

**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

E-Mail: [info.dd@lohmeyer.de](mailto:info.dd@lohmeyer.de)

URL: [www.lohmeyer.de](http://www.lohmeyer.de)

**Endbericht vom 21.07.2017**

**UNTERSUCHUNG VON MASSNAHMEN  
ZUR FORTFÜHRUNG DER  
LUFTREINHALTEPLANUNG FÜR DEN  
BALLUNGSRAUM HALLE**

Auftraggeber: Landesamt für Umweltschutz  
Sachsen-Anhalt  
Reideburger Straße 47  
06116 Halle (Saale)

Dr. rer. nat. I. Düring

Dipl.-Ing. (FH) E. Nitzsche

Dipl.-Met. A. Moldenhauer

Dipl.-Ing. W. Schmidt

In Zusammenarbeit mit pwp-systems GmbH, Niederlassung Halle,  
Magdeburger Straße 38, 06112 Halle (Saale)

Juni 2017  
Projekt 71282-16-10  
Berichtsumfang 100 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>VORGEHENSWEISE</b> .....	<b>14</b>
	3.1 Verkehrsmodellierung .....	14
	3.1.1 Arbeitsschritte .....	14
	3.1.2 Grundlagen .....	16
	3.1.3 Modellierung der Verkehrsnachfrage .....	18
	3.1.4 Modellierung des Verkehrsnetzes .....	19
	3.2 Betrachtete Schadstoffe .....	21
	3.3 Berechnungsverfahren MISKAM .....	22
<b>4</b>	<b>EINGANGSDATEN</b> .....	<b>24</b>
	4.1 Untersuchungsgebiet für die Verkehrsmodellierung .....	24
	4.2 Verkehrsdaten (Verkehrsbelegungszahlen und Geschwindigkeiten) .....	26
	4.2.1 Ermittlung der Verkehrsstärken mit dem Verkehrsmodell .....	26
	4.2.2 Hochrechnung der Verkehrsstärken auf Jahresverkehrszahlen .....	26
	4.2.3 Aufteilung der Verkehrsstärken auf Fahrstreifen .....	28
	4.2.4 Ermittlung der Geschwindigkeiten aus dem Verkehrslagesystem .....	29
	4.3 Untersuchungsgebiet für die Emissions- und Immissionsmodellierung .....	29
	4.4 Meteorologische Daten .....	33
	4.4.1 Räumliche und zeitliche Repräsentanz .....	33
	4.4.2 Thermische Windsysteme .....	34
	4.5 Hintergrundbelastung der Luft .....	34
<b>5</b>	<b>EMISSIONEN</b> .....	<b>37</b>
	5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren .....	37
	5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren .....	37
	5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren .....	40
	5.4 Verkehrssituationen .....	43

<b>6</b>	<b>ERGEBNISSE DER VERKEHRSMODELLIERUNGEN</b>	<b>46</b>
6.1	DTV <sub>W</sub> für die modellierten Null- und Maßnahmenfälle	46
6.1.1	Nullfall 2015 (NF1)	46
6.1.2	Nullfall 2015 mit HES-Ost (NF2-HES)	47
6.1.3	Nullfall 2015 mit HES-Ost und A 143 (NF3-HES+A 143)	48
6.1.4	Maßnahme M2.1 Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t (M21-DV-Lkw)	49
6.1.5	Maßnahme M2.2 Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge (M22-DV-DFz)	50
6.1.6	Maßnahme M2.4 Geschwindigkeitsbeschränkung (M24-GB)	51
6.2	DTV für die Null- und Maßnahmenfälle	52
6.2.1	Modellierte Null- und Maßnahmenfälle	52
6.2.2	Abgeschätzte Maßnahmenfälle	53
<b>7</b>	<b>ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN</b>	<b>56</b>
7.1	Nullfall 2015	60
7.2	Nullfall 2015 mit HES-Ost	61
7.3	Nullfall 2015 mit HES-Ost und A 143	62
7.4	Modellfall Grenzwerteinhaltung mit HES-Ost	62
7.5	Maßnahmen M2.1 und M2.1_E Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t	63
7.6	Maßnahmen M2.2 und M2.2_E Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge	64
7.7	Maßnahme M2.3 Verkehrsbeschränkung Kennzeichen	65
7.8	Maßnahme M2.4 Beidseitige Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h	65
7.9	Maßnahme M2.5 City-Maut	67
<b>8</b>	<b>BEWERTUNG DER UMSETZBARKEIT VON MAßNAHMEN</b>	<b>68</b>
8.1	Maßnahme M2.1 Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t	68
8.2	Maßnahme M2.1_E Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t stadteinwärts	71
8.3	Maßnahme M2.2 Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge	73
8.4	Maßnahme M2.2_E Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge stadteinwärts	74
8.5	Maßnahme M2.3 Verkehrsbeschränkung Kennzeichen	76
8.6	Maßnahme M2.4 Beidseitige Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h	77
8.7	Maßnahme M2.5 City-Maut	80

---

<b>9</b>	<b>EMPFEHLUNG FÜR DIE UMSETZUNG VON MAßNAHMEN .....</b>	<b>82</b>
<b>10</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>84</b>
<b>A N H A N G</b>	<b>A1: BESCHREIBUNG DES VERWENDETEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION .....</b>	<b>87</b>
<b>A N H A N G</b>	<b>A2: ERGEBNISABBILDUNGEN VERKEHRSMODELLIERUNG .....</b>	<b>91</b>

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

## ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

### **Emission / Immission**

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist  $\mu\text{g}$  (oder  $\text{mg}$ ) Schadstoff pro  $\text{m}^3$  Luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

### **Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung**

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$  angegeben.

### **Grenzwerte / Vorsorgewerte**

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z. B. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

### **Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)**

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann

zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m<sup>3</sup>, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

### **Verkehrssituation**

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

### **Feinstaub / PM10 / PM2.5**

Mit Feinstaub bzw. PM10/PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen gröÙenselektierenden Lufterlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Der Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Halle umfasst eine Reihe von Maßnahmen zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte für Partikel PM10 und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>). Auf dieser Grundlage wurde durch die EU-Kommission eine Fristverlängerung zur Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwertes bis zum 31.12.2014 gewährt.

Nach Ablauf des Jahres 2015 bleibt festzustellen, dass aufgrund von zeitlichen Verzögerungen bei der Fertigstellung der Haupterschließungsstraße Gewerbegebiet Halle-Ost (HES-Ost) und der immer noch ausstehenden Fertigstellung des nördlichen Abschnittes der A 143 im Bereich der Paracelsusstraße der Grenzwert für den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert weiterhin deutlich überschritten wird.

Die Paracelsusstraße stellt den Straßenabschnitt mit der höchsten Belastung im Stadtgebiet dar. Annähernd so hohe NO<sub>2</sub>-Immissionswerte werden auch im Bereich der Merseburger Straße, Abschnitt zwischen Rudolf-Ernst-Weise-Straße und Raffineriestraße festgestellt.

Insofern wurden durch den Auftraggeber weitergehende Maßnahmen vorgegeben, die darauf zu prüfen waren, möglichst zeitnah die Grenzwerteinhaltung sicherzustellen. Betrachtet wurden auftragsgemäß folgende Betrachtungsfälle und Maßnahmen:

- Analysefall 2015 (NF01)
- Nullfall mit HES-Ost (NF02)
- Nullfall mit HES-Ost und A 143 (NF03)
- M2.1 (Durchfahrtsverbot LKW >7.5 t beidseitig, Lieferfahrzeuge frei)
- M2.1\_E (Durchfahrtsverbot LKW >7.5 t stadteinwärts, Lieferfahrzeuge frei)
- M2.2 (Durchfahrtsverbot Diesel, EURO 6/VI frei, Lieferverkehr frei)
- M2.2\_E (Durchfahrtsverbot Diesel stadteinwärts, EURO 6/VI frei, Lieferverkehr frei)
- M2.3 (Gerade/ungerade-Kennzeichen)
- M2.4 (beidseitige Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h zwischen Dessauer Platz und Kreuzung Merseburger Straße/Raffineriestraße).
- M2.5 (City-Maut).

Es sollte zudem auf Basis der Berechnungsergebnisse zu den Nullfällen abgeschätzt werden, wie die notwendige Verkehrsreduktion sein muss, um den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert einzuhalten (= Modellfall Grenzwerteinhaltung).

## Ergebnisse

Entsprechend der durchgeführten Betrachtungen und Modellrechnungen entfalten folgende Maßnahmen nach derzeitigen Erkenntnissen Minderungspotenziale, um die NO<sub>2</sub>- und PM10-Grenzwerte einzuhalten:

- NF03: Nullfall 2015 mit HES-Ost und A 143
- M2.1: Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t (Lieferverkehr frei)
- M2.2: Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge außer EURO 6/VI (Lieferverkehr frei)
- M2.2\_E: Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge außer EURO 6/VI stadteinwärts (Lieferverkehr frei)
- M2.4: Geschwindigkeitsbeschränkung.

Da der Nullfall HES-Ost mit A 143 (NF03) an der Messstelle zu NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten von 40 µg/m<sup>3</sup> führt, geben die für diesen Fall modellierten Verkehrsbelegungen somit den verkehrlichen Maximalwert zur Grenzwerteinhaltung vor. Diese sind:

DTV (Mo bis So) = 37 700 Kfz/d bei ca. 7 % SV-Anteil (inkl. Busse).

D. h. die Verkehrsbelegungen in der derzeitigen Situation von 45 000 Kfz/d (Mo bis So) bei einem SV-Anteil (inkl. Busse) von ca. 10 % müsste pro Tag um ca.

5 400 PKW inkl. LNF sowie 1 900 LKW inkl. Busse

reduziert werden, sofern keine anderweitigen Änderungen im Emissionsverhalten der Fahrzeugflotte stattfinden. Bei ggü. dem Analysefall gleichbleibenden Schwerverkehrsanteil von 10 % müsste auf der Paracelsusstraße die Fahrleistung

DTV (Mo bis So) um ca. 31 % auf ca. 31 000 Kfz/d

abgesenkt werden.

Folgende Maßnahmen sind nach den durchgeführten Betrachtungen und Modellrechnungen nicht geeignet, um die NO<sub>2</sub>- und PM10-Grenzwerte einzuhalten. Zudem weisen sie gegenüber o. g. Maßnahmen gravierende Nachteile in Hinblick auf die Rechtssicherheit, einen Attraktivitätsverlust der Stadt Halle gegenüber dem Umland aufgrund der räumlichen Ausdehnung, die erwartete deutlich geringere Akzeptanz bei den Verkehrsteilnehmern (M2.3) sowie einen vielfach höheren Investitionsaufwand (M2.5) auf:

- M2.3: Verkehrsbeschränkung Kennzeichen
- M2.5: City-Maut.

Da mit einer Umsetzung der A 143 nicht vor 2020 zu rechnen ist, muss zur schnellstmöglichen Einhaltung insbesondere des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes neben dem Bau der HES-Ost eine oder ein Bündel der o. g. Maßnahmen umgesetzt werden.

Die verkehrliche, rechtliche und kostenmäßige Bewertung (siehe Kapitel 8) hat auf die entsprechenden Umsetzungsprobleme hingewiesen. Praktikabel und wirksam erscheinen folgende Umsetzungsalternativen:

- die Maßnahmen
  - M2.1: Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t (Lieferverkehr frei) oder
  - M2.4: Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h zwischen Dessauer Platz und Kreuzung Merseburger Straße/Raffineriestraße oder
- das Maßnahmenbündel
  - M2.1\_E: Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t (Lieferverkehr frei) *stadteinwärts* und
  - M2.4\_E: Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h zwischen Dessauer Platz und Kreuzung Merseburger Straße/Raffineriestraße *stadteinwärts*.

Die Wirkung der Maßnahme M2.4 resultiert ausschließlich aus der Verminderung der Verkehrsmengen infolge der Reduzierung der Reisezeiten im Vergleich zur HES-Ost. Zur Sicherstellung eines ausreichenden Befolgungsgrades wäre zwingend eine dauerhafte oder zumindest häufige Überwachung der Geschwindigkeitsbeschränkung an mehreren Stellen erforderlich. Auf dem Streckenabschnitt zwischen Wasserturm und Riebeckplatz könnte die Akzeptanz und damit die Umsetzbarkeit problematisch sein.

Aus Vorüberlegungen heraus wäre folgende Alternative zur Maßnahme M2.4 denkbar, die im Folgenden als Maßnahmenbündel M3.0 bezeichnet wird und folgende Komponenten enthält:

- a. Die Geschwindigkeitsbeschränkung wird nur auf dem Streckenabschnitt zwischen Dessauer Platz und Wasserturm dauerhaft signalisiert und
- b. es wird eine umweltsensitive Verkehrssteuerung (UVM) für den Streckenabschnitt zwischen den Knotenpunkten Berliner Chaussee/Dessauer Straße und Paracelsusstraße/Berliner Straße eingerichtet mit

- moderater zeitlich begrenzter (also dynamischer) Zuflussdosierung bei gestörter Verkehrssituation oder erhöhter Umweltbelastung und
- Optimierung der Verkehrssteuerung im Hinblick auf eine Verstetigung des Verkehrsflusses, insbesondere am Dessauer Platz in Fahrtrichtung Nordost.

Die zu a. ergänzende Zuflussdosierung (b.) würde sicherstellen, dass die für M2.4 gerechneten verkehrlichen Reduktionen für die Zeiten, an denen dies sinnvoll und wirksam ist, restriktiv eingehalten werden, ohne dass das Tempolimit kontrolliert werden muss. Die verkehrliche Minderungswirkung könnte dann an das für die Einhaltung der Grenzwerte minimal notwendige Maß „eingestellt“ werden. Erfahrungen aus anderen Städten (z. B. Erfurt) zeigen, dass dies in der Praxis funktioniert. Falls M3.0 als Umsetzungsalternative für die Stadt Halle in Frage kommen würde sollte zunächst geprüft werden, ob die höheren Kosten gegenüber M2.4 oder des Maßnahmenbündels M2.1\_E plus M2.4\_E ggf. mit derzeit laufenden Fördermöglichkeiten des Landes kompensiert werden könnten.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Der Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Halle umfasst eine Reihe von Maßnahmen zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte für Partikel PM10 und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>). Auf dieser Grundlage wurde durch die EU-Kommission eine Fristverlängerung zur Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwertes bis zum 31.12.2014 gewährt.

Nach Ablauf des Jahres 2015 bleibt festzustellen, dass aufgrund von zeitlichen Verzögerungen bei der Fertigstellung der Haupterschließungsstraße Gewerbegebiet Halle-Ost (HES-Ost) und der immer noch ausstehenden Fertigstellung des nördlichen Abschnittes der A 143 im Bereich der Paracelsusstraße der Grenzwert für den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert weiterhin deutlich überschritten wird.

Die Paracelsusstraße stellt den Straßenabschnitt mit der höchsten Belastung im Stadtgebiet dar. Annähernd so hohe NO<sub>2</sub>-Immissionswerte werden auch im Bereich der Merseburger Straße, Abschnitt zwischen Rudolf-Ernst-Weise-Straße und Raffineriestraße festgestellt.

Insofern sind weitergehende Maßnahmen zu prüfen, um möglichst zeitnah die Grenzwerteinhalten sicherzustellen. Für die Paracelsusstraße sind verkehrliche und immissionsseitige Untersuchungen einzelner Maßnahmen durchzuführen.

Nachfolgend aufgeführte Arbeitspakete sollten dazu bearbeitet werden:

### *Arbeitspaket 1: Modellierung Ausgangssituation*

Es sollen Feinscreeninguntersuchungen mit einem mikroskaligen Modell für den Straßenabschnitt der Paracelsusstraße für den Luftschadstoff NO<sub>2</sub> und PM10 durchgeführt werden. Die entsprechenden Verkehrszahlen sind aus den VISUM-Verkehrsmodell der Stadt Halle zu generieren. Betrachtet werden sollen

- der Nullfall für das Bezugsjahr 2015,
- der Nullfall mit Fertigstellung der HES-Ost für das Bezugsjahr 2015 und der
- Modellfall Grenzwerteinhalten mit Fertigstellung der HES-Ost 2015 (Ermittlung der notwendigen Verkehrsreduktion zur Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwertes).

### *Arbeitspaket 2: Prüfung von Maßnahmen*

Es sind verkehrliche Untersuchungen mit VISUM<sup>1</sup> für die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen durchzuführen. Dabei ist von einer Fertigstellung der HES-Ost auszugehen. Auf Basis der Verkehrsmodellierung sind Untersuchungen über die emissions- und immissionsseitige Wirkung der Verkehrsmaßnahmen auf die verkehrsbedingte Zusatzbelastung in der Paracelsusstraße (zwischen Dessauer Platz und Humboldtstraße) durchzuführen.

- Maßnahme M2.1: Lkw-Durchfahrtsverbot (Lieferverkehr frei) für Lkw >7.5 t für die Strecke Paracelsusstraße/Volkmannstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz.
- Maßnahme M2.2: Durchfahrtsverbot für Dieselfahrzeuge (Lkw, LNfz und Pkw, außer EURO 6/VI, Lieferverkehr frei) für die Strecke Paracelsusstraße/Volkmannstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz.

Ergänzend wird für beide Maßnahmen eine Grobabschätzung der verkehrlichen und immissionsseitigen Wirkung vorgenommen, wenn das jeweilige Durchfahrtsverbot nur in stadteinwärtiger Richtung signalisiert ist (M2.1\_E sowie M2.2\_E). Zusätzlich erfolgt die verkehrliche Untersuchung der Maßnahme 2.4 ebenfalls mit VISUM.

### *Arbeitspaket 4: Bewertung der Umsetzbarkeit von Maßnahmen*

Die nachfolgenden Maßnahmen sind hinsichtlich ihrer kurzfristigen Umsetzbarkeit im Zusammenhang mit den örtlichen und verkehrstechnischen Gegebenheiten und deren Auswirkungen, den rechtlichen Rahmenbedingungen und unter dem Gesichtspunkt der Verhältnismäßigkeit zu bewerten. Eine Umsetzung der Maßnahme soll spätestens zum Ende des Jahres 2018 erfolgen. Die Voraussetzungen für die Umsetzung sowie die damit zu erwartenden Kosten sind auszuweisen.

- Maßnahme 2.1: Durchfahrtsverbot Lkw  
Fahrverbot für Lkw >7.5 t (Lieferverkehr frei) zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz mit Fertigstellung HES-Ost

---

<sup>1</sup> PTV VISUM ist die weltweit führende Software für Verkehrsanalysen, Verkehrsprognosen und eine GIS-orientierte Datenverwaltung. Sie bildet alle Verkehrsteilnehmer und ihre Interaktion konsistent ab und gilt als Standard für jede Fragestellung der Verkehrsplanung. Verkehrsingenieure setzen PTV Visum u. a. für die Modellierung von Verkehrsnetzen und der Verkehrsnachfrage und zur Analyse der zu erwarteten Verkehrsströme ein [PTV AG, 2017].

- Maßnahme 2.2: Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge  
Fahrverbot für SNF (Lkw), LNF, Pkw; außer EURO 6/VI zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz mit Fertigstellung HES-Ost
- Maßnahme 2.3: Verkehrsbeschränkung Kennzeichen  
Einführung einer emissionsunabhängigen Verkehrsbeschränkung (gerade/ungerade Kennzeichen) für das Stadtgebiet
- Maßnahme 2.4: Geschwindigkeitsbeschränkung  
Einführung einer beidseitigen Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h für den Streckenabschnitt B 6/B 91 zwischen Dessauer Platz und Knotenpunkt Merseburger Straße/Raffineriestraße
- Maßnahme 2.5: City-Maut  
Einführung einer City-Maut für das Stadtgebiet.

*Arbeitspaket 5: Nullfall mit Fertigstellung der HES-Ost und A 143*

Analog zum AP1 ist für das Bezugsjahr 2015 die NO<sub>2</sub>-Belastung für den Bereich der Parcelsusstraße unter Berücksichtigung der Fertigstellung der HES-Ost und des nördlichen Abschnitts der A 143 zu modellieren.

**Tab. 2.1** zeigt eine Übersicht der untersuchten Fälle mit den verwendeten Kurzbezeichnungen.

<b>Fall</b>	<b>Kurzbez.</b>	<b>Beschreibung</b>
Nullfall 1	NF1	Nullfall 2015
Nullfall 2	NF2-HES	Nullfall 2015 mit HES-Ost
Nullfall 3	NF3-HES+A 143	Nullfall 2015 mit HES-Ost und A 143
Modellfall	MF-GWE	Modellfall Grenzwerteinhaltung mit HES-Ost
Maßnahme M2.1	M21-DV-Lkw	Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t
Maßnahme M2.1_E	M21-DV-Lkw-E	Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t stadteinwärts
Maßnahme M2.2	M22-DV-DFz	Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge außer EURO 6/VI
Maßnahme M2.2_E	M22-DV-DFz-E	Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge außer EUEO 6/VI stadteinwärts
Maßnahme M2.3	M23-VB-KZ	Verkehrsbeschränkung Kennzeichen
Maßnahme M2.4	M24-GB	beidseitige Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h
Maßnahme M2.5	M25-CM	City-Maut

Tab. 2.1: Bezeichnung der Null- und Maßnahmenfälle

### 3 VORGEHENSWEISE

#### 3.1 Verkehrsmodellierung

##### 3.1.1 Arbeitsschritte

Grundlage der Emissions- und Immissionsmodellierung sind belastbare Daten zu Verkehrsaufkommen, Verkehrszusammensetzung und Verkehrsablauf, welche aus der Verkehrsmodellierung der Nullfälle und der Maßnahmenfälle gewonnen werden.

Die Verkehrsmodellierung erfolgt mit der Software PTV VISUM und mit der pwpTMPlattform. Mit VISUM erfolgt die Untersuchung der Null- und Maßnahmenfälle des jeweils angepassten bzw. erweiterten Verkehrsmodells der Stadt Halle. Mit der pwpTMPlattform erfolgt die Analyse von Verkehrslagedaten für das Untersuchungsgebiet und insbesondere den Belastungsschwerpunkt Paracelsusstraße.

Sehr hohe Relevanz bei der Emissionsmodellierung und Maßnahmenbewertung hat die genaue Kenntnis der Informationen zum Verkehrsfluss, die im HBEFA über den Level of Service (LOS) abgebildet wird. Mehrere aktuelle Forschungsprojekte zeigen, dass einfache Kapazitätsmodelle, wie in den Vorgängerprojekten angewendet, innerstädtisch häufig starke Unterschätzungen der Emissionen liefern. Die Verkehrsdatenanalyse berücksichtigt deshalb zusätzlich umfangreiche Daten zum Verkehrsfluss aus dem Verkehrslagesystem Sachsen-Anhalt für das Gebiet der Stadt Halle. Diesem Verkehrslagesystem liegt ebenfalls ein VISUM-Verkehrsmodell mit stundenfeiner Verkehrsnachfrage zugrunde. Die kontinuierliche Ermittlung der Verkehrslage im gesamten Verkehrsnetz der Stadt Halle erfolgt mit der Software PTV OPTIMA mit einem dynamischen Verkehrsumlegungsverfahren. Sowohl die in 15-min-Intervallen verfügbaren Daten der Verkehrslage, als auch die in 5-min-Intervallen vorliegenden Eingangsdaten der Verkehrsdetektion werden mit der Software pwpTMPlattform analysiert und ergänzen die aus dem VISUM-Verkehrsmodell der Stadt Halle verfügbare Datenbasis.

Folgende Arbeitsschritte werden im Rahmen der Verkehrsmodellierung durchgeführt:

- Übernahme des VISUM-Verkehrsmodells der Stadt Halle mit den Verkehrsdaten für den durchschnittlichen Werktag (Mo-Fr).
- Aufbereitung der Daten der Verkehrsdetektion aus dem Verkehrslagesystem für die drei Tageskategorien Montag - Freitag, Samstag und Sonntag für das Bezugsjahr 2015 hin-

sichtlich der Gesamtverkehrsstärken und Vergleich der aufbereiteten Daten für Montag - Freitag (durchschnittlicher Werktag) mit den Daten aus dem Verkehrsmodell (Nullfall für Bezugsjahr 2015).

