres durch Rostock eine Videoerfassung durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass der Durchgangsverkehrsanteil bei 10 % (alle Kfz) und 17% beim Schwerverkehr lag (Rostock, 2011). Bezogen auf alle die L22 passierenden Fahrzeuge machte der LKW-Durchgangsverkehr nur 1% aus.

2.6.3 Beschreibung des UVM-Systems

2.6.3.1 Verkehrsmodul

Der Verkehrslagerechner verfügt über ein umfassendes Datenerfassungsnetz aus Dauerzählstellen und Bluetooth-Sensoren und ermittelt für das Hauptstraßennetz von Rostock und Umgebung die aktuelle Verkehrslage basierend auf Reisezeiten gemäß HBS Raster. Die Ergebnisse werden in einer Datenbank (DAUZ auf Basis MySQL) abgelegt sowie auf einer WebOberfläche (siehe <http://www.verkehrslage-mv.de/blz.html>) dargestellt. Ein Ausschnitt ist beispielhaft in Abbildung 2-53 dargestellt.

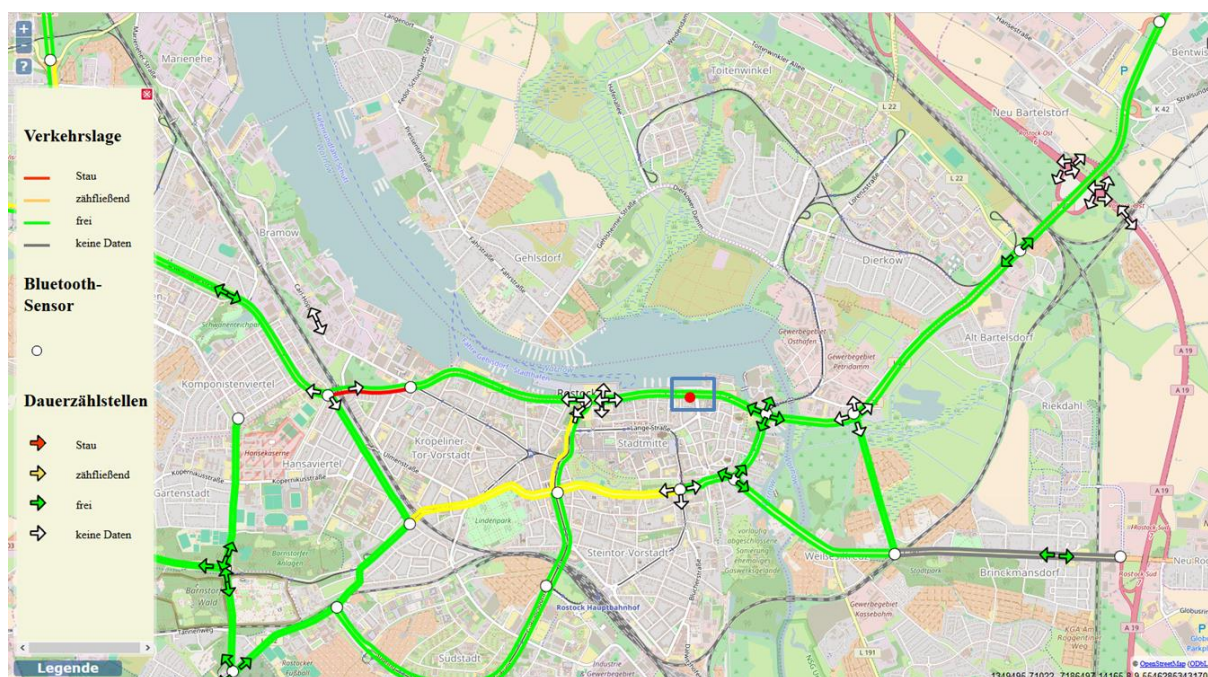


Abbildung 2-53: Ausschnitt aus dem Verkehrslagesystem Rostock. Als blaues Rechteck ist der Bereich Am Strande (mit KP Grubenstraße) markiert. Roter Punkt=Lage der Messstelle Am Strande.

2.6.3.2 Umweltmodul

Als Umweltmodul dient PROKAS^{online} (mit dem Steuerungsmodul von ProFet, siehe auch Abbildung 2-62). In PROKAS^{online} sind angepasste Versionen der Modelle PROKAS_E (Emissionsmodell), PROKAS_V (Gauß'sches Ausbreitungsmodell) und PROKAS_B (Bebauungsmodell auf Basis MISKAM-Gebäudetypisierung) integriert. Dies bedeutet, dass sowohl die Einflüsse der umgebenden Straßen bzw. des gesamten umgebenden Straßennetzes als auch die Einflüsse der Bebauung berücksichtigt werden.

Berechnet werden hier die Stundemittelwerte von NO₂ in einer ersten Anwendungsstufe im Bereich Am Strande/Grubenstraße als Prognose für die folgende Stunde.

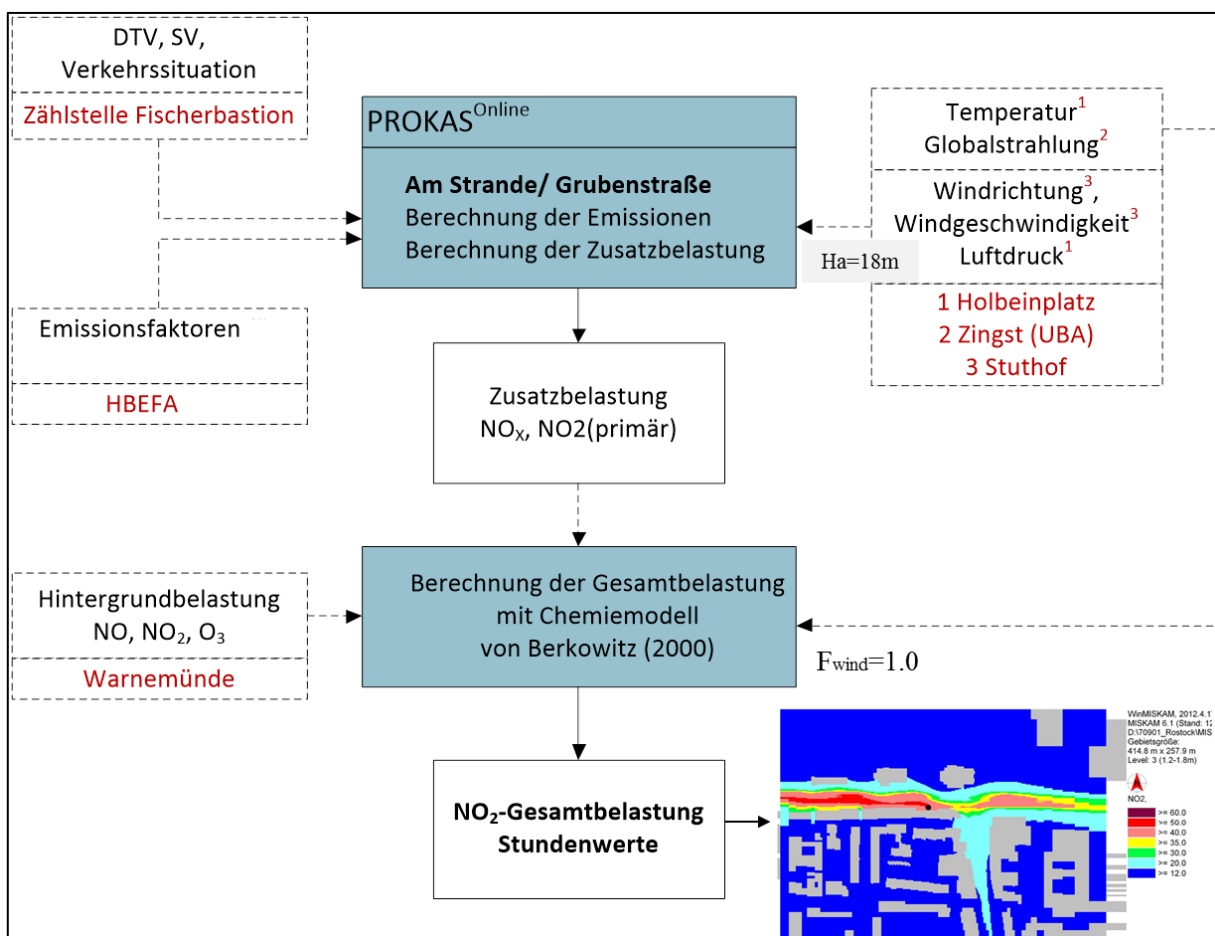


Abbildung 2-54: Übersicht über das Datenhandling im Umweltmodul PROKAS^{online} für Rostock

2.6.3.3 Weitere Module

Hier ist ein Prognosemodul geplant.

Das Prognosemodul unter Einbeziehung der Analysen des Umweltmoduls PROKAS^{online} (siehe Kap. 2.6.3.2) soll prüfen, ob eine Zuflusssteuerung zielführend ist und soll die strategisch günstigste Schaltung der Lichtsignalanlagen (LSA) auswählen. Diese Zuflusssteuerung am Kreuzungsbereich Verbindungsweg startet dann, wenn die Alternativrouten Reserven aufweisen und definierte Eingreifwerte an den Belastungsschwerpunkten (NO₂) überschritten werden. Sie lenkt die Spitzenverkehre in betreffende Netzbereiche.

2.6.3.4 Zusammenspiel der Module

Über die genannte Datenbank DAUZ (auf Basis MySQL) kommunizieren Verkehrslage-rechner, Umweltmodul und Prognosemodul miteinander. Dabei werden auch die in Ab-bildung 2-54 aufgeführten umweltrelevanten Messdaten vom LUNG über ftp-download in diese Datenbank eingespeist.

2.6.4 Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium

Im Rahmen des Luftreinhalteplanes der Stadt Rostock wird als umzusetzende Maßnahme der Ausbau des dynamischen Verkehrsmanagementsystems (Stufe 2) benannt. Steuerungstechnisch sieht die Stadt Rostock derzeit die Lösung in einer Verstetigung des Verkehrs. Dabei wird die Steuerung nicht an ein steigendes Verkehrsaufkommen angepasst, sondern es werden technische Mittel genutzt um den Verkehr zu harmonisieren und zu verflüssigen. Überlastungen des Hauptstraßennetzes sollen mit Pufferzonen auf den zentralen Zufahrtstraßen abgefangen werden. Diese sollen den innerstädtischen Verkehr vom Umland entkoppeln und mit attraktiven Angeboten und gezielten Verkehrsinformationen zum Umstieg auf alternative Verkehrsmittel motivieren.

Es ist die Umsetzung folgender Maßnahmen geplant:

- Verkehrs- und umweltsituationsabhängige Zuflussdosierung
- Optimierung der Koordinierung zur Verstetigung des Verkehrsflusses im Zuge der L22

Auslösekriterium wird die Prognose einer Schwellenwertüberschreitung bei NO₂ für die folgende Stunde sein. Im Rahmen der Untersuchungen zum Luftreinhalteplan Rostock (Lohmeyer, 2013) wurden hierzu Aktivierungsraten in Abhängigkeit des Schwellenwertes abgeleitet. Das Minderungspotenzial hängt vom „Schwellenwert“ und von der zu reduzierenden Verkehrsstärke ab. Je geringer (strenger) dieser Schwellenwert ist, umso höher das Minderungspotenzial aber umso häufiger muss eine entsprechende Umleitung geschaltet werden. Eine konkrete Festlegung wird im Rahmen des Testbetriebes des Gesamtsystems getroffen.

2.6.5 Sonstiges

Das System befindet sich im Aufbau. Derzeit (Stand September 2016) wird das Zusammenspiel der einzelnen Module mit Realdaten getestet.

Im Stadtgebiet der Lutherstadt Wittenberg führt das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt im Rahmen des LÜSA Immissionsmessungen an zwei Messstationen durch. Die örtliche Lage der Messstationen ist der Abbildung 2-56 zu entnehmen.

Die Konzentrationswerte an der Messstation Bahnstraße sind hierbei repräsentativ für die städtische Hintergrundbelastung. Die Station Dessauer Straße stellt den städtischen Hotspot dar.

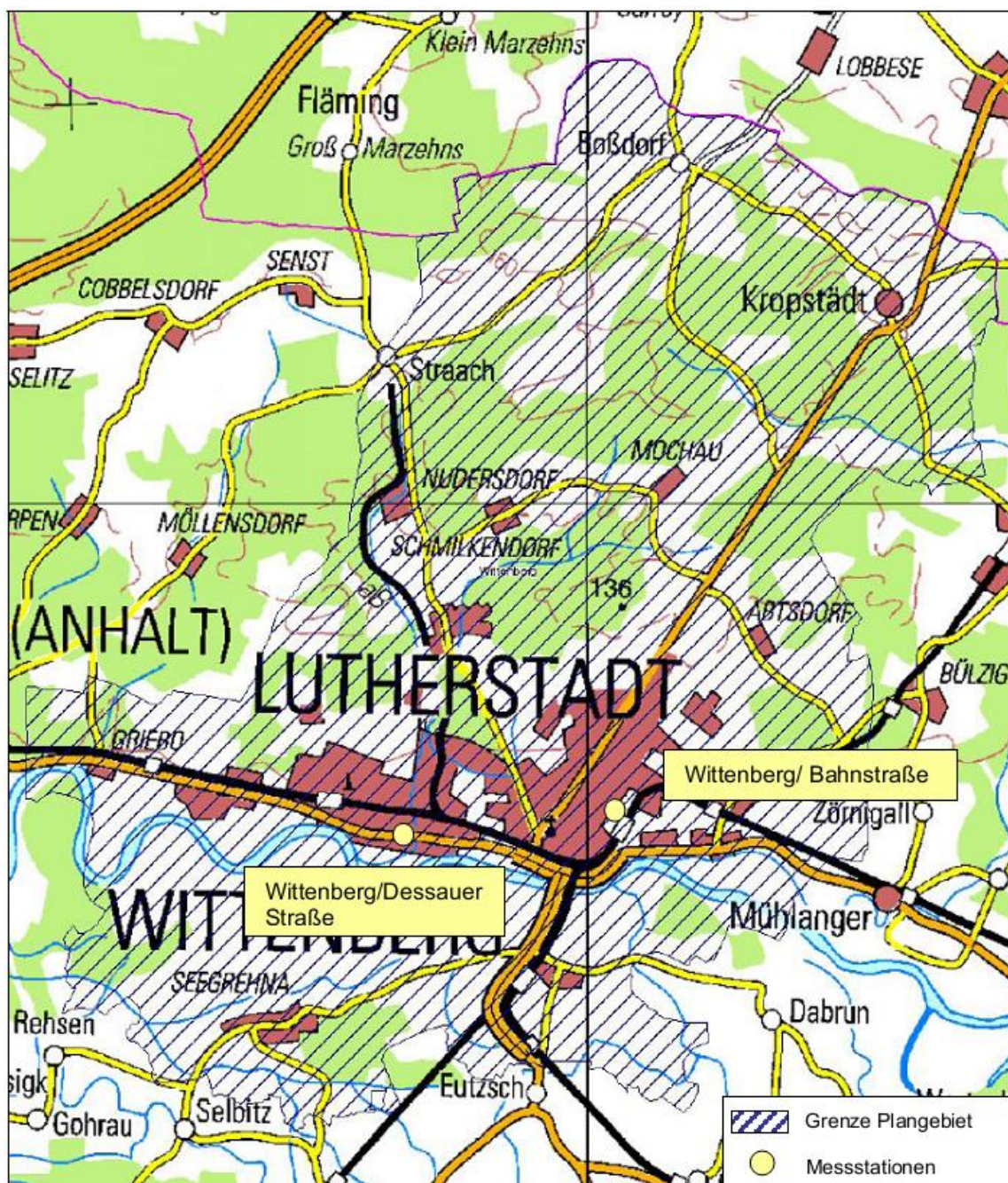


Abbildung 2-56: Standorte der LÜSA-Messstationen in der Lutherstadt Wittenberg. Bahnstraße=Städtischer Hintergrund (MLU Sachsen-Anhalt, 2014)

2.7.2 Beschreibung des Hotspots

2.7.2.1 Räumliche Lage

Der Hotspot befindet sich in der Dessauer Straße zwischen Krummer Weg und Clara-Zetkin-Straße (siehe Abbildung 2-57). Die Messstelle befindet sich in Höhe der Dessauer Straße Nr. 74 (siehe Abbildung 2-58).

Die Dessauer Straße ist dort eine stark befahrene zweistreifige Bundesstraße (B187) mit einem Tempolimit von 50 km/h. Durch die beidseits dichte Randbebauung ist der Luftaustausch eingeschränkt.

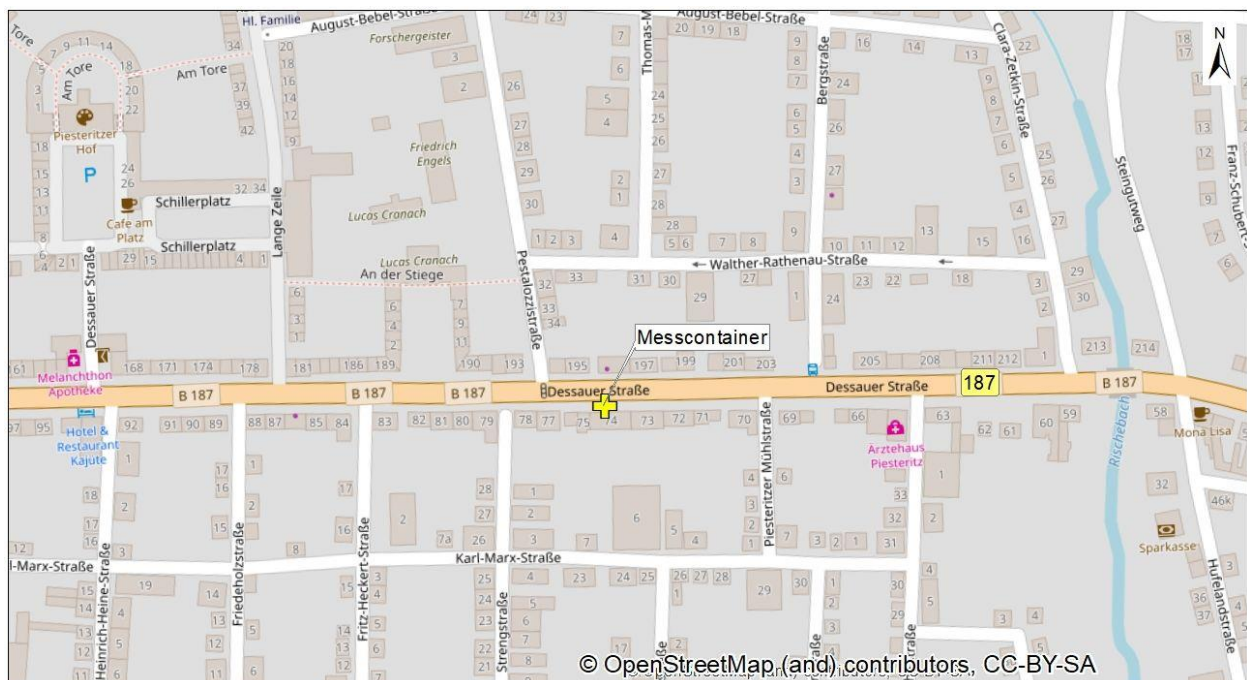


Abbildung 2-57: Luftbild des Bereiches Dessauer Straße zwischen Krummer Weg und Clara-Zetkin-Straße [eigene Darstellung Loh, Kartengrundlage auf Basis von OpenStreetMap contributors®]



Abbildung 2-58: Foto der Messstelle Dessauer Straße. Blick in Richtung Westen.
(Wittenberg, 2008)

2.7.2.2 Luftschadstoffsituation

Tabelle 2-8 zeigt die Überschreitungszahlen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes, den PM10-Jahresmittelwert (JM) sowie die NO₂-JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an den beiden Messstationen in der Lutherstadt Wittenberg.

Tabelle 2-8: Überschreitungszahlen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes und des PM10-Jahresmittelwertes (JM) sowie NO₂-JM-Werte der Jahre 2010 bis 2015 an den Messstationen in der Lutherstadt Wittenberg. Konzentrationen in µg/m³. Fett = Grenzwertüberschreitung. Hinweis: Die dargestellten Messergebnisse beinhalten bereits die Wirkung des UVM, welches seit 2007 aktiv ist.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PM10-JM für Bahnstraße	22	22	20	18	21	18
PM10-JM für Dessauer Str.	31	29	24	23	26	23
Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten > 50µg/m ³ für Bahnstraße	19	25	5	6	15	7
Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten > 50µg/m ³ für Dessauer Str.	43	48	18	15	27	16
NO ₂ -JM für Bahnstraße	13	12	12	12	12	12
NO ₂ -JM für Dessauer Str.	36	35	35	32	31	32

Demnach wurden in den Jahren 2010 und 2011 mehr als die erlaubten 35 Tage mit PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen festgestellt. Der höchste PM10-Jahresmittelwert dieses Zeitraumes wurde mit $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2010 gemessen. Die lokale verkehrsbedingte PM10-Zusatzbelastung an der Dessauer Straße lag in diesem Zeitraum bei ca. 20%.

Der höchste NO₂-Jahresmittelwert dieses Zeitraumes wurde mit $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ebenfalls im Jahr 2010 gemessen. Die lokale verkehrsbedingte NO₂-Zusatzbelastung an der Dessauer Straße lag in diesem Zeitraum bei ca. 65%.

Lt. MLU Sachsen-Anhalt (2014) beträgt die Länge des von PM10-Grenzwertüberschreitungen bedrohten Straßenabschnittes der Dessauer Straße zwischen Krummer Weg und Clara-Zetkin-Straße ca. 710 m, in dem 296 Anwohner gemeldet sind.

2.7.2.3 Lärmsituation

Dieser Bereich der Dessauer Straße ist auch ein Schwerpunkt bzgl. der Lärmbelastung. Lt. Wittenberg 2014 liegt der Nachtpegel bei 64dB(A) sowie der Tagpegel bei 72dB(A).

2.7.2.4 Verkehrliche Situation

Das durchschnittlich tägliche Verkehrsaufkommen liegt im Straßenzug Dessauer Straße Mo-Fr bei ca. 18.000 Kfz.

Der Durchgangsverkehr hat einen Anteil von 13% am Gesamtverkehrsaufkommen. Der Schwerververkehrsanteil beträgt 7,7%.

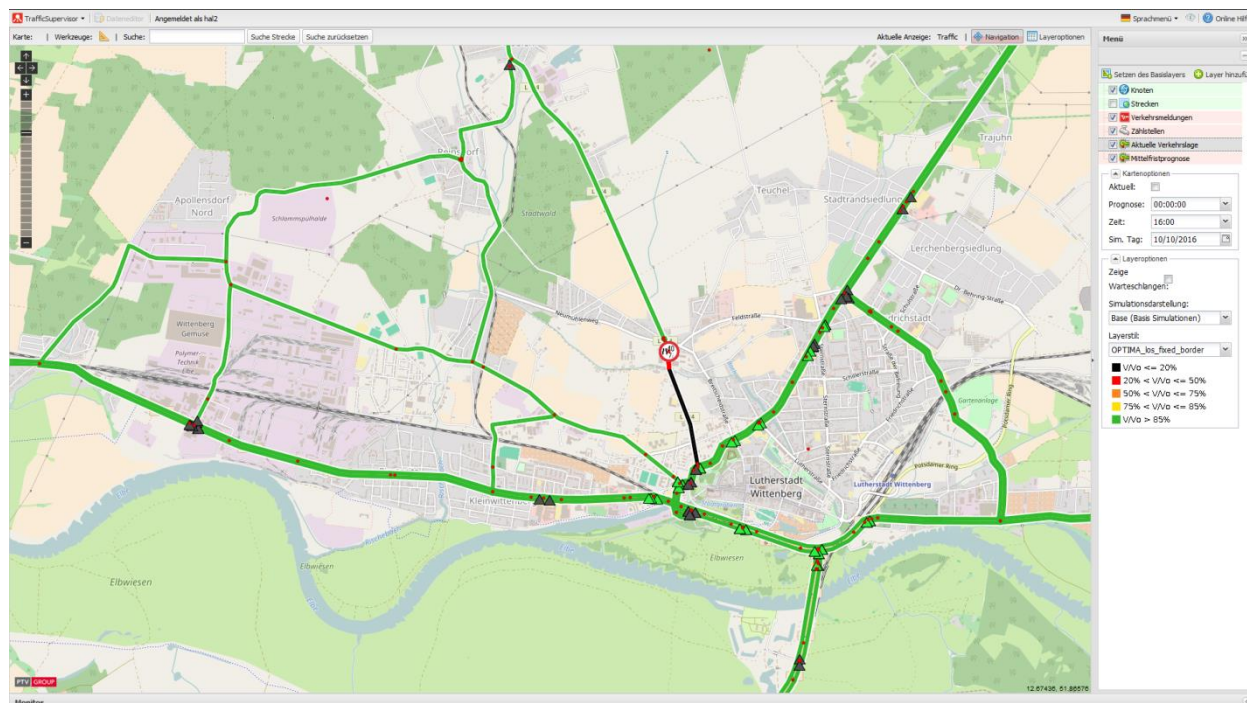


Abbildung 2-59: VL Sachsen-Anhalt – Ausschnitt Wittenberg (pwp)

2.7.3 Beschreibung des UVM-Systems

Die Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt hat gemeinsam mit der Landeshauptstadt Magdeburg und der Stadt Halle (Saale) in den Jahren 2011-2012 das Verkehrslagesystem Sachsen-Anhalt aufgebaut. Im Jahr 2016 wurde das Verkehrslagesystem hinsichtlich der eingesetzten Software modernisiert. Es besteht aus folgenden Teilsystemen:

- pwpTMPlatform – Verkehrs- und Umweltdatenmanagement
- OPTIMA – Verkehrslageanalyse und –prognose

Unter dem Begriff Verkehrsmodul wird nachfolgend das Verkehrslagesystem mit den beiden Teilsystemen verstanden.

