

Anhang 2 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 2

bast

Anlage 2 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 2 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	9
2	Rechtsrahmen	11
2.1	Aufgabenstellung und Grundlagen	11
2.2	Beurteilung der Luftschadstoff- und Lärmbelastungen	12
2.2.1	Historie	12
2.2.2	Beurteilung der Luftqualität	12
2.2.3	Beurteilung der Lärmbelastung	14
2.2.4	Kommentar	15
2.3	Zur Konformität von Maßnahmen mit dem Gesetzesrahmen	15
2.3.1	Verhältnismäßigkeitsgrundsatz bei Maßnahmen des UVM	15
2.3.2	Konkretisierung des gesetzlichen Rahmens	17
2.3.3	Diskussion der in den UG realisierten Maßnahmen	18
2.3.4	Beispiele zukünftiger Maßnahmen zum Erreichen des NO ₂ -Ziels	26
2.4	Vertragsverletzungsverfahren bei Nichteinhaltung der Grenzwerte	28
2.4.1	Außergerichtliches Vorverfahren	28
2.4.2	Gerichtliches Verfahren	28
2.4.3	Innerstaatliche Lastentragung	29
2.4.4	Höhe der Strafzahlungen	30
2.5	Klagen und Gerichtsurteile	30
2.6	Vorschlag für aus dem Rechtsrahmen abgeleitete Indikatoren zur Bewertung von UVM Maßnahmen	33
3	Marktanalyse	35
4	Betriebserfahrungen	39
5	Validierung - Vergleich von Modellwerten mit Messungen	41
5.1	Braunschweig	42
5.1.1	Verkehr	42
5.1.1.1	Verkehrsstärke	42
5.1.1.2	Flottenzusammensetzung	44
5.1.1.3	Umwelt-LOS (level of service)	44
5.1.2	Umwelt	45
5.1.2.1	PM10	45
5.1.2.2	NO ₂	49
5.1.3	Diskussion	53
5.1.4	Vorhersage	55
5.1.4.1	Verkehr	55
5.1.4.2	Kurzfristvorhersage der Vorbelastung und Meteorologie mittels Regression	56
5.1.4.3	Modellbasierte Vorhersage mit EURAD	58
5.2	Erfurt	60
5.2.1	Verkehr	60
5.2.2	Umwelt	61

5.3	Potsdam	62
5.3.1	Verkehr	62
5.3.2	Umwelt	63
5.3.2.1	Datengrundlage	63
5.3.2.2	Methodik	64
5.3.2.3	Ergebnisse	64
5.3.2.4	Aktualisierung HBEFA 3.2	69
5.4	Lutherstadt Wittenberg	70
5.4.1	Verkehr	70
5.4.2	Umwelt	71
5.4.2.1	Datengrundlagen	71
5.4.2.2	Auswertemethodik	72
5.4.2.3	Ergebnisse für PM10 (Statistisches Modell)	73
5.4.2.4	Ergebnisse für PM10 unter Einbeziehung von EURAD-Vorhersagen	78
5.4.2.5	Ergebnisse für meteorologische Vorhersagen	80
5.5	UVM Steiermark / Österreich	83
5.5.1	Verkehr	83
5.5.2	Umwelt	83
6	Literatur	85
A	Anhang A: Ergebnisse der Befragung zum Betrieb von UVM-Systemen	89
A.1	Teil 1: Allgemeine Fragen	89
A.2	Teil 2: Investitionen und Betriebskosten	94
A.3	Teil 3: Wirksamkeit des UVM	98
A.4	Teil 4: Akzeptanz der UVM Maßnahmen	102
A.5	Teil 5: Einschätzung zum Synergiepotential bei Kopplung UVM + VM	105
A.6	Teil 6: Probleme beim Zusammenwirken von UVM und VM	106
B	Anhang B	109
B.1	NO ₂ -Validierungsdaten Potsdam 2015	109
B.2	NO _x -Validierungsdaten Potsdam 2015	112

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1:	Beispiel für die Gestaltung der „Blauen Plakette“ (Quelle: © Green-Zones GmbH)	27
Abbildung 5-1:	Vergleich der stündlichen Verkehrsmengen Modellierung zu Detektion am Beispiel der Messstelle MS129	43
Abbildung 5-2:	Darstellung der stündlichen Zeitreihe der modellieren und gemessenen PM10-Konzentration im Altewiekring	46
Abbildung 5-3:	Paarweiser Vergleich der stündlichen Modell- und Messwert der PM10-Konzentration im Altewiekring mit statistischen Kenngrößen.	46
Abbildung 5-4:	Auswertung von aggregierten Ganglinien der modellieren und gemessenen PM10-Konzentration im Altewiekring	47
Abbildung 5-5:	Häufigkeit einer Windrichtung, Korrelation und Abweichung Modell- vom Messwert für PM10 in Abhängigkeit von der Windrichtung	48
Abbildung 5-6:	Darstellung der stündlichen Zeitreihe der modellieren und gemessenen NO ₂ -Konzentration im Altewiekring	49
Abbildung 5-7:	Paarweiser Vergleich der stündlichen Modell- und Messwerte der NO ₂ -Konzentration im Altewiekring.	50
Abbildung 5-8:	Paarweiser Vergleich der stündlichen kalibrierten Modell- und Messwerte der NO ₂ -Konzentration im Altewiekring.	50
Abbildung 5-9:	Auswertung von aggregierten Ganglinien der modellierten und gemessenen NO ₂ -Konzentration im Altewiekring mit Kalibrierung	51
Abbildung 5-10:	Häufigkeit einer Windrichtung, Korrelation und Abweichung Modell- vom Messwert für NO ₂ in Abhängigkeit von der Windrichtung	52
Abbildung 5-11:	Vergleich der fahrtrichtungsbezogenen modellierten und detektierten stündlichen Kfz- und SLkw-Verkehrsstärken im Altewiekring	54
Abbildung 5-12:	Vergleich von aggregierten Tagesganglinien der Verkehrsstärke in Kfz/Stunde (links) und SLkw/Stunde (rechts) im Altewiekring Richtung Süden (oben) Richtung Norden (unten)	55
Abbildung 5-13:	Vorhersage +1 Stunde	56
Abbildung 5-14:	Vorhersage +2 Stunde (oben) +3 Stunde (unten)	57
Abbildung 5-15:	Vergleich der Vorhersage für die 1. Stunde mit Messwerten	58
Abbildung 5-16:	EURAD-Vorhersagen für den aktuellen Tag	59
Abbildung 5-17:	VMP-EF – Verkehrslage (pwp)	60
Abbildung 5-18:	Fundamentaldiagramm - Bestimmung HBEFA-Verkehrssituation	62
Abbildung 5-19:	Scatterplot der gemessenen und modellierten NO ₂ -, NO _x - Halbstundenwerte (oben) und PM10-Tagesmittelwerte (unten) am Hotspot Zeppelinstraße	66
Abbildung 5-20:	Zeitreihe der gemessenen und modellierten Tagesmittelwerte der Gesamtbelastung NO _x (oben), NO ₂ (Mitte), PM10 (unten) am Hotspot Zeppelinstraße	67
Abbildung 5-21:	Modellierte und gemessene NO ₂ , NO _x und PM10-Monatsmittelwerte 2014 am Hotspot Zeppelinstraße	68
Abbildung 5-22:	Scatterplot der gemessenen und modellierten NO ₂ -Gesamtbelastung am Hotspot Zeppelinstraße nach dem Systemupdate im Dezember 2014	69
Abbildung 5-23:	VL-ST, Bereich Wittenberg – Verkehrslage (pwp)	70
Abbildung 5-24:	Vergleich der PM10-Tagesmittelwerte der ProFet 7-Vorhersagewerte PM10-V(stat) mit Messdaten für die Station Wittenberg -Verkehr (M002) auf Basis des statistischen Ansatzes im Zeitraum Januar	

	2012 bis Dezember 2014. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen. WGCC repräsentiert die PM10-Hintergrundbelastung.	74
Abbildung 5-25:	Scatterplot der gemessenen und mit ProFet 7 modellierten PM10-Tagesmittelwerte (Tagesvorhersage) am Hotspot Dessauer Straße für den Zeitraum 01.01.2012 bis 31.10.2015. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen	74
Abbildung 5-26:	Vergleich der PM10-Tagesmittelwerte der ProFet 7-Vorhersagewerte PM10-V(stat) mit Messdaten für die Station Wittenberg -Verkehr (M002) auf Basis des statistischen Ansatzes (Vortagesvorhersage) im Zeitraum Januar 2012 bis Dezember 2014. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen. WGCC repräsentiert die PM10-Hintergrundbelastung	76
Abbildung 5-27:	Scatterplot der gemessenen und mit ProFet 7 modellierten PM10-Tagesmittelwerte (Vortagesvorhersage) am Hotspot Dessauer Straße für den Zeitraum 01.01.2012 bis 31.10.2015. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen.	78
Abbildung B-1:	Zeitreihe der halbstündlichen NO ₂ -Mess- und Modellwerte	109
Abbildung B-2:	Scatterplot und Regressionsdaten der halbstündlichen NO ₂ -Mess- und Modellwerte	109
Abbildung B-3:	Ganglinien der halbstündlichen NO ₂ -Mess- und Modellwerte	110
Abbildung B-4:	Korrelationsanalyse der halbstündlichen NO ₂ -Mess- und Modellwerte	111
Abbildung B-5:	Zeitreihe der halbstündlichen NO _x -Mess- und Modellwerte	112
Abbildung B-6:	Scatterplot und Regressionsdaten der halbstündlichen NO _x -Mess- und Modellwerte	112
Abbildung B-7:	Ganglinien der halbstündlichen NO _x -Mess- und Modellwerte	113
Abbildung B-8:	Korrelationsanalyse der halbstündlichen NO _x -Mess- und Modellwerte	114

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1:	Grenzwerte der 39. BImSchV	13
Tabelle 2-2:	Umgesetzte Maßnahmen in den Untersuchungsgebieten	18
Tabelle 2-3:	Übersicht über die von der DUH eingereichten Klagen	31
Tabelle 3-1:	Weitere nationale UVM, laufend (L), geplant (P) oder untersucht (U)	35
Tabelle 3-2:	Internationale UVM, laufend (L), geplant (P) oder abgeschlossen (A)	37
Tabelle 5-1:	Verfügbarkeit der Meteorologiedaten, der Umweltmessdaten und der Verkehrsdaten für die Station Potsdam-Zentrum und Zeppelinstraße	64
Tabelle 5-2:	Modellierte Jahresmittelwerte der Immissionen 2014 an den Hotspots im Vergleich mit Messwerten	65
Tabelle 5-3:	Physikalische Kenngrößen bzw. Parameter, welche in ProFet verwendet werden	72
Tabelle 5-4:	Statistische Kenngrößen des Vergleiches der ProFet 7-Vorhersagewerte mit Messdaten für die Station Wittenberg - Dessauer Straße auf Basis des statistischen Ansatzes im Zeitraum Januar 2012 bis Oktober 2015. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen.	75
Tabelle 5-5:	Statistische Kenngrößen des Vergleiches der ProFet 7-Vorhersagewerte (Vortagesvorhersage) mit Messdaten für die Station Wittenberg - Dessauer Straße auf Basis des statistischen Ansatzes im Zeitraum Januar 2012 bis Oktober 2015. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen.	77
Tabelle 5-6:	Statistische Kenngrößen des Vergleiches der ProFet-Vorhersagewerte mit Messdaten für die Station Wittenberg-Verkehr auf Basis des statistischen Ansatzes (oben) bzw. EURAD-Ansatzes (unten) im Zeitraum August 2006 bis Januar 2007. Meteorologische Grundlage für Zusatzbelastung = DWD-Vorhersagen	79
Tabelle 5-7:	Statistische Kenngrößen der linearen Regression ($y=a x+b$) zwischen DWD-Vorhersagewert und Messwert (Temperaturen und tagesmittlere Windgeschwindigkeit) für die DWD-Station Wittenberg für 2006/2007	81

1 Einführung

Die Anlage 2 beschreibt, ergänzend zum Schlussbericht zum Forschungsprojekt „Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement“, in Abschnitt 2 den Rechtsrahmen der UVM. In Abschnitt 3 wird eine Marktanalyse durchgeführt, in Abschnitt 4 die Betriebserfahrungen bisher umgesetzter UVM zusammengestellt. Weiterhin wurden in Abschnitt 5 die Verkehrs- und Umweltmodule hinsichtlich ihrer Vorhersagegüte anhand von Validierungsuntersuchungen, also einem Vergleich von Modellwerten mit Messungen, bewertet.

2 Rechtsrahmen

2.1 Aufgabenstellung und Grundlagen

Der Rechtsrahmen für ein UVM-System mit Eingriffen in den Straßenverkehr wird durch die EU-Gesetzgebung bestimmt, die über das Bundesimmissionsschutzgesetz¹ in nationales Recht umgesetzt wurde. Die darauf aufbauende aktuelle 39. Bundesimmissionschutzverordnung² definiert die unmittelbare Umsetzung des BImSchG.

In der 39. BImSchV werden Messverfahren, Zielwerte, Immissionsgrenzwerte und Alarmschwellen sowie Emissionshöchstmengen u. a. für die wichtigsten Bestandteile von Schadstoffen des motorisierten Verkehrs erfasst. Relevant für die vorliegende Untersuchung sind dabei die § 3, 4, 5, in denen Immissionsgrenzwerte und Alarmschwellen für NO₂ /NO_x, PM10 und PM2,5 festgelegt sind, § 23 (Einhaltung von langfristigem Ziel, nationalem Ziel und Zielwerten), § 28 (Pläne für kurzfristige Maßnahmen), die § 31 und 32 (Öffentlichkeitsarbeit) sowie § 35 (Programme der Bundesregierung).

Der Rechtsrahmen wird ergänzt durch die Straßengesetze des Bundes und der Länder sowie durch die Straßen-Verkehrs-Ordnung (StVO) und die Straßen-Verkehrs-Zulassungsordnung (StVZO), die die Nutzung von Straßeninfrastruktur sowie die Eigenschaften der für den Straßenverkehr zugelassenen Fahrzeuge regeln.

Schließlich gilt es, die Bundeshaushaltsordnung (§ 7 Abs. 2) und das Haushaltsgrundsätzegesetz³ § 6 Abs. 2 zu beachten, wonach für alle finanzwirksamen Maßnahmen angemessene Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchzuführen sind. Dies gilt auch für die Investitionen in VM- und UVM-Systeme entsprechenden Umfangs. UVM-Maßnahmen müssen dabei - unter Berücksichtigung von Aufwand und Nutzen – „verhältnismäßig“ sein. Dazu muss der Begriff „Verhältnismäßigkeit“ eingegrenzt werden.

Nachfolgend wird zunächst aufgezeigt, wie sich die Aufgabe des Umweltschutzes nach und nach zu einer Kernaufgabe der EU entwickelt hat und wie sich daraus die gesetzlichen Vorschriften für die Mitgliedsländer der EU ableiten. Sodann wird die Frage diskutiert, wie der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz bei der Auswahl von UVM-Maßnahmen anzuwenden ist und wie die bisher umgesetzten UVM-Maßnahmen sowie weitere, derzeit in Diskussion befindliche Maßnahmen unter diesem Aspekt einzustufen sind.

Die Überlegungen führen zu einem Vorschlag für Bewertungsindikatoren als Grundlage der Bewertung der Systeme in den ausgewählten Untersuchungsgebieten.

¹ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz BImSchG) (letzte Fassung v. 31.08.2015)

² Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung - 37. über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV), letzte Fassung v. 31.08.2015.) vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2244) geändert worden ist

³ Bundeshaushaltsordnung (BHO) v. 3.12.2015 und Gesetz über die Grundsätze des Haushaltsrechts des Bundes und der Länder (Haushaltsgrundsätzegesetz - HGrG) v. 15. Juli 2013.

2.2 Beurteilung der Luftschadstoff- und Lärmbelastungen

2.2.1 Historie

Für die Entwicklung einer eigenständigen EU-Umweltpolitik gilt die Pariser Gipfelkonferenz von 1972⁴ als Meilenstein. 1973 wurde das erste Umweltaktionsprogramm (UAP) verabschiedet, das die Leitlinien zur Entwicklung einer gemeinschaftlichen Umweltpolitik festschrieb. 1981 wurde eine neue Generaldirektion XI „Umwelt, nukleare Sicherheit und Katastrophenschutz“ geschaffen und damit der Umweltschutz als Aufgabe EU vorbereitet. Als offizielles Handlungsfeld wurde die Umweltpolitik jedoch erst 1987 mit primärrechtlichem Rang im EWG-Vertrag verankert. Weitere Stationen waren die Verträge von Maastricht (1993) und von Amsterdam (1999), die die Nachhaltigkeit zu einem vorrangigen Ziel der Union machten. Seit dem Vertrag von Lissabon (2009) gilt ein effizienteres Entscheidungsverfahren, wobei Rat und Parlament gemäß dem ordentlichen Gesetzgebungsverfahren über das Tätigwerden der EU entscheiden (Art. 192 AEUV).

Die Umweltpolitik der Union trägt zur Verfolgung der nachstehenden Ziele bei Art. 191 (ex-Artikel 174 EGV)⁵:

- A. Erhaltung und Schutz der Umwelt sowie Verbesserung ihrer Qualität;
- B. Schutz der menschlichen Gesundheit;
- C. umsichtige und rationelle Verwendung der natürlichen Ressourcen;
- D. Förderung von Maßnahmen auf internationaler Ebene zur Bewältigung regionaler oder globaler Umweltprobleme und insbesondere zur Bekämpfung des Klimawandels.

Die Europäische Union schreibt in der Umweltpolitik für die Mitgliedsländer verpflichtende Verordnungen (allgemeine Regelung mit unmittelbarer innerstaatlicher Geltung), und Richtlinien (allgemeine Regelung, die von den Mitgliedstaaten in staatliches Recht umzusetzen ist) u.a. zur Luftqualität und zu Lärmimmissionen vor und wirkt damit bis in die kommunale Ebene mit betroffenen Bürgerinnen und Bürgern ein.

2.2.2 Beurteilung der Luftqualität

Aktuelle Basis für die Beurteilung der Luftqualität zur Abwendung von Gesundheitsgefahren durch Stickstoffdioxid und Feinstaub ist die Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG, die mit Wirkung zum 11. Juni 2010 eingeführt worden ist.

Die notwendige Umsetzung der Richtlinie in nationales Recht ist in Deutschland durch eine Anpassung des Bundesimmissionsschutzgesetzes und dem Erlass der 39. BImSchV erfolgt.

Die für die Bewertung straßenverkehrsbedingter Immissionen relevanten Grenzwerte der 39. BImSchV sind in Tabelle 2-1 angegeben.

⁴ https://de.wikipedia.org/wiki/Umweltpolitik_der_Europ%C3%A4ischen_Union

⁵ <https://dejure.org/gesetze/AEUV/191.html>

Tabelle 2-1: Grenzwerte der 39. BImSchV

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen/Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM2,5)	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	seit 2015

Im Rahmen der Konkretisierung der Ziele für die Luftreinhaltung hat die 39. BImSchV die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität, die Auswahl der relevanten Gebiete, den Aufbau eines Messstellennetzes sowie die Messmethoden definiert. So werden Messstationen unter anderem an viel befahrenen Straßen (Hotspots) oder auch in Parks oder Wäldern (Hintergrundwerte) angeordnet.⁶

Die Mitgliedstaaten müssen die Luftqualität in ihren Ballungsräumen und in besonders definierten weiteren Gebieten überwachen. Zuständig für die Überwachung der Luftqualität in Deutschland sind die Bundesländer. Sie sind bei Überschreitung der definierten Grenzwerte für die Erstellung von Luftreinhalteplänen verantwortlich. Luftreinhaltepläne enthalten Maßnahmen, die ein Überschreiten von Grenzwerten verhindern sollen. Die Umsetzung geeigneter Maßnahmen ist Aufgabe der Kommunen. Sofern es sich um Maßnahmen im Straßenverkehr handelt, ist das Einvernehmen mit den zuständigen Straßenbau- und Straßenverkehrsbehörden erforderlich (§ 47 Abs. 4 BImSchG). Die Öffentlichkeit ist bei der Aufstellung der Pläne zu beteiligen (§ 47 Abs. 5 BImSchG).

Auf der Grundlage dieser bundesgesetzlichen Regelungen wird die Luftqualität in Ballungsgebieten durchgängig durch Messung oder Modellrechnung überwacht. Wird dabei festgestellt, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Immissionsgrenzwerte überschritten werden, müssen diese Überschreitungen mit allen erforderlichen Daten über die obersten Landes- und Bundesfachbehörden der EU-Kommission mitgeteilt werden. Diese Mitteilung muss spätestens im Jahr nach Feststellung der Überschreitungen abgegeben werden⁷.

Im darauf folgenden Jahr muss der Kommission über die ergriffenen Maßnahmen zur Verringerung der Luftbelastung berichtet werden (§ 31 der 39. BImSchV i. V. m. Kap. V der Richtlinie 2008/50/EG). Innerhalb dieses Zeitfensters muss die zuständige Behörde ihrer gesetzlichen Verpflichtung nachkommen und einen Luftreinhalteplan (LRP) aufstellen, der die erforderlichen Maßnahmen zur dauerhaften Verminderung von Luftverunreinigungen festlegt (§ 47 Abs. 1 BImSchG).

Gegenstand eines solchen Luftreinhalteplans ist im Wesentlichen (Anlage 13 zur 39. BImSchV):

- die Beschreibung der Überschreitungssituation,
- die Verursacheranalyse,

⁶ Kohoutek, Sven: Quantifizierung der Wirkungen des Straßenverkehrs auf Partikel- und Stickoxid-Immisionen, Dissertation 2010, Darmstadt.

⁷ Das „Notifizierungsverfahren“ regelt die Voraussetzungen für die Gewährung möglicher Fristverlängerungen bei Nichteinhaltung der Grenzwerte von PM10 und NO₂.

- die Betrachtung der voraussichtlichen Entwicklung der Belastungssituation und
- die Bestimmung von Maßnahmen.

2.2.3 Beurteilung der Lärmbelastung

Die Richtlinie über Umgebungslärm trägt dazu bei, die Lärmpegel in der EU zu ermitteln und die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um diese Pegel auf ein hinnehmbares Maß zu senken. Für Lärm aus spezifischen Quellen gelten gesonderte Rechtsvorschriften⁸.

Umgebungslärm: Die Rahmenrichtlinie über Umgebungslärm (die gegenwärtig einem Eignungstest unterzogen wird) zielt darauf ab, die Belastung durch Umgebungslärm zu verringern, indem Lärmindizes und Bewertungsmethoden harmonisiert, Informationen über Lärmbelastung anhand sogenannter „Lärmkarten“ ermittelt und diese Informationen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Auf dieser Grundlage sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, Aktionspläne auszuarbeiten, um gegen die Lärmprobleme vorzugehen. Lärmkarten und Aktionspläne müssen mindestens alle fünf Jahre überarbeitet werden.

Auch die Lärmemissionen aus Kfz unterliegen einer zunehmenden Verschärfung. Mit der Verordnung (EU) Nr. 540/2014 wurden Grenzwerte für den zulässigen Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen festgelegt und ein neues Prüfverfahren für die Messung von Geräuschemissionen, die Senkung der derzeit geltenden Geräuschgrenzwerte und die Aufnahme zusätzlicher Bestimmungen über Geräuschemissionen in das Typgenehmigungsverfahren eingeführt.

Die Umgebungslärmrichtlinie ging mit einer Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in deutsches Recht über. Der sechste Teil des BImSchG „Lärminderungsplanung“ umfasst nun die Paragraphen 47a bis 47f und beinhaltet – neben Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen – Aussagen zu Zuständigkeiten, Zeiträumen und Anforderungen an Lärmkarten und Lärmaktionspläne⁹. Dabei gelten im Gegensatz zur Luftqualität, mit verbindlichen Grenzwerten, nur die folgenden Zielwerte:

- Zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken sollten 65 dB(A) tags beziehungsweise 55 dB(A) nachts nicht überschritten werden (Minimalziel).
- Zur Vermeidung erheblicher Belästigungen sollten die Belastungen auf 55 dB(A) tags beziehungsweise 45 dB(A) nachts gesenkt werden (Mittleres Ziel).
- Langfristig sollten Werte von 50 dB(A) tags beziehungsweise 40 dB(A) nachts angestrebt werden (Optimaler Schutz).

Wenngleich dieses Ziel besonders in Innenstädten auch langfristig kaum zu erreichen ist, so sind die Zielwerte als Schadensschwelle bedeutsam, zum Beispiel für Kosten-Nutzen-Bewertungen oder Entschädigungsregelungen.

Lärmquellen können bei gleichem Pegel unterschiedlich beeinträchtigen. Im Nationalen Verkehrslärmschutzpaket II formuliert das Bundesministerium für Verkehr, Bau und

⁸ Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm.

⁹ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/umgebungslaermrichtlinie/laermaktionsplanung>

Stadtentwicklung relative Minderungsziele, die bis zum Jahr 2020 gegenüber 2008 erreicht werden sollen:

- zehn dB(A) für Schienenverkehrslärm,
- fünf dB(A) für Straßenverkehrslärm und
- drei dB(A) für Fluglärm.

2.2.4 Kommentar

Die gesetzlichen Vorgaben zur Einhaltung der Grenzwerte für PM10 und NO₂ bedeuten hinsichtlich der Verkehrsorganisation erhebliche Anstrengungen auf kommunaler Ebene, da dies allein durch die Entwicklung der Fahrzeugemissionen nicht möglich war.

Auch hat es die Fahrzeugindustrie nicht geschafft, die Minderung der Fahrzeugemissionen im Realbetrieb in dem Maße zu realisieren, wie bei Festlegung der Immissionsgrenzwerte vorhergesagt.

Insbesondere in Ballungsräumen mit hohen Verkehrs- und Bebauungsdichten stellt die Grenzwerteinhaltung durch verkehrsplanerische Maßnahmen eine sehr große Herausforderung dar. Es gibt zwar eine Vielzahl von Maßnahmen mit nachgewiesenen Minderungspotenzialen, die politische Umsetzbarkeit in Abwägung zwischen Gesundheitsschutz und Sicherstellung der Mobilität stellt aber das eigentliche Kernproblem dar.

Das im Verkehrswesen Neue dieser historischen Entwicklung ist, dass die EU-Vorgaben zu Grenzwerten direkt Gesetzeskraft haben und in allen Mitgliedsländern innerhalb der vorgesehenen Fristen einzuhalten sind.

In anderen Feldern der Mobilitätsplanung wie z. B. Verkehrsablauf, Leistungsfähigkeit von Verkehrsanlagen oder Erreichbarkeit von Zielen basieren die Planungsansätze auf technischen Regelwerken. Die Einhaltung von Grenzwerten wird dort zwar angestrebt, die Grenzwerte selbst sind aber nicht verbindlich. So sind beispielsweise raumordnungspolitische Normen zur Erreichbarkeit von Einrichtungen der Daseinsvorsorge zwar gesetzlich fundiert, ihre Konkretisierung wird jedoch Regelwerken ohne gesetzliche Bindung überlassen¹⁰. Verkehrsteilnehmer, die aufgrund von Staus regelmäßig verspätet an ihr Ziel kommen, können gegen derartige Missstände nicht klagen, es gibt für Mobilität keine gesetzlichen Vorgaben mit Rechtsanspruch.

Anders stellt sich die Situation im Bereich von Luftqualität und Lärmimmissionen dar. Jeder Bürger / jede Bürgerin kann sich auf die Grenzwerte der EU bzw. 39. BImSchV berufen und deren Einhaltung einklagen.

2.3 Zur Konformität von Maßnahmen mit dem Gesetzesrahmen

2.3.1 Verhältnismäßigkeitsgrundsatz bei Maßnahmen des UVM

„Der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz ist ein (ungeschriebener) Teil des Rechtsstaatsprinzips. ... Bei dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz geht es darum, dass die staatliche Gewalt gegenüber den Bürgern schonend und nur bei wirklicher Dringlichkeit angewandt werden soll“¹¹.

¹⁰ FGSV, RIN

¹¹ <http://www.juraindividuell.de/pruefungsschemata/der-verhaeltnismaessigkeitsgrundsatz/>, abgerufen am 2.12.2016

Die Rechtsgrundlage und Daseinsberechtigung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen den Freiheitsrechten eines jeden Einzelnen und der Einbindung der betroffenen Person in die Gesellschaft. So ist der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz ein Mittel der Abwägung.

Die **Prüfung der Verhältnismäßigkeit** von Maßnahmen des UVM umfasst folgende Punkte: die Maßnahme muss

1. einem legitimen Zweck dienen,
2. sie muss geeignet sein,
3. sie muss erforderlich sein und
4. sie muss angemessen sein¹².

Die Maßnahme ist dann geeignet, wenn der damit verfolgte Zweck erreicht werden kann. Wenn die Erfüllung des Zwecks mit der Maßnahme objektiv unmöglich oder nur unzureichend möglich ist, ist die Maßnahme ungeeignet.

Erforderlich ist die Maßnahme, wenn es keine weniger eingreifende Maßnahme gibt, die denselben Erfolg mit gleicher Sicherheit erzielt.

Die Maßnahme ist angemessen, wenn der beabsichtigte Zweck, Grenzwerte einzuhalten, nicht außer Verhältnis zu der Schwere des Eingriffs steht. Dieser Aspekt wird häufig auch als „Verhältnismäßigkeit im engeren Sinne“ bezeichnet. Er beschäftigt sich mit der Zumutbarkeit der gewählten Maßnahme. Hier muss also die Abwägung zwischen den betroffenen Rechtsgütern erfolgen.

Bei der Abwägung der beiden Rechtsgüter ist zu beachten, dass der zu erreichende Zweck mindestens so bedeutsam sein muss wie das Rechtsgut, in welches eingegriffen werden soll. In diese Abwägung sind grundsätzlich alle vorhandenen Rechtspositionen und Wertentscheidungen einzubeziehen, die die Maßnahme und das dadurch eingeschränkte Rechtsgut betreffen.

Somit ist die Gewichtigkeit der Rechtsgüter zu bestimmen und anschließend ist die Intensität der Gefährdung des zu schützenden Rechtsgutes gegen die Schwere der Beeinträchtigung des Rechtsgutes, in welches eingegriffen werden soll, abzuwägen. Gute Anhaltspunkte für die Darstellung der Schwere der Beeinträchtigung sind die Dauer, das Ausmaß und die Häufigkeit der Maßnahme.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich, dass jede UVM-Maßnahme einzeln auf Angemessenheit zu prüfen ist. Dabei stehen die Schutzgüter „Gesundheit der Bevölkerung“ dem Rechtsgut der „Freiheit des Einzelnen“ im Hinblick auf seine Mobilität gegenüber. Die Rechtsprechung hat aber keine weitere Konkretisierung vorgenommen. Es ist also unklar, ab wann die Beeinträchtigung der individuellen Mobilität durch Maßnahmen des UVM z. B. in Form von Reisezeit-Erhöhungen als unzumutbar angesehen werden muss oder wie viele Personen betroffen sein müssen, um eine Unzumutbarkeit festzustellen.

Technische Regelwerke können in dieser Diskussion eine Hilfe sein. Im Folgenden soll für im Rahmen von UVM realisierte oder in Diskussion befindliche Maßnahmen der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz auf der Prozessebene konkretisiert werden.

¹² <https://dejure.org/gesetze/AEU/191.html>, abgerufen am 3.8.2018

2.3.2 Konkretisierung des gesetzlichen Rahmens

Legitimität der Maßnahme

Das Bundesimmissionsschutzgesetz in Verbindung mit der 39. BImSchV bestimmt, dass bei Überschreitung von Immissionsgrenzwerten Luftreinhaltepläne zu erstellen sind, die Maßnahmen enthalten, die den Zeitraum einer Nichteinhaltung so kurz wie möglich halten. In Luftreinhalteplänen enthaltene Maßnahmen erhalten damit aufgrund des Umstands, dass sie einem Luftreinhalteplan entstammen, die notwendige Legitimitätsgrundlage. Dabei ist es Aufgabe der zuständigen Immissionsschutzbehörden in Zusammenarbeit mit den Kommunen, Luftreinhaltepläne zu erstellen und die dort vorgesehenen Maßnahmen umzusetzen.

Bei Eingriffen in den Verkehrsablauf muss geprüft werden, wer für die jeweilige Straße hinsichtlich Bau und Betrieb zuständig ist. Nach §5, Bundesfernstraßengesetz FStrG sind bei Gemeinden mit mehr als 80 000 Einwohnern für Ortsdurchfahrten im Zuge von Bundesstraßen die Gemeinden Träger der Straßenbaulast. In Gemeinden mit weniger als 80 000 Einwohnern ist der Bund Träger der Baulast. Die Bundesländer üben die Straßenaufsicht im Auftrag des Bundes aus.

Wenn die Ortsdurchfahrt eine Landes- oder Kreisstraße ist, sind nach den jeweiligen Straßengesetzen der Bundesländer bei Gemeinden mit mehr als 30.000 Einwohnern (Thüringen), bzw. 50 000 Einwohnern (Brandenburg, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt) die Gemeinden Träger der Straßenbaulast. Maßnahmen, die auf Straßen vorgesehen werden, die nicht in der Baulast der Gemeinde sind, können daher nur in Abstimmung mit dem zuständigen Baulastträger realisiert werden.

Eignung

Ob eine bestimmte Maßnahme des Luftreinhalteplans geeignet ist, kann nur planerisch geprüft werden¹³. Dazu werden in der Regel Modellrechnungen u.a. auf Basis von Verkehrsdaten/Verkehrsvorhersagen, Fahrzeugflottenentwicklungen und meteorologischen Eingangsdaten eingesetzt. Eine Maßnahme ist dann geeignet, wenn sie mit großer Sicherheit erwarten lässt, dass das angestrebte Ziel in dem vorgegebenen Zeitraum erreicht wird.

Die im Rahmen dieses Forschungsprojekts untersuchten UVM-Systeme umfassen in allen Fällen nur Maßnahmen, deren Wirkung ex ante ermittelt und als ausreichend zur Zielerreichung qualifiziert worden sind. Das gibt die Möglichkeit, die tatsächliche Wirkung mit der ex ante vorhergesagten Wirkung zu vergleichen und daraus Rückschlüsse auf die Verfahrensqualität und ggf. notwendige Verfahrensverbesserungen abzuleiten.

Erfordernis

Die generelle Erfordernis zur Umsetzung von Maßnahmen ergibt es aus der notwendigen Einhaltung der lufthygienischen Grenzwerte. Sie stellt daher eine Pflichtaufgabe für die zuständigen Immissionsschutzbehörden und Kommunen dar.

Der Nachweis des Erfordernisses für eine *bestimmte* Maßnahme bedingt, dass der Lösungsraum möglicher Maßnahmen ausgelotet wird. In der Regel gibt es mehrere in Betracht kommende Maßnahmen oder Maßnahmenvarianten, die das Ziel als erreichbar erscheinen lassen und die damit den Lösungsraum beschreiben.

¹³ LUBW: Modellierung verkehrsbedingter Immissionen, Grundlage HBEFA 3.1, Karlsruhe Dezember 2010

Somit ergibt sich durch die notwendige Abwägung mit anderen Interessen (und ggf. Schutzgütern) ein gewisser planerischer Spielraum bei der Festlegung der konkreten Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel.

Angemessenheit

Wenn der Nachweis des Erfordernisses einer Maßnahme geführt ist, wird die Angemessenheit geprüft. Der Rang des Schutzgutes „Luftreinhaltung zum Schutz der menschlichen Gesundheit“ wird allein aufgrund seiner gesetzlichen Grundlage gegenüber dem Rang des Schutzgutes der „individuellen Mobilität“ in der Regel Vorrang haben.

Um unzumutbare Beeinträchtigungen im Einzelfall jedoch zu vermeiden, kann das Instrument der Ausnahmegenehmigung genutzt werden. Auch kann berücksichtigt werden, dass mit zumutbaren Umrüstmaßnahmen an Fahrzeugen Fahrverbote verhindert werden können. Da Ausnahmegenehmigungen die positive Wirkung einer Maßnahme beeinträchtigen, muss dieses Thema im Kontext der Eignungsprüfung mit behandelt werden.

2.3.3 Diskussion der in den UG realisierten Maßnahmen

In den fünf ausgewählten Untersuchungsgebieten wurden die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Maßnahmen umgesetzt:

Tabelle 2-2: Umgesetzte Maßnahmen in den Untersuchungsgebieten

Indikator Beschreibung	Braunschweig	Erfurt	Potsdam	Wittenberg	Steiermark
M1: dynamisch geschaltetes Lkw-Fahrverbot.				X	
M2: Verkehrsumleitungen.		X			
M3: Maßnahmen an LSA zur Verkehrsverflüssigung.	X	X	X		
M4: Beschränkung der zulässigen Geschwindigkeit.					X
M5: Pfortnerampel mit Zufluss-Dosierung.	X	X	X		
M6: Informationen zur aktuellen Situation / Empfehlungen zur Nutzung des ÖPNV über Informationstafeln		X	X		

Die Tabelle zeigt, dass in den meisten Untersuchungsgebieten die Kombination „Pfortnerung außen (M5) mit Verkehrsverflüssigung innen (M3)“ als UVM-Maßnahme gewählt worden ist. Außen wird dabei mittels Zuflussdosierung der in die Stadt bzw. in den Hotspotbereich einfahrende Verkehr gedrosselt (Maßnahme M5). Das hat längere Wartezeiten insbesondere für Pendler, die in die Stadt einfahren, zur Folge. Innerhalb der Stadt wird dem Hauptverkehr (Längsverkehr) „mehr Grün“¹⁴ zugeteilt, was eine verbesserte Grüne Welle ermöglicht (Maßnahme M3). Der Längsverkehr innerhalb des Beeinflussungsraumes flüssiger, was zu weniger Brems- und Beschleunigungsvorgängen und damit zu verringerten Schadstoffemissionen führt. Für den Querverkehr und ggf. auch für den Rad- und Fußverkehr steht dadurch allerdings in der Regel weniger

¹⁴ Neben einer Verlängerung der Grünzeit ist auch eine Optimierung der Versatzzeiten an den betroffenen Knotenpunkten eine wichtige Maßnahme zur Optimierung einer LSA-Koordinierung.

Grünzeit zur Verfügung. Er erfährt durch längere Wartezeiten an den Lichtsignalanlagen Nachteile.

Diese dynamisch geschalteten Maßnahmen werden teilweise ergänzt durch Informationstafeln (Erfurt und Potsdam), die auf hohe Luftschadstoffbelastungen, die geschaltete Maßnahme, kombiniert mit einer Empfehlung zur Nutzung des öffentlichen Verkehrs, hinweisen (Maßnahme M6) und in Erfurt eine Verkehrsumlenkungsempfehlung anzeigen (Maßnahme M2). In Potsdam und Braunschweig dagegen fehlen geeignete Ausweichstrecken, so dass eine Verkehrsverlagerung möglichst vermieden werden soll. Auf eine Information der Verkehrsteilnehmer über die Schaltung der UVM-Maßnahme (M6) wird daher in Braunschweig bewusst verzichtet.

Als weiterer Maßnahmentyp wurde eine dynamische Lkw-Sperrung eines Straßenzugs in Kombination mit einer Verkehrsumlenkung (M1+M2) realisiert. Hierbei wird die Durchfahrt des Straßenzugs für Lkw gesperrt (Maßnahme M1). Lkw, die ein Ziel innerhalb des gesperrten Bereichs haben, sind jedoch von der Sperrung ausgenommen. Der durchgehende Lkw-Verkehr wird am Entscheidungspunkt über eine Alternativstrecke geführt (Maßnahme M2). Diese Kombination wurde in Wittenberg realisiert.

Die Maßnahme M4 (dynamische Geschwindigkeitsbeschränkung) ist für das UVM Steiermark gewählt worden.

Im Folgenden sollen die in der Tabelle 1 aufgeführten Maßnahmen / Maßnahmenkombinationen der vierstufigen Prüfung aus Abschnitt 2.3.1 unterzogen werden.

Maßnahmenkombination M3+M5 (Braunschweig, Altewiekring)¹⁵

Ziel der Maßnahme

Das Ziel der Maßnahme ist die Verringerung eines hohen mittleren Jahreswertes der NO₂-Immissionskonzentration sowie die Vermeidung einer Grenzwertüberschreitung für NO₂.

Die Maßnahme wurde 2015 in einem mehrwöchigen Feldversuch erfolgreich getestet, ist bisher jedoch noch nicht in den Regelbetrieb gegangen. Ursache hierfür sind einerseits haushaltspolitische Gründe, außerdem wurde in 2015 - und wahrscheinlich auch in 2016 - der NO₂-Grenzwert an der Messstation Altewiekring auch ohne UVM knapp eingehalten. Allerdings waren in 2015 und 2016 die auf dem Altewiekring gemessenen Verkehrsmengen bedingt durch mehrere, langanhaltende Baumaßnahmen auf dem Ring selbst und auf wichtigen Zulaufstrecken deutlich niedriger als in den Jahren davor. Es ist davon auszugehen, dass die Verkehrsmengen in der näheren Zukunft wieder ansteigen, was ohne UVM wieder zu Grenzwertüberschreitungen führen könnte.

Legitimität der Maßnahme

Der Altewiekring in Braunschweig, auf dem die Maßnahmenkombination vorgesehen ist, ist Teil der Ortsdurchfahrt im Zuge der B4. Die Straßenbaulast liegt bei der Gemeinde (> 80.000 Einwohner), sie ist daher **legitimiert**, verkehrliche Maßnahmen umzusetzen.

¹⁵ UVM-BS, 2010 und UVM-BS, 2012

Eignung

Ausführliche ex-ante-Untersuchungen in Braunschweig haben gezeigt, dass die Maßnahmenkombination M3+M5 mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Verringerung des Jahresmittelwerts der NO₂-Immissionskonzentrationen am Hotspot beiträgt. Der Abbau hoher Immissionskonzentrationen mittels einer dynamischen Schaltung der Maßnahmenkombination M3+M5 trägt auch zur Verminderung des Jahresmittelwertes bei und reduziert daher die Wahrscheinlichkeit für eine Grenzwertüberschreitung am Jahresende. Die Maßnahme ist somit zum Erreichen des NO₂-Ziels als **geeignet** einzustufen.

Erfordernis

Neben der Maßnahmenkombination M3+M5 wurden alternative Ansätze diskutiert. Eine Verkehrsumlenkung während kritischer Zeiten wurde aufgrund der Netz- und Belastungsstruktur als Alternative verworfen. Untersucht wurden verschiedene Alternativen der Lichtsignalsteuerung mit dem Ziel einer Verkehrsverflüssigung im Bereich des Hotspots. Für den Vergleich der Alternativen untereinander wurden als Wirkungsbereiche die „NO₂-Immissionskonzentrationen am Hotspot“ sowie die „Auswirkungen auf den Verkehr“ betrachtet. Der Wirkungsbereich „Kosten“ wurde als Randbedingung berücksichtigt.

Hinsichtlich des Wirkungsbereichs „NO₂-Immissionskonzentration am Hotspot“ zeigten die Simulationsergebnisse innerhalb der Varianten nur geringe Unterschiede. In allen Fällen konnte nachgewiesen werden, dass die Maßnahmen eine Reduktion der hohen Konzentrationen im Bereich des Hotspots mit hoher Wahrscheinlichkeit erreichen werden.