- Ableitung der Anteilsfaktoren für die Tageskategorien Samstag und Sonntag aus den Daten der Verkehrsdetektion für den Belastungsschwerpunkt Paracelsusstraße und das nähere Umfeld und Gegenüberstellung mit den in [yverkehrsplanung, 2016] ermittelten durchschnittlichen Faktoren für Halle.
- Aufbereitung der Daten der Verkehrsdetektion aus dem Verkehrslagesystem für die drei Tageskategorien Montag - Freitag, Samstag und Sonntag hinsichtlich der Pkw-/Lkw-Anteile. Vergleich der aufbereiteten Daten für Montag - Freitag (durchschnittlicher Werktag) mit den Daten aus dem Verkehrsmodell (Nullfall für Bezugsjahr 2015).
- Aufbereitung der Daten zur Fahrzeugflotte auf Grundlage der KBA-Statistik für den Zulassungsbezirk Halle als Grundlage für die Modellierung der Verkehrsnachfrage.
- Modellierung der Verkehrsnachfrage im Verkehrsmodell für alle Null- und Maßnahmenfälle (vgl. hierzu Abschnitt 3.1.3).
- Modellierung des Verkehrsnetzes im Verkehrsmodell für alle Null- und Maßnahmenfälle (vgl. hierzu Abschnitt 3.1.4).
- Berechnung aller relevanten Null- und Maßnahmenfälle mit dem Verkehrsmodell für die Tageskategorie Montag - Freitag hinsichtlich der Verkehrsstärken mit Differenzierung gemäß der modellierten Nachfrage. Export der Ergebnisse für das VISUM-Auswertegebiet (vgl. **Abb. 4.2**), d. h. das Hauptstraßennetz innerhalb des MISKAM-Rechengebietes (vgl. **Abb. 4.5**).

Hinweis: Nachfolgende Arbeitsschritte beziehen sich auf dieses VISUM-Auswertegebiet.

- Berechnung der Verkehrsstärken für die zur Emissionsberechnung mit HBEFA maßgebende Tageskategorie Montag - Sonntag für alle relevanten Null- und Maßnahmenfälle unter Einbeziehung der Verkehrsstärken für die Tageskategorie Montag - Freitag und die ermittelten Faktoren für die Tageskategorien Samstag und Sonntag.
- Aufbereitung der Daten der Verkehrsdetektion aus dem Verkehrslagesystem für das Bezugsjahr 2015 hinsichtlich der fahrstreifenfeinen Aufteilung der Verkehrsstärken für den Belastungsschwerpunkt Paracelsusstraße und das nähere Umfeld. Ableitung der fahrstreifenfeinen Anteilsfaktoren für Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge und Anwendung der ermittelten Faktoren auf die ermittelten Verkehrsstärken.
- Aufbereitung der Daten der Verkehrslage aus dem Verkehrslagesystem für das Bezugsjahr 2015 hinsichtlich der Stundenmittelwerte der Geschwindigkeiten zur Ermittlung der

HBEFA-Verkehrssituationen sowie der LOS-Klassen. Zuordnung zu den Verkehrsstärken für alle relevanten Null- und Maßnahmenfälle.

- Übergabe der Verkehrsdaten aller relevanten Null- und Maßnahmenfälle an die Emissions- und Immissionsmodellierung.

### 3.1.2 Grundlagen

Grundlage der Verkehrsmodellierung innerhalb der vorliegenden Untersuchung zur Fortführung der Luftreinhalteplanung für den Ballungsraum Halle ist das existierende Gesamtverkehrsmodell Halle (Saale). Das Verkehrsmodell wurde im Auftrag der Stadtverwaltung Halle mit Hilfe der Software VISUM von der yverkehrsplanung GmbH (vormals verkehrplus GmbH) in den letzten Jahren konzipiert, aufgebaut und zuletzt in 10/2016 fortgeschrieben. Es ist insoweit von der Stadtverwaltung Halle autorisiert und sollte auftragsgemäß als wesentliche Grundlage der hier durchgeführten Untersuchungen eingesetzt werden.



Abb. 3.1: Verkehrsmodell – Verkehrsbezirke

#### Räumliche Abgrenzung:

Das Modellgebiet umfasst die Stadt Halle, den Saalekreis sowie einzelne Gemeinden der umliegenden Landkreise. Nachfrageseitig ist das Modell in 600 Verkehrsbezirke, davon 528 Binnenbezirke und 72 Kordonbezirke gegliedert. Das Gebiet der Stadt Halle ist entsprechend

der Anforderungen an das Verkehrsmodell mit 305 Verkehrsbezirken deutlich feingliederiger als das Umland modelliert (vgl. **Abb. 3.1**).

Zeitliche Abgrenzung:

Das Verkehrsmodell ist gültig für einen mittleren Werktag (Montag - Freitag) und ist stundenfein aufgelöst.

Inhaltliche Abgrenzung:

Hinsichtlich der Verkehrsnachfrage wird im Verkehrsmodell differenziert nach 6 Verkehrsmitteln (Fußgänger, Radfahrer, Pkw-Selbstfahrer, Pkw-Mitfahrer, Lkw, ÖPNV), nach Privat- und Wirtschaftsverkehr sowie nach Binnenverkehr und übriger Verkehr (Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr).

Die **Tab. 3.1** und die **Abb. 3.2** zeigen die relevanten Verkehrsnachfragematrizen.

Bezeichnung	Beschreibung
Pkw-P-B	Pkw – Privatverkehr – Binnenverkehr
Pkw-W-B	Pkw – Wirtschaftsverkehr – Binnenverkehr
Pkw-PW-QZD	Pkw – Privat- u. Wirtschaftsverkehr – Quell-, Ziel- u. Durchgangsverkehr
Lkw-W-BQZD	Lkw – Wirtschaftsverkehr – Binnen-, Quell-, Ziel- u. Durchgangsverkehr

Tab. 3.1: Verkehrsmodell – Relevante Verkehrsnachfragematrizen

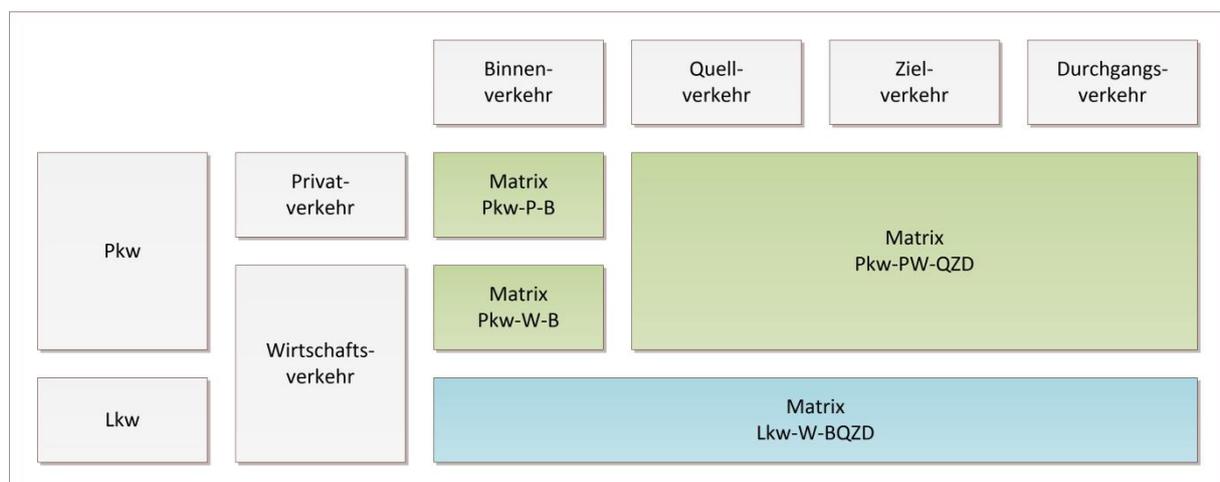


Abb. 3.2: Verkehrsmodell – Relevante Verkehrsnachfragematrizen

### 3.1.3 Modellierung der Verkehrsnachfrage

Für die vorliegende Untersuchung werden die relevanten Verkehrsnachfragematrizen so aufbereitet, dass einerseits die für die Emissionsberechnung mit HBEFA notwendige Differenzierung in Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (LNfz) und schwere Nutzfahrzeuge (SNfz) gegeben ist und andererseits eine für die Modellierung der Maßnahmen M2.1 und M2.2 notwendige Differenzierung der Pkw und LNfz nach den Kraftstoffarten Diesel und Benzin sowie der SNfz in Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht kleiner und größer 7.5 t gegeben ist.

Die **Tab. 3.2** und die **Abb. 3.3** zeigen die aufbereiteten Verkehrsnachfragematrizen.

Bezeichnung	Beschreibung
Pkw	Pkw
Pkw-D	Pkw – Diesel, außer EURO 6
Pkw-B	Pkw – Benzin, einschließlich Diesel EURO 6
LNfz	Leichte Nutzfahrzeuge
LNfz-D	Leichte Nutzfahrzeuge – Diesel, außer EURO VI
LNfz-B	Leichte Nutzfahrzeuge – Benzin, einschließlich Diesel EURO VI
SNfz	Schwere Nutzfahrzeuge
SNfz-D35	Schwere Nutzfahrzeuge – Diesel, zulässiges Gesamtgewicht <=7.5 t
SNfz-D75	Schwere Nutzfahrzeuge – Diesel, zulässiges Gesamtgewicht >7.5 t

Tab. 3.2: Verkehrsmodell – Aufbereitete Verkehrsnachfragematrizen

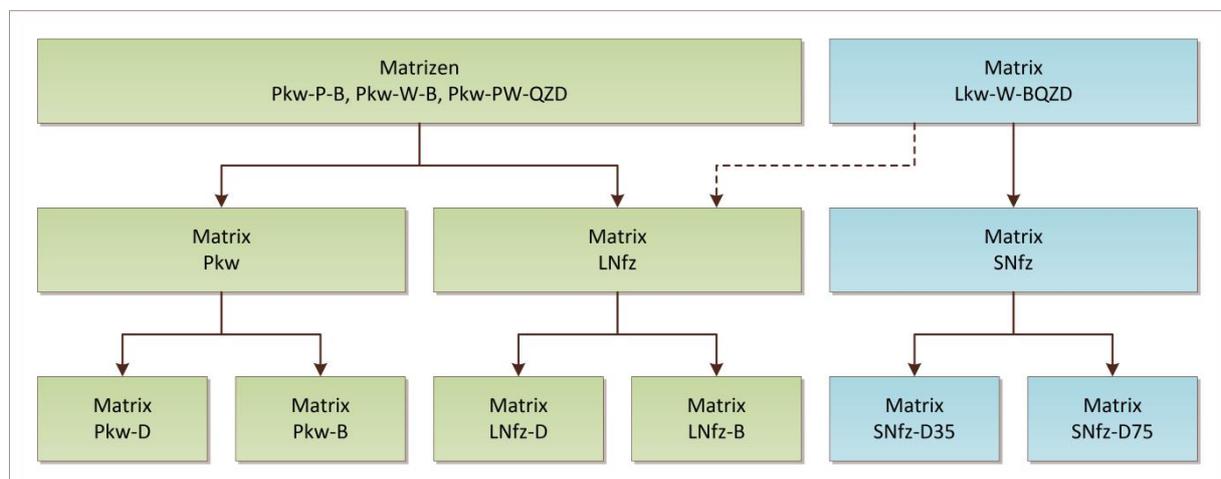


Abb. 3.3: Verkehrsmodell – Aufbereitete Verkehrsnachfragematrizen

Die Aufbereitung der Matrizen erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden als Zwischenschritt die Gesamtmatrizen für Pkw, LNfz und SNfz erstellt:

- Die Abgrenzung zwischen Pkw und Lkw erfolgt im Verkehrsmodell bei einem zulässigen Gesamtgewicht von 3.5 t. Die Matrix SNfz ergibt sich damit direkt aus der Matrix Lkw-W-BQZD.

$$\text{SNfz}[i,j] = \text{Lkw-W-BQZD}[i,j]$$

- Die Fahrtanzahlen der Matrix LNfz werden nach der in [yverkehrsplanung, 2016] diskutierten und empfohlenen Vorzugslösung je Quelle-Ziel-Beziehung pauschal wie folgt ermittelt:  $\text{LNfz}[i,j] = 0.25 * \text{SNfz}[i,j]$ .

- Die Fahrtanzahlen der Matrix LNfz müssen nunmehr von den relevanten Pkw-Matrizen abgezogen werden, damit im Ergebnis die Gesamtzahl aller Fahrten über alle Matrizen nicht verändert wird. Die Matrix Pkw-P-B wird nicht verändert. Die Matrizen Pkw-W-B und Pkw-PW-QZD werden anteilig gewichtet um die Fahrtanzahlen der Matrix LNfz reduziert. Es entstehen die Matrizen Pkw-W-B\_red und Pkw-PW-QZD\_red.

$$f_{\text{Pkw-W-B}}[i,j] = \text{Pkw-W-B}[i,j] / (\text{Pkw-W-B}[i,j] + \text{Pkw-PW-QZD}[i,j])$$

$$\text{Pkw-W-B\_red}[i,j] = \text{Pkw-W-B}[i,j] - f_{\text{Pkw-W-B}}[i,j] * \text{LNfz}[i,j]$$

$$\text{Pkw-PW-QZD\_red}[i,j] = \text{Pkw-PW-QZD}[i,j] - (\text{LNfz}[i,j] - f_{\text{Pkw-W-B}}[i,j] * \text{LNfz}[i,j])$$

- Die Fahrtanzahlen der Matrix Pkw ergeben sich schließlich als Summe aus der Matrix Pkw-P-B und den beiden um die LNfz korrigierten Matrizen Pkw-W-B\_red und Pkw-PW-QZD\_red.

$$\text{Pkw}[i, j] = \text{Pkw-P-B}[i, j] + \text{Pkw-W-B\_red}[i, j] + \text{Pkw-PW-QZD\_red}[i, j]$$

Anschließend werden die Matrizen Pkw, LNfz und SNfz unter Berücksichtigung der KBA-Statistiken (Kfz-Bestand, Kfz-Fahrleistungen – vgl. Abb. 5.1 und Abb. 5.2) aufgeteilt:

- $\text{Pkw-D}[i,j] = 33.0 \% * \text{Pkw}[i,j];$   $\text{Pkw-B}[i,j] = 67.0 \% * \text{Pkw}[i,j]$
- $\text{LNfz-D}[i,j] = 93.3 \% * \text{LNfz}[i,j];$   $\text{LNfz-B}[i,j] = 6.7 \% * \text{LNfz}[i,j]$
- $\text{SNfz-D35}[i,j] = 34.2 \% * \text{SNfz}[i,j];$   $\text{SNfz-D75}[i,j] = 65.8 \% * \text{SNfz}[i,j]$

Im Ergebnis stehen die 6 Nachfragematrizen Pkw-D, Pkw-B, LNfz-D, LNfz-B, SNfz-D35 und SNfz-D75 für die weiteren Berechnungen zur Verfügung.

### 3.1.4 Modellierung des Verkehrsnetzes

Als Grundlage für die Nutzung für alle Null- und Maßnahmenfälle wurden folgende Anpassungen am Straßenverkehrsnetz des Verkehrsmodells vorgenommen:

- Anpassung der Abbiegebeziehungen am Autobahndreieck Halle-Nord (A 14/A 143).
- Anpassung der Verkehrssysteme im Verkehrsmodell korrespondierend zu den aufbereiteten Nachfragematrizen. Anpassung der zugelassenen Verkehrssysteme im gesamten Verkehrsnetz.
- Anpassung der Anbindungen der zugelassenen Verkehrssysteme im gesamten Verkehrsnetz.

Für die zu berechnenden Null- und Maßnahmenfälle wurden folgende Eigenschaften des Verkehrsmodells variiert (aktiviert bzw. deaktiviert), vgl. hierzu **Tab. 3.3** und **Tab. 3.4**:

- Freigabe der HES-Ost und Freigabe des Lückenschlusses der BAB A 143
- Aktivierung der Maßnahme M2.1 Durchfahrtsverbot Lkw (M21-DV-Lkw) und der Maßnahme M2.2 Durchfahrtsverbot für Dieselfahrzeuge (M22-DV-DFz) durch Entfernung der zugelassenen Verkehrssysteme am Belastungsschwerpunkt sowie im Vor- und Nachlauf.
- Aktivierung der Maßnahme M2.4 Geschwindigkeitsbeschränkung (M24-GB) durch Anpassung der Geschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss auf 30 km/h am Belastungsschwerpunkt sowie im Vor- und Nachlauf.

Maßnahme	Freigabe HES-Ost	Freigabe A 143	Geschwindigkeitsbeschränkung
NF1	-	-	-
NF2-HES	x	-	-
NF3-HES+A 143	x	x	-
M21-DV-Lkw	x	-	-
M22-DV-DFz	x	-	-
M24-GB	x	-	x

Tab. 3.3: Berechnungsfälle – Verkehrsfreigaben und Geschwindigkeitsbeschränkung

Maßnahme	Pkw-D	Pkw-B	LNfz-D	LNfz-B	SNFz-D35	SNfz-D75
NF1	x	x	x	x	x	x
NF2-HES	x	x	x	x	x	x
NF3-HES+A 143	x	x	x	x	x	x
M21-DV-Lkw	x	x	x	x	x	-
M22-DV-DFz	-	x	-	x	-	-
M24-GB	x	x	x	x	x	x

Tab. 3.4: Berechnungsfälle – Zugelassene Verkehrssysteme

Die räumliche Abgrenzung des Durchfahrtsverbotes (Maßnahme M2.1, M2.2) und der Geschwindigkeitsbeschränkung (Maßnahme M2.4) ist in folgender Abbildung dargestellt (**Abb. 3.4**).



Abb. 3.4: Abgrenzung Durchfahrtsverbot (links) und Geschwindigkeitsbeschränkung (rechts)

### 3.2 Betrachtete Schadstoffe

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen der vorliegenden lufthygienischen Untersuchung ist zu prüfen, wie sich die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung bei den zu untersuchenden verkehrlichen Maßnahmen verändern werden. Für die Beurteilung von Auswirkungen des Kfz-Verkehrs ist die 39. BImSchV relevant.

Die Relevanz der Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  erreicht. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, Blei, Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) und Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) gibt es keine Beurteilungswerte. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich.

Für die Beurteilung der Auswirkungen der Straßenverkehrsemissionen werden auftragsgemäß die Schadstoffe Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) und Feinstaub  $\text{PM}_{10}$  betrachtet. Der Schwerpunkt der Untersuchungen soll aber auf  $\text{NO}_2$  liegen.

### **3.3 Berechnungsverfahren MISKAM**

Es werden Detailrechnungen mit MISKAM unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3783, Blatt 9 (Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle; VDI, 2005) durchgeführt. Mit MISKAM werden Windfelder berechnet, die die Umströmung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäudekonfiguration modellieren.

Auf der Grundlage der Verkehrsmengen des Jahres 2015 werden für das Prognosejahr 2015 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.2 (UBA, 2014) bestimmt.

Die Immissionsberechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen wurden die Hinweise aus Eichhorn (2005) sowie der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 9 für prognostische Modelle beachtet (VDI, 2005). Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, das zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 400 m berücksichtigt. Das Rechengebiet ist somit deutlich größer als die Fläche des Untersuchungsgebietes.

Das Rechengebiet wurde mit einem nichtäquidistanten Netz überzogen, dessen horizontale Auflösung zwischen 1 m im Zentrum des Untersuchungsgebietes und ca. 10 m am Gebietsrand variiert. Die Höhe des Rechengebietes beträgt 500 m. Es wurden 36 Strömungsrechnungen für die Windrichtungen  $10^\circ$  bis  $360^\circ$  sowie anschließend je 36 Ausbreitungsrechnungen für die betrachteten Schadstoffe durchgeführt. Dabei wurde jeweils neutrale thermische Schichtung der Atmosphäre angenommen. Im Rahmen der Modellvalidierung hat sich gezeigt, dass die mit MISKAM berechneten Immissionsfelder in sehr guter Näherung mit der Windgeschwindigkeit skalierbar sind. Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass in dicht bebautem Gelände aufgrund der hohen städtischen Rauigkeit genug mechanische Turbulenz erzeugt wird, sodass näherungsweise von einer neutralen Schichtung im Untersuchungsgebiet ausgegangen werden kann (unabhängig von der großräumigen thermischen Schichtung).

Für jeden Schadstoff wurden aus den jeweils 36 Immissionsfeldern mit der Programmoberfläche WinMISKAM (SFI, 2001) unter Verwendung der Windstatistik, der Emissionshäufigkeitsverteilung und der Schadstoffhintergrundbelastung flächendeckend die Jahresmittelwerte als Gesamtbelastung berechnet.

Für die Berechnung der NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlung wird das vereinfachte Chemiemodell nach Düring et al. (2011) verwendet.

## 4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Daten werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

Vom Auftraggeber bzw. der Stadtverwaltung Halle wurden als Grundlage für die vorliegende Untersuchung u. a. die nachfolgenden Unterlagen übergeben:

- KBA-Statistik Saalekreis sowie Stadt Halle Stand Januar 2016
- Digitales Stadtmodell Halle mit Stand Juni 2011
- VISUM-Verkehrsmodell Stadt Halle Stand 07/2015 und 10/2016
- Daten manueller Verkehrszählungen (verschiedene Jahre)
- Wind- und Ausbreitungsklassenzeitreihe (AKTerm) für Halle-Kröllwitz für 2009 inkl. Ermittlung des repräsentativen Jahres.

Aus dem Verkehrslagesystem Sachsen-Anhalt stehen für das Gebiet der Stadt Halle folgende Daten aus 2015 und 2016 zur Verfügung:

- Daten der Verkehrsdetektion (Zahlreiche Messstellen, 5-min-Intervalle)
- Daten der Verkehrslage (Gesamtnetz, 15-min-Intervalle).

### 4.1 Untersuchungsgebiet für die Verkehrsmodellierung

Das Modellgebiet, des der Untersuchung zugrunde liegenden Verkehrsmodells, umfasst die Stadt Halle, den Saalekreis sowie einzelne Gemeinden der umliegenden Landkreise (vgl. **Abb. 3.1**).

Das Untersuchungsgebiet für die Verkehrsmodellierung umfasst das Stadtgebiet Halle sowie das Umland bis einschließlich des umschließenden Bundesautobahnringes, bestehend aus A 9, A 14, A 38 und A 143 (vgl. **Abb. 4.1**).

Das Planungsgebiet für die Verkehrsmodellierung (d. h. das VISUM-Auswertebereich bzw. das MISKAM-Rechengebiet) umfasst das Hauptstraßennetz am Belastungsschwerpunkt Paracelsusstraße und das nähere Umfeld (vgl. **Abb. 4.2**).