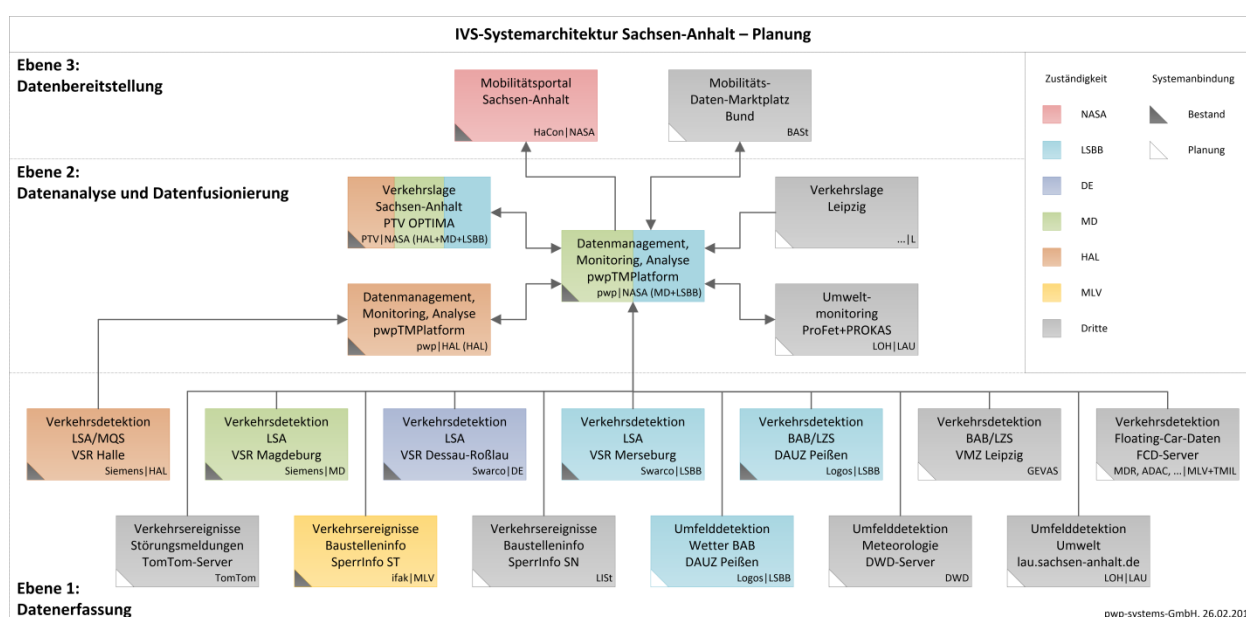


Abbildung 2-60: VL Sachsen-Anhalt – Systemaufbau (pwp)

2.7.3.1 Verkehrsmodul

Für eine allgemeine Beschreibung der Teilsysteme pwpTMPlatform und OPTIMA siehe Kapitel 2.3.3.1.

Die Abbildung 2-61 zeigt die pwpTMPlatform Sachsen-Anhalt im Arbeitsbereich Monitoring mit den eingebundenen Datenquellen: Verkehrsdetektion (Detektoren, Zählstellen) aus den Verkehrsrechnern Halle, Magdeburg, Dessau-Roßlau und Merseburg sowie der Datenunterzentrale Halle-Peißen sowie Verkehrereignisse aus dem Baustelleninformationssystem des Landes Sachsen-Anhalt. Die pwpTMPlatform Sachsen-Anhalt umfasst mit ihrem Datenbestand u. a. die komplette Detektion auf den Bundesautobahnen in Sachsen-Anhalt, sämtliche Langzeitzählstellen, den größten Teil der Detektion an Lichtsignalanlagen sowie die strategische Detektion in der Stadt Halle – insgesamt derzeit über 5000 Detektoren, die in 1-min-Intervallen Daten liefern.

Mit Hilfe von OPTIMA wird in 5-min-Intervallen u. a. unter Berücksichtigung der Verkehrsdetektion und der Verkehrereignisse die komplette Verkehrslage des Landes Sachsen-Anhalt mit Analyse, Kurz- und Mittelfristprognose berechnet.

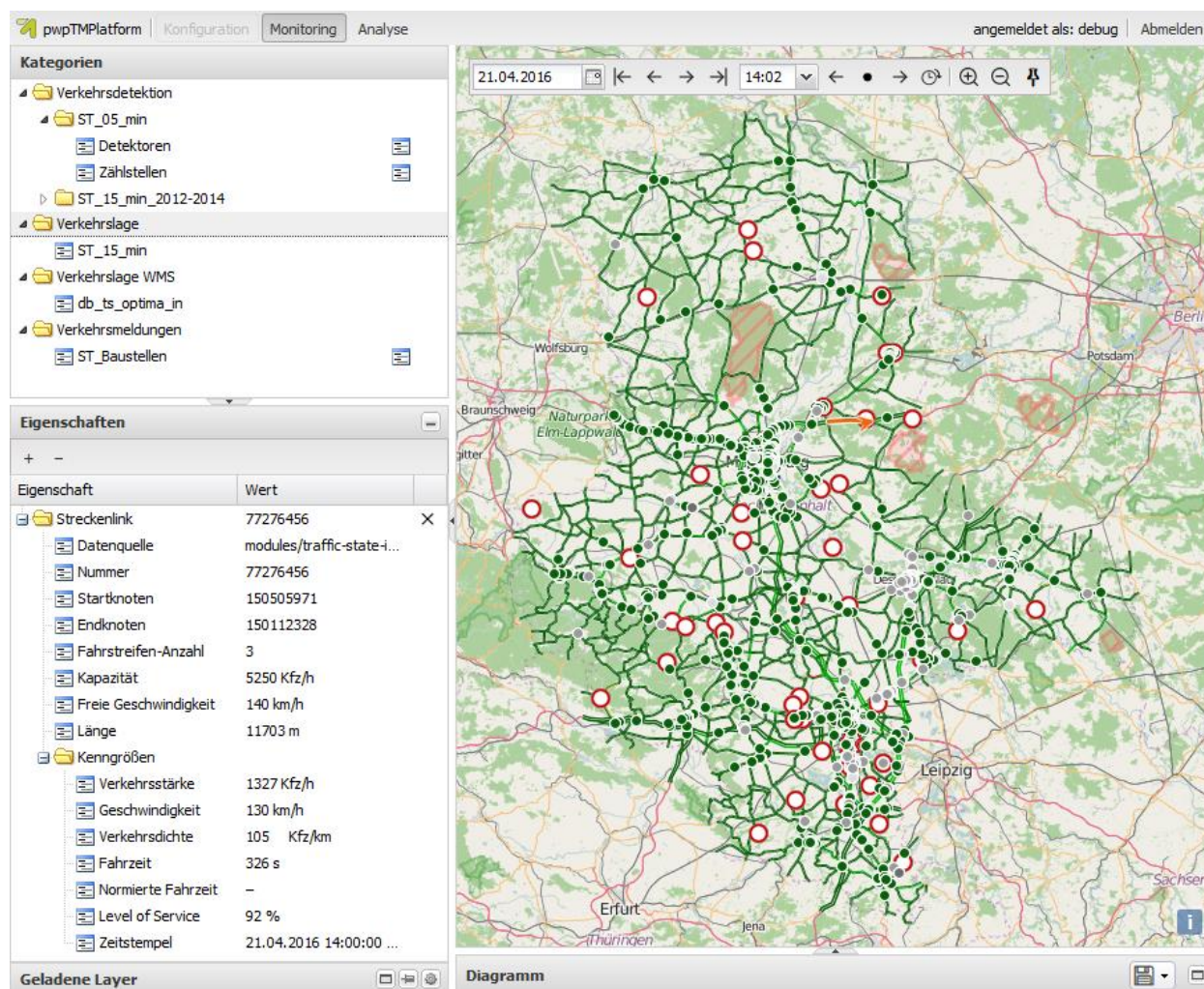


Abbildung 2-61: VL Sachsen-Anhalt – pwpTMPlattform (pwp)

2.7.3.2 Umweltmodul

Im Landesamt für Umweltschutz (LAU) wird seit dem Jahr 2007 das Umweltmodul PROFET/PROKAS^{online} für Sachsen-Anhalt betrieben. Eine Übersicht zeigt die Abbildung 2-62.

ProFet / PROKAS^{Online}

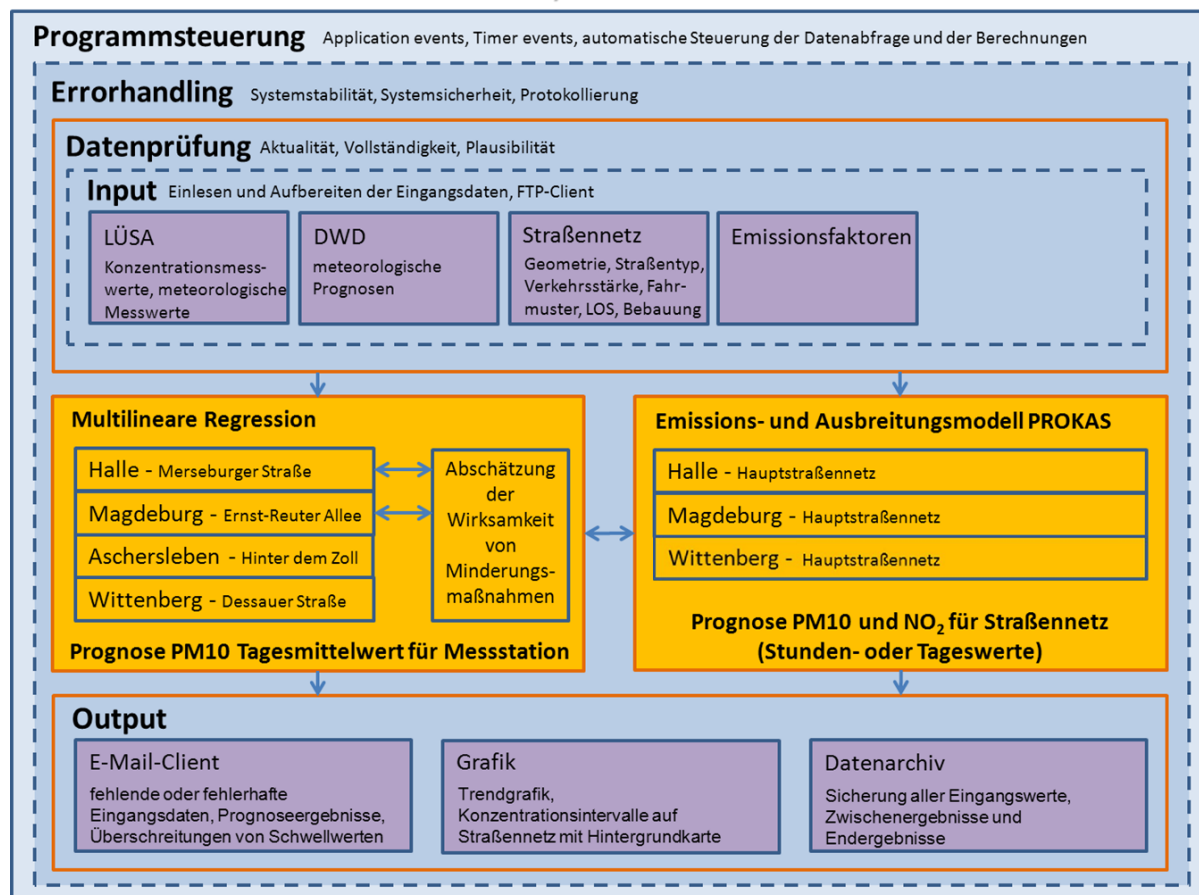


Abbildung 2-62: Übersicht über das Umweltmodul ProFet/PROKAS^{online} für Sachsen-Anhalt

Es werden dort in einem Programmsystem die Umweltmodule ProFet (statistisches Verfahren) und PROKAS^{Online} (Emissions- und Ausbreitungsmodell) betrieben. Im Folgenden werden beide Umweltmodule kurz beschrieben:

Die Vorhersagemodelle in ProFet basieren auf statistischen Auswertungen umfangreicher Messreihen (Konzentrationen und meteorologische Daten). Dabei zeigen die PM10-Konzentrationen eine deutliche Abhängigkeit von meteorologischen Parametern, wie z. B. Temperatur, Niederschlag, Inversion und Windgeschwindigkeit, aber auch der Jahreszeit und dem Wochentag sowie der gemessenen Feinstaubkonzentration am Vortag und am frühen Morgen. Dementsprechend werden unter Verwendung der zuvor erwähnten Parameter auf der Basis von Vorhersagen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und Messungen des Luftüberwachungssystems (LÜSA) die zu erwartenden PM10-Tagesmittelwerte prognostiziert.

Der Prognoseansatz stützt sich auf eine statistische Regressionsanalyse auf Basis der beschriebenen Eingangsdaten. Alternativ könnte als zweiter Prognoseansatz die Festlegungen der regionalen Hintergrundbelastung über die Ergebnisse des europaweit arbeitenden PM10-Prognosemodells EURAD, das vom Rheinischen Institut für Umweltforschung an der Universität zu Köln betrieben wird, erfolgen. Dieser Prognoseansatz

kann optional zugeschaltet werden. Die EURAD-Daten würden dann automatisch durch einen im Prognosesystem eingebundenen FTP-Client täglich aktualisiert.

Es werden folgende Prognosen erstellt (siehe dazu das Datenschema in Abbildung 2-63):

- Am heutigen Tag wird um 15 Uhr der PM10-Tagesmittelwert des nächsten Tages prognostiziert (=Vortagesprognose).
- Am nächsten Morgen wird diese Prognose um 8 Uhr auf Basis aktueller Messdaten aktualisiert (=Tagesprognose).
- Weiterhin wird für die nächsten 5 Tage eine Trendprognose des zu erwartenden PM10-Tagesmittelwertes abgegeben (Beispiel siehe Abbildung 2-64).

Prognoseergebnisse, Diagramme sowie vorgefertigte Benachrichtigungen werden über einen programminternen E-Mailverteiler versendet. Die Optionen, wann eine E-Mail (bei jeder Prognose oder nur bei Grenzwertüberschreitung) mit welchem Inhalt (Benachrichtigung, Prognosewerte, mit oder ohne Diagramm) versendet wird, werden für jeden Empfänger separat definiert. Somit werden ausgewählte Personen und Entscheidungsträger zeitnah und gezielt informiert.

In PROKAS^{Online} sind angepasste Versionen der Modelle PROKAS_E (Emissionsmodell), PROKAS_V (Gauß'sches Ausbreitungsmodell) und PROKAS_B (Bebauungsmodell auf Basis MISKAM-Gebäudetypisierung) integriert. Dies bedeutet, dass sowohl die Einflüsse der umgebenden Straßen bzw. des gesamten umgebenden Straßennetzes als auch die Einflüsse der Bebauung berücksichtigt werden. Das Datenhandling läuft analog zu ProFet. Berechnet werden hier die Tagesmittelwerte von NO₂ und PM10 im gesamten Straßennetz als Vortages- und Tagesprognose.

ProFet und PROKAS^{online} arbeiten vollständig autonom nach einem definierten Zeitplan. So werden beispielsweise die Eingangsdaten eine halbe Stunde vor jeder Prognose auf ihre Aktualität und Vollständigkeit geprüft. Das Resultat der Fehlerprüfung kann dann ebenfalls automatisch an die entsprechenden Personen (E-Mailverteiler/SMS) versendet werden, womit die Möglichkeit besteht, gegebenenfalls auftretende Lücken in den Eingangsdaten zu schließen.

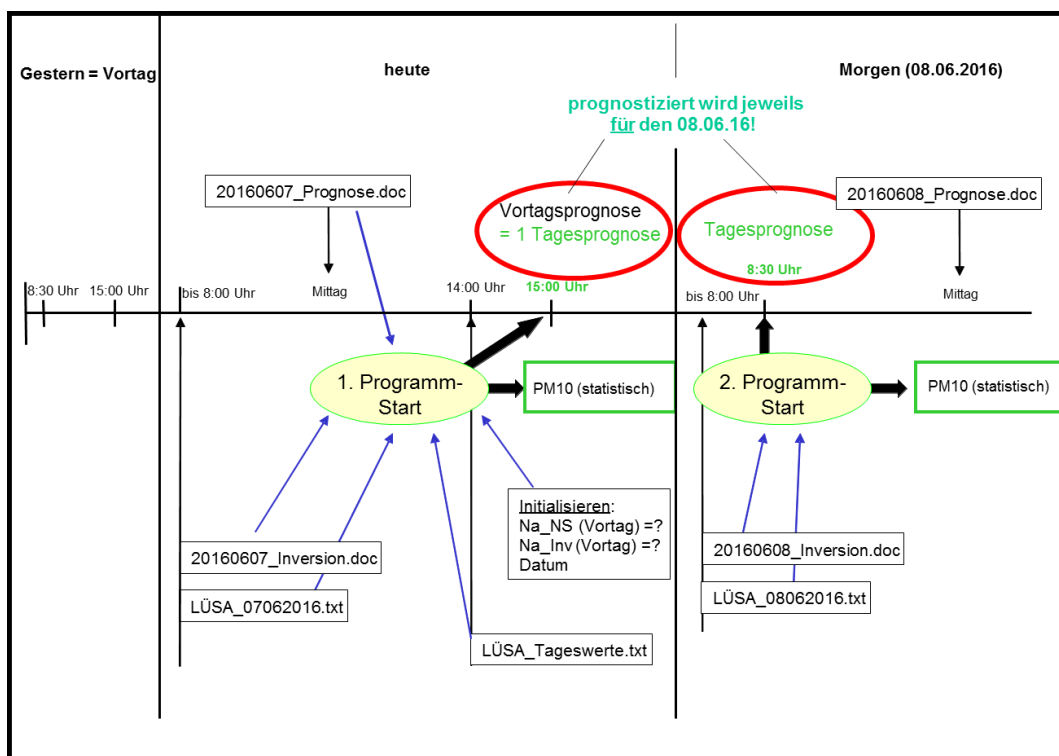


Abbildung 2-63: Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Datenbereitstellungen und Prognoserechnungen in ProFet-Sachsen-Anhalt

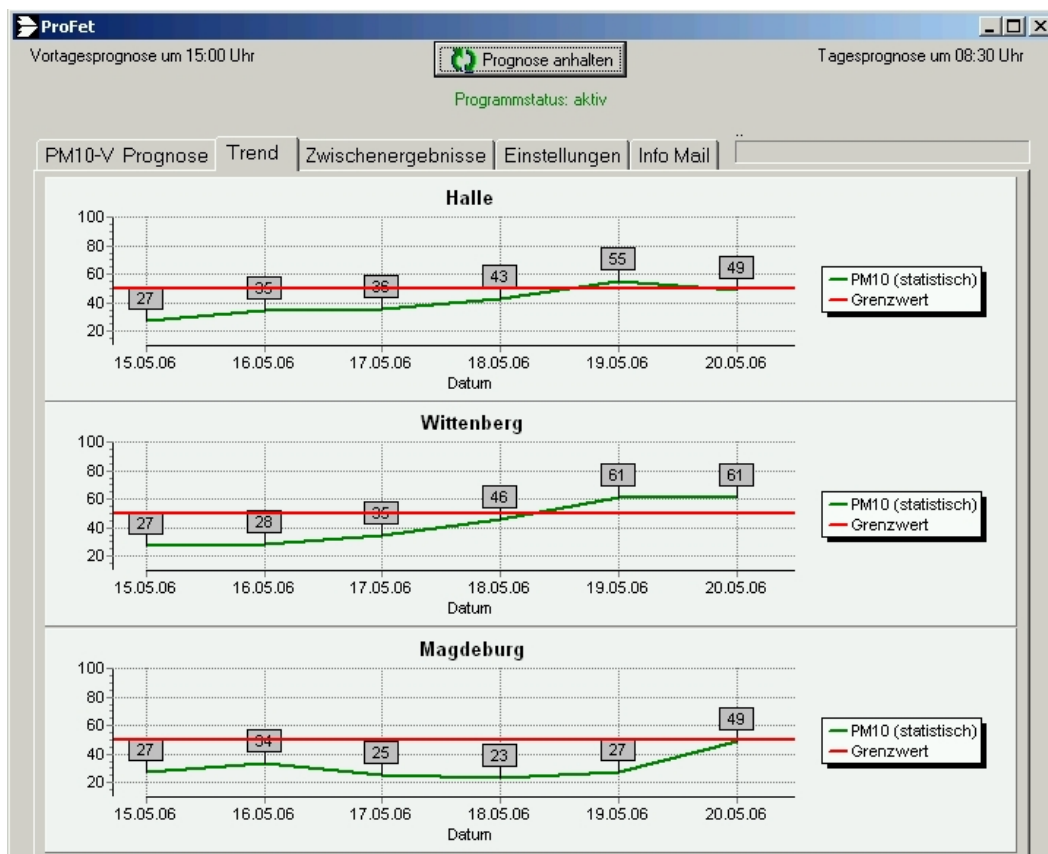


Abbildung 2-64: Ausgabebildschirm für die Trendprognose (PM10-Tagesmittelwerte) in ProFet. Konzentrationswerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.7.3.3 Weitere Module

Weitere Module sind nicht vorhanden.

2.7.3.4 Zusammenspiel der Module

Eine direkte (automatische) Kopplung zwischen Umweltmodul und Verkehrsmanagementsystem ist (derzeit) nicht gegeben.

Für die Aktivierung in Wittenberg werden deshalb manuell klappbare Verkehrsbeschilderungen verwendet. Diese sind beispielhaft in der Abbildung 2-65 dargestellt.

Die Maßnahmenübersicht ist in Kap. 2.7.4 und die Verfahrensweise ist im Kapitel 2.7.5 beschrieben.



Abbildung 2-65: Verkehrsbeschilderung auf der Coswiger Landstraße und der Dessauer Straße für die einseitige Lkw-Umleitung (MLU Sachsen-Anhalt 2014)

2.7.4 Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium

Wegen des zuvor aufgezeigten Eintritts bzw. der Gefahr von PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen beinhaltet der LRP/AP Wittenberg als Minderungsmaßnahmen u. a. eine verkehrslenkende Maßnahme (Lkw-Umleitung Dessauer Straße, Ableitung des Lkw-Verkehrs aus Richtung Westen in Fahrtrichtung Ost). Eine Übersicht zeigt die Abbildung 2-66.

Zur Entlastung der Dessauer Straße wird dabei der Lkw-Verkehr (> 3,5 t) aus Richtung Westen (B187) in das nördliche Stadtzentrum und zur B 2 in Fahrtrichtung Nord und

Süd sowie zur B 187 in Fahrtrichtung Ost temporär abgeleitet. Ab- und Umleitungsstrecke ist aus Richtung Westen die Coswiger Landstraße – Heuweg – Möllensdorfer Straße – Rothemarkstraße – Dobschützstraße – Hafenbrücke – zur B 187 / B 2 / Südumgehung.

Die Lkw-Umleitung wird aktiviert, wenn das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU) der Lutherstadt Wittenberg und dem Landkreis Wittenberg eine bevorstehende Überschreitung des Tagesmittelwertes Partikel PM10 von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ signalisiert. Die Maßnahme bleibt stets bis zur Deaktivierung durch das LAU aktiv.