Im Wirkungsbereich „Verkehr“ wurden je nach Alternative unterschiedliche Wirkungen ermittelt. Die Kombination M3+M5 wies dabei den geringsten Eingriff der untersuchten Varianten in den Verkehrsablauf auf.

Im Wirkungsbereich „Kosten“ gab es hinsichtlich Investition und Betrieb zwischen den untersuchten Alternativen nur marginale Unterschiede.

Die gewählte Kombination M3+M5 kann somit als **erforderlich** angesehen werden. Es drängte sich keine andere Möglichkeit mit einer noch günstigeren Bilanz in den verschiedenen Wirkungsbereichen auf.

Angemessenheit

Mit der Maßnahmenkombination M3+M5 treten Nachteile für Verkehrsteilnehmer und Anwohner gegenüber der bisherigen Situation auf. Diese Nachteile bewegen sich in einer geringen Größenordnung (Wartezeiterhöhung im Sekundenbereich). Es wird damit weiterhin eine wirtschaftliche Mobilität für die Beteiligten möglich.

Die Immissionsbilanz ist in Summe positiv. Die im Umfeld der Pfortneranlage auftretenden zusätzlichen Immissionen liegen deutlich unterhalb des Grenzwertes und betreffen im Vergleich zum Hotspot nur eine kleine Gruppe von Personen.

Die Maßnahmenkombination M3+M5 in Braunschweig wird daher als **angemessen** beurteilt.

Maßnahmenkombination M3+M5+M6 (Potsdam)

Ziel der Maßnahme

Das Ziel der Maßnahme ist die Verringerung der hohen Tagesmittelwerte bei PM10 sowie die Reduzierung der hohen mittleren NO₂-Jahreswerte und die Vermeidung einer Grenzwertüberschreitung für NO₂.

Legitimität der Maßnahme

Im Jahre 2010 traten an allen Hotspots der Landeshauptstadt Potsdam Grenzwertüberschreitungen für PM10 und NO₂ auf. Die Stadt musste daher ihrer Aufgabe nachkommen, Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung zu ergreifen. Die Stadt Potsdam entschied sich 2011 auf der Grundlage des Luftreinhalteplans für die Einrichtung eines UVM, das 2012 in der hier betrachteten Zeppelinstraße in Betrieb ging.

Die Maßnahme auf der Zeppelinstraße liegt auf der B1. Für verkehrliche Maßnahmen ist die Kommune zuständig (> 80.000 Einwohner). Das Tätigwerden im Allgemeinen und mit Maßnahmen des Verkehrsmanagements im städtischen Bereich im Besonderen fällt somit eindeutig in den Aufgabenbereich der Kommune. Die Maßnahme ist **legitim**.

Eignung

Ebenso wie in Braunschweig, Altewiekring sind in Potsdam vor Einrichtung des UVM-Systems umfangreiche ex-ante-Untersuchungen in Form von Modellierungen durchgeführt worden. Dabei hat sich die Maßnahmenkombination M3+M5+M6 als geeignet gezeigt, mit hoher Wahrscheinlichkeit relevante Minderungen der Immissionskonzentrationen von PM10 und NO₂ an den Hotspots zu erreichen. Die Maßnahme ist somit als **geeignet** einzustufen.

Erfordernis

In Potsdam wurden Alternativen gegenüber der Maßnahmenkombination M3+M5+M6 untersucht. Näher betrachtete und analysierte Alternativen waren Verkehrsumlenkungen während der kritischen Zeiten. Die Untersuchungen ergaben, dass eine Verkehrsumlenkung in Potsdam aufgrund der Straßennetzstruktur nicht sinnvoll zu realisieren ist. Weitere Maßnahmen wie bspw. Lkw-Fahrverbote und die Einrichtung einer Umweltzone wurden im Rahmen der Luftreinhalteplanung untersucht und aufgrund der ungeeigneten Netzstruktur verworfen.

Für die vergleichende Bewertung wurden als Wirkungsbereiche die „Immissionskonzentrationen PM10 und NO₂ an den Hotspots“, „Auswirkungen auf den Verkehr“ und - als Randbedingung- die „Kosten“ betrachtet.

Der wesentliche Mehrwert der Maßnahme M6 liegt in der Information für Verkehrsteilnehmer. Durch die Hinweistafeln wird der Verkehrsteilnehmer darüber informiert, dass grundsätzlich eine hohe Luftschadstoffsituation besteht, die Maßnahme in der Zeppelinstraße geschaltet ist und eine längere Wartezeit am Eingang der Pflörtnerung entsteht. Ein konkreter Nachweis der Wirkungen der Verkehrsinformation konnte nicht geführt werden. Es ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Informationen zu einer höheren Akzeptanz der Maßnahmen führen. In Berlin wurde eine Erhebung zur Bedeutung aktueller Verkehrsinformationen für den Autofahrer und den eingesetzten Medien durchgeführt (Giesel, 2014). Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass die Informationstafeln einen sehr hohen Stellenwert besitzen. Das UVM in Potsdam erstreckt sich auf vier Hotspotbereiche und damit mehrere Informationstafeln.

Aus dieser Diskussion ergibt sich, dass die Kombination M3+M5+M6 gegenüber der Variante M3+M5 vorzuziehen und somit **erforderlich** ist.

Angemessenheit

Die Angemessenheit der Maßnahme wird durch Vergleich mit dem Ausgangszustand geprüft.

Im Wirkungsbereich „Verkehr“ treten mit der Maßnahmenkombination M3+M5+M6 im Saldo Nachteile für Verkehrsteilnehmer gegenüber der bisherigen Situation auf, jedoch nur zu den geschalteten Zeiten. Die Nachteile liegen -über das Jahr betrachtet- unter 3% und stellen eine wirtschaftliche Mobilität für die Beteiligten nicht infrage. Auf den Routen, auf denen die Verkehrsverflüssigung wirkt, gibt es Reisezeitersparnisse, auf den Nebenrouten Reisezeiterhöhungen. Für die am stärksten betroffenen Verkehrsteilnehmer liegen die Reisezeiterhöhungen im Schaltungsfall bei weniger als 3 Minuten.

Im Bereich „Immissionen“ treten Vorteile vor allem um die Hot Spot Bereiche auf, auf deren Verbesserung sich die Schaltungen konzentrieren. Im Bereich der Zuflussdosierung mit höheren Immissionen liegt die Straße außerhalb der bebauten Lage. Die auftretenden zusätzlichen Immissionen in diesem Bereich können daher vernachlässigt werden.

Im Wirkungsbereich „Kosten“ wurde keine kostengünstigere Alternative gesehen, die im Hot Spot Bereich vergleichbare Wirkungen hätte erzielen können.

Der Schutz der Gesundheit der Bevölkerung durch die Vermeidung von Grenzwertüberschreitungen an den Hotspots hat eindeutigen Vorrang. Die Maßnahmenkombination M3+M5+M6 in Potsdam wird daher als **angemessen** beurteilt.

Maßnahmenkombination M3+M5+M6+M2 (Erfurt)¹⁶

Ziel

Das Ziel der Maßnahme ist die Reduktion der Grenzwertüberschreitungen für PM10 (Anzahl der Überschreitungstage) und für NO₂-(Jahresmittelwert).

Legitimität der Maßnahme

Es ist Aufgabe der Kommune, Maßnahmen zu ergreifen, wenn eine Grenzwertüberschreitung von Immissionskonzentrationen bei PM10 oder NO₂ droht. In diesem Fall muss die Gemeinde zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung handeln. Das Tätigwerden im Allgemeinen und mit Maßnahmen des Verkehrsmanagements im städtischen Bereich im Besonderen fällt eindeutig in den Aufgabenbereich der Kommune.

In den Jahren 2010 und 2011 lag die Anzahl an Überschreitungstagen bei PM10 am Hotspot Bergstraße (Innenstadtring) über dem Grenzwert. In denselben beiden Jahren gab es auch bei NO₂ am selben Hotspot Überschreitungen des Grenzwertes für den Jahresmittelwert. Folgerichtig wurde die Einrichtung eines UVM-Systems von der Landeshauptstadt Erfurt beschlossen und für die Leipziger Straße 2014 in Betrieb genommen.

Die Maßnahme liegt auf der Kreisstraße K3 (außerhalb des Schnellstraßenringes Landesstraße L1055). Für Bau und Betrieb ist nach dem Thüringischen Straßengesetz die

¹⁶ Umweltsensitive Verkehrssteuerung Erfurt (UVE)

Kommune zuständig. Die Maßnahme war geboten und hinsichtlich Zuständigkeit **legitim**.

Eignung

Ebenso wie in den anderen Untersuchungsgebieten sind in Erfurt vor Einrichtung des UVM-Systems umfangreiche ex-ante-Untersuchungen durchgeführt worden. Dabei hat sich die Maßnahmenkombination M3+M5+M6+M2 als geeignet gezeigt. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen geht hervor, dass mit den Komponenten „Pfortnerung am Eingang in die Stadt“, „Verflüssigung im Zulauf zur Stadt“, „Information zur Nutzung des ÖPNV“ und „Empfehlung zur Umlenkung von Verkehrsströmen“ eine deutliche Reduktion der hohen PM10 und NO₂-Konzentrationen an den Hotspots mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erreichen ist. Die Maßnahme ist somit zum Erreichen des PM10- und NO₂-Ziels als **geeignet** einzustufen.

Erfordernis

In Erfurt wurden die Maßnahmenkombination M3+M5+M6+M2 sowie Alternativen zu dieser Kombination untersucht. Die Alternativen ergaben sich aus unterschiedlichen Kombinationen der Einzelmaßnahmen. Die Maßnahme M1 (Lkw-Verbot) wurde vorab ausgeschlossen, weil für den Lkw keine Ausweichmöglichkeit (ausschließlich Quell- bzw. Zielverkehr) besteht. Bei M4 (Beschränkung der zulässigen Geschwindigkeit) war maßgebend, dass die Hot Spot Strecken bereits Geschwindigkeitsbeschränkungen (im Zulauf auf die Innenstadt 50km/h, im Hot Spot Bereich der Innenstadt 30 km/h) aufweisen.

Als Wirkungsbereiche wurden die „PM10- und NO₂-Immissionskonzentrationen am Hotspot“ und „Verkehr“ betrachtet. Die „Kosten (Investition, Betrieb)“ wurden in die Abwägung einbezogen.

Im Wirkungsbereich „Immissionen“ ergaben die Untersuchungen, dass eine umweltsensitive Verkehrssteuerung in Erfurt und die damit verbundene Glättung des Verkehrsablaufs an den Hotspots notwendig ist, um die Ziele zu erreichen. Sie zeigten, dass mit der Kombination M3+M5+M6+M2 die Ziele am weitest gehenden erreicht werden können. Die Maßnahmenkombination ist zur Zielerreichung somit erforderlich, alternative Kombinationen waren nicht ausreichend. Die Kosten des umfangreicheren Maßnahmenpakets waren daher **erforderlich**.

Angemessenheit

Die Angemessenheit der Maßnahme wird durch Vergleich mit dem Ausgangszustand geprüft.

Im Bereich „Verkehr“ treten mit der Maßnahmenkombination M3+M5+M6+M2 zwar Nachteile für Verkehrsteilnehmer gegenüber der bisherigen Situation auf, jedoch nur zu den geschalteten Zeiten. Diese Nachteile bewegen sich für die am stärksten betroffene Personengruppe im Bereich von weniger als 1 Minute. Auf das Jahr bezogen beträgt die Reisezeiterhöhung weniger als 0,8%. Dies stellt eine wirtschaftliche Mobilität für die Beteiligten nicht infrage. Die Umlenkungsmaßnahmen sind freiwillig, stellen also keine besondere Härte dar.

Im Bereich „Immissionen“ wird mit der Maßnahmenkombination das Ziel an den Hot Spots mit hoher Wahrscheinlichkeit erreicht. Im Bereich der Anlage zur Zuflussdosierung verschlechtert sich die Immissionssituation, dieser Bereich liegt aber außerhalb

der bebauten Lage, sodass die auftretenden zusätzlichen Immissionen an dieser Stelle vernachlässigt werden können.

Im Wirkungsbereich „Kosten“ wurden keine Alternativen gefunden, die gleiche Immissionswirkungen bei geringeren Investitions- und Betriebskosten hätten erwarten lassen. Die Investitionen der installierten Anlagen sind überdies für weitere Anwendungen nutzbar.

Der Schutz der Gesundheit der Bevölkerung durch die Vermeidung hoher Immissionskonzentrationen PM10 und NO₂ an den Hotspots hat bei der Abwägung der Vor- und Nachteile der Maßnahmen gegenüber dem Ausgangszustand eindeutigen Vorrang. Die Maßnahmenkombination M3+M5+M6+M2 in Erfurt wird daher als **angemessen** beurteilt.

Maßnahmenkombination M1+M2 (Wittenberg)

Ziel:

Das Ziel der Maßnahme ist die Reduktion der Grenzwertüberschreitungen für PM10 (Anzahl der Überschreitungstage).

Legitimität der Maßnahme

Es ist Aufgabe der Kommune, Maßnahmen zu ergreifen, wenn eine Grenzwertüberschreitung von Immissionskonzentrationen bei PM10 droht. In diesem Fall muss die Gemeinde zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung handeln. Das Tätigwerden im Allgemeinen und mit Maßnahmen des Verkehrsmanagements im städtischen Bereich im Besonderen fällt eindeutig in den Aufgabenbereich der Kommune.

In den Jahren 2005 bis 2011 lag die Anzahl an PM10-Überschreitungstagen am Hotspot Dessauer Straße über dem Grenzwert. Folgerichtig wurde die Einrichtung eines UVM-Systems beschlossen und mit dem Aktionsplan 2008 in Betrieb genommen.

Die Maßnahme liegt auf der B187. Nach dem Bundesfernstraßengesetz ist das Land in der Auftragsverwaltung des Bundes für die Durchführung von verkehrlichen Maßnahmen auf Bundesfernstraßen in Ortsdurchfahrten von Gemeinden < 80.000 Einwohnern zuständig. Das Land hat daher die Maßnahme angeordnet.

Die Maßnahme war geboten, hinsichtlich der Zuständigkeit gesetzeskonform und somit **legitim**.

Eignung

Vor Einrichtung des UVM-Systems ist in Wittenberg die Maßnahmenkombination M1+M2 ex-ante auf Wirksamkeit geprüft worden. Dabei hat sich die Maßnahmenkombination als geeignet gezeigt, die Anzahl an Überschreitungstagen bei PM10 am Hotspot mit hoher Wahrscheinlichkeit zu reduzieren. Die Maßnahme ist somit zum Erreichen des PM10 Ziels als **geeignet** einzustufen.

Erfordernis

In Wittenberg wurde als Alternative gegenüber der Maßnahmenkombination M1+M2 eine Verkehrsverflüssigung des Hauptstroms in der Dessauer Straße untersucht. Die Untersuchung ergab, dass eine Verkehrsverflüssigung in der Dessauer Straße zwar sinnvoll ist, dass diese Maßnahme allein aber nicht ausreicht, um das PM10 Ziel zu er-

reichen. Im Vergleich der Alternativen war daher der Kombination M1+M2 der Vorzug zu geben, sodass die Maßnahmenkombination als **erforderlich** eingestuft wird.

Angemessenheit

Die Angemessenheit der Maßnahmenkombination wird durch Vergleich mit dem Ausgangszustand geprüft. Mit der Maßnahmenkombination M1+M2 sind verschiedene Nachteile für Verkehrsteilnehmer und Anwohner verbunden:

- der durchgehende Lkw-Verkehr wird auf eine umwegige Route umgeleitet;
- die Anwohner, die an der Umleitungsrouten wohnen, werden durch Lärm und Schadstoffe belastet.

In der Immissionsbilanz (Anzahl Einwohner und Höhe der Immissionskonzentration) ergaben sich auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen klare Vorteile für das Schalten der Maßnahme, wenn die Gefahr hoher Immissionskonzentrationen am Hotspot besteht.

Im Wirkungsbereich „Verkehr“ ergibt sich bei Schaltung der Maßnahme die genannte Erhöhung der Lkw-Fahrleistung. Sie beschränkt sich aber auf die Schaltzeiten, sodass die Auswirkungen auf die gewerbliche Wirtschaft, ganzjährig betrachtet, im kleinen Rahmen bleiben. Die Mobilität wird durch die Maßnahme nicht infrage gestellt.

Im Bereich Investitions- und Betriebskosten erweist sich die Maßnahme durch die Nutzung von Klappschildern und eine effiziente Organisation, bei der auf vorhandenes Personal zurückgegriffen wird, als sehr kostengünstig

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Nachteile der Maßnahme gering sind und die Vorteile klar überwiegen. Der Schutz der Gesundheit der Bevölkerung durch die Vermeidung von Grenzwertüberschreitungen an den Hotspots hat eindeutigen Vorrang. Die Maßnahmenkombination M1+M2 in Wittenberg wird daher als **angemessen** beurteilt.

Maßnahme M4 (Großraum Graz / Steiermark)

Ziel:

Das 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.“

Legitimität der Maßnahme

Es ist Aufgabe der Republik Österreich als Eigentümer des österreichischen Autobahnnetzes, Maßnahmen zu ergreifen, wenn in den an Autobahnen angrenzenden Gebieten eine Grenzwertüberschreitung von Immissionskonzentrationen bei PM10 und / oder NO₂ droht. In diesem Fall muss die Republik Österreich zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung handeln.

In Folge einer ungünstigen Immissionssituation im Großraum Graz (hier treffen sich zwei Autobahnen A2 und A9) wurde bereits 2008 die Einrichtung eines UVM-Systems zur dynamischen Geschwindigkeitssteuerung (statt Tempo 130 gilt bei Schaltung der Maßnahme Tempo 100 als zulässige Höchstgeschwindigkeit) beschlossen.

Die Maßnahme war geboten, hinsichtlich der Zuständigkeit gesetzeskonform und somit **legitim**.

Eignung

Im Rahmen von ex-ante Untersuchungen ist zuvor ermittelt worden, dass die Maßnahme M4 mit hoher Wahrscheinlichkeit bei PM10 und NO₂ deutliche Wirkungen erzielen wird. Die Maßnahme wurde somit zum Erreichen des PM10 Ziels als **geeignet** eingestuft.

Erfordernis

Die Autobahnen A2 und A9 bündeln die weiträumigen Ströme im Großraum Graz. Auch regionale und lokale Ströme werden durch die Autobahn gebündelt, was u. a. auch Sicherheitsvorteile bietet. Als Alternative stand die permanente Verringerung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zur Verfügung. Im Vergleich der Alternativen wurde aufgrund des effizienteren Eingriffs in den Verkehrsablauf im Abwägungsprozess der dynamischen Variante der Vorzug gegeben, sodass die Maßnahme nur an Tagen hoher potentieller Maßnahmeneffizienz geschaltet wird. Die Maßnahme wird somit als **erforderlich** eingestuft.

Angemessenheit

Die Angemessenheit der Maßnahme wird durch Vergleich mit dem Ausgangszustand geprüft. Die Schaltung der Maßnahme M4 im Großraum Graz führt zu Nachteilen für Verkehrsteilnehmer, deren Reisezeiten anwachsen. Wenn sich Verkehre aufgrund der Maßnahme während der Schaltzeiten auf das nachgeordnete Netz verlagern, führt dies auch zu Nachteilen für Anwohner: Die durchgeführten Untersuchungen haben aber gezeigt, dass Verlagerungswirkungen gering sein dürften und daher vernachlässigt werden können.

In der Immissionsbilanz ergaben sich auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen klare Vorteile für das Schalten der Maßnahme, wenn die Gefahr hoher Immissionskonzentrationen am Hotspot besteht, bei zugleich geringen Nachteilen bei Verkehrsteilnehmern durch Fahrtzeiterhöhungen.

Die zusätzlichen Investitions- und Betriebskosten für die Steuerung wurden gegenüber den Vorteilen der Immissionsminderung als hinnehmbar angesehen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Nachteile der Maßnahme gering sind und die Vorteile klar überwiegen. Der Schutz der Gesundheit der Bevölkerung durch die Vermeidung von Grenzwertüberschreitungen an den Hotspots hat eindeutigen Vorrang. Die Maßnahme M4 im Großraum Graz / Steiermark wird daher als **angemessen** beurteilt.

2.3.4 Beispiele zukünftiger Maßnahmen zum Erreichen des NO₂-Ziels

Neudefinition der Fahrverbote in Umweltzonen

Nach § 40 BImSchG kann der Kraftfahrzeugverkehr durch die zuständige Verkehrsbehörde beschränkt oder verboten werden, soweit ein Luftreinhalteplan nach § 47 Abs. 1 oder 2 BImSchG dies vorsieht. Hauptziel der Einrichtung einer Umweltzone in der Vergangenheit war die Einhaltung des PM10 Grenzwertes. Um auch das NO₂-Ziel zu erreichen, müsste die Umweltzone im Hinblick auf Fahrverbote neu definiert werden.

In der Vergangenheit haben sich Kommunen meist für Maßnahmen entschieden, die permanent wirken. Die im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes eingehenden

zu analysierenden Maßnahmen haben diesen Maßnahmentyp um dynamische Maßnahmen erweitert. Diese Maßnahmen werden nur dann eingesetzt, wenn Grenzwertüberschreitungen voraussichtlich eintreten könnten. Sie reduzieren somit die Eingriffe in den Verkehr auf die Zeiten, in denen die Maßnahmen gebraucht werden. Dies hat Vorteile vor allem dann, wenn die Eingriffe, wie absehbar, restriktiver werden müssen.



Abbildung 2-1: Beispiel für die Gestaltung der „Blauen Plakette“ (Quelle: © Green-Zones GmbH¹⁷)

Umweltzonen können dazu genutzt werden, die räumliche Ausdehnung einer Maßnahme zu definieren. Zukünftige dynamische Maßnahmen können sich aber auch relativ kleinräumig auf einzelne Straßenabschnitte oder Hotspots beschränken:

- Dynamisch geschaltetes Lkw-Fahrverbot,
- Dynamische Einfahrverbote für Diesel-Kraftfahrzeuge (Verkehrszeichen 251 - Durchfahrt verboten - mit Zusatzschild „Gilt für Diesel“),
- Dynamische Pförtnerampeln zur Zufluss-Dosierung,
- Innenstadtverbot für alte Autos¹⁸,
- Einführung der Blauen Plakette¹⁹,
- Dynamische Sperrung der Umweltzone für den allgemeinen Kfz-Verkehr,
- Einführung einer dynamischen City-Maut, um weniger motorisierten Individualverkehr in der Umweltzone fahren zu lassen,
- Dynamische Beschränkung der zulässigen Geschwindigkeit (40 km/h) auf HVS,
- Umweltzone als dynamische Tempo-30-Zone,
- Weitergehende Maßnahmen an LSA zur Verkehrsverflüssigung in der Umweltzone.

Kommentar

¹⁷ <https://www.blaue-plakette.de/de.html>, abgerufen am 02.08.2018

¹⁸ Maßnahme für die Pariser Innenstadt, zitiert in Eisner, Arno: Beitrag vom 02.06.2016, 14:15 in CHIP.

¹⁹ DUH, abgerufen am 21.10.2016

Zu einer Reihe der hier genannten „Neuen Maßnahmen“ gibt es Voruntersuchungen, ex ante Wirkungsschätzungen und Erfahrungen aus Realexperimenten. Sie alle umfassen aber nicht die dynamischen Versionen, die sich über UVM realisieren lassen und die die Schwere des Eingriffs reduzieren. Bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen geht es auch um die Zeit, die eine Einführung eines UVM benötigt. Es werden Maßnahmen gesucht, die schnell einführbar sind und die schnell Wirkungen entfalten. Kommunen, die bereits Vorleistungen erbracht haben, sind hier im Vorteil.

Alternativen, die z. B. die Übergangsfrist bis zum Einhalten der Grenzwerte substantiell verlängern oder die Grenzwerte für eine befristete Zeit erhöhen, können vor dem Hintergrund der EU-Gesetzgebung ausgeschlossen werden. Die Kommunen sind deshalb zum Handeln verpflichtet.

2.4 Vertragsverletzungsverfahren bei Nichteinhaltung der Grenzwerte²⁰

Werden die nach dem EU-Recht einzuhaltenden Luftqualitätsgrenzwerte in einem Mitgliedsstaat überschritten, kann die EU-Kommission ein Vertragsverletzungsverfahren gegen diesen Mitgliedstaat einleiten und - nach Durchführung eines außergerichtlichen Vorverfahrens - den Gerichtshof der Europäischen Union anrufen (vgl. Art. 258 und 260 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV)). Das Vertragsverletzungsverfahren umfasst mehrere Phasen.

2.4.1 Außergerichtliches Vorverfahren

Ziel des Vorverfahrens ist es, eine außergerichtliche Einigung zwischen Mitgliedstaat und Kommission zu erreichen. Es dient außerdem der Bestimmung des Streitgegenstandes einer etwaigen Klage.

Ist die Kommission der Auffassung, dass ein Mitgliedstaat gegen eine Verpflichtung aus den Verträgen verstoßen hat, fordert sie ihn zunächst auf, innerhalb einer bestimmten Frist hierzu Stellung zu nehmen („Mahnschreiben“).

Kommt der Mitgliedstaat dieser Aufforderung nicht nach oder kann die Stellungnahme des Mitgliedstaates den Vorwurf der Kommission nicht ausräumen, bringt die Europäische Kommission ihren Standpunkt zu dem Verstoß in einer mit Gründen versehenen Stellungnahme zum Ausdruck. In dieser Stellungnahme wird der Gegenstand einer möglichen Vertragsverletzungsklage vor dem Gerichtshof dargelegt und der Mitgliedstaat aufgefordert, den Verstoß innerhalb einer bestimmten Frist abzustellen. Außerdem muss detailliert und zusammenhängend dargelegt werden, aus welchen Gründen die Europäische Kommission zu dem Schluss gekommen ist, dass der betreffende Mitgliedstaat einer Vertragsverpflichtung nicht nachgekommen ist.

Kommt der Mitgliedstaat der Aufforderung der Kommission innerhalb der gesetzten Frist nicht nach, kann die Kommission den Gerichtshof anrufen.

2.4.2 Gerichtliches Verfahren

Es werden zwei Verfahrensstufen unterschieden: Erstverfahren und Zweitverfahren.

²⁰ Diese und die folgenden Ausführungen entstammen der „Anlage zum Erlass des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen vom 16.04.2012 V-3-8800.2.8 (Auszug)“

Erstverfahren: mit der Erhebung der Klage beim Gerichtshof der Europäischen Union wird das gerichtliche Verfahren eingeleitet. Die Vertragsverletzungsklage richtet sich auf die Feststellung des EuGH, dass der beklagte Mitgliedstaat einer Verpflichtung aus den Verträgen nicht nachgekommen ist.

Stellt der Gerichtshof durch Urteil fest, dass der Mitgliedstaat gegen EU-Recht verstoßen hat, etwa weil keine geeigneten Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität durchgeführt worden sind, ist der Mitgliedstaat verpflichtet, den Vertragsverstoß zu beenden. Die Pflicht trifft nicht nur den Mitgliedstaat als solchen, sondern auch alle seine Organe, denen das vertragsverletzende Verhalten zuzurechnen war oder die Abhilfe schaffen können. Die notwendigen Maßnahmen müssen nach ständiger Rechtsprechung des EuGH unverzüglich vorgenommen und so schnell wie möglich abgeschlossen werden.

Zweitverfahren: hat der Mitgliedstaat nach Auffassung der Kommission der durch den Gerichtshof festgestellten Vertragsverletzung nicht abgeholfen, kann die Kommission beim Gerichtshof in einem "Zweitverfahren" die Festsetzung eines Pauschalbetrages oder Zwangsgeldes beantragen (sofern dies nicht bereits im Erstverfahren geschehen ist).

In den Fällen, in denen der Mitgliedstaat gegen seine Verpflichtung verstoßen hat, Maßnahmen zur Umsetzung einer Richtlinie mitzuteilen, kann die Kommission die ihrer Meinung nach angemessene Höhe des zu zahlenden Pauschalbetrags bzw. Zwangsgelds benennen, wenn sie dies für zweckmäßig hält. Stellt der Gerichtshof einen Verstoß fest, kann er die Zahlungsverpflichtung bereits im Erstverfahren festsetzen.

Vor Erhebung der Klage auf Zwangsgeldfestsetzung muss die Kommission dem Mitgliedstaat erneut Gelegenheit zur Stellungnahme geben. Die Höhe des Zwangsgeldes bzw. Pauschalbetrages hängt von den Umständen des Einzelfalls ab.

Nach ständiger Rechtsprechung des Gerichtshofs verfügt die Europäische Kommission in Bezug auf die Einleitung des Vorverfahrens und die Einreichung der Vertragsverletzungsklage über einen Ermessensspielraum.

Im Juni 2015 hatte die EU-Kommission ein Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland wegen anhaltender Überschreitung der NO₂-Grenzwerte eingeleitet. Die EU-Kommission bekräftigte, dass Maßnahmen wie das Verbot von Dieselfahrzeugen in städtischen Gebieten und die Förderung von Hybrid- oder Elektroautos oder anderer Fahrzeuge, die ohne Schadstoffausstoß betrieben werden können, einen wesentlichen Beitrag zur Problemlösung leisten könnten.

2.4.3 Innerstaatliche Lastentragung

Die finanziellen Sanktionen, die aus einem Vertragsverletzungsverfahren resultieren, sind in Deutschland jeweils von derjenigen staatlichen Ebene zu tragen, in deren Zuständigkeits- und Aufgabenbereich die Pflichtverletzung erfolgt ist (Art. 104a Grundgesetz, § 1 Abs. 1 Lastentragungsgesetz).

Die Zuständigkeit für die Luftreinhalteplanung ist in Deutschland auf die Bundesländer übertragen worden. Im Fall der Überschreitung der Grenzwerte der EU-Luftqualitätsrichtlinie müsste somit das Bundesland für die Zahlungen aufkommen. Eine Überwälzung der Kosten auf die jeweilige Kommune ist nicht möglich.

2.4.4 Höhe der Strafzahlungen

Die Kommission definiert das Zwangsgeld als „Summe der Tagessätze, die ein Mitgliedstaat zu zahlen hat, wenn er einem Urteil des Gerichtshofs nicht nachkommt, und zwar gerechnet ab dem Tag, ab dem das zweite Urteil des Gerichtshofs gemäß Art 228 Absatz 2 EG1 dem betreffenden Mitgliedstaat zur Kenntnis gebracht wird, bis zur Beendigung des Verstoßes“. Die Höhe des Tagessatzes berechnet sich laut Kommissionsmitteilung durch Multiplikation eines einheitlichen Grundbetrags (700 € / d) mit einem Schwerekoeffizienten (von 1 bis 20) und einem Dauerkoeffizienten (von 1 bis 3). Das Ergebnis wird mit einem festen Länderfaktor (für die Bundesrepublik aktuell 20,5) multipliziert, der sowohl die Zahlungsfähigkeit des Mitgliedstaats als auch seine Stimmenzahl im Rat berücksichtigt ...“.

Der Tagessatz für die Bundesrepublik Deutschland liegt je nach Einstufung (2017) zwischen Minimum 14'350 und Maximum 861'000 €.

2.5 Klagen und Gerichtsurteile

Die Vorgaben der EU haben in kurzer Zeit rechtliche Unterstützung erfahren. So hat sich die DUH als Sachwalterin des Gesundheitsschutzes der Bevölkerung hervorgetan. In einer Vielzahl von Gerichtsverfahren wurden Verwaltungen an ihre Pflichten erinnert²¹.

In Tabelle 2-3 ist eine Übersicht über die von der DUH eingereichten Klagen dargestellt.

²¹ Quelle: Deutsche Umwelthilfe e.V. Hintergrundpapier – Klagen für Saubere Luft

Tabelle 2-3: Übersicht über die von der DUH eingereichten Klagen

	Stadt	Verfahren	Beklagte	Gericht	NO ₂ 2014	Urteil vom
1	Aachen	Verwaltungs-	Bezirksregierung Köln	VG Aachen	50 µg/m ³	
2	Berlin	Verwaltungs-	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt	VG Berlin	62 µg/m ³ (2015: 50 µg/m ³)	VG Berlin 04.01.2016 (11 K 132.15)
3	Bonn	Verwaltungs-	Bezirksregierung Köln	VG Köln	52 µg/m ³	
4	Darmstadt	Verwaltungs-	Hessisches Ministerium für Umwelt	VG Wiesbaden	60 µg/m ³	BVerwG Leipzig 05.09.2013 (4 K 165/12.WI(1)) VG Wiesbaden 11.01.2015 4 N 1726/15.WI(2) Hessischer VGH 11.05.2016 9 E 448/16
5	Düsseldorf	Verwaltungs-	Bezirksregierung Düsseldorf	VG Düsseldorf	60 µg/m ³	VG Düsseldorf 13.09.2016 (3 K 7695/15)
6	Essen	Verwaltungs-	Bezirksregierung Düsseldorf	VG Gelsenkirchen	55 µg/m ³	
7	Frankfurt	Verwaltungs-	Hessisches Ministerium für Umwelt	VG Wiesbaden	55 µg/m ³	
8	Gelsenkirchen	Verwaltungs-	Bezirksregierung Münster	VG Münster	51 µg/m ³	
9	Hamburg	Verwaltungs-		VG Hamburg		VG Hamburg 05.11.2014 9 K 1280/13
10	Köln	Verwaltungs-	Bezirksregierung Köln	VG Köln	63 µg/m ³	
11	Limburg	Vollstreckungs-	Hessisches Ministerium für Umwelt	VG Wiesbaden	63 µg/m ³	VG Wiesbaden 30.06.2015 (4 K 97/15.WI(2))
12	Mainz	Verwaltungs-	Landeshauptstadt Mainz	VG Mainz	57 µg/m ³	
13	München	Vollstreckungs-	Bay. Staatsministerium für Umwelt	Bay. VG München	83 µg/m ³	EuGH 25.07.2008 (M 1 K 12.1046) VG München 09.10.2012 (22 BV 12.2450) VG München 29.06.2016 (M 1 V 15.5203) Bayr. VGH 16.02.2017 22 C 16.1427
14	Offenbach	Verwaltungs-	Hessisches Ministerium für Umwelt	VG Wiesbaden	54 µg/m ³	VG Wiesbaden 30.06.2015 (4 K 1178/13.WI(V))
15	Reutlingen	Vollstreckungs-	Regierungspräsidium Tübingen	VG Sigmaringen	71 µg/m ³	VG Sigmaringen 22.10.2014 (1 K 154/12)
16	Stuttgart	Verwaltungs-	Regierungspräsidium Stuttgart	VG Stuttgart	89 µg/m ³	
17	Wiesbaden	Verwaltungs-	Hessisches Ministerium für Umwelt	VG Wiesbaden	56 µg/m ³	VG Wiesbaden 10.10.2011 (4 K

	Stadt	Verfahren	Beklagte	Gericht	NO ₂ 2014	Urteil vom
						757/11.WI) VG Wiesbaden 11.01.2016 (4 N 1727/15.WI(2)) Hess. VGH 11.05.2016 9 E 450/16

Mit den Klagen hat die DUH erstritten, dass die im Entwurf vorliegenden Luftreinhaltepläne überarbeitet werden mussten, da aus den ex ante Schätzungen der zuständigen Behörden abzuleiten war, dass bei Umsetzung aller im Entwurf vorgesehenen Maßnahmen der vorgegebene Grenzwert von NO₂ nicht eingehalten werden kann („Maßnahmenbündel ungeeignet“).

Inzwischen liegt eine Vielzahl von Gerichtsentscheidungen vor²². Ihnen allen ist gemein, dass Luftreinhaltepläne Maßnahmen enthalten müssen, die gewährleisten, dass die Immissions-Ziele so schnell wie möglich erreicht werden.

Das Bundesverwaltungsgericht in Leipzig urteilte am 27.02.2018 zu der Frage der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen und erläuterte seine höchstrichterliche Sichtweise am Beispiel des streckenbezogenen Verkehrsverbots für bestimmte Dieselfahrzeuge in Düsseldorf:

„1. Erweist sich ein auf bestimmte Straßen oder Straßenabschnitte beschränktes Verkehrsverbot für (bestimmte) Dieselfahrzeuge als die einzig geeignete Maßnahme zur schnellstmöglichen Einhaltung der Stickstoffdioxid-Grenzwerte, verlangt Art. 23 Abs. 1 Unterabs. 2 der Richtlinie 2008/50/EG, diese Maßnahme zu ergreifen.

2. Die Anordnung eines Verkehrsverbotes muss dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit entsprechen. Ein streckenbezogenes Verbot für (bestimmte) Dieselfahrzeuge geht seiner Eingriffsintensität nach nicht über straßenverkehrsrechtlich begründete Durchfahr- und Halteverbote hinaus, mit denen Autofahrer und Anwohner stets rechnen und die sie grundsätzlich hinnehmen müssen. Sondersituationen, insbesondere für Anwohner, ist durch Ausnahmeregelungen Rechnung zu tragen“.

Im Urteil vom 27.02.2018 zu einem Verkehrsverbot (u.a.) für Dieselfahrzeuge in der Umweltzone Stuttgart äußert sich das Bundesverwaltungsgericht zur Verhältnismäßigkeit eines flächenhaften Verkehrsverbots:

„1. Erweist sich ein Verkehrsverbot für Dieselfahrzeuge mit schlechterer Abgasnorm als Euro 6 sowie für Kraftfahrzeuge mit Ottomotoren unterhalb der Abgasnorm Euro 3 innerhalb einer Umweltzone als die einzig geeignete Maßnahme zur schnellstmöglichen Einhaltung der Stickstoffdioxid-Grenzwerte, verlangt Art. 23 Abs. 1 Unterabs. 2 der Richtlinie 2008/50/EG, diese Maßnahme zu ergreifen.

2. Die Anordnung eines Verkehrsverbotes muss dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit entsprechen. Mithin ist ein Verkehrsverbot zeitlich gestaffelt nach dem Alter und Abgasverhalten der betroffenen Fahrzeuge und unter Einschluss von Ausnahmeregelungen einzuführen.“

²² <http://legal.cleanair-europe.org/de/recht/deutschland/klagen-und-urteile/>

Mit diesen grundsätzlichen Aussagen sind die bisher im Hinblick auf ihre Verhältnismäßigkeit kritisch gesehenen Verkehrsverbote in Luftreinhalteplänen umsetzbar.

Nach dem höchstrichterlichen Urteil zur Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen hat die DUH gegen 11 weitere Städte (Dortmund, Bochum, Düren, Paderborn, Offenbach, Heilbronn, Ludwigsburg, Backnang, Esslingen, Marbach und Reutlingen) geklagt²³. Diese Städte wiesen 2016 einen Immissionskonzentrationswert von 50 µg NO₂/m³ oder mehr als Jahresmittelwert auf und überschritten damit den Grenzwert erheblich.

Kommentar

Bisher haben die Klagen der DUH bewirkt, dass die betroffenen Verwaltungen veranlasst wurden, ihrer Verpflichtung, Luftreinhaltepläne, im Einzelfall auch Aktionspläne aufzustellen, nachgekommen sind. Damit wird aber das Problem, im Sinne der Luftreinhaltung effiziente Maßnahmen zu konzipieren und umzusetzen, noch nicht gelöst. Die bisher realisierten Lösungen haben nicht bewirkt, dass die Immissionsgrenzwerte für NO₂ und teilweise auch für PM10 in allen Kommunen eingehalten werden. Offenkundig reichen die bisher umgesetzten Maßnahmen in vielen Fällen nicht aus. Damit bleibt die Aufgabe bestehen, Maßnahmen zu identifizieren, die die generelle Einhaltung der Grenzwerte erfüllbar machen.

Mit den höchstrichterlichen Urteilen des Bundesverwaltungsgerichts wurde nun der unbestimmte Rechtsbegriff der Verhältnismäßigkeit an zwei Beispielen konkretisiert: im Urteil zum Luftreinhalteplan Düsseldorf wird eine Sperrung von Einzelstrecken für bestimmte Fahrzeuge als Maßnahme des Luftreinhalteplans als verhältnismäßig und somit zulässig eingestuft und begründet. Im Urteil zum Luftreinhalteplan für Stuttgart wird die flächenhafte Sperrung einer Umweltzone für bestimmte Fahrzeuge in Kombination mit einem zeitlich gestuften Vorgehen als verhältnismäßig eingestuft. Das eröffnet den Städten neue Möglichkeiten, auch härtere Maßnahmenarten in Luftreinhalteplänen in Erwägung zu ziehen.

2.6 Vorschlag für aus dem Rechtsrahmen abgeleitete Indikatoren zur Bewertung von UVM Maßnahmen

Wie aus den Ausführungen zu Abschnitt 2.3 hervorgeht, sind bei UVM Maßnahmen Legitimität, Eignung, Erfordernis und Angemessenheit nachzuweisen. Das bedeutet, dass bei einem Vergleich alternativer Maßnahmen neben Indikatoren, die sich aus einer gesamtgesellschaftlichen Bewertungssystematik ableiten, zusätzliche Aspekte zu berücksichtigen sind und dass es Sinn macht, diese in Form von Indikatoren zu benennen.

Dabei zählen die Prüfkriterien „Legitimität“ und „Eignung“ zur Prüfung der **Zulässigkeit** der Maßnahme. Wenn die Maßnahme **nicht legitim** ist, muss sie aus dem weiteren Bewertungsverfahren ausgeschieden werden.

Gleiches gilt für die **Eignung**. Eine Maßnahme, die nicht erwarten lässt, dass das Ziel erreicht wird, somit ungeeignet ist, rechtfertigt nicht schwerwiegende Eingriffe in das Straßenverkehrssystem.

In die eigentliche Bewertung können hingegen die Aspekte „**Erfordernis**“ und „**Angemessenheit**“ eingebracht werden. „Erfordernis“ entspricht dem Nachweis, dass keine „mildere“ Maßnahme gefunden wurde, die in der Lage ist, die Ziele zu erreichen.

²³ Quelle: <https://www.presseportal.de/pm/22521/3904173>, abgerufen am 4.8.2018, 18 Uhr

„Angemessenheit“ entspricht dem Nachweis, dass entweder der Eingriff nicht gravierend ist oder dass die vom Eingriff negativ betroffenen Personen zumutbare Möglichkeiten haben, die Betroffenheit durch eigenes Handeln (Nachrüstung von Fahrzeugen, Nutzung alternativer Mobilitätsformen) oder über Ausnahmeregelungen zu verringern und dass die Anzahl gravierend negativ Betroffener, gemessen an der Gesamtanzahl der Personen und Betriebe im Planungsraum, klein ist.

Beide Aspekte, Erfordernis wie Angemessenheit, können zusammengefasst werden. Als Indikatoren, die beide Aspekte beschreiben, bieten sich an:

- (1) Reisezeitverteilung für von der Maßnahme negativ betroffene Personen sowie Reisezeitverteilung für alle Personen im Planungsraum pro Jahr im Vorher-/Nachher-Vergleich.
- (2) Kostenverteilung für von der Maßnahme negativ betroffene Personen durch z. B. Nachrüsten von Fahrzeugen, Investition in neue Fahrzeuge, Ticketerwerb für den ÖPNV, Citymaut etc. sowie Kostenverteilung für alle Personen im Planungsraum pro Jahr im Vorher-Nachher-Vergleich.