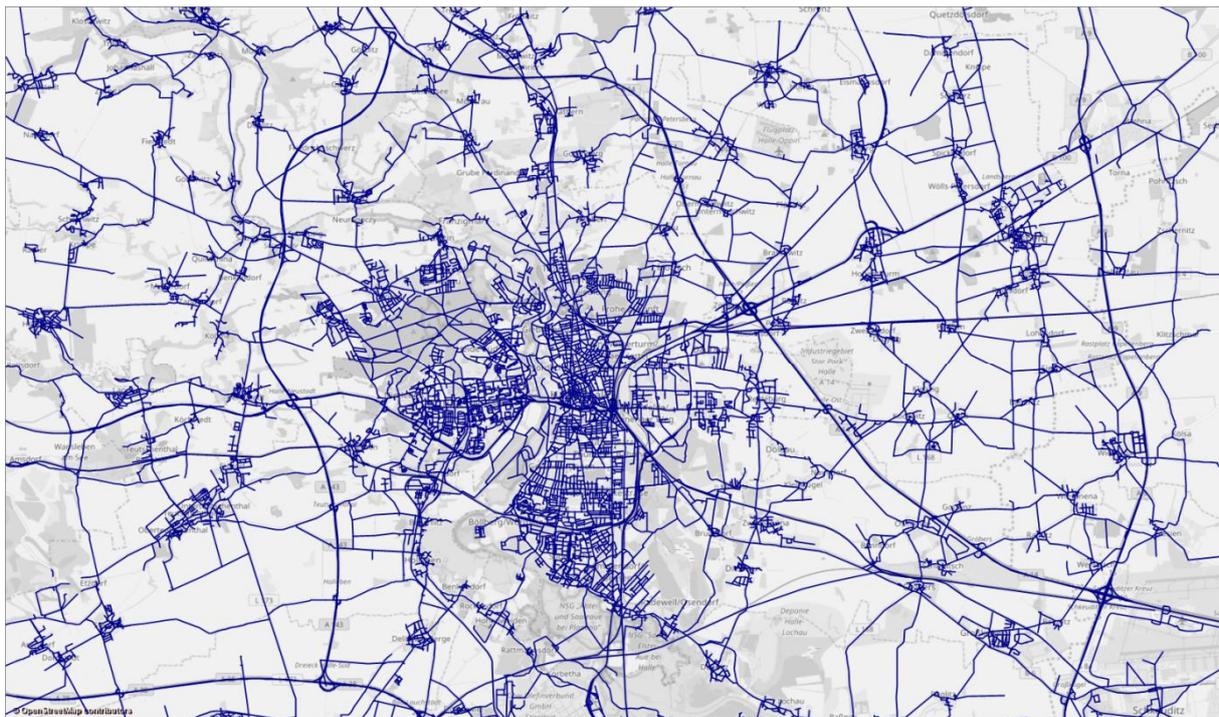


Abb. 4.1: Verkehrsmodell – Untersuchungsgebiet (Ausschnitt)

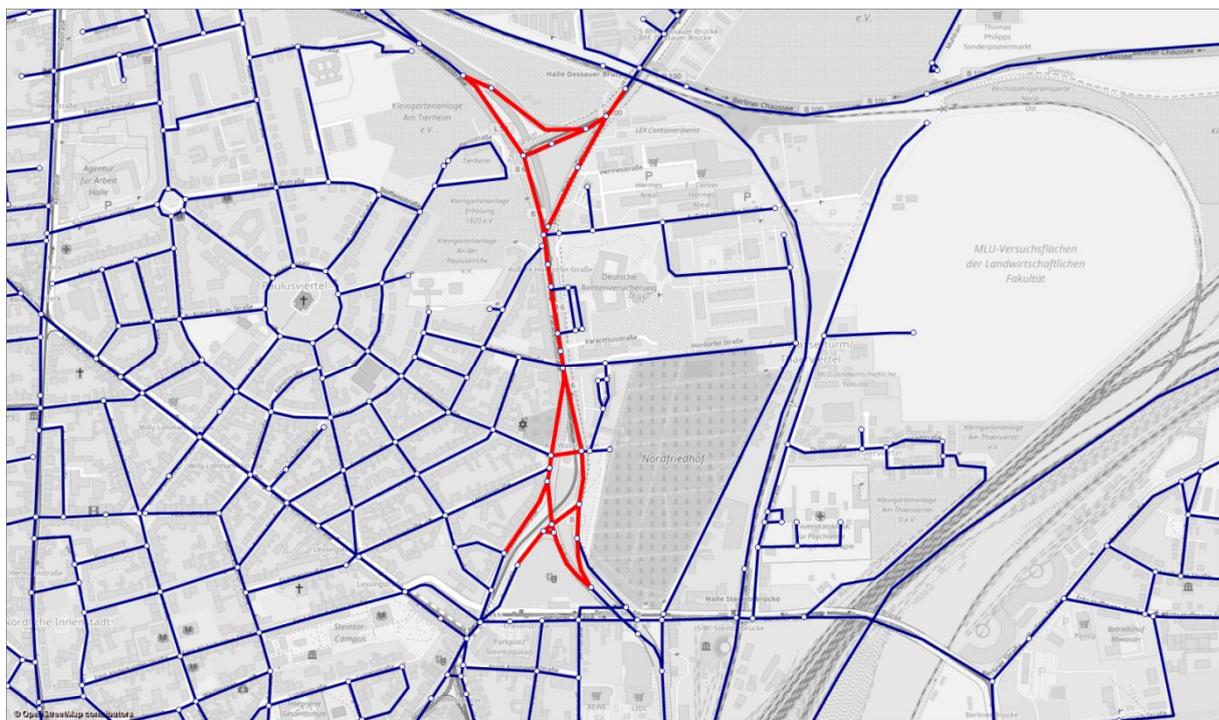


Abb. 4.2: Verkehrsmodell – VISUM-Auswertegebiet

## 4.2 Verkehrsdaten (Verkehrsbelegungszahlen und Geschwindigkeiten)

### 4.2.1 Ermittlung der Verkehrsstärken mit dem Verkehrsmodell

Grundlage für die Ermittlung der für die Emissionsberechnungen relevanten Verkehrsdaten ist die Verkehrsmodellierung der zu berechnenden Null- und Maßnahmenfälle (NF1, NF2-HES, NF3-HES+A 143, M21-DV-Lkw, M22-DV-DFz, M24-GB – vgl. **Tab. 2.1**), basierend auf dem durch die Stadtverwaltung Halle (Saale) bereitgestellten und nach der im Abschnitt 3.1 hinsichtlich Verkehrsnachfrage und Verkehrsnetz beschriebenen Vorgehensweise für die vorliegende Untersuchung angepassten Verkehrsmodell. Die stundenfeinen Ergebnisse der Verkehrsumlegung für die berechnenden Null- und Maßnahmenfälle (vgl. hierzu Kapitel 6) gelten insoweit zunächst für die Tageskategorie Montag-Freitag.

### 4.2.2 Hochrechnung der Verkehrsstärken auf Jahresverkehrszahlen

Als Grundlage für die Emissionsberechnungen mit HBEFA werden jedoch die Verkehrszahlen eines ganzen Jahres (hier Kalenderjahr 2015) benötigt. Zur Ermittlung der relevanten Verkehrsdaten für die beiden Tageskategorien Samstag sowie Sonn- und Feiertag aus den Verkehrsdaten für die Tageskategorie Montag-Freitag sowie – daraus abgeleitet – eines durchschnittlichen Tages wurden folgende ergänzende Daten verwendet:

- Faktoren zur Abschätzung des DTV [Quelle: Stadtverwaltung Halle]:  
 $DTV_{Pkw} / DTV_{W, Pkw} = 0.93$  (hier verwendet für Pkw und LNfz)  
 $DTV_{Lkw} / DTV_{W, Lkw} = 0.77$  (hier verwendet für SNfz)
- Tageszeitliche Verteilung für 2015 [Quelle: Verkehrslagesystem, Verkehrsdetektion]:  
in stundenfeiner Auflösung, am Querschnitt Paracelsusstraße, differenziert nach Fahrtrichtung Süd und Nord, differenziert nach Tageskategorien Montag-Freitag (Mo-Fr), Samstag (Sa), Sonn- und Feiertag (So) – vgl. **Abb. 4.3**
- Tagesanzahlen je Tageskategorie für 2015:  
Montag-Freitag : 253 Tage  
Samstage : 49 Tage  
Sonn- und Feiertage : 63 Tage

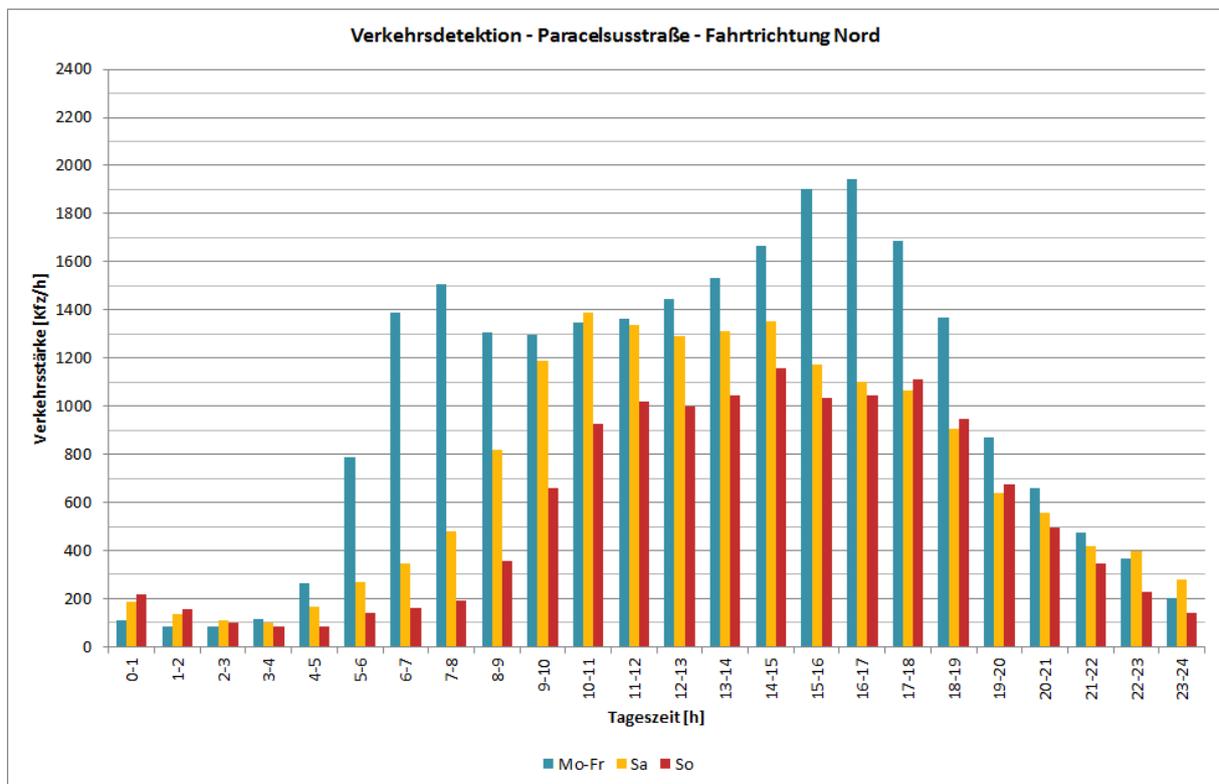
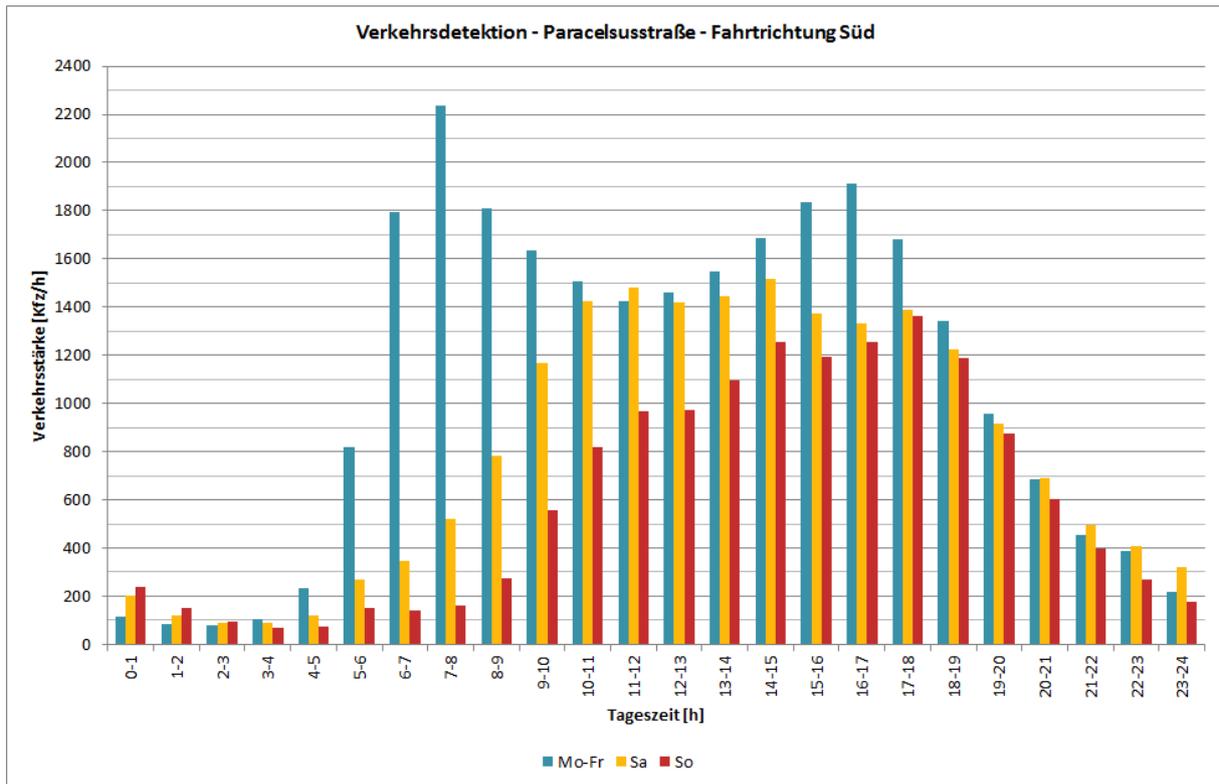


Abb. 4.3: Tagesganglinie Verkehrsstärke – Paracelsusstraße – Fahrtrichtung Süd/Nord für 2015 [Quelle: Verkehrslagesystem, Verkehrsdetektion]

### 4.2.3 Aufteilung der Verkehrsstärken auf Fahrstreifen

Im Bereich der LÜSA-Messstation Paracelsusstraße ist für die Emissions- und Immissionsmodellierung eine Aufteilung des Gesamtverkehrs auf die einzelnen Fahrstreifen erforderlich. Die verwendeten Ansätze basieren auf Daten der Verkehrsdetektion [Quelle: Verkehrslagesystem] sowie einer ergänzenden Verkehrsbeobachtung. Die Fahrstreifen sind nachfolgend in Fahrtrichtung von rechts nach links nummeriert (FS1, FS2 etc.).

Aufteilung bei 2 Fahrstreifen (Paracelsusstraße, beide Fahrtrichtungen):

- Die SNfz verkehren alle auf Fahrstreifen 1 (rechts).  

$$\text{SNfz}_{\text{FS1}} = \text{SNfz}; \text{SNfz}_{\text{FS2}} = \text{SNfz} - \text{SNfz}_{\text{FS1}}$$
- Die LNfz verkehren zu 60 % auf Fahrstreifen 1 (rechts) und zu 40 % auf Fahrstreifen 2 (links).  

$$\text{LNfz}_{\text{FS1}} = 0.60 * \text{LNfz}; \text{LNfz}_{\text{FS2}} = \text{LNfz} - \text{LNfz}_{\text{FS1}}$$
- In der Hauptverkehrszeit sind beide Fahrstreifen etwa gleich ausgelastet. In der Nebenverkehrszeit ist der Anteil Fahrzeuge auf Fahrstreifen 1 größer als auf Fahrstreifen 2. Im Tagesmittel liegt der Anteil der Verkehrsbelastung auf Fahrstreifen 1 bei 55 % und auf Fahrstreifen 2 bei 45 %.  

$$\text{Pkw}_{\text{FS1}} = 0.55 * (\text{SNfz} + \text{LNfz} + \text{Pkw}) - \text{SNfz}_{\text{FS1}} - \text{LNfz}_{\text{FS1}}; \text{Pkw}_{\text{FS2}} = \text{Pkw} - \text{Pkw}_{\text{FS1}}$$

Aufteilung bei 3 Fahrstreifen (Paracelsusstraße, Fahrtrichtung Norden, vor Dessauer Platz):

- Die SNfz verkehren zu 70 % auf Fahrstreifen 1 (rechts) und zu 30 % auf Fahrstreifen 2 (mittig).  

$$\text{SNfz}_{\text{FS1}} = 0.70 * \text{SNfz}; \text{SNfz}_{\text{FS2}} = 0,30 * \text{SNfz}; \text{SNfz}_{\text{FS3}} = \text{SNfz} - \text{SNfz}_{\text{FS1}} - \text{SNfz}_{\text{FS2}}$$
- Die LNfz verkehren zu 55 % auf Fahrstreifen 1 (rechts), zu 20 % auf Fahrstreifen 2 (mittig) und zu 25 % auf Fahrstreifen 3 (links).  

$$\text{LNfz}_{\text{FS1}} = 0.55 * \text{LNfz}; \text{LNfz}_{\text{FS2}} = 0,20 * \text{LNfz}; \text{LNfz}_{\text{FS3}} = \text{LNfz} - \text{LNfz}_{\text{FS1}} - \text{LNfz}_{\text{FS2}}$$
- In der Hauptverkehrszeit ist der Fahrstreifen 1 häufig überlastet. Der mittlere Fahrstreifen hat die geringste Verkehrsbelastung. Im Tagesmittel liegt der Anteil der Verkehrsbelastung auf Fahrstreifen 1 bei 45 %, auf Fahrstreifen 2 bei 25 % und auf Fahrstreifen 3 bei 30 %.  

$$\text{Pkw}_{\text{FS1}} = 0.45 * (\text{SNfz} + \text{LNfz} + \text{Pkw}) - \text{SNfz}_{\text{FS1}} - \text{LNfz}_{\text{FS1}}$$

$$Pkw_{FS2} = 0.25 * (SNfz + LNfz + Pkw) - SNfz_{FS2} - LNfz_{FS2}$$

$$Pkw_{FS3} = Pkw - Pkw_{FS1} - Pkw_{FS2}$$

#### 4.2.4 Ermittlung der Geschwindigkeiten aus dem Verkehrslagesystem

Die stundenfeinen Tagesganglinien der mittleren Fahrgeschwindigkeiten für das VISUM-Auswertegebiet (vgl. **Abb. 4.2**) wurden durch Aggregation der in 15-min-Intervallen im Verkehrslagesystem verfügbaren Verkehrsdaten von 2015 und einer Differenzierung in die drei Tageskategorien Montag-Freitag, Samstag sowie Sonn- und Feiertag ermittelt. Auswertungen hierzu sind in **Abb. 5.3** und **Abb. 5.4** dargestellt.

#### 4.3 Untersuchungsgebiet für die Emissions- und Immissionsmodellierung

Die Paracelsusstraße bildet die Fortführung der Hauptverkehrsachse aus / in Richtung Norden in das Zentrum der Stadt Halle.

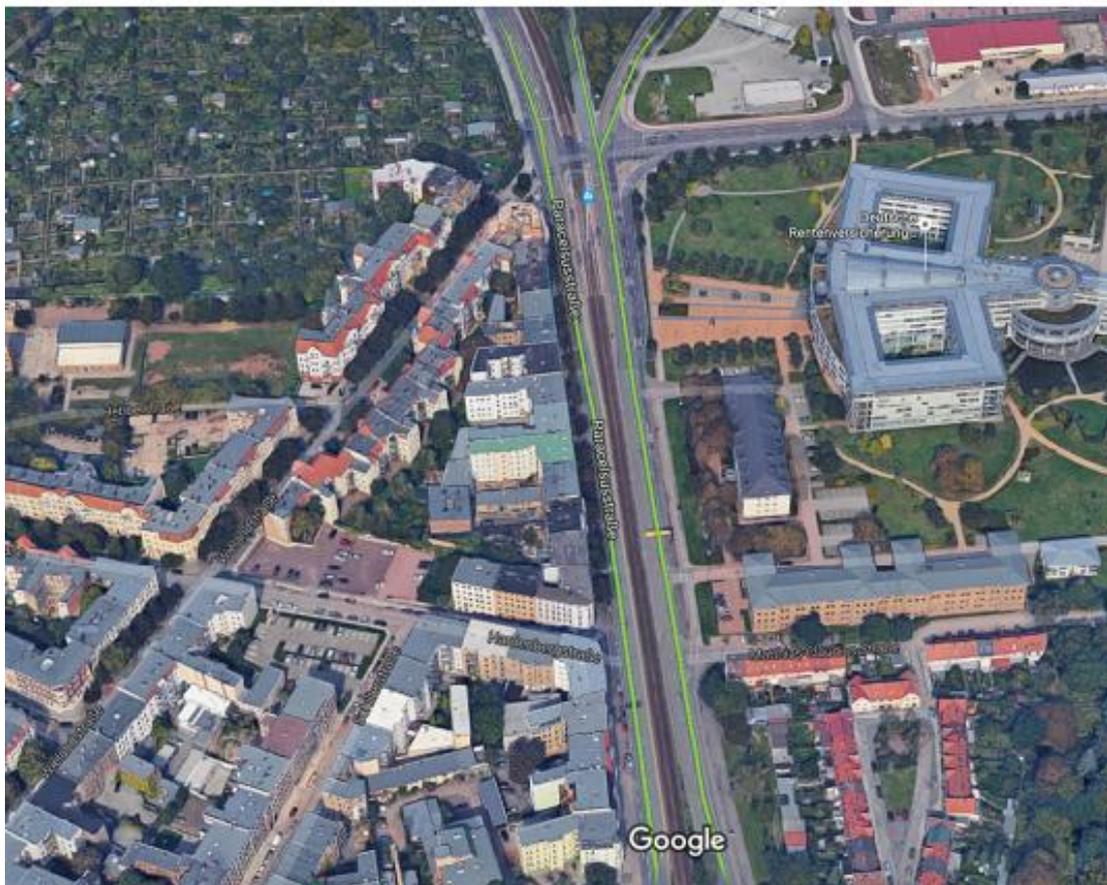
Der südliche Streckenabschnitt der Paracelsusstraße verläuft vom Dessauer Platz bis zum Kreuzungspunkt mit der Berliner Straße. Er weist eine Streckenlänge von ca. 850 m und eine Verkehrsbelastung von im Mittel ca. 50.000 Kfz/24h auf.

Der Straßenraum weist im Regelquerschnitt eine Breite von ca. 37 m auf. Dem Kfz-Verkehr stehen hierbei mit Ausnahme der Knotenpunktbereiche durchgehend jeweils 2 Fahrstreifen je Richtung zur Verfügung. Die Führung der Straßenbahn erfolgt über eine separate Gleisanlage in Mittellage.

Der Straßenraum wird auf der Westseite durchgängig durch eine dichte mehretagige Wohnbebauung (Miets-/Mehrfamilienhäuser) begrenzt. An die Ostseite des Streckenabschnittes grenzt im Bereich zwischen den Einmündungen der Straßen Mathias-Claudius-Straße und Im Winkel eine Wohnbebauung (Einfamilienhäuser) an. Zwischen Mathias-Claudius-Straße und Dessauer Straße liegen Gewerbenutzungen.

Auf der Westseite des Straßenzuges im Bereich zwischen den Einmündungen des Dessauer Platzes und der Hardenbergstraße ist eine Straßenraumbegrünung (Straßenbäume) vorzufinden.

Die **Abb. 4.4** zeigt ein Luftbild des Untersuchungsgebietes.



Bilder © 2016 Google, Kartendaten © 2016 GeoBasis-DE/BK

Abb. 4.4: Luftbild des Untersuchungsgebietes Paracelsusstraße. Quelle: google earth.

Die **Abb. 4.5** zeigt das berücksichtigte Straßennetz sowie die bei der Modellierung berücksichtigten Gebäude. Bei den Ausbreitungsrechnungen mit MISKAM werden die Gebäude entsprechend der vorliegenden Gebäudedaten (Stadt Halle, 2015) berücksichtigt. Das MISKAM-Rechengebiet sowie das MISKAM-Auswerteggebiet sind ebenfalls in oben genannter Abbildung gekennzeichnet.

Die **Abb. 4.6** zeigt ein Bild von der Messstelle in der Paracelsusstraße.

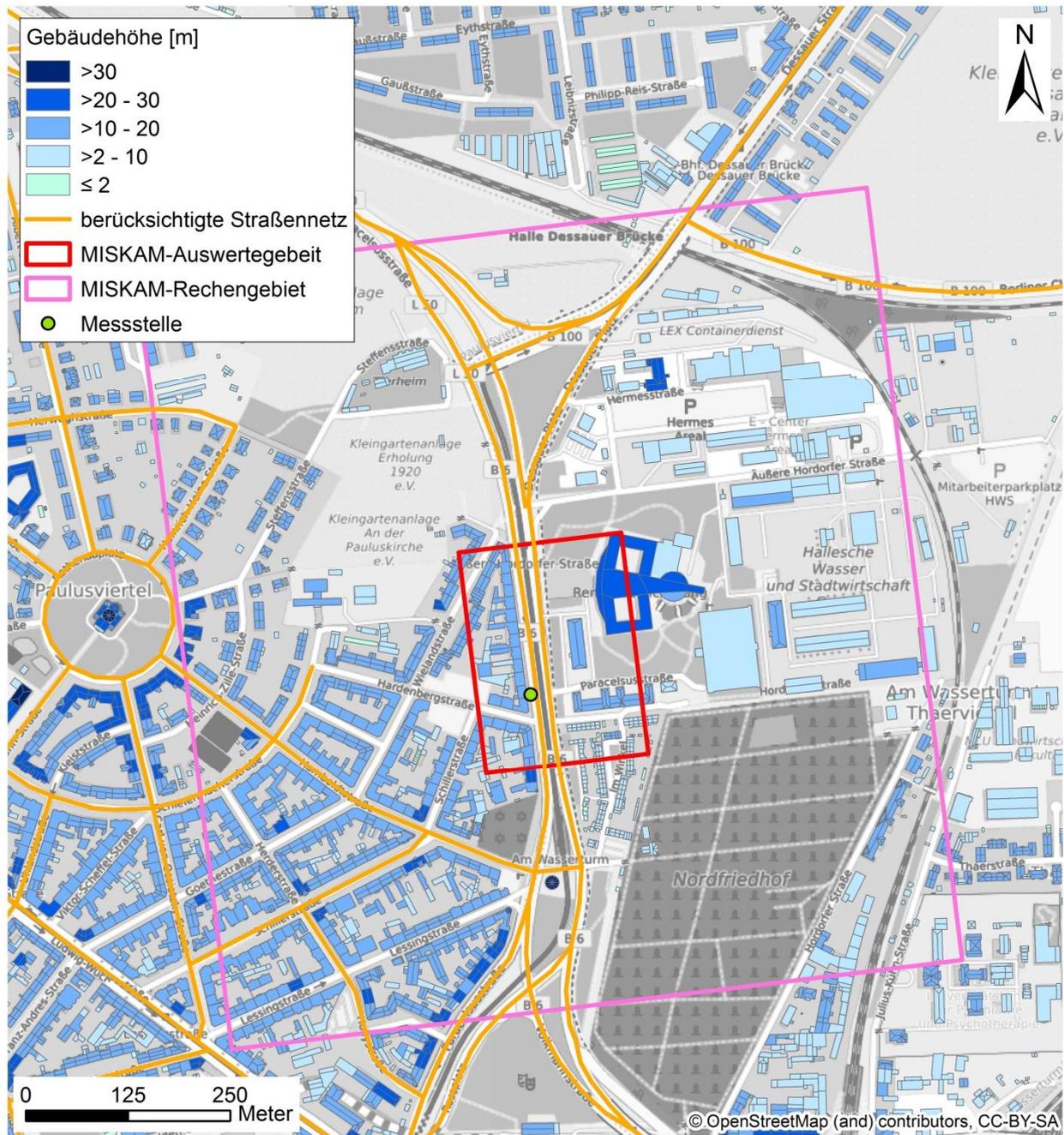


Abb. 4.5: Bei den MISKAM-Berechnungen berücksichtigtes Straßennetz, Gebäudemodell sowie Gebietsabgrenzungen. Die Lage des Messcontainers ist ebenfalls eingezeichnet.