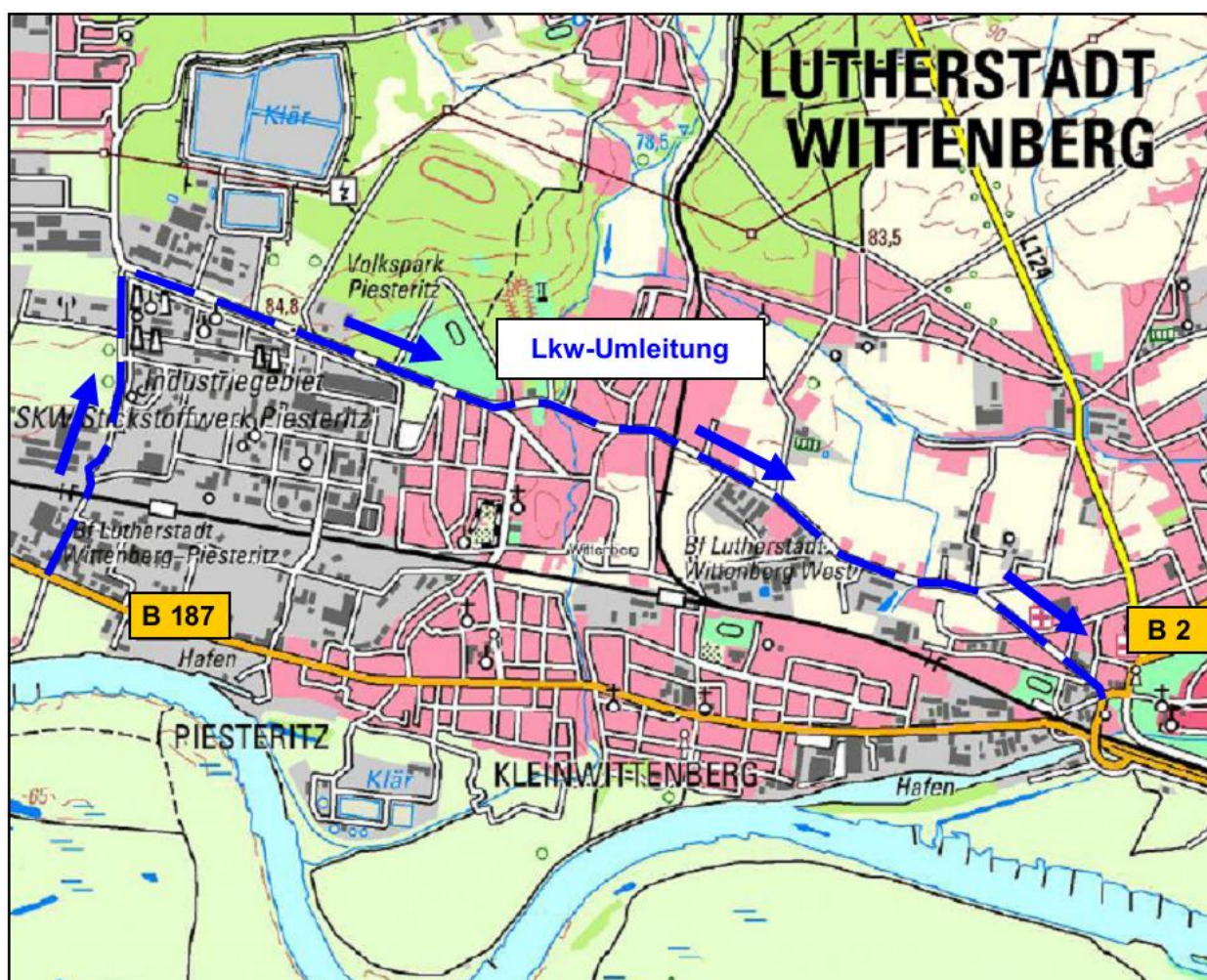


Abbildung 2-66: Streckenführung für die einseitige Lkw-Umleitung (MLU Sachsen-Anhalt, 2014)

2.7.5 Ablauf der manuellen Aktivierung/Deaktivierung der Maßnahme

Folgender Ablauf der Aktivierung ist entsprechend LRP Wittenberg, dort Anhang D, festgelegt:

Auslösekriterien für die Aktivierung seitens des LAU stellen in erster Linie die Ergebnisse des Feinstaubprognosemodells ProFet dar, vorbehaltlich einer fachlichen Verifizierung der Ergebnisse durch Mitarbeiter des Luftüberwachungs- und Informationssystems Sachsen-Anhalt (LÜSA). Darüber hinaus kann eine Auslösung durch das LAU auch

dann erfolgen, wenn aufgrund der fachlichen Einschätzung der Immissionssituation und der meteorologischen Bedingungen eine Überschreitung des Tagesmittelwertes wahrscheinlich ist.

Im Prozess der Maßnahmenauslösung sind in Abhängigkeit von der zweistufigen Arbeitsweise des Prognosemodells folgende Varianten vorgesehen:

- A) Aktivierung zwischen 15 und 16 Uhr des aktuellen Tages für den Folgetag,
- B) Aktivierung zwischen 9 und 10 Uhr des aktuellen Tages für den aktuellen Tag.

Eine Aktivierung erfolgt nur werktags. Die Maßnahme bleibt stets bis zur Deaktivierung durch das LAU aktiv. Einer Aktivierung folgt in jedem Fall auch eine Deaktivierung per E-Mail.

Fall A) Aktivierung zwischen 15 und 16 Uhr des aktuellen Tages für den Folgetag

Im Falle einer für den Folgetag prognostizierten Überschreitung wird automatisiert eine E-Mail erzeugt und an den diensthabenden Mitarbeiter des LÜSA gesendet. Dieser überprüft das Prognoseergebnis auf Plausibilität und leitet bei positivem Ergebnis die E-Mail über einen definierten Verteiler weiter. Hauptadressat und gleichzeitig verantwortlich für die Aktivierung der Maßnahme ist die Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt, speziell die Straßenmeisterei Wittenberg. Darüber hinaus geht diese E-Mail als Information u. a. an das MLU, den Landkreis Wittenberg und die Polizei Wittenberg sowie an das SKW Piesteritz.

Die Maßnahme vor Ort ist auf Grundlage dieser E-Mail sofort zu aktivieren und bis zur Deaktivierung durch das LAU aktiv zu halten. Ist die Maßnahme bereits aktiviert, so wird bei erneut signalisierter Grenzwertüberschreitung keine weitere E-Mail versendet, da dies aufgrund des recht großen Verteilers zu Irritationen führen könnte. Es gilt der Grundsatz, die Maßnahme bleibt bis zur Deaktivierung aktiv!

Die Aktivierung der Maßnahme wird durch den Leiter der Straßenmeisterei per E-Mail an das LÜSA bestätigt.

Ziel der sofortigen Aktivierung ist das rechtzeitige Wirksamwerden der Maßnahme vor dem Einsetzen der morgendlichen Verkehrsspitze.

Fall B) Aktivierung zwischen 9 und 10 Uhr des aktuellen Tages = Tagesprognose

Der Algorithmus zur Aktivierung ist identisch mit dem unter Fall A) beschriebenen Ablauf und es gelten die gleichen Grundsätze.

Ziel der Aktivierung ist das rechtzeitige Wirksamwerden der Maßnahme vor dem Einsetzen der Verkehrsspitze am Nachmittag.

Die Deaktivierung der Kurzfristmaßnahme wird durch das Versenden einer Standardmail unter Nutzung des gleichen Verteilers wie zur Aktivierung realisiert. Eine Deaktivierung erfolgt nur werktags unter Berücksichtigung der Vortagesprognose für den Folgetag. Auch die Deaktivierung der Maßnahme wird durch den Leiter der Straßenmeisterei per E-Mail an das LÜSA bestätigt.

2.8 Autobahnen in Österreich

Das Österreichische Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L, 2010) beinhaltet auf Autobahnen oder Schnellstraßen die Verfügung von temporären Geschwindigkeitsbeschränkungen „für die Dauer erhöhter Neigung zu Grenzwertüberschreitungen“. Dabei können flexible Systeme, wie immissionsabhängige Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA), verwendet werden. Realisiert wird dies durch den Einsatz dynamischer Verkehrszeichen, auf denen neben Tempolimits auch Stauwarnungen sowie Informationen zum Fahrbahnzustand angezeigt werden können. Die österreichische Autobahnfinanzierungsgesellschaft ASFINAG hat dazu ab dem Jahr 2008 u. a. die Projekte VBA Umwelt Steiermark und VBA Umwelt Tirol umgesetzt.

Nach der österreichischen VBA-Verordnung gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (VBA-IG-L, 2007) ist ab dem erstmaligen Einsatz des flexiblen Verkehrsbeeinflussungssystems jährlich ein Evaluierungsbericht vorzulegen. Dadurch findet sich eine gute Datenlage, auch wenn nicht alle Jahresberichte auf der zugehörigen Internetseite des BMLFUW (2016) aufzufinden sind.

Zwei ausgewählte VBA Umwelt-Projekte, für die Steiermark und Tirol, werden im Folgenden kurz vorgestellt. Abbildung 2-67 zeigt die Lage der beiden Untersuchungsgebiete. Für das Gebiet Steiermark wurden zudem Daten zu Gebiet, Hotspots, UVM-System, Maßnahmen, Auslösekriterium sowie zu Ablauf der Aktivierung/Deaktivierung der Maßnahme recherchiert und ausgewertet.

VBA Umwelt Anlagen – Stand November 2010

- Oberösterreich
- Kärnten
- Salzburg
- Steiermark A2, A9 **Großraum Graz**
- Tirol West **A12 Inntal-Autobahn**

Gesamt ca. 320 Richtungskilometer

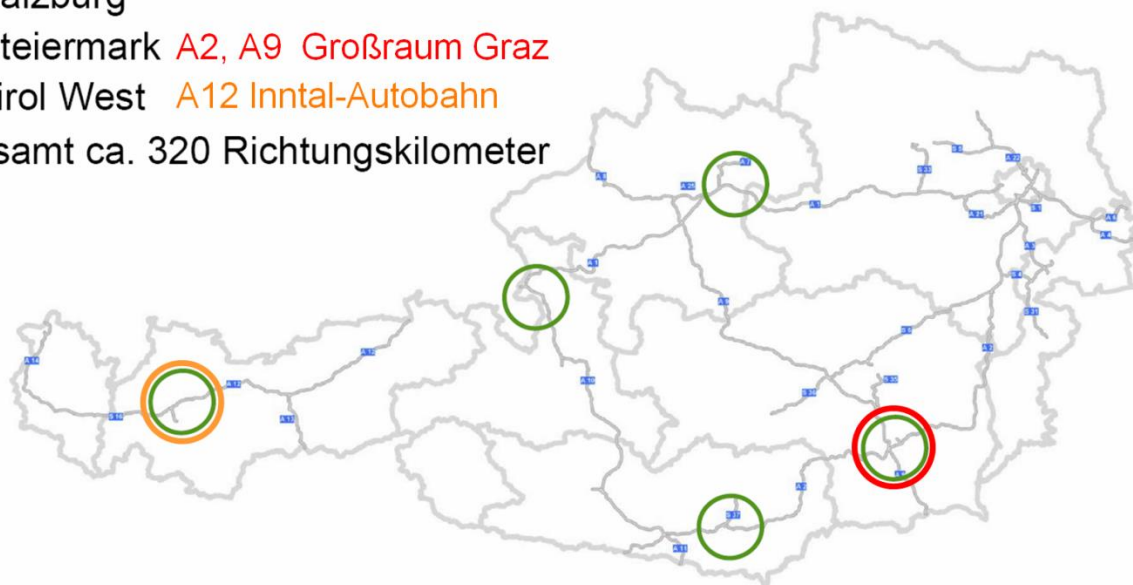


Abbildung 2-67: Lage der beiden Untersuchungsgebiete Steiermark und Tirol (eigene Darstellung IVU, nach ASFINAG, 2010)

2.8.1 Steiermark

Im Großraum Graz wird seit Dezember 2008 eine VBA Umwelt mit vier getrennt geschalteten Teilkorridoren betrieben. Diese liegen auf der A2 (Süd-Autobahn) und der A9 (Pyhrn-Autobahn). Die aktuelle Verordnung (IG-L Steiermark, 2014) beschreibt hierzu u.a. die genaue Lage der Korridore, den Algorithmus und das Verfahren zur Bestimmung der Schwellenwerte.

Mit FVT (2013) liegt die letzte veröffentlichte Evaluierung des *flexiblen* Tempolimits für den Betriebszeitraum 2011/2012 vor. Dabei wurde geprüft, ob der Algorithmus spezifikationsgemäß geschaltet hat und ob die geforderte Maßnahmenwirksamkeit erreicht wurde. Der Bericht kommt zu folgendem Ergebnis: „Insgesamt wurden im gesamten VBA Gebiet im Evaluierungszeitraum 4,6% der NO_x-Emissionen und 3,7% der PM-Auspuffemissionen eingespart. Außerdem wurde der Kraftstoffverbrauch um 2,7% reduziert. In allen 4 Korridoren beträgt die Maßnahmenwirksamkeit bezogen auf ein statistisches ganzjähriges Tempolimit maximal 50% und liegt damit *deutlich unter* den geforderten 75%.“

Von Nov. 2014 bis Okt. 2015 wurde die VBA Umwelt Steiermark durch eine *permanente* Beschränkung auf Tempo 100 km/h ersetzt. Nach dem Monitoringbericht der Steiermärkischen Landesregierung zum Luftreinhalteprogramm Steiermark 2014 (Land Steiermark, 2016) *wird derzeit geprüft, ob die permanente Beschränkung die VBA Umwelt dauerhaft ablösen soll.* Diese *permanente* Beschränkung ist derzeit in der Evaluierung durch die TU Graz. Ergebnisse der Evaluierung waren, nach Land Steiermark (2016), mit einem Bericht im April/Mai 2016 zu erwarten, wurden aber bis zum 26.10.2016 nicht veröffentlicht.

Im Monitoringbericht, der einen Überblick über die Umsetzung der im aktuellen Luftreinhalteprogramm Steiermark festgesetzten Maßnahmen im Zeitraum von Oktober 2015 bis März 2016 gibt, wird zusammengefasst: „Die aktuelle VBA-Auswertung hat gezeigt, dass insbesondere in den Wintermonaten trotz einer durchschnittlichen Schalthäufigkeit von etwa 40% der Zeit und etwa 50% der Verkehrsmenge *die Zielvorgaben der Bundes-VO hinsichtlich Emissionsreduktion nach wie vor nicht erreicht werden konnten.* Die derzeit umgesetzte Anpassung und Ausdehnung des Schaltalgorithmus auf NO_x wird zukünftig sehr wahrscheinlich zu einer deutlich höheren Schalthäufigkeit führen, sodass sich eine VBA-gesteuerte Geschwindigkeitsbegrenzung nicht mehr sehr von einer statische Geschwindigkeitsbeschränkung 100 km/h in Wirkung als auch Wahrnehmung durch die Verkehrsteilnehmer unterscheiden dürfte. Als Basis wurde in der Berechnung eine Schalthäufigkeit von 60% bezogen auf die Verkehrsmenge angenommen, die nach Umstellung auf den NO_x-basierten Algorithmus erreicht werden sollte.“

Des Weiteren wird angemerkt: „Eine statische ganzjährig wirksame Beschränkung auf 80/100 in Sanierungsgebieten hat zudem den Vorteil, zu einer Gewohnheit und damit nach einer Einführungsphase auch von den Verkehrsteilnehmern akzeptiert zu werden. Als Zusatzeffekte sind die Klimawirksamkeit, die Lärmreduktion und die Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr zu nennen. Begleitend sind die Kontrollmöglichkeiten zu verbessern (Frontradar, Section Control wo rechtlich möglich).“

2.8.1.1 Gebietsbeschreibung

Graz, die Landeshauptstadt der Steiermark, und ihr Ballungsraum ist mit 613'286 Einwohnern (Eurostat (2016), Stand 1.1.2015) nach Wien und Linz die drittgrößte Metropolregion Österreichs. Im Großraum Graz kreuzen sich zwei wichtige Verkehrsachsen, die A2 (Süd-Autobahn, Verbindung Wien – Italien) und die A9 (Pyhrn-Autobahn, Verbindung Knoten Voralpenkreuz – Slowenien), wie in Abbildung 2-68 zu sehen ist. Diese Autobahnen zeigen, entsprechend ihres Verbindungscharakters, die höchsten täglichen Verkehrsbelastungen im Großraum Graz (Land Steiermark, 2010). Die Emissionen des bei weitem größten Ballungsraumes der Steiermark, in Kombination mit einer topographisch bedingten ungünstigen Meteorologie, machen den Großraum Graz zu der am höchsten mit Luftschadstoffen belasteten Region der Steiermark (Land Steiermark, 2015). Auch im Österreichvergleich liegt der Großraum an einer Spitzenposition (UBA Österreich, 2016).



Abbildung 2-68: Autobahnkreuz A2 und A9 im Großraum Graz (eigene Darstellung IVU, Kartengrundlage auf Basis von OpenStreetMap contributors®)

2.8.1.2 Beschreibung der Hotspots

2.8.1.2.1 Räumliche Lage

Lage und Charakterisierung der Luftmessstationen im Ballungsraum Graz zeigen Abbildung 2-69 und Tabelle 2-9 (Land Steiermark, 2015).

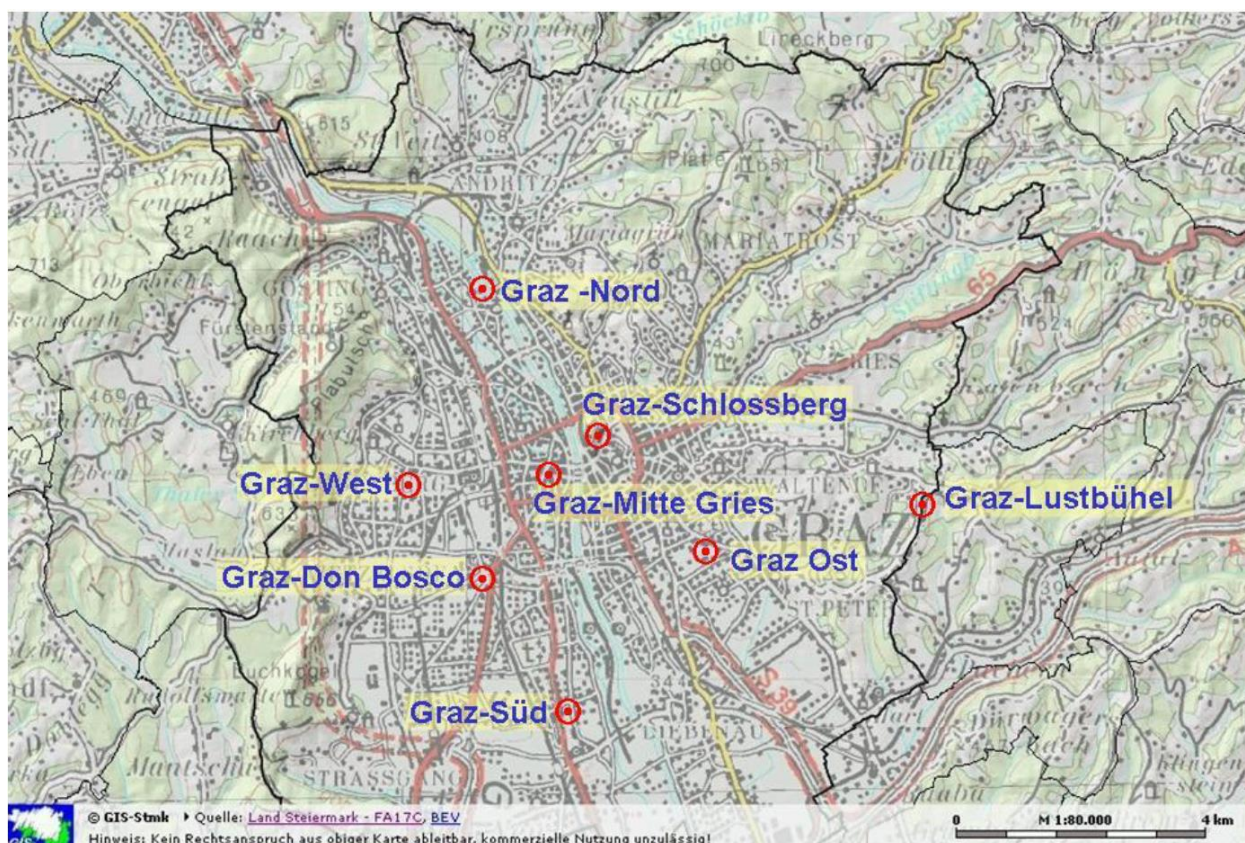


Abbildung 2-69: Lage der Messstationen im Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)

Messstelle	Länge	Breite	Topographische Lage	Siedlungsstruktur
Graz Stadt				
Graz-Lustbühel	15°29'37,47"	47°03'59,75"	Stadtnahe Hügelkuppe	Umland einer Stadt mit 300.000 EW
Graz-Schloßberg	15°26'13,40"	47°04'32,20"	Isolierte Einzelerhebung im zentralen Grazer Becken	Stadt mit 300.000 EW, Stadtzentrum
Graz-Nord	15°24'53,54"	47°05'37,28"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 300.000 EW, städtischer Wohnhintergrund
Graz-West	15°24'13,42"	47°04'10,22"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 300.000 EW, zentraler Siedlungsbe- reich
Graz-Süd	15°25'59,08"	47°02'30,09"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 300.000 EW, zentraler Siedlungsbe- reich
Graz-Mitte Gries	15°25'53,55"	47°04'09,23"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 300.000 EW, Stadtzentrum
Graz-Ost	15°27'57,81"	47°03'34,44"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 300.000 EW, zentraler Siedlungsbe- reich
Graz-Don Bosco	15°24'59,54"	47°03'20,22"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 300.000 EW, verkehrsnah

Tabelle 2-9: Charakterisierung der Messstationen im Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)

2.8.1.2.2 Luftschadstoffsituation

Die Jahresauswertungen der Messstationen für das Jahr 2014 im Ballungsraum Graz für NO₂, Stickstoffoxide und PM₁₀ finden sich in Abbildung 2-70 sowie in Tabelle 2-10 und Tabelle 2-11 (Land Steiermark, 2015). Hierbei steht JMW für den Jahresmittelwert, MMW für den Monatsmittelwert, TMW für den Tagesmittelwert, 97,5 Perz für das 97,5-Perzentil basierend auf allen Halbstundenmittelwerten eines Jahres, MW3 für den gleitenden Dreistundenmittelwert und HMW für den Halbstundenmittelwert. In Tabelle 2-11 wird mit Ü eine Überschreitung gekennzeichnet.

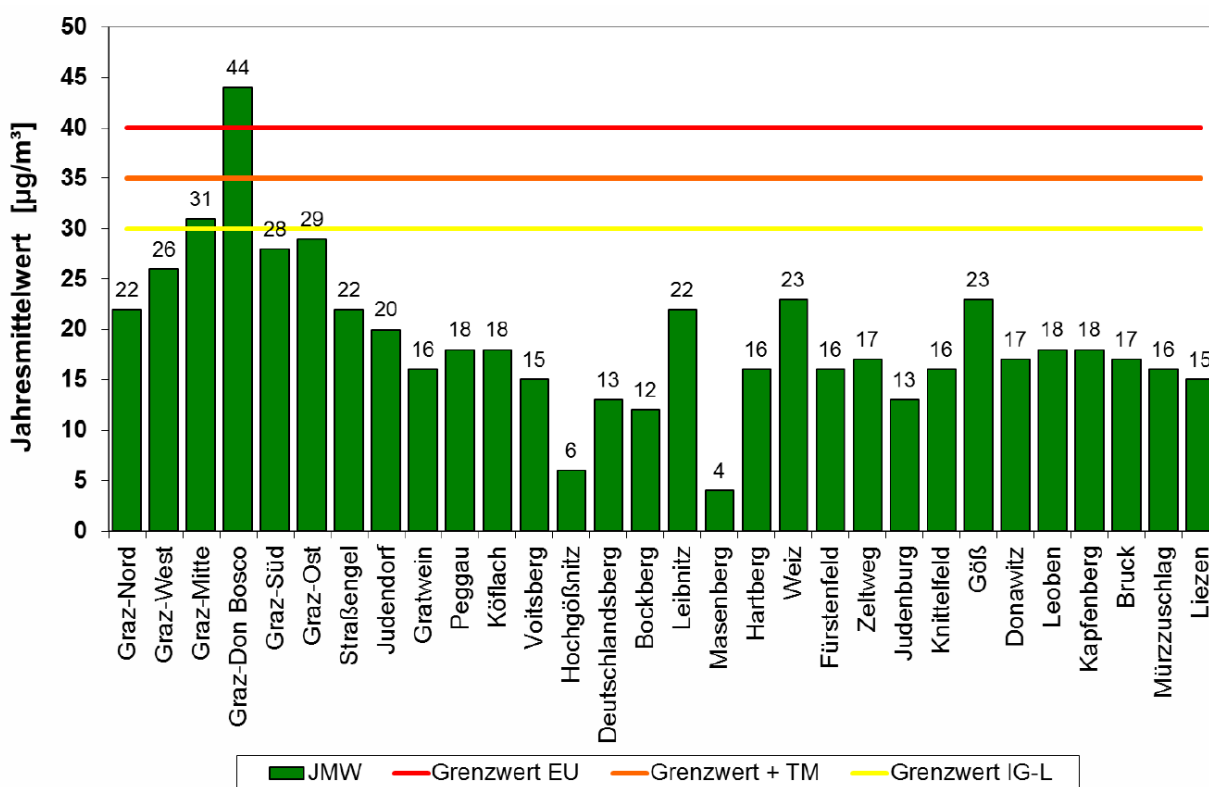


Abbildung 2-70: Jahresauswertung 2014 für NO₂ [µg/m³] für den Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)

Station	JMW	MMWmax	TMWmax j	97,5 Perz	MW3max j	HMWmax j
Graz Stadt						
Graz-Nord	36	88	330	167	600	667
Graz-West	51	115	321	243	497	570
Graz-Don Bosco	119	239	629	440	1141	1562
Graz-Süd	67	184	643	339	968	1097
Graz-Ost	66	137	303	271	534	693
Graz-Mitte	57	123	289	239	759	857

Tabelle 2-10: Jahresauswertung 2014 für Stickstoffoxide [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] für den Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)

Station	JMW	MMWmax	TMWmax j	97,5 Perz	Ü_JMW	Ü_TMW
Graz Stadt						
Graz-Lustbühel	16	27	78	46	0	5
Graz-Nord	18	32	85	--	0	6
Graz-West	25	34	80	68	0	19
Graz-Don Bosco	28	43	97	--	0	27
Graz-Süd	25	40	99	--	0	23
Graz-Ost	29	42	97	80	0	37
Graz-Mitte	22	36	89	60	0	9

Tabelle 2-11: Jahresauswertung 2014 für Feinstaub (PM10) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] für den Ballungsraum Graz (Land Steiermark, 2015)

Tabelle 2-12 und Tabelle 2-13 führen die Grenzwertüberschreitungen in den Jahren 1999 bis 2014 für NO_2 und PM10 im Ballungsraum Graz auf (UBA Österreich, 2016). Die zeitliche Entwicklung der NO_2 -Jahresmittelwerte an der Messstation Graz Don Bosco in den Jahren 2010 bis 2014 zeigt Tabelle 2-14 (UBA Österreich, 2016).