Mit diesen beiden Indikatoren werden die wichtigsten Mobilitätsziele angesprochen. In gesamtwirtschaftlichen Ansätzen gehen beide Indikatoren nur mit ihren Bilanzen ein. Der vorliegende Vorschlag bedeutet, dass die individuellen Wertausprägungen der Indikatoren zu bestimmen sind und sie in die multikriterielle Bewertung von UVM Maßnahmen, ergänzend zu Indikatoren einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung, einzuführen sind.

3 Marktanalyse

Im Rahmen von IVU Umwelt (2013a), Diegmann (2013) und FGSV (2014) wurden bereits erste Übersichten über in Deutschland vorhandene bzw. geplante UVM erstellt. Zusätzlich wurde eine Literaturrecherche über weitere nationale bzw. englischsprachige internationale Veröffentlichungen zu Systemen durchgeführt, die sich als UVM bezeichnen lassen. Aus dieser Recherche wurde abgeleitet, welche Arten von UVM eingesetzt werden bzw. werden sollen und welche Akteure daran beteiligt sind. Soweit verfügbar wurden die Kosten für den Aufbau und Betrieb der bestehenden Systeme ausgewertet. Die bereits in Anlage 1 vorgestellten Systeme wurden bei der Marktanalyse nicht mehr berücksichtigt.

In Tabelle 3-1 sind weitere Systeme aufgeführt, die in Deutschland betrieben werden (Status laufend, L), sich in Planung befinden (Status geplant, P) oder untersucht wurden (Status untersucht, U). Bei keinem der Projekte liegen Angaben zu den Kosten vor.

Tabelle 3-1: Weitere nationale UVM, laufend (L), geplant (P) oder untersucht (U)

Stadt	Status	Art	Akteur
Frankfurt/O.	L	Dynamische umweltgesteuerte Verkehrsumleitung, zwölfmonatiger Probetrieb bis April 2017	Stadt
Halle/Saale	L	Dynamisches T30 auf Merseburger Straße bei drohender PM10-Tagesgrenzwertüberschreitung	Stadt, Bundesland
Jena	P	Umweltsensitive Verkehrssteuerung durch Übertragung des Pilotvorhabens UVE Erfurt	Stadt
München	P	Umweltorientiertes Verkehrsmanagement	Stadt, Bundesland
Offenbach	U	Umweltorientierte Strategieentwicklung im dynamischen Verkehrsmanagement sowie Anwendung für das Fallbeispiel der Stadt Offenbach	Stadt
Würzburg	U	Analyse der Wirkung einer temporär aktivierten Maßnahme am Beispiel des Hotspots Stadtring Süd	Stadt

Status: laufend (L), geplant (P), untersucht (U)

In **Frankfurt/Oder** läuft die Dynamische umweltgesteuerte Verkehrsumleitung (DUV) am Hotspot Leipziger Straße bis April 2017 in einem zwölfmonatigen Probetrieb (Stadt Frankfurt/O., 2017), der sich, mit leichten Modifizierungen, an einen im März 2015 begonnen Probetrieb²⁴ anschließt. Ziele der Maßnahme sind die Umleitung des städtischen Durchgangsverkehrs in luftbelastungskritischen Situationen sowie die dynamische Signalisierung von Sperrungen und Umleitungen²⁵. Die Aktivierung des Umleitprogramms erfolgt derzeit abhängig von aktuellen Verkehrszahlen, PM10-Luftbelastungsdaten und Wetterlage. Vorausgegangen war, im Rahmen der Erstellung des Luftreinhalteplans Frankfurt/Oder, eine Machbarkeits- und Wirkungsabschätzung einer DUV als Maßnahme zur Reduzierung der PM10 und NO₂-Konzentrationen an den hoch belasteten innerörtlichen Straßenabschnitten der Leipziger Straße (IVU Umwelt, 2012).

²⁴ Quelle: <https://www.frankfurt-oder.de/B%C3%BCrger/Aktuelles-Infos/Nachrichtenarchiv/Umweltverkehrliche-Verkehrssteuerung-in-Frankfurt-wird-ausgebaut.php?object=tx%7C2616.14.1&ModID=7&FID=2616.3973.1&NavID=2616.1095&La=1&startkat=2616.817>, abgerufen am 11.1.2017

²⁵ Quelle: <https://www.frankfurt-oder.de/Klimaschutz/Fach%C3%A4mter%C3%BCbergreifende-Zusammenarbeit/DUV>, abgerufen am 11.1.2017

Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden in den Luftreinhalteplan Frankfurt/Oder (MUGV Brandenburg, 2013) übernommen.

Wegen PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen beinhaltet der LRP **Halle/Saale** (MLU Sachsen-Anhalt, 2011) als Minderungsmaßnahme u. a. ein bedarfsorientiertes Tempolimit auf 30 km/h auf der Merseburger Straße im Zeitraum 31.5. bis 31.8. (Vom 01.09. des Jahres bis 30.04. des Folgejahres wird permanent auf 30 km/h signalisiert). Die kurzfristig zu ergreifende Maßnahme wird manuell aktiviert, wenn das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt auf Basis der PM10-Vorhersagen aus dem Umweltmodul ProFet der Stadt Halle eine bevorstehende Überschreitung des Tagesmittelwertes Partikel PM10 von 50 µg/m³ signalisiert. Die Maßnahme bleibt stets bis zur Deaktivierung durch das LAU aktiv.

Für **Jena** ist geplant, die im Pilotprojekt Umweltorientierte bzw. umweltsensitive Verkehrssteuerung Erfurt (UVE) gewonnen Ergebnisse und Erfahrungen unter Berücksichtigung der örtlichen verkehrlichen, umweltseitigen und technischen Rahmenbedingungen auf die Stadt Jena zu übertragen²⁶. Angaben zum zeitlichen Rahmen liegen derzeit nicht vor.

In **München** ist ein Umweltorientiertes Verkehrsmanagement in der Planung. Das Kreisverwaltungsreferat München entwickelt, gemäß den Beschlüssen der Vollversammlung des Stadtrats zur 1. und 2. Fortschreibung des Verkehrs- und Mobilitätsmanagementplans (VMP) vom 28.07.2010 und 23.10.2013, verschiedene Konzepte für ein Umweltorientiertes Verkehrsmanagement und untersucht, in Zusammenarbeit mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung sowie dem Referat für Gesundheit und Umwelt, deren Machbarkeit, deren verkehrlichen sowie deren umweltrelevanten Wirkungen. Eine Machbarkeitsstudie zur Ermittlung der Wirkungen, Umsetzbarkeit und Sinnhaftigkeit umweltoientierter Verkehrsmanagementstrategien wurde, als Simulationsstufe 1, in IVU Umwelt (2013b) erstellt. Derzeit erarbeitet wird Simulationsstufe 2 der Machbarkeitsstudie, die die Wirkungssimulationen von Maßnahmen für ein ausgewähltes Pilotgebiet enthält (Entwurf, IVU Umwelt, 2016).

Des Weiteren nennt die 6. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für die Stadt München (STMUV Bayern, 2015) als Maßnahme Nr. 1 die umfassend gutachterliche Prüfung der „rechtlich, verkehrstechnisch und räumlich möglichen Maßnahmen zur Verkehrslenkung und Verkehrssteuerung sowie deren praktische Umsetzbarkeit und die lufthygienische Wirkung insbesondere auf die NO₂-Belastung.“

Für **Offenbach** wurde, in TU Darmstadt & ZIV (2012, unveröffentlicht), die Entwicklung von Hinweisen zur umweltoorientierten Strategieentwicklung im dynamischen Verkehrsmanagement sowie die Anwendung der vorgeschlagenen Methodik für das Fallbeispiel der Stadt Offenbach behandelt. Weitergehende Planungen eines UVM liegen derzeit zu Offenbach nicht vor.

Für **Würzburg** wurde u.a. am Beispiel des Hotspots Stadtring Süd das Potenzial einer temporär aktivierbaren lokalen verkehrlichen Maßnahme analysiert (IVU Umwelt; WVI; Hofmann, 2014). Auf der Basis von stündlichen NO₂-Messzeitreihen wurde untersucht, wie die Wirkungen bei veränderbaren Auslöseschwellen und Minderungswirkungen von

²⁶ Quelle: https://www.schritt-fuer-schritt.net/de/mobilitaet/umweltsensitive_verkehrssteuerung/392577, abgerufen am 11.1.2017

temporären Maßnahmen auf Jahreskenngrößen ermittelt werden können. Weitergehende Planungen eines UVM in Würzburg liegen derzeit nicht vor.

Tabelle 3-2 nennt Systeme, die international betrieben werden (Status laufend, L), sich in Planung befinden (Status geplant, P) oder abgeschlossen sind (Status abgeschlossen, A). Auch hier liegen bei keinem der Projekte Angaben zu den Kosten vor.

Tabelle 3-2: Internationale UVM, laufend (L), geplant (P) oder abgeschlossen (A)

Stadt (Land)	Status	Art	Akteur
Chester (UK)	L	InterCityAir - Real-time air quality monitoring and traffic management	Stadt, Konsortium
Helmond (NL)	L	Urban Freight Energy Efficiency Pilot (Helmond FREILOT)	Stadt, EU
Leicester (UK)	L	Integrated Traffic Management and Air Quality Control Using Space Services (iTRAQ)	Stadt, ESA, Konsortium
Leicester (UK)	P	Urban Traffic Management and Air Quality (uTRAQ), Nachfolger von iTRAQ	Stadt, ESA, Konsortium
Paris, Rom, Prag, Berlin, Rotterdam, Leicester (UK)	A	Healthier Environment through the Abatement of Vehicle Emissions and Noise (HEAVEN)	Städte, EU

Status: laufend (L), geplant (P), abgeschlossen (A)

In **Chester (UK)** ist im September 2015 „InterCityAir“ als Feldversuch angelaufen. Hierbei werden mittels kostengünstiger drahtloser Sensoren Luftqualitätsdaten erhoben und an ein Netzwerk übermitteln, das wiederum mit der Verkehrsmanagementsteuerung von Chester verknüpft ist. Die Messdaten werden in das Verkehrsleitsystem der Stadt eingespeist, um so im Stadtzentrum an Hotspots die durch Staus verursachte Schadstoffbelastung zu senken. Bisher wurden drei Luftqualitätssensoren an Laternenpfosten installiert, die Kommunikation läuft über das Mobilfunknetz (Chester, 2016). InterCityAir ist ein Kooperationsprojekt zwischen Cheshire West und Chester Council, der Universität Chester und dem in Chester ansässigen Unternehmen C-Tech Innovation.

In **Helmond (NL)** wird die Steuerung von Lkw-Bewegungen eingesetzt, um zur Luftreinhaltung beizutragen. Das Pilotprojekt „Urban Freight Energy Efficiency Pilot“ (Helmond FREILOT) hat das Ziel, durch bessere Lkw-Verkehrsflüsse eine Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und der daraus resultierenden CO₂-Emissionen zu erreichen. Hierfür wurden Ampel-Kreuzungen mit Detektoren ausgestattet, um bestimmten Fahrzeugen, in Helmond sind dies Lkw und die Feuerwehr, Vorrang einzurichten. Das Verkehrsmanagement-Element von FREILOT steuert diesbezüglich das Verkehrsleitsystem. Helmond war teilnehmende Stadt im Rahmen eines EU-Projekts, das von 2009 bis 2012 lief (FREILOT, 2012), weitere teilnehmende Städte waren Lyon (Frankreich), Bilbao (Spanien) und Krakau (Polen).

In **Leicester (UK)** startete 2011 mit iTRAQ (Integrated Traffic Management and Air Quality Control Using Space Services) die Entwicklung eines UVM rund um die bestehende Verkehrsmanagementzentrale, ergänzt um Verkehrsfluss- und Luftqualitätsinformationen, Daten von globalen Satellitennavigationssystemen sowie in-situ-Messungen. Details dazu finden sich in Gustafsson & Hübner (2012). Projektpartner waren die Europäischen Weltraumorganisation (ESA), der Geoinformationsdienstleister Infoterra, die Stadt Leicester sowie die De Montfort University und die University of Leicester. Derzeit ist in Leicester (UK) mit uTRAQ (Urban Traffic Management and Air Quality) das

Nachfolgesystem von iTRAQ als operationelle Demo-Version im Einsatz (TRL, 2017). uTRAQ deckt das Stadtgebiet innerhalb der äußeren Ringstraße ab und umfasst zudem eine Zufahrtsstraße in die Stadt. Auch dieses Projekt wird von der ESA unterstützt, weitere Projektpartner sind TRL Limited, TSS Limited und die University of Leicester.

Paris, Rom, Prag, Berlin, Rotterdam und Leicester (UK) waren an dem EU-Projekt HEAVEN (Healthier Environment through Abatement of Vehicle Emission and Noise) beteiligt (HEAVEN, 2003). Das Hauptziel von HEAVEN war die Stärkung des städtischen Umwelt- und Verkehrsmanagements auf der Grundlage eines besseren Zugangs zu Informationen über Luft und Lärm. Es zielte auf die Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen den wichtigsten Umwelt-, Verkehrs- und Gesundheitsakteuren und die Erhöhung der Transparenz der Stadtregierungen durch besseren Zugang der Bürger zu Umweltinformationen. So wurde u.a. untersucht, ob mit einer an Umweltgesichtspunkten orientierten Verkehrslenkung die Lärm- und Luftbelastung in verkehrsreichen Straßen gesenkt werden kann. Das durch die EU kofinanzierte Forschungsprojekt lief von 1999 bis 2003.

4 Betriebserfahrungen

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden die Wirkungen von UVM auf einer generalisierten Basis auf der Grundlage der Daten der vier ausgewählten Untersuchungsgebiete Braunschweig Altewiekring, Erfurt, Potsdam und Lutherstadt Wittenberg ermittelt. Den Einstieg dazu lieferte eine Befragung der Betreiber und der Auftraggeber der jeweiligen UVM. Dabei sollten

- Der Umfang der Investitionen (Hardware, Software),
 - Die Kosten des Betriebs (Personal, Re-Investitionen),
 - Die Wirksamkeit des UVM,
 - Die Akzeptanz der UVM-Maßnahmen,
 - Eine Einschätzung zum Synergiepotential bei Kopplung des Verkehrsmanagements (VM) mit UVM sowie
 - Probleme beim Zusammenwirken VM mit UVM
- abgefragt werden.

Es wurde dazu am 29.11.2016 ein Internetfragebogen mit 29 Fragen ins Netz gestellt und die Betreiber der UVM-Systeme der ausgewählten UVM-Städte wurden anschließend angeschrieben. Im Abstand von ca. 1 Woche fand jeweils ein vertiefendes Telefongespräch mit Betreibern und Auftraggebern statt. Die Befragungsergebnisse wurden nachfolgend dokumentiert und systematisch zusammengefasst. Sie dienen als Unterlage für die in AP 900 vorgesehenen Bewertungen auf gesamtwirtschaftlicher Grundlage.

Der Fragenkatalog war in

- Teil 1: Allgemeine Fragen
- Teil 2: Investitions- und Betriebskosten
- Teil 3: Wirksamkeit des UVM
- Teil 4: Akzeptanz der UVM Maßnahmen
- Teil 5: Einschätzung zum Synergiepotential bei Kopplung UVM + VM und
- Teil 6: Probleme beim Zusammenwirken von UVM und VM

gegliedert. Einzelheiten der Ergebnisse der Befragung sind aus dem Anhang „Ergebnisse der Befragung zum Betrieb von UVM-Systemen“ zu entnehmen.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die UVM-Systeme wurden kommunal beauftragt, jedoch meist in Abstimmung mit dem Bundesland.
2. Zeitlich war von der ersten Befassung bis zur Inbetriebnahme ein Zeitraum von bis zu 4 Jahren erforderlich. Der Realisierungszeitraum ist jedoch maßgebend vom Umfang und den jeweiligen technischen Voraussetzungen sowie den gewählten Strategien abhängig.
3. Wie lange ein UVM-System in Betrieb sein wird, wird in Abhängigkeit der Höhe der Grenzwertüberschreitung, der bisherigen zeitlichen Entwicklung der

Immissionskonzentrationen und geplanter anderer Maßnahmen unterschiedlich eingeschätzt. Die eingeschätzte Mindestlaufzeit liegt zwischen 5 und 10 Jahren.

4. Der Betrieb des UVM-Systems (Kontrolle der Funktionsfähigkeit des UVM-Systems) erfolgt weitgehend mit städtischem Personal. Wartung und Reparatur werden meist extern vergeben. Der Aufwand für die Systempflege ist Teil der Wartung.
5. Bei den Investitionen muss zwischen Vorphase, Einrichtung und Betrieb sowie zwischen einfachen und aufwändigen Lösungen unterschieden werden (Angaben in 1000 €):

	Einfache Lösung	Aufwändige Lösung
Vorphase	50 - 100	50 - 100
Planung und Realisierung	< 50	> 100
Betrieb	< 30/a	> 30/a

6. In den vorliegenden Ausprägungen erreichen die UVM-Systeme eine Reduktion der hohen Immissionskonzentrationen von PM10 und NO₂. Die Wirkung reicht aber bei NO₂ häufig allein nicht aus, um die Grenzwerte einzuhalten.
7. Zu den modalen Auswirkungen (Verlagerung von Fahrten auf den Umweltverbund) von UVM-Systemen liegen keine Untersuchungen vor.
8. Verkehrsleitungsmaßnahmen (Lkw) bedürfen, um wirksam zu sein, ausreichender Kontrollen.
9. Eine Evaluierung der UVM-Systeme beschränkte sich bisher auf die direkten Wirkungen (Immissionskonzentrationsminderung, verkehrliche Wirkungen, Kosten). Gesamtwirtschaftliche Aussagen fehlen weitgehend.
10. Ein UVM-System hat positive Wirkungen auf die Minderung der Lärmsituation, die Reduktion von Lärmimmissionen stand bei der Einrichtung der UVM-Systeme nicht im Vordergrund, obwohl an den Hotspots meist auch die Zielwerte für Lärmimmissionen überschritten werden.
11. Akzeptanzuntersuchungen von UVM-Maßnahmen sind bisher nicht durchgeführt worden. Aus Presse und Leserzuschriften lässt sich schließen, dass Maßnahmen der Verkehrsverflüssigung gegenüber Umleitungsmaßnahmen und gegenüber einer „Pfortnerung“ an den Stadteingängen eine höhere Akzeptanz erzielen.
12. Synergien ergeben sich, wenn ein VM-System bereits vorhanden ist und vorhandene Einrichtungen von VM- und UVM-Systemen gemeinsam genutzt werden können. Bisher sind Synergiepotentiale noch nicht quantifiziert worden.
13. Es gibt in der betrieblichen Praxis nur wenig Konfliktpotential zwischen UVM und VM-Systemen, weitgehend auch der Tatsache geschuldet, dass sich das gleiche Betriebspersonal um beide Systeme kümmert.

5 Validierung - Vergleich von Modellwerten mit Messungen

Im Ergebnis der Anlage 1 wurden folgende Untersuchungsgebiete für die weitere Analyse ausgewählt:

- UVM Potsdam,
- UVM Wittenberg,
- UVM Erfurt,
- UVM Braunschweig Altewiekring und
- UVM Steiermark in Österreich.

In den folgenden Kapiteln wird die grundsätzliche Gültigkeit der Ergebnisse der eingesetzten Verfahren und Modelle in den genannten Untersuchungsgebieten durch Vergleich mit Messdaten untersucht.

Dabei wird zwischen den verkehrlichen (HBEFA Eingangsgrößen) und umweltseitigen (z. B. Modell/Messung) Ergebnissen für die Ist-Berechnung und ggf. die Vorhersage unterschieden.

An dieser Stelle sei auch darauf verwiesen, dass die in den betrachteten Untersuchungsgebieten eingesetzten Umweltmodule und Verkehrsmodelle in Bezug auf die Qualitätssicherung gewissen Ansprüchen genügen. Dies sollte auch allgemein für andere/neue Systeme sichergestellt werden. Diese sind u.a.

- Anforderungen an Ausbreitungsmodelle, die z. B. in der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 14 (KRdL, 2013) oder im „Leitfaden Modellierung verkehrsbedingter Immissionen - Anforderungen an die Eingangsdaten“ (IVU Umwelt 2015a) formuliert sind.
- Anforderungen an die Emissionsberechnung, welche z. B. durch die VDI-Richtlinie 3782, Blatt 7 (KRdL, 2003) formuliert sind.

Es werden nachfolgend, je nach Datenlage in den entsprechenden Untersuchungsgebieten, folgende Parameter bzgl. deren Berechnungs-/Vorhersagegüte bewertet:

- Verkehr:
 - Verkehrsstärke
 - Flottenzusammensetzung (Pkw, Lkw)
 - Umwelt-LOS (level of service)
- Umwelt/Immissionen:
 - NO₂
 - PM10
 - Meteorologie

5.1 Braunschweig

Die Validierung für das UVM Braunschweig wurde aktuell für das Bezugsjahr 2015 durchgeführt. Dabei wurde die vorhandene Datenbasis aus dem Verkehr- und Umweltmonitoring soweit wie möglich um Daten aus verschiedenen Datenarchiven ergänzt, so dass nur geringe Datenlücken vorhanden waren.

Die im Folgenden dargestellten Auswertungen entstammen zum großen Teil der Dokumentation der Evaluation des UVM Braunschweig, wie sie für die Stadt Braunschweig erstellt wurde.

5.1.1 Verkehr

Im Online-Betrieb des Monitoring-Systems ViBS^{mt} konnten nicht für alle Stunden des Jahres 2015 Verkehrsbelastungen berechnet werden. Hauptsächlich lag die Ursache für Ausfälle in fehlenden Eingangsdaten aus der Detektion, wobei meist nicht die Detektion selbst ausgefallen war, sondern die vom Verkehrsmanagement bereit gestellte Schnittstelle²⁷. Seit Mitte 2015 läuft die Schnittstelle sehr stabil und es waren nur noch sehr wenige Ausfälle zu verzeichnen, die ihre Ursache zumeist in Systemwartungsarbeiten hatten.

Um die Datenbasis für die Validierung zu erhöhen, wurden für fehlende Zeitpunkte soweit möglich die Detektionsdaten aus dem Archiv des VM entnommen und die Verkehrsbelastungen im ViBS^{mt} nachberechnet. Mit den im Zuge dieser Datenvervollständigung durchgeführten Nachberechnungen liegen für 8 709 Stunden Verkehrsdaten vor. Dies entspricht einer Verfügbarkeit von 99 %. Für insgesamt 346 von 365 Tagen (95 %) des Jahres 2015 sind für alle 24 Tagesstunden Daten aus dem Verkehrsmonitoring verfügbar.

5.1.1.1 Verkehrsstärke

Die im Verkehrsmonitoring ermittelten, stündlichen Verkehrsstärken wurden im Zuge der Evaluierung mit den auf Stundenwerte aggregierten Detektionsdaten aus dem VM verglichen. Abbildung 5-1 zeigt beispielhaft die entsprechende Auswertung für die Messstelle MS129 und den Tagestyp „Montag – Freitag (Schule)“.

Da die Detektionsdaten auch als Kalibrierungsgröße im Verkehrsmonitoring verwendet werden, ist allgemein eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Modell und Messung zu erwarten und konnte auch in der Validierung bestätigt werden. Durch das im Verkehrsmonitoring integrierte Umlegungsmodell erfolgt jeweils eine Gesamtmodellierung des Verkehrs im Betrachtungsraum, so dass in der Regel an den einzelnen Detektionsquerschnitten kleinere Abweichungen zwischen Messung und Modell zu erwarten sind.

Als hauptsächliche Ursachen für gelegentlich aufgetretene, größere Abweichungen kommen in Frage:

- Schwächen im Netzmodell (z. B. eine fehlende oder nicht adäquate Berücksichtigung von Baustellen),
- Schwächen in den als Startlösung gewählten Q-Z-Matrizen,
- Fehler bzw. Ungenauigkeiten in der Detektion sowie

²⁷ Dies trat insbesondere in der ersten Jahreshälfte 2015 auf, wo die im Rahmen von Tests der Vorhersagemodule gesendeten Datenmengen offenbar zunächst die Schnittstelle überforderten.

- außergewöhnliche, im Verkehrsmonitoring nicht automatisiert adäquat abbildbare Verkehrssituationen wie beispielsweise nicht geplante Sperrungen aufgrund von Unfällen.

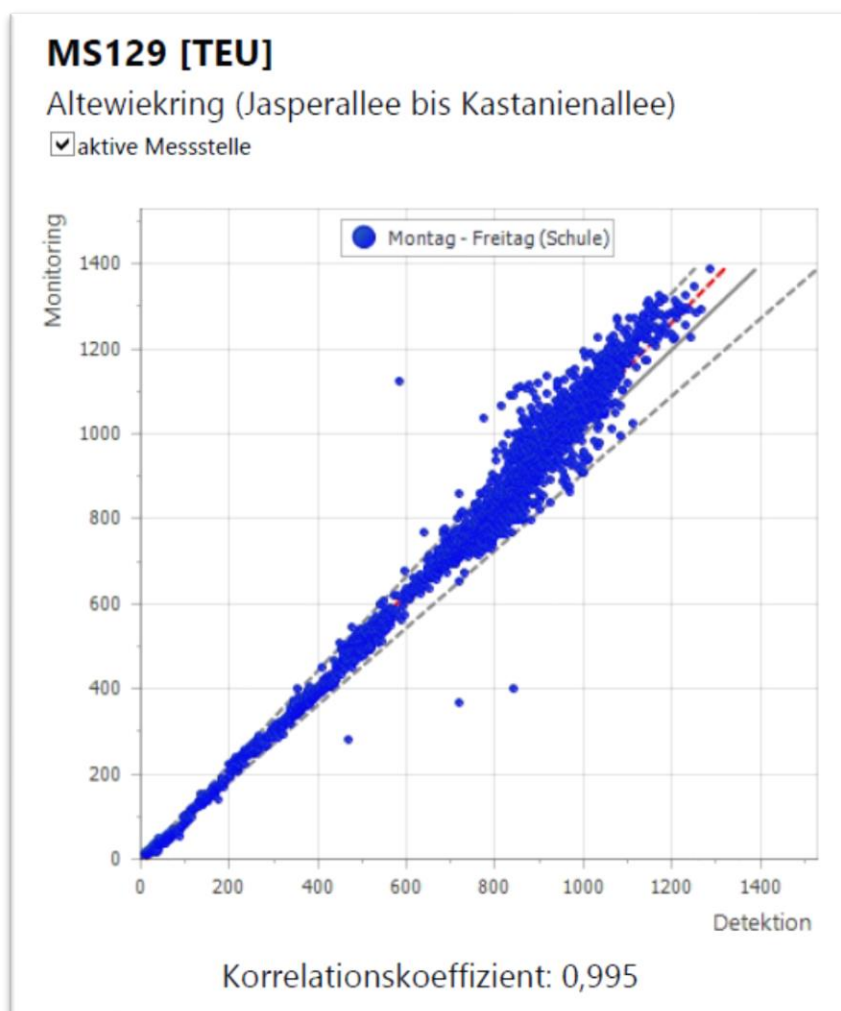


Abbildung 5-1: Vergleich der stündlichen Verkehrsmengen Modellierung zu Detektion am Beispiel der Messstelle MS129

Das Netzmodell wird im Rahmen des Betriebs wöchentlich geprüft und erforderlichenfalls aktualisiert. Dabei ist jeweils eine Abwägung zu treffen, welche Änderungen im Netzmodell zu berücksichtigen sind. Aus Aufwandsgründen kann nicht jede Baustelle berücksichtigt werden. Zudem müssen die Informationen zu den Baumaßnahmen rechtzeitig, vollständig und korrekt im VM-System hinterlegt sein, um angemessen berücksichtigt zu werden. Im Jahr 2015 wurden insgesamt 26 verschiedene Baumaßnahmen im Hauptverkehrsstraßennetz im Verkehrsmonitoring abgebildet, wobei für einzelne Maßnahmen noch unterschiedliche Bauphasen berücksichtigt wurden.

Die Q-Z-Matrizen wurden im Zuge der Evaluierung überprüft und an einigen Stellen angepasst. Im Zuge der anstehenden Evaluierung des Betriebs im Jahr 2016 ist die nächste Prüfung vorgesehen.

Fehler in der Detektion können im Verkehrsmonitoring zum Teil automatisch erkannt werden. Entsprechende Detektionsdaten werden in der jeweiligen Modellierung entsprechend nicht berücksichtigt.

Insgesamt betrachtet lieferte das Verkehrsmonitoring über das gesamte Jahr 2015 hinweg im betrachteten Streckennetz der Stadt Braunschweig gut bis sehr gut zur Detektion passende Verkehrsstärken, die am Hotspot Altewiekring allerdings in den Spitzenstunden häufig leicht überschätzt werden.

5.1.1.2 Flottenzusammensetzung

Das Verkehrsmonitoring differenziert im Modell die Fahrzeugarten Pkw (einschließlich Kräder und andere Pkw-ähnliche Kfz), leichte Nutzfahrzeuge und schwere Nutzfahrzeuge (einschließlich Sattelzüge, Reisebusse, sonstige Zugmaschinen, usw.). Hinzu kommen die Fahrten der Linienbusse gemäß Fahrplan. Für den Anteil der Kräder (0.5 %) und Reisebusse (0 %) an der Anzahl der Gesamtfahrzeuge werden Standardwerte verwendet.

Aufgrund der eingesetzten Messtechnik²⁸ erfolgt bei der Detektion lediglich eine Differenzierung in zwei Fahrzeuglängengruppen („Pkw“ und „Lkw“). Bzgl. des Lkw-Anteils ergab die Validierung teilweise eine deutliche Abweichung zwischen Verkehrsmonitoring und Detektion, wobei insbesondere am Hotspot Altewiekring der detektierte Lkw-Anteil unplausibel hoch erscheint²⁹. Es ist daher geplant, in 2017 die Schwerverkehrsanteile bzw. die Verkehrszusammensetzung insgesamt auf Basis von Videoerhebungen genauer zu überprüfen.

5.1.1.3 Umwelt-LOS (level of service)

Das Verkehrsmonitoring verwendet für die Bestimmung des „Umwelt-LOS“ je Streckenabschnitt als Eingangsgröße für die Emissionsberechnungen nach HBEFA ein vergleichsweise einfaches Modell, bei dem die Auslastung eines Streckenabschnitts im Bezug zu seiner Kapazität gesetzt wird. Dabei wird über geeignete, im Netzmodell hinterlegte Anpassungsfaktoren die Kapazität des auf den Streckenabschnitt folgenden Knotenpunkts berücksichtigt. Zudem werden über geeignete Faktoren auch die Wirkungen von Verkehrsmanagementmaßnahmen (beispielsweise verbesserte Koordinierungen oder Pfortnerungen) im Verkehrsmonitoring abgebildet. Aus dem so ermittelten Auslastungsgrad wird die Verteilung der jeweiligen LOS-Stufen (1 bis 4) des HBEFA in der betrachteten Stunde abgeleitet.

Da die Definition der Verkehrszustände (LOS) im HBEFA nicht direkt in die Praxis übertragbar bzw. nicht direkt messbar ist (vgl. auch Rauterberg-Wulff et al., 2015), konnte das entsprechende Modell auch nicht direkt gegen den „Umwelt-LOS“ validiert werden. Im Rahmen eines 2015 durchgeführten, mehrwöchigen Feldversuchs wurden im Hotspotbereich stattdessen mittels Messfahrten und Videoerhebungen die Kenngrößen Reisezeit und Anzahl Halte erfasst. Insgesamt konnte eine gute Sensitivität des LOS-

²⁸ Die Detektion erfolgt in Braunschweig mit TrafficEyeUniversal-Messgeräten (TEU), welche über zwei Infrarot-Erfassungsbereiche Fahrzeuggeschwindigkeiten messen und daraus auf die Fahrzeuglängen schließen.

²⁹ Untersuchungen der WVI haben gezeigt, dass viele der TEU-Messstellen in Braunschweig bzgl. Geschwindigkeit und damit indirekt auch bzgl. Schwerverkehrsanteil keine belastbaren Messdaten liefern. (WVI, 2012)

Modells bzgl. Veränderungen dieser beiden Kenngrößen sowohl im normalen Betrieb als auch bei Aktivierung der UVM-Maßnahme nachgewiesen werden. Zudem wurden als weitere Kontrollgröße die über Google Maps verbreiteten „Verkehrszustände“ betrachtet. Direkte Vergleiche der LOS-Werte waren aufgrund der unterschiedlichen Berechnungsansätze und Zeitintervalle nicht sinnvoll, in der Tendenz stimmte aber die zeitliche Entwicklung des Verkehrszustands im Tagesverlauf in Google Maps und im Verkehrsmonitoring meist überein.

5.1.2 Umwelt

Mit den Immissionen aus dem Online-Monitoring und den Nachberechnungen liegen für 7 917 Stunden modellierte NO₂-Immissionen und für 8 155 Stunden PM10-Immissionen vor. Dies entspricht einer Verfügbarkeit von 90 % bei NO₂ und 93 % bei PM10 bezogen auf die Jahresgesamststunden.

Die Validierung bezieht sich auf die Messungen und Modellierungen am Altewiekring und wurde getrennt für die Komponenten PM10 und NO₂ durchgeführt.

5.1.2.1 PM10

Die Auswertung der PM10-Gesamtbelastung basiert auf Daten zwischen 01.01.2015 02:00 UTC und 31.12.2015 23:00 UTC. Der Zeitraum direkt vor und nach dem Jahreswechsel wurde in der Auswertung nicht berücksichtigt, da die gemessene PM10-Gesamtbelastung durch die extrem hohe Emission von Feuerwerkskörpern dominiert wird, was einen statistischen Vergleich von Modell- mit Messwerten verzerren würden.

In Abbildung 5-2 ist der Jahresverlauf der gemessenen und modellierten PM10-Belastung im Altewiekring als Stundenzreihe dargestellt. Neben vereinzelt auftretenden Spitzenbelastungen gibt es vornehmlich im Frühjahr März bis Mai und im Oktober längere Perioden mit einem höheren PM10-Niveau. Wie aus Abbildung 5-3 ablesbar wird vom Modell ein PM-Jahresmittelwert in Höhe von 19.8 µg/m³ berechnet, der damit um 0.9 µg/m³ bzw. 4.3 % unter dem gemessenen Wert in Höhe von 20.7 µg/m³ liegt.

Der Erklärungswert R² der Messungen durch das Modell liegt mit 83 % hoch. Die Regressionsgerade hat eine Steigung leicht kleiner als 1, was bedeutet, dass höhere Messwerte durch das Modell tendenziell stärker unterschätzt werden. Bei diesem Vergleich muss beachtet werden, dass durch den hohen Anteil der Vorbelastung bei PM10 ein großer Teil der modellierten Werte auf Basis von Messungen beruht.

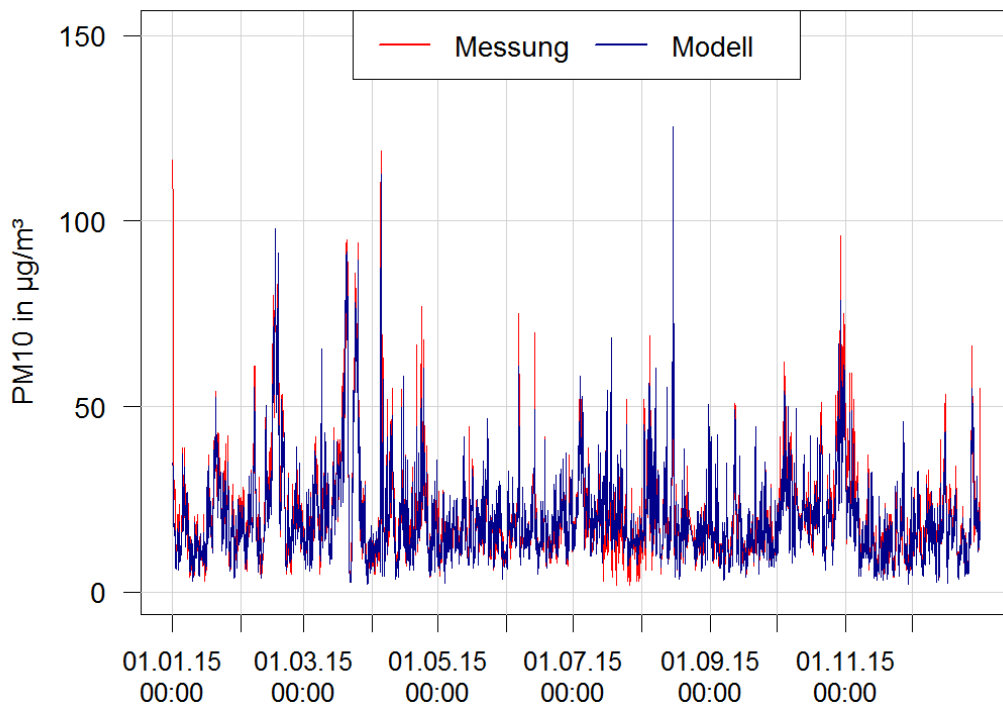


Abbildung 5-2: Darstellung der stündlichen Zeitreihe der modellierten und gemessenen PM10-Konzentration im Altewiekring

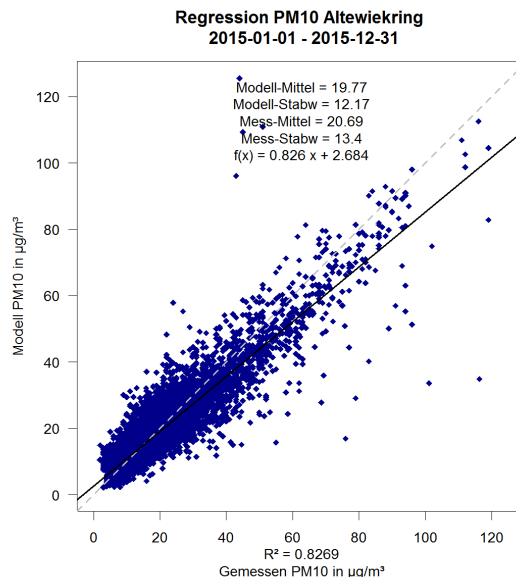


Abbildung 5-3: Paarweiser Vergleich der stündlichen Modell- und Messwert der PM10-Konzentration im Altewiekring mit statistischen Kenngrößen.

In Abbildung 5-4 sind gemittelte Ganglinien der modellierten und der gemessenen Konzentrationen als Mittelwerte aller Stunden der einzelnen Wochentage und als Wochen-ganglinie (in der Abbildung oben) und die Mittelwerte aller Stunden über einen Tag als Tagesganglinie, als Monatsganglinie und Wochentagsganglinie dargestellt (in der Abbildung unten von links nach rechts).

Im Vergleich zu den Ganglinien aller Wochentage von NO₂ (Abbildung 5-9) fällt hier auf, dass der Verkehrstagesgang nicht ganz so deutlich wird. Erst in der Tagesganglinie wird eine Morgenspitze um 6 Uhr und eine Abendspitze deutlich erkennbar. Dabei liegt die Abendspitze im Modell bei 17 Uhr, während nach den Messungen die Abendspitze deutlich später bei 20 bis 22 Uhr liegt. Im Jahresvergleich über die Monatsganglinie treten die auch schon in der Stundenzeitreihe in Abbildung 5-2 erkennbaren höheren Belastungen im Frühjahr und Oktober zutage. Bei der Wochenganglinie zeigt sich, dass Modell- und Messwert an Werktagen dicht beieinander liegen und sich die Konfidenzintervalle überschneiden, aber am Wochenende das Modell die Messung stärker unterschätzt.

Sowohl das Auftreten der verschobenen Abendspitze in den Messungen als auch die Unterschätzung der Messungen durch das Modell am Wochenende können Hinweise auf fehlende Quellinformationen sein, die wie z. B. der Hausbrand zu diesen Zeiten einen höheren Einfluss auf die PM₁₀-Belastung haben können.

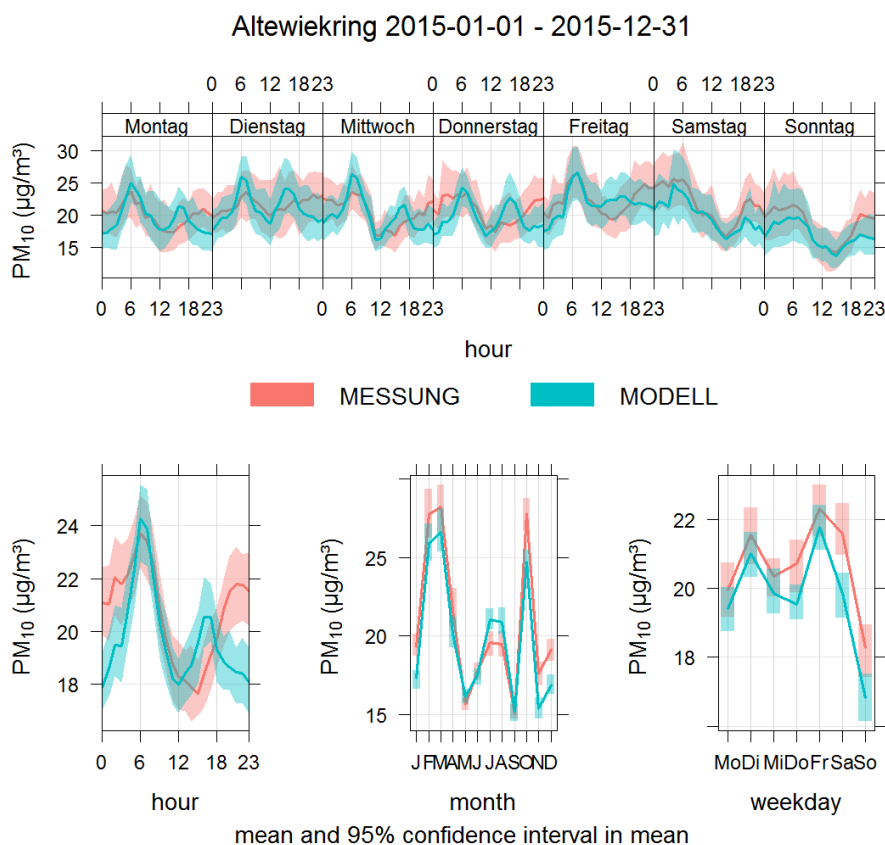


Abbildung 5-4: Auswertung von aggregierten Ganglinien der modellierten und gemessenen PM₁₀-Konzentration im Altewiekring

In Abbildung 5-5 wird die Abweichung zwischen Modell und Messung sowie der Erklärungswert der Messungen durch das Modell nach der vorherrschenden Windrichtung detailliert ausgewertet. Als y-Achse wird die Windrichtung von 0° bis 360° in 10°-Schritten angegeben. Im oberen Teil wird als grauer Balken die Häufigkeit des Auftretens der jeweiligen Windrichtung und in blau der Korrelationskoeffizient nach Pearson

angegeben. Die vorherrschenden Windrichtungen sind 240° bis 290°, also aus östlichen Richtungen. Nebenmaxima treten bei Windrichtungen aus Süd-Süd-Ost und West auf.