Abb. 4.6: Foto der Messstelle Paracelsusstraße. Blick in nördliche Richtung.

Eine Charakterisierung der Lage der Messstelle wird im Folgenden in Anlehnung an VDI-RL 3783 Blatt 14 (VDI, 2012; dort Bild 4) gegeben. Die entsprechenden Maße sind in **Tab. 4.1** aufgeführt.

	<b>Paracelsusstraße 10</b>
Foto in	<b>Abb. 4.6</b>
Gebäudehöhe gleiche Seite/ gegenüberliegende Seite in m	17 / 15 bis 17
Straßenbreite in m (Fassade zu Fassade)	>50
Horizontaler Abstand Messort von Fahrbahn (a) in m	3.2
Abstand Messort von Fassade (b) in m	4.4
Höhe Messort über Grund in m (c)	2.2
Fahrbahnbreite in m (inkl. Straßenbahn in Mittellage, ohne Parkbuchten)	22
Abstand Fahrbahn von Fassade gleiche Seite/ gegenüberliegende Seite in m (ohne Parkbuchten)	7.6 / ca. 26

Tab. 4.1: Charakteristische Maße zur Kennzeichnung der Lage der Messstelle im Querschnitt Paracelsusstraße. Zur Kennzeichnung der Parameter siehe **Abb. 4.7**.

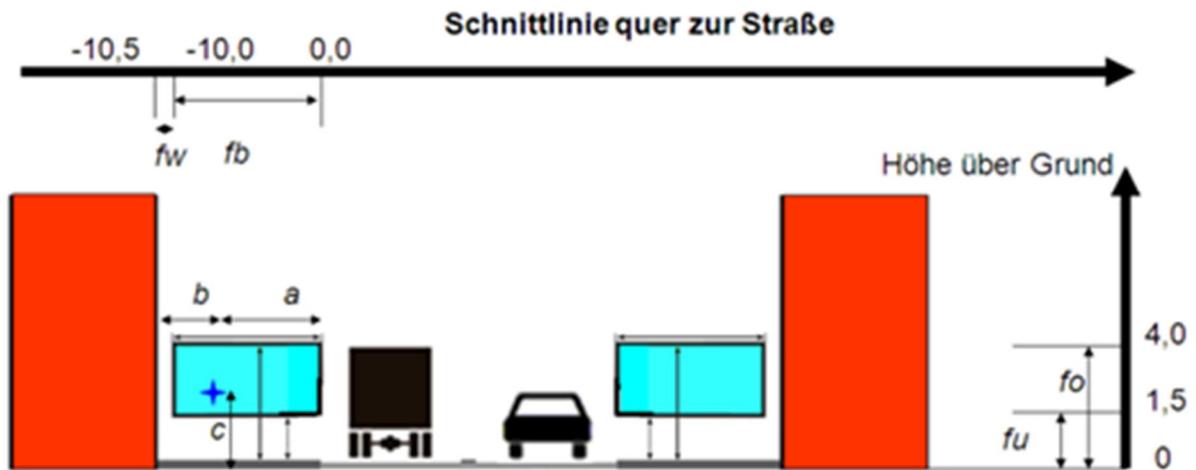


Abb. 4.7: Bezeichnung relevanter Maße zur Beschreibung der Lage des Messortes bei einer 2-streifigen Straße im Vertikalschnitt nach VDI-RL 3783, Blatt 14 (VDI, 2012).  
Blau = mögliches Messfeld

#### 4.4 Meteorologische Daten

Zur Durchführung einer Ausbreitungsrechnung benötigt man Angaben zu den meteorologischen Verhältnissen an der geplanten Trasse. Diese sind in einer für den Standort repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik bzw. Ausbreitungsklassenzeitreihe enthalten. Dabei handelt es sich um Angaben über die Häufigkeit bestimmter Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Die Windrichtungsverteilung an einem Standort wird primär durch die großräumige Druckverteilung geprägt. Die Strömung in der vom Boden unbeeinflussten Atmosphäre (ab ca. 1 500 m über Grund) hat daher in Mitteleuropa ein Maximum bei südwestlichen bis westlichen Richtungen. In Bodennähe, wo sich der Hauptteil der lokalen Ausbreitung von Schadstoffen abspielt, wird die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung jedoch durch die topografischen Strukturen modifiziert.

##### 4.4.1 Räumliche und zeitliche Repräsentanz

Vom Auftraggeber wurde die Zeitreihe von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an der Station Halle-Kröllwitz für das Jahr 2009 zur Verfügung gestellt.

Die Messstation befindet sich bei Hochwert: 51.5136 und Rechtswert: 11.9497 bezogen auf das Koordinatensystem „Gauß Krüger Zone 3“. Die Windmessung erfolgte in 8 m Höhe. Die Rauigkeitslänge  $z_0$  am Messort beträgt 0.61 m.

In **Abb. 4.8** ist die Umsetzung dieser Winddaten als Windstatistik dargestellt. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.1 m/s. Hauptwindrichtung ist Südwest, Nebenmaxima treten bei nordwestlichen und östlichen Winden auf. Im hier zu betrachtenden Untersuchungsgebiet herrscht wegen der dort vorhandenen dichten innerstädtischen Bebauung und deren hoher mechanischer Turbulenz neutrale Schichtung vor. Es wird daher immer von neutraler Ausbreitungsklasse ausgegangen.

Vom DWD wurde für den Zeitraum 2005 bis 2014 das Jahr 2009 als repräsentatives Jahr abgeleitet.

#### **4.4.2 Thermische Windsysteme**

Wegen der sehr gering ausgeprägten topografischen Situation sind keine thermisch induzierten Windsysteme zu berücksichtigen.

#### **4.5 Hintergrundbelastung der Luft**

Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Hintergrundbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Stickoxide unterliegen auf dem Ausbreitungspfad chemischen Umwandlungsprozessen. Die Berechnung der  $\text{NO}_2$ -Schadstoffbelastung erfolgt deshalb mit Hilfe eines Chemiemodells nach Düring et al. (2011), welche als zusätzliche Hintergrundbelastungen  $\text{NO}_x$  und  $\text{O}_3$  benötigt.

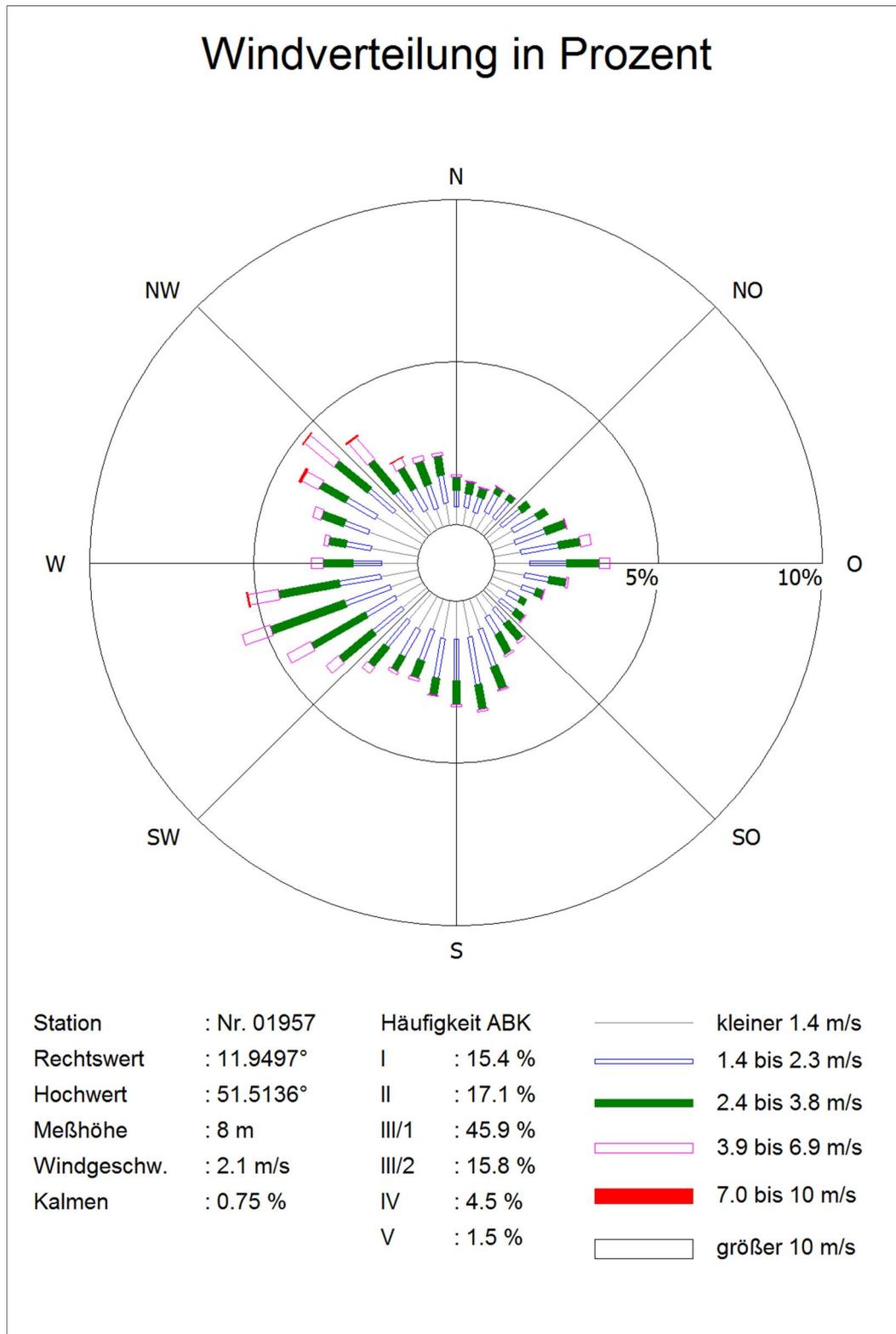


Abb. 4.8: Windklassenstatistik der Station Halle-Kröllwitz 2009  
 Quelle: DWD über Auftraggeber, eigene Darstellung

Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastung standen Werte der nächstgelegenen Messstationen aus dem LÜSA-Messnetz von Sachsen-Anhalt zur Verfügung. Aus den Messwerten für die Station Halle-Nord wurden in Abstimmung mit der zuständigen Behörde (LAU Sachsen-Anhalt, 2016) die in **Tab. 4.2** dargestellten Werte für das Bezugsjahr 2015 abgeleitet und angesetzt.

Schadstoff	Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
NO <sub>2</sub>	18
NO <sub>x</sub>	26
O <sub>3</sub>	48
PM10	19

Tab. 4.2: Schadstoffhintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2015

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o. a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Das Absinken der Hintergrundbelastung kann im Einzelfall aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen vom Mittel abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktionen verzichtet.

## 5 EMISSIONEN

### 5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Pkw, die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) inklusiv zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM10, PM2.5) setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

### 5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.2 (UBA, 2014) berechnet.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugkategorien Pkw, Lkw und Linienbusse im Wesentlichen ab von:

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z. B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und

- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr aufbauend auf Bestandsdaten des KBA für die Stadt Halle (Stand Januar 2016, siehe **Abb. 5.1**) berechnet. Die Umrechnung der statischen in die dynamische Fahrzeugflotte, d. h. unter Berücksichtigung der realen Fahrleistungsanteile der Fahrzeugklassen, erfolgte auf Basis der Fahrleistungsfaktoren (Verhältnis aus dynamischem und statischem Anteil) aus HBEFA 3.2.

Die reale Flottenzusammensetzung in Halle besteht aus einem Mix von Fahrzeugen, die in Halle zugelassen wurden und Fahrzeugen auswärtiger Fahrzeughalter. Die Zulassungsorte der auswärtigen Fahrzeuge sind Umlandgemeinden, weiteren sachsen-anhaltinischen Gemeinden, anderen Bundesländern und ausländischen Fahrzeugen. Eine genaue Bestimmung dieser Zusammensetzung wäre nur durch eine Kennzeichenerfassung möglich, die aus Aufwandsgründen im Projektrahmen nicht durchgeführt werden konnte. Aus diesem Grunde wurde für die Berechnung der Flottenzusammensetzungen die Annahme getroffen, dass sich der Verkehr im Hallenser Innerortsbereich aus 75 % in Halle zugelassener Fahrzeuge (siehe oben) und 25 % auswärtiger Fahrzeugen (hier angesetzt als mittlere deutsche Flotte nach HBEFA 3.2) zusammensetzt. Diese Aufteilung wurde im Rahmen von Untersuchungen zur Flottenzusammensetzung auf der Basis von Kennzeichenerfassungen in Berlin bestimmt.

Für die Berechnung der Emissionsfaktoren wurde für Reisebusse die mittlere deutsche Flotte verwendet. Die Linienbusflotte wurde entsprechend Angaben der Stadt Halle (2016) berücksichtigt.

Die Paracelsusstraße liegt innerhalb der Umweltzone (grün). Deshalb wurde deren Einfluss in der Fahrzeugflotte berücksichtigt

Eine grafische Aufbereitung der verwendeten Fahrzeugflotte in Halle für das Bezugsjahr 2015 ist in **Abb. 5.2** im Vergleich zur bundesmittleren Standardflotte (BAU) aus HBEFA 3.2 dargestellt.

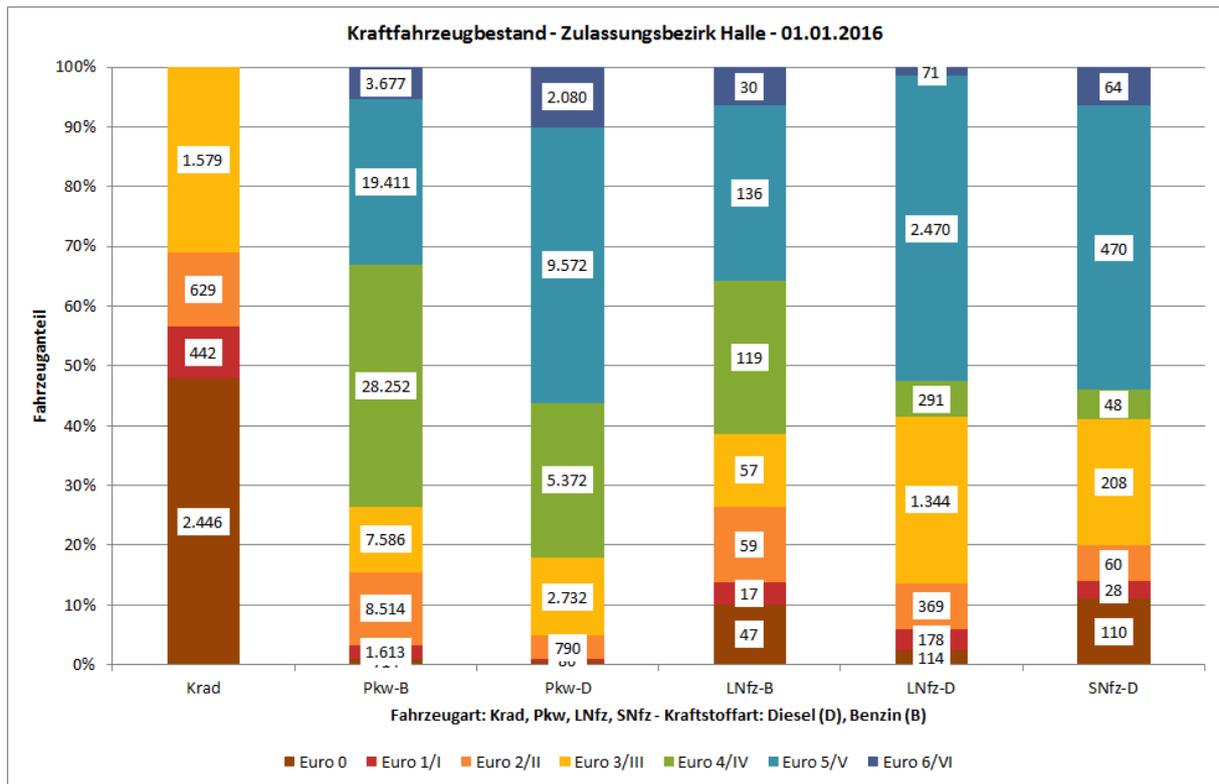


Abb. 5.1: KBA-Bestandsdaten für den Zulassungsbezirk Halle mit Stand 01.01.2016

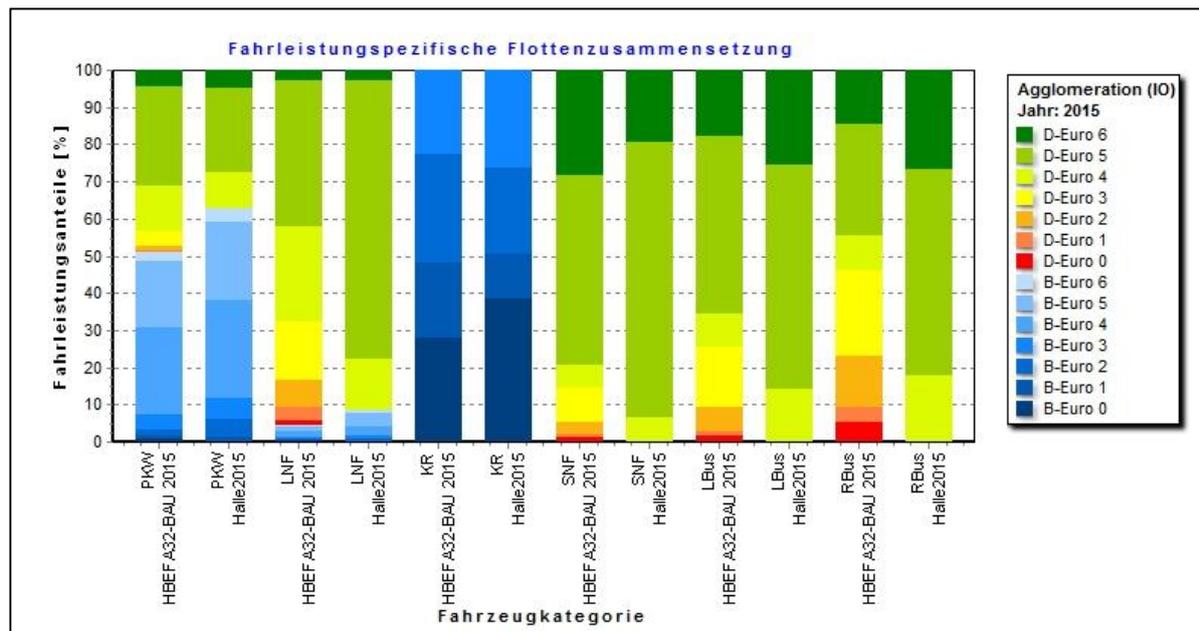


Abb. 5.2: Flottenzusammensetzungen 2015 nach Motorkonzept sowie Abgasnorm für die Fahrzeugflotte in Halle. Erläuterungen siehe Text.

Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israël et al., 1994; Gehrig et al., 2003) zu 100 % der Partikelgrößen kleiner 1 µm (aerodynamischer Durchmesser) und damit auch der PM10- und PM2.5-Fraktion zugeordnet werden.

Der Kaltstarteinfluss von NO<sub>x</sub> und Partikeln innerorts für Pkw und Infz wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in Summe einen Zuschlag darstellt.

Neueste Untersuchungen zum Abgasverhalten von Fahrzeugen haben ergeben, dass die NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren der Diesel-EURO-6-PKW in der Realität höher sind als in HBEFA 3.2 angenommen. Das UBA plant deshalb, 2017 ein vorgezogenes update des HBEFA zu veröffentlichen, in dem ausschließlich die NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren der Diesel-EURO-6-PKW aktualisiert werden sollen. Die TU Graz (Hausberger, 2016), d. h. die Entwickler des Emissionsmodells zur Berechnung der Emissionsfaktoren in HBEFA, empfehlen derzeit, die NO<sub>x</sub>-Faktoren der Diesel-EURO-6-PKW auf Innerortsstraßen um den Faktor 1.7 sowie auf Außerortsstraßen um den Faktor 1.4 zu erhöhen. Die HBEFA-Emissionsfaktoren der Autobahnverkehrssituationen wurden durch die Messungen bestätigt. Eine Korrektur ist hier nach derzeitigem Kenntnisstand nicht notwendig. Die genannten Korrekturen (Hausberger, 2016) wurden bei der Emissionsberechnung berücksichtigt.

### **5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren**

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten, sie sind auch derzeit nicht mit zufrieden stellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend Düring und Lohmeyer (2011) verwendet.

Abrieb von Kupplungsbelägen wird ebenfalls nicht berücksichtigt, da dieser weitestgehend in den Kupplungsgehäusen zurückgehalten wird.

Es sei darauf verwiesen, dass insbesondere die Emissionsfaktoren für Straßenabrieb von den Autoren wegen fehlender systematischer Untersuchungen mit sehr großen Unsicherheiten bewertet werden. Palmgren et al. (2003) setzt z. B. die PM<sub>2.5</sub>-Straßenabriebemissionen auf Basis von Untersuchungen von TNO aus dem Jahr 1997 zu Null. Um auf der sicheren Seite zu liegen, werden dennoch Emissionsfaktoren verwendet.

Auf Grundlage der o. a. Datenbasis werden zur Berechnung der PM<sub>10</sub>-Emissionen für die Summe aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) die in den **Tab. 5.1** bzw. **Tab. 5.2** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln wird mit der angesetzten Hintergrundbelastung berücksichtigt, soweit dieser Prozess in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen relevant wird. Für die kleineren Entfernungen sind die sekundären Partikel in den aus Immissionsmessungen abgeleiteten nicht motorbedingten Emissionsfaktoren enthalten.

Als Maßnahme M2.2 soll ein Einfahrverbot für Dieselfahrzeuge, außer EURO 6/VI, (Lieferverkehr frei) betrachtet werden („Blaue Plakette“). Die Berechnungen der Flottenzusammensetzungen für dieses Szenario erfolgten unter den folgenden Randbedingungen:

- Die Bestands- und Fahrleistungsanteile der Diesel-PKW und LNF bleiben konstant (d. h. Fahrzeughalter die vor Einführung dieser Regelung ein Dieselfahrzeug fuhren, tun dies auch weiterhin).
- Es erfolgt keine Nach- bzw. Umrüstung älterer Fahrzeuge.
- 100%ige Befolgungsrate innerhalb der „Blauen-Plakette-Zone“ (d. h. es wird das maximale Minderungspotenzial, das sich emissions- und immissionsseitig ergeben kann, ausgewiesen).

Die Emissionsfaktoren, die sich unter diesen Randbedingungen einstellen würden, sind in der **Tab. 5.2** aufgeführt.