Messstation	NO_2 -Überschreitungen
Graz Mitte Landhausg.	HMW 1999, 2002, 2003
Graz Nord	HMW 1999
Graz Don Bosco	HMW, JMW + TMW 2003-2014
Graz Mitte Landhausg.	JMW + TMW 2005-2008
Graz Mitte Gires	JMW + TMW 2011
Graz Ost	HMW 2003
Graz Süd	HMW 2003, 2005, 2008, 2011

Tabelle 2-12: NO_2 -Grenzwertüberschreitungen 1999-2014 im Ballungsraum Graz (UBA Österreich, 2016)

Messstation	PM10-Überschreitungen (TMW)
Graz Don Bosco	2001-2013
Graz Mitte Landhausg.	2001-2009
Graz Mitte Gries	2011, 2013
Graz Nord	2003-2007, 2011
Graz Ost Eisteichgasse bzw. Petersgasse	2001-2004, 2006-2008, 2010-2014
Graz Süd Tiergartenweg	2003-2013
Graz West	2007-2008, 2010, 2011

Tabelle 2-13: PM10-Grenzwertüberschreitungen 1999-2014 im Ballungsraum Graz (UBA Österreich, 2016)

Messstation	NO ₂ -Jahresmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	2010	2011	2012	2013	2014
Graz Don Bosco	51	51	47	48	44

Tabelle 2-14: NO₂-Jahresmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] 2010-2014 an der Messstation Graz Don Bosco (UBA Österreich, 2016)

2.8.1.2.3 Verkehrliche Situation

Das Gebiet der VBA Umwelt Steiermark unterteilt sich in vier Teilkorridore, die in Tabelle 2-15 aufgeführt sind (FVT, 2013). Die Koordinaten der Korridore können der Verordnung der Steiermark zum Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L Steiermark, 2014) entnommen werden.

Korridor	Autobahn	Fahrtrichtung	Abschnittsbereich	Bereich zwischen
Ost	A2 Süd Autobahn	Wien	Knoten Graz-West bis Anschlussstelle Sinabelkirchen	km 185,104 und km 149,340
		Klagenfurt	Anschlussstelle Sinabelkirchen bis Knoten Graz-West	km 150,895 und km 183,948
West	A2 Süd Autobahn	Wien	Anschlussstelle Lieboch bis Halbinschlussstelle Unterpremstätten/Knoten Graz-West	km 193,019 und km 186,867
		Klagenfurt	Halbinschlussstelle Unterpremstätten/Knoten Graz-West bis Anschlussstelle Lieboch	km 186,626 und km 194,637
Süd	A9 Pyhm Autobahn	Spielfeld	Knoten Graz-West bis Anschlussstelle Leibnitz	km 190,205 und km 214,781
		Knoten Voralpenkreuz	Anschlussstelle Leibnitz bis Knoten Graz-West	km 213,804 und km 190,205
Nord	A9 Pyhm Autobahn	Spielfeld	Knoten Peggau-Deutschfeistritz bis Gratkorn tunnel 3	km 165,983 und km 172,308
		Knoten Voralpenkreuz	Gratkorn tunnel 4 bis Knoten Peggau-Deutschfeistritz	km 172,188 und km 166,325

Tabelle 2-15: Teilkorridore der VBA Umwelt Steiermark (FVT, 2013)

An den Zählquerschnitten der Teilkorridore werden die Verkehrsdaten für die Berechnung der Immissionsbeiträge ermittelt. Die Koordinaten der Verkehrszählstellen können

ebenfalls der Verordnung IG-L Steiermark (2014) entnommen werden. Die neueste Evaluierung, die derzeit vorliegt, umfasst den Betriebszeitraum 2011/2012 (FVT, 2013) und nennt für die vier Korridore die in Tabelle 2-16 zusammengestellten durchschnittlichen Zahlen pro Tag für PKW und leichte Nutzfahrzeuge (LNfz).

Korridor	PKW/Tag	LNfz/Tag
Ost	38'000	5'600
West	39'000	3'700
Süd	23'000	2'500
Nord	26'500	3'000

Tabelle 2-16: Verkehrsdaten der vier Korridore im Betriebszeitraum 2011/2012 (FVT, 2013)

2.8.1.3 Beschreibung des UVM-Systems

2.8.1.3.1 Verkehrsmodul

Die aktuellen Verkehrsdaten werden, wie in Abschnitt 2.8.1.2.3 beschrieben, für die vier Teilkorridore über Verkehrsmessstellen erhoben. Für die Berechnung der Immissionsbelastungen werden die Verkehrsdaten für das nächste Schaltintervall prognostiziert. Diese Prognosedaten werden, laut FVT (2013), von der ASFINAG anhand von dynamischen Ganglinien erstellt. Da für die Modellierung zusätzlich die Verkehrsbelastungen auf allen Straßenabschnitten im Berechnungsgebiet benötigt werden, stellt die ASFINAG hierfür die Ergebnisse eines Verkehrsmodells zur Verfügung.

Zu den Verkehrsdaten erläutert IG-L Steiermark (2014): „Da für die installierten Verkehrserfassungssysteme laut ASFINAG von einer sehr geringen Ausfallswahrscheinlichkeit ausgegangen werden kann, wird bei einem Datenausfall auf keine Ersatzzählung zurückgegriffen. Sind die aktuellen Verkehrsdaten älter als drei Stunden, wird ebenfalls der Algorithmus abgebrochen und kein Tempolimit angezeigt. Die Aktualität dieser Ganglinie wird täglich geprüft, ansonsten wird zur Berechnung der Verkehrsprognose auf statische Ganglinien zurückgegriffen.“

2.8.1.3.2 Umweltmodul

Die Funktion des Umweltmoduls der VBA Umwelt Steiermark wird in ASFINAG (2008) wie folgt beschrieben: „Die Schaltungen der VBA basieren einerseits auf den tatsächlichen Werten der Luftgüte-Messstellen in den IG-L-Sanierungsgebieten, andererseits auf den Verkehrsdaten im VBA-Streckennetz sowie speziellen Windmodellen. Ein von ASFINAG und TU Graz konzipierter Schalt-Algorithmus verarbeitet diese Daten. Das Ergebnis ist eine eventuelle Reduktion des Tempolimits auf 100 km/h. Damit ist garantiert, dass es wirklich nur dann zu einer Herabsenkung der erlaubten Geschwindigkeit kommt, wenn auch tatsächlich der Bedarf dafür besteht. Die Aktualisierung erfolgt halbstündlich. Mit der VBA ist aber auch garantiert, dass es nur bei lufthygienisch schlechten Ausbreitungsbedingungen zu einer Herabsenkung der erlaubten Geschwindigkeit kommt.“

2.8.1.3.3 Weitere Module

Weitere Module sind nicht vorhanden.

2.8.1.3.4 Zusammenspiel der Module

Das Zusammenspiel der Module zeigt das Funktionsschema der VBA Umwelt in Abbildung 2-71. Das Rechenmodell wird am Beispiel Tirol in Abbildung 2-72 dargestellt.

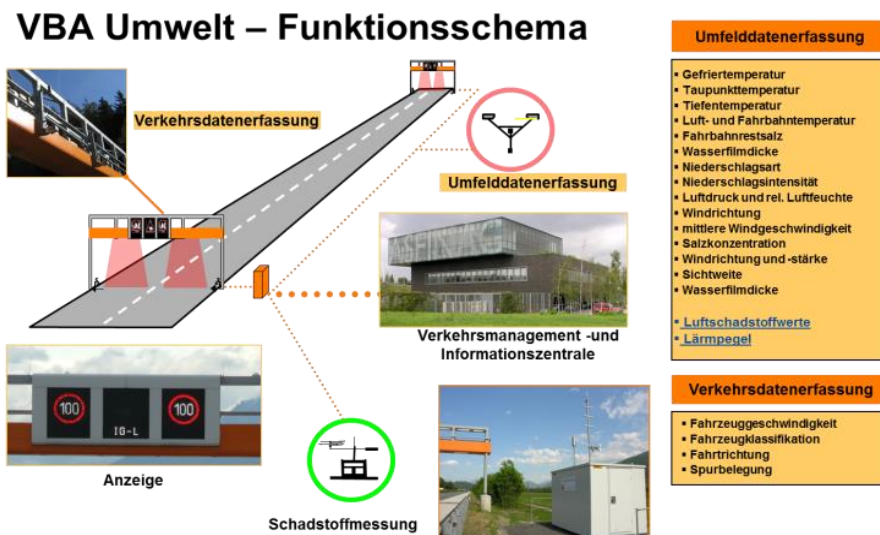


Abbildung 2-71: Funktionsschema VBA Umwelt (Land Tirol, 2008)

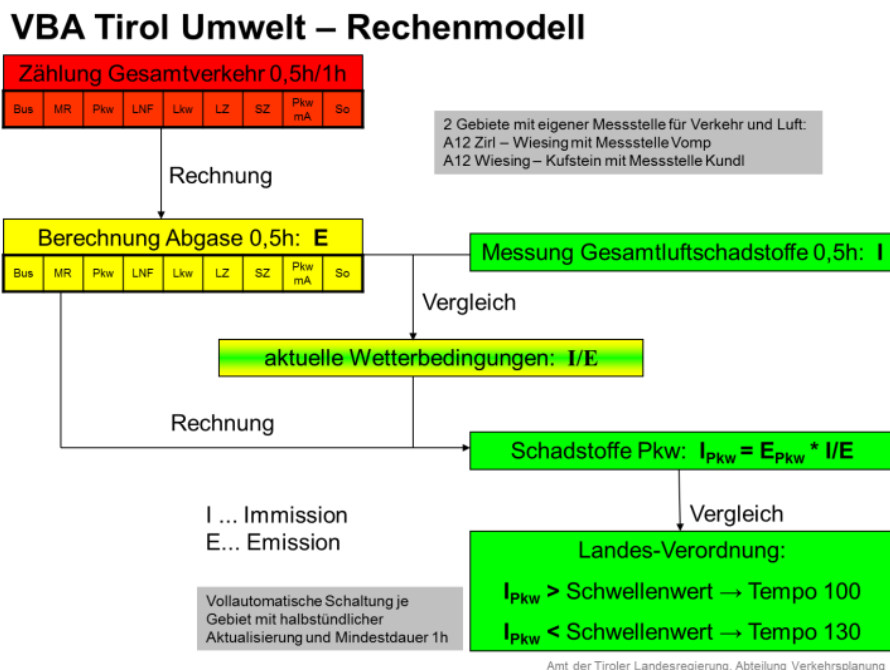


Abbildung 2-72: Rechenmodell VBA Umwelt Tirol (Land Tirol, 2008)

2.8.1.4 Maßnahmenübersicht und Auslösekriterium

Auf Autobahnen in Österreich beträgt die Höchstgeschwindigkeiten, wenn nicht durch Verkehrszeichen anders angezeigt, 130 km/h. Die Maßnahme der VBA Umwelt ist die

Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für einen Korridor auf 100 km/h, wenn

- der prognostizierte gleitende Dreistundenmittelwert für PM₁₀ den Schwellenwert 1 für diesen Korridor erreicht oder überschreitet oder
- der Immissionsbeitrag den Schwellenwert 2 für diesen Korridor erreicht oder überschreitet.

Prognose, Messung und Vergleich mit dem Schwellenwert haben jede halbe Stunde zu erfolgen. Die Schwellenwerte zur Schaltung von Tempo 100 km/h sind in Tabelle 2-17 zusammengestellt. „Der Schwellenwert 1 bezieht sich auf die Vorbelastung mit PM₁₀, er wurde von 40 µg/m³ auf 49 µg/m³ angehoben. Der Schwellenwert 2 begrenzt den Beitrag von Emissionen des PKW-Verkehrs auf die Immissionsbelastung in autobahn-nahen Siedlungsgebieten. Hier erfolgte die Umstellung von PM₁₀ auf NO_x. Der Schwellenwert 3, der eine Schaltung bei niedriger PM₁₀-Grundbelastung verhindert hat, wurde gestrichen.“ (Land Steiermark, 2015). Es wird hier zudem erläutert, dass durch die 2014 geänderte Schaltung zu erwarten sei „dass vor allem im Sommer höhere Schaltzeiten als bisher auftreten werden, da einerseits die Verkehrsbelastung im Sommer auf den Autobahnen höher ist, andererseits die Schaltung von Tempo 100 auch bei niedrigen PM₁₀-Grundbelastungen erfolgt.“

		Schaltung auf Basis	
		PM ₁₀ bis 29.10.2014	PM ₁₀ und NO _x (ab 30.10.2014)
Schwellenwert 1		40 µg/m ³ PM ₁₀	49 µg/m ³ PM ₁₀
Schwellenwert 3		25 µg/m ³ PM ₁₀	-
	Korridor		
Schwellenwert 2	Ost	2,8 µg/m ³ PM ₁₀	57,3 µg/m ³ NO _x
Schwellenwert 2	Süd	2,4 µg/m ³ PM ₁₀	26,7 µg/m ³ NO _x
Schwellenwert 2	West	1,5 µg/m ³ PM ₁₀	45,8 µg/m ³ NO _x
Schwellenwert 2	Nord	1,7 µg/m ³ PM ₁₀	30,6 µg/m ³ NO _x

Tabelle 2-17: Schwellenwerte zur Schaltung von Tempo 100 (Land Steiermark, 2015)

Im Jahr 2014, in dem bis Ende Oktober noch der alte Schaltalgorithmus aktiv war, wurden, nach Land Steiermark (2015), die in Abbildung 2-73 dargestellten Schalhäufigkeiten aufgezeichnet.

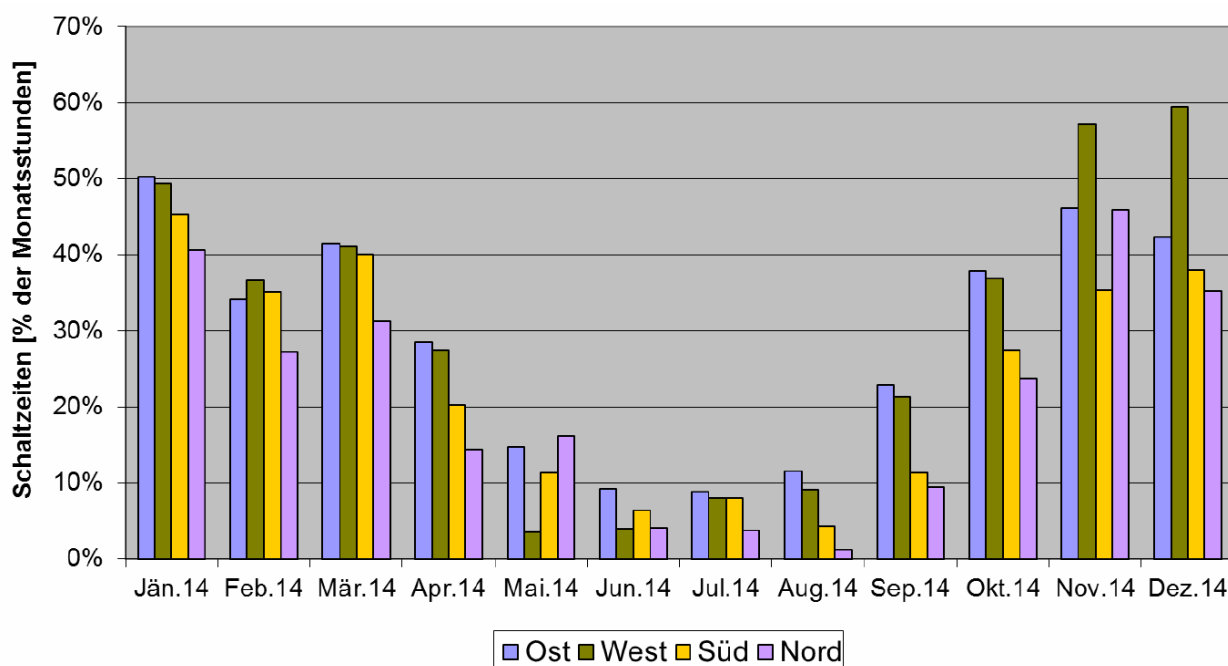


Abbildung 2-73: Schalthäufigkeiten 2014 (Land Steiermark, 2015)

Ziel der Maßnahme ist, nach IG-L Steiermark (2014), „die durch den Verkehr verursachte Immissionsbelastung durch die Luftschadstoffe PM10 (Feinstaub) und NO₂ (Stickstoffdioxid) zu verringern und durch eine Reduktion der Höchstgeschwindigkeit auf Teilabschnitten der A2 Süd-Autobahn sowie der A9 Pyhrn-Autobahn die Luftqualität zu verbessern.“

2.8.1.5 Ablauf der Aktivierung/Deaktivierung der Maßnahme

Die Geschwindigkeitsbeschränkung wird innerhalb eines Korridors aufgehoben, wenn die in Abschnitt 2.8.1.4 genannten Voraussetzungen nicht mehr gegeben sind. Sowohl die Anordnung als auch die Aufhebung der Geschwindigkeitsbeschränkung darf frühestens eine halbe Stunde nach der letzten Schaltung erfolgen.

2.8.2 Tirol

Auf der A12 (Inntalautobahn) wurde von 2008 bis 2014 auf zwei Streckenabschnitten bei Vomp und Kundl eine VBA Umwelt betrieben, auf einem weiteren Abschnitt bei Imst kam sie von 2009 bis 2014 zum Einsatz.

Mit Oekoscience (2012) liegt die letzte veröffentlichte Evaluierung des *flexiblen* Tempolimits auf den drei Strecken der A12 bei Vomp, Kundl und Imst für Mai 2011 bis April 2012 vor. Der Bericht fasst wie folgt zusammen: „Die flexiblen Tempo 100-Schaltungen ... waren während 30 - 40 % der Gesamtzeit in Betrieb. Am häufigsten sind Tempo 100-Schaltungen von Dezember - Februar, tageszeitlich von 7 - 9 und von 17 - 20 Uhr. Die Wochentage mit den meisten Tempo 100-Schaltungen sind Freitag, Samstag und Sonntag. Auf den Autobahnabschnitten konnte der gesamte Stickoxidausstoß seit Inbetriebnahme der Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) um 7 - 12 % und der gesamte

CO₂-Ausstoß um 3 - 6% verringert werden. *Die Forderung gemäß BVO, wonach der lufthygienische Effekt beim NO₂ mindestens so hoch wie derjenige eines permanenten Tempolimits im Winterhalbjahr sein muss, ist für alle drei Strecken erfüllt worden.*“ Des Weiteren wird in dem Bericht festgestellt: „Der Effekt der Tempo 100-Schaltung ist bei den Spitzenbelastungen größer als bei den Jahresmitteln. Die 95%-Perzentile wurden für NO_x und NO₂ deutlich reduziert. Bei kurzfristig hohen Immissionswerten wird von der Steuerung durchwegs Tempo100 geschaltet. Dies ist bedeutsam hinsichtlich des Vermeidens von Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes von NO₂.“

Da trotz dieser Maßnahme bis 2013 weiterhin NO₂-Grenzwertüberschreitungen an den autobahnnahen Messstellen auftraten, wurde auf diesen Abschnitten mit Wirksamkeit ab 20. November 2014 eine *permanente* Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h erlassen (IG-L Tirol, 2014), die bis heute gültig ist.

Eine Evaluierung des *permanenten* Tempolimits auf den drei Strecken der A12 liegt mit Oekoscience (2015) vor: „In diesem Bericht werden die Immissionseffekte des permanenten Tempo100-Limits für das Testjahr vom 20.11.2014 - 31.10.2015 untersucht. Dazu wurden Szenarien postuliert für den Fall, dass immer noch ein flexibles oder gar kein Tempo100-Limit gegolten hätte. In der Testphase vom 20.11.2014 - 31.10.2015 reduzierten sich die NO₂-Immissionen (praktisch die NO₂-Jahresmittel) dank des permanenten Tempo100-Limits auf der A12 um 3 - 6 µg/m³ je nach Strecke verglichen mit einem Tempo130/110-Limit, also ein doch deutlicher Effekt. Gegenüber dem flexiblen Tempo100-Limit ergab sich eine zusätzliche NO₂-Reduktion von 1 - 3.5 µg/m³. Bei Vomp und Kundl war die Geschwindigkeit des Leichtverkehrs beim permanenten Tempo100-Limit etwas geringer als bei Tempo100 während der flexiblen Schaltung im Vorjahr. Somit gibt es bei Vomp und Kundl einen zusätzlichen Effekt des permanenten Tempo100: Einerseits gilt Tempo100 nun eben immer und nicht nur temporär, andererseits ist die Geschwindigkeit bei Tempo100 an sich gesunken. Beides wirkt immissionsmindernd. Bei Imst gibt es nur den Effekt der Permanenz von Tempo100.“

Im Luftgütebericht 2015 legt das zuständige Amt der Tiroler Landesregierung „den Schluss nahe, dass die getroffene Maßnahme (Dauerbeschränkung auf 100 km/h für PKW auf Teilen der A12 Inntalautobahn) eine wirksame NO₂-Minderungsmaßnahme darstellt“ (Land Tirol, 2016).

2.9 Weitere Gebiete

2.9.1 Hagen

2.9.1.1 Gebietsbeschreibung

Hagen ist eine kreisfreie Großstadt in Westfalen (NRW) mit ca. 190'000 Einwohnern. Mit sechs Anschlüssen ist Hagen umfangreich an das Autobahnnetz angebunden (A1, A45, A46). Autobahnzubringer und die B7 und B54 führen auf das Ringsystem der Innenstadt, auf dem sich Verkehr, Bebauung und ungünstige Wettersituationen konzentrieren.

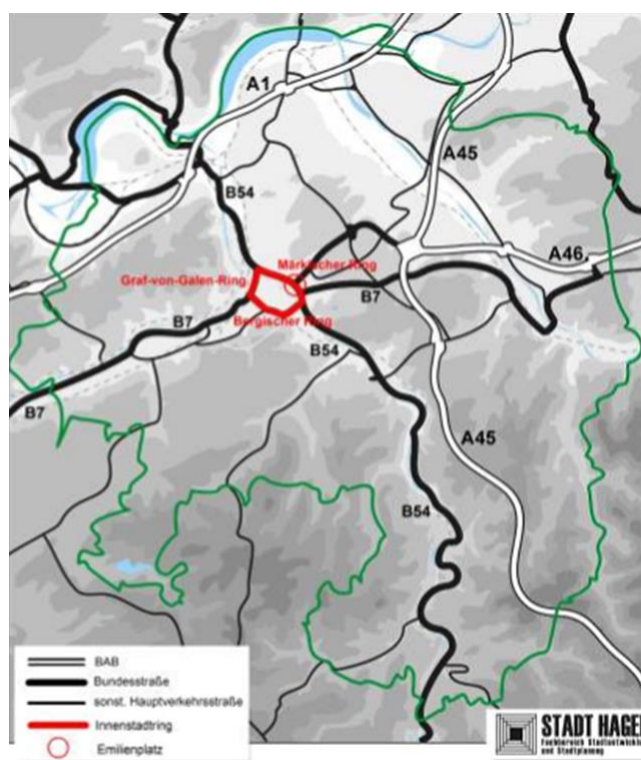


Abbildung 2-74: Einbindung der Stadt Hagen in das regionale und das überregionale Straßennetz

Über den Knoten "Emilienplatz" im Hagerer Zentrum werden täglich etwa 60.000 Kraftfahrzeuge auf das Ringsystem verteilt. Durchgangsverkehr sowie der starke Ziel- und Quellverkehr der Innenstadt führen auf einigen Straßenabschnitten des Innenstadtringes zu kritischen Schadstoffbelastungen. LKW-Durchgangsverkehr auf den Tangenten B54 und häufig ausgelöste Autobahnbedarfsumleitungen entlang der B7 wirken sich zudem negativ auf die lufthygienische Belastungssituation in der Hagerer Innenstadt aus. Die in der Innenstadt vorherrschende dichte Bebauungsstruktur hat häufig ungünstige Austauschbedingungen und Überschreitungen der Grenzwerte der 22. Bundesimmissionschutzverordnung zur Folge. Hagen entschied, dass durch geeignete Maßnahmen die Immissionsituation verbessert werden musste.

2.9.1.2 Beschreibung der Hotspots

Bereits 1999 wurden von der Stadt Hagen im Rahmen von Screening-Berechnungen alle gefährdeten Straßenabschnitte im Stadtgebiet überprüft. Hierbei wurden mehrere Straßenabschnitte mit kritischen Immissionswerten sondiert. Besonders hohe Immissionswerte wurden aufgrund der hohen Verkehrsbelastung und der extrem engen Bebauung für einen Teilabschnitt des Märkischen Ring ermittelt. Hauptverursacher für die hohen Schadstoffkonzentrationen in Hagen ist der Straßenverkehr, insbesondere der LKW-Verkehr.

Immissionsmessungen

Immissionsmessungen finden an 3 verkehrsbezogenen Messorten sowie einer Hintergrundmessstelle statt: verkehrsnahen Messstellen: Bergischer Ring (BR), Märkischer Ring (MR) und Graf-von-Galen-Ring (GVG), Hintergrundmessstelle: Ferdinand-DavidPark (FDP). Die Aufstellungsorte sind in der folgenden Abbildung eingetragen.