Der Korrelationskoeffizient variiert über die Windrichtung nur gering. Im mittleren und unteren Teil der Abbildung 5-5 wird für die jeweilige Windrichtung die mittlere Abweichung vom Modell zur Messung oben relativ und absolut dargestellt. Zusätzlich sind die Standardabweichungen eingezeichnet. Wie schon beim Jahresmittelwert sind die Abweichungen insgesamt gering. Die Streubreiten der Abweichungen je Windrichtung liegen immer um die Nulllinie. Tendenziell werden im Bereich 270° bis 340° die Messungen überschätzt und bei östlichen Winden eher unterschätzt.

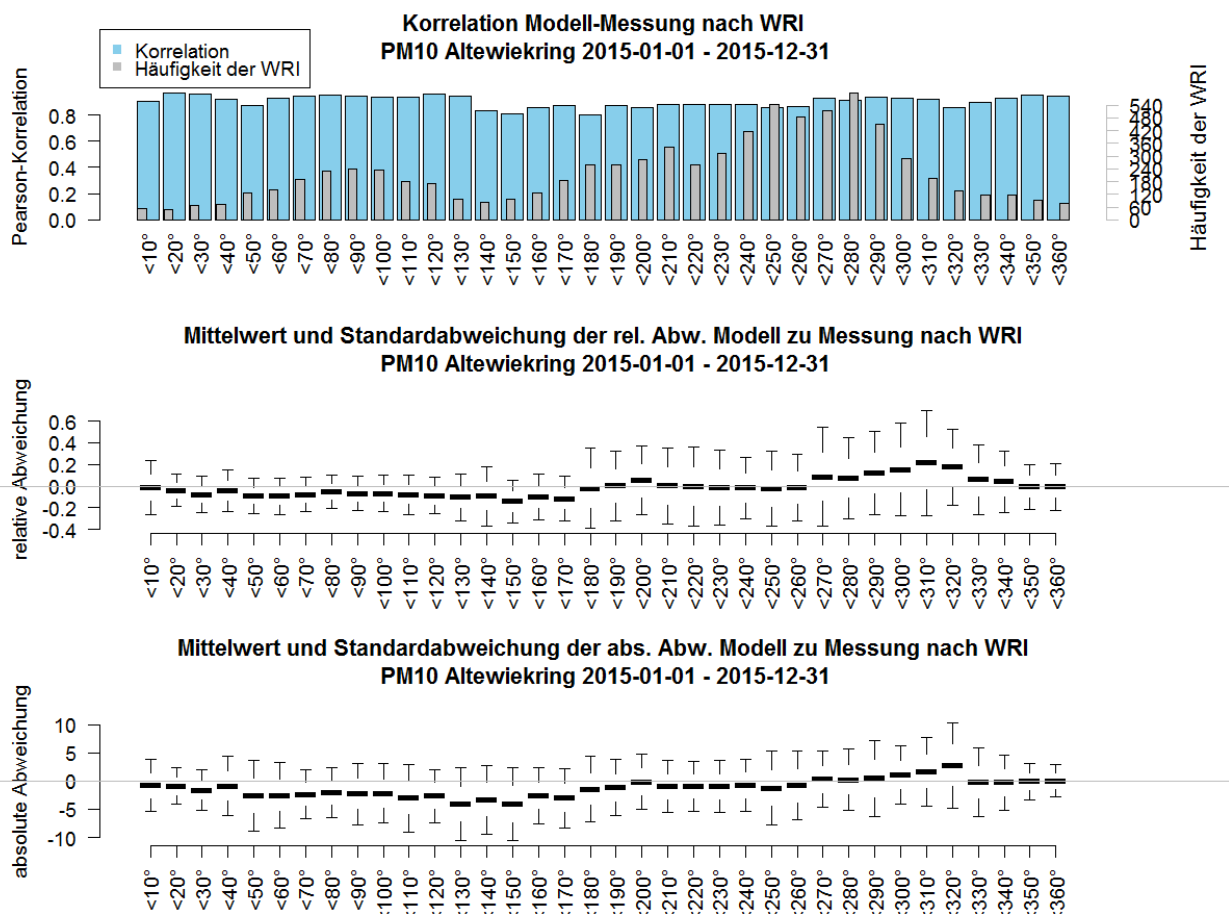


Abbildung 5-5: Häufigkeit einer Windrichtung, Korrelation und Abweichung Modell- vom Messwert für PM10 in Abhängigkeit von der Windrichtung

5.1.2.2 NO₂

In Abbildung 5-6 ist der Jahresverlauf der gemessenen und modellierten NO₂-Belastung im Altewiekring als Stundenzeitreihe dargestellt. Im Vergleich zur PM10-Zeitreihe ist ein über das ganze Jahr gleichbleibendes Konzentrationsniveau gegeben. Rein optisch ist schon zu erkennen, dass die in rot dargestellte Messzeitreihe tendenziell höher liegt als die in blau dargestellte Modellzeitreihe.

Das wird durch den Scatterplot in Abbildung 5-7 bestätigt. Die Abweichung des modellierten NO₂-Jahresmittelwerts vom Messwert beträgt 8.1 µg/m³ was einer Unterschätzung von 20.2 % entspricht. Der Erklärungswert R² der Messungen durch das Modell beträgt 57 %, was als ausreichend einzustufen ist. Die Regressionsgerade hat eine Steigung deutlich kleiner als 1. Höhere Konzentrationen werden durch das Modell also tendenziell eher unterschätzt.

Bei der NO₂-Belastung im Hotspot hat der Beitrag durch den lokalen Kfz-Verkehr einen deutlich höheren Anteil als bei der PM10-Belastung. Damit ist der direkt modellierte Anteil in der Gesamtbelastung entsprechend größer als bei PM10 und damit werden höhere Anforderungen an die Genauigkeit der Eingangsdaten und an das Abbildungsvermögen des Modells gestellt. Gerade bei der Bestimmung der Kfz-Emissionen herrscht zurzeit eine große Unsicherheit, weil z. B. keine detaillierte Flotteninformation zum Pkw-Diesel-Anteil vorhanden ist und die Kfz-Emissionen im Realbetrieb nach derzeitigem Kenntnisstand nicht vollständig durch das aktuelle HBEFA abgebildet werden.

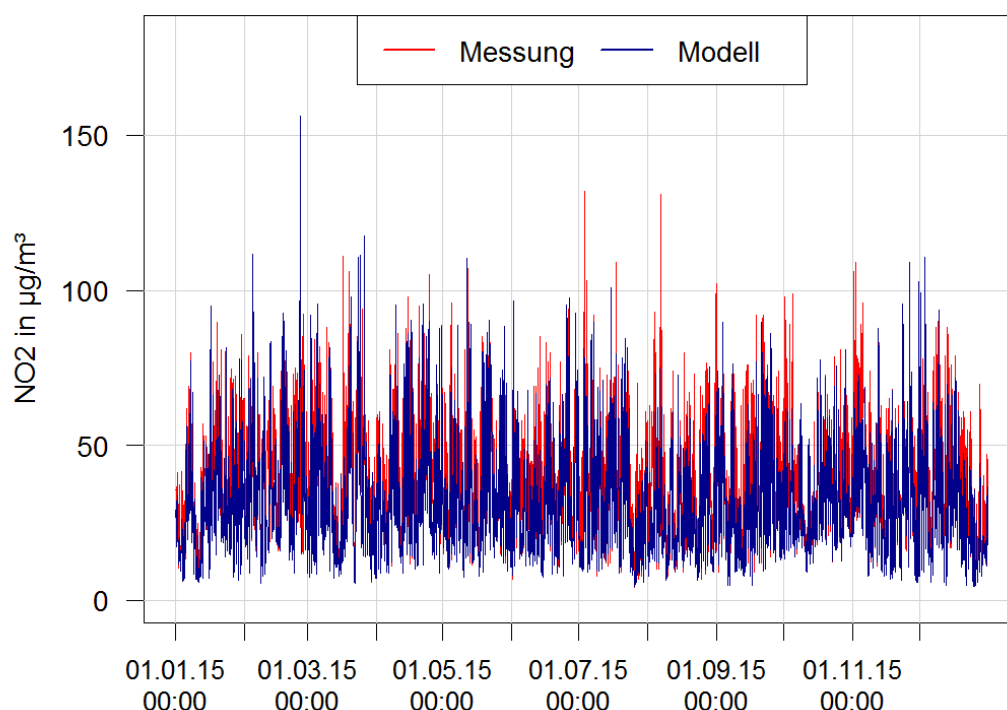


Abbildung 5-6: Darstellung der stündlichen Zeitreihe der modellierten und gemessenen NO₂-Konzentration im Altewiekring

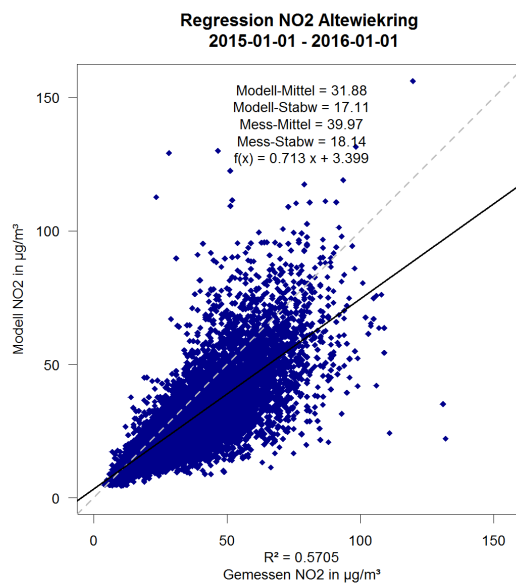


Abbildung 5-7: Paarweiser Vergleich der stündlichen Modell- und Messwerte der NO₂-Konzentration im Altewiekring.

Auf Grundlage der Unterschätzungen der NO₂-Messwerte durch das Modell wird das Modell kalibriert. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Unterschätzung durch eine zu geringe lokale Zusatzbelastung verursacht wird. Aus den Ergebnissen für 2015 wird aus dem Minderbefund bei NO₂ ein Kalibrierfaktor in Höhe von 1.6 abgeleitet, der pauschal auf die modellierte stündliche NO_x-Zusatzbelastung angewendet wird.

Mit diesem kalibrierten Modell wurde die Jahreszeitreihe für NO₂ neu berechnet. In Abbildung 5-8 sind analog zu Abbildung 5-7 die stündlichen Modellwerte den Messwerten in Form eines Scatterplots gegenübergestellt worden. Das kalibrierte Modell unterschätzt mit 37.8 µg/m³ den gemessenen NO₂-Jahresmittelwert nur noch leicht um 2.2 µg/m³ bzw. um 5.5 %. Der Erklärungswert verändert sich durch die Kalibrierung nur gering und liegt mit 56.2 % leicht unter dem Wert des unkalibrierten Modells in Höhe von 57.1 %.

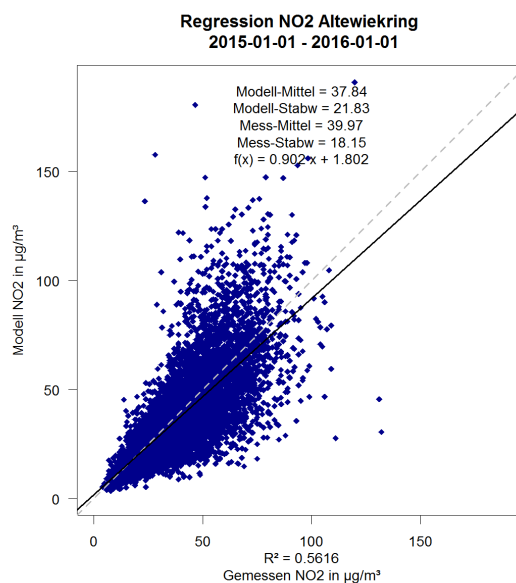


Abbildung 5-8: Paarweiser Vergleich der stündlichen kalibrierten Modell- und Messwerte der NO₂-Konzentration im Altewiekring.

In Abbildung 5-9 sind die Ganglinien der kalibrierten Modell- und Messwerte analog zur Auswertung für PM₁₀ dargestellt. Der Tagesgang des Kfz-Verkehrs ist sowohl in der Wochenganglinie wie auch in der Tagesganglinie deutlich zu erkennen. Aus der Wochenganglinie ergibt sich, dass von Montag bis Donnerstag die morgendliche Konzentrationsspitze gut reproduziert wird, am Freitag und in der gemittelten Tagesganglinie aber leicht unterschätzt. Die gemessene Nachmittagsspitze tritt werktags und im Tagesmittel tendenziell im Modell etwas früher auf und wird dabei durch das Modell überschätzt.

Aus der Jahresganglinie ist erkennbar, dass sowohl das gemessene wie auch das modellierte NO₂-Konzentrationsniveau in der ersten Jahreshälfte höher lag als in der zweiten, was auch zur Entwicklung der Verkehrsbelastung passt.

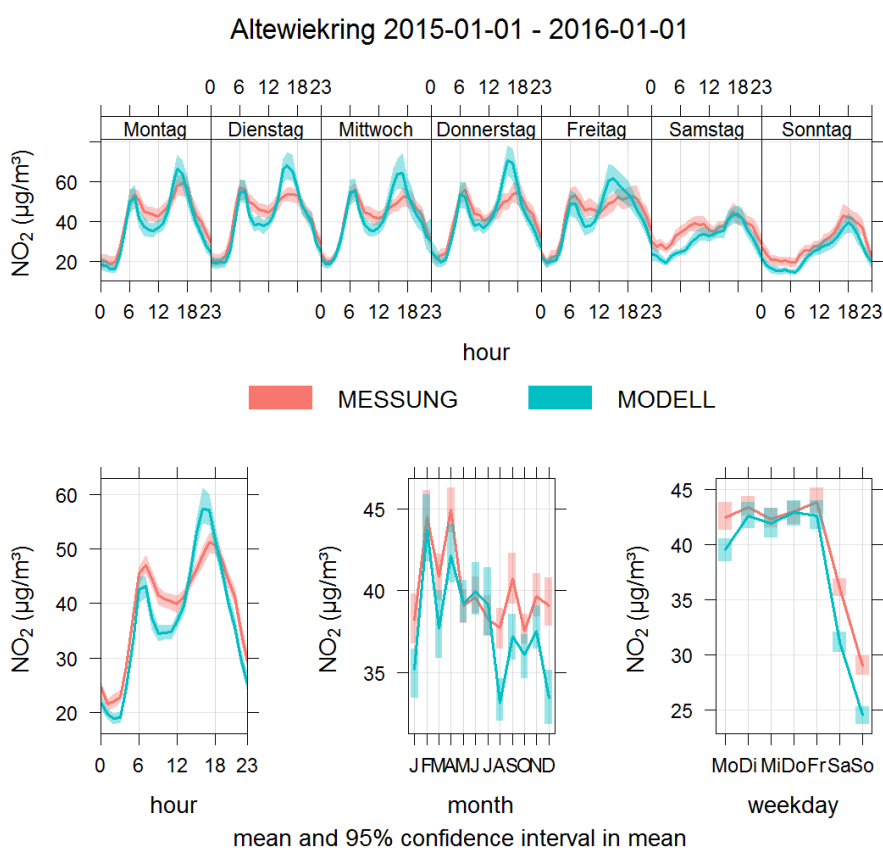


Abbildung 5-9: Auswertung von aggregierten Ganglinien der modellierten und gemessenen NO₂-Konzentration im Altewiekring mit Kalibrierung

In Abbildung 5-10 wird die Abweichung zwischen Modell und Messung sowie der Erklärungswert der Messungen durch das Modell nach der vorherrschenden Windrichtung detailliert ausgewertet. Als y-Achse wird die Windrichtung von 0° bis 360° in 10°-Schritten angegeben. Im oberen Teil wird als grauer Balken die Häufigkeit des Auftretens der jeweiligen Windrichtung und in blau der Korrelationskoeffizient nach Pearson angegeben. Die vorherrschenden Windrichtungen sind 240° bis 290° als aus östlichen Richtungen. Nebenmaxima treten bei Windrichtungen aus Süd-Süd-Ost und West auf.

Der Korrelationskoeffizient liegt im Bereich 190° bis 300° auf gleichbleibend hohem Niveau. Im Bereich des Nebenmaximums der Windrichtung bei 70° bis 90° ist die Korrelation schlechter.

Im mittleren und unteren Teil der Abbildung 5-10 wird für die jeweilige Windrichtung die mittlere Abweichung vom Modell zur Messung oben relativ und unten absolut dargestellt. Zusätzlich sind die Standardabweichungen eingezeichnet. Auf Grund der Kalibrierung liegen Unter- wie Überschätzungen vor, die sich im Mittel annähernd ausgleichen. Analog zur Situation bei PM10 wird im Bereich 270° bis 320° die Messungen tendenziell überschätzt und bei östlichen Winden eher unterschätzt, wobei die Unterschätzung bei Windrichtungen aus 100° bis 170° stärker ausfällt. Ein Grund für die Unterschätzung bei östlichen Windrichtungen könnte auch der Tatsache geschuldet sein, dass die verwendete Hintergrundmessstation östlich von Braunschweig liegt und aus diesen Messungen abgeleitet regionale Hintergrundbelastung unsicherer ist.

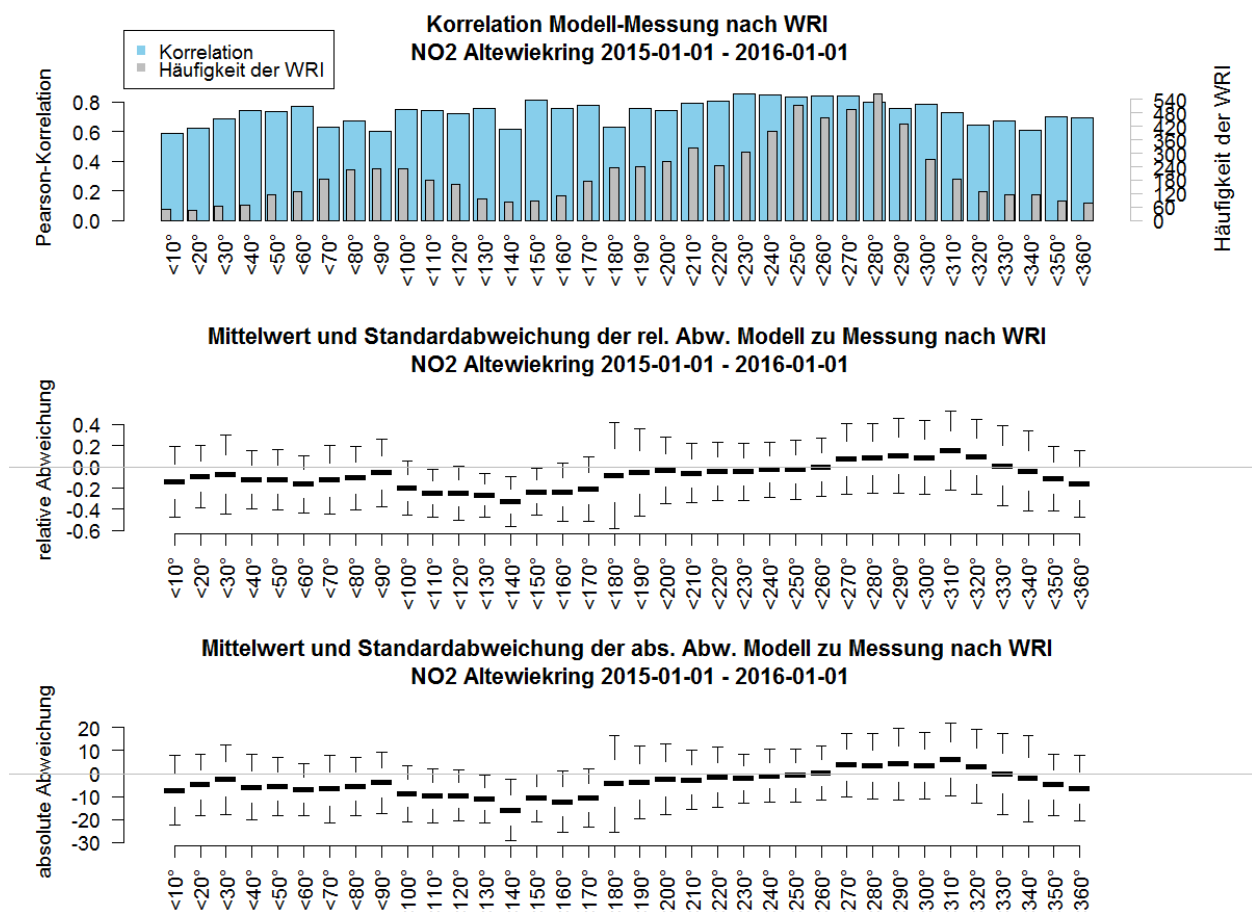


Abbildung 5-10: Häufigkeit einer Windrichtung, Korrelation und Abweichung Modell- vom Messwert für NO₂ in Abhängigkeit von der Windrichtung

5.1.3 Diskussion

Grundlegende Eingangsdaten der Luftschadstoffmodellierung im Straßenraum sind die Verkehrsdaten, die im UVM Braunschweig aus dem Verkehrsmonitoringsystems ViBS^{mt} stammen. Dabei spielt neben der Gesamtverkehrsstärke vor allem die Lkw-Verkehrsstärke eine große Rolle.

Während das ViBS^{mt}-Modell auf Basis der aus dem Verkehrsmanagement vorliegenden Detektionsdaten sehr gut auf die Gesamtverkehrsstärken (Kfz/h) kalibriert werden kann, sind die Aussagen der Detektion bzgl. des Schwerverkehrsanteils nur eingeschränkt zu verwenden.

In Abbildung 5-11 werden für die beiden Fahrrichtungen am Ort der Luftschadstoffmessung im Altewiekring die Modelldaten (ViBS^{mt}) den Detektionsdaten (TEU-Werte, MS129 und MS130) gegenübergestellt, jeweils links die stündliche Gesamtverkehrsstärke und rechts die Lkw-Verkehrsstärke in Kfz/h. Die Übereinstimmung zwischen Modell und Detektion bei der Gesamtverkehrsstärke ist sehr hoch.

Die Werte für die Lkw-Belastungen aus Modell und Detektion weichen sehr stark voneinander ab, wobei der Schwerverkehrsanteil laut Detektion deutlich über dem in ViBS^{mt} ermittelten Anteil liegt. Die in WVI (2012) dokumentierten Untersuchungen zur Qualität der Verkehrsdetektion sowie Analysen von im Rahmen der Feldtest-Evaluation durchgeführter Videoerhebungen deuten darauf hin, dass die über die Detektion ermittelten Schwerverkehrsanteile am Altewiekring deutlich zu hoch liegen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die im Modell ermittelten Werte insgesamt zu gering sind und ggf. die tageszeitliche Verteilung nicht exakt genug wiedergeben.

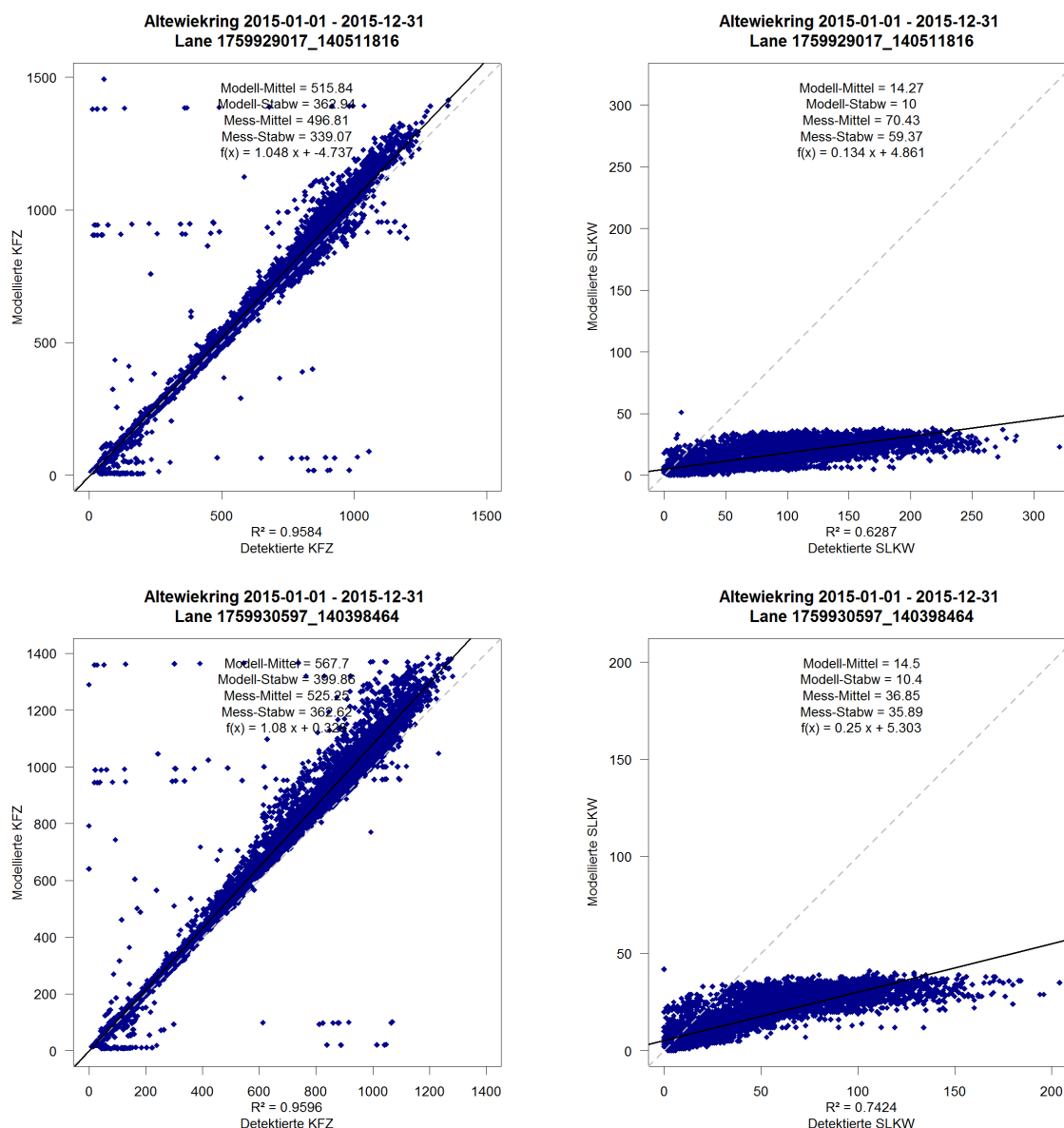


Abbildung 5-11: Vergleich der fahrtrichtungsbezogenen modellierten und detektierten stündlichen Kfz- und SLkw-Verkehrsstärken im Altewiekring

Ein Vergleich von aggregierten Ganglinien der modellierten und detektierten Verkehrsstärke in Kfz/Stunde und SLkw/Stunde für den Altewiekring ist in Abbildung 5-12 dargestellt. Wie auch schon bei den Scatterplots sind jeweils die großen Unterschiede zwischen den detektierten und modellierten Lkw-Verkehrsstärken zu erkennen. In Fahrtrichtung Süd fällt auf, dass nachmittags das Modell über der Detektion liegt, während in Fahrtrichtung Nord das Modell sowohl morgens wie nachmittags Werte über der Detektion vorhergesagt. Auffällig beim Vergleich der Tagesgänge der Lkw-Verkehrsstärken ist, dass die Detektion zu anderen Zeitpunkten die Maxima ermittelt als es das Modell angibt.

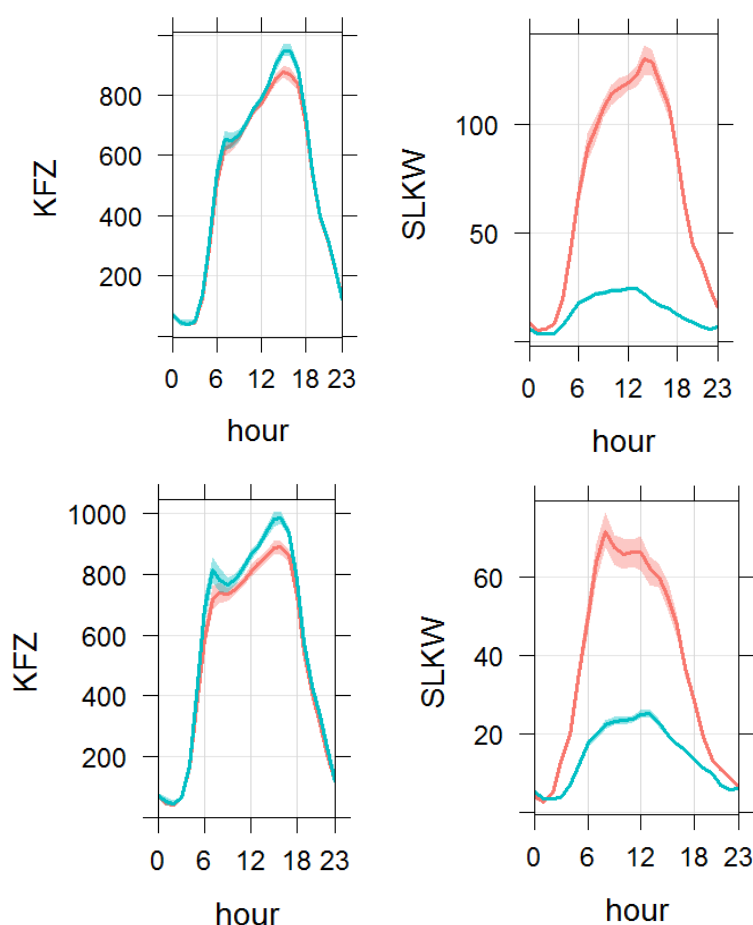


Abbildung 5-12: Vergleich von aggregierten Tagesganglinien der Verkehrsstärke in Kfz/Stunde (links) und SLkw/Stunde (rechts) im Altewiekring Richtung Süden (oben) Richtung Norden (unten)

5.1.4 Vorhersage

5.1.4.1 Verkehr

In Braunschweig wird eine Vorhersage der netzweiten Verkehrsdaten sowohl für den kurzfristigen Vorhersagezeitraum von bis zu 3 Stunden (Kurzfristvorhersage) wie auch für einen Vorhersagezeitraum von 3 Tagen (Mittelfristvorhersage) berechnet. Während die Mittelfristvorhersage ausschließlich auf historischen Daten basiert, gehen in die Kurzfristvorhersage zusätzlich die für den entsprechenden Tag bereits erfassten Detektionsdaten ein.

Für 2015 zeigt die Auswertung der Kurzfristvorhersage insgesamt eine sehr gute Übereinstimmung mit den real gemessenen Detektionsdaten. Besonders gute Ergebnisse wurden an Werktagen (einschließlich Samstag) außerhalb der Schulferien erzielt. In der Ferienzeit sowie an Sonn- und Feiertagen war die Vorhersagequalität etwas schlechter. Mit zunehmender Entfernung des Vorhersagehorizonts sank die Qualität erwartungsgemäß leicht ab.

5.1.4.2 Kurzfristvorhersage der Vorbelastung und Meteorologie mittels Regression

Im Rahmen der Weiterentwicklung des UVM in Braunschweig wurde ein praxisorientiertes einfaches Vorhersagemodell für die Schadstoffvorbelastung und meteorologische Situation der kommenden 1- 3 Stunden entwickelt.

Auf Grund der Erhaltungsneigung der zeitlichen Entwicklung der großräumigen Immissionsbelastung und der Meteorologie ist für eine Kurzfristvorhersage von wenigen Stunden in der Regel eine Regression auf Basis der Vergangenheit der Zeitreihe und damit ein sogenanntes univariates Modell ausreichend.

In der derzeitig verwendeten Vorhersage wurde ein autoregressives Modell mit einem Kalibrierungszeitraum von 720 Stunden gewählt.

Die Qualität der Vorhersage erfolgte durch einen Vergleich von Vorhersagedaten mit Messdaten der Luftbelastung in Braunschweig an der Hintergrundstation und der Meteorologie für die Flughäfen Hannover und Braunschweig.

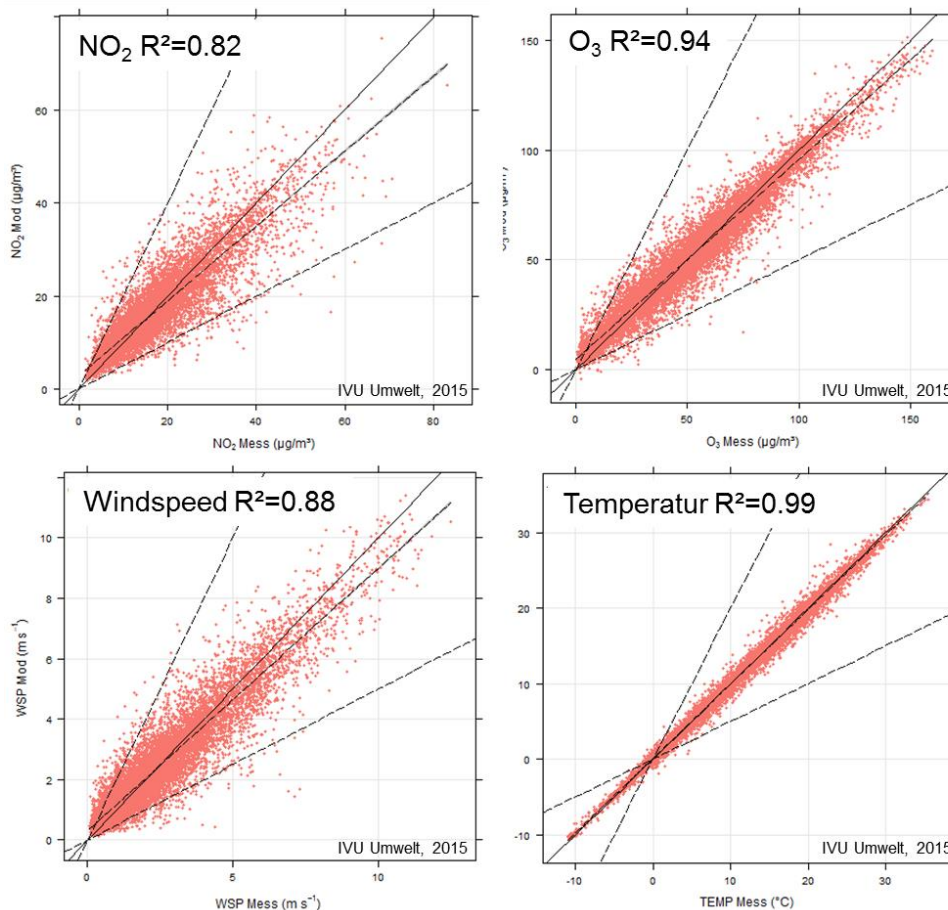


Abbildung 5-13: Vorhersage +1 Stunde

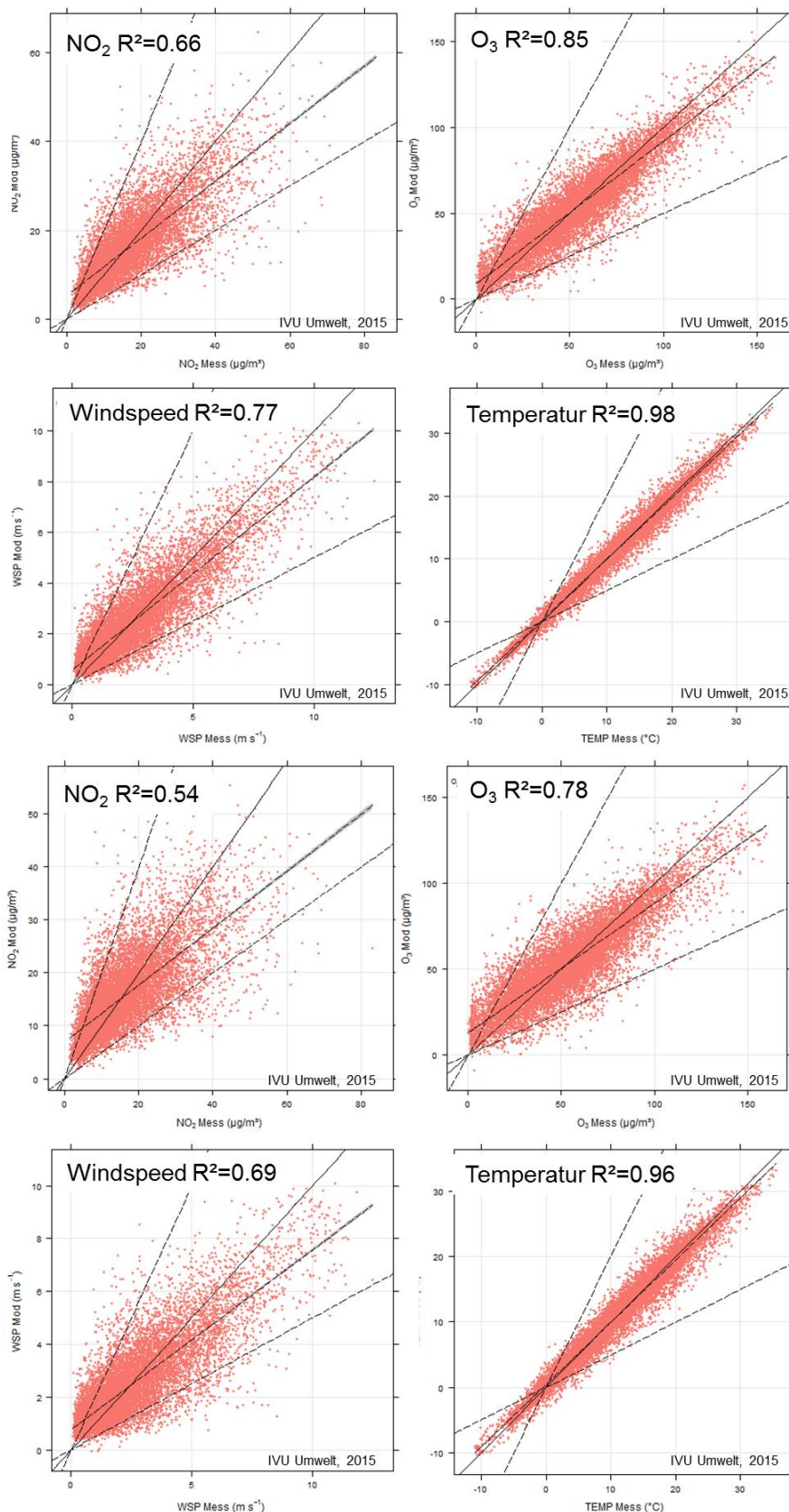


Abbildung 5-14: Vorhersage +2 Stunde (oben) +3 Stunde (unten)

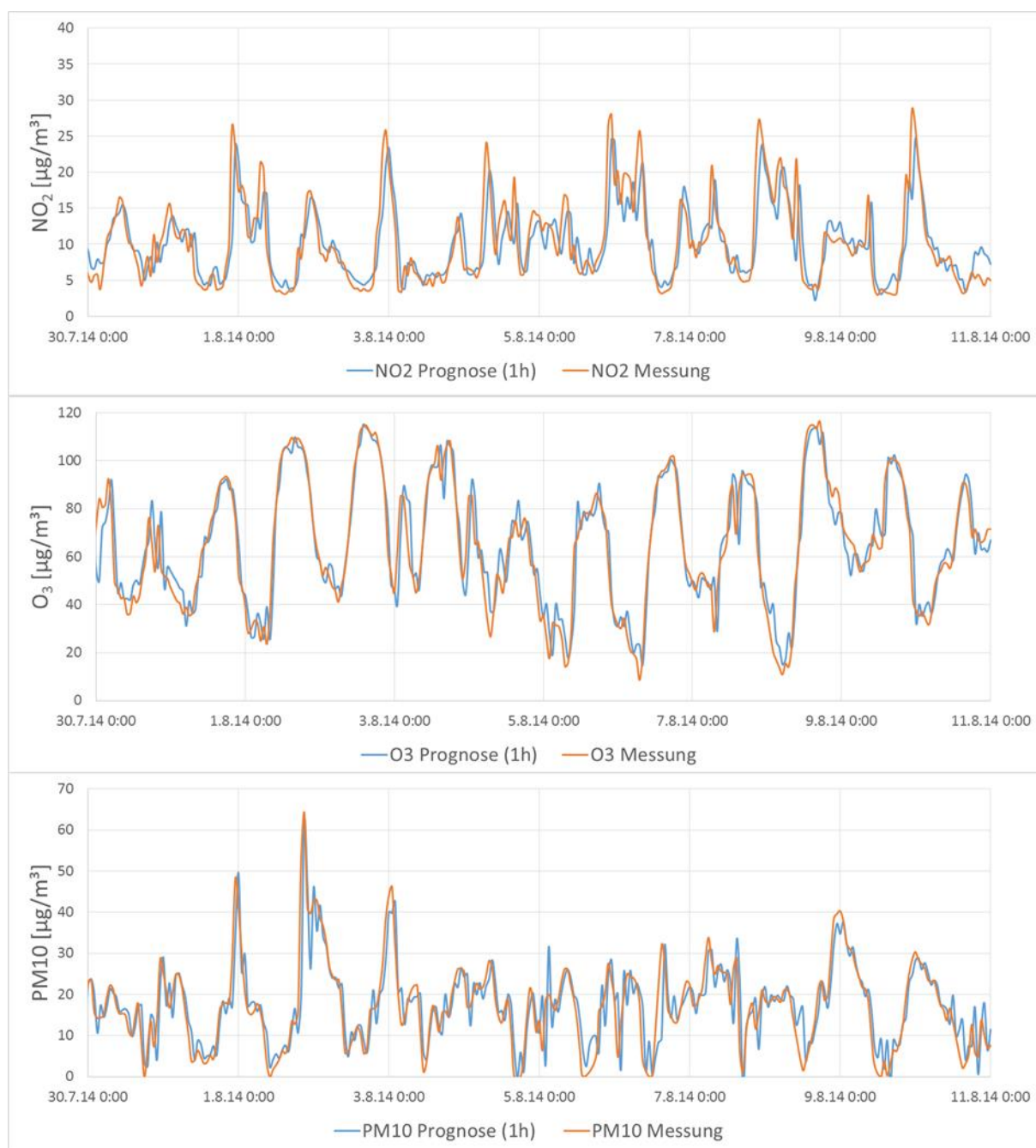


Abbildung 5-15: Vergleich der Vorhersage für die 1. Stunde mit Messwerten

5.1.4.3 Modellbasierte Vorhersage mit EURAD

Als weiteres Vorhersagemodell vor allem für die Mittelfristvorhersage für kommende Tage wurden Daten des EURAD-Vorhersagesystems der Uni Köln / RIU e.V ausgewertet. Das EURAD-Modell berechnet eine flächendeckende Vorhersage für Niedersachsen in horizontaler Auflösung von ca. 5 * 5 km. Bereitgestellt wurden Drei-Tage-Vorhersagen der Konzentrationen von PM10, Ozon, und NO₂ für die Region Braunschweig und zusätzlich Meteorologische Größen aus dem Wettervorhersage Modell MM5 zur Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur, relative Feuchte und Mischungsschichthöhe.