Straßenparameter									
Verkehrssituation	Längsneigung	NO <sub>2</sub> (direkt) [mg/km]		NO <sub>x</sub> [mg/km]		PM10/PM2.5 (nur Abgas) [mg/km]		PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung) [mg/km]	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-FernC50	0 %	78	301	249	2 825	3	30	26	100
IOS-FernC50d	0 %	87	363	277	3 449	3	35	33	350
IOS-FernC50g	0 %	90	451	285	4 456	3	39	40	700
IOS-FernC50s	0 %	156	1 014	499	9 985	6	75	45	1 200
IOS-HVS50	0 %	81	362	271	3 516	3	32	26	100
IOS-HVS50d	0 %	90	448	303	4 456	3	38	33	350
IOS-HVS50g	0 %	103	474	342	4 662	4	40	35	500
IOS-HVS50s	0 %	156	1 014	512	9 985	6	75	45	1 200

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2015

Straßenparameter									
Verkehrssituation	Längsneigung	NO <sub>2</sub> (direkt) [mg/km]		NO <sub>x</sub> [mg/km]		PM10/PM2.5 (nur Abgas) [mg/km]		PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung) [mg/km]	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-FernC50	±0 %	12	118	104	799	1.2	8.7	26	100
IOS-FernC50d	±0 %	14	135	119	934	1.5	9.8	33	350
IOS-FernC50g	±0 %	13	190	119	1 217	1.2	11.7	40	700
IOS-FernC50s	±0 %	24	667	216	3 542	2.2	21.8	45	1 200
IOS-HVS50	±0 %	12	156	137	977	1.0	9.8	26	100
IOS-HVS50d	±0 %	14	194	155	1 196	1.2	11.3	33	350
IOS-HVS50g	±0 %	16	228	169	1 398	1.5	12.6	35	500
IOS-HVS50s	±0 %	24	667	246	3 542	2.3	21.8	45	1 200

Tab. 5.2: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2015 unter Berücksichtigung des Fahrverbotes für Dieselfahrzeuge (außer EURO 6/VI)

## 5.4 Verkehrssituationen

Für die betrachteten Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet der Paracelsusstraße wurden für die Berechnungen auf Basis des HBEFA 3.2 die Verkehrssituationen wie folgt zugewiesen:

- Paracelsusstraße: „IOS-FernC, Tempolimit 50“
- B 6/B 100 Dessauer Platz: „IOS-FernC, Tempolimit 50“

Sehr hohe Relevanz bei der Emissionsmodellierung und Maßnahmenbewertung hat die genaue Kenntnis der Informationen zum Verkehrsfluss, die im HBEFA über level of service (LOS) abgebildet ist.

Im HBEFA 3.2 wird die Verkehrsqualität durch einen vierstufigen LOS klassifiziert:

- freier Verkehr (LOS1),
- dichter Verkehr (LOS2),
- gesättigter Verkehr (LOS3) und
- Stop&Go (LOS4).

Bezogen auf einen DTV können diese vier Qualitätsstufen in unterschiedlichen Anteilen auftreten. Die im HBEFA aufgeführten Verkehrssituationen repräsentieren lange Straßenabschnitte (z. T. mehrere Kilometer) worin die Beschleunigungsvorgänge, z. B. beim Anfahren an Lichtsignalanlagen, nur einen geringen Anteil besitzen. Kreuzungsbereiche können innerhalb der Kategorien „Hauptverkehrsstraße“ bzw. „Fernverkehrsstraße“ durch das HBEFA nicht direkt abgebildet werden. Auch die LSA-Steuerung nahe liegender Knotenpunkte hat auf die Geschwindigkeitsverläufe, die Stetigkeit des Verkehrsflusses und damit auf den LOS bzw. die Verkehrssituation (HBEFA) einen entscheidenden Einfluss.

Entsprechend der Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt der TU Dresden (Schmidt et al., 2014) können die Emissionsfaktoren durch einen Mix zweier LOS-Klassen auf Basis der mittleren Reisegeschwindigkeiten im Innerorts häufig besser abgeleitet werden, als z. B. durch Kapazitätsmodelle.

Tagesgänge der Reisegeschwindigkeiten und der Verkehrsmengen wurden für alle zu betrachteten Fälle von pwp-systems fahrtrichtungsgetrennt zur Verfügung gestellt (siehe z. B. die **Abb. 5.3** und die **Abb. 5.4**). Im vorliegenden Fall ist z. B. für die Paracelsusstraße im Be-

reich der Messstelle mehrheitlich ein weitgehend guter Verkehrsfluss mit Störungen in der Morgen- und der Nachmittagsspitze zu verzeichnen. Das liegt zum einen an den verfügbaren Kapazitätsreserven der freien Strecke und zum anderen am vergleichsweise großen Abstand zu kapazitätsbeeinflussenden LSA-Knotenpunkten. Die Geschwindigkeiten variieren im Tagesverlauf zwischen 37 km/h und 50 km/h (stadteinwärts) bzw. 42 km/h und 50 km/h (stadtauswärts).

Auf Basis dieser mittleren Reisegeschwindigkeit wurde im Vergleich mit den in HBEFA 3.2 ausgewiesenen Reisegeschwindigkeiten der Verkehrssituationen sowie deren Korrelation mit den NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren eine zutreffende Verkehrssituation für die jeweiligen Straßenabschnitte entsprechend Schmidt et al. (2014) ermittelt.

Diese sind in der nachfolgenden **Tab. 5.3** zusammengestellt. Es zeigt sich, dass die prognostizierten Veränderungen in den Verkehrsmengen- und -zusammensetzungen kaum einen Einfluss auf die Verkehrssituationen haben. Stadtauswärts liegt ein besserer Verkehrsfluss mit niedrigeren fahrzeugspezifischen Emissionen vor als stadteinwärts.

	Verkehrssituation	Level of Service	Anteil LOS4
<b>Analysefall, Nullfall HES-Ost, Nullfall HES-Ost und A 143, M2.1, M2.4</b>			
stadteinwärts	IOS-FernC50	gesättigt (LOS3)	4 %
stadtauswärts	IOS-FernC50	dicht (LOS2)	3 %
<b>M2.2, M2.3</b>			
stadteinwärts	IOS-FernC50	gesättigt (LOS3)	5 %
stadtauswärts	IOS-FernC50	dicht (LOS2)	3 %

Tab. 5.3: Für die Emissionsberechnung in der Paracelsusstraße festgelegte Verkehrssituation, Level of Service und LOS4-Anteile

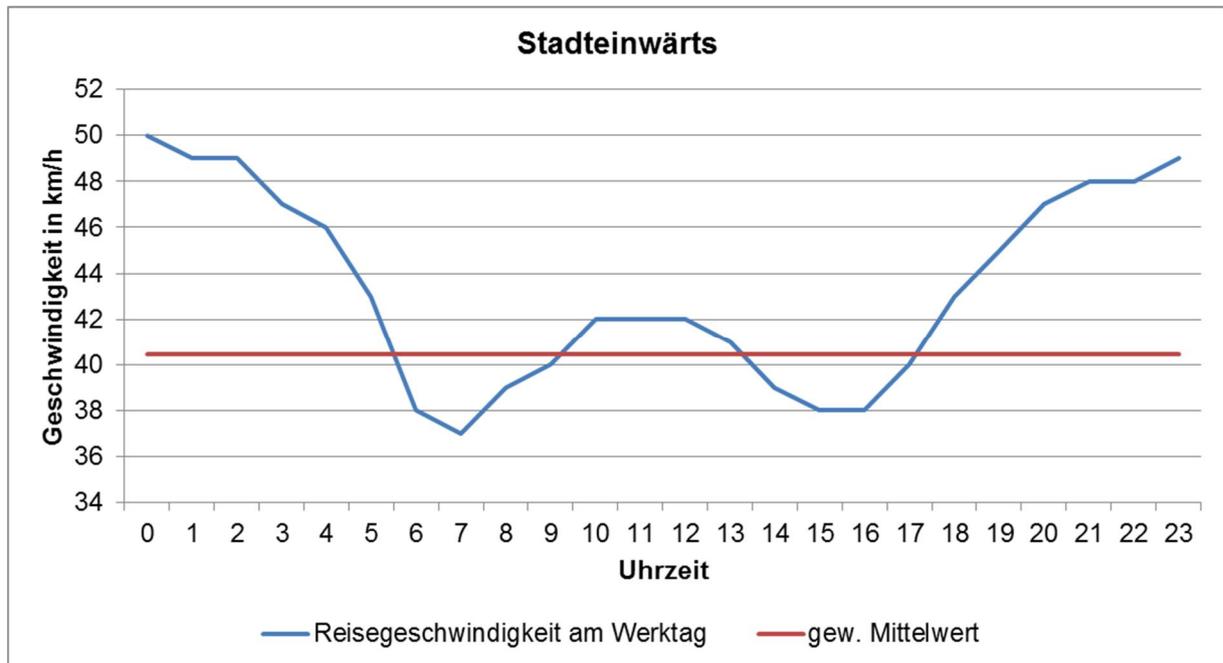


Abb. 5.3: Tagesgang der Reisegeschwindigkeit in stadteinwärtiger Richtung für den mittleren Werktag im Bereich der LÜSA-Messstation Paracelsusstraße

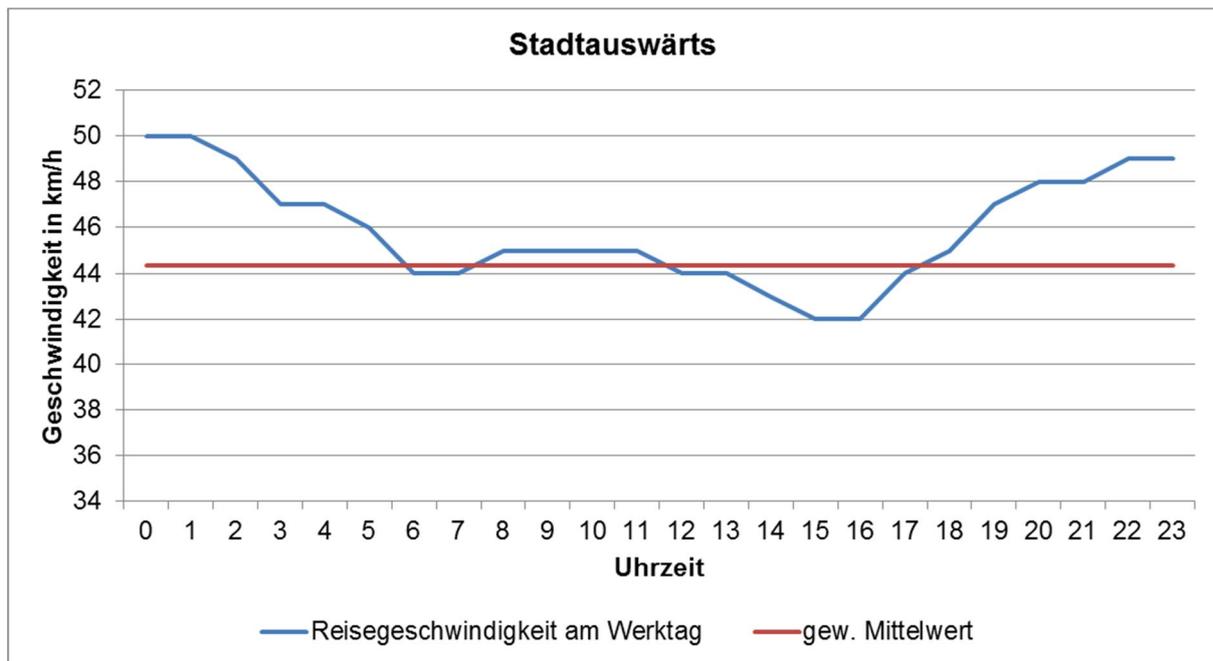


Abb. 5.4: Tagesgang der Reisegeschwindigkeit in stadtauswärtiger Richtung für den mittleren Werktag im Bereich der LÜSA-Messstation Paracelsusstraße

## 6 ERGEBNISSE DER VERKEHRSMODELLIERUNGEN

### 6.1 DTV<sub>w</sub> für die modellierten Null- und Maßnahmenfälle

Die in den folgenden Unterkapiteln dargestellten Ergebnisse betreffen alle modellierten Null- und Maßnahmenfälle und beziehen sich auf die Tageskategorie Montag-Freitag (vgl. Abschnitt 4.2.1). Die jeweils zugehörigen Darstellungen für das gesamte Gebiet zwischen Berliner Chaussee im Norden, Paracelsusstraße/Volkmanstraße im Westen, Europachaussee im Osten und Delitzscher Straße im Süden finden sich im Anhang A2.

#### 6.1.1 Nullfall 2015 (NF1)

**Abb. 6.1** zeigt die ermittelten Verkehrsstärken je 24 Stunden (DTV<sub>w</sub>) für das VISUM-Auswertebereich für den Nullfall 2015 (NF1), d. h. die Ausgangssituation.

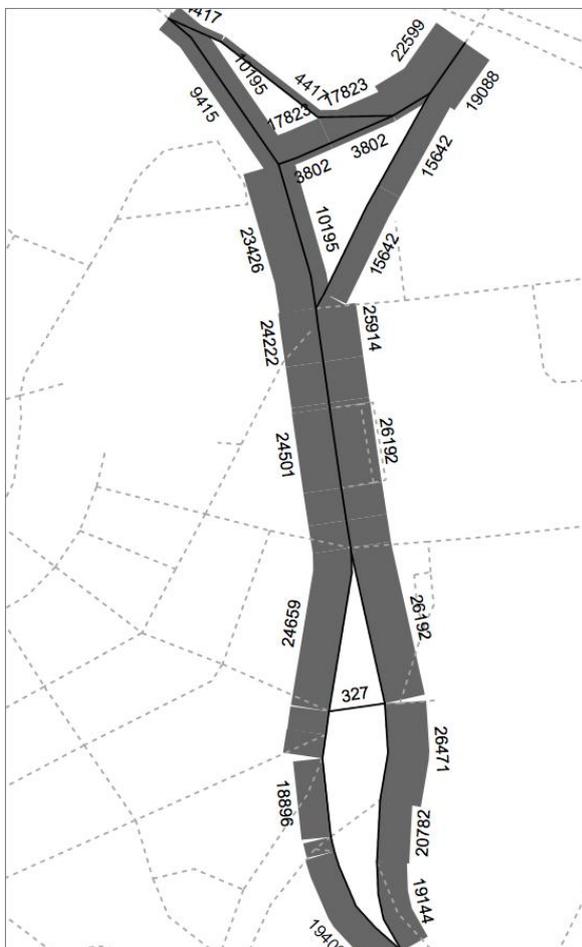


Abb. 6.1: DTV<sub>w</sub> – NF1 [Kfz/24h]



### 6.1.3 Nullfall 2015 mit HES-Ost und A 143 (NF3-HES+A 143)

**Abb. 6.3** zeigt die ermittelten Verkehrsstärken je 24 Stunden ( $DTV_W$ ) für das VISUM-Auswertegebiet für den Nullfall 2015 mit HES-Ost und A 143 (NF3) sowie die Änderungen im Vergleich zum Nullfall 2015 (NF1).

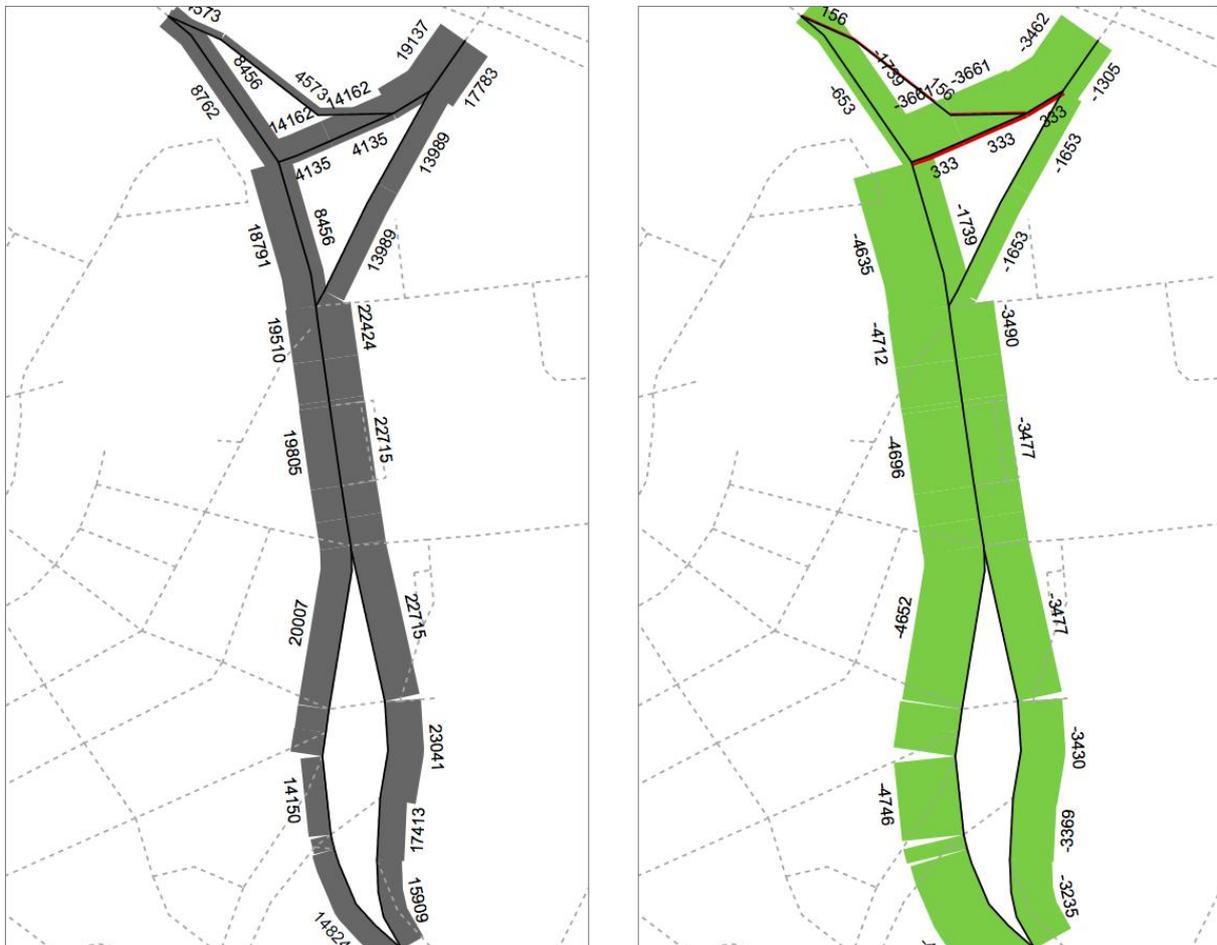


Abb. 6.3:  $DTV_W$  – NF3 (links) und Differenz zu NF1 (rechts) [Kfz/24h]

Die Freigabe der HES-Ost und der A 143 führt zu einer Abnahme des Gesamtverkehrs im Bereich Paracelusstraße um etwa 16 %. Bezogen auf den Gesamtverkehr verdoppelt sich die Entlastungswirkung gegenüber dem Nullfall NF2.

### 6.1.4 Maßnahme M2.1 Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t (M21-DV-Lkw)

**Abb. 6.4** zeigt die ermittelten Verkehrsstärken je 24 Stunden ( $DTV_W$ ) für das VISUM-Auswertegebiet für die Maßnahme M2.1 Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t (M21-DV-Lkw) sowie die Änderungen im Vergleich zum Nullfall 2015 mit HES-Ost (NF2).



Abb. 6.4:  $DTV_W$  – M21-DV-Lkw (links) und Differenz zu NF2 (rechts) [Kfz/24h]

Die Maßnahme M2.1 führt im Vergleich zum Nullfall NF2 zu einer Abnahme des Gesamtverkehrs im Bereich Paracelsusstraße um etwa 8 %.

### 6.1.5 Maßnahme M2.2 Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge (M22-DV-DFz)

**Abb. 6.5** zeigt die ermittelten Verkehrsstärken je 24 Stunden ( $DTV_W$ ) für das VISUM-Auswertegebiet für die Maßnahme M2.2 Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge (M22-DV-DFz) sowie die Änderungen im Vergleich zum Nullfall 2015 mit HES-Ost (NF2).

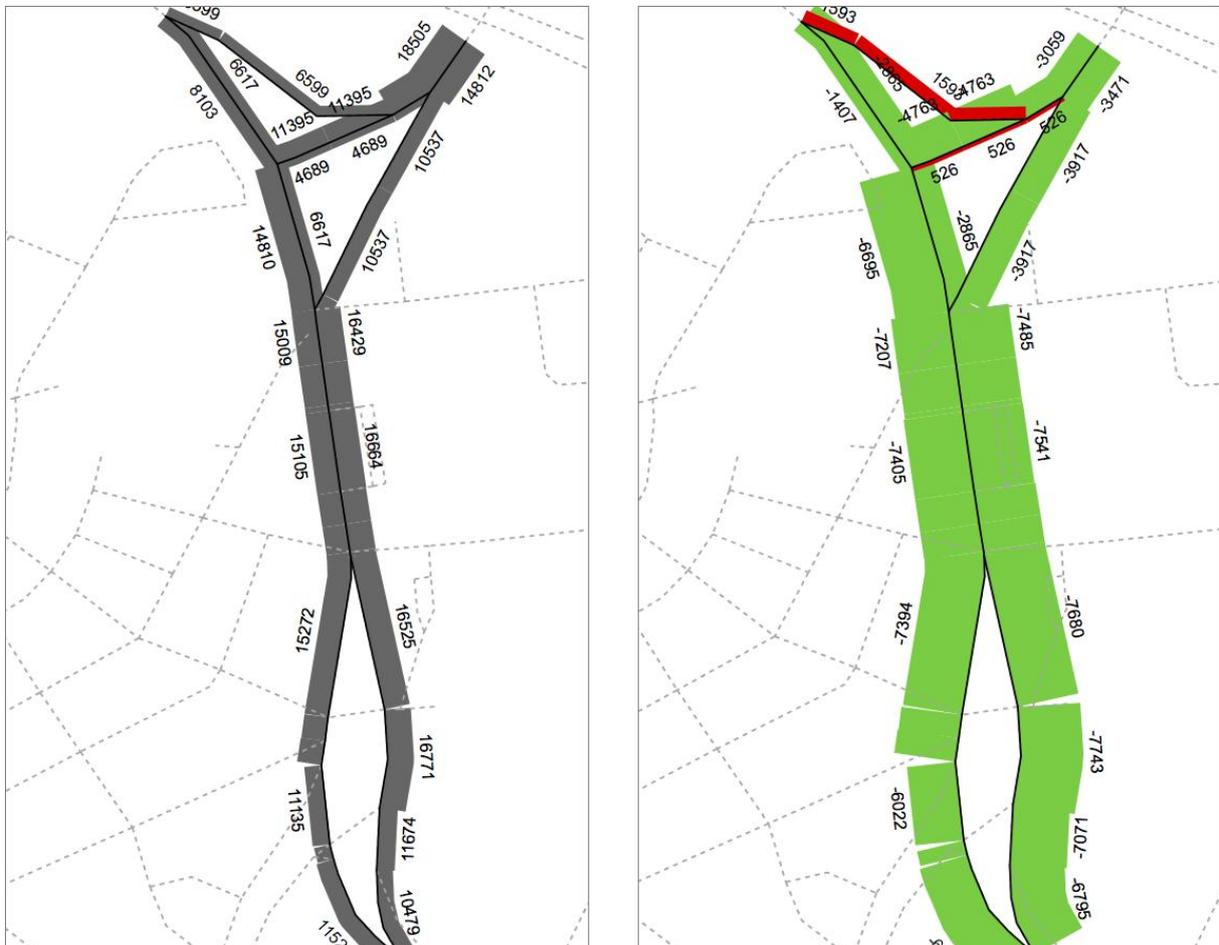


Abb. 6.5:  $DTV_W$  – M22-DV-DFz (links) und Differenz zu NF2 (rechts) [Kfz/24h]

Die Maßnahme M2.2 führt im Vergleich zum Nullfall NF2 zu einer Abnahme des Gesamtverkehrs im Bereich Paracelsusstraße um etwa 32 %.

### 6.1.6 Maßnahme M2.4 Geschwindigkeitsbeschränkung (M24-GB)

**Abb. 6.6** zeigt die ermittelten Verkehrsstärken je 24 Stunden ( $DTV_W$ ) für das VISUM-Auswertegebiet für die Maßnahme M2.4 Geschwindigkeitsbeschränkung (M24-GB) sowie die Änderungen im Vergleich zum Nullfall 2015 mit HES-Ost (NF2).



Abb. 6.6:  $DTV_W$  – M24-GB (links) und Differenz zu NF2 (rechts) [Kfz/24h].