Abbildung 2-75: Aufstellungsorte der Messcontainer

Die häufigsten Überschreitungen wurden in der Zeit von 08:00 bis 11:00 Uhr sowie zwischen 17:00 und 20:00 Uhr verzeichnet. Nach 20:00 Uhr treten hohe NO_2 -Messwerte von mehr als $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nur in den Sommermonaten (April bis September) auf. Dies ist auf zusätzlich wirkende photochemische Prozesse zurückzuführen. Insgesamt lagen 689 NO_2 -Halbstundenmittelwerte über dem Wert von $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

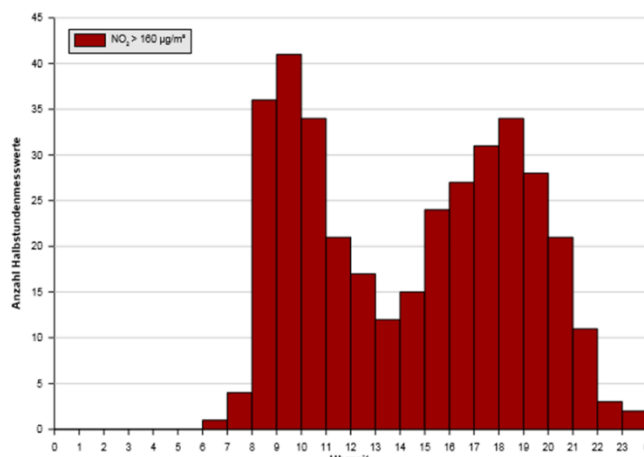


Abbildung 2-76: Häufigkeit des Auftretens von NO₂-Konzentrationen >160 µg/m³ im Tagesverlauf (Zeitraum: 01.09.2006 – 31.08.2007)

Meteorologische Daten

Wesentliche Einflussgröße für ermittelte Immissionskonzentrationen für Feinstaub und NO₂ ist das aktuelle Wetter. Die Geländetopographie und die innerstädtische Bebauung modifizieren und überprägen die übergeordneten meteorologischen Verhältnisse (Windrichtung, Windgeschwindigkeit und thermische Stabilität). Im Bereich der Hagener Innenstadt herrschen aufgrund der Tallage und der verdichteten Bebauungsstrukturen insgesamt sehr ungünstige Austauschbedingungen. Besonders im kritischen Abschnitt des Märkischen Rings - können sich die hier emittierten Schadstoffe stark anreichern. Es wurden daher die Wetterdaten von drei Messstationen im Bereich des Innenstadtrings analysiert.

Tabelle 2-18 enthält eine Aufstellung der Messgrößen, die an den einzelnen Stationen erfasst wurden.

Tabelle 2-18: Messgrößen der meteorologischen Stationen

Standort	WR	WS	RF	TT	P0	TKE	RR	SD	SR
Märkischer Ring	X	X	—	X	—	X	—	—	—
Finanzamt	X	X	X	X	X	—	—	—	—
Sternwarte	X	X	X	X	X	—	X	X	X

WR – Windrichtung in Grad, WS – Windgeschwindigkeit in m/s, RF – relative Luftfeuchte in %, TT – Lufttemperatur in °C, P0 – Luftdruck in mbar, TKE – turbulente kinetische Energie in m²/s², RR – Niederschlagsmenge in mm, SD – Sonnenscheindauer in Minuten, SR – Globalstrahlung

An Tagen mit Inversion liegen die mittleren NO₂-Werte tagsüber etwa 20 bis 30 µg/m³ über den mittleren Werten an Tagen ohne Inversion. Auch nachts werden unter Inversionsbedingungen deutliche höhere Schadstoffkonzentrationen erreicht.

Verkehrsmessdaten

Im kritischen Bereich des Märkischen Rings liegt eine automatische Verkehrszählstelle, die von der Stadt Hagen kontinuierlich betrieben wird. Bei den Verkehrszählungen wurden die Fahrzeugbewegungen in einer zeitlichen Auflösung von einer Minute fahrspur-

fein erfasst. Hierbei wird zwischen Pkw, Lkw und Lastzügen unterschieden. Neben den Verkehrsmengen wurden auch die Fahrzeuggeschwindigkeiten aufgezeichnet.

Aufbauend auf den vorgenommenen Analysen und Auswertungen konnten als wesentliche Einflussgrößen, die in ihrem Zusammenspiel zu hohen NO₂-Immissionen am Märkischen Ring führen

- Emissionen des Straßenverkehrs,
 - Windverhältnisse (Windrichtung und Windgeschwindigkeit) im Überdachniveau und
 - Strahlungsintensität.
- ausgemacht werden.

2.9.1.3 Beschreibung des UVM-Systems

Um eine Überschreitung der NO₂-Immissionsgrenzwerte am Märkischen Ring zu verringern, wurde im Rahmen der Umsetzung des Luftreinhalteplans mit Unterstützung des Landes Nordrhein-Westfalen (LANUV) ein Prototyp zur dynamischen immissionsabhängigen Verkehrssteuerung von den Firmen ARTEc und simuPlan 2002 mit der Bezeichnung „simDRIVE“ entwickelt. Bei der Maßnahme handelt es sich um eine dynamische Sperrung des Märkischen Ring für den Lkw-Durchgangsverkehr, mit der primär die NO₂ Spitzenbelastung gesenkt werden sollte. Die Grenzwertüberschreitung bei Feinstaub am Graf von Galen Ring (GvG) sollte mithilfe einer statischen Lkw-Sperrung vermieden werden.

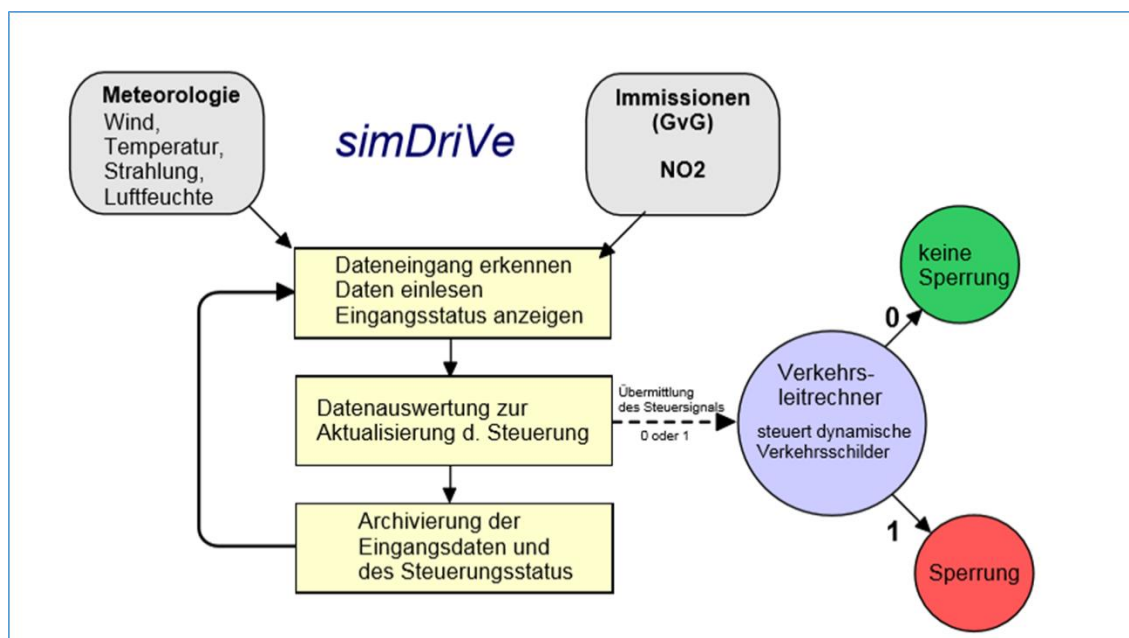


Abbildung 2-77: Aufbau des Programms zur dynamischen Verkehrslenkung

Im Rahmen einer möglichst effizienten Steuerung wurde festgelegt, dass potenzielle Sperrungen in den Monaten Oktober bis März nur werktags zwischen 06:00 und 20:00 Uhr und in den Monaten April bis September nur werktags zwischen 06:00 und 22:00 Uhr ausgelöst werden sollten. An Wochenenden und Feiertagen wurde die Sperrung deaktiviert.

Sowohl in der Entwicklungs- als auch in der Erprobungsphase wurden umfassende zeitaufgelöste Messungen der relevanten Schadstoffkonzentrationen (NO_x, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}), des Verkehrsaufkommens (PKW, LKW) sowie der wesentlichen meteorologischen Größen (Windrichtung und Windgeschwindigkeit, vertikale Temperaturschichtung, Globalstrahlung) über ein gesamtes Kalenderjahr durchgeführt.

Im Hinblick auf mögliche Effekte durch Verkehrsverlagerungen während der Sperrzeiten wurden weiterhin Messdaten vom Graf-von-Galen Ring und vom Bergischen Ring erhoben. Durch Kurzzeiterhebungen des Verkehrsaufkommens auf möglichen Ausweichstrecken während der LKW-Sperrungen am Märkischen Ring wurden Daten zur Ermittlung der lufthygienischen Auswirkungen von Verkehrsverlagerungen gewonnen.

Der Projektablauf wurde als Abfolge mehrerer Perioden konzipiert, in denen sich Phasen ohne Verkehrsbeeinflussung („Nullphasen“) mit Phasen, in denen ein Steuerungsmodell zur Anwendung kam, abwechselten.

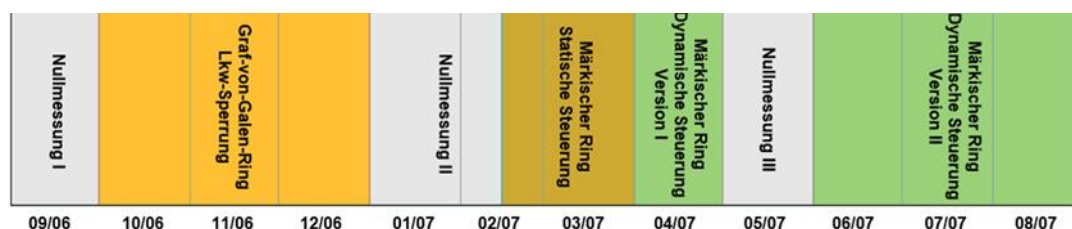


Abbildung 2-78: Zeitliche Phasen des Einsatzes des UVM

Auf der Grundlage der Messergebnisse aus den Nullphasen wurden die Steuerungsparameter und -bedingungen abgeleitet und der mögliche Effekt des entwickelten Algorithmus unter Anwendung von standardisierten Emissions-Berechnungsverfahren simulativ ermittelt. Die Steuerungsphasen dienen jeweils der Prüfung und ggf. weiteren Optimierung des Steuerungsverfahrens in der Praxis.

Eine verbesserte zweite Version von simDRIVE wurde zwischen 01.06.-31.08.2007 installiert und in Betrieb genommen. Mit dieser Version erfolgte von Ende Juni bis zum Ende der Immissionsmessungen Ende August 2007 die dynamische Steuerung der Schilder zur Regelung der Lkw-Durchfahrt im Bereich des Märkischen Rings.

2.9.1.4 Maßnahmensituation und Auslösekriterium

Das von der Projektgruppe zur Aufstellung des Luftreinhalte- und Aktionsplans Hagen Innenstadt festgelegte Maßnahmenkonzept sieht vor, dass durch das Steuerungsprogramm der Märkische Ring zeitlich befristet für den Schwerlastverkehr gesperrt wird, wenn in Abhängigkeit vom Verkehrsaufkommen und den meteorologischen Austauschbedingungen kritische NO₂-Immissionswerte prognostiziert werden. Während dieser Sperrzeiten wird der Schwerlastverkehr durch dynamische und statische Beschilderungen auf zuvor festgelegte Alternativstrecken geführt, um die Erreichbarkeit der gewünschten Ziele zu gewährleisten.

Als meteorologische Steuerparameter wurden die Windrichtung und Windgeschwindigkeit der Station Finanzamt sowie die Strahlung an der Station Eugen-Richter Turm in den Steuerungsalgorithmus integriert.

Tabelle 2-19 stellt die Steuerungsbedingungen zur zeitlich befristeten Sperrung des Märkischen Rings für den Schwerlastverkehr dar. Zur Auslösung der Sperrung reicht es aus, dass eine der in der Tabelle aufgeführten Bedingungen erfüllt ist.

Tabelle 2-19: Kriterien zur Aktivierung des Lkw-Durchfahrverbotes

Bedingungsnummer	Windrichtung (° gegen Nord)	Windgeschwindigkeit (m/s)	Globalstrahlung (W/m ²)	NO ₂ -Immissionen GvG (µg/m ³)
1	0 bis 65	< 4,0		
2	90 bis 170	< 1,5		
3	300 bis 360	< 3,0		
4	0 bis 170 oder 300 bis 360	< 3,5	> 400	
5				> 180

Eine zusätzliche Berücksichtigung der atmosphärischen Schichtung mittels der Temperaturdifferenz zwischen Eugen-Richter Turm und Finanzamt führte zu keiner weiteren Verbesserung des Steuerungsalgorithmus, da das Auftreten von Inversionen in der Regel mit niedrigen Windgeschwindigkeiten verbunden ist.

Neben Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung lösen sehr hohe NO₂-Immissionen der LANUV Messstation am Graf von Galen Ring eine Sperrung am Märkischen Ring aus. Immissionswerte der Station am Märkischen Ring fließen nicht in den Steuerungsalgorithmus ein.

2.9.1.5 Ablauf der Aktivierung

Wird während der potenziellen Steuerungszeiten eines der in Tabelle 2-19 genannten Sperrkriterien erkannt, so wird zunächst eine mindestens dreistündige Sperrung ausgelöst. Innerhalb der dreistündigen Sperrung werden weiterhin halbstündlich Messdaten ausgewertet. Erfolgt in dieser Zeit keine Verbesserung der Austauschbedingungen (d.h. mindestens eins der Sperrkriterien wird weiterhin erfüllt), wird die Sperrzeit automatisch um 1,5 Stunden vom Zeitpunkt der Überschreitung des Sperrkriteriums verlängert.



Abbildung 2-79: Eingeschaltetes Lkw-Durchfahrtsverbot (das allerdings nicht beachtet wird)

Eine neue Sperrung muss mindestens zwei Stunden vor Ende des potenziellen Sperrzeitraums ausgelöst werden. Wird also im Winter um 19:30 Uhr ein Sperrkriterium erfüllt, bleibt der Märkische Ring für den Schwerlastverkehr geöffnet. Eine neue Sperrung kann demnach nur bis 18:00 Uhr (im Sommer bis 20:00 Uhr) erfolgen.

2.9.1.6 Wirksamkeit des UVM (Simulation)

Die Beurteilung der Wirksamkeit der immissionsabhängigen dynamischen Verkehrssteuerung erfolgte durch einen Vergleich mit drei anderen Steuerungskonzepten, von denen die statische Steuerung I im Zeitraum vom 15.02.2007 bis 30.04.2007 am Märkischen Ring auch praktische Anwendung fand.

Folgende Steuerungskonzepte wurden neben der immissionsabhängigen dynamischen Verkehrssteuerung untersucht: Statische Steuerung I: Eine Sperrung des Märkischen Rings für SNfz wird werktags jeden Morgen in der Zeit von 06:00 Uhr bis 10:00 Uhr ausgelöst. An Wochenenden und Feiertagen wird nicht gesteuert. Statische Steuerung II: Eine Sperrung des Märkischen Rings für den Schwerlastverkehr wird werktags jeden Morgen in der Zeit von 06:00 Uhr bis 10:00 Uhr sowie nachmittags zwischen 15:00 Uhr bis 19:00 Uhr ausgelöst. An Wochenenden und Feiertagen wird nicht gesteuert. Komplettsperre: Der Märkische Ring wird komplett (also auch an Wochenenden und Feiertagen sowie nachts) für Schwerlastverkehre gesperrt.

Für den Zeitraum vom 01.09.2006 bis 14.02.2007 und 01.05.2007 bis 31.05.2007 wurden rückwirkend die unterschiedlichen Steuerungskonzepte simuliert. Tabelle 2-20 listet unterschiedliche, zur Beurteilung der Wirksamkeit der unterschiedlichen Steuerungskonzepte relevante Kenngrößen auf.

Tabelle 2-20: Kenngrößen der unterschiedlichen Sperrkonzepte (Untersuchungsraum: 01.09.2006 bis 14.02.2007 und 01.05.2007 bis 31.05.2007)

Bewertungsgröße	Dynamische Steuerung	Statische Steuerung I (6-10 Uhr)	Statische Steuerung II (6-10 u 15-19 Uhr)	Komplett-sperrung
Sperrdauer gesamt (h)	498	532	1064	4.752
Anteil v. Sperrungen am Gesamtzeitraum (%)	10,5	11,2	22,4	100,0
Anzahl der Sperrungen	82	134	268	1
Tage mit Sperrungen	63	134	134	198
Mittlere Sperrdauer (h)	6	4	4	4.752
Anteil erkannter NO ₂ -Werte > 200 µg/m ³ (%)	94	35	76	100
Anteil erkannter NO ₂ -Werte > 180 µg/m ³ (%)	88	36	70	100
Anteil erkannter NO ₂ -Werte > 160 µg/m ³ (%)	85	35	65	100
NO ₂ -Mittelwert während Sperrung (µg/m ³)	136	95	95	68
PM ₁₀ -Mittelwert während Sperrung (µg/m ³)	72	47	46	33

Ein Vergleich der immissionsabhängigen dynamischen Verkehrssteuerung mit den statischen Steuerungen I und II zeigte, dass

- die Gesamtperrdauer der dynamischen Steuerung und der statischen Steuerung I während des Untersuchungszeitraumes in etwa gleich lang ist,
- die Anzahl der Sperrungen sowie die Anzahl der Tage mit Sperrungen bei der dynamischen Steuerung am geringsten sind,
- dementsprechend die mittlere Sperrdauer bei der dynamischen Steuerung länger ist als bei der statischen Steuerung I und II,

und somit der dynamischen Steuerung ein hohes Wirkungspotential zuzuschreiben ist.

2.9.1.7 Wirksamkeit des UVM (Realer Betrieb)

Im Realbetrieb hängt die immissionsmindernde Wirkung von LKW-Sperrungen vom Anteil Durchgangsverkehr und von der Befolgsrate durch die LKW-Fahrer ab. Zur Ermittlung der Befolgsrate wurde der mittlere LKW-Werktagesgang der Nullphasen als Referenztagesgang herangezogen und mit den mittleren Tagesgängen der unterschiedlichen Steuerphasen, in denen der Märkische Ring gesperrt war verglichen. Der Vergleich zeigte, dass das Durchfahrverbot bei weitem nicht von allen LKW-Fahrern beachtet worden war.

Während der zweiten Phase der immissionsabhängigen dynamischen Verkehrssteuerung verstärkte die Hagener Polizei ihre Kontrollen im Bereich des Märkischen Rings. So wurden in der Zeit vom 01.06.2007 bis 31.08.2007 laut Polizeipräsidium 49 Kontrollaktionen durchgeführt bei denen insgesamt 521 Fahrzeuge überprüft wurden. 499 LKW-Fahrern wurde eine Verwarnung erteilt, 7 Fahrer erhielten eine Ordnungswidrigkeits-Anzeige. Der personelle Aufwand für die durchgeführten Kontrollaktionen war allerdings erheblich.

Eine Auswirkung der durchgeführten Sperrungen auf die Immissionskonzentrationen ist anhand der gemessenen Werte schwierig zu belegen, da sich die Vorher- und die Nachher-Situationen voneinander unterscheiden.

So wurden z. T. höhere Immissionen während der Sperrphase als in den Nullphasen ermittelt. Für den NO₂-Mittelwert wurde für die beiden Phasen der immissionsabhängigen dynamischen Verkehrssteuerung eine Minderung um ca. 2,5 µg/m³ ermittelt. Für den PM10-Mittelwert beträgt die Reduktion 0,3 µg/m³ bis 0,6 µg/m³. Die besten Effekte wurden bei der Verringerung der NO₂-Stundenwerte > 200 µg/m³ erreicht. Die Anzahl der Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ konnte während der ersten Phase der immissionsabhängigen dynamischen Verkehrssteuerung jeweils um einen Tag reduziert werden.

Die Durchfahrtsverbote für den Schwerlastverkehr führten zu Verlagerungen des LKW-Verkehrs mit einer Verschlechterung der Immissionssituation auf den Alternativrouten. Aufgrund der verkehrlichen Wechselwirkungen und der ungünstigen lufthygienischen Belastungssituation auf dem gesamten Innenstadtring sind dabei zeitlich befristete Sperrmaßnahmen bezüglich ihrer lufthygienischen Wirkungsbilanz günstiger einzustufen als Dauersperrungen.

Für die zukünftige Luftreinhalteplanung in Hagen haben sich aus dem Forschungsprojekt folgende Erkenntnisse ergeben:

- Die Einhaltung der Grenzwerte am Märkischen Ring kann durch dynamische, zeitlich befristete LKW-Sperrungen alleine nicht erreicht werden.
- Aufgrund der besonderen Belastungssituation in der Hagener Innenstadt sind lokale verkehrliche Einzelmaßnahmen (Aktionsplan Graf-von-Galen-Ring, dynamische Verkehrslenkung am Märkischen Ring) wegen der negativen lufthygienischen Effekte, die aus Verkehrsverlagerungen resultieren, nur bedingt zielführend.

2.9.1.8 Ausblick

Die Stadt Hagen verfolgt auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen nach Abschaltung der dynamischen Steuerung ein Konzept für eine großräumige Lenkung des Schwerlastverkehrs. Ziel hierbei ist es, LKW-Verkehre großräumig um die Hagener Innenstadt herumzuleiten. Dazu soll eine Beschilderung bereits an den Autobahnausfahrten erfolgen. Die immissionsabhängige dynamische Verkehrssteuerung soll dann als zusätzliches Lenkungsinstrument in das großräumige Routenkonzept integriert werden.

2.9.1.9 Investitionskosten

Die Investitionskosten des UVM Hagen werden wie folgt angegeben:

Tabelle 2-21: Investitionskosten des UVM Hagen

Ableitung des Steuerungsalgorithmus	
<i>Leistungspunkt</i>	<i>Netto-Kosten (ca.)</i>
NO ₂ -Messung am Hot Spot (1 Jahr)	30.000 – 35.000 Euro
Meteorologiemessung (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Strahlung)	8.000 – 15.000 Euro
Datenauswertung / Entwicklung des Steuerungsalgorithmus	15.000 – 20.000 Euro
Bestimmung des Immissionsminderungspotenzials	
<i>Leistungspunkt</i>	<i>Netto-Kosten (ca.)</i>
NO ₂ -Messung städtischer Hintergrund (1 Jahr)	30.000 – 35.000 Euro
Automatische Verkehrszählung	40.000 – 50.000 Euro
Datenauswertung / Probebetrieb	10.000 – 15.000 Euro
Dauerbetrieb der dynamischen Verkehrslenkung	
<i>Leistungspunkt</i>	<i>Netto-Kosten (ca.)</i>
Softwareanpassung zur dynamischen Verkehrslenkung / Ausbau des lokalen Verkehrsleitrechners	300.000 Euro
Dynamische Beschilderung	250.000 Euro

2.9.2 Köln

2.9.2.1 Gebietsbeschreibung

Die Stadt Köln plant den Einsatz einer umweltsensitiven Verkehrssteuerung im Bereich des Hotspots Clevischer Ring (Abbildung 2-80). Die Lage des Messcontainers ist in Abbildung 2-81 dargestellt. Die Verursacheranalyse aus der Luftreinhalteplanung ist in Abbildung 2-83 angegeben.