Die EURAD-Vorhersagedaten sind Momentanwerte der Konzentration für den Zeitpunkt des Modelloutputs und keine Mittelwerte z. B. über eine Stunde, deshalb wurde für einen Vergleich mit Messwerten der Mittelwert aus zwei Zeitpunkten des Modells berechnet.

Abbildung 5-16 zeigt den Vergleich der Vorhersagedaten von EURAD für den Folgetag mit Messdaten für den Zeitraum 24.06.2013 bis 10.08.2014.

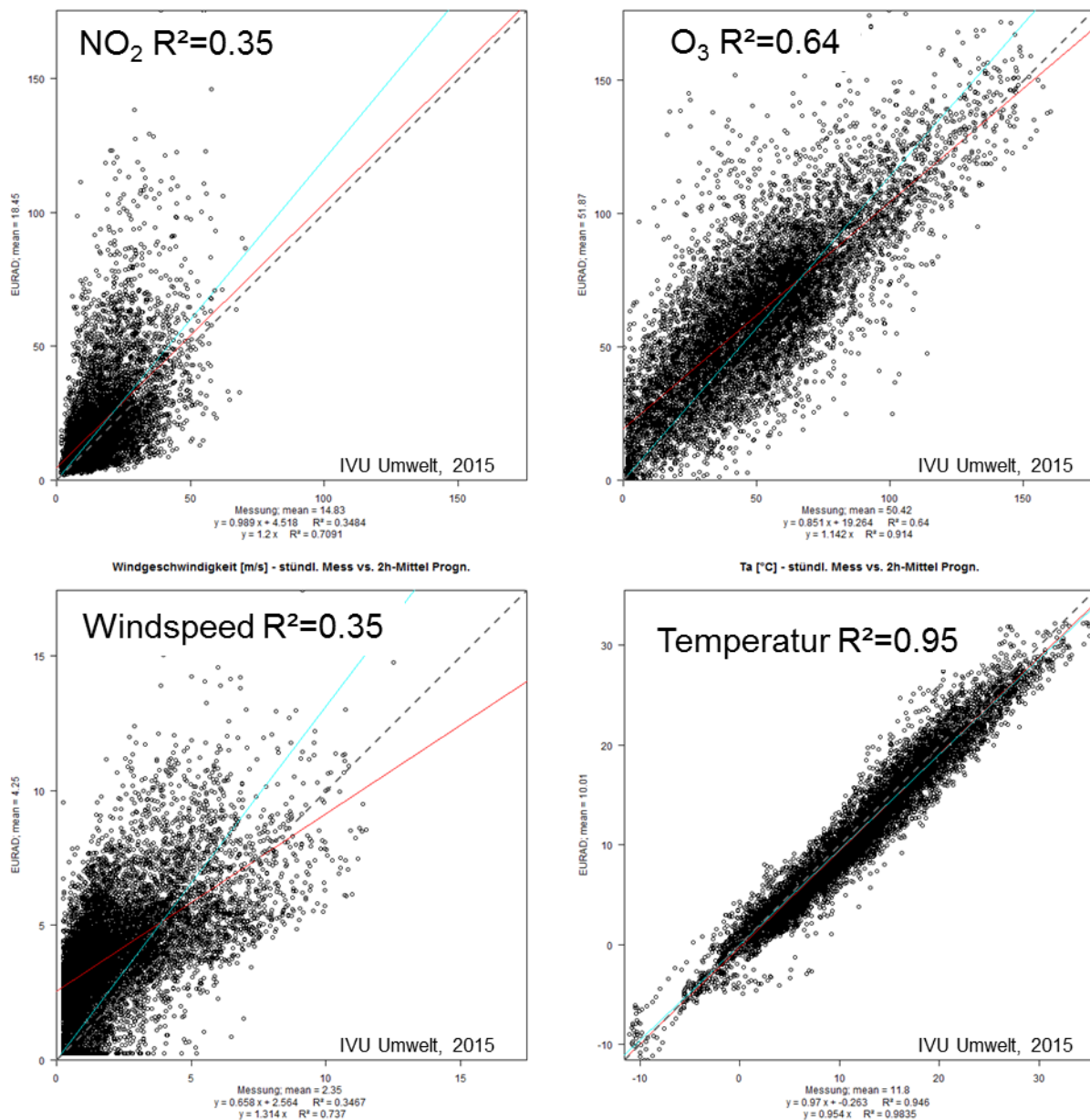


Abbildung 5-16: EURAD-Vorhersagen für den aktuellen Tag

5.2 Erfurt

5.2.1 Verkehr

In der Landeshauptstadt Erfurt ist als Teilsystem der dortigen Verkehrsmanagementplattform (VMP-EF) das Verkehrslagesystem PTV OPTIMA im Einsatz. OPTIMA liegt ein dynamisches Verkehrsumlegungsverfahren zugrunde mit dem auf Grundlage eines Verkehrsmodells unter Berücksichtigung von aktuellen Daten der Verkehrsdetektion (hier: Detektion an Lichtsignalanlagen und strategischen Messquerschnitten) und Verkehrseignissen (hier: Informationen zu Baustellen und Veranstaltungen) in 5-min-Intervallen eine netzweite Verkehrslage mit Analyse und Vorhersage (hier Kurzfristvorhersage) berechnet wird. Eine ausführliche Beschreibung hierzu ist in Anlage 1 (Kapitel 2.3.3.1) enthalten.

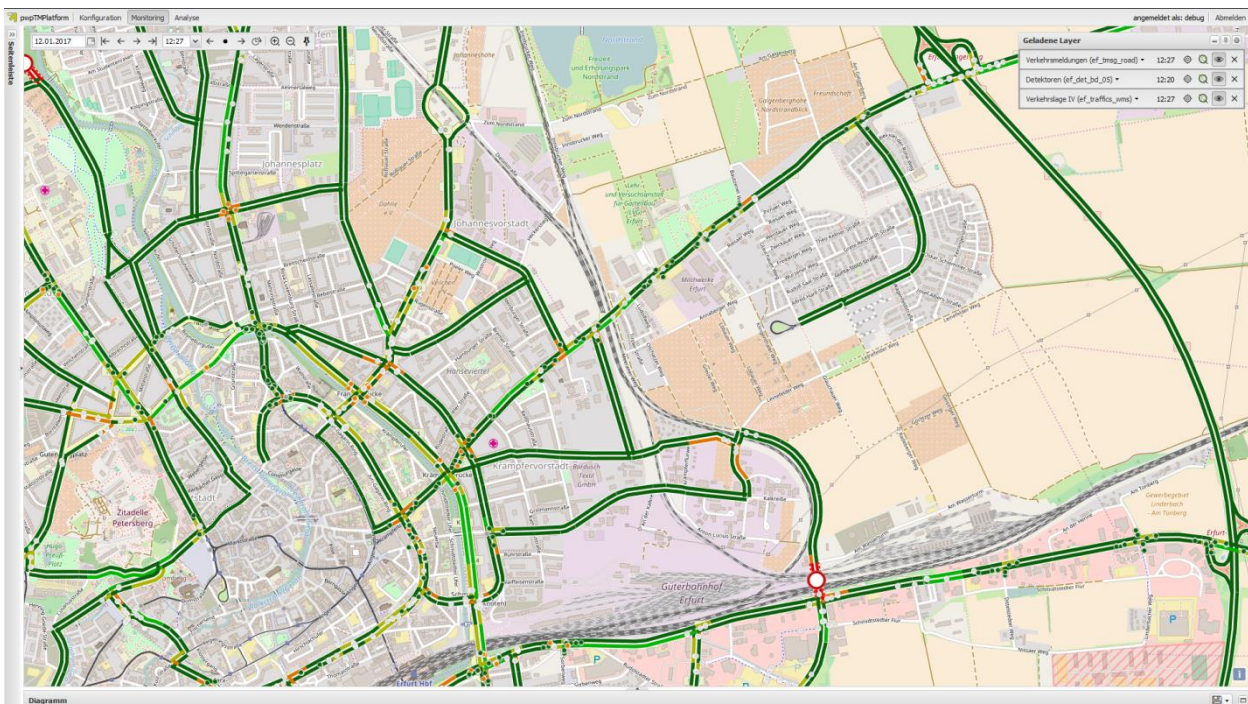


Abbildung 5-17: VMP-EF – Verkehrslage (pwp)

Das dem Verkehrslagesystem OPTIMA zugrunde liegende dynamische Verkehrsumlegungsverfahren nutzt die Daten der Verkehrszählstellen quasi als "Stützstellen" bei der Berechnung der flächendeckenden Verkehrslage aus den punktuellen Zählwerten. Sofern die Verkehrsstärken hinreichend korrekt detektiert werden, sind die Daten aus dem Verkehrslagesystem im Bereich der Verkehrsmessstellen damit verfahrensbedingt ebenfalls korrekt. Abweichungen zwischen Modell und Realität können sich erst bei größerem Abstand der untersuchten Stelle zum nächsten detektierten Querschnitt ergeben. Bei den in Erfurt im Bereich der beiden untersuchten Hotspots Talstraße / Bergstraße und Leipziger Straße vergleichsweise dichten Verkehrsdetektion (hier z. B. 12 Messquerschnitte an Lichtsignalanlagen im Zuge der Leipziger Straße) sind etwaige Abweichungen der Verkehrsstärken vernachlässigbar.

Die in die Verkehrslageberechnung einfließenden Detektordaten werden einer Qualitätsprüfung hinsichtlich Datenvollständigkeit und Datenplausibilität unterzogen, von dessen Ergebnis deren Weiterverarbeitung im Verkehrslagesystem abhängig ist.

Im Bereich der beiden Hotspots existieren zudem zwei strategische Verkehrsmessquer-schnitte mit getrennter Erfassung der Verkehrsstärke von Pkw und Lkw sowie einer lokalen Geschwindigkeit. Da die Differenzierung zum Zeitpunkt der Pilotvorhaben nur in die Fahrzeugklassen Pkw und Lkw über Längenklassen erfolgt, ist eine Ableitung der für die HBEFA-Berechnungen erforderlichen Fahrzeugklassen Pkw, LNfz und SNfz nicht ohne weiteres möglich. Deshalb wurden im Bereich der beiden Hotspots jeweils an zwei Tagen ergänzende manuelle Verkehrszählungen zur Erfassung der benötigten Fahrzeugklassen durchgeführt und hieraus Faktoren für die kontinuierliche Ableitung der Fahrzeugklassen Pkw, LNfz und SNfz aus den erfassten Fahrzeugklassen Pkw und Lkw ermittelt. Zur Prüfung der Plausibilität wurden die Faktoren zunächst einzeln für die mehr als 100 15-min-Intervalle an den beiden Zähltagen ermittelt. Die Abweichung der ermittelten Einzelwerte vom dann weiterverwendeten Mittelwert der 100 Intervalle lag in allen Fällen unter 2%.

Zur Plausibilisierung des im ersten Schritt zunächst nur mit Hilfe der gemessenen Verkehrsstärken kalibrierten Verkehrsmodells des Verkehrslagesystems und der damit ermittelten Geschwindigkeiten wurden im Bereich der beiden Hotspots Messfahrten mit Aufzeichnung der Geschwindigkeitsverläufe in 1-s-Intervallen durchgeführt. Diese wurden zu größeren Streckenabschnitten aggregiert und mit den Geschwindigkeiten aus dem Verkehrslagesystem verglichen. In einigen Bereichen war die Übereinstimmung sehr gut, in anderen Bereichen wurde die mittlere Geschwindigkeit vom Modell um bis zu 25% überschätzt. Auf Grundlage der Messfahrten wurde das Verkehrsmodell des Verkehrslagesystems daher im zweiten Schritt hinsichtlich der Geschwindigkeiten nachkalibriert. Die Ableitung des Level of Service (HBEFA-Verkehrssituation) erfolgte abschnittsweise über diese Geschwindigkeiten.

Die so ermittelten Verkehrsdaten (Verkehrsstärke, Flottenzusammensetzung, Level of Service) waren Grundlage der Emissionsmodellierung im Rahmen der beiden Pilotvorhaben, um die Minderungspotenziale abzuschätzen.

5.2.2 Umwelt

In der bislang realisierten zweiten Ausbaustufe erfolgt das Umweltmonitoring auf Basis der auflaufenden Daten der meteorologischen Messstationen der LH Erfurt und der Umweltmessstationen der TLUG. Die Immissionsdaten werden dabei unmittelbar als Parameter in der umweltorientierten Verkehrssteuerung berücksichtigt. Eine ausführlichere Beschreibung hierzu ist in Anlage 1 (Kapitel 2.3.3.2) enthalten. In der ab 2017 geplanten dritten Ausbaustufe zur Komplettierung des gesamtstädtischen UVM-Systems soll ein Monitoringsystem zur Überwachung und Vorhersage der stadtweiten Luftschadstoffbelastung – also ein „echtes“ Umweltmodul – integriert werden. Insofern ist derzeit ein Vergleich von modellierten Immissionswerten mit Immissionsmesswerten noch nicht möglich.

Dies wird in Anlage 3 aufgezeigt.

5.3 Potsdam

5.3.1 Verkehr

In der Landeshauptstadt Potsdam werden zur Bereitstellung der verkehrlichen Grunddaten keine Modelle eingesetzt. Wie in Anlage 1 im Kapitel 2.4.3.3 dargestellt, werden die verkehrlichen Grunddaten direkt über lokale Verkehrsmessstellen gewonnen bzw. abgeleitet. Zusätzlich zu den automatischen Verkehrsmessstellen in Hauptverkehrsstraßennetz wurden alle Hotspots mit Traffic Eye Universal (TEUs) ausgerüstet. Mittels dieser Infrarotmessstellen werden die Verkehrsstärke, getrennt nach Pkw und Lkw, sowie die lokale Geschwindigkeit erfasst. Die Detektion liefert diese Daten alle 5 Minuten an die Verkehrszentrale. Dort werden die Daten einer Qualitätsprüfung unterzogen (Vollständigkeit der Messintervalle, Plausibilität) und zu Halbstundenwerten aggregiert. In dieser Form werden sie über eine Schnittstelle der Modellierung der Luftschadstoffbelastungen zur Verfügung gestellt.

Die Grundlage für die Ableitung der Verkehrssituation bildet das Fundamentaldiagramm des Verkehrs, welches den Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Geschwindigkeit darstellt (siehe Abbildung 5-18). Dabei erfolgt die Bestimmung der Verkehrssituation nicht nach verkehrlichen Aspekten der Definition von Stau, zählfließendem und freiem Verkehr, sondern nach umweltrelevanten Aspekten entsprechend HBEFA.

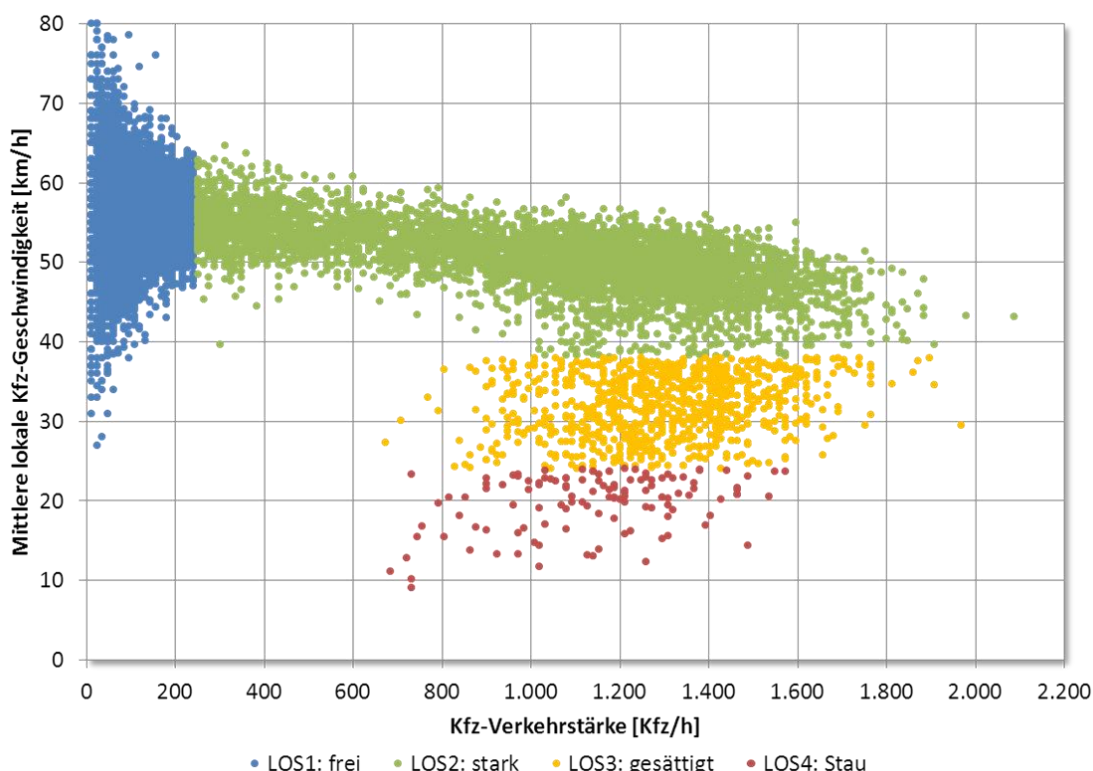


Abbildung 5-18: Fundamentaldiagramm - Bestimmung HBEFA-Verkehrssituation

Für das jeweilige Halbstundenintervall wird die Verkehrssituation in Form von Verkehrsstärke-Anteilen der vier LOS-Stufen (flüssig, dicht, gesättigt, Stop & Go) angegeben und als Linearkombination im Umweltmodell weiterverarbeitet.

5.3.2 Umwelt

Im Rahmen des Betriebs des UVM-Systems in Potsdam wurden Nachberechnungen mit vervollständigten Daten des Monitoringbetriebs mit IMMIS^{mt} für das Jahr 2014 durchgeführt und die Ergebnisse im Rahmen einer Validierung mit Luftmessdaten verglichen. Die folgenden Kapitel 5.3.2.1 bis Kapitel 5.3.2.4 sind Auszüge aus der Dokumentation zur Evaluierung (IVU Umwelt, 2015b).

5.3.2.1 Datengrundlage

Umweltmessdaten

Für die Nachberechnung der 24h-Werte mit IMMIS^{mt} wurden Umweltmessdaten für die Schadstoffe NO_x, NO₂, PM10 und O₃ benötigt. Die Daten für die Potsdamer Stationen „Potsdam Zentrum“, „Potsdam Zeppelinstraße“, „Potsdam Großbeerenstraße“ und „Potsdam Groß Glienicke“ wurden vom Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg zur Verfügung gestellt.

Meteorologie

Weitere Eingangsdaten für die Modellierung waren meteorologische Daten. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Temperatur wurden direkt aus METAR-Beobachtungsdaten (<http://weather.noaa.gov>) verwendet. Da die ebenfalls benötigte Ausbreitungs-kategorie in den METAR-Daten nicht enthalten war, wurde diese aus Windgeschwindigkeit, Bedeckungsgrad und Zeitpunkt nach VDI 3782 Blatt 1 - Anhang A (KRdL, 2009) berechnet.

Für den Vergleich verschiedener Modelle zur Berechnung der NO₂-Immissionen wurde zusätzlich die Globalstrahlung benötigt. Da keine Messdaten für die Globalstrahlung verfügbar waren, wurde diese ebenfalls berechnet.

Verkehrsdaten

Die Verkehrsdaten wurden aus dem Archiv der Online-Berechnungen des IMMIS^{mt} Systems übernommen. Für die vier Hotspots (Behlerstraße, Breite Straße, Großbeerenstraße und Zeppelinstraße) wurden die Verkehrsdaten jedoch vollständig durch die Daten ersetzt, wie sie im Rahmen der laufenden Evaluation von der VMZ aus dem Archiv aufbereitet und bereitgestellt wurden.

Datenverfügbarkeit

Tabelle 5-1 zeigt die Verfügbarkeit der verschiedenen Input-Daten für die Nachberechnungen mit IMMIS^{mt} am Beispiel der Zeppelinstraße.

Tabelle 5-1: Verfügbarkeit der Meteorologiedaten, der Umweltmessdaten und der Verkehrsdaten für die Station Potsdam-Zentrum und Zeppelinstraße

Datenverfügbarkeit	2014
Meteorologie	98.0%
Umweltmessdaten	
<i>Potsdam-Zentrum</i>	
NO _x	99.97%
NO ₂	99.97%
PM10	99.8%
<i>Zeppelinstr.</i>	
NO _x	99.9%
NO ₂	99.9%
PM10	99.8%
Verkehrsdaten	
<i>Zeppelinstr.</i>	
Lane 110251	92.0%
Lane 110252	92.0%

5.3.2.2 Methodik

Für den Bezugszeitraum 01.01.2014 bis 31.12.2014 wurde mit dem IMMIS^{mt}-System die halbstündliche Immissionsbelastung nachberechnet. Das Monitoringsystem für das Jahr 2014 benutzt das Emissionsmodell IMMIS^{em} V 5 mit Emissionsfaktoren und Flotteninformationen aus HBEFA 3.2, Emissionsfaktoren für PM10-Aufwirbelungs- und Abriebemissionen nach Düring et al. (2011) und ein NO₂-Photochemiemodell nach Düring & Bächlin (2009).

Die Input-Daten (Meteorologie, Umweltmessdaten und Verkehrsdaten) wurden vervollständigt und in die Datenbanken des IMMIS^{mt}-Systems integriert. Als Ergebnis der Modellierung liegen für die Zeppelinstraße halbstündliche Gesamtbelastungen für die Schadstoffe NO_x, NO₂ und PM10 vor, die mit Messdaten verglichen wurden.

5.3.2.3 Ergebnisse

Ein Vergleich der Jahresmittelwerte von NO₂, NO_x und PM10 für den nachgerechneten Zeitraum des Jahres 2014 ist in der Tabelle 5-2 dargestellt.

Allgemein lässt sich feststellen, dass bei den Stickoxiden (NO_x und NO₂) die Modellwerte die Messwerte im Mittel unterschätzen und bei PM10 eine sehr gute Übereinstimmung berechnet wird. Das Modell erfüllt damit die Qualitätskriterien nach 2008/50/EG und 39. BImSchV (Anlage 1).

Die Abweichung bei den Stickoxiden ist bei NO_x mit über 25 % Abweichung deutlich größer als bei NO₂ mit um 12 %. Eine Ursache der signifikanten Unterschätzung der NO_x/NO₂-Konzentrationen liegt in der Unfähigkeit von Modellen im Allgemeinen kurzzeitige Spitzenbelastungen abzubilden. Diese gemessenen Spitzenbelastungen resultieren meist aus singulären Emissionsereignissen, die durch die Eingangsdaten der Modellierung nicht abgebildet werden können. Da bei NO_x/NO₂ der Modellanteil deut-

lich größer ist als bei PM10, bei dem der indirekt gemessenen regionale Hintergrund einen großen Anteil hat, kommt dieses Phänomen deutlich stärker bei NO_x/NO₂ zum Tragen. Entsprechendes ist auch aus den Darstellungen der Zeitreihen gut zu erkennen.

In Abbildung 5-19 sind die Scatterplots der halbstündlichen Modellwerte für NO₂ und der Tagesmittelwerte für PM10 gegen die gleichzeitigen Messwerte für die Zeppelinstraße dargestellt. Abbildung 5-20 zeigt die Zeitreihen der Tagesmittelwerte, berechnet aus den halbstündlichen Konzentrationen der Messungen und der Modellierung für die drei Komponenten NO_x, NO₂, und PM10 für die Zeppelinstraße.

Tabelle 5-2: Modellierte Jahresmittelwerte der Immissionen 2014 an den Hotspots im Vergleich mit Messwerten

Hotspot	JMW NO ₂ [µg/m ³]			JMW NO _x [µg/m ³]			JMW PM10 [µg/m ³]		
	Modell	Messung	rel. Abweichung	Modell	Messung	rel. Abweichung	Modell	Messung	rel. Abweichung
Großbeerenstr.	34.2	38.7	-11.7%	69.4	93.1	-25.5%	26.4	26.5	-0.3%
Zeppelinstr.	36.0	41.1	-12.4%	74.1	99.3	-25.4%	27.8	27.2	2.1%

Der paarweise Vergleich der Modellwerte mit den Messwerten von NO₂ im Scatterplot zeigt zwar die Unterschätzung der modellierten NO₂-Halbstundenwerte aber auch, dass mit einem R² von 64 % das Modell die Messungen gut erklärt. Bei NO_x ist die deutliche Unterschätzung auch in Form einer flacheren Regressionsgerade zu erkennen, wobei R² einen hohen Wert mit 70 % erreicht.

Bei den PM10-Tagesmittelwerten beträgt der Erklärungswert R² sogar 93 % bzw. 92 % und die Regressionsgeraden liegen nahe an der Winkelhalbierenden.

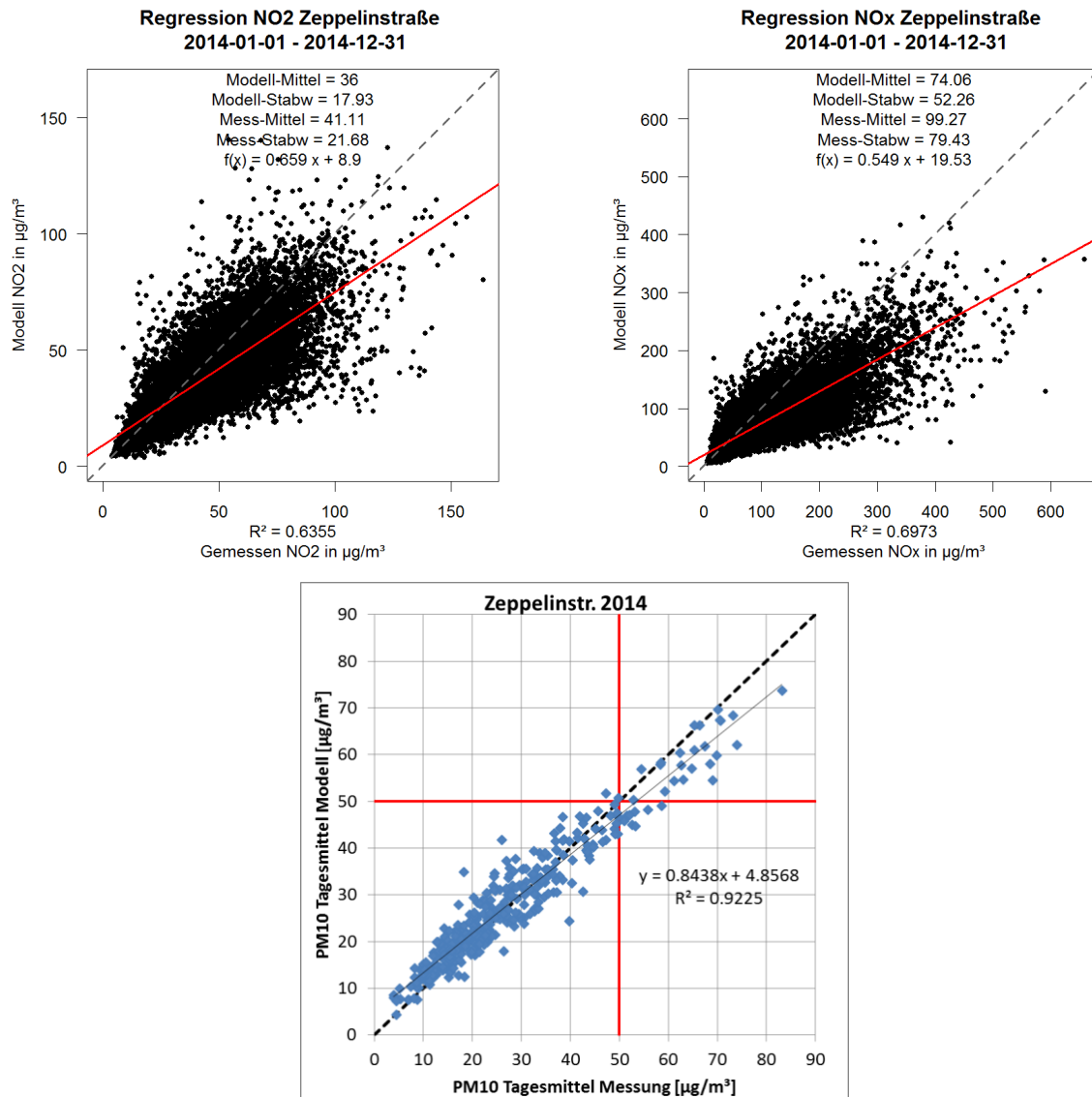


Abbildung 5-19: Scatterplot der gemessenen und modellierten NO₂-, NO_x-Halbstundenwerte (oben) und PM10-Tagesmittelwerte (unten) am Hotspot Zeppelinstraße

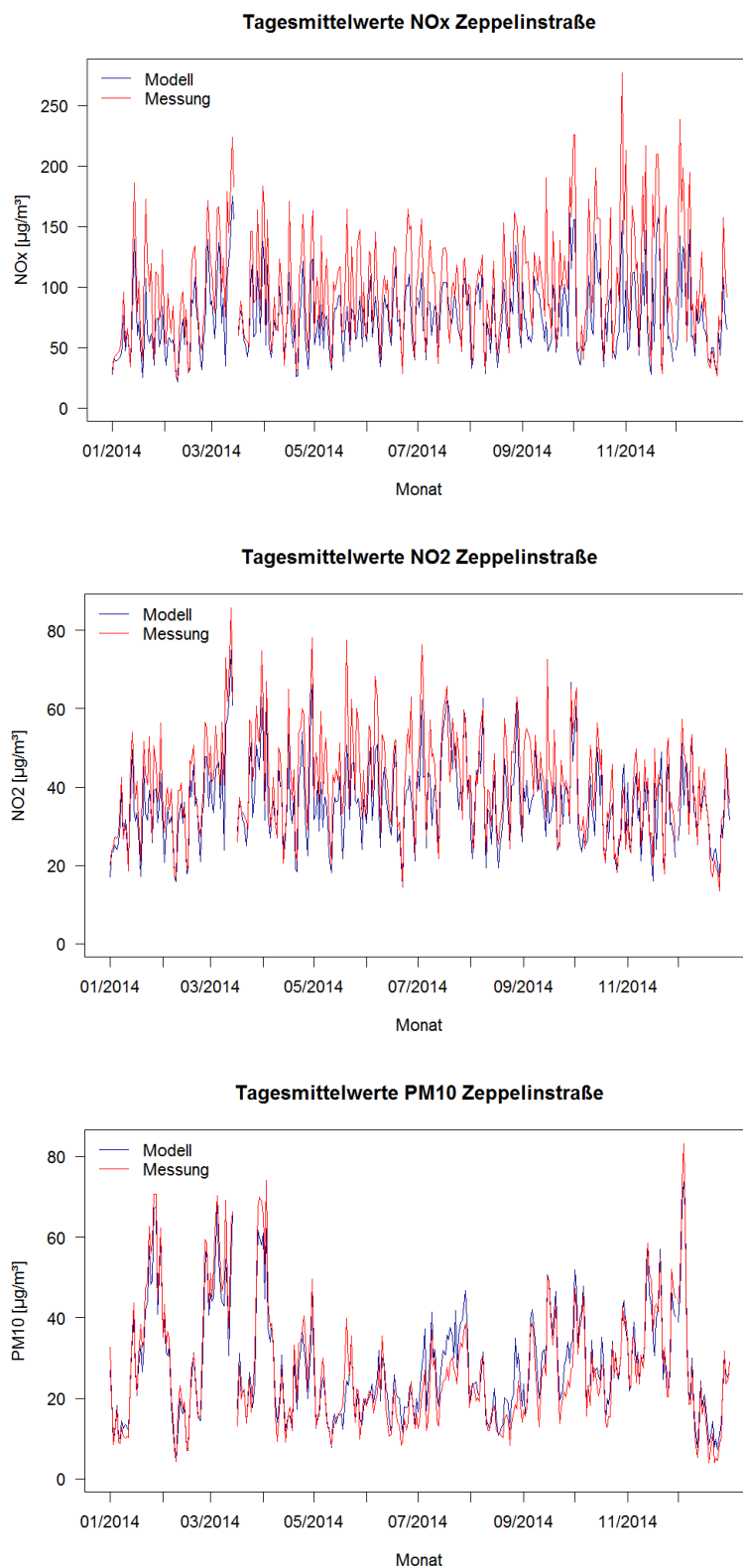


Abbildung 5-20: Zeitreihe der gemessenen und modellierten Tagesmittelwerte der Gesamtbelastung NO_x (oben), NO₂ (Mitte), PM₁₀ (unten) am Hotspot Zepelinstraße

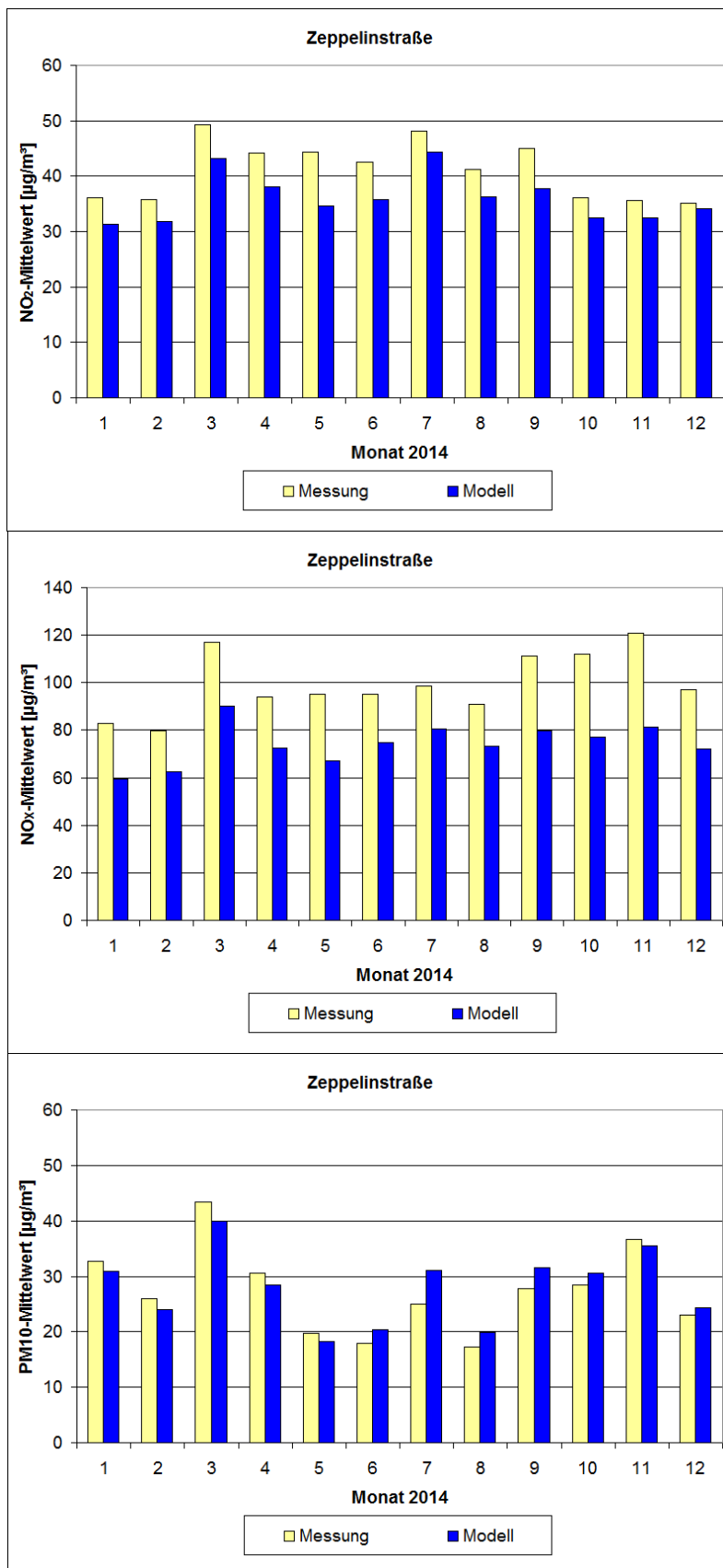


Abbildung 5-21: Modellierte und gemessene NO₂, NO_x und PM₁₀-Monatsmittelwerte 2014 am Hotspot Zeppelinstraße

5.3.2.4 Aktualisierung HBEFA 3.2

Im Dezember 2014 wurde das Kontrollsystem von IMMIS^{mt} auf das neue HBEFA 3.2 umgestellt.

Der Vergleich der modellierten NO₂-Konzentrationen für den Zeitraum nach der Umstellung vom 20.12.2014 bis zum 20.3.2015 ist in Form eines Scatterplots in Abbildung 5-22 dargestellt. Für diesen Zeitraum unterschätzt das Modell den NO₂-Mittelwert nur noch um 6 %. Der Erklärungswert steigt auf 77 %. Sollte sich diese Tendenz aus den ersten drei Monaten des umgestellten Systems bestätigen, würde mit dem Update auf HBEFA 3.2 eine deutliche Verbesserung des Monitorings von NO₂ erreicht werden.

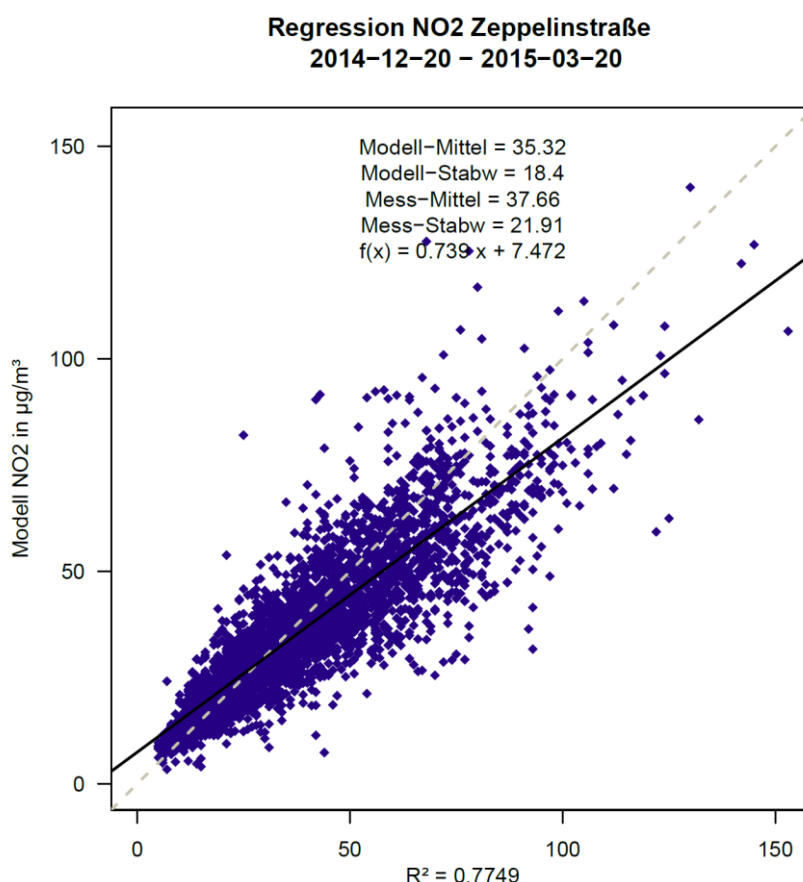


Abbildung 5-22: Scatterplot der gemessenen und modellierten NO₂-Gesamtbelastung am Hotspot Zeppelinstraße nach dem Systemupdate im Dezember 2014

Im Anhang B sind Validierungsdaten für die Zeppelinstraße aus dem UVM Potsdam für 2015 dargestellt, die mit Standardroutinen des Monitoringsystems IMMIS^{mt} erstellt wurden. Diese Validierungsdaten basieren bisher auf ungeprüften Original-Monitoringdaten.

Die Unterschätzung bei den Stickoxiden steigt bei NO_x von 25 % auf 27 % und bei NO₂ von 12 % auf 16 %. Die Erklärungswerte R² steigen leicht bei NO₂ von 64 % auf 66 % und bei NO_x von 70 % auf 72 %. Anhand der Auswertung von Monatsganglinien der Modell- und Messwerte von NO₂ wird deutlich, dass im Sommer stärkere Unterschätzungen durch das Modell berechnet werden als im Winter.

5.4 Lutherstadt Wittenberg

5.4.1 Verkehr

Das Land Sachsen-Anhalt verfügt über ein von der Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt, der Landeshauptstadt Magdeburg und der Stadt Halle (Saale) betriebenes Verkehrslagesystem (VL-ST). Es deckt räumlich das Landesgebiet vollständig ab. Hinsichtlich des Verkehrsnetzes sind die Stadtgebiete Magdeburg und Halle sehr detailliert abgebildet, während das Gebiet der Stadt Dessau-Roßlau und die Landkreise lediglich mit dem Hauptverkehrsnetz enthalten sind.

Das Verkehrslagesystem Sachsen-Anhalt wurde ursprünglich mit dem Produkt PTV TrafficPlatform aufgesetzt. Die Umstellung auf das leistungsfähigere Produkt PTV OPTIMA wurde 2016 abgeschlossen (vgl. hierzu auch Kapitel 5.2.1 zum UG Erfurt). Es handelt sich in beiden Fällen um eine verkehrsmodellbasierte und detektorgestützte Verkehrslageberechnung. OPTIMA unterscheidet sich von der TrafficPlatform durch den Einsatz eines dynamischen Verkehrsumlegungsverfahrens sowie durch vielfältigere Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Online-Verkehrsdaten.