Die Maßnahme M2.4 führt im Vergleich zum Nullfall NF2 zu einer Abnahme des Gesamtverkehrs im Bereich Paracelsusstraße um etwa 49 %.

## 6.2 DTV für die Null- und Maßnahmenfälle

### 6.2.1 Modellierte Null- und Maßnahmenfälle

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse betreffen alle modellierten Null- und Maßnahmenfälle. Sie wurden auf Grundlage der im Abschnitt 6.1 dargestellten Verkehrsdaten für die Tageskategorie Montag-Freitag nach der im Abschnitt 4.2.2 beschriebenen Vorgehensweise auf Jahresverkehrszahlen hochgerechnet und sind als Verkehrsstärken je 24 Stunden (DTV) angegeben. Der den Querschnitt Paracelsusstraße passierende Lieferverkehr mit Quelle oder Ziel Stadtzentrum wird mit den Maßnahmen M2.1 und M2.2 nicht beeinträchtigt.

Die **Abb. 6.7** zeigt die Berechnungsergebnisse exemplarisch für den Straßenquerschnitt Paracelsusstraße in Höhe der Immissionsmessstelle. Für diesen und weitere vier Straßenquerschnitte sind die Berechnungsergebnisse im Anhang A2.2 dargestellt. Die Ergebnisse sind Grundlage für die Emissionsberechnungen nach HBEFA.

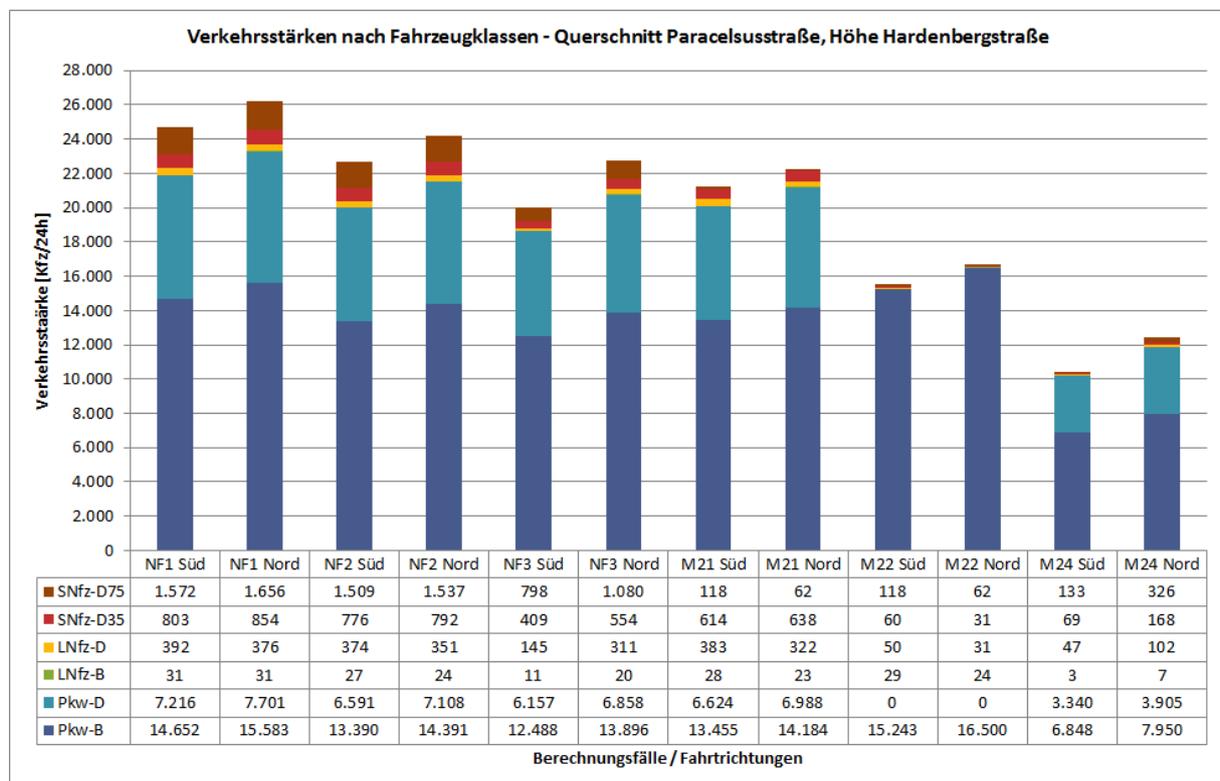


Abb. 6.7: DTV – Paracelsusstraße, Höhe Hardenbergstraße [Kfz/24h].

## 6.2.2 Abgeschätzte Maßnahmenfälle

### **Maßnahme M2.1\_E: Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t stadteinwärts (M21-DV-Lkw-E)**

Zur Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen einer halbseitigen stadteinwärtigen Sperrung können folgende Verkehrszahlen in guter Näherung zugrunde gelegt werden:

- Fahrtrichtung stadteinwärts:  
Verkehrsdaten der berechneten Maßnahme M2.1
- Fahrtrichtung stadtauswärts:  
Verkehrsdaten des berechneten Nullfalls NF2

### **Maßnahme M2.2\_E: Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge stadteinwärts (M22-DV-DFz-E)**

Zur Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen einer halbseitigen stadteinwärtigen Sperrung können folgende Verkehrszahlen in guter Näherung zugrunde gelegt werden:

- Fahrtrichtung stadteinwärts:  
Verkehrsdaten der berechneten Maßnahme M2.2
- Fahrtrichtung stadtauswärts:  
Verkehrsdaten des berechneten Nullfalls NF2

### **Maßnahme M2.3: Verkehrsbeschränkung Kennzeichen (M23-VB-KZ)**

Zur Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen einer emissionsunabhängigen Verkehrsbeschränkung (gerade/ungerade Kennzeichen) für das Stadtgebiet wurden folgende Überlegungen angestellt bzw. folgende vereinfachende Annahmen getroffen:

- 2.5 % aller Fahrzeuge sind Sonderfahrzeuge (Feuerwehr, Polizei, Stadtwirtschaft, ggf. Stadtbusse, Taxen) und von der Verkehrsbeschränkung nicht betroffen.
- Weitere 7.5 % aller Fahrzeuge sind gewerbliche Fahrzeuge mit Sondergenehmigung (Härtefallregelungen etc.) und daher von der Verkehrsbeschränkung nicht betroffen.
- 20 % aller weiteren Fahrten werden an jeweils anderen (für das Kennzeichen zugelassenen) Tagen durchgeführt. Das mittlere tägliche Verkehrsaufkommen wird dadurch nicht beeinflusst.

Insgesamt werden damit 30 % aller Fahrten durch die Maßnahme nicht beeinflusst. Von den verbleibenden 70 % ist (tageweise abwechselnd) die Hälfte, also 35 % von der Maßnahme betroffen.

Zur Abschätzung der Wirkungen einer emissionsunabhängigen Verkehrsbeschränkung wird deshalb 65 % des DTV des Nullfalls NF2 angesetzt.

### **Maßnahme M2.5: City-Maut (M25-CM)**

Als Grundlage zur Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen einer City-Maut für das Stadtgebiet wurde eine umfangreiche Analyse der Literatur zu existierenden Systemen vorgenommen. Während international in den letzten Jahren und Jahrzehnten eine Reihe von Systemen in Großstädten bzw. Agglomerationsräumen entweder getestet (z. B. Oregon, Löwen, Brüssel, Minnesota, Puget, Kopenhagen) oder umgesetzt wurde (z. B. Bergen, Bologna, Budapest, Durham, Göteborg, London, Mailand, Melbourne, New York, Oslo, Rom, Santiago de Chile, Singapur, Stockholm, Trondheim, Valletta), blieb es in Deutschland bisher bei der Diskussion um City-Maut-Systeme.

Die bisher umgesetzten Systeme unterscheiden sich in einer Vielzahl von Eigenschaften (Mietsch, 2007; Pöll, 2017; UBA, 2010):

- Einführung: 1975 – heute
- Motivation: Infrastrukturfinanzierung, Verkehrsreduktion, Verkehrssteuerung, Verkehrssicherheit, Umweltschutz
- Kordon: Altstadt, Stadtkern, Ballungsraum
- Preissystem: dynamisch (abhängig von Straßenkategorie, Tageszeit und/oder Verkehrsbelastung), statisch (Zonengebühr; Gebühren je Tag, Woche oder Monat)
- Preise: bei Pauschalen z. B. 2,00 ... 15,00 EUR/Tag
- Mautzeiten: 24/7, Mo-Sa, Mo-Fr, Mo-Fr in Spitzenstunden
- Mautpflicht: Pkw+Lkw, Kfz außer Anwohner
- Technik: Transponder / On Board Units, Münz- und Kartenautomaten
- Gebührenerhebung: bar, automatisch
- Kontrolle: Kameras, Durchfahrtssperren
- Verkehrsreduktion: -5 % ... -30 % (in Einzelfällen aber auch deutlich mehr).

Die bisher umgesetzten Systeme sind in teilweise aufwändigen mehrjährigen Prozessen von der Konzeption über die Pilotierung bis in den Regelbetrieb überführt worden und in diesem

Zusammenhang auch unter der Berücksichtigung des sich ändernden Mobilitätsverhaltens (nicht zuletzt durch den Einsatz dieser Systeme) angepasst worden.

Aus den genannten Gründen ist daher ohne eine Grobkonzeption des Mautsystems unter Berücksichtigung der spezifischen Randbedingungen im Ballungsraum Halle eine Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen einer City-Maut nicht seriös möglich. Insbesondere durch die Preisgestaltung kann die angestrebte verkehrliche Wirkung (soweit man hier soziale, organisatorische, wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen außer Acht lassen würde) weitreichend skaliert werden.

Um dennoch einen großen Rahmen zu benennen, ist aus praktischen Erwägungen davon auszugehen, dass die verkehrliche Wirkung einer City-Maut nicht größer ist, als diejenige der Maßnahme M2.3: Verkehrsbeschränkung Kennzeichen (M23-VB-KZ).

## 7 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN

Für das Untersuchungsgebiet ist eine flächendeckende Auskunft über die Immissionsituation durch eine Vielzahl an Untersuchungspunkten gegeben.

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 5) auf der Grundlage der jeweiligen Verkehrsstärken der berücksichtigten Straßen (siehe Kapitel 6) ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Daher wird nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Berechnungsergebnisse für die Leitkomponente NO<sub>2</sub> sind für die Nullfälle als Gesamtbelastungen (Hintergrundbelastung + verkehrsbedingte Zusatzbelastung) in den **Abb. 7.1** bis **Abb. 7.3** grafisch für 1.5 m über Grund dargestellt. Die flächenhafte grafische Darstellung erfolgt in Form von farbigen Quadraten. Die Farben sind bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentration ist jeweils in der Legende angegeben. Sofern in diese Stufen besondere Kennwerte fallen, werden diese dargestellt (z. B. beim NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert der Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>).

In der **Tab. 7.1** sind die an verschiedenen Orten berechneten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte dem Messwert 2015 gegenübergestellt.

An Messstelle in 2.2 m Höhe	Messung 2015	Nullfall 2015	Nullfall mit HES-Ost	Nullfall mit HES-Ost und A 143
NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup>	49	49	48	40
<b>An Messstelle in 1.5 m Höhe</b>				
NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup>		50	49	41
<b>Max. Belastung an Fassade in 1.5 m Höhe</b>				
NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup>		47	46	39

Tab. 7.1: An verschiedenen Orten der Paracelsusstraße berechneten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte im Vergleich zum Messwert 2015. Fett=Überschreitung Grenzwert.

Weiterhin sind die mit MISKAM berechneten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für die Maßnahmenfälle M2.1 und M2.2 in den **Abb. 7.4** und **Abb. 7.5** dargestellt.

Die Ergebnisse der PM10-Berechnungen sind für die Lage des Messcontainers nur tabellarisch aufgeführt (**Tab. 7.2**). In **Tab. 7.2** finden sich statistische Kenngrößen der modellierten sowie der abgeschätzten Immissionsbelastungen im Untersuchungsgebiet Paracelsusstraße für die Lage des Messcontainers (Höhe über Grund 2.2 m) für alle untersuchten Fälle im Vergleich zu den Messwerten 2015. Diese Ergebnisse werden nachfolgend diskutiert.

Fall	NO <sub>2</sub> -JM [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10-JM [µg/m <sup>3</sup> ]	Anzahl Tage mit >50 µg/m <sup>3</sup>
<i>Messwert 2015</i>	49	30	30
Analysefall 2015 (NF01)	<b>49</b>	33	<b>45</b>
Nullfall mit HES-Ost (NF02)	<b>48</b>	32	<b>41</b>
Nullfall mit HES-Ost und A 143 (NF03)	40	28	26
M2.1 (Durchfahrtsverbot LKW >7.5 t beidseitig, Lieferfahrzeuge frei)	37	26	20
M2.1_E* (Durchfahrtsverbot LKW >7.5 t stadteinwärts, Lieferfahrzeuge frei)	<b>43</b>	28	26
M2.2 (Durchfahrtsverbot Diesel, EURO 6/VI frei, Lieferverkehr frei)	22	23	12
M2.2_E* (Durchfahrtsverbot Diesel stadteinwärts, EURO 6/VI frei, Lieferver- kehr frei)	36	26	20
M2.3* (Gerade/ungerade Kennzeichen)	<b>41</b>	27	23
M2.4* (Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h)	29	23	12

Tab. 7.2: Statistische Kenngrößen der Immissionsbelastungen für die Lage des Messcontainers Paracelsusstraße in den berechneten Szenarien für NO<sub>2</sub> und PM10. Fett markiert sind rechnerisch ermittelte Überschreitungen der Grenzwerte. \*keine separate MISKAM-Rechnung, sondern Abschätzung über Dreisatz auf Basis des NF02.

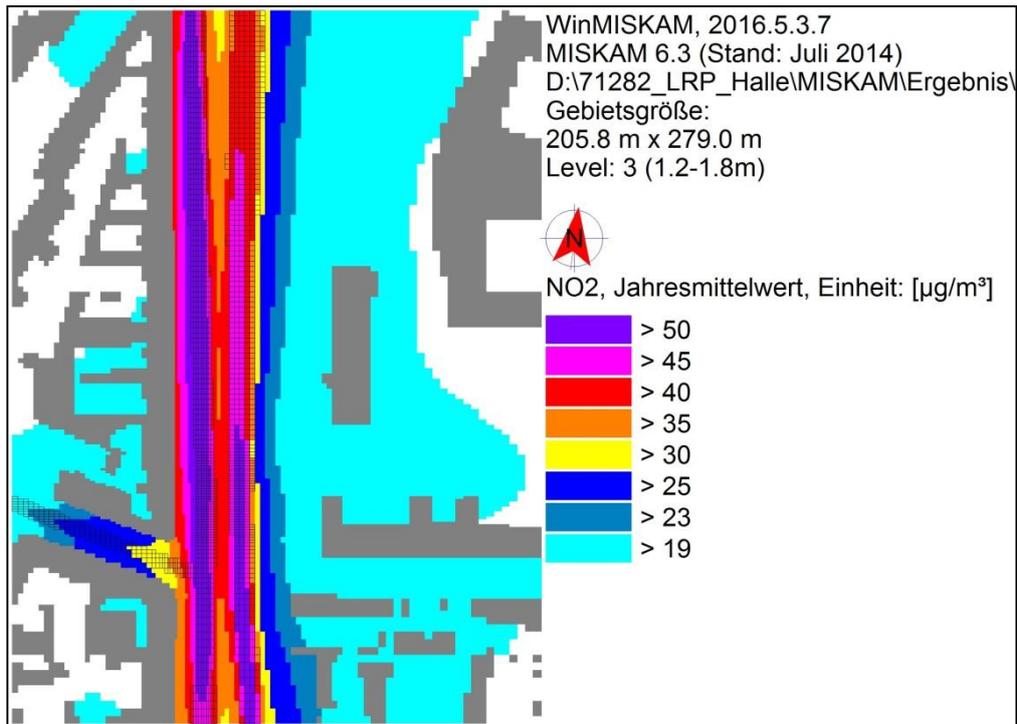


Abb. 7.1: Berechnete NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) für den Analysefall 2015 in 1.5 m über Grund

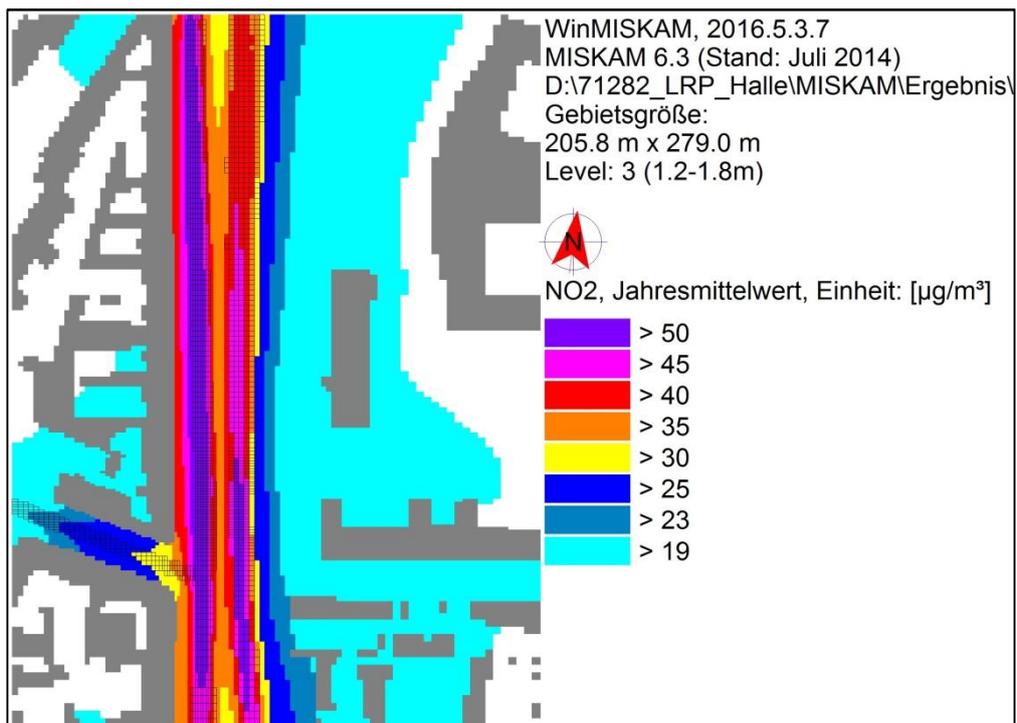


Abb. 7.2: Berechnete NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) für den Nullfall mit HES-Ost in 1.5 m über Grund

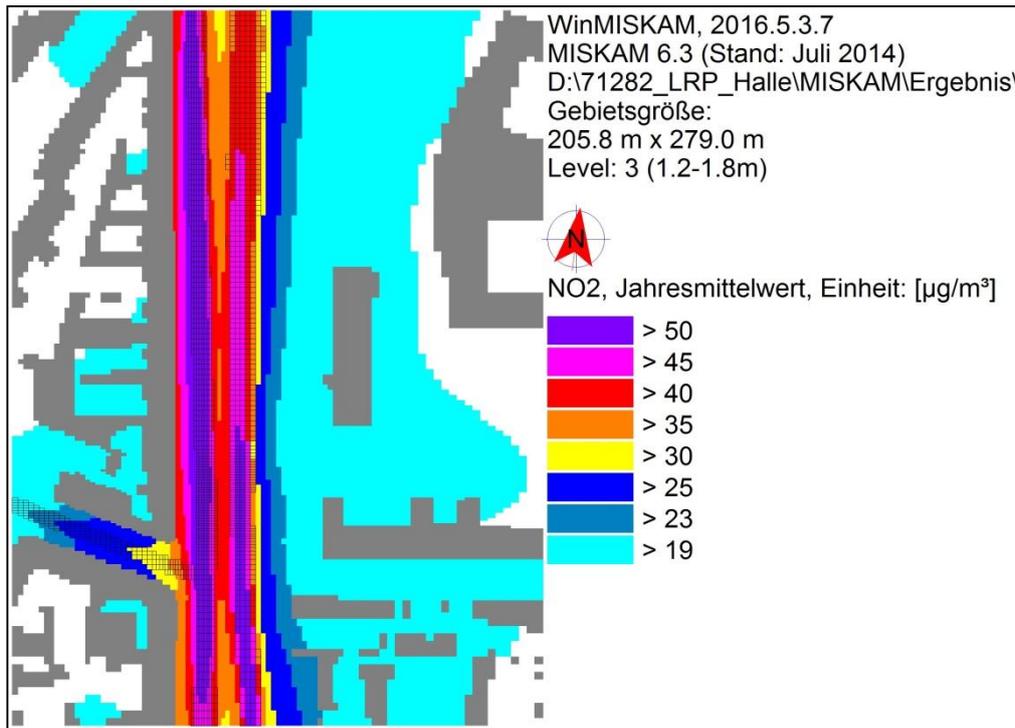


Abb. 7.3: Berechnete NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) für den Nullfall mit Fertigstellung der HES-Ost und A 143 in 1.5 m über Grund

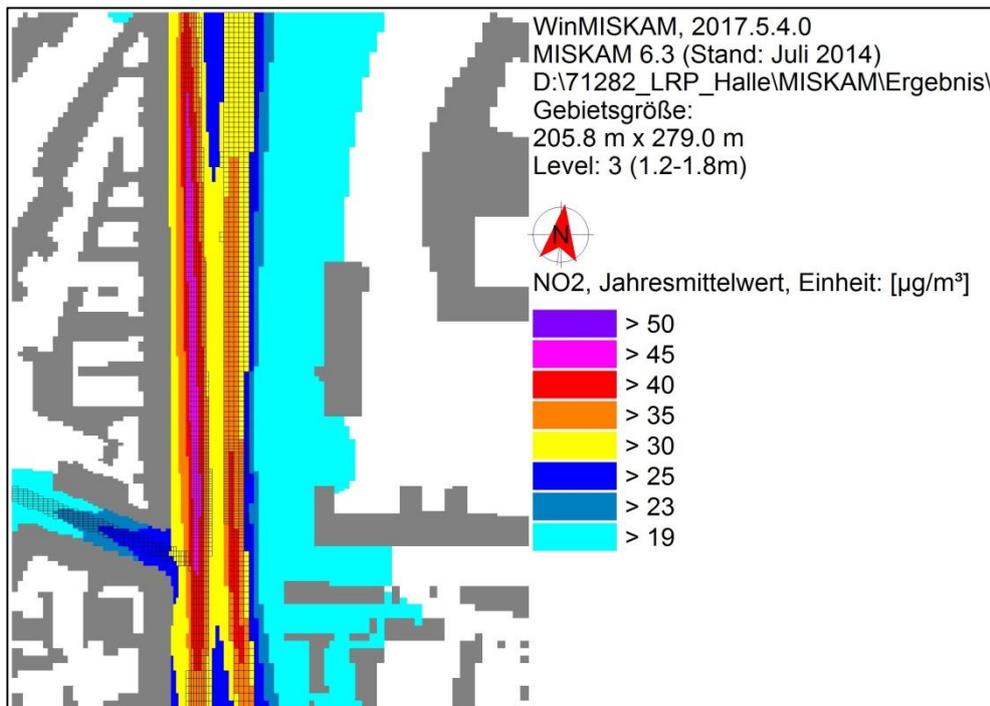


Abb. 7.4: Berechnete NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) für den Maßnahmenfall M2.1 in 1.5 m über Grund

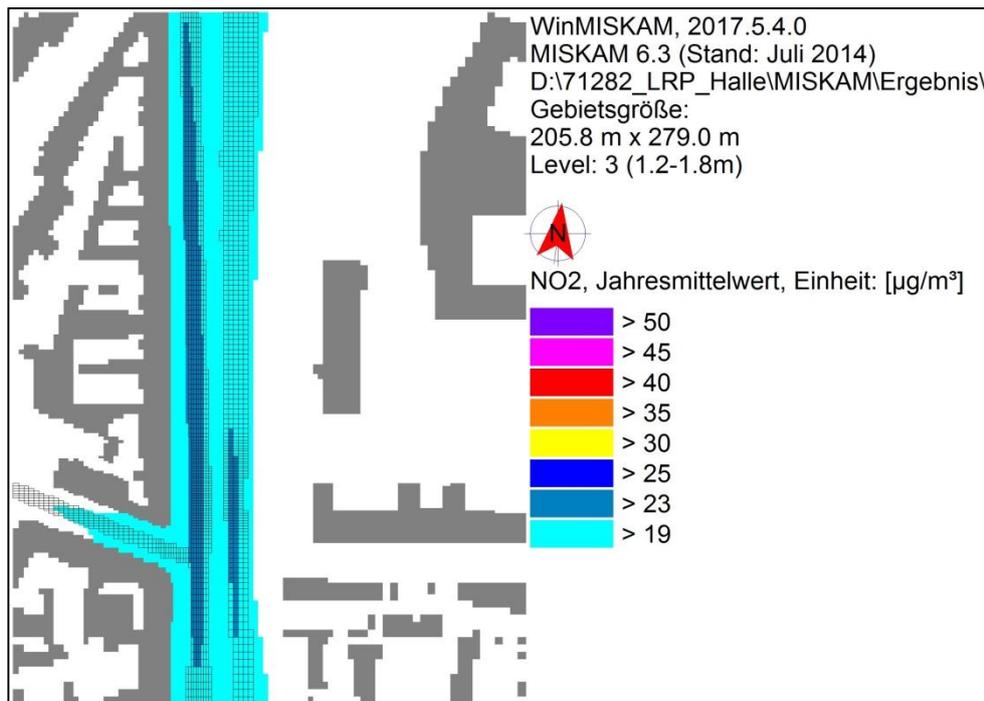


Abb. 7.5: Berechnete NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) für den Maßnahmenfall M2.2 in 1.5 m über Grund

## 7.1 Nullfall 2015

Die Gesamtbelastungen der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind für den Analysefall 2015 flächendeckend in der **Abb. 7.1** dargestellt.