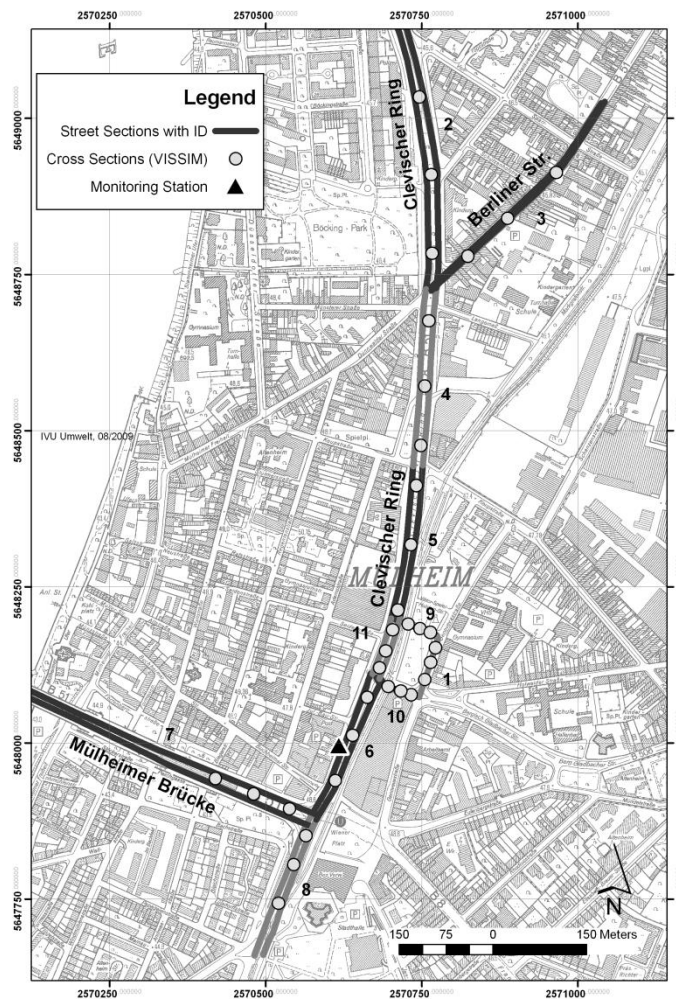


Abbildung 2-80: Plan der Umgebung der Messstation Clevischer Ring (Neunhäuserer & Diegmann, 2010)

2.9.2.2 Beschreibung der Hotspots



Abbildung 2-81: Foto der Messstation Clevischer Ring in Köln (LANUV-Kürzel VKCL; <https://www.lanuv.nrw.de/uploads/pics/bild-vkcl.jpg>, 5.10.2016)

2.9.2.3 Luftschadstoffsituation

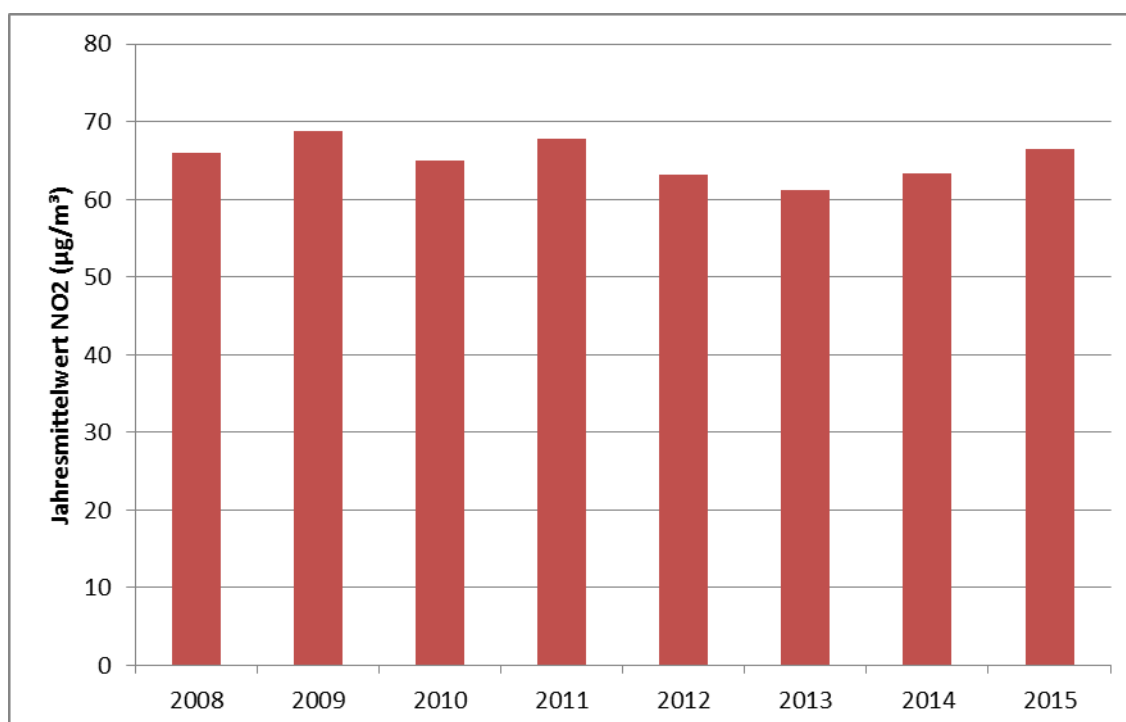


Abbildung 2-82: Zeitreihe der gemessenen NO₂-Jahresmittelwerte an der Station Clevischer Ring in Köln (Daten LANUV http://opendata.lanuv.nrw.de/abt4/OpenKontiLUQS_VKCL_alt.csv; 5.10.2016, Grafik IVU)

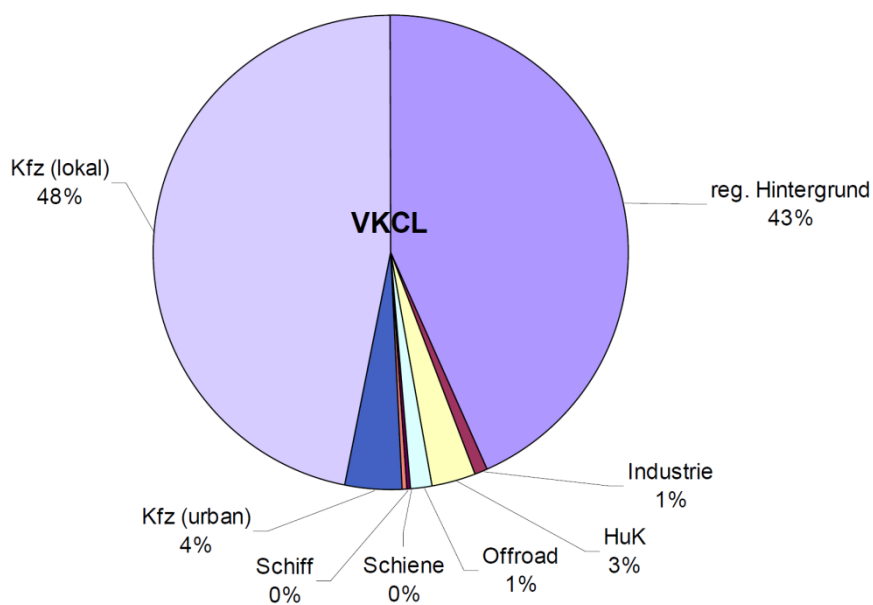


Abbildung 2-83: Verursacheranalyse für die NO_x-Belastung am Clevischer Ring in 2008 (BezReg Köln, 2012)

2.9.2.4 Beschreibung des UVM-Systems

Verkehrsmanagement der Stadt Köln mit SCALA und Detektion im Hotspot.

IMMIS^{mt} gemäß Kapitel 2.1.3.2.

3 Verfügbare Daten für die Untersuchungsgebiete

3.1 Braunschweig

Folgende Daten sind aus den verschiedenen Forschungsprojekten und aus dem Betrieb des UVM im Auftrag der Stadt Braunschweig für die Projektbearbeitung gegeben:

- Seit 2009 Betriebserfahrungen und Archiv-Daten aus Monitoring mit IMMIS^{mt}
- Seit Januar 2010 stündliche Verkehrsdaten (Verkehrsstärken, mit Einschränkungen auch SV-Anteile, Geschwindigkeiten und LOS-Werte) an Straßenquerschnitten aus der Detektion des Verkehrsmanagements Braunschweig. (Aktuell ca. 85 Messquerschnitte im UVM aktiv.)
- Seit Mitte 2014 flächendeckende, stündliche Verkehrsdaten für das Braunschweiger Hauptverkehrs- und Nebenstraßennetz (2.122 Streckenabschnitte) aus dem Verkehrsmonitoringsystem ViBS^{mt}:
 - Verkehrsstärke getrennt nach den Fahrzeugtypen Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (bis 3,5t zul. Gesamtgewicht), schwere Nutzfahrzeuge (ab 3,5t zul. Gesamtgewicht, einschließlich Sattelzüge, Reisebusse, sonstige Zugmaschinen usw.) und Linienbusse (gemäß Fahrplan) sowie Gesamt-Kfz
 - Verteilung der LOS-Stufen gemäß HBEFA
- Seit Frühjahr 2015 flächendeckende, stündliche Verkehrsdaten für das Braunschweiger Hauptverkehrs- und Nebenstraßennetz als Ergebnisse von Kurz- (bis zu 3 Stunden) und Mittelfristprognose (bis zu 3 Tage) des ViBS^{mt}-Prognosemoduls:
 - Verkehrsstärke getrennt nach den Fahrzeugtypen Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (bis 3,5t zul. Gesamtgewicht), schwere Nutzfahrzeuge (ab 3,5t zul. Gesamtgewicht, einschließlich Sattelzüge, Reisebusse, sonstige Zugmaschinen usw.) und Linienbusse (gemäß Fahrplan) sowie Gesamt-Kfz
 - Verteilung der LOS-Stufen gemäß HBEFA
- Seit 2015 Prognosedaten zur Luftbelastung und Meteorologie aus der
 - Langfristprognose aus EURAD und der
 - Kurzfristprognose seit 2015.
- Maßnahmenschaltungen in 2009 und in 2016
- System zur Zeit laufend
- Kontrollsystem IMMIS^{mt} mit Archiv bei IVU seit 2009
- Evaluationen in UVM 1 in 2010, UVM 2 in 2012 und zum Betrieb für 2015 und für 2016 (geplant)

3.2 Potsdam

Folgende Daten sind für die Projektbearbeitung gegeben:

- Seit 2012: Betrieb des UVM durch VSMZ der Stadt
- Kontrollsystem Monitoring IMMIS^{mt} mit Archiv bei IVU seit 2012
- Seit 2012: Meteorologie METAR Tegel/Schönefeld plus Daten aus Landesmessnetz halbstündlich
- Seit 2012: Immissionsmessdaten aus Landesmessnetz, halbstündlich
- Seit 2012: Verkehrsdaten und Verkehrszustand aus TEU Detektion (Verkehrsstärke Kfz und Lkw sowie lokale Geschwindigkeit in 5 Minutenintervallen)
- Evaluation in 2014 und 2015
- Zugang zu Verkehrsdaten durch VMZ aus Archiv der VSMZ
- System laufend
- Schaltzeiten für die Maßnahmenauslösung und -aufhebung

3.3 Berlin Invalidenstraße

Folgende Daten sind für die Projektbearbeitung gegeben:

- Seit 2011: Betrieb des Verkehrs- und Umweltmonitoringsystems flächendeckend im Rahmen des Betriebs der Verkehrs- und Informationszentrale, inkl. Meteorologische Messdaten sowie Immissionsmessdaten (BLUME-Messnetz)
- Seit Oktober 2015: Messung Luftschadstoffe durch Passivsammler im Hotspot
- Seit Oktober 2015: Verkehr im Hotspot durch TEU-Detektion (Verkehrsstärke Kfz und Lkw sowie lokale Geschwindigkeit in 5 Minutenintervallen)
- Seit Oktober 2015: Verkehr im Umfeld des Hotspots aus Detektion und iQ traffic
- Verkehrszustand aus iQ traffic (Detektion bzw. Verkehrslagesystem netzweit)
- System laufend
- Schaltzeiten für die Maßnahmenauslösung und -aufhebung
- Seit 2007 Kontrollsystem IMMIS^{mt} mit Archiv bei IVU

3.4 Lutherstadt Wittenberg

Folgende Daten sind für die Projektbearbeitung gegeben:

- Seit 2006: Meteorologische Messdaten (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Temperaturprofil, Globalstrahlung, Luftdruck, Niederschlagsmenge) aus Landesüberwachungssystem (LÜSA)
- Seit 2006: meteorologische Vorhersagedaten (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Niederschlagsmenge, Inversion, Bewölkung) des DWD
- Seit 2006: Immissionsmessdaten (Hintergrundbelastungen und Verkehrsstation) aus LÜSA,
- Für 2006: PM10-Vorhersagedaten aus dem Prognosesystem EURAD

- Seit 2012: Detektordaten (Verkehrsstärke, Belegungsgrad, teilweise Geschwindigkeit) in 5 min-Intervallen für das gesamte Verkehrsnetz Sachsen-Anhalt
- Seit 2012: Verkehrslage (Verkehrsstärke, Geschwindigkeit, Verkehrsqualität) in 5-min-Intervallen für das gesamte Verkehrsnetz Sachsen-Anhalt
- Für 2015: Schwerverkehrsanteile für das gesamte Hauptstraßennetz in 60-min-Intervallen für 4 Tageskategorien
- Emissions- und Immissions-Berechnungsmodell für Hauptstraßennetz (PROKAS^{online}).
- Statistisches Vorhersagemodell für PM10-Tageswerte (ProFet) für Messstelle Dessauer Straße
- „Schaltzeiten“ für die LKW-Umleitung.
- Umfangreiche Validierungsanalysen für mehrere Jahre zwischen meteorologischen Prognose (Vorhersagedaten) und Messdaten sowie PM10-Vorhersagen und Messdaten.

3.5 Erfurt

Folgende Daten sind für die Projektbearbeitung gegeben:

- Seit 2013: Meteorologische Messdaten (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Temperatur) aus kommunalen meteorologischen Messstationen
- Seit 2010: Immissionsmessdaten (Hintergrundbelastung und verkehrliche Hotspots) aus dem Landesüberwachungssystem der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
- Seit 2013: Detektordaten (Verkehrsstärke, Belegungsgrad, teilweise Geschwindigkeit) in 5-min-Intervallen von ca. 1200 Detektoren
- Seit 2013: Verkehrslage (Verkehrsstärke, Geschwindigkeit, Verkehrsqualität) in 5-min-Intervallen für das gesamte Verkehrsnetz im Stadtgebiet
- Für 2015: Schwerverkehrsanteile für das gesamte Hauptstraßennetz in 60-min-Intervallen für 4 Tageskategorien
- Seit 2015: Ermittelte Situationen und aktivierte Maßnahmen der strategischen Verkehrssteuerung (u. a. Zuflussdosierung, Infotafeltexte) in 5-min-Intervallen
- Emissions- und Immissions-Berechnungsmodell für Hauptstraßennetz (PROKAS^{online})

3.6 Rostock

Folgende Daten sind für die Projektbearbeitung gegeben:

Aus „Konzeptstudie“ für den Zeitraum 2010 bis 2012:

- Meteorologische Messdaten (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Temperaturprofil, Globalstrahlung, Luftdruck, Niederschlagsmenge) aus Luftmessnetz des LUNG,
- Immissionsmessdaten (Hintergrundbelastungen und Verkehrsstation) aus Luftmessnetz des LUNG,
- Verkehrsdaten (DTV, LKW) für L22 (Am Strande und Grubenstraße)
- Emissions- und Immissions-Berechnungsmodell für Hauptstraßennetz (PROKAS^{online}).
- Detailliertes Emissions- und Immissions-Berechnungsmodell für Hotspot Am Strande (PROKAS^{online} mit Ausbreitungsmodell MISKAM).

Nach Aufnahme des operationellen Betriebs (ca. Anfang 2017) werden verfügbar sein:

- Meteorologische Messdaten (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Temperaturprofil, Globalstrahlung, Luftdruck, Niederschlagsmenge) aus Luftmessnetz des LUNG,
- Immissionsmessdaten (Hintergrundbelastungen und Verkehrsstation) aus Luftmessnetz des LUNG,
- Verkehrsdaten (DTV, LKW, Reisegeschwindigkeit und Verkehrslage) für Hauptstraßennetz Rostock,
- Emissions- und Immissions-Berechnungsmodell für Hauptstraßennetz (PROKAS^{online}).
- „Schaltzeiten“ für die verkehrlichen Maßnahmen.

3.7 Weimar

Folgende Daten sind für die Projektbearbeitung gegeben:

- Seit 2010: Immissionsmessdaten (Hintergrundbelastung und verkehrliche Hotspots) aus dem Landesüberwachungssystem der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
- Für 2013: Verkehrsmengen und Schwerverkehrsanteile für das gesamte Hauptstraßennetz (DTV)
- Emissions- und Immissions-Berechnungsmodell für Hauptstraßennetz (PROKAS^{online})

4 Kriterien-/Indikatorenkatalog zur Auswahl der Untersuchungsgebiete

4.1 Allgemeine Überlegung

Stellt man sich auf den Standpunkt einer Kommune oder eines Straßenbulasträgers mit Problemen der Überschreitung von Immissionsgrenzwerten an bestimmten Orten und in bestimmten Zeiten, so ergeben sich folgende Fragen:

- Bei welchen Schadstoffen werden Grenzwerte überschritten?
- Wo treten Grenzwertüberschreitungen auf?
- Wie häufig treten Grenzwertüberschreitungen auf (relevant bei PM10 und der Einschätzung, ob NO₂ nur temporäres Problem ist.)
- Wie hoch ist der Verursacheranteil des lokalen Kfz-Verkehrs?
- Wie hoch ist der Anteil von Verkehrsstörungen am Ort der Grenzwertüberschreitung
- Wie ist das Straßennetz an den Hotspots und in der Umgebung der Hotspots („Planungsraum“) in den Überschreitungszeiten ausgelastet?
- Welche Verkehrssteuerungsmaßnahmen stehen für eine Senkung der lokalen Kfz-Emissionen zur Verfügung?
- Wie sind die möglichen Betroffenheiten auf Alternativstrecken im Planungsraum?
- Welche Umweltmodule sind für eine Steuerung und Evaluierung im Rahmen des UVM einsetzbar?

Diese Fragen sollen anhand der Erkenntnisse in ausgewählten Untersuchungsgebieten beantwortet werden, die über eine umweltsensitive Verkehrssteuerung (UVM) entsprechend dem Funktionsschema aus Abbildung 4-1 verfügen.

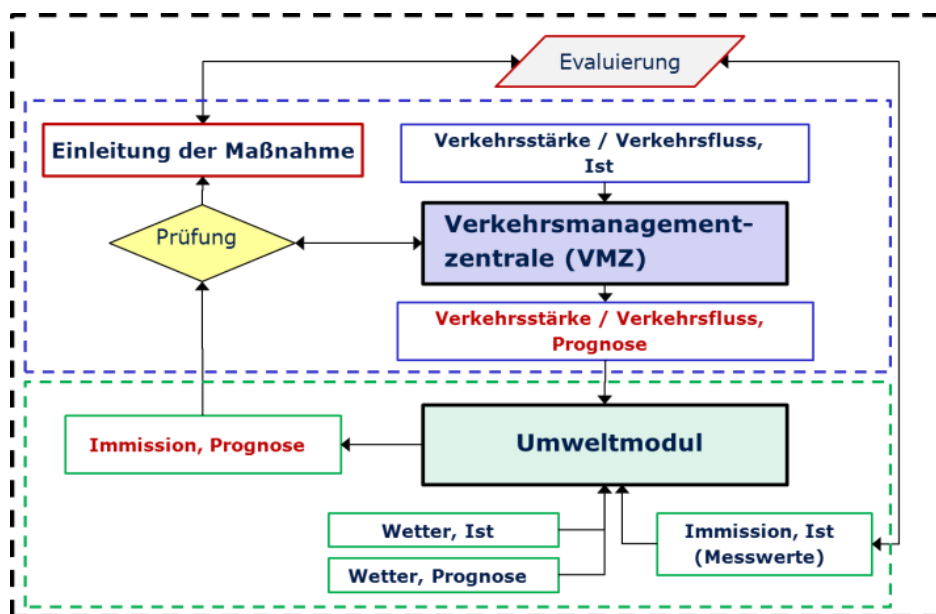


Abbildung 4-1: Funktionsschema eines Verkehrsmanagements mit integrierter umweltsensitiver Verkehrssteuerung¹⁹

¹⁹ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitskreis Wirkung von Maßnahmen zur Umweltentlastung, Teil: Umweltsensitives Verkehrsmanagement (UVM). Köln, 2015.

Um geeignete Untersuchungsgebiete auswählen zu können, mit denen diese Fragen beantwortet werden können, muss der Umstand berücksichtigt werden, dass bisher nur wenige UVM realisiert wurden, dass aber nur UG mit in Betrieb befindlichem UVM für eine Auswahl in Betracht kommen. Von mindestens 9 im Antrag aufgelisteten und beschriebenen möglichen Untersuchungsgebieten sollen dabei 4 ausgewählt werden. Die geringe Anzahl an Möglichkeiten verbietet einen **statistischen Ansatz**. Jedes bisher realisierte UVM stellt im Grunde einen proprietären, auf die Problemstellung des jeweiligen Untersuchungsgebietes (UG) zugeschnittenen Ansatz dar.

Es kann also nur darum gehen, aus dem Kollektiv aller möglichen UG zunächst solche UG zu identifizieren, mit denen die Möglichkeit gegeben ist, die Fragen des Projektes zu beantworten.

Beim **zweiten Aspekt** geht es um die Frage, inwieweit ein UG mit UVM als Plattform für den Test alternativer Vorgehensweisen dienen kann. Im Rahmen der nachfolgenden Untersuchungen ist beabsichtigt, derartige Alternativen z. B. durch Simulationen abzudecken, sodass das Spektrum an untersuchbaren Vorgehensweisen und Maßnahmen erweitert werden kann. Dies führt auf die Überlegung, dass solche UG für die vorliegende Aufgabe zu präferieren sind, die eine alternative Nutzung der implementierten Umwelt- und Steuerungsmodule zur Untersuchung von Szenarien zulassen.

Mit einem umfassend ausgerüsteten UVM lassen sich auch Fälle simulieren, die hinsichtlich der eingesetzten Module für VM und UVM auf einfachere Lösungen abgepeckt und im Hinblick auf die damit verbundenen Wirkungen in den verschiedenen Zielfeldern untersucht werden können.

Das methodische Vorgehen zur Auswahl geeigneter Untersuchungsgebiete (UG) orientiert sich nach diesen Vorüberlegungen an den Methoden der Entscheidungsfindung²⁰. Danach gliedert sich ein Entscheidungsablauf in (1) Festlegung der Zielfelder, (2) Vorgabe eines Soll-Zustandes, (3) Soll-Ist-Vergleich, (4) Entwicklung von Handlungsalternativen, (5) Zulässigkeitsprüfung, und (6) Bewertung der Handlungsalternativen.

Im vorliegenden Fall ist das Ziel, einen Vorschlag für die **Auswahl von m Untersuchungsgebieten (UG) aus n vorhandenen UG** zu erarbeiten. Das allgemeine Ziel der Auswahl heißt: möglichst solche UG auszuwählen, die einerseits charakteristische Fragestellungen der Anwendung im Hinblick auf die Immissionssituation abdecken, die ein realisiertes, in Betrieb befindliches UVM-System besitzen, die einen Bezug zu Bundesfernstraßen aufweisen, und anhand derer die Effizienz des Systems (Erreichen der Minderungsziele, Vermeiden von unerwünschten Nebenwirkungen, Kosten) beurteilt werden kann.

²⁰ Schönharting, J.: Bewertungs- und Entscheidungshilfen. In: Stadtverkehrsplanung (Hrsg.: Valleé – Engel – Vogt), Springer Berlin Heidelberg New York (vrs. Ende 2016).

Auswahl von UG – methodisches Vorgehen

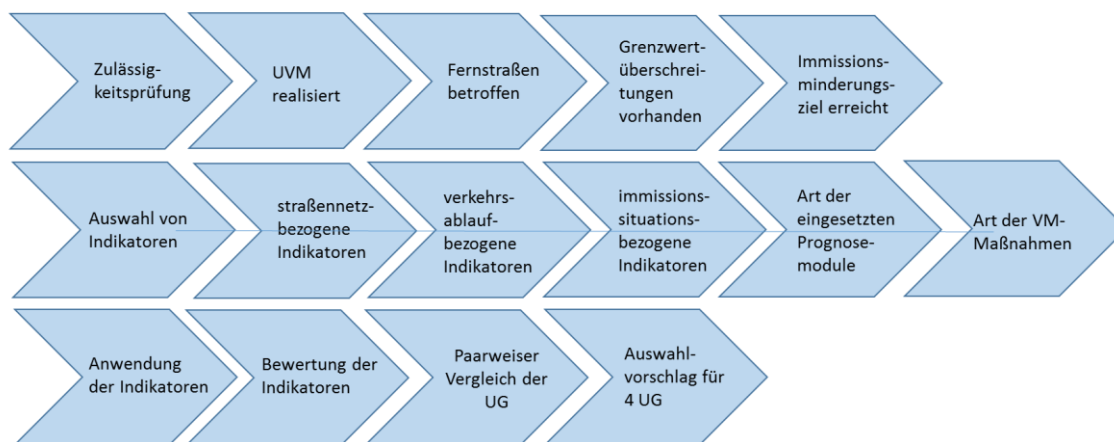


Abbildung 4-2: Methodisches Vorgehen zur Auswahl von Untersuchungsgebieten (UG)

Diese Aufgabe wird durch ein auf Indikatoren und ihre Ausprägungen abgestütztes Vorgehen unterstützt. In einer ersten Stufe soll zunächst geprüft werden, inwieweit die vorliegenden UG die „Zulässigkeitskriterien“ erfüllen. Dies führt ggf. zum Ausscheiden von UG aus der weiteren Suche. In der folgenden Stufe werden die verbliebenen UG auf der Grundlage von Indikatoren zur Ausgangssituation und zum eingesetzten UVM typisiert. Dazu müssen die Ausprägungen je Indikator für alle verbliebenen UG ermittelt werden.

Nachfolgend werden Kriterien für die Zulässigkeitsprüfung vorgeschlagen und Indikatoren für die Typisierungen benannt.

4.2 Zulässigkeitsprüfung

Die Zulässigkeitsprüfung umfasst folgende Aspekte:

1. Es muss ein UVM realisiert und in Betrieb sein.
2. Das Untersuchungsgebiet/Planungsraum muss es ermöglichen, dass Auswirkungen des UVM auf das Fernstraßennetz mit betrachtet werden können.

Die Durchführung dieser Prüfung erfolgt in Kapitel 4.5.

4.3 Zielfelder und Indikatoren

Für das auszuwählende UG soll die Charakteristik des Planungsraumes abgebildet werden. Die Untersuchungsgebiete sollen auf der Basis der Indikatoren hinsichtlich Ähnlichkeit bzw. Unterschiedlichkeit verglichen werden können. Ziel ist, eine Auswahl von UG vorzubereiten, die sich hinsichtlich der Ist-Situation einerseits und der gewählten UVM-Lösung andererseits unterscheiden.

Als Planungsraum wird der Bereich des Straßennetzes definiert, in dem Abschnitte mit Grenzwertüberschreitungen liegen und Auswirkungen durch die im Rahmen des UVM getroffenen Maßnahmen auftreten. Planungsraum kann daher ein Straßenabschnitt, ein Straßenzug oder ein Netzausschnitt sein, jeweils in Abhängigkeit der gewählten UVM Lösung. Im Folgenden wird unterschieden:

- Untersuchungsraum (UG): die Stadt oder der Stadtteil, in dem ein UVM installiert ist.
- Planungsraum: der Straßennetzbereich mit einem oder mehreren Straßenzügen, in dem ein UVM wirkt und Maßnahmen Auswirkungen auf die Immissionskonzentrationen aufweisen.
- Straßenzug: ein oder mehrere aneinander hängende Straßenabschnitte, in denen Hotspots liegen.
- Hotspot: Straßenabschnitt, auf dem eine hohe Immissionsbelastung festgestellt worden ist.

Auf der Grundlage dieser räumlichen Definitionen werden nachfolgend die für den Auswahlvorschlag vorgesehenen Indikatoren definiert und in 8 Zielfelder eingeteilt. Die ersten vier beschreiben den Ausgangszustand vor Einführung des UVM und die folgenden vier das gewählte UVM-System.