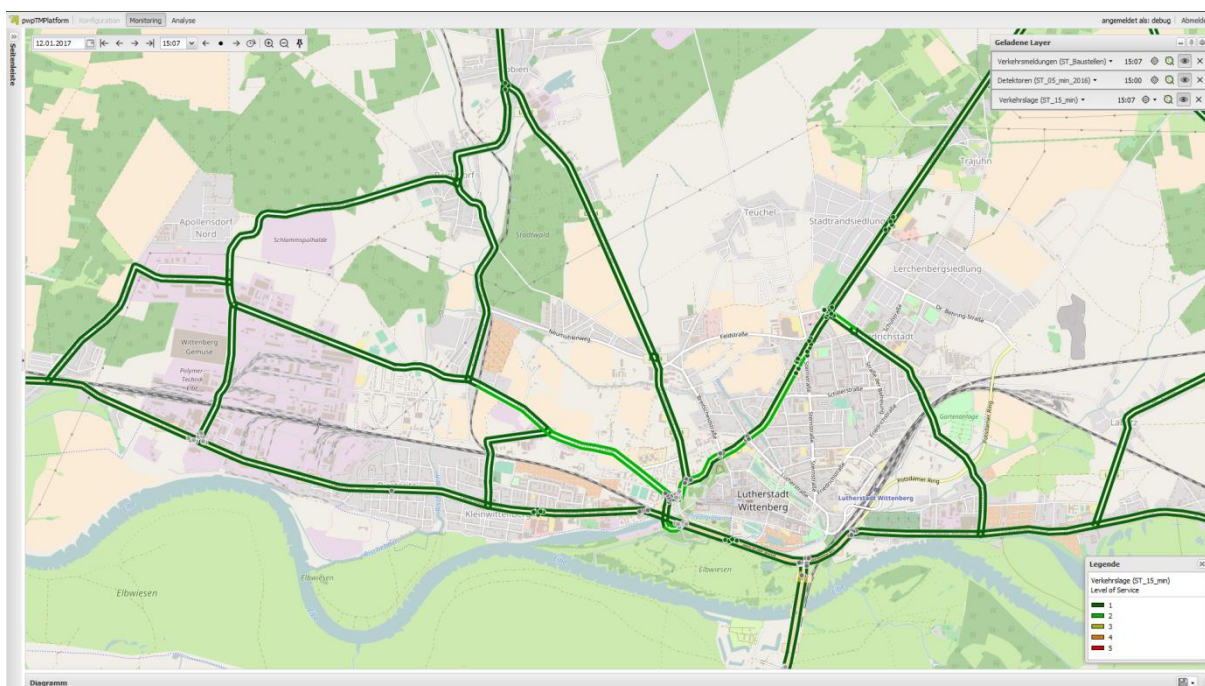


Abbildung 5-23: VL-ST, Bereich Wittenberg – Verkehrslage (pwp)

Das den Verkehrslagesystemen TrafficPlatform und OPTIMA zugrunde liegende Verkehrsumlegungsverfahren nutzt die Daten der Verkehrszählstellen quasi als „Stützstellen“ bei der Berechnung der flächendeckenden Verkehrslage aus den punktuellen Zähl-daten. Sofern die Verkehrsstärken hinreichend korrekt detektiert werden, sind die Daten aus dem Verkehrslagesystem im Bereich der Verkehrsmessstellen damit verfahrensbe-dingt ebenfalls korrekt. Abweichungen zwischen Modell und Realität können sich erst bei größerem Abstand der untersuchten Stelle zum nächsten detektierten Querschnitt ergeben. Die in Wittenberg im Bereich des untersuchten Hotspots vergleichsweise we-

nig dichte Verkehrsdetektion ist jedoch weniger problematisch, da es bis auf die planmäßige Umleitungsstrecke praktisch keine Alternativrouten gibt.

Weitergehende Verkehrsdaten zur Flottenzusammensetzung sind nur aus gesonderten Einzeluntersuchungen nicht jedoch aus dem Verkehrslagesystem verfügbar. Insofern ist ein Vergleich von Modellwerten mit Messungen hier nicht möglich.

5.4.2 Umwelt

5.4.2.1 Datengrundlagen

Das PM10-Vorhersagemodell ProFet verwendet einen parameterlinearen Ansatz zur Modellierung der PM10-Tagesmittelwerte. Dazu wird die Modellfunktion in der Form

$$\text{PM10-Tagesmittelwert} = k_0 + k_1 \cdot x_1 + k_2 \cdot x_2 + k_3 \cdot x_3 + k_4 \cdot x_4 + \dots$$

angesetzt. Dabei sind k_i jeweils Konstanten und x_i sind die entsprechenden physikalischen Größen.

In die Regressionen werden jeweils die in der Tabelle 5-3 aufgeführten Größen einbezogen. Diese resultieren aus den im operationellen Betrieb verfügbaren Daten sowie entsprechenden Voruntersuchungen im Rahmen der Modellentwicklung.

Die Modellfunktionen zur Berechnung der PM10-Gesamtbelastung differieren nach folgenden 4 Betrachtungsfällen:

Fall 1 = Winter-Werktag

Fall 2 = Winter-Wochenende

Fall 3 = Sommer-Wochenende

Fall 4 = Sommer-Werktag.

Die aus statistischen Analysen abgeleiteten Modellfunktionen werden für die PM10-Gesamtbelastung nach der Tages- und Vortagesvorhersage sowie den vier unterschiedlichen Fällen differenziert.

Tabelle 5-3: Physikalische Kenngrößen bzw. Parameter, welche in ProFet verwendet werden

Kenngröße	Bezeichnung	Einheit
Windgeschwindigkeit	WG	m/s
Tagesminimumtemperatur	Tmin	°C
Tagesmaximumtemperatur	Tmax	°C
Tagesmitteltemperatur	Tmittel	°C
Hauptwindrichtungs-kategorie	HWR_KL	-
Kategorie der Anzahl trockener Tage nach letztem Niederschlagsereignis	Na_NS_KL	-
Windgeschwindigkeitsmaximum am Vortag	WG_max_VT	m/s
Kennung für einen Tag mit Inversion (0 = keine Inversion, 1 = Inversion)	Inversion	-
Kategorie der Anzahl der Tage mit anhaltender Inversion	Na_Inv_KL	-
PM10-1/2 h-Mittel an Station Wittenberg Dessauer Straße um 6.30 Uhr	PM10_WV_6.30Uhr	µg/m ³
PM10-1/2 h-Mittel an städtischer Hintergrundstation Wittenberg Bahnstraße um 6.30 Uhr	PM10_WB_6.30Uhr	µg/m ³
PM10-1/2 h-Mittel an regionaler Hintergrundstation Zartau um 6.30 Uhr	PM10_Z_6.30Uhr	µg/m ³
PM10-1/2 h-Mittel an regionaler Hintergrundstation Bobbe um 6.30 Uhr	PM10_B_6.30Uhr	µg/m ³
PM10-Tagesmittel an Station Wittenberg Dessauer Straße am Vortag	PM10_WV_VT	µg/m ³
PM10-Tagesmittel an städtischer Hintergrundstation Wittenberg Bahnstraße am Vortag	PM10_WB_VT	µg/m ³
PM10-Tagesmittel an regionaler Hintergrundstation Zartau am Vortag	PM10_Z_VT	µg/m ³
PM10-Tagesmittel an regionaler Hintergrundstation Bobbe am Vortag	PM10_B_VT	µg/m ³

Eine direkte (automatische) Kopplung an ein Verkehrslage- bzw. Verkehrsmanagementsystem ist für das statistische Modell (ProFet) nicht gegeben.

5.4.2.2 Auswertemethodik

Im Folgenden sind die mit ProFet (Version 7) berechneten PM10-Tagesmittelwerte für die Jahre 2012 bis 2015 dokumentiert. Als Input wurden die o.g. Daten und Vorhersagen des im operationellen Betrieb laufenden ProFet der Station Wittenberg verwendet. Hierzu wurden die archivierten ProFet-Protokolldateien für den Zeitraum 01.01.2012 bis 31.10.2015 ausgewertet.

Dargestellt werden zunächst jeweils die Zeitreihen der modellierten PM10-Tagesmittelwerte sowie die Messwerte.

Die Bewertung der Vorhersagegüte erfolgt tabellarisch. Sie ist im EU-Forschungsprojekt MARQUIS (siehe z. B. auch Nicklaß, 2010) abgeleitet und im Rahmen der ProFet-Validierung für die Bewertung der PM10-Vorhersagen übernommen worden.

Dort wurde der Luftbelastungsindex LBI (6 Klassen) in Bezug auf PM10-Tagesmittelwerte als Bewertungsgrundlage mit einbezogen. Liegen die Vorhersage und der Messwert im selben LBI (grüne Werte auf Diagonale z. B. in Tabelle 5-4), dann gilt die Vorhersage als Treffer (=Summe richtig).

Ein wichtiges Kriterium ist weiterhin die Häufigkeit, mit der eine Überschreitung bzw. Unterschreitung des PM10-Tagesgrenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ richtig vorhergesagt wird. Dies wird deshalb jeweils mit angegeben.

Es werden nur Grenzwerte ausgewertet, wenn die entsprechende Vorhersage berechnet wurde.

5.4.2.3 Ergebnisse für PM10 (Statistisches Modell)

Tagesvorhersage

Die Vorhersagen an der Station Wittenberg - Dessauer Straße (Abbildung 5-24) zeigen bei der Tagesvorhersage (vorhergesagt wird jeweils um 9.00 Uhr für den „heutigen“ Tag) eine gute Übereinstimmung mit den Messwerten.

Die Belastungsepisode Ende Januar 2012 und im Bereich zwischen Ende Januar 2013 und Mitte April 2013 werden gut abgebildet.

Der Vergleich der statistischen Auswertung in der folgenden Tabelle 5-4 zeigt ebenfalls eine gute Übereinstimmung. Die Vorhersagegüte lag bei 68 %. Es konnten im Auswertzeitraum 39 (= 66 %) der 59 PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen richtig vorhergesagt werden. 34 Grenzwertüberschreitungen wurden vorhergesagt, traten aber nicht ein.

Der paarweise Vergleich der modellierten Vorhersagewerte mit den Messwerten im Scatterplot (Abbildung 5-25) zeigt eine leichte Unterschätzung der modellierten PM10-Tageswerte. Sie zeigt aber auch, dass mit einem R^2 von 80 % das Modell die Messungen gut erklärt. Die Regressionsgerade liegt nahe an der Winkelhalbierenden.

Der vorhergesagte PM10-Jahresmittelwert stellt sich zum Messwert wie folgt dar:

Zeitraum	PM10-Jahresmittel (Messwert) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10-Jahresmittel (Tagesvorhersage) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2012	24	24
2013	23	25
2014	26	26
Jan bis Okt 2015	21	23

Die Vorhersagegenauigkeit ist hierbei vergleichbar mit der bei Monitoringberechnungen auf Basis von Messwerten (siehe z. B. Kap.5.1.2 und 5.3.2).

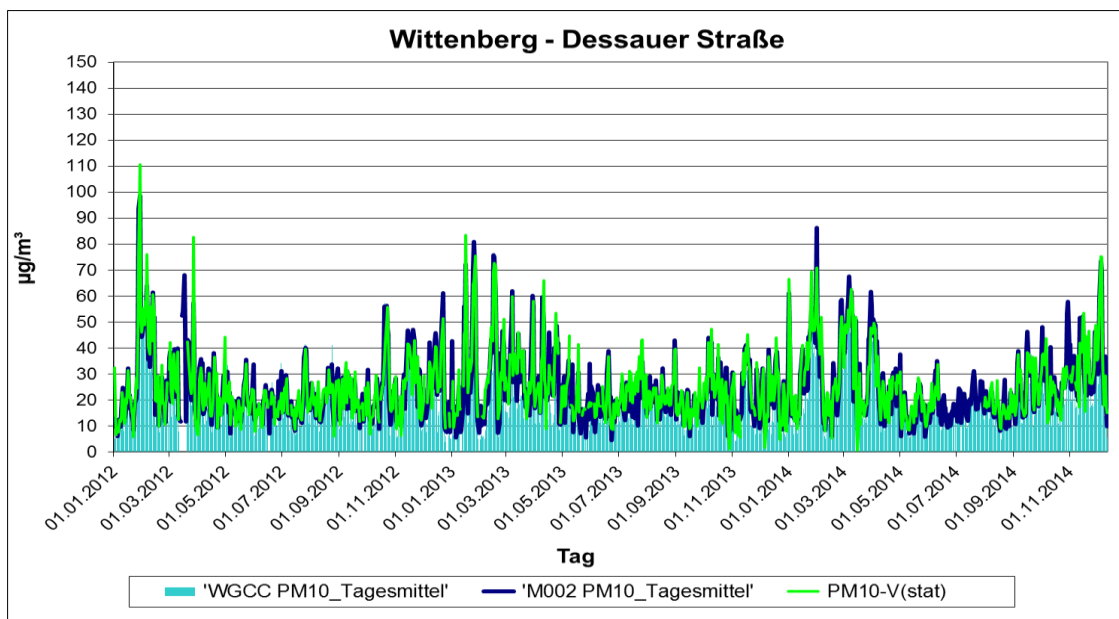


Abbildung 5-24: Vergleich der PM10-Tagesmittelwerte der ProFet 7-Vorhersagewerte PM10-V(stat) mit Messdaten für die Station Wittenberg -Verkehr (M002) auf Basis des statistischen Ansatzes im Zeitraum Januar 2012 bis Dezember 2014. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen. WGCC repräsentiert die PM10-Hintergrundbelastung.

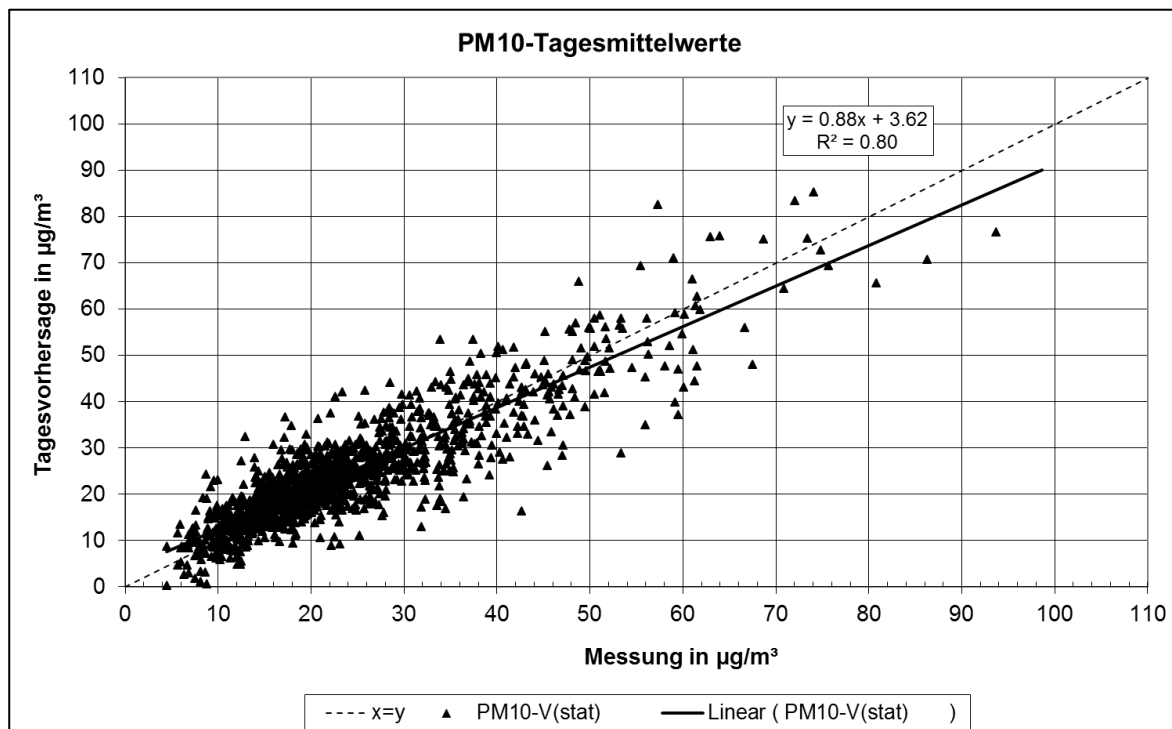


Abbildung 5-25: Scatterplot der gemessenen und mit ProFet 7 modellierten PM10-Tagesmittelwerte (Tagesvorhersage) am Hotspot Dessauer Straße für den Zeitraum 01.01.2012 bis 31.10.2015. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen

Tabelle 5-4: Statistische Kenngrößen des Vergleiches der ProFet 7-Vorhersagewerte mit Messdaten für die Station Wittenberg - Dessauer Straße auf Basis des statistischen Ansatzes im Zeitraum Januar 2012 bis Oktober 2015. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen.

Wittenberg Januar 2012 bis Oktober 2015							PM10-TMW	
Tagesprognose								
		LBI-Prognose						
		1	2	3	4	5	6	
LBI-Messung	1	41	32	3	0	0	0	<10µg/m³
	2	31	362	137	1	0	0	<20µg/m³
	3	2	85	338	44	1	0	<35µg/m³
	4	0	2	42	84	13	0	<50µg/m³
	5	0	0	2	17	39	1	<100µg/m³
	6	0	0	0	0	0	0	>100µg/m³
Summe=		1277						
Summe-richtig=		864	68%					
Summe-GW=		59						
GW-richtig=		39	66%					
GW-falsch=		34	58%					
GW-Unterschreitung-richtig=		1204	94%					

Vortagesvorhersage

Die Vortagesvorhersagen (das heißt Vorhersage um 15 Uhr für den Folgetag) zeigen weiterhin erwartungsgemäß etwas schlechtere Korrelationen zu den Messwerten als die Tagesvorhersagen. Die entsprechende Zeitreihe ist für die Station Wittenberg-Verkehr in der Abbildung 5-26 gezeigt.

Die wesentlichsten Strukturen der Konzentrationsverläufe können wiedergegeben werden. Die durchschnittliche Vorhersagegüte beträgt 54 %, wobei Grenzwertüberschreitungen in einem Drittel aller Fälle richtig vorhergesagt werden.

Der paarweise Vergleich der Modellwerte mit den Messwerten im Scatterplot (Abbildung 5-27) zeigt eine deutliche Unterschätzung der modellierten PM10-Tageswerte. Das R² sinkt auf 50 % (siehe Tabelle 5-4).

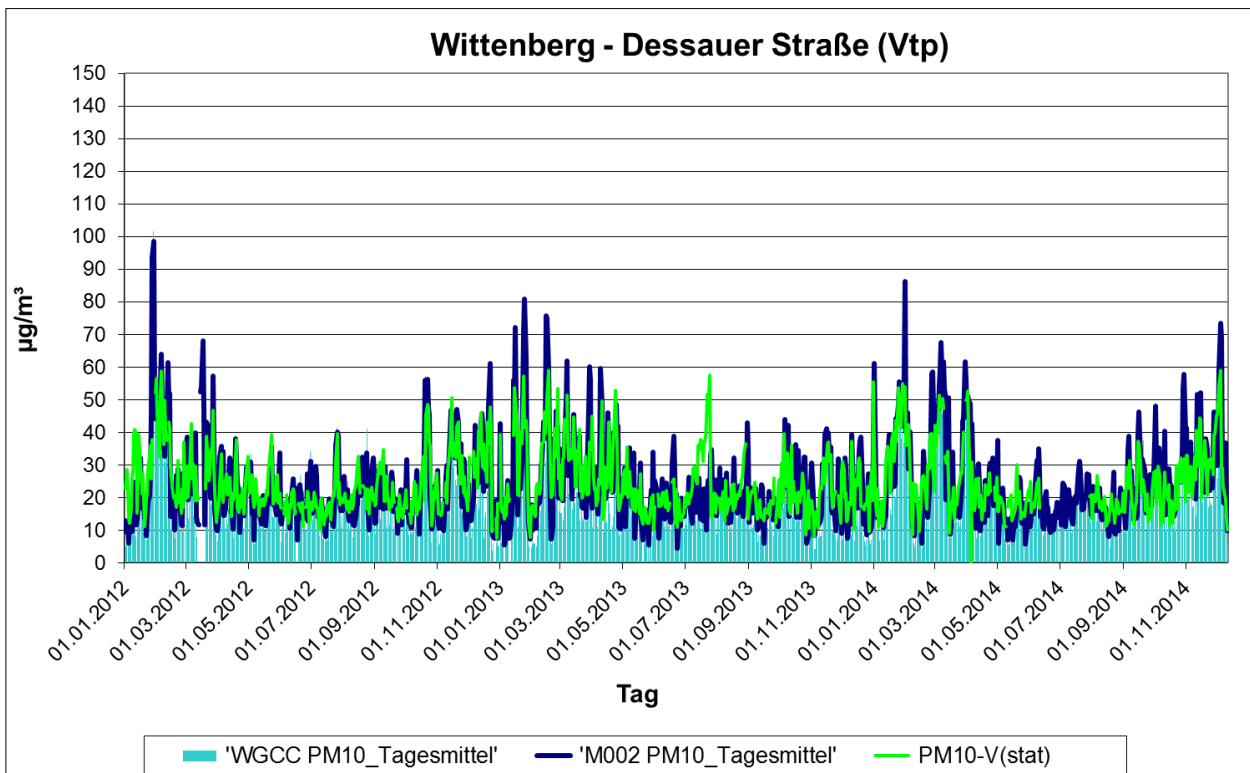


Abbildung 5-26: Vergleich der PM10-Tagesmittelwerte der ProFet 7-Vorhersagewerte PM10-V(stat) mit Messdaten für die Station Wittenberg -Verkehr (M002) auf Basis des statistischen Ansatzes (Vortagesvorhersage) im Zeitraum Januar 2012 bis Dezember 2014. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen. WGCC repräsentiert die PM10-Hintergrundbelastung

Tabelle 5-5: Statistische Kenngrößen des Vergleiches der ProFet 7-Vorhersagewerte (Vortagesvorhersage) mit Messdaten für die Station Wittenberg - Dessauer Straße auf Basis des statistischen Ansatzes im Zeitraum Januar 2012 bis Oktober 2015. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen.

Wittenberg Januar 2012 bis Oktober 2015		LBI-Prognose						PM10-TMW
Vortagesprognose		1	2	3	4	5	6	
LBI-Messung	1	7	54	18	0	0	0	<10µg/m³
	2	9	325	185	12	0	0	<20µg/m³
	3	2	132	286	46	2	1	<35µg/m³
	4	0	9	63	55	11	0	<50µg/m³
	5	0	2	10	27	17	0	< 100µg/m³
	6	0	0	0	0	0	0	>100µg/m³
Summe=		1273						
Summe-richtig=		690	54%					
Summe-GW=		56						
GW-richtig=		17	30%					
GW-falsch=		53	95%					
GW-Unterschreitung-richtig=		1203	95%					

Der vorhergesagte PM10-Jahresmittelwert stellt sich zum Messwert wie folgt dar:

Zeitraum	PM10-Jahresmittel (Messwert) in µg/m³	PM10-Jahresmittel (Vortagesvorhersage) in µg/m³
2012	24	24
2013	23	24
2014	26	25
Jan bis Okt 2015	21	22

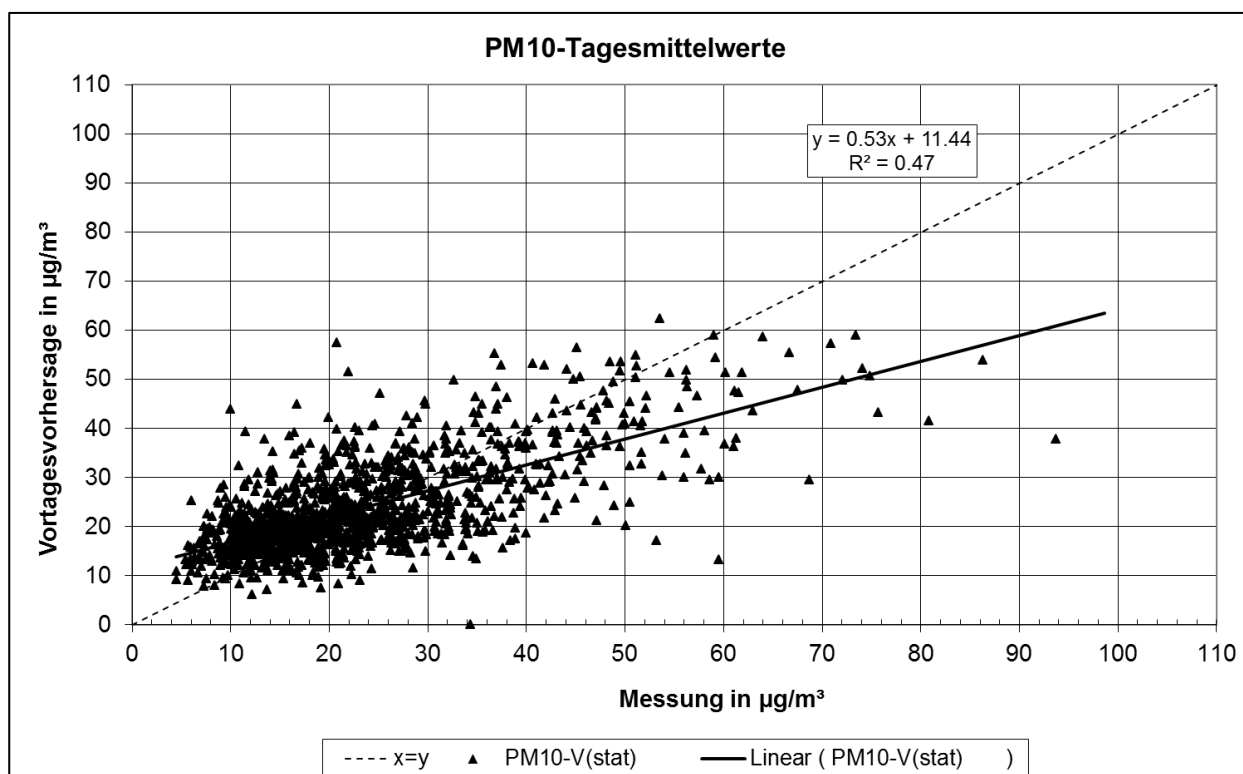


Abbildung 5-27: Scatterplot der gemessenen und mit ProFet 7 modellierten PM10- Tagesmittelwerte (Vortagesvorhersage) am Hotspot Desauer Straße für den Zeitraum 01.01.2012 bis 31.10.2015. Meteorologische Grundlage = DWD-Vorhersagen.

5.4.2.4 Ergebnisse für PM10 unter Einbeziehung von EURAD-Vorhersagen

In ProFet besteht die Möglichkeit, die Tages- und Vortagesvorhersage neben der in Kap. 5.4.2.1 erläuterten Vorgehensweise auch unter Einbeziehung einer PM10-Vorhersage für die Hintergrundbelastung auf Basis des Vorhersagemodells EURAD der Uni Köln durchzuführen.

EURAD liefert dabei die Vorhersage nicht punktuell sondern als Mittelwert über eine Fläche von 5 km x 5 km. Klenräumige Konzentrationsänderungen können damit nicht abgebildet werden.

Für den Zeitraum Juli 2006 bis Januar 2007 lagen im Rahmen der Modellentwicklung und -Validierung von ProFet auch EURAD-Vorhersagen für Wittenberg vor. Daraus wurden die Vorhersagen des rein statistischen Ansatzes von ProFet (siehe oben) mit dem auf Basis der von EURAD vorhergesagten PM10-Hintergrundbelastungen berechneten PM10-Gesamtbelastungen (im folgenden EURAD-Ansatz genannt) verglichen.

Die Idee war dabei folgende:

An städtischen PM10-Messstationen dominiert der Anteil der regionalen Hintergrundbelastung. Die Qualität der PM10-Vorhersage hängt in der Stadt damit sehr stark von der Qualität der Vorhersage der regionalen oder städtischen Hintergrundbelastung ab. Es wurde erwartet, dass die Qualität der Ergebnisse der EURAD-Modellierung wegen der dort integrierten komplexen Ausbreitungsphysik und der Emissionskataster besser ist als die aus rein statistischen Modellen ableitbaren.

Ergebnisse für die Tagesvorhersagen zeigt beispielhaft Tabelle 5-6.

Tabelle 5-6: Statistische Kenngrößen des Vergleiches der ProFet-Vorhersagewerte mit Messdaten für die Station Wittenberg-Verkehr auf Basis des statistischen Ansatzes (oben) bzw. EURAD-Ansatzes (unten) im Zeitraum August 2006 bis Januar 2007. Meteorologische Grundlage für Zusatzbelastung = DWD-Vorhersagen

Wittenberg Verkehr 2006 Tagesprognose (statistisch)		LBI-Prognose						
		1	2	3	4	5	6	PM10-TMW
LBI-Messung	1	0	0	2	0	0	0	<10µg/m³
	2	5	18	21	0	1	0	<20µg/m³
	3	1	18	45	3	0	0	<35µg/m³
	4	0	3	16	10	0	0	<50µg/m³
	5	0	1	5	7	1	0	< 100µg/m³
	6	0	0	0	0	0	0	>100µg/m³
Summe=		157						
Summe-richtig=		74	47%					
Summe-GW=		14						
GW-richtig=		1	7%					
GW-falsch=		14	100%					
GW-Unterschreitung-richtig=		142	90%					

Wittenberg Verkehr 2006 Tagesprognose (Eurad)		LBI-Prognose						
		1	2	3	4	5	6	PM10-TMW
LBI-Messung	1	0	0	1	0	1	0	<10µg/m³
	2	14	12	13	6	0	0	<20µg/m³
	3	12	9	26	14	6	0	<35µg/m³
	4	2	0	9	7	11	0	<50µg/m³
	5	0	1	3	4	6	0	< 100µg/m³
	6	0	0	0	0	0	0	>100µg/m³
Summe=		157						
Summe-richtig=		51	32%					
Summe-GW=		14						
GW-richtig=		6	43%					
GW-falsch=		26	186%					
GW-Unterschreitung-richtig=		125	80%					

Der Vergleich zwischen Vorhersage und Messung im angegebenen Zeitraum zeigte, dass der statistische Ansatz den Verlauf gut reproduzieren konnte und der EURAD-Ansatz hier z.T. starke Überschätzungen aufwies. Die 14 gemessenen Grenzwertüberschreitungen konnten durch den statistischen Ansatz mit einer Ausnahme nicht abgebildet werden. Mit dem EURAD-Ansatz konnten 6 der 14 Grenzwertüberschreitungen

richtig vorhergesagt werden. 18 Grenzwertüberschreitungen wurden vorhergesagt, traten aber nicht ein. Im statistischen Ansatz war dies nur eine.

Die Vorhersagegüte im EURAD-Ansatz war mit 32% ggü. 47% beim rein statistischen Ansatz schlechter. Auch traten mit EURAD häufiger deutliche Überschätzungen des Messwertes ein als im statistischen Ansatz (hier nicht grafisch dargestellt).

Deshalb wurde im Jahr 2007 entschieden, den EURAD-Ansatz im ProFet zu deaktivieren.

Inwieweit durch Weiterentwicklungen im EURAD-Modell ggf. die Vorhersagegüte jetzt deutlich besser als 2006/2007 ist, wurde nicht weiter untersucht.

5.4.2.5 Ergebnisse für meteorologische Vorhersagen

Bei Vorhersagemodellen werden als Input u.a. diverse meteorologische Vorhersagedaten (keine realen Messdaten) verwendet. Im vorliegenden Fall von ProFet für Wittenberg werden u.a. Vorhersagedaten für den aktuellen Tag sowie für den folgenden Tag verarbeitet.

Auch diese Daten stellen berechnete Modellwerte dar und sind deshalb mit gewissen Unsicherheiten beaufschlagt. Auch gibt es systematische Abweichungen, da die meteorologischen Daten beim „Anlernen“ des Regressionsmodells von einer konkreten meteorologischen Messstation (hier die DWD-Station Wittenberg) verwendet werden, die DWD-Vorhersagen als repräsentativ für das Stadtgebiet Wittenberg angegeben werden.

Diese Unsicherheiten bzw. systematischen Abweichungen schlagen sich dann in der Vorhersagegüte des PM10-Berechnungsmodells nieder.

Deshalb wurden die vom DWD für Wittenberg gelieferten Vorhersagen der für die PM10-Vorhersage relevanten meteorologischen Parameter mit den entsprechenden Messwerten verglichen.

Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse von linearen Regressionen zwischen Messwert und Vorhersagewerten in der Form $y=a x+b$ sowie des Quadrates des Korrelationskoeffizienten (R^2) ist in Tabelle 5-7 beispielhaft für den Zeitraum 2006/2007 gegeben. Andere Bezugsjahre zeigen vergleichbare Ergebnisse.

Tabelle 5-7: Statistische Kenngrößen der linearen Regression ($y=a x+b$) zwischen DWD-Vorhersagewert und Messwert (Temperaturen und tagesmittlere Windgeschwindigkeit) für die DWD-Station Wittenberg für 2006/2007

		Heute	Folgetag 1	Folgetag 2	Folgetag 3	Folgetag 4	Folgetag 5
Tmittel	R ²	98%	96%	94%	93%	92%	87%
	a	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.89
	b	0.43	0.38	0.86	0.92	0.63	0.60
Tmax	R ²	97%	95%	95%	94%	91%	88%
	a	0.94	0.97	0.94	0.93	0.92	0.89
	b	0.09	0.31	0.77	0.93	0.78	1.13
Tmin	R ²	88%	84%	84%	81%	78%	72%
	a	0.89	0.81	0.80	0.78	0.76	0.73
	b	1.30	1.94	2.15	2.29	2.41	2.12
WG	R ²	81%	78%	78%	60%	44%	39%
	a	1.22	1.19	1.14	0.83	0.63	0.54
	b	0.09	0.02	0.23	0.94	1.63	1.82

Da die Vorhersagen jeweils Früh des „heutigen“ Tages in ProFet eintreffen, werden für die Tagesvorhersage die „heutigen“ Werte verwendet und für die Vortagesvorhersage die des Folgetages 1. Die in ProFet weiterhin berechneten Trendvorhersagen für die nächsten 5 Tage basieren dann auf den DWD-Vorhersagen bis Folgetag 5.

Es zeigt sich, dass es nur geringe Abweichungen bei den Tagesmitteltemperaturen und den Tagesmaximumtemperaturen für den heutigen und den Folgetag 1 gibt (a nahe 1 und R² i.A. deutlich größer als 90%). Größere Abweichungen zeigen hier die Tagesminimumtemperaturen sowie die tagesmittleren Windgeschwindigkeiten.

Mit zunehmender Vorhersagedauer nimmt erwartungsgemäß die Vorhersagegenauigkeit ab. Dies zeigt sich z. B. bei der Windgeschwindigkeit insbesondere bei den Vorhersagen ab dem Folgetag 3 (R² dann 60% und kleiner).

Eine wichtige Eingangsgröße für die PM10-Vorhersage stellt die Information dar, ob am Vorhersagetag mit Regen zu rechnen ist oder nicht. Der DWD gibt in seinen Vorhersagen nur eine Niederschlagswahrscheinlichkeit an. Anhand realer Messwerte konnte u.a. für Wittenberg festgestellt werden, dass die Genauigkeit der Vorhersage eines trockenen Tages oder eines Regentages maximal wird, wenn man die Schwelle für einen Regentag auf eine Niederschlagswahrscheinlichkeit von 70 % setzt.

Der DWD gibt in seinen Vorhersagen für Wittenberg an, ob zu den Zeitpunkten 0 Uhr, 6 Uhr, 12 Uhr oder 18 Uhr eine Inversion vorliegen wird oder nicht. Bei den in der Vergangenheit durchgeführten Untersuchungen wurden verschiedenste Kombinationen der Kriterienfindung geprüft, um die Anzahl der Übereinstimmungen zwischen Inversionsvorhersage und den Messdaten zu erhöhen. Beispielsweise wurde unter anderem eine anhaltende Inversion angenommen, wenn zum Zeitpunkt 6 Uhr und 18 Uhr bzw. zum Zeitpunkt 0 Uhr und 18 Uhr eine Inversion vorhergesagt wurde. Die Kombination 0 Uhr

und 18 Uhr zeigte dabei die besten Übereinstimmungen und wird derzeit in ProFet verwendet

Fazit:

Bei Umweltmodulen, die mittelfristige Vorhersagen (gleicher Tag, Folgetag etc.) der Konzentrationen erstellen und damit wiederum auf meteorologische Vorhersagedaten angewiesen sind, ist im Rahmen von Voruntersuchungen bzw. der Modellvalidierung die Vorhersagegüte dieser Daten (z. B. für Temperaturen und Windgeschwindigkeiten) zu prüfen sowie bei aus Vorhersagewahrscheinlichkeiten abgeleiteten Kenngrößen, wie Regentag oder Tag mit Inversion u.ä., sind die bestmöglichen Schwellenwerte abzuleiten.

In Profet werden die Ergebnisse solcher systematischen Analysen auch genutzt, um die Vorhersagewerte des DWD mittels Korrekturfunktionen besser an die Messdaten der jeweiligen Messstation anzupassen.

5.5 UVM Steiermark / Österreich

Die österreichische Autobahnfinanzierungsgesellschaft ASFINAG betreibt seit Dezember 2008 im Großraum Graz eine immissionsabhängige Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA Umwelt Steiermark) mit vier getrennt geschalteten Teilkorridoren. Diese liegen auf der A2 (Süd-Autobahn) und der A9 (Pyhrn-Autobahn). 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.“

Mit FVT (2016) wurde die Evaluierung der VBA Umwelt Steiermark für den Betriebszeitraum 2015 (1.1.-31.12.2015) veröffentlicht. Dabei wurde untersucht, „ob die Anlage spezifikationsgemäß geschaltet hat und ob die geforderte Maßnahmenwirksamkeit erreicht wurde“. FVT (2016) war bei der Erstellung von Anlage 1 noch nicht verfügbar.

5.5.1 Verkehr

Für die Berechnung des lokalen Kfz-Beitrags an der NO_x-Immissionsbelastung werden die Verkehrsdaten für das nächste Schaltintervall vorhergesagt. Diese Vorhersagedaten werden, laut FVT (2016), von der ASFINAG anhand von dynamischen Ganglinien erstellt.

Für die Modellierung der Maßnahmenwirksamkeit werden zusätzlich die Verkehrsbelastungen auf allen Straßenabschnitten im Berechnungsgebiet von der ASFINAG aus Ergebnissen eines Verkehrsmodells zur Verfügung gestellt. Im Rahmen der Evaluierung des Betriebszeitraums 2015 (FVT, 2016) wurde keine Validierung der Vorhersage der Verkehrsdaten vorgenommen.

5.5.2 Umwelt

Die Konzeption des Umweltmoduls, das wiederum aus zwei Modulen besteht, wird in der VBA-Verordnung (IG-L Steiermark, 2014) beschrieben.

In Modul 1 wird auf der Basis gemessener PM10-Halbstundenwerte der vergangenen drei Stunden der gleitende Dreistundenmittelwert für die nächste Halbstunde vorhergesagt. Erreicht oder überschreitet dieser Vorhersagewert einen PM10-Schwellenwert, führt dies zu einer Aktivierung der Geschwindigkeitsbeschränkung. Wird der Schwellenwert nicht überschritten oder werden keine gültigen Vorhersagewerte übermittelt, wird Modul 2 aktiviert.

In Modul 2 wird der Immissionsbeitrag von NO_x der „PKW-ähnlichen“ Fahrzeuge für die kommende Halbstunde vorhergesagt. Eingangsdaten dafür sind die vorhergesagten Kfz-Emissionen, die auf der Basis der o. g. Vorhersagen der Verkehrsdaten berechnet werden und die im Folgenden beschrieben Vorhersagen der meteorologischen Situation. Für jeden der vier Korridore ist ein NO_x-Schwellenwert definiert, bei dessen Erreichen oder Überschreitung das Tempolimit im jeweiligen Korridor aktiviert wird.

In der Evaluierung (FVT, 2016) liegt keine Validierung der vorhergesagten Konzentrationen vor.

Die meteorologischen Vorhersagedaten werden für bestimmte Aufpunkte von Austro Control erstellt und halbstündlich übertragen. Diese Vorhersagedaten wurden in FVT (2016) mit meteorologischen Messdaten der beiden Landesmessstationen Eurostar und

Gratkorn verglichen: Die Daten der Messstationen weisen demnach „allgemein geringere Windgeschwindigkeiten und einen höheren Kalmenanteil auf als die Vorhersagedaten der Austro Control. Für den Teilkorridor Ost ergibt sich ein ähnlicher Tagesgang der Windgeschwindigkeitsverteilung. Hinsichtlich der Verteilung der Windrichtungen zeigt sich jedoch eine größere Abweichung, da der Teilkorridor Ost eine Dominanz der Winde aus NNW aufweist und bei der Station Eurostar die meisten Winde aus SSE kommen. Für den Teilkorridor Nord zeigt sich hingegen eine ähnliche Windrichtungsverteilung, wobei diese um einen Sektor verschoben ist“. Bereits nach der vorangegangenen Evaluierung (FVT, 2013), die den Betriebszeitraum 2011/2012 umfasste, wurden, nach (FVT, 2016), die Parameter im Algorithmus an die höheren Windgeschwindigkeiten der Austro Control angepasst.

6 Literatur

39. BImSchV, 2016: Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV). In der Fassung vom 10.10.2016. BGBl. I S. 2244. 2016.
- BImSchG, 2016: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG). In der Fassung vom 30.11.2016. BGBl. I S. 2749. 2016.
- Chester, 2016: Chester partnership works on improving air pollution in heavy traffic. University of Chester. 2016. <https://www.chester.ac.uk/node/37573>.
- Diegmann, V., 2013: Potentiale des Umweltorientierten Verkehrsmanagements - eine Übersicht. In: BAST; FGSV (Hrsg.): Luftqualität an Straßen 2013. Tagungsband. Kolloquium der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) und der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 20.-21.3.2013 in Bergisch Gladbach. 2013.
- Düring, I.; Bächlin, W., 2009: Tendenzen der NO₂-Belastung im Land Brandenburg. Auftraggeber: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Unter Mitarbeit von IFEU GmbH, Heidelberg, Planungsbüro Dr. Hunger, Dresden und National Environmental Research Institute (NERI), Roskilde, Dänemark. 2009.
- Düring, I.; Schmidt, W.; Lohmeyer, A., 2011: Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). 2011.
- EU, 2008: Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 152, S. 1. 2008.
- FGSV, 2014: Wirkung von Maßnahmen zur Umweltentlastung. Teil 3: Umweltsensitives Verkehrsmanagement (UVM). FGSV 210/3. Zwischenstand 14.10.2014. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. 2014.
- FREILOT, 2012: Urban Freight Energy Efficiency Pilot. Final Progress Report - Publishable. FREILOT Consortium. 2012. http://cordis.europa.eu/project/rcn/191865_en.html.
- FVT, 2013: Evaluierung der VBA-Umwelt Steiermark für den Betriebszeitraum 2011/2012. FVT Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH, Graz. Auftraggeber: Steiermärkische Landesregierung. 2013.
- FVT, 2016: Evaluierung der VBA-Umwelt Steiermark für den Betriebszeitraum 2015. FVT Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH, Graz. Auftraggeber: Steiermärkische Landesregierung. 2016.
- Giesel, 2014: Investitionsvoruntersuchung zu Verkehrsinformationen im Straßenverkehr. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrsforschung. Berlin 2014.