Die höchsten Konzentrationen werden erwartungsgemäß auf den Fahrbahnen der Paracelsusstraße berechnet. Wegen der Strömungssituation (Hauptwindrichtung West und einseitig dichte Bebauung auf der hauptwindrichtungszugewandten Seite) sind die Jahresmittelwerte auf der Westseite der Paracelsusstraße höher als auf der Ostseite. Beurteilungsrelevant sind die Konzentrationen im Bereich des durch die 39. BImSchV festgelegten Messfensters.

Auf der Westseite der Paracelsusstraße zeigen die für die Ostfassade berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen eine relativ homogene Verteilung. Abgesehen von den Einmündungsbereichen mit geringeren Konzentrationen liegen die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte in 1.5 m über Grund bei max. 47 µg/m<sup>3</sup>. An der Messstelle werden in 1.5 m über Grund 50 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Mit zunehmender Messhöhe nehmen die Werte ab. In 2.2 m über Grund (Höhe Messeinlass) werden 49 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Dies entspricht exakt dem Messwert und spricht für eine fachlich abgesicherte Berechnungsmethodik. Südlich der Einmündung Hardenbergstraße liegen die berechneten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte unter dem Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>. Auf der Ostseite

der Paracelsusstraße liegen die an den dortigen Gebäuden berechneten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte unter 30 µg/m<sup>3</sup>, häufig unter 23 µg/m<sup>3</sup>. Ähnlich geringe Konzentrationen werden auch in den westlichen Hinterhöfen an der Paracelsusstraße berechnet. An den Fassaden der Hardenbergstraße werden Werte von weniger als 35 µg/m<sup>3</sup>, in vielen Bereichen kleiner als 30 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert.

Der an der Messstelle berechnete PM10-Jahresmittelwert in 2.2 m über Grund liegt bei 33 µg/m<sup>3</sup>. Dies sind 3 µg/m<sup>3</sup> (+10 %) mehr als der Messwert im Jahr 2015. Dies stellt eine gute Übereinstimmung dar.

Die an der Messstelle in 2.2 m über Grund berechnete Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes liegt mit 45 deutlich über den 30 gemessenen Überschreitungstagen. Dies liegt im Wesentlichen an der rechnerischen Überschätzung des PM10-Jahresmittelwertes.

## 7.2 Nullfall 2015 mit HES-Ost

Die Gesamtbelastungen der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind für den Nullfall mit HES-Ost für das Bezugsjahr 2015 flächendeckend in der **Abb. 7.2** dargestellt.

Das Konzentrationsbild entspricht weitgehend dem Analysefall 2015.

Auf der Westseite der Paracelsusstraße zeigen auch hier die für die Ostfassade berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen eine relativ homogene Verteilung. Abgesehen von den Einmündungsbereichen mit geringeren Konzentrationen liegen die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte in 1.5 m über Grund bei max. 46 µg/m<sup>3</sup>. An der Messstelle werden in 1.5 m über Grund 49 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Dies ist 1 µg/m<sup>3</sup> weniger als im Analysefall.

Mit zunehmender Messhöhe nehmen auch hier die Werte ab. In 2.2 m über Grund (Höhe Messeinlass) werden 48 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Dies ist ebenfalls 1 µg/m<sup>3</sup> weniger als im Analysefall. Eine Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwertes von 40 µg/m<sup>3</sup> ist mit dieser Maßnahme somit nicht möglich.

Der an der Messstelle berechnete PM10-Jahresmittelwert in 2.2 m über Grund liegt bei 32 µg/m<sup>3</sup>. Dies sind 1 µg/m<sup>3</sup> weniger als der Analysewert im Jahr 2015. Der PM10-Jahresmittelgrenzwert (40 µg/m<sup>3</sup>) wäre damit, wie auch im Analysefall, deutlich eingehalten.

Die an der Messstelle in 2.2 m über Grund berechnete Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes liegt mit 41 zwar über dem Grenzwert (35 Tage erlaubt). Da der Analysefall bei einem um  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höheren Jahresmittelwert bereits eine Einhaltung aufzeigt, wird auch im Nullfall mit HES-Ost eine Einhaltung des PM10-Tagesgrenzwertes erwartet.

### 7.3 Nullfall 2015 mit HES-Ost und A 143

Die Gesamtbelastungen der  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte sind für den Nullfall mit HES-Ost und A 143 für das Bezugsjahr 2015 flächendeckend in der **Abb. 7.3** dargestellt.

Das Konzentrationsbild zeigt gegenüber dem Analysefall 2015 deutlich geringere Konzentrationen. Dies ist durch die deutliche Abnahme der Verkehrsmengen verursacht.

Auf der Westseite der Paracelsusstraße zeigen auch hier die für die Ostfassade berechneten  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen eine relativ homogene Verteilung. Abgesehen von den Einmündungsbereichen mit geringeren Konzentrationen liegen die  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte in 1.5 m über Grund bei max.  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . An der Messstelle werden in 1.5 m über Grund  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Dies sind  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (-18 %) weniger als im Analysefall.

Mit zunehmender Messhöhe nehmen auch hier die Werte ab. In 2.2 m über Grund (Höhe Messeinlass) werden  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Damit wäre der  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelgrenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht mehr überschritten.

Der an der Messstelle berechnete PM10-Jahresmittelwert in 2.2 m über Grund liegt bei  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dies sind  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weniger als der Analysewert im Jahr 2015. Der PM10-Jahresmittelgrenzwert ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wäre damit, wie auch im Analysefall, deutlich eingehalten.

Die an der Messstelle in 2.2 m über Grund berechnete Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes liegt mit 26 ebenfalls sicher unter dem Grenzwert (35 Tage erlaubt).

### 7.4 Modellfall Grenzwerteinhaltung mit HES-Ost

Es sollte auf Basis der Berechnungsergebnisse zu den Nullfällen abgeschätzt werden, wie die notwendige Verkehrsreduktion sein muss, um den  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelgrenzwert einzuhalten.

Die zuvor beschriebenen Berechnungsergebnisse zeigen auf, dass der Nullfall HES-Ost mit A 143 zu  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerten an der Messstelle von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  führt.

Die für diesen Fall modellierten Verkehrsbelegungen geben somit den Maximalwert zur Grenzwerteinhaltung vor. Diese sind:

DTV (Mo bis So) = 37 700 Kfz/d bei ca. 7 % SV-Anteil (inkl. Busse).

D. h. die Verkehrsbelegungen in der derzeitigen Situation von 45 000 Kfz/d (Mo bis So) bei einem SV-Anteil (inkl. Busse) von ca. 10 % müsste pro Tag um ca.

5 400 PKW inkl. LNF sowie 1 900 LKW inkl. Busse

reduziert werden.

Bei ggü. dem Analysefall gleichbleibendem Schwerverkehrsanteil von 10 % müsste auf der Paracelsusstraße die Fahrleistung

DTV (Mo bis So) um ca. 31 % auf ca. 31 000 Kfz/d

abgesenkt werden.

## 7.5 Maßnahmen M2.1 und M2.1\_E Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t

Die Gesamtbelastungen der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind für den Maßnahmenfall M2.1 für das Bezugsjahr 2015 flächendeckend in der **Abb. 7.4** dargestellt.

Auf der Westseite der Paracelsusstraße zeigen auch hier die für die Ostfassade berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen eine relativ homogene Verteilung. Abgesehen von den Einmündungsbereichen mit geringeren Konzentrationen liegen die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte in 1.5 m über Grund bei max. 36 µg/m<sup>3</sup>. An der Messstelle werden in 1.5 m über Grund 38 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Dies sind 12 µg/m<sup>3</sup> weniger als im Analysefall.

Mit zunehmender Messhöhe nehmen auch hier die Werte ab. In 2.2 m über Grund (Höhe Messeinlass) werden 37 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Damit wäre der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> nicht mehr überschritten.

Der an der Messstelle berechnete PM10-Jahresmittelwert in 2.2 m über Grund liegt bei 26 µg/m<sup>3</sup>. Dies sind 5 µg/m<sup>3</sup> weniger als der Analysewert im Jahr 2015. Der PM10-Jahresmittelgrenzwert (40 µg/m<sup>3</sup>) wäre damit, wie auch im Analysefall, deutlich eingehalten. Die an der Messstelle in 2.2 m über Grund berechnete Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes liegt mit 20 ebenfalls sicher unter dem Grenzwert (35 Tage erlaubt).

Sollte das Einfahrverbot nur in stadteinwärtige Richtung gelten (M2.1\_E) dann würde an der Messstelle in 2.2 m über Grund ein NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert von 43 µg/m<sup>3</sup>, 6 µg/m<sup>3</sup> weniger als im Analysefall, erwartet. Der Grenzwert könnte damit trotzdem nicht eingehalten werden. Der an der Messstelle berechnete PM10-Jahresmittelwert in 2.2 m über Grund läge bei 28 µg/m<sup>3</sup>. Der PM10-Jahresmittelgrenzwert (40 µg/m<sup>3</sup>) wäre damit, wie auch im Analysefall, deutlich eingehalten. Die an der Messstelle in 2.2 m über Grund berechnete Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes läge mit 26 ebenfalls sicher unter dem Grenzwert (35 Tage erlaubt).

## 7.6 Maßnahmen M2.2 und M2.2\_E Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge

Die Gesamtbelastungen der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind für den Maßnahmenfall M2.2 für das Bezugsjahr 2015 flächendeckend in der **Abb. 7.5** dargestellt.

Die berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen zeigen ein sehr niedriges Konzentrationsniveau. Die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte in 1.5 m über Grund liegen bei max. 22 µg/m<sup>3</sup>. An der Messstelle werden in 1.5 m über Grund 23 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Dies sind nur 5 µg/m<sup>3</sup> über der Hintergrundbelastung. In 2.2 m über Grund (Höhe Messeinlass) werden 22 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Damit wäre der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> deutlich unterschritten.

Der an der Messstelle berechnete PM10-Jahresmittelwert in 2.2 m über Grund liegt bei 23 µg/m<sup>3</sup>. Dies sind 10 µg/m<sup>3</sup> weniger als der Analysewert im Jahr 2015. Der PM10-Jahresmittelgrenzwert (40 µg/m<sup>3</sup>) wäre damit, wie auch im Analysefall, deutlich eingehalten. Die an der Messstelle in 2.2 m über Grund berechnete Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes liegt mit 12 auf einem niedrigen Niveau unterhalb des Grenzwertes.

Sollte das Einfahrverbot nur in stadteinwärtige Richtung gelten (M2.2\_E), dann würde an der Messstelle in 2.2m über Grund ein NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert von 36 µg/m<sup>3</sup>, 13 µg/m<sup>3</sup> weniger als im Analysefall, erwartet. Der Grenzwert könnte damit sicher eingehalten werden. Der an der Messstelle berechnete PM10-Jahresmittelwert in 2.2 m über Grund läge bei 26 µg/m<sup>3</sup>. Der PM10-Jahresmittelgrenzwert (40 µg/m<sup>3</sup>) wäre damit, wie auch im Analysefall, deutlich eingehalten. Die an der Messstelle in 2.2 m über Grund berechnete Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes läge mit 20 ebenfalls sicher unter dem Grenzwert (35 Tage erlaubt).

## 7.7 Maßnahme M2.3 Verkehrsbeschränkung Kennzeichen

Für diese Maßnahme wurden die zu erwartenden NO<sub>2</sub>- und PM10-Konzentrationen mittels Dreisatz aus den Ergebnissen der MISKAM Berechnung für den Nullfall 2 sowie der entsprechend zu erwartenden Veränderungen in den Verkehrsbelastungen abgeschätzt.

An der Messstelle werden 41 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> im Jahresmittel erwartet. Damit wäre eine Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwertes von 40 µg/m<sup>3</sup> nicht möglich.

Der an der Messstelle abgeschätzte PM10-Jahresmittelwert in 2.2 m über Grund liegt bei 27 µg/m<sup>3</sup>. Der PM10-Jahresmittelgrenzwert (40 µg/m<sup>3</sup>) wäre damit, wie auch im Analysefall, deutlich eingehalten. Die an der Messstelle in 2.2 m über Grund berechnete Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes liegt mit 23 ebenfalls sicher unter dem Grenzwert (35 Tage erlaubt).

## 7.8 Maßnahme M2.4 Beidseitige Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h

Für diese Maßnahme wurden die zu erwartenden NO<sub>2</sub>- und PM10-Konzentrationen mittels Dreisatz aus den Ergebnissen der MISKAM-Berechnung für den Nullfall 2 der entsprechend zu erwartenden Veränderungen in den Verkehrsbelastungen abgeschätzt.

Die emissionsseitigen Wirkungen von T30 werden derzeit kontrovers diskutiert, weil sie stark von den streckenspezifischen Gegebenheiten abhängen. Das HBEFA gibt z. B. derzeit keine spezifischen Emissionsfaktoren bei T30 auf Hauptverkehrsstraßen vor. Neben den in LUBW (2012) beschriebenen Einflüssen sind vor allem die Änderungen des realen Fahrverhaltens von T50 zu T30 relevant (Lohmeyer, 2015). Liegt beispielsweise das Geschwindigkeitsniveau in einem T50-Abschnitt auf Grund von Störungen im Verkehrsablauf nur zwischen 30 km/h und 40 km/h, ist das Emissionsminderungspotenzial ebenso gering wie in dem Fall, dass bei T30 auf Grund der örtlichen Gegebenheiten (z. B. breite, anbaufreie Strecke) und/oder ohne Überwachung des Tempolimits das Geschwindigkeitsniveau unverändert bleibt.

Aber selbst wenn sich bei T30 eine Reduzierung der mittleren Geschwindigkeit einstellt, kann allein aus der Geschwindigkeitsdifferenz keine emissionsseitige Bewertung erfolgen, da es prinzipiell zwei gegenläufige Effekte gibt:

- während einer Konstantfahrt wird bei T30 durch die Motoren tendenziell geringfügig mehr  $\text{NO}_x$  emittiert als bei T50,
- während der Beschleunigungsphase z. B. beim Einfahren in den Abschnitt oder beim Wiederanfahren nach dem Halt vor einer Lichtsignalanlage (LSA) sind die Emissionen bei einer Beschleunigung auf 50 km/h deutlich höher als bei einer Beschleunigung auf eine Zielgeschwindigkeit von 30 km/h.

Der Konstantfahrtanteil hat demnach einen großen Einfluss, da sich daraus ableiten lässt, ob bzw. wie weit bei T30 die niedrigeren Emissionen beim Beschleunigen durch die leicht höheren Emissionen während der Konstantfahrt kompensiert werden. Die Bewertung der emissionsseitigen Auswirkungen einer T30-Maßnahme ist demnach nicht pauschal möglich, sondern kann nur streckenspezifisch unter einer Berücksichtigung des realen Fahrverhaltens erfolgen.

Im vorliegenden Fall der Paracelsusstraße im Bereich des Messcontainers ist weniger von einem hohen Anteil von Beschleunigungsphasen (der Abstand der LSA-kooordinierten Knotenpunkte ist recht groß) sondern eher von einem höheren Anteil an Konstantfahrt auszugehen. Tendenziell kann deshalb bei T30 emissionsseitig, wenn überhaupt, nur ein geringes Minderungspotenzial vermutet werden. Die Verkehrssituation und damit die Emissionsfaktoren wurden deshalb gegenüber dem Nullfall 2 trotz des angesetzten Tempolimits auf 30 km/h nicht verändert. Genauere Quantifizierungen könnten nur mit entsprechenden mobilen Messfahrten in Kombination mit mikroskaligen Emissionsmodellierungen mit PHEM erfolgen. Die nachfolgend aufgezeigten Minderungseffekte resultieren deshalb allein aus der Veränderung der Verkehrsstärken infolge der aus der Geschwindigkeitsbeschränkung resultierenden längeren Fahrzeit für die Strecke B 6/B 91 zwischen Dessauer Platz und Knotenpunkt Merseburger Straße/Raffineriestraße im Vergleich zur der über die HES-Ost.

Für diese Maßnahme wurden die zu erwartenden  $\text{NO}_2$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen mittels Dreisatz aus den Ergebnissen der MISKAM Berechnung für den Nullfall 2 sowie der entsprechend zu erwartenden Veränderungen in den Verkehrsbelastungen abgeschätzt.

An der Messstelle werden  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_2$  im Jahresmittel erwartet. Damit wäre eine Einhaltung des  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelgrenzwertes von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich möglich.

Der an der Messstelle abgeschätzte  $\text{PM}_{10}$ -Jahresmittelwert in 2.2 m über Grund liegt bei  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der  $\text{PM}_{10}$ -Jahresmittelgrenzwert ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wäre damit, wie auch im Analysefall,

deutlich eingehalten. Die an der Messstelle in 2.2 m über Grund berechnete Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes liegt mit 12 ebenfalls sicher unter dem Grenzwert (35 Tage erlaubt).

Die immissionsseitig hohe Wirkung dieser Maßnahme wäre somit vergleichbar mit der des beidseitigen Dieselfahrverbotes (M2.1).

Als zusätzlicher Nutzen der Maßnahme ist weiterhin zu nennen, dass sie zur Lärminderung beiträgt und die Verkehrssicherheit erhöht (UBA-Bericht 26/2014; UBA, 2014b).

## **7.9 Maßnahme M2.5 City-Maut**

Es ist davon auszugehen, dass die verkehrliche Wirkung einer City-Maut nicht größer ist als diejenige der Verkehrsbeschränkung Kennzeichen (M2.3), vgl. hierzu Abschnitt 6.2.2.

## 8 BEWERTUNG DER UMSETZBARKEIT VON MAßNAHMEN

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die untersuchten Maßnahmen hinsichtlich ihrer kurzfristigen Umsetzbarkeit im Zusammenhang mit den örtlichen und verkehrstechnischen Gegebenheiten und deren Auswirkungen, den rechtlichen Rahmenbedingungen und unter dem Gesichtspunkt der Verhältnismäßigkeit bewertet. Die Maßnahmen werden übersichtlich nach einem einheitlichen Schema dargestellt:

**Beschreibung der Maßnahme:**

Was soll wie getan werden?

**Rechtliche Rahmenbedingungen:**

Sind diese gegeben? Ggf. aktuelle Gerichtsurteile dazu.

**Verkehrliche Effekte:**

Wie wirkt die Maßnahme auf den Verkehr?

**Luftschadstoffminderungseffekte:**

Wie wirkt die Maßnahme auf die Luftbelastung?

**Akteure:**

Wer ist verantwortlich für die Durchführung der Maßnahme?

**Kostenkategorie (KK):**

Welche Kosten fallen an?

KK I : <10.000 €;

KK II : 10.000-50.000 €

KK III : 50.000-250.000 €

KK IV : 250.000-1 Mio. €

KK V : >1 Mio. €

**Zeitraumen der Umsetzung:** Wie schnell wäre ein Umsetzung machbar?

**Beispiele:** Falls vorhanden werden Beispiele aus anderen Städten gegeben

### 8.1 Maßnahme M2.1 Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t

**Beschreibung der Maßnahme:**

Es erfolgt eine straßenabschnittsbezogene Sperrung für die Strecke Paracelsusstraße/ Volkmannstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz. Das Verbot gilt für Kraftfahrzeuge mit einem Gesamtgewicht über 7.5 t mit Ausnahme von Kraftomnibussen. Die Zufahrt für den Lieferverkehr wird mittels Zusatzbeschilderung („Lieferverkehr frei“) ermöglicht. Die Beschilderung im Zulauf auf den Streckenabschnitt muss grundsätzlich an Querschnitten

erfolgen, an denen mindestens noch eine alternative Fahrmöglichkeit bzw. als Rückfallebene eine Wendemöglichkeit gegeben ist. Eine praktikable Lösung in Bezug auf eine gemeinsame Beschilderung und eine verständliche Kommunikation kann durch Anordnung des Durchfahrtsverbotes für das gesamte Gebiet der Umweltzone (d. h. nicht nur für die Strecke Paracelsusstraße/Volkmanstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz) erreicht werden (vgl. **Abb. 8.1**).

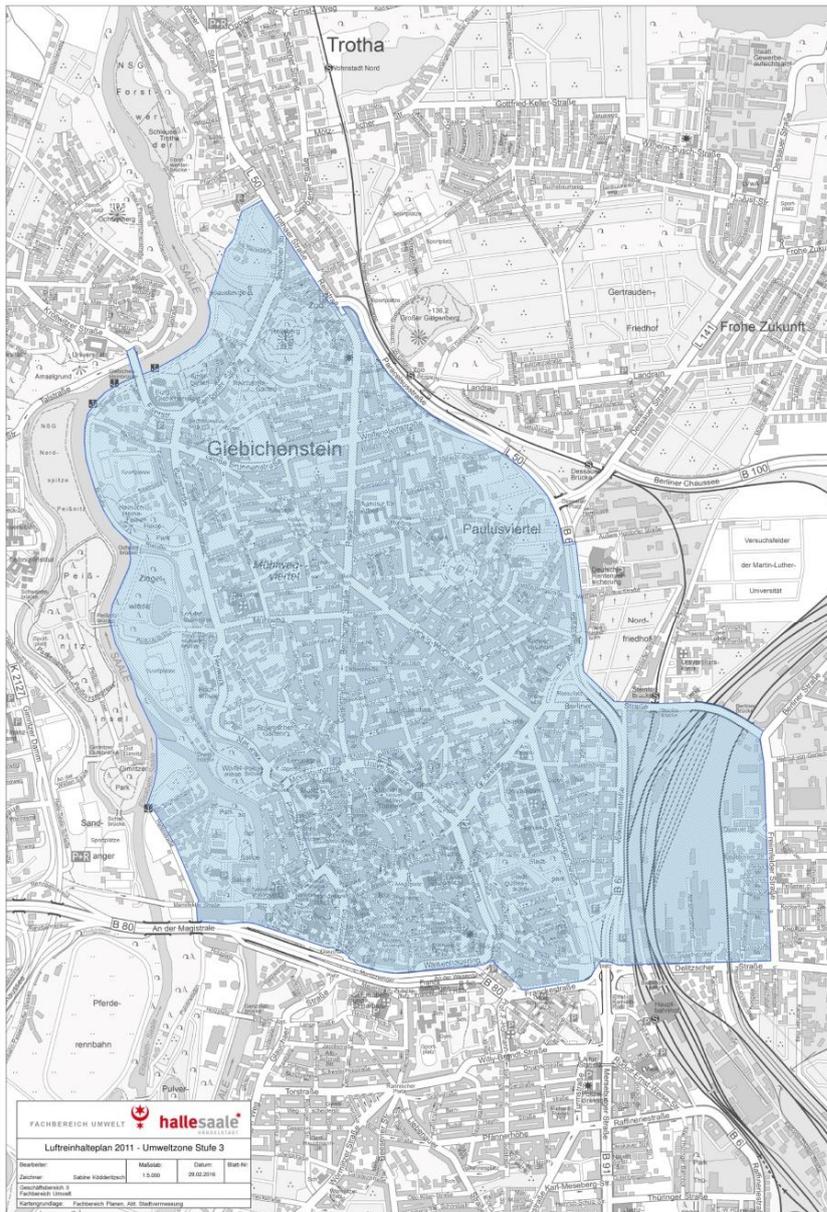


Abb. 8.1: Umweltzone Halle Stufe 3 (Quelle: Luftreinhalteplan Halle)

**Rechtliche Rahmenbedingungen:**

Voraussetzung zur Anordnung der Durchfahrtsverbote für den Schwerverkehr ist eine Begründung der Verkehrsbeschränkungen auf Grundlage von § 45 StVO unter Bezug auf die Luftschadstoffgrenzwertüberschreitungen unter Berücksichtigung der Funktion der Straße sowie möglicher Alternativrouten.