Zielfeld 1: Straßennetzstruktur des Planungsraums

Die Straßennetzstruktur beeinflusst die Handlungsmöglichkeiten eines UVM. Inwieweit sich die potentiellen Untersuchungsgebiete hinsichtlich der Netzstruktur des Planungsraums unterscheiden, soll deshalb mit folgenden Indikatoren analysiert werden:

1. N1 Der Planungsraum besteht aus einem oder mehreren Straßenabschnitten oder aus einem oder mehreren Straßenzügen außerorts, jedoch mit Bezug zu bebauten Bereichen. j/n
2. N2 Der Planungsraum besteht aus einem oder mehreren Straßenabschnitten oder aus einem oder mehreren Straßenzügen mit einer Ortsdurchfahrt im Zuge einer Bundes- oder Landesstraße einer Kleinstadt oder eines Stadtteils. j/n
3. N3 Der Planungsraum besteht aus einem oder mehreren Straßenabschnitten oder aus einem oder mehreren Straßenzügen mit einer Ortsdurchfahrt im Zuge einer Bundes- oder Landesstraße einer Mittel- oder Großstadt. j/n

Zielfeld 2: Auslösekriterien

Gründe für die Einrichtung eines UVM sind die Überschreitung von Immissionsgrenzwerten entweder bei Feinstaub, NO₂ oder bei beiden Komponenten. Ein UVM kann auch bei Vorliegen einer nicht vertretbaren Verkehrsqualität oder bei der Überschreitung von Lärmimmissionsgrenzwerten eingerichtet werden. Inwieweit sich die potentiellen Untersuchungsgebiete hier unterscheiden, wird durch die nachfolgenden Indikatoren ermittelt:

4. A1: Auslösekriterium ist PM10. j/n
5. A2: Auslösekriterium ist NO₂. j/n
6. A3: Auslösekriterium ist NO₂ und PM10. j/n
7. A4: Auslösekriterium ist der Verkehr (Verkehrsstärke, Verkehrsablauf). j/n
8. A5: Sonstige Auslösekriterien. j/n

Zielfeld 3: Verkehrscharakteristik

Die Verkehrscharakteristik (Qualität des Verkehrsablaufs, Verkehrsstärken, Anteile Schwerverkehr) auf den Streckenabschnitten ist maßgebend für die Emissionssituation.

Der Durchgangsverkehrsanteil gibt ferner Hinweise auf Möglichkeiten der Verkehrsverlagerung durch das Verkehrsmanagement.

Um Unterschiede in der Ausgangssituation der potentiellen UG herauszuarbeiten, ist es daher sinnvoll, mit quantitativen Indikatoren die Verkehrscharakteristik im Planungsraum zu beschreiben. Die Indikatoren beziehen sich dabei auf den Hotspot.

Folgende Indikatoren wurden zur Beschreibung der verkehrlichen Situation 2015 / 2016 für die Hotspots in den Untersuchungsgebieten definiert:

9. V1: Jahresfahrleistung je km Straßennetz an einem durchschnittlichen Werktag auf dem beeinflussten Streckenzug bzw. Streckenzügen des Hotspots [Fzg*km/km].
10. V2: Ist-Qualität des Verkehrsablaufs, gemessen als durchschnittliche Reisegeschwindigkeit auf dem beeinflussten Streckenzug bzw. Streckenzügen des Hotspots an einem durchschnittlichen Werktag [km/h].
11. V3: Durchschnittlicher Anteil schwerer Lkw (>3,5 t zul. Gesamtgewicht) an der Fahrleistung auf dem beeinflussten Streckenzug bzw. Streckenzügen des Hotspots an einem durchschnittlichen Werktag [Fzg-km SV/Fzg-km gesamt].
12. V4: Anteil des Durchgangsverkehrs am Gesamtverkehr auf dem beeinflussten Streckenzug bzw. Streckenzügen des Hotspots an einem durchschnittlichen Werktag [%].

Zielfeld 4: Immissionssituation vor Einsatz UVM

Mit Indikatoren soll die Immissionssituation vor Einrichtung eines UVM abgebildet werden. Die Grundlage der Beurteilung bilden dabei die Messwerte aus Immissionsmessungen. Als maßgebend wird der Straßenabschnitt betrachtet, an dem die höchste Grenzwertüberschreitung einer Schadstoffkomponente gemessen wurde. Zusätzlich ist die Ausdehnung des Überschreitungsbereichs im Straßennetz von Interesse. Hinweise für die Ausgestaltung eines UVM ergeben sich ferner aus dem Anteil an lokalem Verkehr und aus der Anzahl der von den Immissionsgrenzwertüberschreitungen betroffenen Personen.

Neben den Immissionen aus Schadstoffkomponenten werden auch die Lärmimmissionen betrachtet, um Unterschiede bei den potentiellen UG vor Einrichtung eines UVM herauszuarbeiten

Es wurden folgende Indikatoren im Hinblick auf die Immissionssituation definiert am Hotspot:

13. I1: Belastungssituation NO₂ [µg/m³].
14. I2: Belastungssituation PM₁₀ [µg/m³].
15. I3: Belastungssituation Lärm nachts [dB(A)].
16. I4: Verursacheranteil lokaler Kfz-Verkehr [%].
17. I5: Ausdehnung des Überschreitungsbereiches [m Straßenlänge]
18. I6: Betroffene Personen [-].

Zielfeld 5: Verfügbare Datenlage

Mit den Indikatoren des Zielfelds 5 beginnt der zweite Teil der Beurteilung von potentiellen UG, der sich auf die gewählte Lösung für das UVM bezieht. Die Ausgestaltung eines UVM hängt davon ab, welche dynamischen Daten für das UVM verfügbar sind. Für den

Einsatz von Managementmaßnahmen, die die Immissionssituation verbessern sollen, sind wesentlich die aktuelle / prognostische Wettersituation, die aktuelle / prognostische Immissionssituation und die aktuelle / prognostische Verkehrssituation. Daraus leiten sich folgende Indikatoren ab:

- 19.D1: Wetterdaten (Messung) verfügbar? (j/n)
- 20.D2: Wetterdaten (Prognose für nächsten Tag) verfügbar? (j/n)
- 21.D3: Immissionsdaten NO_x, PM₁₀, NO₂ (Messung Hotspot/Hintergrund) verfügbar? (j/n)
- 22.D4: Verkehrsstärke im Netz verfügbar? (j/n)
- 23.D5: LKW-Anteile im Netz verfügbar? (j/n)
- 24.D6: Verkehrslage/LOS im Netz verfügbar? (j/n)

Zielfeld 6: Eingesetzte Prognosemodule

Verkehrsmanagementmaßnahmen sollen sich auf zukünftige Immissionssituationen auswirken. Es ist daher erforderlich, eine Prognoseschätzung für die Einflussfaktoren wie auch für die Immissionssituation selbst vorzunehmen. Die potentiellen UG unterscheiden sich im Hinblick auf die gewählten prognostischen Ansätze. Um die Unterschiede darstellen zu können, werden folgende Indikatoren festgelegt:

- 25.P1: UVM nutzt eine Wettervorhersage (j/n).
- 26.P2: UVM nutzt ein Prognosemodul Verkehr (j/n).
- 27.P3: UVM nutzt ein Prognosemodul zur Ausbreitungsberechnung NO_x (j/n).
- 28.P4: UVM nutzt ein Prognosemodul zur Ausbreitungsberechnung PM₁₀ (j/n).
- 29.P5: UVM nutzt ein Prognosemodul für die Immissionsschätzung NO_x auf statistischer Basis (j/n).
- 30.P6: UVM nutzt ein Prognosemodul für die Immissionsschätzung PM₁₀ auf statistischer Basis (j/n).
- 31.P7: das UVM Prognosemodul nutzt dynamische Verkehrsdaten (j/n).
- 32.P8: UVM nutzt sonstige Module für die Prognose von Immissionen (j/n).

Zielfeld 7: Verkehrsmanagementmaßnahmen

Das wesentliche Handlungsfeld eines UVM besteht in Maßnahmen, die sich auf den Straßenverkehr auswirken. Maßnahmen können sein: Verlagerung von Verkehr auf alternative Routen, unterschiedliche Steuerung von Pkw- und Lkw-Verkehr, Verflüssigung von Verkehrsabläufen auf den Problemabschnitten des Straßennetzes oder dynamische Reduktion der zulässigen Geschwindigkeiten.

Die UG unterscheiden sich durch die jeweils gewählten Verkehrsmanagementmaßnahmen. Es wurde daher abgefragt, welche Maßnahmenarten jeweils zum Einsatz gekommen sind:

- 33.M1: Verkehrsmodul nutzt ein dynamisch geschaltetes Lkw-Fahrverbot. (j/n)
- 34.M2: Verkehrsmodul aktiviert Verkehrsumleitungen. (j/n)
- 35.M3: Verkehrsmodul aktiviert Maßnahmen an LSA zur Verkehrsverflüssigung. (j/n)
- 36.M4: Verkehrsmodul beschränkt die zulässige Geschwindigkeit. (j/n)
- 37.M5: Verkehrsmodul steuert eine Pförtnerrampe zur Zufluss-Dosierung. (j/n)
- 38.M6: Verkehrsmodul aktiviert sonstige Verkehrsmanagementmaßnahmen. (j/n)

Zielfeld 8: Automatisierungsgrad des Zusammenwirkens von VM und UVM

Für die Untersuchung unterschiedlicher UVM-Ansätze ist es von Bedeutung, dass UG ausgewählt werden, die sich hinsichtlich der Investitions- und / oder der Betriebskosten unterscheiden. Dabei kann ein höherer investiver Aufwand durch günstigere Betriebskosten kompensiert werden und umgekehrt.

Folgende Indikatoren sollen Unterschiede hinsichtlich des Aufwands für die Erstellung und für den Betrieb eines UVM charakterisieren:

- 39.A1: Komplett dynamisches UVM (Kopplung Umweltmodul an VMZ und Verkehrslagemodell, Aktionen automatisch über Verkehrsleitreechner. (j/n)
- 40.A2: Halb dynamisches UVM (Umweltmodul ist nicht gekoppelt an VMZ, Aktionen werden manuell, z. B. „per Telefon und Klapptafel“) durchgeführt. (j/n)

Die Wertausprägungen dieser 41 Indikatoren aus 8 Zielfeldern wurden für 9 potentielle Untersuchungsgebiete ermittelt und in einer Tabelle zusammengestellt. Das methodische Vorgehen zur Analyse der Daten wird im folgenden Abschnitt erläutert.

4.4 Methodik für die Nutzung der Wertausprägungen der Indikatoren zur Ermittlung der Ähnlichkeit / Unterschiedlichkeit von UG

Aus den Ausprägungen der Indikatoren (in der folgenden Tabelle mit „Aus“ bezeichnet) lässt sich eine Matrix bilden, die einen ersten Überblick ermöglicht.

Tabelle 4-1: Matrix der Ausprägungen der Indikatoren

UG	Indikator 1	Indikator 2	...	Indikator 41
1	Aus _{1.1}	Aus _{1.2}	...	Aus _{1.41}
2	Aus _{2.1}	Aus _{2.2}	...	Aus _{2.41}
...
n	Aus _{n.1}	Aus _{n.2}	...	Aus _{n.341}

Diese Matrix bildet die Grundlage für die Erarbeitung des Auswahlvorschlags. Dabei muss zwischen den Zielfeldern, die den Ausgangszustand beschreiben (1 bis 4) und den Zielfeldern, die die gewählte UVM Lösung beschreiben (Zielfelder 5 bis 8), unterschieden werden.

Die Matrix der Ausprägungen hat den Nachteil der Unübersichtlichkeit, die aus der großen Anzahl an Indikatoren (41) einerseits und den unterschiedlichen Dimensionen der Ausprägungen andererseits resultiert. Es wird daher eine geeignete Zusammenführung der Informationen angestrebt.

Eine bessere Vergleichbarkeit der Ausprägungen erhält man, wenn die Ausprägungen standardisiert werden (Z-Transformation²¹). Die Z-Transformation entsteht, indem die Wertausprägungen um den Mittelwert aller Wertausprägungen desselben Indikators vermindert und anschließend durch die Standardabweichung dividiert wird. Die Z-Transformation ist für kardinale Variable (numerische Ausprägungen der Indikatoren, Zielfelder 3 und 4) hilfreich. Sie kann aber auch auf Indikatoren mit 0/1 Ausprägungen (Zielfelder 1, 2 und 5 bis 8) angewendet werden.

Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit ist in einem weiteren Schritt eine Aggregation der Informationen sinnvoll. Für die standardisierten Wertausprägungen der Indikatoren steht mit der Berechnung der Euklidischen Distanz²² eine einfache Methode zur Verfügung, mit der je zwei UG über eine einzige Zahl miteinander hinsichtlich Ähnlichkeit / Unähnlichkeit verglichen werden können.

Ziel ist, mit dem Vorschlag für auszuwählende UG möglichst viele Untersuchungsziele abdecken zu können. Drei unterschiedliche Strategien dazu wurden diskutiert:

Strategie 1: in der ersten Auswahlstufe werden die beiden UG mit der größten Distanz hinsichtlich des Ausgangszustandes vorgeschlagen, um möglichst unterschiedliche Ausgangszustände abdecken zu können; für die Auswahl der beiden weiteren UG werden diejenigen vorgeschlagen, die einerseits geringe Unterschiede hinsichtlich des Ausgangszustandes der bereits vorgeschlagenen UG aufweisen, sich jedoch hinsichtlich der UVM-Lösung am meisten von der UVM-Lösung des jeweils bereits vorgeschlagenen UG unterscheiden.

Strategie 2: der Vorschlag für die Auswahl startet mit der gewählten UVM-Lösung, wobei die UG mit der größten Distanz vorgeschlagen werden. Für die Auswahl der beiden weiteren UG werden diejenigen vorgeschlagen, die sich hinsichtlich der gewählten UVM-Lösung am wenigsten unterscheiden, sich jedoch hinsichtlich des Ausgangszustandes am stärksten vom Ausgangszustand der bereits vorgeschlagenen UG unterscheiden.

Bei der **dritten Strategie** werden im ersten Schritt die beiden UG mit der größten Distanz hinsichtlich des Ausgangszustandes ermittelt. Im Zweiten Schritt werden – unabhängig von Schritt 1 - die beiden UG mit der größten Distanz hinsichtlich der gewählten UVM-Lösung ermittelt.

Tabelle 4-2: Vorschlag für die Auswahl von 4 geeigneten Untersuchungsgebieten.

	UVM Typ 1	UVM Typ 2
Ist-Situation Typ 1	UG 1.1	UG 1.2
Ist-Situation Typ 2	UG 2.1	UG 2.2

²¹ Bei den nicht kardinalen Variablen (j, n) wird j z. B. zu 1 und n zu 0 gesetzt.

²² Unter „Euklidische Distanz“ zweier UG versteht man die Wurzel aus der Summe der quadrierten Abweichungen der standardisierten Variablen ($\text{Distanz} = \sqrt{\sum (x_i - y_i)^2}$). x_i und y_i sind die standardisierten Ausprägungen des i-ten Indikators der beiden UG, die verglichen werden. Je größer das Distanzmaß ist, desto unähnlicher sind sich die UG und umgekehrt.

Im Folgenden werden alle drei Strategien berücksichtigt.

Neben den über das beschriebene Verfahren möglichen Vergleichen sind weitere Aspekte bei der Erarbeitung des endgültigen Vorschlags zu berücksichtigen. Diese weiteren Aspekte werden bei der Beschreibung der Ergebnisse der Wertausprägungen genannt.

4.5 Ergebnisse der Indikatorenanalyse

Zulässigkeitsprüfung

Die Zulässigkeitsprüfung ergibt, dass alle potentiellen UG einen Bezug zum Fernstraßennetz aufweisen. Etwas anders sieht es beim Indikator „UVM in Betrieb“ aus. So ist das in 2002 installierte UVM Hagen aktuell abgeschaltet. Hagen hatte allerdings ein für die weitere Diskussion interessantes UVM in Betrieb. Deshalb wird vorgeschlagen, die Spezifika der Hagener Lösung in die Untersuchung, vor allem in Hinblick auf Erfahrungen mit UVM, einzubeziehen.

Bei einigen der weiteren potentiellen UG ergeben sich Besonderheiten. So ist die Umsetzung des UVM Weimar bzw. der operationelle Betrieb des UVM Rostock erst für 2017 vorgesehen. Diese Besonderheiten werden bei der Entwicklung eines Vorschlags für die Auswahl berücksichtigt.

4.6 Zusammenstellung der Indikatoren für alle UG

Die Ergebnisse der Wertausprägungen aller Indikatoren und potentiellen Untersuchungsgebiete zeigt Tabelle 4-3.

Tabelle 4-3: Wertausprägungen aller Indikatoren und potentiellen UG

Indikator Nr.	Indikator Beschreibung	Berlin Invalideinstr.	BS Altwiek Ring	BS Hildesheimerstr.	Erfurt	Postdam Zeppelinstr.	Rostock	Weimar	Wittenberg	Hagen
	ID des UG	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	N1 Der Planungsraum besteht aus Straßenabschnitten außerorts, jedoch mit Bezug zu bebauten Bereichen.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	N2 Der Planungsraum besteht aus Straßenabschnitten mit einer Ortsdurchfahrt im Zuge einer Bundes- oder Landesstraße einer Kleinstadt oder eines Stadtteils.	0	0	0	0	0	1	1	1	0
3	N3 Der Planungsraum besteht aus Straßenabschnitten mit einer Ortsdurchfahrt im Zuge einer Bundes- oder Landesstraße einer Mittel- oder Großstadt.	0	1	1	1	1	0	0	0	1
4	A1: Auslösekriterium ist PM10.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5	A2: Auslösekriterium ist NO2.	1	1	1	0	1	1	1	0	0
6	A3: Auslösekriterium ist NO2 und PM10.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	A4: Auslösekriterium ist der Verkehr (Verkehrsstärke, Verkehrsablauf).	1	0	0	1	1	0	1	0	0
8	A5: Sonstige Auslösekriterien.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	V1: Jahres fahrleistung je km Straßennetz an einem durchschnittlichen Werktag auf dem Straßenabschnitt des Hot Spots [Fzg*km/km].	3 274 923	5 312 000	4 400 000	6 500 000	9 875 475	15 000 000	7 300 000	6 700 000	6 370 000
10	V2: Ist-Qualität des Verkehrsablaufs, gemessen als durchschnittliche Reisegeschwindigkeit an einem durchschnittlichen Werktag [km/h].	37	22	35	35	35	37	30	40	28
11	V3: Durchschnittlicher Anteil schwerer Lkw (>3,5 t zul. Gesamtgewicht) an der Fahrleistung an einem durchschnittlichen Werktag [Fzg-km SV/Fzg-km gesamt].	3,4%	1,7%	3,5%	3,4%	3,5%	3,0%	13,0%	7,7%	3,9%
12	V4: Anteil des Durchgangsverkehrs am Gesamtverkehr an einem durchschnittlichen Werktag [%].	54	23	49	5	73	10	10	13	75
13	I1: Belastungssituation NO2 [µg/m3].	40,5	51	52	43	45,5	44	47	36	68
14	I2: Belastungssituation PM10 [µg/m3].	30,3	27	33	30	32,4	33	31	31	63
15	I3: Belastungssituation Lärm nachts [dB(A)].	69,6	70,0	70,0	64,0	66,0	60,0	60,0	64,0	63,0
16	I4: Verursacheranteil lokaler Kfz-Verkehr [%].	51,0	58,0	65,0	38,0	63,4	48,0	43,0	42,5	49,5
17	I5: Ausdehnung des Überschreitungsbereiches [m Straßenlänge].	160	1700	100	400	410	400	800	710	2 600
18	I6: Betroffene Personen [-].	25	1700	100	200	637	130	300	296	2 500
19	D1: Wetterdaten (Messung) verfügbar?	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	D2: Wetterdaten (Prognose für nächsten Tag) verfügbar?	0	0	0	0	0	0	0	1	0
21	D3: Immissionsdaten NOx, PM10, NO2 (Messung Hotspot/Hintergrund) verfügbar?	1	1	0	1	1	1	1	1	1
22	D4: Verkehrsstärke im Netz verfügbar?	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	D5: LKW-Anteile im Netz verfügbar?	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	D6: VerkehrslageLOS im Netz verfügbar?	1	1	1	1	1	0	1	1	0
25	P1: UVM nutzt eine Wettervorhersage.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
26	P2: UVM nutzt ein Prognosemodul Verkehr.	0	1	1	1	1	0	0	0	0
27	P3: UVM nutzt ein Prognosemodul zur Ausbreitungsberechnung NOx.	1	1	1	1	1	1	1	1	0
28	P4: UVM nutzt ein Prognosemodul zur Ausbreitungsberechnung PM10.	1	1	1	1	1	1	1	1	0
29	P5: UVM nutzt ein Prognosemodul für die Immissionsberechnung NOx auf statistischer Basis.	0	1	1	0	0	0	0	0	0
30	P6: UVM nutzt ein Prognosemodul für die Immissionsberechnung PM10 auf statistischer Basis.	0	1	1	0	0	0	0	1	0
31	P7: das UVM Prognosemodul nutzt dynamische Verkehrsdaten.	1	1	1	1	1	1	1	0	0
32	P8: UVM nutzt sonstige Module für die Prognose von Immissionen.	0	1	1	0	0	0	0	0	0
33	I11: Verkehrsmodul aktiviert dynamisch geschaltetes Lkw-Fahrverbot.	0	0	0	0	0	0	1	1	1
34	I12: Verkehrsmodul aktiviert Verkehrsmaßnahmen.	0	0	1	1	1	0	0	0	0
35	I13: Verkehrsmodul aktiviert Maßnahmen an LSA zur Verkehrsverflüssigung.	1	1	1	1	1	1	1	1	0
36	I14: Verkehrsmodul beschränkt die zulässige Geschwindigkeit.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	I15: Verkehrsmodul steuert eine Pflörtreppe zum Zufuß-Dosierung.	1	1	1	1	1	1	1	0	0
38	I16: Verkehrsmodul aktiviert sonstige Verkehrsmanagementmaßnahmen.	0	0	0	1	1	1	1	0	0
39	A1: Komplettes dynamisches UVM (Kopplung Umweltmodul an VIMZ und Verkehrsmodell, Aktionen automatisch über Verkehrsrechner.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	A2: Halb dynamisches UVM (Umweltmodul ist nicht getoppelt an VIMZ, Aktionen werden manuell z.B. ...per Telefon und Klapphalter) durchgeführt.	0	0	0	0	0	0	0	1	0

4.7 Auswertungen

Betrachtet man im ersten Schritt die in Tabelle 4-3 zusammengestellten Wertausprägungen für Zielfeld 1 Straßennetzstruktur, so können die potentiellen Untersuchungsgebiete in 2 Gruppen eingeteilt werden, die sich durch die Lage der UVM in unterschiedlich großen Städten auszeichnen.

Bei Zielfeld 2, Auslösekriterien, treten gegenüber Zielfeld 1 deutlichere Unterschiede zu Tage. PM10 als alleiniges Auslösekriterium ist für das UG Wittenberg relevant. Das UVM im UG Erfurt wurde mit PM10 und NO₂ begründet. In 6 Fällen war NO₂ der auslösende Indikator. Der Indikator Verkehr war in 4 Fällen der Auslöser, jedoch immer in Kombination mit Immissionskomponenten.

Zielfeld 3, Verkehrscharakteristik, zeigt ein recht inhomogenes Bild: Die Fahrleistungen sind sehr unterschiedlich; während allgemein der Lkw-Anteil gering ist, punktet Weimar mit einem überdurchschnittlich hohen Lkw-Anteil. Auch der Durchgangsverkehrsanteil ist mit Werten zwischen 5 und 75% sehr unterschiedlich.

Auch Zielfeld 4, Belastungssituation aus Immissionen zeigt deutliche Unterschiede in den potentiellen UG: den Spitzenwert bei NO₂ erreicht Hagen²³, gefolgt von den beiden Braunschweiger UG. Bei PM10 liegt die Belastungssituation in Hagen am höchsten. Der nächtliche Lärmpegel ist in den beiden Braunschweiger UG am höchsten, während beim Verursacheranteil des lokalen Verkehrs Braunschweig Hildesheimer Straße und Potsdam vorne liegen. Bei der Ausdehnung des Überschreitungsgebietes und der Anzahl betroffener Personen schließlich dominieren Hagen und Braunschweig-Altewiekring.

Die verfügbare Datenlage (Zielfeld 5) liefert ein weitgehend homogenes Bild. Wetterdaten sind überall verfügbar, Wetterprognosedaten hingegen stehen nur in Wittenberg zur Verfügung. Alle potentiellen UG verfügen über Immissionsmessungen und Verkehrsmessdaten. Bis auf Rostock und Hagen ist auch der LOS im Netz verfügbar.

Stärkere Unterschiede sind bei Zielfeld 6, Prognosemodule sichtbar. Ein Wettervorhersagemodul wird nur in Wittenberg eingesetzt. In drei Fällen fließt eine Verkehrsvorhersage in das UVM ein. Bei Ausbreitungsmodellen zur Immissionskonzentration kommt nur Hagen ohne eine solche Lösung aus. Statistische Modelle zur Vorhersage von Immissionskonzentrationen kommen in den beiden potentiellen UG von Braunschweig zum Einsatz, während ansonsten Ausbreitungsmodelle vorherrschen.

Unterschiede ergeben sich auch bei Zielfeld 7, Verkehrsmanagementmaßnahmen. Dabei wird sichtbar, dass alle wesentlichen, derzeit in Diskussion befindlichen Managementmaßnahmen zum Zwecke der Immissionsminderung - mit Ausnahme der Beschränkung der zulässigen Geschwindigkeit- in mindestens einem der potentiellen UG untersucht werden können.