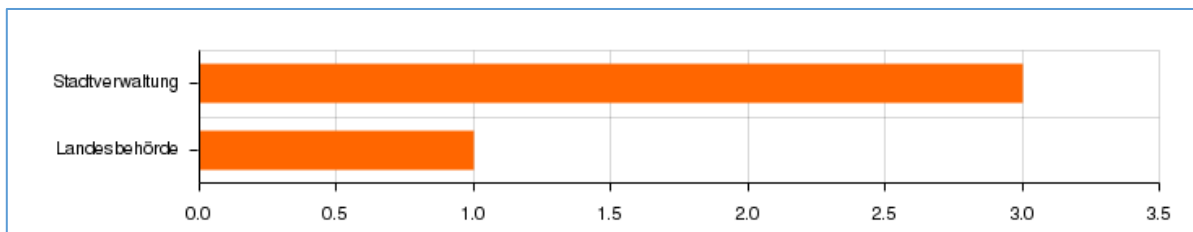
- Gustafsson, S.; Hübner, Norbert, 2012: Integration of Traffic Management and Air Quality Control (iTRAQ). European Transport Conference, 08.10.2012 in Glasgow, United Kingdom. 2012.
- HEAVEN, 2003: Final Report. EU-Projekt „HEAVEN - Healthier Environment through the Abatement of Vehicle Emissions and Noise“. IST-1999-112444. Project funded by the European Community. Under the „Information Society Technology“ Programme (1998-2002). 2003.
- 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). Immissionsschutzgesetzes Luft (IG-L) Steiermark. LGBl. Nr. 117/2014.
- 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, 2012: Machbarkeits- und Wirkungsabschätzung einer Dynamischen Umweltgesteuerten Verkehrsumleitung (DUV) für Frankfurt (Oder). In Zusammenarbeit mit CS Planungs- und Ingenieurgesellschaft mbH Berlin und Ansorge & Partner Frankfurter Ingenieurconsult Gesellschaft mbH Frankfurt (Oder). Auftraggeber: Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (MUGV) des Landes Brandenburg. 2012.
- IVU Umwelt, 2013a: Bestandsaufnahme und Wirksamkeit von Maßnahmen der Luftreinhaltung. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ (UFOPLAN) 3712 43 255. Veröffentlichung UBA-Texte 26/2014. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. 2013.
- IVU Umwelt, 2013b: Simulationsstudie im Rahmen der Machbarkeitsstudie Umweltorientiertes Verkehrsmanagement München. Auftraggeber: Kreisverwaltungsreferat München. Unter Mitarbeit von PTV AG, Karlsruhe. 2013.
- IVU Umwelt, 2015a: Leitfaden Modellierung verkehrsbedingter Immissionen - Anforderungen an die Eingangsdaten. Aktualisierung des Kapitels Sensitivitäten unter Beachtung des aktualisierten HBEFA Version 3.2. Auftraggeber: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Veröffentlichung durch den Auftraggeber. 2015.
- IVU Umwelt, 2015b: IMMIS^{mt} Potsdam. Nachberechnung der 24h-Werte. Dokumentation. Auftraggeber: Siemens AG Berlin. 2015.
- IVU Umwelt, 2016: Makroskopische Maßnahmensimulation im Rahmen der Machbarkeitsstudie Umweltorientiertes Verkehrsmanagement. Auftraggeber: Kreisverwaltungsreferat München. Unter Mitarbeit von PTV AG, Karlsruhe. Entwurf Stand: 23.12.2016.
- IVU Umwelt; WVI; Hofmann, 2014: Feinstaubuntersuchung Würzburg. Untersuchung und Bewertung von Maßnahmen zur Reduzierung der Feinstaub- und Stickoxidbelastung in Würzburg. Abschlussbericht. Anlagen: Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen. Erarbeitet von IVU Umwelt GmbH, Freiburg; WVI, Braunschweig und

- Prof. Dr. E. Hofmann, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Institut für Staats- und Verwaltungsrecht. Auftraggeber: Stadt Würzburg. 2014.
- KRdL, 2003: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL. Düsseldorf, 2003.
- KRdL, 2009: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gauß'sches Fahnenmodell zur Bestimmung von Immissionskenngößen. VDI-Richtlinie 3782 Blatt 1. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL. Düsseldorf, 2009.
- KRdL, 2013: Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung - Kraftfahrzeugbedingte Immissionen. VDI-Richtlinie 3783 Blatt 14. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL. 2013.
- MLU Sachsen-Anhalt, 2011: Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Halle 2011. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (MLU) Sachsen-Anhalt. 2011.
- MUGV Brandenburg, 2013: Luftreinhalteplan Frankfurt (Oder). Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (MUGV) des Landes Brandenburg. 2013.
- Nicklaß, D., 2010: Kurzzeit-Prognose von PM10-Konzentrationen in der Luft unter Verwendung maschineller Lernverfahren. Zur Erlangung der Würde eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) genehmigte Abhandlung. Universität Stuttgart, Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik. 2010.
- Rauterberg-Wulff, A.; Kohlen, R.; Düring, I.; Schmidt, W., 2015: Ist das schon Stau? Vergleich verschiedener Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität für die Kfz-Emissionsberechnung und Maßnahmenbewertung. Luftqualität an Straßen 2015. Kolloquium der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 20.-21.3.2011 in Bergisch Gladbach. 2015.
- Stadt Frankfurt/O., 2017: Persönliche Mitteilung der Stadtverwaltung Frankfurt (Oder), Amt für Tief-, Straßenbau und Grünflächen. 12.01.2017.
- STMUV Bayern, 2015: 6. Fortschreibung. Luftreinhalteplan für die Stadt München. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz. Erarbeitet von der Regierung von Oberbayern. 2015.
- TRL, 2017: Persönliche Mitteilung. Transport Research Laboratory TRL Limited, UK. 2017.
- TU Darmstadt; ZIV, 2012: Strategien für ein städtisches Gesamtkonzept zur Luftreinhaltung in Offenbach am Main. Hinweise zur umweltorientierten Strategieentwicklung im dynamischen Verkehrsmanagement. Schlußbericht. TU Darmstadt, ZIV - Zentrum für Integrierte Verkehrssysteme GmbH (ZIV). Auftraggeber: ivm GmbH und Stadt Offenbach am Main. 2012. Unveröffentlicht.
- 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.

A Anhang A: Ergebnisse der Befragung zum Betrieb von UVM-Systemen

A.1 Teil 1: Allgemeine Fragen

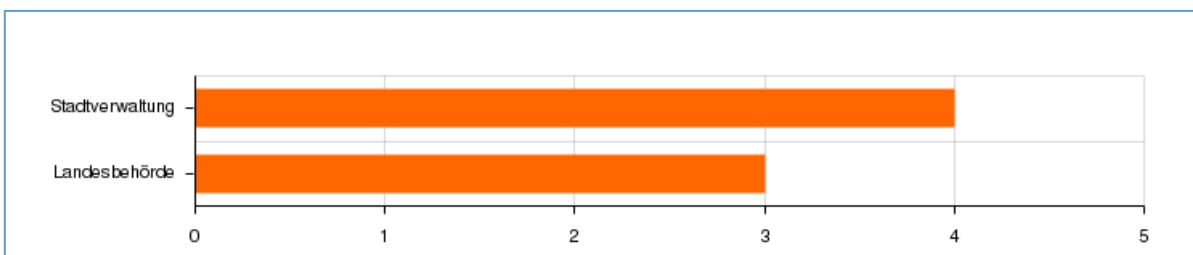
Frage 1.1 Wer ist Auftraggeber für die Einrichtung und den Betrieb des UVM?



Auftraggeber der Einrichtung des UVM war in 3 von 4 Fällen die Kommune, in einem Fall das Bundesland.

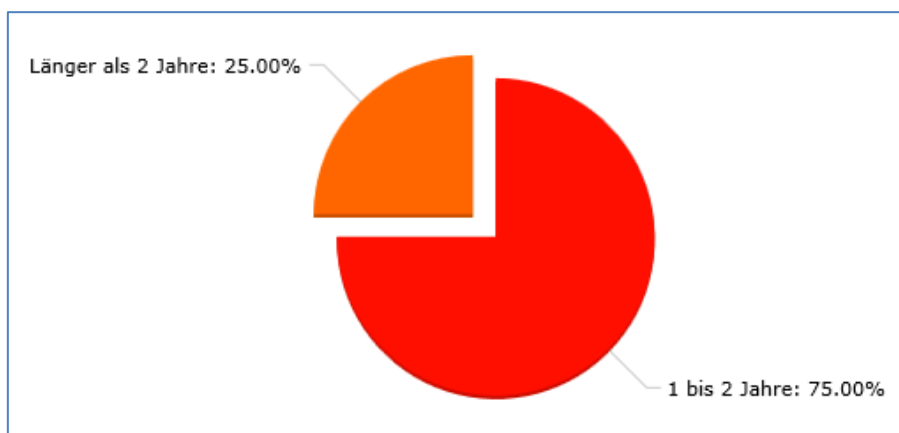
Potsdam: Stadtverwaltung war Auftraggeber, die Kosten wurden aber weitgehend durch Fördermittel des Landes getragen.

Frage 1.2 Wer wurde an der Entscheidung, ein UVM einzuführen, beteiligt?



In allen Fällen fiel die Entscheidung zur Einführung auf kommunaler Ebene, in 3 von 4 Fällen unter Beteiligung des Bundeslandes.

Frage 1.3 Wie lange lief die Vorphase bis zur Entscheidung pro UVM?



In 3 von 4 Fällen dauerte die Vorphase zwischen 1 und 2 Jahren, in einem Fall auch länger. Argumente für die lange Vorlaufzeit waren, dass die im Luftreinhalteplan genannten Maßnahmen zunächst hinsichtlich ihrer Wirksamkeit untersucht werden muss-

ten. Auch zukünftig werden Kommunen mit einer ähnlich langen Vorphase rechnen müssen.

Frage: Warum hat die Vorphase so lange gedauert? Was wurde in der Vorphase gemacht?

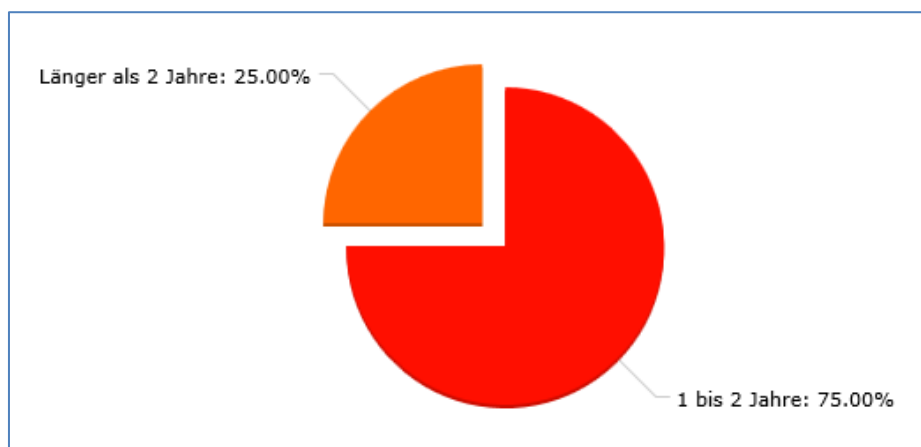
Erfurt: In 2011 wurde zunächst eine Machbarkeitsstudie durch die Bauhaus-Universität durchgeführt, um das wissenschaftliche Potential zu untersuchen. Die Studie kam zu einem positiven Ergebnis, es wurde empfohlen, zunächst 2 Pilotmaßnahmen (für je 1 Jahr) zu testen und zu evaluieren. Somit hat die Vorphase (Phase 1 Machbarkeitsstudie; Phase 2 Pilotmaßnahmen/Evaluierung) sogar länger als „1 bis 2 Jahre“ gedauert, denn bis zum eigentlichen „automatisierten Dauerbetrieb“ (ab Mitte 2015) sind rd. 4 Jahre vergangen.

Wittenberg: Es musste der Luftreinhalteplan erstellt werden; danach wurden verschiedene Maßnahmenuntersuchungen durchgeführt. Die Lkw-Umleitung in einer Richtung war das Ergebnis.

Potsdam: Es wurden alternative Maßnahmen untersucht und eine ex ante Bewertung vorgenommen. Dabei wurden u. a. ein Lkw-Fahrverbot und die Einrichtung einer Umweltzone verworfen. Einen weiteren Aspekt stellt die Beantragung und Bereitstellung der finanziellen Mittel dar.

Braunschweig: Es waren mehrere Maßnahmen und unterschiedliche, potentielle Hotspotbereiche zu untersuchen. Die Entwicklung des Systems wurde über Forschungsprojekte von Bund und Land gefördert, die Kommune konnte anschließend auf ein fertiges Produkt zurückgreifen.

Frage 1.4 Wie lange dauerte die Einrichtung des UVM?



In 3 von 4 Fällen wurden für die Einrichtung des UVM zwischen einem und zwei Jahren benötigt. Diese Zeit ist für Planung, Ausschreibung und Installation der benötigten Hard- und Software sowie mit der Abwicklung der Förderanträge vorzusehen.

Frage: Was waren die Gründe für die lange Dauer? Ist dies auch bei anderen Kommunen entsprechend anzusetzen?

Erfurt: Neben dem phasenweisen Aufbau mit Machbarkeitsstudie und zwei Pilotmaßnahmen (vgl. Frage 1.3) mussten Finanzierungsfragen geklärt werden, was Zeit braucht.

Wittenberg: u.a. mussten die Klapptafeln erst einmal hergestellt werden. 4 Jahre in toto vom Beginn der Voruntersuchungen bis zur Inbetriebnahme sind auch anderswo anzusetzen.

Potsdam: die Realisierung eines UVM mit Kopplung an VM einschl. Installation der Sensorik dauert so lange; dabei hatte Potsdam den Vorteil, dass es ein VM bereits gab, das im Zusammenhang mit der Bundesgartenschau 2001 realisiert worden war.

Braunschweig: Die Entwicklung des Systems war bereits weitgehend fertig, als die Kommune entscheiden musste. Die konkreten Maßnahmen mussten im Detail jedoch noch ausgearbeitet und vorab hinsichtlich Wirksamkeit untersucht werden.

Frage 1.5 Wie lange schätzen Sie, wird das UVM in Betrieb sein?



Die Hälfte der befragten Institutionen schätzte die Laufzeit des UVM von heute an mit länger als 10 Jahre, die andere Hälfte auf 5 bis 10 Jahre. Als Begründung für den längeren Zeitraum wurde genannt:

- Das UVM dient nicht nur der Verbesserung der Luftqualität sondern auch einer verbesserten Abwicklung des Straßenverkehrs in der Stadt.
- Die Immissionsgrenzwerte für PM10 und NO₂ werden zukünftig voraussichtlich verschärft.
- Als Begründung für den kürzeren Zeitraum wurde genannt: Geplanten Straßenbaumaßnahmen, die, wenn sie realisiert sind, ein UVM obsolet werden lassen. Das UVM dient hier der Überbrückung.

Erfurt: Das Erfurter System hat 2 Ansätze: Neben der Emissionsreduzierung hat es – unabhängig von Umweltgrenzwerten – die Aufgabe, den Verkehrsablauf zu optimieren. Es hat also einen starken verkehrlichen Hintergrund (Verkehrsverflüssigung, Verkehrsverlagerung/-lenkung, Zuflusdosierung, Verkehrsinformation).

Hintergrund für die Angabe der langen Betriebsdauer war die Überlegung, dass zukünftig die EU-Grenzwerte weiter gesenkt werden und damit auch Schwellenwerte zur automatischen Aktivierung erreicht werden.

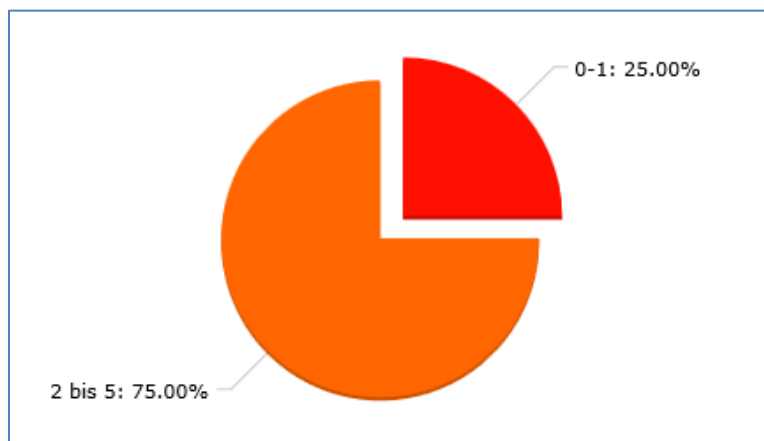
Wittenberg: Mit dem UVM Wittenberg wurde 2007 angefangen, 2017 wären die 10 Jahre um. Von heute an gerechnet würde man eher von 5 bis 10 Jahren ausgehen. Mit der

Nordumfahrung Wittenberg ist das UVM nicht mehr erforderlich. Das UVM dient hier der Überbrückung.

Potsdam: UVM läuft weiter, der Luftreinhalteplan wurde fortgeschrieben. Da die Grenzwerte in der Zeppelinstraße noch nicht eingehalten werden konnten, ist hier eine Neuordnung des Straßenraumes als Modellversuch ab April 2017 geplant. Eine Kfz-Fahrspur wird zugunsten des Umweltverbundes ummarkiert, die UVM Strategien werden angepasst und verstärkt. Darüber hinaus ist eine Erweiterung der Strategien auf das gesamte Hauptverkehrsstraßennetz geplant. Der Eintrag wurde auf „länger als 10 Jahre“ geändert.

Braunschweig: Die gemessenen Jahresmittelwerte in Braunschweig liegen in den letzten Jahren in der Nähe des Grenzwertes, ohne UVM kann eine Grenzwerteinhaltung derzeit jedoch nicht garantiert werden. Es besteht die Hoffnung, dass in einigen Jahren die Grenzwerte aufgrund einer geänderten Flottenzusammensetzung³⁰ auch ohne UVM dauerhaft sicher eingehalten werden können.

Frage 1.6 Wieviel Personen aus der Verwaltung sind für den Betrieb des UVM eingesetzt?



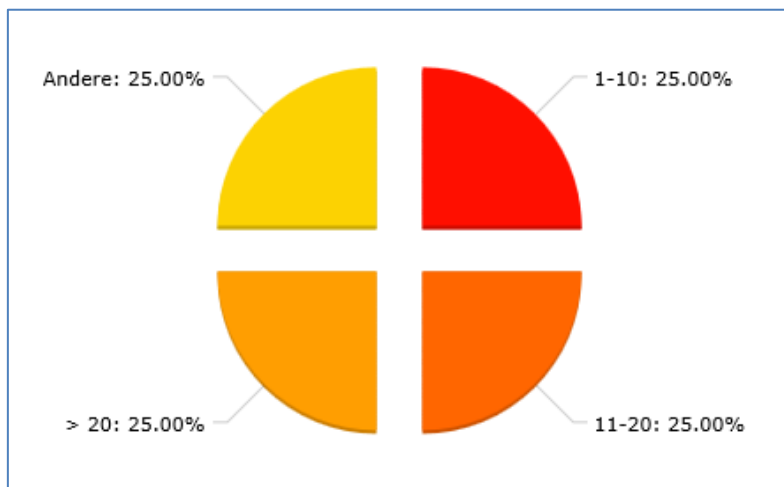
Bei den aufwändigeren UVM-Systemen sind zwischen 2 und 5 Personen für den Betrieb des UVM inkl. VM eingesetzt. Im Falle einer einfachen Lösung reicht 1 Person für Kommunikation und Kontrolle.

Potsdam: das VM ist städtisch, wobei das UVM integriert ist und der Betrieb vollautomatisch läuft. Trotzdem muss die Zentrale besetzt und überwacht sein.

Braunschweig: VM und UVM laufen gekoppelt vollautomatisch (wenig Personal erforderlich). Betreiber ist eine PPP Gesellschaft mit Unteraufträgen an das Verkehrs- und an das Immissionsmonitoring

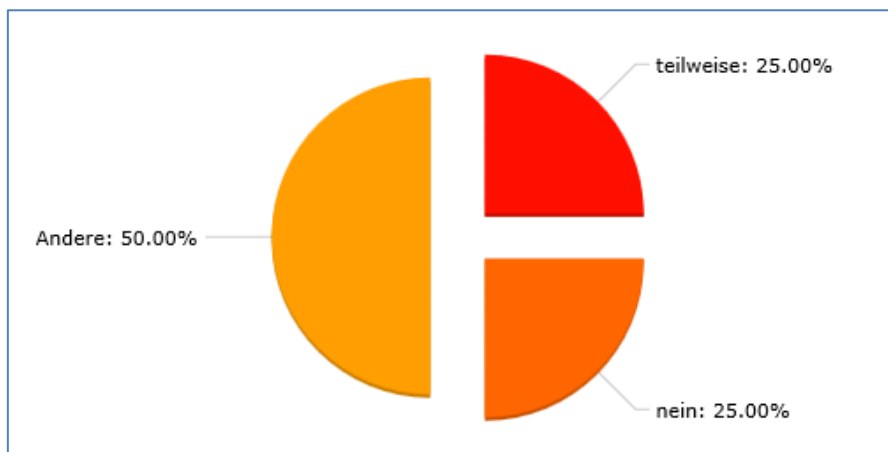
³⁰ Gemeint ist hier sowohl ein steigender Anteil an Elektrofahrzeugen als auch die Hoffnung, dass künftige Fahrzeuggenerationen mit Verbrennungsmotor auch im Realbetrieb vorgegebene Emissionsgrenzwerte einhalten.

Frage 1.7 Wieviel Verkehrszeichenanlagen werden durch das UVM geschaltet?



Die installierten UVM sind unterschiedlich mit dem vorhandenen VM verknüpft.

Frage 1.8 Sind für den Betrieb des UVM externe Dienstleister tätig?



Externe Dienstleister werden für die Wartung der komplexeren UVM-Systeme eingesetzt. Die Antwort „Andere“ wurde gewählt, wenn der Antwortende ergänzende Anmerkungen zum externen Dienstleister machen wollte.

Frage: Was wurde einem Dienstleister übergeben?

Erfurt: Wartung und Instandhaltung (Software- und Modellpflege).

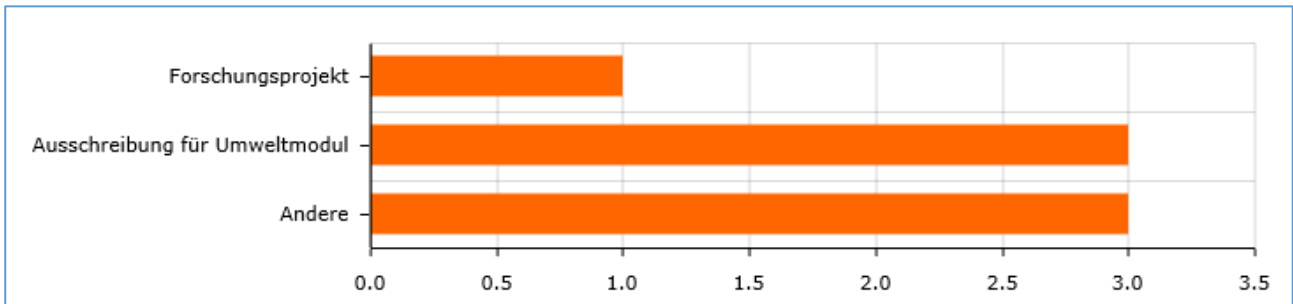
Wittenberg: die Straßenmeisterei führt das Auf- und Zuklappen der Klapptafeln durch. Es gibt ferner eine Stickstofffabrik, die eine Klapptafel für die Ein- und Ausfahrt bedient.

Potsdam: (Eintrag „Andere“) extern werden die Systemwartung, Reparaturen, Sensorersatz etc. durchgeführt.

Braunschweig: Die Bellis GmbH (PPP Gesellschaft mit den Gesellschaftern BS Energy und Siemens) ist in Braunschweig u.a. für VM und UVM insgesamt zuständig, die WVI GmbH betreibt im Unterauftrag der Bellis das Verkehrsmonitoring und die IVU Umwelt GmbH das Umweltmonitoring.

A.2 Teil 2: Investitionen und Betriebskosten

Frage 2.1: Wurde das System auf Basis einer „eigenen“ Entwicklung (z. B. Forschungsprojekt) oder durch Ausschreibung am Markt beschafft?



Im Regelfall wurde das UVM über eine Ausschreibung vergeben. In einem Fall wurde das UVM im Zuge einer Forschungsarbeit entwickelt.

Frage: wie sehen Sie die Notwendigkeit, dass weitere Kommunen ebenso verfahren sollten?

Erfurt: Die Machbarkeitsstudie und Auswertung/Evaluation der 2 Piloten erfolgte als F+E-Projekt mit Landesmitteln. Der Systemaufbau mit Eigenmitteln.

Derzeit stammen die Schwellenwerte für die Aktivierung von 2 Landesmessstellen, die jedoch nur stündlich und mit zeitlicher Verzögerung von 15- 20 Minuten Daten liefern (im Prinzip derzeit kein eigenes Umweltmodul). Dieser suboptimale Zustand soll durch die kommende Ausbaustufe durch die Ausschreibung eines Umweltmoduls in 2017 verbessert werden.

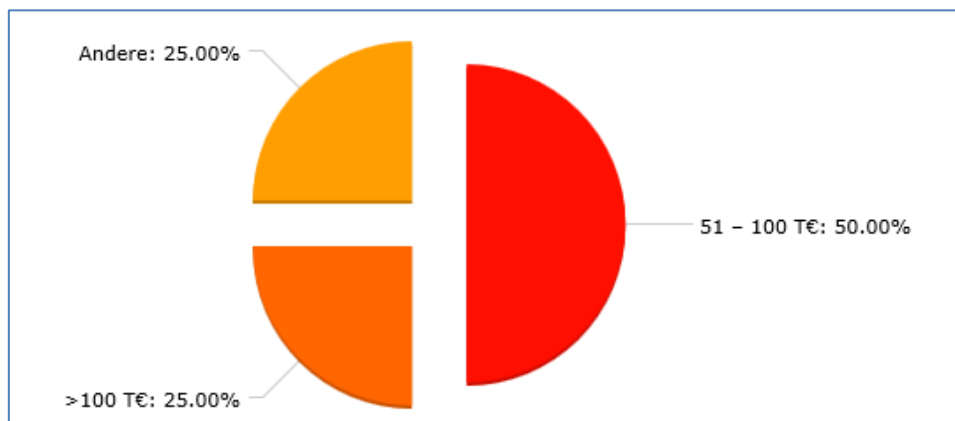
In den Jahren 2018-2021 soll das System sukzessive auf das ganze Stadtgebiet ausgeweitet werden (inkl. Anpassung der Feldelemente für ca. 5 Mio. €).

Wittenberg: Das Jahr der Erstvergabe für Leistungen zum Umweltmodul war 2006. Die Neuentwicklung des PM10 Vorhersagemoduls war erforderlich, weil es kein vergleichbares System am Markt gab. Die Neuentwicklung ist deshalb seinerzeit ausgeschrieben worden. Das Modul ist seit 2007 im laufenden Betrieb.

Potsdam: Es erfolgte 2012 eine Ausschreibung. Dieser Weg der Ausschreibung von UVM und die Integration mit dem VM ist auch für andere Kommunen mit VM zu empfehlen.

Braunschweig: Das technische System wurde im Rahmen von geförderten Forschungsprojekten entwickelt und wird von den Forschungspartnern für die Stadt Braunschweig als SaaS-System betrieben. Die Stadt hat also keine Systemlizenz und/oder Hardware für das UVM gekauft, sondern zahlt nur für Planungsleistungen und Betrieb. Diese Aufgaben konnten ohne Ausschreibung direkt vergeben werden.

Frage 2.2 Schätzen Sie bitte grob die Kosten von vergebenen Leistungen für die Arbeiten in der Vorphase der Einrichtung eines UVM (Analysen, Simulationen, Potential-schätzungen). Angaben bitte in Tausend €.



Der Aufwand für die in der Vorphase notwendigen Arbeiten bewegt sich in der Regel über der 50 T€-Schwelle. Nur in einem Fall lag der Aufwand niedriger.

Wittenberg: im angegebenen Betrag sind Kosten für Gutachten der Vorphase nicht enthalten; das Vorhersagemodul ProFet hat ca. 20 T€ gekostet. Wenn man die Grundsatzuntersuchungen hinzunimmt, kommt man auf 51-100 T€.

Potsdam: Die Kosten setzen sich aus den ex-ante Wirkungsschätzungen, der Maßnahmenentwicklung im Detail (Integration in Verkehrsrechner, LSA Bearbeitung) zusammen. Es ging um die Ausstattung von 4 Hotspotbereichen; einer allein würde weniger kosten.

Braunschweig: Bei den genannten ca. 65 T€ handelt es sich um die Ausgaben der Stadt für die konkreten Planungen der UVM-Maßnahme Altwiekering. Die Aufwände für Voruntersuchungen zu anderen Hotspotbereichen und Maßnahmen, die vorab in den Forschungsprojekten betrachtet wurden, sind darin nicht enthalten.

Frage 2.3 Schätzen Sie bitte grob die Investitionskosten für Anpassungen im Bereich Verkehrsmanagement (Summe Hardware, Software, Honorare). Angaben bitte in Tausend €.



In 3 von 4 Fällen waren Anpassungen im Bereich des Verkehrsmanagements notwendig. Die Kosten dafür wurden in 2 von 3 Fällen auf über 100 T€ geschätzt. Nur in einem Fall lag die Schätzung darunter.

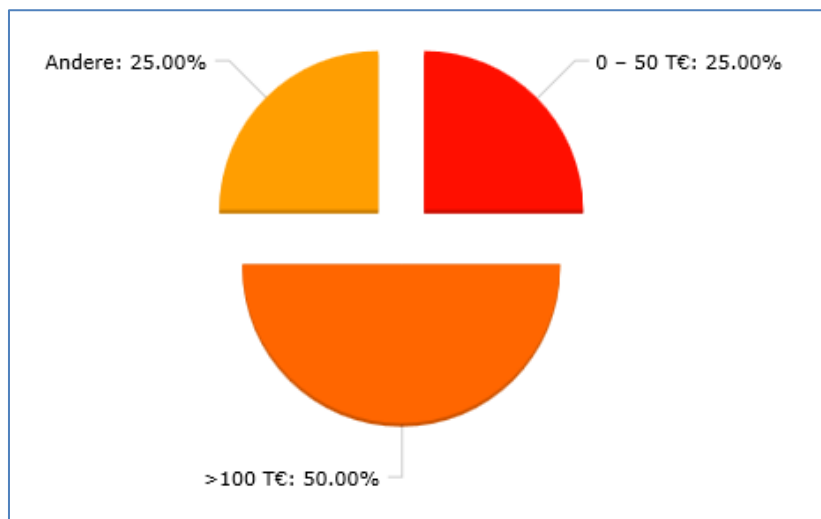
Erfurt: Gebiet „Leipziger Straße“ ca. 75 T€; Gebiet „Bergstraße“ ca. 50 T€; In Summe hat die Stadt ca. 125 T€ übernommen. Hinzu kommt die wissenschaftliche Begleitung (Machbarkeitsstudie & Evaluation) durch Landesmittel in Höhe von rd. 50 T€.

Wittenberg: Es gab keine Änderung an den Anlagen des VM.

Potsdam: Die Investition betraf die Sensoren, die Erweiterung des VM, Schnittstellensoftware, Aufbereitung der Daten für die Algorithmen, Steuerungssoft- und Hardware für die Info Tafeln (Infotafeln selbst waren schon vorhanden).

Braunschweig: Die Hardware des VM (VM-System an sich sowie Steuergeräte an den betroffenen LSA) erforderte keine Erweiterungen. Erforderliche Anpassungen / Weiterentwicklungen an der VM-Software (insbesondere Schnittstellen-Anpassungen) waren bereits im Rahmen der Forschungsprojekte erfolgt.

Frage 2.4 Schätzen Sie bitte grob die Investitionskosten für die Einrichtung des UVM (Summe Hardware, Software, Honorare). Angaben bitte in Tausend €.



Für die Hälfte der UVM wurden Investitionskosten für das UVM von mehr als 100 T€ geschätzt. Nur in einem von 4 Fällen lag die Investitionskostenschätzung unter 50T€.

Frage: Was wurde bezahlt?

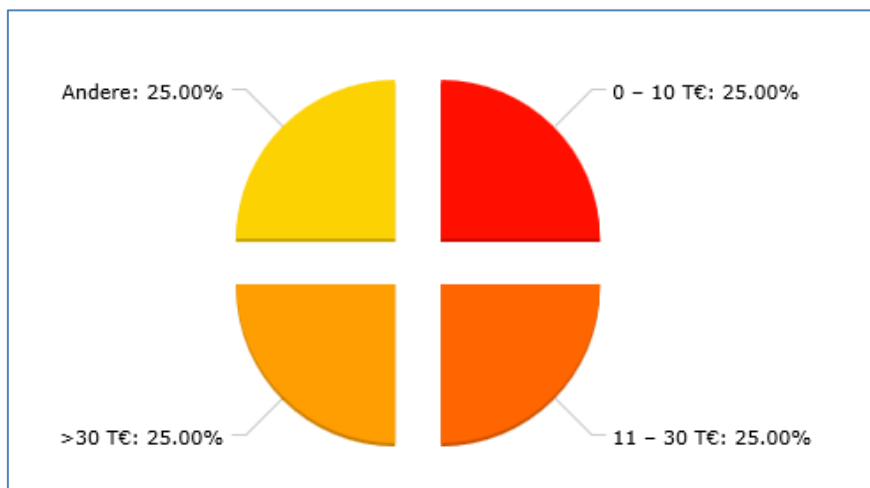
Erfurt: Noch kein Umweltmodul (Messstellen Land)-> Kosten: 0.

Wittenberg: für die Einrichtung wurden 2 Klapptafeln bezahlt. Dann steckt die Investition der Software „ProFet“ drin. Die Kommunikation erfolgt per vorhandenem Faxgerät, also praktisch keine Kosten.

Potsdam: Unter Einbeziehung der Kosten für die Errichtung zusätzlicher Verkehrsmessstellen und von drei zusätzlichen Informationstafeln für die vier Hotspots sowie der erforderlichen Systemeinrichtung ergaben sich Kosten von mehr als 100 T€.

Braunschweig: Die technischen Systeme werden als SaaS für die Stadt betrieben, hier fällt nur ein kleiner Lizenzanteil an. Die Kosten für die konkrete Einrichtung des Systems einschließlich eines mehrwöchigen Feldtests betragen für den Auftraggeber ca. 110 T€ (Summe aus 2.3 und 2.4).

Frage 2.5 Schätzen Sie bitte grob die Betriebskosten, die für den aufgrund UVM erweiterten Teil des Verkehrsmanagements jährlich aufzubringen sind. Angaben bitte in Tausend €.



Die Betriebskosten für das erweiterte VM lagen weit auseinander: von 0 bis mehr als 30T€/Jahr waren alle Kostenklassen vertreten.

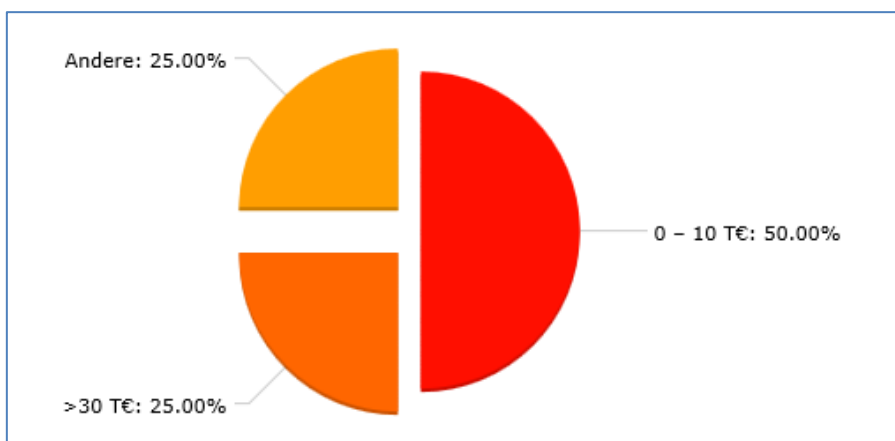
Erfurt: Es handelt sich um die in der Haushaltsplanung eingestellten Kosten für Externe (Wartung & Instandhaltung).

Wittenberg: Es gab keine Erweiterung bei VM.

Potsdam: Kosten 2.5 und 2.6 sind schwierig zu trennen, Kosten 2.5 sind in 2.6 enthalten.

Braunschweig: Kosten 2.5 und 2.6 sind schwierig zu trennen, Kosten 2.5 sind in 2.6 enthalten.

Frage 2.6 Schätzen Sie bitte grob die Betriebskosten, die für das UVM jährlich aufzubringen sind. Angaben bitte in Tausend €.



Die Betriebskostenschätzungen für das UVM bewegten sich in 2 von 4 Fällen mit 0 bis 10T€/Jahr in der untersten Klasse. In einem Fall lag die Schätzung aber in der Klasse „über 30T€/Jahr“.

Wittenberg: das Personal, das die Kommunikation vornimmt und die Klapptafeln bedient, ist vorhanden Eintrag wurde auf 0-10 geändert.

Potsdam: Die Summe der geschätzten Betriebskosten für UVM beträgt ca. 45 T€/a.

Braunschweig: Auslösung und Rücknahme von Maßnahmen erfolgen automatisch auf Basis voreingestellter Aktionspläne. Die genannten Kosten entfallen auf Pflege des Netzmodells, Wartung und Lizenzanteil sowie jährliche Evaluation. Einrichtung neuer Maßnahmen, Neuplanung, Nachjustierung, etc. sind separat zu beauftragen und abzurechnen.

A.3 Teil 3: Wirksamkeit des UVM

Frage 3.1 Erfüllt das UVM insgesamt Ihre Erwartungen?

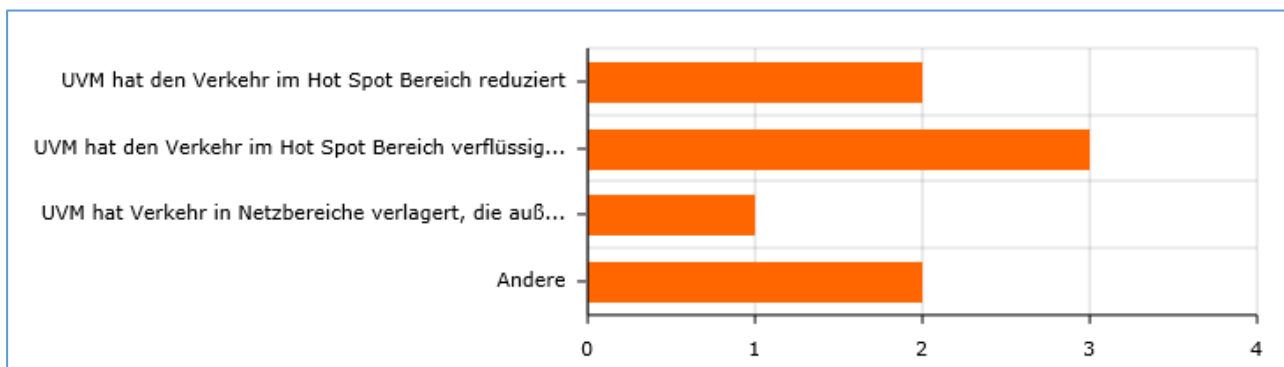


UVM haben die Erwartungen in 2 von 4 Fällen teilweise bis vollständig erfüllt.

Wittenberg: warum wurde die Frage mit „teilweise“ beantwortet? Antwort: eine Verkehrszählung zeigte, dass das Lkw-Durchfahrtsverbot nicht ausreichend beachtet wurde. Es wurde mehrere Wochen gezählt, die Minderung des Lkw-Verkehrs betrug nur ca. 60%. Das Umweltamt bemängelt, dass die Kontrollen nicht ausreichend waren. Ein weiterer Aspekt war, dass die Immissionsvorhersage nicht immer richtig war. Schließlich wurde festgestellt, dass 2 bis 3 µg/m³ Reduktion bei hoher Belastung nicht ausreichend ist, um den Grenzwert einzuhalten. Anmerkung dazu: seit 2012 ist der Grenzwert nicht mehr überschritten worden.

Braunschweig: Teilweise, weil im Feldversuch nachgewiesen wurde, dass Wirkungen über UVM erbracht werden, das UVM aber außer während des Feldversuchs bisher nicht geschaltet wurde.

Frage 3.2 Welche verkehrlichen Wirkungen sind auf die Einrichtung des UVM zurückzuführen?



In 3 von 4 Fällen hat UVM zu einer Verflüssigung des Verkehrsablaufs beigetragen. Eine Verkehrsreduktion im Hotspot Bereich wurde in 2 von 4 Fällen genannt. Eine Verkehrsverlagerung wurde nur in einem von 4 Fällen genannt.

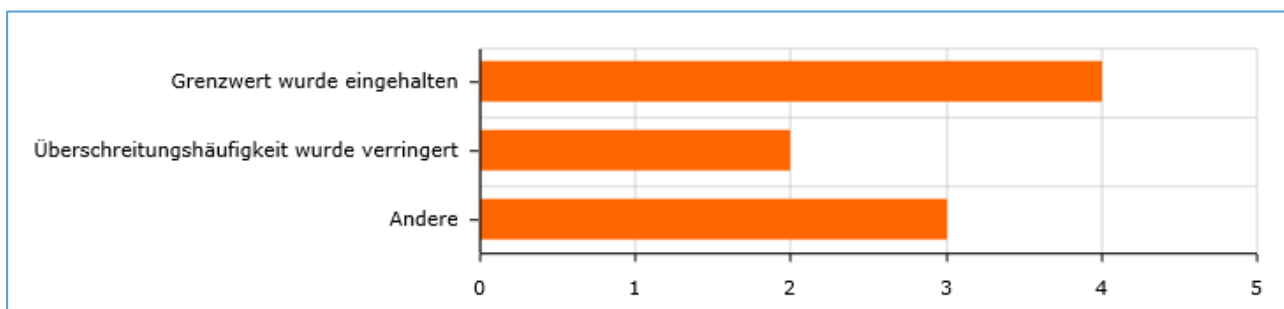
Erfurt: Leipziger Straße wurde 1 Jahr evaluiert, es wurde aber keine nennenswerte Größenordnung für Verkehrsverlagerungen festgestellt. Wenn Zuflussdosierung aktiv ist, kommt es zu einem Fahrzeitverlust von rd. 30 Sekunden, also kaum spürbar und damit kein Umstiegs- oder „Umfahrungsgrund“.

Wittenberg: es kann sein, dass die Lkw-Reduktion auch eine gewisse Verflüssigung gebracht hat, das wurde aber nicht untersucht

Potsdam: Zu modalen Verlagerungen liegen keine Ergebnisse vor. Es gab keine erkennbaren verkehrlichen Verlagerungen in andere Bereiche.

Braunschweig: Reisezeitverluste durch "Pfortnerung" und -gewinne durch "Verflüssigung" im Hotspot gleichen sich in etwa aus

Frage 3.3 Konnte seit Inbetriebnahme des UVM eine Minderung bei PM10 erreicht werden?



In allen 4 Untersuchungsgebieten wurde nach Installation des UVM der Grenzwert für PM10 eingehalten. Allerdings war der Grenzwert bereits zuvor nicht mehr überschritten worden. In 2 von 4 Fällen wurde eine Verringerung der Überschreitungshäufigkeit konstatiert.

Frage: War das UVM dann noch notwendig?

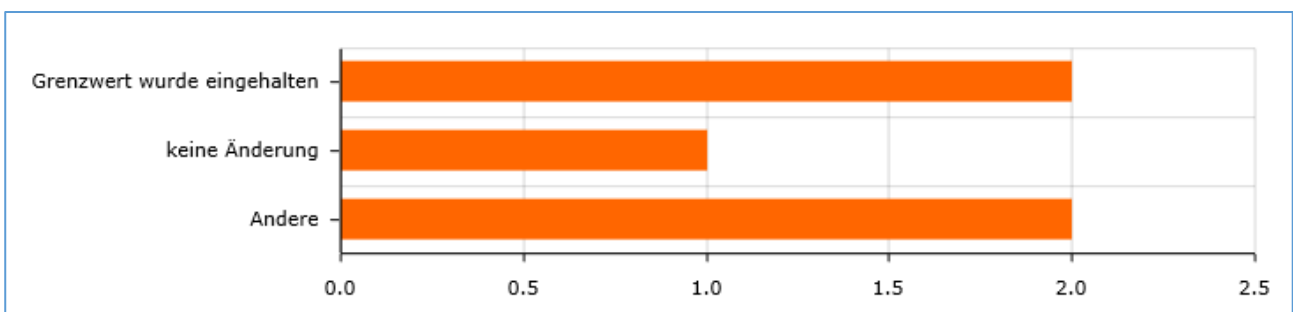
Erfurt: Grenzwert wurde schon vorher eingehalten. Es handelt sich quasi eine Vorleistung, wenn zulässige Überschreitungshäufigkeiten zukünftig vom Gesetzgeber heruntergesetzt würden.

Wittenberg: In der Zeit seit Inbetriebnahme (2007) hat das UVM zur Reduktion der Grenzwertüberschreitungen beigetragen. Bis 2012 ist eine Grenzwerteinhaltung trotz UVM nicht gelungen. Seit 2012 wurde der Grenzwert eingehalten. Es ist unklar, ob sich bei anderen Wetterverhältnissen und/oder der Abschaltung des UVM nicht wieder die Gefahr einer Grenzwertüberschreitung ergeben könnte.

Potsdam: Grenzwertüberschreitungen treten noch bei NO₂ auf.

Braunschweig: PM10 war in BS Altewiekring noch nie ein Problem.

Frage 3.4 Konnte seit Inbetriebnahme des UVM eine Minderung bei NO₂ erreicht werden?



In 2 von 4 Fällen konnte mit UVM der Grenzwert für NO₂-Immissionen eingehalten werden. In einem Fall wurde „keine Änderung“ angekreuzt; gemeint war in diesem Fall aber, dass die Immissionskonzentrationen nicht gemessen worden sind.

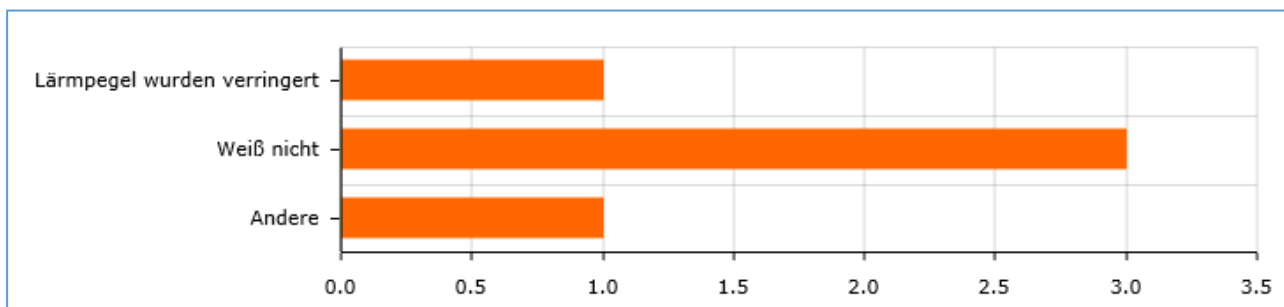
Erfurt: Der Grenzwert (Jahresmittelwert) wurde in den letzten 3 Jahren zwar eingehalten, aber immer nur recht knapp. Dies lag auch an relativ guten meteorologischen Bedingungen, es ist also nicht auszuschließen, dass zukünftig bei etwas ungünstigeren Bedingungen Grenzwertüberschreitungen stattfinden -> UVM auch zukünftig sinnvoll.

Wittenberg: es gab keine Auswertung der NO₂-Messungen;

Potsdam: Das UVM war für die Verbesserung ursächlich. Es gibt so gut wie keinen Stop&Go Zustand mehr. Trotzdem reicht das aktuelle UVM für die Einhaltung des Grenzwertes nicht aus.

Braunschweig: Grenzwert wurde in den letzten Jahren knapp eingehalten, obwohl bislang Maßnahmenschaltung ausschließlich während eines mehrwöchigen Testbetriebs stattgefunden hat. Für die Zukunft ist jedoch von wieder steigenden Verkehrsbelastungen und damit einhergehenden steigenden Schadstoffemissionen auszugehen.

Frage 3.5 Haben sich seit Inbetriebnahme des UVM Lärmimmissionen im Untersuchungsgebiet reduziert?



Lärmimmissionen waren nur in einem von 4 Fällen für die Einrichtung eines UVM relevant; in diesem Fall wurde eine Verringerung des Lärmpegels konstatiert. In den übrigen 3 Fällen waren Lärmimmissionen bei der Einrichtung des UVM nicht relevant. In einem Fall wurden unter „Andere“ zusätzliche Aspekte genannt.

Frage: Waren Lärmimmissionen bei der Einrichtung von UVM überhaupt Thema? - Könnte UVM auch für Lärmreduktion genutzt werden?

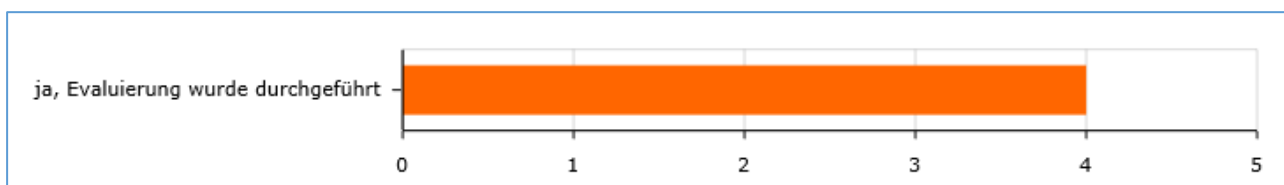
Erfurt: Thema „Lärm“ wurde nicht untersucht. Hinweis: Im Bereich Bergstraße wurde im Rahmen des Lärmaktionsplans Tempo 30 angeordnet, es findet also eine Lärmimmissionsreduzierung statt (aber entsprechend Vorgabe des Lärmaktionsplans und nicht des UVM).

Wittenberg: Es gab keine Lärmuntersuchungen, Lärm wurde insgesamt bisher nicht thematisiert.

Potsdam: Die Verflüssigung des Verkehrs im Hotspot führt zu einer Lärmreduzierung. Diese wurde als positiver Nebeneffekt betrachtet.

Braunschweig: Lärm war bei der UVM-Diskussion kein Thema

Frage 3.6 Wurde bzw. wird das UVM evaluiert?



In allen 4 Fällen ist das UVM evaluiert worden.

Frage: Was wurde bei der Evaluierung untersucht (auch Nutzen-Kosten)?

Erfurt: Es wurden im Rahmen der Wirkungskontrolle anhand einer Kostentabelle des UBA die eingesparten Umweltkosten an der Leipziger Straße berechnet. Ergebnis: ca. 300 T€ pro Jahr. Sie können den Investitionskosten von 75 T€ + Betriebskosten gegenübergestellt werden.

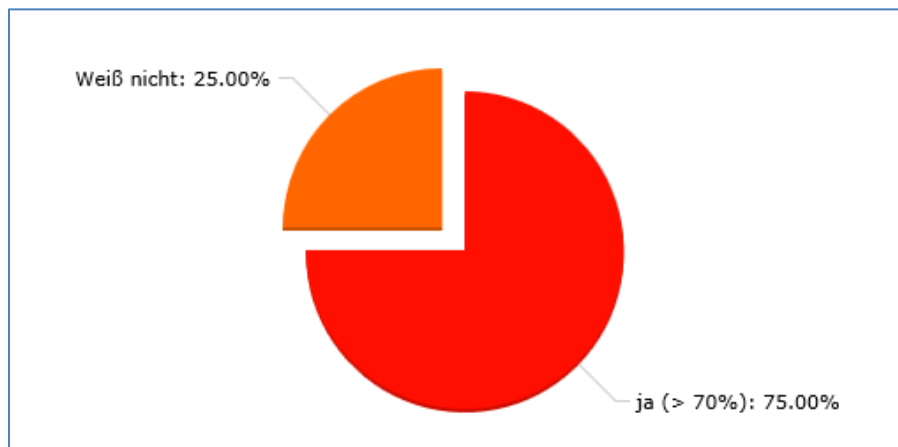
Wittenberg: In regelmäßigen Abständen (alle 2 Jahre) wird die Vorhersagegüte von „ProFet“ kontrolliert. Das hat zu einer deutlichen Verbesserung der Vorhersagequalität geführt.

Potsdam: Die Evaluierung beschränkte sich auf die Ermittlung der Verkehrskenngrößen, die Vorhersagequalität des UVM und den Nachweis des Erfolgs (Vermeidung von Grenzwertüberschreitungen, Reduzierung der Luftschadstoffbelastung).

Braunschweig: es wurden die verkehrlichen Bereiche und der Umweltbereich evaluiert; der Messcontainer wurde ausgewertet. Es gab aber keine Kosten-Nutzen-Untersuchung.

A.4 Teil 4: Akzeptanz der UVM Maßnahmen

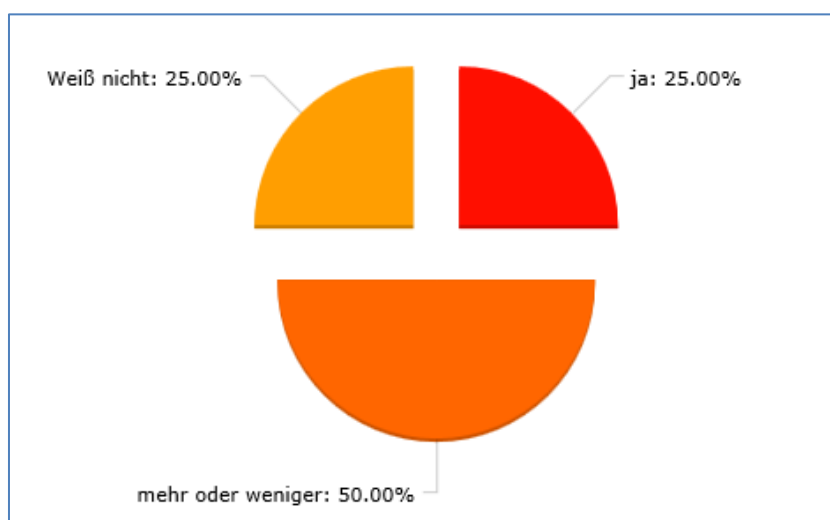
Frage 4.1 Stehen die politischen Entscheidungsträger hinter dem UVM?



In 3 von 4 Fällen stehen die politischen Entscheidungsträger hinter dem eingerichteten UVM.

Wittenberg: Eintrag wurde auf ja geändert.

Frage 4.2 Haben die mit dem UVM geschalteten Maßnahmen Akzeptanz in der Bevölkerung erreicht?



Für die Hälfte der UVM Betreiber bzw. Auftraggeber ist die Akzeptanz des UVM in der Bevölkerung mehr oder weniger gegeben, in einem Fall wurde die Akzeptanzfrage sogar mit ja beantwortet.

Wittenberg: Verkehrsverlagerung findet nicht bei allen Personen Beifall, es gibt Leidtragende (Bevölkerung entlang der Umleitungsstrecke). Es gab 2 Bürgerinitiativen (Desauer Straße, Dobschützstraße). Zur Kompensation der Beeinträchtigung wurde der Straßenbelag verbessert (Kopfsteinpflaster gegen Schwarzdecke). Aber es gab auf der Umleitungsstrecke einen Bahnübergang sowie Engstellen, die das „Aneinander vorbeikommen“ erschwerten. Im Zweifelsfall wurde die Umleitung für eine beschränkte Zeit ausgesetzt.

Potsdam: Pendler sehen eine Zuflussdosierung kritisch, leider konnte kein Reisezeitvergleich Vorher / Nachher angestellt werden. Die Reisezeiten werden erst jetzt gemessen.

Braunschweig: UVM wurde in Zeitungen angekündigt, jedoch ohne konkrete Informationen, z. B. ab welchem Zeitraum das UVM eingeschaltet wird. Man wollte vermeiden, dass es zu Verlagerungen des Verkehrs kommt. Es gab während des Testbetriebs keine Leserzuschriften im Zusammenhang mit UVM.

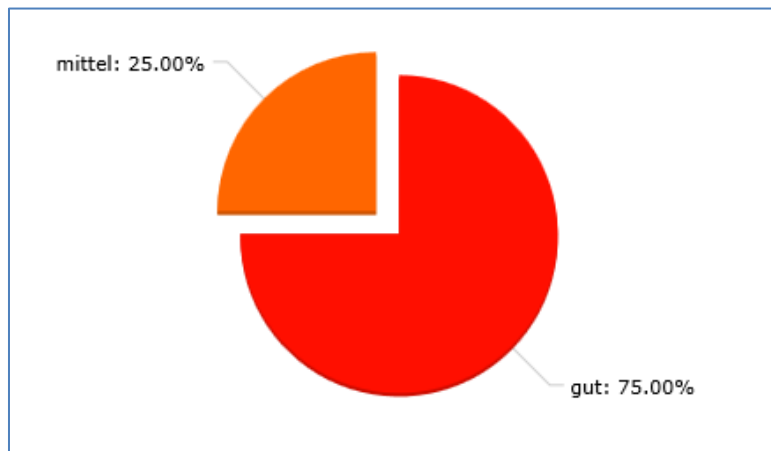
Frage 4.3 Konnte eine Akzeptanz der mit dem UVM geschalteten Maßnahmen in der gewerblichen Wirtschaft erreicht werden?



Die Akzeptanz der UVM Maßnahmen wurde bei der gewerblichen Wirtschaft im Vergleich zur Bevölkerung schlechter eingeschätzt. In 2 von 4 Fällen waren Akzeptanzäußerungen nicht bekannt.

Potsdam: Siehe Antwort zu Frage 4.2.

Frage 4.4 Wie schätzen Sie die Akzeptanz des UVM bei den für das Verkehrsmanagement zuständigen Personen ein?



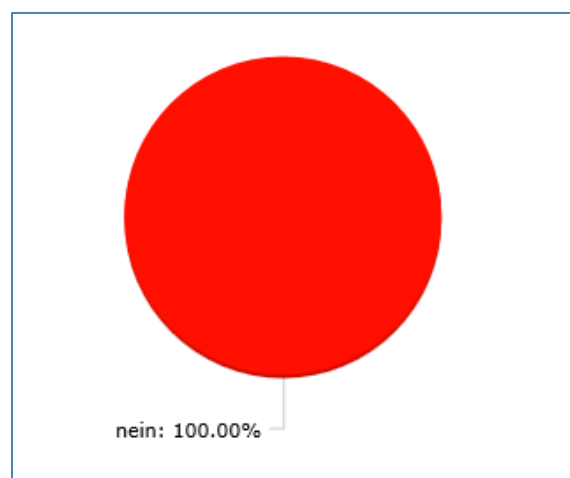
Im Wesentlichen sind die UVM Maßnahmen vom Verkehrsmanagement akzeptiert worden.

Wittenberg: Bei Baumaßnahmen auf der Umleitungsstrecke gibt es Probleme, auch muss wie erwähnt ein Bahnübergang gequert werden. Die Abstimmung innerhalb der Verwaltungen funktionierte zwar, im Einzelfall mussten Umleitungen unterbleiben. Die Anzahl der Aktivierungen stimmt deshalb nicht mit der Anzahl der Umsetzungen überein.

Potsdam: keine Konflikte, da das VM- / UVM Personal identisch ist.

Braunschweig: Es besteht immer noch eine Skepsis über die Notwendigkeit von UVM bei Teilen der Stadtverwaltung. Die UVM-Schaltung bringt Nachteile für die Verkehrsteilnehmer (für Querverkehr, aufgrund Pförtnerung, Umschaltung von 3 auf 2 Phasen bei einer zentralen LSA).

Frage 4.5 Wurde die Akzeptanz des UVM untersucht?



Systematische Untersuchungen zur Akzeptanz der UVM Maßnahmen fehlen bisher in allen UG.

Frage Wie begründet sich dann die positive Einschätzung (z. B. Presse, Leserzuschriften)?

Erfurt: Hinweis: Politik lehnt die seit 2012 verhängte Umweltzone ab und befürwortet eine bessere Verkehrssteuerung (und damit UVM).

Die Presse berichtete positiv.

Während der gesamten 1-jährigen Pilotlaufzeit gab es nur eine Beschwerde. Hintergrund: Vorher stockte der Verkehr im Bereich Leipziger Straße im Innenstadtbereich, jetzt in dem nicht so sensiblen peripheren Bereich.

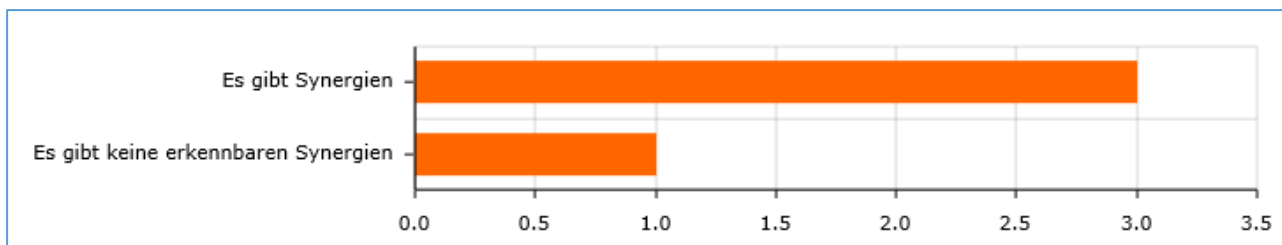
Wittenberg: Der Eintrag wurde auf „nein“ geändert. Es gab den Versuch der Fortschreibung des Luftreinhalteplans, die Fortschreibung fand aber keine Akzeptanz für eine beide Richtungen des Lkw-Verkehrs umfassende Umleitung. Es gab Bedenken wegen der Befahrung eines Kreisverkehrs in beiden Richtungen auf der Umleitungsstrecke.

Potsdam: Es wurde ein Büro zur Koordinierung der Öffentlichkeitsarbeit in Vorbereitung des UVM eingeschaltet.

Braunschweig: Akzeptanz war bisher kein größeres Thema, da die eigentlichen Maßnahmen bislang nur während des Feldversuchs aktiviert wurden.

A.5 Teil 5: Einschätzung zum Synergiepotential bei Kopplung UVM + VM

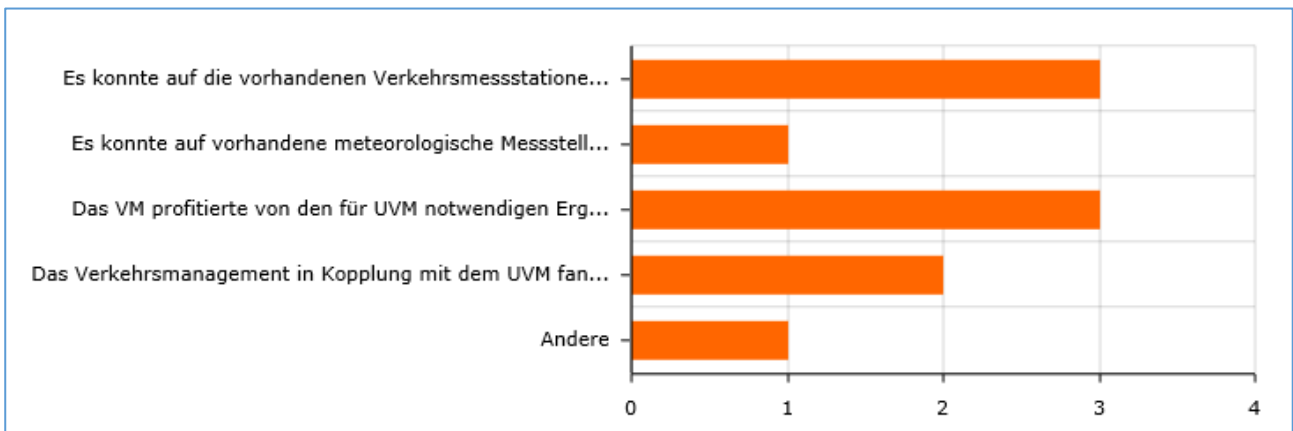
Frage 5.1 Gibt es aus Ihrer Sicht Synergien durch die Einrichtung des UVM mit dem Verkehrsmanagement?



In 3 von 4 Fällen wurden Synergieeffekte bei Kopplung von UVM mit VM konstatiert.

Wittenberg: es gab keine automatische Verbindung zwischen VM und UVM, somit keine Synergien.

Frage 5.2 Wenn Sie mit „es gibt Synergien“ geantwortet haben, beantworten Sie bitte die nachfolgenden Fragen:



Die Synergieeffekte beziehen sich in 3 von 4 Fällen auf die Nutzung der für VM installierten Verkehrsmessstationen und auf die Nutzung der für UVM notwendigen Ergebnisse zum Verkehrsablauf.

Erfurt: Es konnte auf die vorhandenen Verkehrsmessstationen zurückgegriffen werden; Es konnte auf vorhandene meteorologische Messstellen zurückgegriffen werden; Das VM profitierte von den für UVM notwendigen Ergänzungen von Hard- und Software; Das Verkehrsmanagement in Kopplung mit dem UVM fand bei den politischen Entscheidungsträgern und / oder in der Öffentlichkeit eine höhere Akzeptanz

Potsdam: Es konnte auf die vorhandenen Verkehrsmessstationen zurückgegriffen werden; das VM profitierte von den für UVM notwendigen Ergänzungen von Hard- und Software; das Verkehrsmanagement in Kopplung mit dem UVM fand bei den politischen Entscheidungsträgern und / oder in der Öffentlichkeit eine höhere Akzeptanz.

Braunschweig: VM kann Datengrundlage des UVM (Ergebnisse Verkehrsmonitoring) für Planungen und Steuerungen nutzen.

A.6 Teil 6: Probleme beim Zusammenwirken von UVM und VM

Frage 6.1 Hat es im Betrieb Kontroversen bei der Festlegung der Maßnahmen-Einschaltbedingungen zwischen den für UVM verantwortlichen und den für das Verkehrsmanagement verantwortlichen Personen gegeben?



In 3 von 4 Fällen sind die für UVM verantwortlichen Personen mit denen, die für das VM zuständig sind, identisch. Insofern wurden keine Konflikte berichtet.

Erfurt: Verantwortliche Personen sind identisch.

Wittenberg: Eintrag wurde geändert auf „Andere“ mit der Ergänzung „gelegentlich, zu Anfang“. Erläuterung: zu Anfang war das Zusammenspiel der Verwaltungen schwierig, z. B. war an Freitagen ab 12 Uhr keine Aktivierung mehr möglich, da kein Personal mehr zur Verfügung stand. Das hat sich inzwischen verbessert, Probleme sind ausgeräumt.

Potsdam: Verantwortliche Personen sind identisch.

Braunschweig: Verantwortliche Personen sind identisch

Wenn Sie mit ja geantwortet haben:

Frage 6.2 Worin bestanden die Konflikte? Bitte beschreiben Sie die Konflikte anhand von Beispielen

Es gab keine erwähnenswerten Konflikte bei der Realisierung der UVM Maßnahmen.

B Anhang B

B.1 NO₂-Validierungsdaten Potsdam 2015

Zeitreihe NO₂ Zeppelinstraße

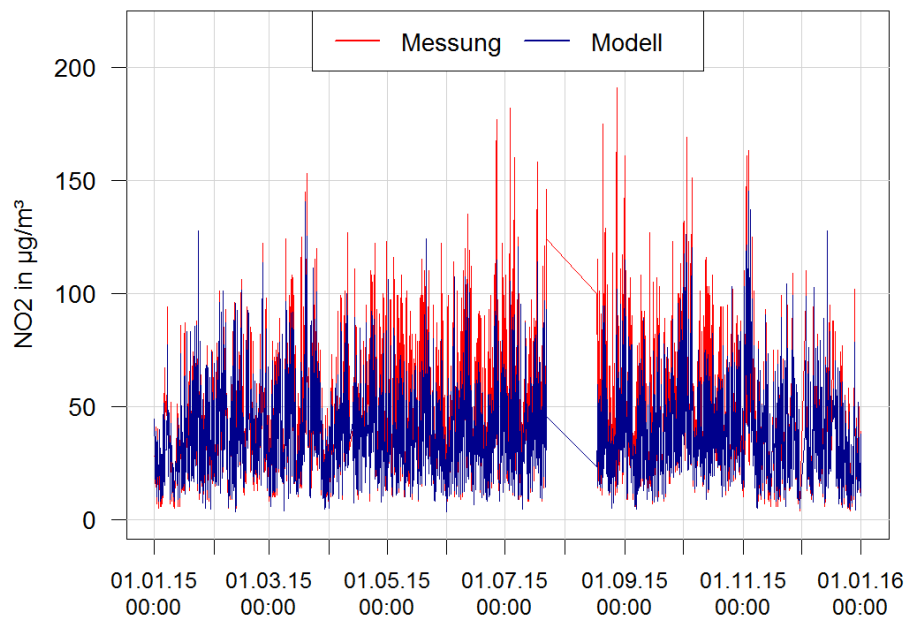


Abbildung B-1: Zeitreihe der halbstündlichen NO₂-Mess- und Modellwerte

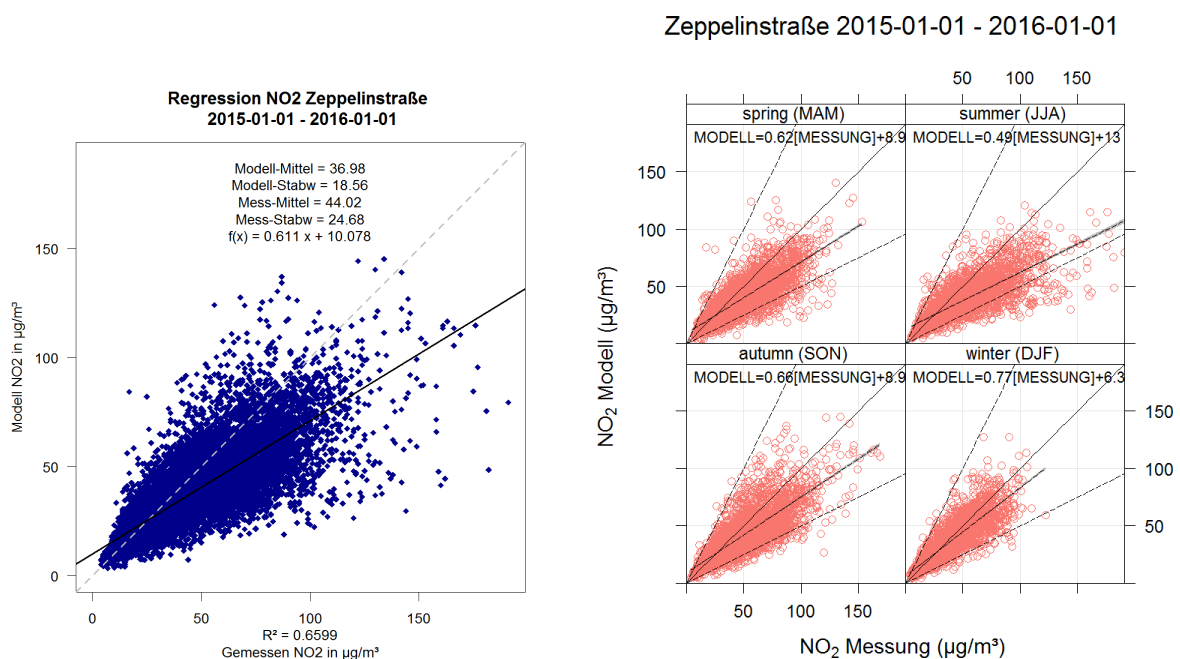


Abbildung B-2: Scatterplot und Regressionsdaten der halbstündlichen NO₂-Mess- und Modellwerte

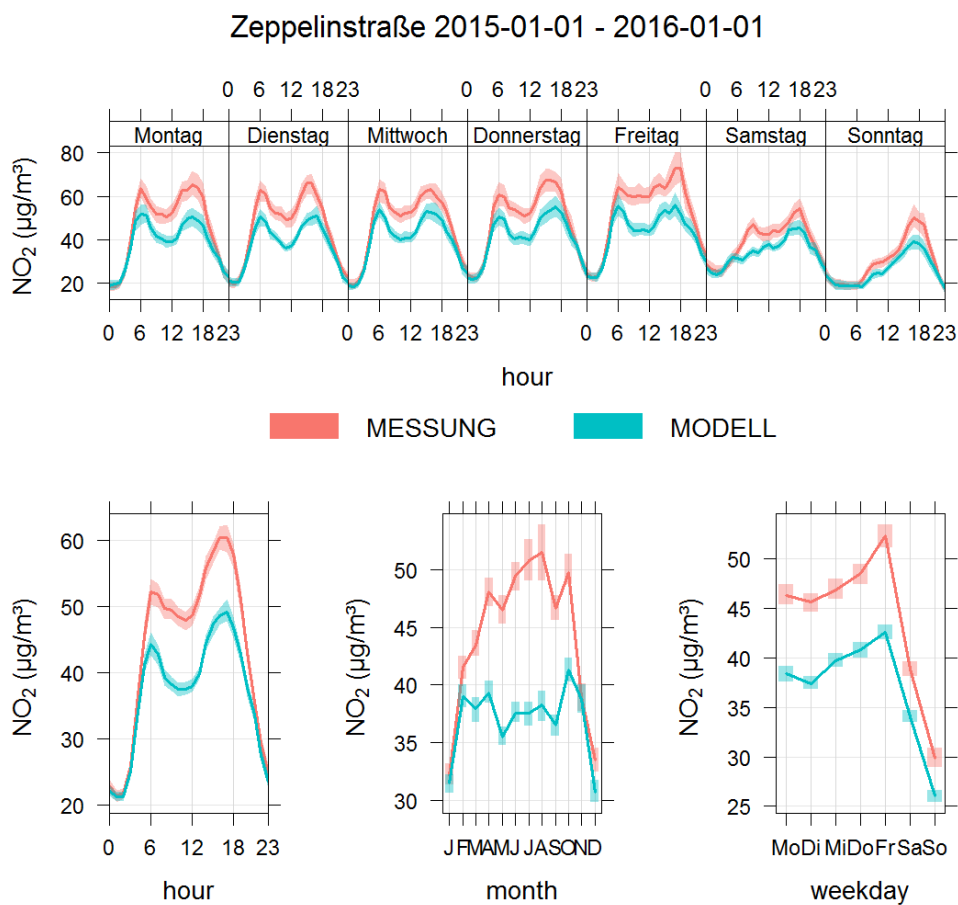


Abbildung B-3: Ganglinien der halbstündlichen NO₂-Mess- und Modellwerte

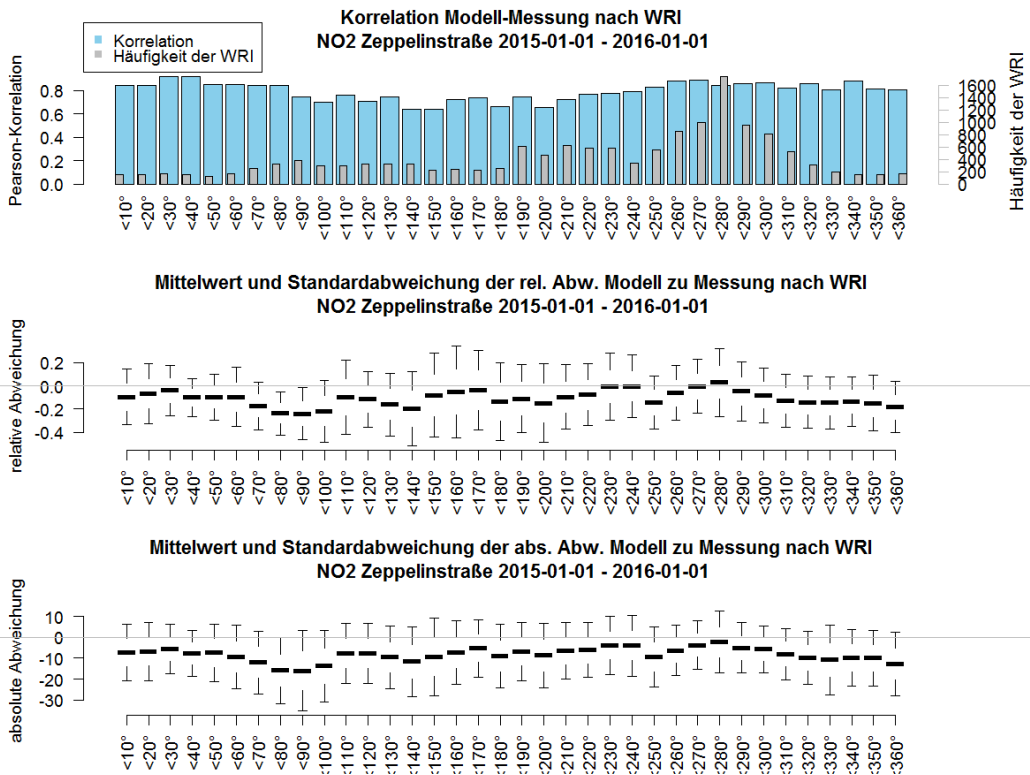


Abbildung B-4: Korrelationsanalyse der halbstündlichen NO₂-Mess- und Modellwerte

B.2 NO_x-Validierungsdaten Potsdam 2015

Zeitreihe NO_x Zeppelinstraße

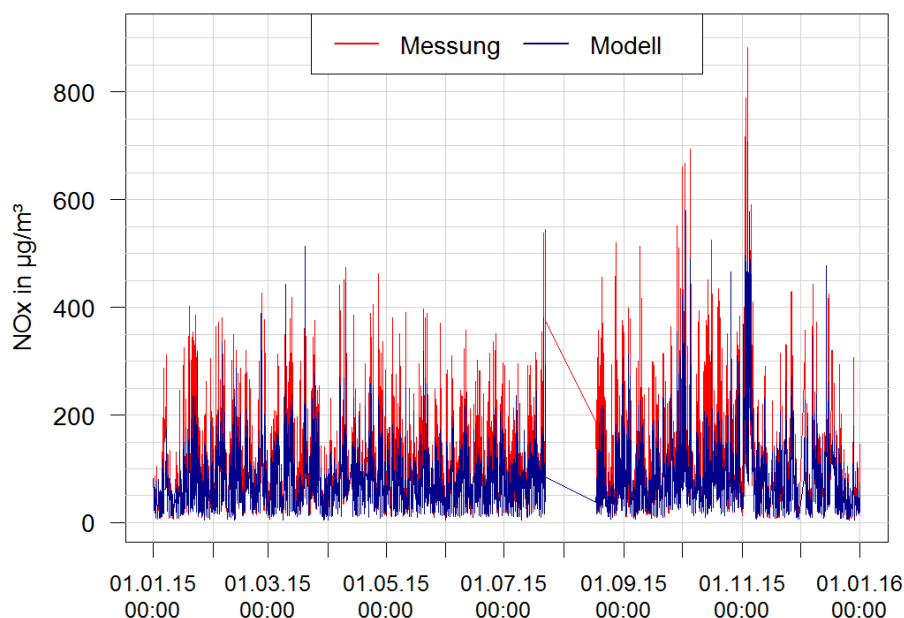


Abbildung B-5: Zeitreihe der halbstündlichen NO_x-Mess- und Modellwerte

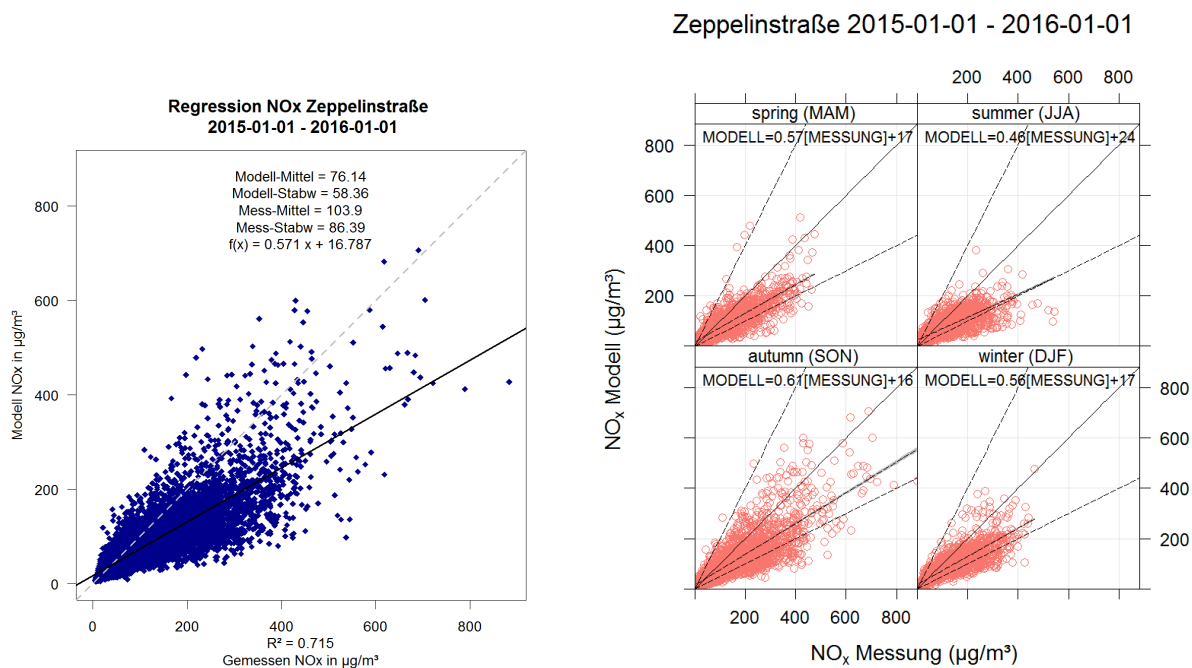


Abbildung B-6: Scatterplot und Regressionsdaten der halbstündlichen NO_x-Mess- und Modellwerte

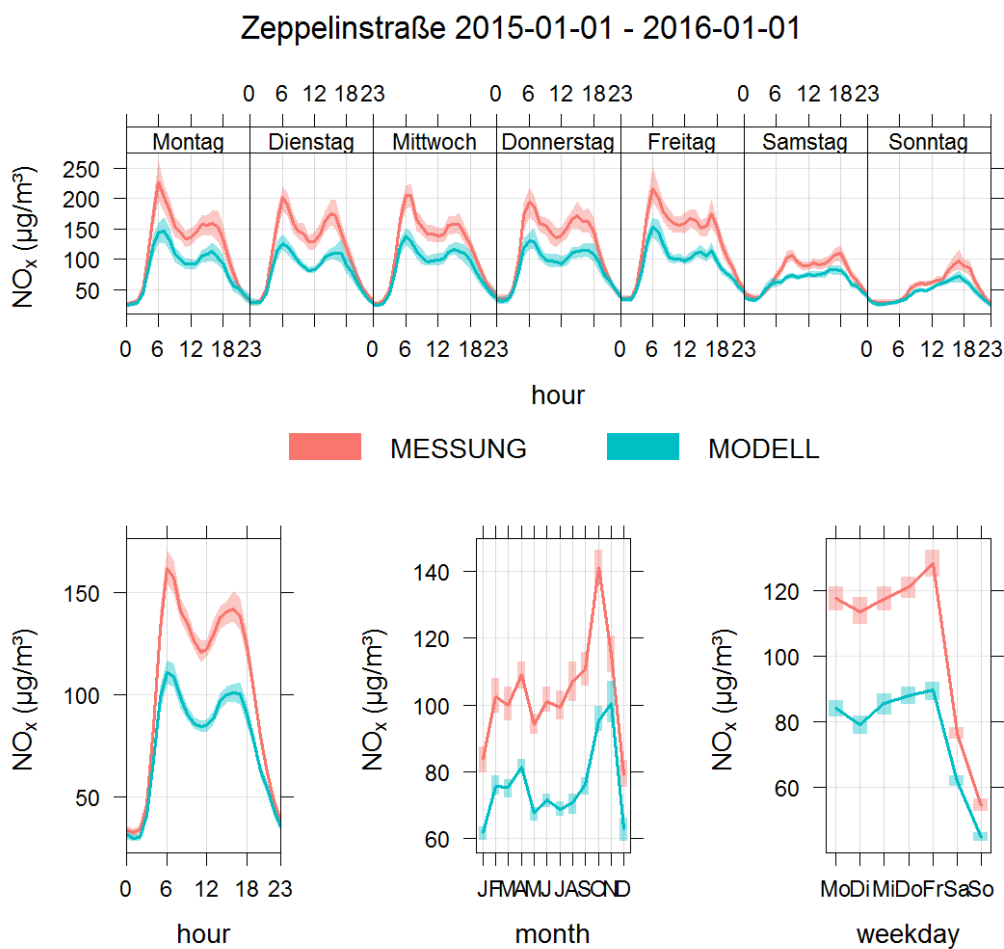


Abbildung B-7: Ganglinien der halbstündlichen NO_x-Mess- und Modellwerte

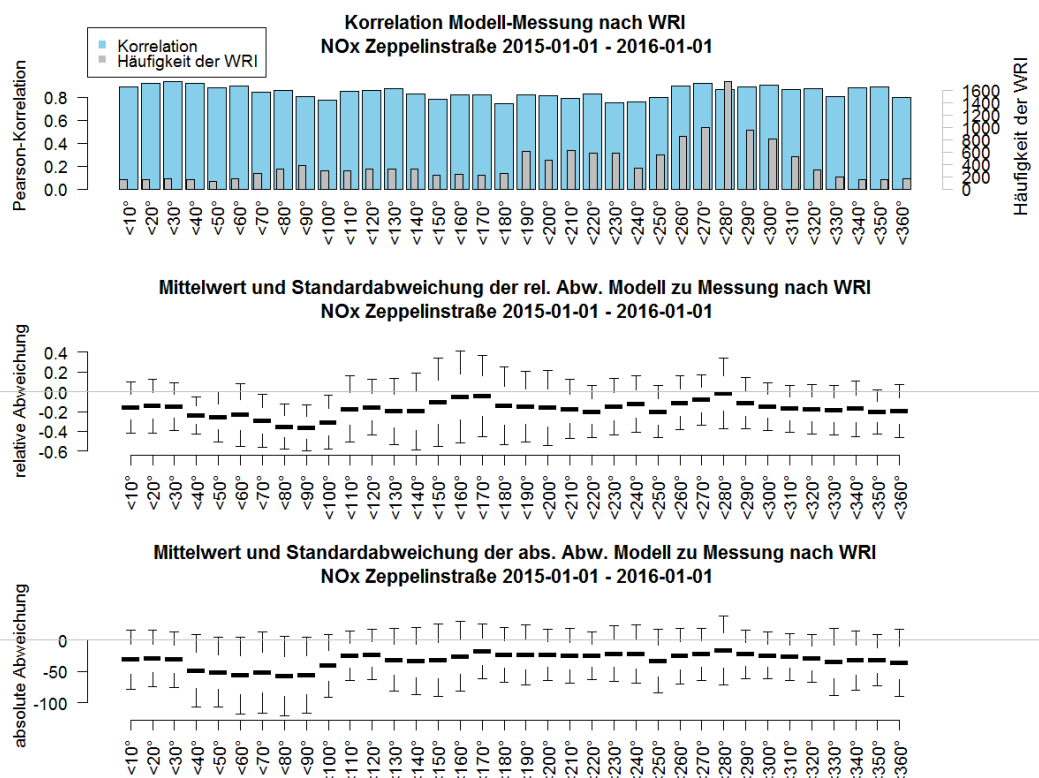


Abbildung B-8: Korrelationsanalyse der halbstündlichen NO_x-Mess- und Modellwerte