In Zielfeld 8 sind fast in allen potentiellen UG investiv aufwändige, hoch automatisierte UVM im Einsatz. Wittenberg bildet mit einem halb dynamischen UVM die Ausnahme. Wenn Wittenberg als UG gewählt wird, können hier unterschiedliche UVM Lösungen analysiert werden.

²³ Hagen ist nur nachrichtlich einbezogen worden, da das in 2002 installierte UVM nicht mehr in Betrieb ist.

Insgesamt vermittelt die Tabelle der Wertausprägungen der 41 Indikatoren ein Bild vielfältiger Ausgangssituationen und gewählter UVM-Lösungen, die es möglich erscheinen lässt, eine den Zielsetzungen der Untersuchung genügende Auswahl treffen zu können.

Im zweiten Schritt der Auswertungen erfolgt die Standardisierung der Wertausprägungen (siehe Tabelle 4-4).

Tabelle 4-4: Standardisierte Wertausprägungen aller Indikatoren und potentiellen Untersuchungsgebiete

Indikator Nr.	Indikator Beschreibung	Berlin Invalidenstr.	BS Altewiek Ring	BS Hildesheimerstr.	Erfurt Zeppelinstr.	Potsdam Zeppelinstr.	Rostock	Weimar	Wittenberg	Hagen
1	M1 Der Planungsraum besteht aus Straßenabschnitten außerhalb, jedoch mit Bezug zu bebauten Bereichen.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	M2 Der Planungsraum besteht aus Straßenabschnitten mit einer Ortsdurchfahrt im Zuge einer Bundes- oder Landesstraße einer Kleinstadt oder eines Stadtteils.	0	0	0	0	0	1	1	1	0
3	M3 Der Planungsraum besteht aus Straßenabschnitten mit einer Ortsdurchfahrt im Zuge einer Bundes- oder Landesstraße einer Mittel- oder Großstadt.	0	1	1	1	1	0	0	0	1
4	A1: Auslösekriterium ist PM10.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5	A2: Auslösekriterium ist NO2.	1	1	1	0	1	1	1	0	0
6	A3: Auslösekriterium ist NO2 und PM10.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	A4: Auslösekriterium ist der Verkehr (Verkehrsstärke, Verkehrsablauf).	1	0	0	1	1	0	1	0	0
8	A5: Sonstige Auslösekriterien.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	V1: Jahresfahrleistung je km Straßennetz an einem durchschnittlichen Werktag auf dem Straßennetz des Hot Spots [Fzj/km/Tag].	3 274 923	5 312 000	4 400 000	6 500 000	9 875 475	15 000 000	7 300 000	6 700 000	6 370 000
10	V2: Ist-Qualität des Verkehrsablaufs, gemessen als durchschnittliche Reisezeit pro km an einem durchschnittlichen Werktag [min].	37	22	35	35	35	37	30	40	28
11	V3: Durchschnittlicher Anteil schwerer Lkw (>3,5 t zul. Gesamtgewicht) an der Fahrleistung an einem durchschnittlichen Werktag [Fzj-km SV/Fzj-km gesamt].	3,4%	1,7%	3,5%	3,4%	3,5%	3,0%	13,0%	7,7%	3,9%
12	V4: Anteil des Durchgangsverkehrs am Gesamtverkehr an einem durchschnittlichen Werktag [%].	54	23	49	5	73	10	10	13	75
13	I1: Belastungssituation NO2 [µg/m3].	40,5	51	52	43	45,5	44	47	36	68
14	I2: Belastungssituation PM10 [µg/m3].	30,3	27	33	30	32,4	33	31	31	83
15	I3: Belastungssituation Lärm nachts [dB(A)].	69,6	70,0	70,0	64,0	65,0	60,0	60,0	64,0	63,0
16	I4: Vorkarantanteil lokaler Kfz-Verkehr [%].	51,0	58,0	65,0	38,0	63,4	48,0	43,0	42,5	49,5
17	I5: Ausdehnung des Überschreitungsbereiches [m Straßenslänge].	160	1700	100	400	410	400	800	710	2 600
18	I6: Betroffene Personen [].	25	1700	100	200	637	130	300	296	2 500
19	D1: Wetterdaten (Messung) verfügbar?	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	D2: Wetterdaten (Prognose für nächsten Tag) verfügbar?	0	0	0	0	0	0	0	1	0
21	D3: Immissionsdaten NOx, PM10, NO2 (Messung Hotspot/Hintergrund) verfügbar?	1	1	0	1	1	1	1	1	1
22	D4: Verkehrsstärke im Netz verfügbar?	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	D5: LKW-Anteile im Netz verfügbar?	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	D6: Verkehrslage/LOS im Netz verfügbar?	1	1	1	1	1	0	1	1	0
25	P1: UVM nutzt eine Wettervorhersage.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
26	P2: UVM nutzt ein Prognosemodul Verkehr.	0	1	1	1	0	0	0	0	0
27	P3: UVM nutzt ein Prognosemodul zur Ausbreitungsberechnung NOx.	1	1	1	1	1	1	1	1	0
28	P4: UVM nutzt ein Prognosemodul zur Ausbreitungsberechnung PM10.	1	1	1	1	1	1	1	1	0
29	P5: UVM nutzt ein Prognosemodul für die Immissionsabschätzung NOx auf statistischer Basis.	0	1	1	0	0	0	0	0	0
30	P6: UVM nutzt ein Prognosemodul für die Immissionsabschätzung PM10 auf statistischer Basis.	0	1	1	0	0	0	0	1	0
31	P7: das UVM Prognosemodul nutzt dynamische Verkehrsdaten.	1	1	1	1	1	1	1	0	0
32	P8: UVM nutzt sonstige Module für die Prognose von Immissionen.	0	1	1	0	0	0	0	0	0
33	M1: Verkehrsmodul nutzt ein dynamisch geschaltetes Lkw-Fahrverbot.	0	0	0	0	0	0	0	1	1
34	M2: Verkehrsmodul aktiviert Verkehrsumleitungen.	0	0	1	1	0	0	0	1	1
35	M3: Verkehrsmodul aktiviert Maßnahmen an LSA zur Verkehrsverflüssigung.	1	1	1	1	1	1	1	0	0
36	M4: Verkehrsmodul beschränkt die zulässige Geschwindigkeit.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	M5: Verkehrsmodul steuert eine Pflötherampe zur Zufuß-Doosierung.	1	1	1	1	1	1	1	0	0
38	M6: Verkehrsmodul aktiviert sonstige Verkehrsmanagementmaßnahmen.	0	0	0	1	1	1	0	0	0
39	A1: Komplet dynamisches UVM (Kopplung Umweltmodul an VMZ und Verkehrsmodell, Aktionen automatisch über Verkehrsrechner.	1	1	1	1	0	1	1	0	1
40	A2: Halb dynamisches UVM (Umweltmodul nicht gekoppelt an VMZ, Aktionen werden manuell, z.B. „per Telefon und Klappfalter“) durchgeführt.	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Nach dieser ersten Übersicht über Unterschiede zwischen den betrachteten UG können im nächsten Schritt die Distanzenmatrizen in der Differenzierung „Ausgangssituation“ und „gewählte UVM-Lösung“ ermittelt werden (siehe Tabelle 4-5 und Tabelle 4-6²⁴)

Tabelle 4-5: Distanzenmatrix zur Beschreibung der Unterschiedlichkeit der Ausgangssituation

UG		Berlin Invaliden- strasse	BS Altewiek Ring	BS Hildes- heimerstr.	Erfurt	Potsdam	Rostock	Weimar	Wittenberg	Hagen
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Berlin Invalidenstrasse		29	23	28	13	37	28	43	76
2	BS Altewiek Ring			26	40	22	47	42	62	48
3	BS Hildesheimerstr.				45	20	49	49	61	72
4	Erfurt					31	42	35	47	75
5	Potsdam						33	32	53	60
6	Rostock							27	42	73
7	Weimar								38	77
8	Wittenberg									94
9	Hagen									

Sie lassen sich nun für den paarweisen Vergleich der UG nutzen.

Im Folgenden werden, wie bereits angesprochen, insgesamt drei Strategien für die Auswahl weiter verfolgt.

Strategie 1: Die Auswertung ergibt, dass hinsichtlich der Ausgangssituation die UG 2 Braunschweig Altewiekring und 8 Wittenberg die größte Distanz aufweisen. Danach käme das UG -Paar 3 Braunschweig Hildesheimer Straße und 8 Wittenberg.

Gemäß Strategie 1 werden anschließend 2 weitere UG gesucht, die gegenüber den bisher betrachteten UG die größten Unterschiede in der gewählten UVM-Lösung aufweisen. Dies wären bei Wahl des UG 2 Braunschweig Altewiekring das UG 5 Potsdam und bei Wahl des UG 8 Wittenberg das UG 3 Braunschweig Hildesheimer Straße. Unter Berücksichtigung des Umstands, dass mit UG 2 bereits ein UG aus Braunschweig in den Wahlvorschlag aufgenommen wurde, wird das UG 4 Erfurt mit der nächstgrößten Distanz vorgeschlagen. Der Auswahlvorschlag nach Strategie 1 heißt danach: Untersuchungsgebiete 2 Braunschweig Altewiekring, 4 Erfurt, 5 Potsdam und 8 Wittenberg.

²⁴ In die Zielfeldbetrachtungen wird das UG 9 (Hagen) nicht einbezogen.

Tabelle 4-6: Distanzenmatrix zur Beschreibung der Unterschiedlichkeit der gewählten UVM-Lösung

UG		Berlin Invaliden- strasse	BS Altwiek Ring	BS Hildes- heimerstr.	Erfurt	Potsdam	Rostock	Weimar	Wittenberg	Hagen
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Berlin Invalidenstrasse		21	25	14	12	0	5	56	46
2	BS Altwiek Ring			4	26	32	21	25	68	67
3	BS Hildesheimerstr.				22	36	25	29	64	63
4	Erfurt					14	14	19	63	52
5	Potsdam						12	16	56	58
6	Rostock							5	56	46
7	Weimar								52	42
8	Wittenberg									51
9	Hagen									

Wie erwähnt, lassen sich aus den beiden Distanzenmatrizen auch die Ergebnisse für die beiden anderen Strategien ableiten. So wäre das Ergebnis nach **Strategie 2** (größte Distanz auf der Ebene der UVM-Lösungen) die Kombination des UG 2 Braunschweig Altwiekring mit 8 Wittenberg. Unter der Maßgabe, dass diese Kombination gewählt wird, werden nun die UG gesucht, die gegenüber 2 bzw. gegenüber 8 die größten Distanzen hinsichtlich der Ausgangssituation aufweisen. Das ist für das UG 2 das UG 6 Rostock. Für das UG 8 Wittenberg ergibt sich als distanzgrößtes UG das UG 3 Braunschweig Hildesheimer Straße. Weil dieses aber in derselbe Stadt liegt wie das bereits im Vorschlag enthaltenen UG 2 kommt das UG 5 Potsdam in den Auswahlvorschlag, sodass sich nach Strategie 2 der Auswahlvorschlag aus UG 2 Braunschweig Altwiekring, UG 5 Potsdam, UG 6 Rostock und UG 8 Wittenberg zusammensetzt.

Schließlich kann die Auswahl auch nach **Strategie 3** erfolgen. In diesem Fall wären die UG 2 Braunschweig Altwiekring und UG 8 Wittenberg sowohl für die Ausgangssituation als auch für das eingesetzte UVM-System zu wählen. Die fehlenden beiden UG müssten dann als die Paare mit den jeweils zweitgrößten Distanzen gewählt werden.

Zusätzlich zur Erarbeitung des Auswahlvorschlags auf Basis der Wertausprägungen der Indikatoren müssen bei der Ableitung des UG Vorschlags weitere Aspekte berücksichtigt werden, die im folgenden Abschnitt 5 näher erläutert werden.

5 Vorschlag für die im Projekt zu behandelnden Untersuchungsgebiete

Die durchgeführten Indikatorenanalysen zeigen auf, dass die verfügbaren Untersuchungsgebiete z. T. Ähnlichkeiten, aber auch signifikante Unterschiede aufweisen.

Bei den Zielfeldern 1 bis 4 (Ausgangssituation oder Struktur) treten die größten Distanzen zwischen den UG mit den Nummern 2 (Braunschweig Altewiekring) und 8 (Wittenberg) auf. Diese beiden UG unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Ausgangssituation als auch hinsichtlich der gewählten UVM Lösung am weitest gehenden von allen anderen möglichen Kombinationen. Je nach Strategie kommen als weitere UG Erfurt (4), Potsdam (5) und Rostock (6) in Betracht.

Weiterhin wurde bei der folgenden Auswahl bzw. der Priorisierung beachtet, dass sich das UVM Rostock gerade (erst) (Stand September 2016) in der Erprobung befindet. Gesetzt ist das UVM in Österreich, das das einzige System darstellt, welches auf einer Autobahn installiert ist.

Wittenberg ist das einzige System mit einer technisch einfachen Lösung (nicht automatisierten Kopplung an ein Verkehrsmanagementsystem).

Es werden zur weiteren Bearbeitung innerhalb des Projektes deshalb folgende Untersuchungsgebiete (UVM) empfohlen:

1. UVM Potsdam
2. UVM Wittenberg
3. UVM Erfurt
4. UVM Braunschweig Altewiekring
5. UVM Steiermark Österreich

Für alle diese UG liegen umfangreiche langjährige Umwelt- und Verkehrsdaten sowie die entsprechenden „Schaltzustände“ des VM vor, die die im Projekt geforderten Analysen, Berechnungen und Bewertungen ermöglichen. Damit liegen dort auch bereits langjährige Betriebserfahrungen bei den Betreibern vor.

Sie beinhalten auch die im Angebot beschriebene komplette Palette der innerhalb von Umweltmodulen einsetzbaren Modellkomponenten (ProFet (statistisches Vorhersagemodell), PROKAS^{online} (Emissions- und Ausbreitungsmodell), IMMIS^{mt} (Emissions- und Ausbreitungsmodell, statistisches Vorhersagemodell)) für Analysen und Vorhersagen).

Die Bietergemeinschaft ist (außer beim UVM in Österreich, dort werden die Datenanalysen, Erfahrungen und Betriebserfahrungen der ASFINAG übernommen) an allen diesen UVM beteiligt und ist damit in der Lage auch die entsprechenden Auswertungen lt. Angebot durchzuführen und die Betriebserfahrungen zu bewerten. Für die Datennutzungen liegen auch bereits die nötigen Nutzungsvereinbarungen vor.

6 Literatur

- ASFINAG, 2008: Verkehrsbeeinflussungsanlage Umwelt Steiermark in Betrieb. Pressemitteilung vom 15.12.2008. Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG). 2008.
- ASFINAG, 2010: ASFINAG - Verkehrsmanagement. Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG). 2010.
- Berkowicz, R.; Hertel, O.; Larsen, S. E.; Sørensen, N. N.; Nielsen, M., 1997: Modelling traffic pollution in streets. Contracting authority: Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute. Denmark, 1997.
- BezReg Köln, 2012: Luftreinhalteplan für das Stadtgebiet Köln. Erste Fortschreibung 2012. Bezirksregierung Köln. 2012.
- BMLFUW, 2016: Evaluierung der Verkehrsbeeinflussungssysteme gemäß IG-L. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung I/4 - Klimaschutz und Luftreinhaltung. [vba-evaluierung.html](#). Letzte Aktualisierung am 18.11.2015. Abgerufen am 07.10.2016.
- Braunschweig, 2007: Luftreinhalte- und Aktionsplan Braunschweig. Stadt Braunschweig. Erarbeitet durch das Niedersächsische Umweltministerium. 2007.
- Braunschweig, 2012: Lärminderungsplanung der Stadt Braunschweig, Lärmkartierung nach der EG-Umgebungsrichtlinie (ULR). Stand 2013, Stadt Braunschweig, Fachbereich Stadtplanung und Umweltschutz, Abteilung Umweltschutz. 2012.
- Diegmann, V.; Gäßler, G., 2009: Air Quality Management - From Traffic Management to Environmental Traffic Management. Abstracts of the 7th International Conference on Air Quality - Science and Application, March 24-27, 2009 in Istanbul, Turkey. 2009.
- Eichhorn, J., 2010: MISKAM – Handbuch zu Version 6. giese-eichhorn umweltmeteorologische software, 2010.
- Erfurt, 2012: Luftreinhalteplan Erfurt. 1. Fortschreibung. Thüringer Landesverwaltungsamt, Weimar, 2012.
- Eurostat, 2016: Bevölkerung am 1. Januar nach Altersgruppe, Geschlecht und Metropolregionen. Statistisches Amt der Europäischen Union. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=met_pjanaggr3&lang=de. Abgerufen am 26.10.2016.
- FVT, 2013: Evaluierung der VBA-Umwelt Steiermark für den Betriebszeitraum 2011/2012. FVT Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH, Graz. Auftraggeber: Steiermärkische Landesregierung. 2013.
- GAA Hildesheim, 2011: Braunschweig. Modellgestützte Voruntersuchungen zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung. Staatliches Gewerbeaufsichtsamt (GAA) Hildesheim. Auftraggeber: Land Niedersachsen. 2011.
- GAA Hildesheim, 2016: Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen. Jahresbericht 2015. Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. Hildesheim, 2016.
- IG-L, 2010: Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden. (Im-

- missionsschutzgesetz - Luft, IG-L). In der Fassung vom 18.08.2010. BGBl. I Nr. 77/2010.
- IG-L Steiermark, 2014: Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom 29. Oktober 2014, mit der eine immissionsabhängige Geschwindigkeitsbeschränkung auf Teilstrecken der A 2 Süd Autobahn und der A 9 Pyhrn Autobahn angeordnet wird (VBA-Verordnung - IG-L Steiermark). Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L) Steiermark. LGBl. Nr. 117/2014.
- IG-L Tirol, 2007: Verordnung des Landeshauptmannes vom 6. November 2007, mit der auf der A 12 Inntal Autobahn zwischen der Gemeinde Unterperfuss und der Gemeinde Ebbs eine immissionsabhängige Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit eingeführt wird. Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L) Tirol. LGBl. 72/2007.
- IG-L Tirol, 2014: Verordnung des Landeshauptmannes vom 17. November 2014, mit der für bestimmte Abschnitte der A 12 Inntal Autobahn und der A 13 Brenner Autobahn eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h festgesetzt wird (IG-L-Geschwindigkeitsbeschränkungsverordnung). Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L) Tirol. LGBl. Nr. 145/2014.
- INFRAS, 2014: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. HBEFA Version 3.2. INFRAS AG, Bern. Auftraggeber: Umweltbundesamt, Berlin (Deutschland); Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern (Schweiz); Umweltbundesamt, Lebensministerium und Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien (Österreich); Trafikverket (Schweden); ADEME (Frankreich); SFT (Norwegen) und JRC (Joint Research Center der Europäischen Kommission). 2014.
- IVU Umwelt, 2008: Durchführung von Grundsatzuntersuchungen zur Einrichtung von Umweltzonen in Ballungsräumen Sachsen-Anhalts. Auftraggeber: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt. 2008.
- IVU Umwelt, 2015: IMMIS^{em/luft/lärm} - Handbuch zur Version 6.0. IVU Umwelt GmbH, Freiburg. 2015.
- Land Steiermark, 2010: Regionales Verkehrskonzept Graz und Graz-Umgebung. Endbericht. Amt der Steiermärkischen Landesregierung. 2010.
- Land Steiermark, 2015: Jahresbericht 2014. Luftgütemessungen in der Steiermark. Bericht Nr. Lu-08-2015. Amt der Steiermärkischen Landesregierung. 2015.
- Land Steiermark, 2016: Monitoringbericht Oktober 2015 - März 2016. Luftreinhalteprogramm Steiermark 2014. Amt der Steiermärkischen Landesregierung. 2016.
- Land Tirol, 2008: 100 Tage VBA Umwelt Tirol. Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Verkehrsplanung. 2008.
- Land Tirol, 2016: Luftgüte in Tirol. Bericht über das Jahr 2015. Gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft und Verordnung über das Messkonzept zum IG-L. Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Waldschutz. 2016.
- Lohmeyer, 2013: LRP der Hansestadt Rostock - Anpassung des Analysefalls für NO₂ und PM_{2.5} an den aktuellen Datenstand sowie Berechnung der reduzierten NO₂-Gesamtbelastung bei Einsatz verkehrssteuernder Maßnahmen. Gutachten im Auftrag des LUNG, April 2013.
siehe http://www.lung.mv-regierung.de/umwelt/luft/archiv/lrp_hro_prognose2015.pdf

- MLU Sachsen-Anhalt, 2014: Luftreinhalteplan 2013 für die Lutherstadt Wittenberg. Entwurf. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (MLU) Sachsen-Anhalt. In Zusammenarbeit mit IVU Umwelt GmbH, Freiburg. 2014.
- MUGV, 2012: Luftreinhalte- und Qualitätsplan für die Landeshauptstadt Potsdam. Fortschreibung 2010-2015. Erarbeitet von VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH Berlin, IVU Umwelt Freiburg und LK Argus Berlin. Hrsg.: Landeshauptstadt Potsdam. Auftraggeber: Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (MUGV) des Landes Brandenburg. 2012.
- MWAT, 2008: Luftreinhalte- und Aktionsplan für die Hansestadt Rostock. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus (MWAT) Mecklenburg-Vorpommern. 2008.
- Neunhäuserer, L.; Diegmann, V., 2010: Analysis of the Impacts of an Environmental Traffic Management System on Vehicle Emissions and Air Quality. Proceedings "Transport and Air Pollution TAP 2010". 18th International Symposium. May 18-19, 2010 in Dübendorf, Switzerland. 2010.
- Oekoscience, 2012: Evaluation des flexiblen Tempolimits auf den drei Strecken der A12 bei Vomp, Kundl und Imst von Mai 2011 bis April 2012. Auftraggeber: Tiroler Landesregierung. 2012.
- Oekoscience, 2015: Evaluation des permanenten Tempolimits auf den drei Strecken der A12 bei Vomp, Kundl und Imst. November 2014 - Oktober 2015. Auftraggeber: Tiroler Landesregierung. 2015.
- RLS-90, 1992: Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90). Ausgabe 1990. Berichtigter Nachdruck Februar 1992. FGSV-Nr. 334. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). 1992.
- Rostock, 2008: Lärmaktionsplan der Hansestadt Rostock. 1. Stufe. Herausgeber: Hansestadt Rostock. 2008.
- Rostock, 2011: Umsetzungsbericht zur Lärminderung und Luftreinhaltung in der Hansestadt Rostock 2011. Amt für Umweltschutz unter Mitwirkung des Tief- und Hafenaufbauamtes sowie des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie MV, Juni 2011.
- Rostock, 2014: Lärmaktionsplan der 2. Stufe für den Ballungsraum Hansestadt Rostock. Herausgeber: Hansestadt Rostock. 2014.
- SBA Mittelthüringen, 2014: Netzknotenkarte (Ausschnitt). Straßenbauamt Mittelthüringen. 2014.
- Schall 03, 2014: Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03). Anlage 2 zu § 4 der Sechzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV). In der Fassung vom 18.12.2014. Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 61, S. 2269. 2014.
- UBA Österreich, 2015: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2014. Umweltbundesamt Österreich. Wien, 2015.
- UBA Österreich, 2016: Elfter Umweltkontrollbericht. Umweltsituation in Österreich. Umweltbundesamt Österreich. Wien, 2016.
- UVM-BS, 2010: Umweltorientiertes Verkehrsmanagement Braunschweig. Gemeinsamer Ergebnisbericht. Erarbeitete von IVU Umwelt GmbH, Freiburg; Bellis GmbH,

Braunschweig; BLIC GmbH, Berlin; VMZ Betreibergesellschaft mbH, Berlin. Fördermittelgeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) im Rahmen der Förderinitiative „Mobilität 21 - Beispiele für innovative Verkehrslösungen“. 2010.

UVM-BS, 2012: Umweltorientiertes Verkehrsmanagement Braunschweig - Stufe 2. Gemeinsamer Ergebnisbericht. Erarbeitete von IVU Umwelt GmbH, Freiburg; BELLIS GmbH, Braunschweig; BLIC GmbH, Berlin und WVI, Braunschweig. Fördermittelgeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) im Rahmen der Förderinitiative "Mobilität 21 - Beispiele für innovative Verkehrslösungen". 2012.

UVM-EF-GK, 2015: Landeshauptstadt Erfurt, Stadtverwaltung (unter Mitwirkung von pwp-systems): Umweltorientiertes Verkehrsmanagement Erfurt (UVE). Gesamtkonzept. Fortschreibung. Erfurt, 2015.

UVM-WE-GK, 2014: Kraus, Th.: Umweltorientiertes Verkehrsmanagement Weimar. Grobkonzept. pwp-systems GmbH, Halle, 2014.

VBA-IG-L, 2007: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung allgemeiner Kriterien für Verkehrsbeneinflussungssysteme gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (VBA-Verordnung - IG-L). In der Fassung vom 31.10.2007. BGBl. Nr. II 302/2007.

Weimar, 2008: Lärmaktionsplan Weimar. 2008.

WVI, 2012: Umweltorientiertes Verkehrsmanagement Braunschweig - Stufe 2. Ergebnisbericht der WVI Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH, Braunschweig. Fördermittelgeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) im Rahmen der Förderinitiative "Mobilität 21 - Beispiele für innovative Verkehrslösungen". 2012.

Wittenberg, 2008: Luftreinhalteplan Lutherstadt Wittenberg. 2008.

Yamartino, R. J.; Wiegand, G., 1986: Development and Evaluation of Simple Models for the Flow, Turbulence and Pollutant Concentration Fields within an Urban Street Canyon. Atmospheric Environment 20 Nr. 11, S. 2137-2156. 1986.