**Verkehrliche Effekte (bezogen auf den Nullfall 2015 mit HES-Ost):**

- Die Verkehrsbelastung im Bereich Paracelsusstraße reduziert sich von ca. 46.900 Kfz/24h auf ca. 43.400 Kfz/24h.
- Die Verkehrsbelastung im Bereich HES-Ost nördlich der Delitzscher Straße steigt von ca. 9.600 Kfz/24h auf ca. 11.500 Kfz/24h.

**Luftschadstoffminderungseffekte (bezogen auf den Analysefall):**

- Der Jahresmittelwert NO<sub>2</sub> sinkt von 49 µg/m<sup>3</sup> auf 37 µg/m<sup>3</sup>.
- Der Jahresmittelwert PM10 sinkt von 33 µg/m<sup>3</sup> auf 26 µg/m<sup>3</sup>.
- Die Anzahl der Überschreitungstage PM10 sinkt von 41 auf 20.

Damit könnten an der Messstelle Paracelsusstraße alle Grenzwerte eingehalten werden.

Hinweis: Den Vorteilen für die lokale Luftreinhaltung und ggf. Lärminderung stehen durch die Verkehrsverlagerung Nachteile auf den Alternativrouten und wegen der Umwegfahrten auch in den Gesamtemissionsbilanzen gegenüber. Es wird empfohlen zu prüfen, ob diese Maßnahme mit Hilfe einer umweltsensitiven Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation (Wechselwegweiser, Variotafeln) realisiert werden kann, so dass die Maßnahme nur bei immissionsseitiger Notwendigkeit (hohe Verkehrsdichte, un stetiger Verkehrsfluss, ungünstige Meteorologie, hohe Hintergrundbelastung) aktiviert wird. Damit könnten die Verlagerungseffekte auf das zeitlich notwendige Maß beschränkt werden.

**Akteure:**

Stadtverwaltung Halle (Saale)

**Kostenkategorie (KK):**

KK I-II

**Zeitraumen der Umsetzung:**

Ca. 1 bis 2 Jahre

**Beispiele:**

Die Stadt Dresden hat seit mehreren Jahren ein Durchfahrtsverbot für den Lkw-Durchgangsverkehr in Kraft (siehe **Abb. 8.2**), welches ebenfalls aus Gründen der Luftreinhaltung angeordnet worden ist. Es verdeutlicht, dass entsprechende Mehrwege im Rahmen der Gesamtabwägung durchaus hingenommen werden können. So ergibt sich in Dresden beispielsweise für die Fahrbeziehung zwischen Bannewitz und Radeberg ein Mehraufwand in ähnlicher Größenordnung. Die zusätzliche Fahrstrecke für die Verbindung über die Autobahnen A 4 und A 17 beträgt hier ca. 23 km.



Abb. 8.2: Beispiel: Beschränkungen für den Lkw-Durchgangsverkehr in Dresden

**8.2 Maßnahme M2.1\_E Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t stadteinwärts****Beschreibung der Maßnahme:**

Es erfolgt eine straßenabschnittsbezogene Sperrung für die Strecke Paracelsusstraße/ Volkmannstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz in stadteinwärtiger Richtung. Das Verbot gilt für Kraftfahrzeuge mit einem Gesamtgewicht über 7.5 t mit Ausnahme von Kraftomnibussen. Die Zufahrt für den Lieferverkehr wird mittels Zusatzbeschilderung („Lieferverkehr frei“) ermöglicht. Die Beschilderung im Zulauf auf den Streckenabschnitt muss grundsätzlich an Querschnitten erfolgen, an denen mindestens noch eine alternative Fahrmöglichkeit bzw. als Rückfallebene eine Wendemöglichkeit gegeben ist. Eine praktikable

Lösung in Bezug auf eine gemeinsame Beschilderung und eine verständliche Kommunikation kann durch Anordnung des Durchfahrtsverbotes für das gesamte Gebiet der Umweltzone (d. h. nicht nur für die Strecke Paracelsusstraße/Volkmanstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz) erreicht werden.

**Rechtliche Rahmenbedingungen:**

Siehe M2.1

**Verkehrliche Effekte (bezogen auf den Nullfall 2015 mit HES-Ost):**

- Die Verkehrsbelastung im Bereich Paracelsusstraße reduziert sich von ca. 46.900 Kfz/24h auf ca. 45.400 Kfz/24h.
- Die Verkehrsbelastung im Bereich HES-Ost nördlich der Delitzscher Straße steigt von ca. 9.600 Kfz/24h auf ca. 9.900 Kfz/24h.

**Luftschadstoffminderungseffekte (bezogen auf den Analysefall):**

- Der Jahresmittelwert NO<sub>2</sub> sinkt von 49 µg/m<sup>3</sup> auf 43 µg/m<sup>3</sup>.
- Der Jahresmittelwert PM10 sinkt von 33 µg/m<sup>3</sup> auf 28 µg/m<sup>3</sup>.
- Die Anzahl der Überschreitungstage PM10 sinkt von 41 auf 36.

Damit könnte an der Messstelle Paracelsusstraße der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert nicht eingehalten werden. In meteorologisch ungünstigen Jahren wäre auch eine Überschreitung des PM10-Tagesgrenzwertes möglich.

**Akteure:**

Siehe M2.1

**Kostenkategorie (KK):**

KK I-II

**Zeitraumen der Umsetzung:**

Ca. 1 bis 2 Jahre

**Beispiele:**

Siehe M2.1

### 8.3 Maßnahme M2.2 Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge

#### Beschreibung der Maßnahme:

Es erfolgt eine straßenabschnittsbezogene Sperrung für die Strecke Paracelsusstraße/Volkmannstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz. Das Verbot gilt für alle Dieselfahrzeuge außer EURO 6/VI mit Ausnahme von Kraftomnibussen. Die Zufahrt für den Lieferverkehr wird mittels Zusatzbeschilderung („Lieferverkehr frei“) ermöglicht. Die Beschilderung im Zulauf auf den Streckenabschnitt muss grundsätzlich an Querschnitten erfolgen, an denen mindestens noch eine alternative Fahrmöglichkeit bzw. als Rückfallebene eine Wendemöglichkeit gegeben ist. Eine praktikable Lösung in Bezug auf eine gemeinsame Beschilderung und eine verständliche Kommunikation kann durch Anordnung des Durchfahrtsverbotes für das gesamte Gebiet der Umweltzone (d. h. nicht nur für die Strecke Paracelsusstraße/Volkmannstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz) erreicht werden (vgl. **Abb. 8.1**).

#### Rechtliche Rahmenbedingungen:

Voraussetzung zur Anordnung des Durchfahrtsverbotes für Dieselfahrzeuge ist die Änderung der 35. BImSchV einhergehend mit weiteren Umweltplaketten. Ein entsprechendes Verbot könnte jedoch bereits auf Grundlage von § 45 StVO unter Bezug auf die Luftschadstoffgrenzwertüberschreitungen möglich sein (Verkehrszeichen VZ 251 mit Zusatzzeichen). Das entsprechende Urteil des VG Düsseldorf (Aktenzeichen 3K 7695/15) ist wegen Berufung noch nicht rechtskräftig.

#### Verkehrliche Effekte (bezogen auf den Nullfall 2015 mit HES-Ost):

- Die Verkehrsbelastung im Bereich Paracelsusstraße reduziert sich von ca. 46.900 Kfz/24h auf ca. 32.100 Kfz/24h.
- Die Verkehrsbelastung im Bereich HES-Ost nördlich der Delitzscher Straße steigt von ca. 9.600 Kfz/24h auf ca. 13.500 Kfz/24h.
- Die Verkehrsbelastung im Bereich Delitzscher Straße steigt von ca. 18.600 Kfz/24h auf ca. 22.100 Kfz/24h.

#### Luftschadstoffminderungseffekte (bezogen auf den Analysefall):

- Der Jahresmittelwert NO<sub>2</sub> sinkt von 49 µg/m<sup>3</sup> auf 22 µg/m<sup>3</sup>.
- Der Jahresmittelwert PM10 sinkt von 33 µg/m<sup>3</sup> auf 23 µg/m<sup>3</sup>.
- Die Anzahl der Überschreitungstage PM10 sinkt von 41 auf 12.

Damit könnten an der Messstelle Paracelsusstraße alle Grenzwerte eingehalten werden.

Hinweis: Den Vorteilen für die lokale Luftreinhaltung und ggf. Lärminderung stehen durch die Verkehrsverlagerung Nachteile auf den Alternativrouten und wegen der Umwegfahrten auch in den Gesamtemissionsbilanzen gegenüber. Es wird empfohlen zu prüfen, ob diese Maßnahme mit Hilfe einer umweltsensitiven Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation (Wechselwegweiser, Variotafeln) realisiert werden kann, so dass die Maßnahme nur bei immissionsseitiger Notwendigkeit (hohe Verkehrsdichte, un stetiger Verkehrsfluss, ungünstige Meteorologie, hohe Hintergrundbelastung) aktiviert wird. Damit könnten die Verlagerungseffekte auf das zeitlich notwendige Maß beschränkt werden.

**Akteure:**

Stadtverwaltung Halle (Saale)

**Kostenkategorie (KK):**

KK I-II

**Zeitraumen der Umsetzung:**

Ca. 1 bis 2 Jahre

**Beispiele:**

Die Landeshauptstadt Stuttgart beabsichtigt in 2018 die Einführung eines Dieselfahrverbotes im Falle eines sog. „Feinstaubalarms“. Auch in anderen betroffenen Städten ist diese Maßnahme in Diskussion.

#### **8.4 Maßnahme M2.2\_E Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge stadteinwärts**

**Beschreibung der Maßnahme:**

Es erfolgt eine straßenabschnittsbezogene Sperrung für die Strecke Paracelsusstraße/ Volkmannstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz in stadteinwärtiger Richtung. Das Verbot gilt für alle Dieselfahrzeuge außer EURO 6/VI mit Ausnahme von Kraftomnibussen. Die Zufahrt für den Lieferverkehr wird mittels Zusatzbeschilderung („Lieferverkehr frei“) ermöglicht. Die Beschilderung im Zulauf auf den Streckenabschnitt muss grundsätzlich an Querschnitten erfolgen, an denen mindestens noch eine alternative Fahrmöglichkeit bzw. als Rückfallebene eine Wendemöglichkeit gegeben ist. Eine praktikable Lösung in Bezug auf eine gemeinsame Beschilderung und eine verständliche Kommunikation kann durch Anord-

nung des Durchfahrtsverbotes für das gesamte Gebiet der Umweltzone (d. h. nicht nur für die Strecke Paracelsusstraße/Volkmannstraße zwischen Dessauer Platz und Riebeckplatz) erreicht werden.

### **Rechtliche Rahmenbedingungen:**

Siehe M2.2

### **Verkehrliche Effekte (bezogen auf den Nullfall 2015 mit HES-Ost):**

- Die Verkehrsbelastung im Bereich Paracelsusstraße reduziert sich von ca. 46.900 Kfz/24h auf ca. 39.700 Kfz/24h.
- Die Verkehrsbelastung im Bereich HES-Ost nördlich der Delitzscher Straße steigt von ca. 9.600 Kfz/24h auf ca. 10.500 Kfz/24h.
- Die Verkehrsbelastung im Bereich Delitzscher Straße steigt von ca. 18.600 Kfz/24h auf ca. 20.400 Kfz/24h.

### **Luftschadstoffminderungseffekte (bezogen auf den Analysefall):**

- Der Jahresmittelwert NO<sub>2</sub> sinkt von 49 µg/m<sup>3</sup> auf 36 µg/m<sup>3</sup>.
- Der Jahresmittelwert PM10 sinkt von 33 µg/m<sup>3</sup> auf 26 µg/m<sup>3</sup>.
- Die Anzahl der Überschreitungstage PM10 sinkt von 41 auf 20.

Damit könnten an der Messstelle Paracelsusstraße alle Grenzwerte eingehalten werden.

Hinweis: Den Vorteilen für die lokale Luftreinhaltung und ggf. Lärminderung stehen durch die Verkehrsverlagerung Nachteile auf den Alternativrouten und wegen der Umwegfahrten auch in den Gesamtemissionsbilanzen gegenüber. Es wird empfohlen zu prüfen, ob diese Maßnahme mit Hilfe einer umweltsensitiven Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation (Wechselwegweiser, Variotafeln) realisiert werden kann, so dass die Maßnahme nur bei immissionsseitiger Notwendigkeit (hohe Verkehrsdichte, un stetiger Verkehrsfluss, ungünstige Meteorologie, hohe Hintergrundbelastung) aktiviert wird. Damit könnten die Verlagerungseffekte auf das zeitlich notwendige Maß beschränkt werden.

### **Akteure:**

Siehe M2.2

**Kostenkategorie (KK):**

KK I-II

**Zeitraumen der Umsetzung:**

Ca. 1 bis 2 Jahre

**Beispiele:**

Siehe M2.2

**8.5 Maßnahme M2.3 Verkehrsbeschränkung Kennzeichen****Beschreibung der Maßnahme:**

Es erfolgt eine Verkehrsbeschränkung vom Grundsatz für das gesamte Stadtgebiet. Ausgenommen von der Verkehrsbeschränkung sind alle Zufahrten von der Stadtgrenze bis zu den innerstädtisch nächstgelegenen P+R-Plätzen. Das Verbot gilt wochentagesweise (Montag bis Samstag) abwechselnd für Fahrzeuge mit geraden bzw. ungeraden Kennzeichen mit Ausnahme von Kraftomnibussen. Die Zufahrt für den Lieferverkehr wird mittels Zusatzbeschilderung („Lieferverkehr frei“) ermöglicht. Zu prüfen wäre die Möglichkeit der Verkehrsbeschränkung nur auf das Gebiet der Umweltzone.

**Rechtliche Rahmenbedingungen:**

Eine zeitweise Verkehrsbeschränkung für gerade/ungerade Kennzeichen könnte bereits auf Grundlage von § 45 StVO unter Bezug auf die Luftschadstoffgrenzwertüberschreitungen möglich sein. Die Rechtslage ist hier jedoch nicht eindeutig.

**Verkehrliche Effekte (bezogen auf den Nullfall 2015 mit HES-Ost):**

- Die Verkehrsbelastung im Bereich Paracelsusstraße reduziert sich von ca. 46.900 Kfz/24h auf ca. 30.500 Kfz/24h.

**Luftschadstoffminderungseffekte (bezogen auf den Analysefall):**

- Der Jahresmittelwert NO<sub>2</sub> sinkt von 49 µg/m<sup>3</sup> auf 41 µg/m<sup>3</sup>.
- Der Jahresmittelwert PM10 sinkt von 33 µg/m<sup>3</sup> auf 27 µg/m<sup>3</sup>.
- Die Anzahl der Überschreitungstage PM10 sinkt von 41 auf 23.

Damit könnten an der Messstelle Paracelsusstraße die PM10-Grenzwerte eingehalten werden. Der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert wäre knapp überschritten.

**Akteure:**

Stadtverwaltung Halle (Saale), Kreisverwaltung Saalekreis, Hallesche Verkehrs-AG

**Kostenkategorie (KK):**

KK I-II

**Zeitraumen der Umsetzung:**

Unklar, da die Rechtslage deutlich unsicherer ist als bei Einführung eines Dieselfahrverbotes.

**Beispiele:**

Prominente Beispiele für die Umsetzung dieser Maßnahme sind die Städte Paris und Madrid (siehe auch LAI, 2016). Die Umsetzung der Maßnahme erfolgt in diesen Städten jedoch in Abhängigkeit von der aktuellen Umweltbelastung und der aktuellen und prognostizierten Wetterlage, also im Sinne eines umweltsensitiven Verkehrsmanagements.

## 8.6 Maßnahme M2.4 Beidseitige Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h

**Beschreibung der Maßnahme:**

Es erfolgt die Anordnung einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h für die Strecke B 6/B 91 zwischen Dessauer Platz und Knotenpunkt Merseburger Straße/Raffineriestraße. Um die ermittelte Abnahme des Gesamtverkehrs im Bereich Paracelsusstraße praktisch zu erzielen, sind regelmäßige über die gesamte Länge angeordnete Geschwindigkeitskontrollen erforderlich.

**Rechtliche Rahmenbedingungen:**

Voraussetzung zur Anordnung der Geschwindigkeitsbeschränkung ist eine Begründung der Verkehrsbeschränkungen auf Grundlage von § 45 StVO unter Bezug auf die Luftschadstoffgrenzwertüberschreitungen unter Berücksichtigung der Funktion der Straße sowie möglicher Alternativrouten. „Die aktuelle Rechtssituation steht einer Einführung von T30 auf Hauptverkehrsstraßen nicht entgegen; im Gegenteil, bei hohen Belastungen besteht eine Prüfpflicht

der Straßenverkehrsbehörde mit dem Anspruch einer ermessensgerechten Entscheidung.“ (Topp, 2014).

Bisher war keine Klage gegen Maßnahmen zur Luftreinhaltung (insbesondere Klagen gegen Umweltzonen) erfolgreich. Das Bundesverwaltungsgericht entschied über die Rechtmäßigkeit der Einrichtung eines Luftreinhalteplans in Form einer Nichtzulassungsbeschwerde (Beschluss vom 11.07.2012–3 B 2751/09, JURIS).

Mehrere Entscheidungen des OVG Berlin-Brandenburg (v. 20.10.2011, OVG 1 B 4.10 bis 6.10) legen fest, dass planabhängige Maßnahmen zur Einhaltung von Grenzwerten für Luftschadstoffe von der Straßenverkehrsbehörde umzusetzen sind, solange ein Luftreinhalteplan dies anordnet.

Das Verwaltungsgericht Wiesbaden (Urt. v. 16.08.2012-4 K 165/12.WI) verpflichtete das Land Hessen, den für die Stadt Darmstadt geltenden Luftreinhalteplan so zu ändern, dass dieser "die erforderlichen Maßnahmen" zur schnellstmöglichen Einhaltung des Immissionsgrenzwertes für NO<sub>2</sub> im Stadtgebiet einhält. Diese Entscheidung wurde bestätigt vom BVerwG (Urt. V. 05.09.2013, 7 C 21/12-NVwZ 2014, 64, ähnlich auch VG München, Urt. v. 09.10.2012, M 1 K 12.1046). Der Behörde steht dabei hinsichtlich des „Ob“ der Aufstellung eines Luftreinhalteplans kein Ermessen zu, sondern nur hinsichtlich des „Wie“.

#### **Verkehrliche Effekte (bezogen auf den Nullfall 2015 mit HES-Ost):**

- Die Verkehrsbelastung im Bereich Paracelsusstraße reduziert sich von ca. 46.900 Kfz/24h auf ca. 22.900 Kfz/24h.
- Die Verkehrsbelastung im Bereich HES-Ost nördlich der Delitzscher Straße steigt von ca. 9.600 Kfz/24h auf ca. 12.900 Kfz/24h.
- Die Verkehrsbelastung im Bereich Delitzscher Straße steigt von ca. 18.600 Kfz/24h auf ca. 26.000 Kfz/24h.

#### **Luftschadstoffminderungseffekte (bezogen auf den Analysefall):**

- Der Jahresmittelwert NO<sub>2</sub> sinkt von 49 µg/m<sup>3</sup> auf 29 µg/m<sup>3</sup>.
- Der Jahresmittelwert PM<sub>10</sub> sinkt von 33 µg/m<sup>3</sup> auf 23 µg/m<sup>3</sup>.
- Die Anzahl der Überschreitungstage PM<sub>10</sub> sinkt von 41 auf 12.

Damit könnten an der Messstelle Paracelsusstraße alle Grenzwerte deutlich eingehalten werden. Das Minderungspotenzial ist vergleichbar mit dem des Dieselfahrverbotes (M2.2).

Problematisch sind die ermittelten Verkehrsverlagerungen auf die HES-Ost und insbesondere die Delitzscher Straße (letztere mit einer Erhöhung der Verkehrsbelastung um ca. +40 %) zu sehen. Hier ist eine gesonderte Analyse der Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte und ggf. eine Anpassung der LSA-Steuerung erforderlich. Ergebnis dieser Analyse sollte die Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Alternativroute HES-Ost/Delitzscher Straße sein, an der die Verkehrssteuerung an Lichtsignalanlagen über die gesamte Route sowie eine damit korrespondierende dynamische Verkehrsinformation im Bereich der Knotenpunkte Berliner Chaussee/Berliner Straße/HES-Ost ausgerichtet werden sollte.

Ein Tempolimit auf 40 km/h wurde modelltechnisch nicht betrachtet. Entsprechend einer qualitativen Einschätzung würde deren verkehrliche und umweltseitige Wirkung zwischen dem Nullfall 2 und dem hier untersuchten Maßnahmenfall M2.4 liegen.

**Akteure:**

Stadtverwaltung Halle (Saale)

**Kostenkategorie (KK):**

KK I (teilweise refinanzierbar über Bußgelder)

**Zeitraumen der Umsetzung:**

Ca. 1 bis 2 Jahre

**Beispiele:**

In **Halle/Saale** wird Tempo 30 temporär auf der Merseburger Straße als Maßnahme des Luftreinhalteplans zur Senkung der PM10-Belastung verwendet. Die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit wird dann zugeschaltet, wenn wegen ungünstiger meteorologischer Bedingungen in Kombination mit einer hohen Hintergrundbelastung und hohem Verkehrsaufkommen eine Überschreitung des PM10-Tagesgrenzwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten ist (PM10-Vorhersagemodell ProFet). Nach Abklingen der hohen PM10-Belastung gilt am nächsten Tag wieder eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

In **Berlin** gilt Tempo 30 richtungsbezogen an 536 km von insgesamt 3 167 km des Hauptverkehrsstraßennetzes (17 %), davon gilt an 164 km Tempo 30 nachts aus Lärmschutzgründen (5 %) (LK-argus, 2013).

In **Baden-Württemberg** wurde im Rahmen der Umsetzung der Luftreinhaltepläne in acht Kommunen Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen eingeführt.

Weiteres siehe auch in UBA (2014b).

## **8.7 Maßnahme M2.5 City-Maut**

### **Beschreibung der Maßnahme:**

Vom Grundsatz müsste eine City-Maut entweder für das gesamte Stadtgebiet oder für das Gebiet der Umweltzone erhoben werden.

Hinsichtlich der Ausgestaltung können an dieser Stelle auf Grund unterschiedlichster Gestaltungsmöglichkeiten keine konkreten Aussagen gemacht werden (vgl. hierzu die Erläuterungen im Abschnitt 6.2.2). Der Aufwand zur Umsetzung der Maßnahme bedingt einen vielfach höheren Aufwand, als die Umsetzung aller anderen untersuchten Maßnahmen.

### **Rechtliche Rahmenbedingungen:**

Der derzeitige Rechtsrahmen lässt die Einführung einer City-Maut nicht zu.

### **Verkehrliche Effekte (bezogen auf den Nullfall 2015 mit HES-Ost):**

Es ist davon auszugehen, dass die verkehrliche Wirkung einer City-Maut nicht größer ist, als diejenige der Verkehrsbeschränkung Kennzeichen (M2.3), vgl. hierzu Abschnitt 8.5.

### **Luftschadstoffminderungseffekte (bezogen auf den Analysefall):**

Es ist davon auszugehen, dass die luftschadstoffmindernde Wirkung einer City-Maut nicht größer ist, als diejenige der Verkehrsbeschränkung Kennzeichen (M2.3), vgl. hierzu Abschnitt 8.5.

### **Akteure:**

Bund, Land Sachsen-Anhalt, Stadtverwaltung Halle (Saale), Kreisverwaltung Saalekreis, Hallesche Verkehrs-AG

### **Kostenkategorie (KK):**

KK IV-V

**Zeitraumen der Umsetzung:**

Unklar, da keine rechtliche Grundlage vorhanden.

**Best-practice-Beispiele:**

Auflistung siehe Abschnitt 6.2.2, vertiefend dazu z. B. Mietsch (2007) und Pöll (2017).

## 9 EMPFEHLUNG FÜR DIE UMSETZUNG VON MAßNAHMEN

Entsprechend der durchgeführten Betrachtungen und Modellrechnungen entfalten folgende Maßnahmen nach derzeitigen Erkenntnissen Minderungspotenziale, um die NO<sub>2</sub>- und PM10-Grenzwerte einzuhalten:

- NF03: Nullfall 2015 mit HES-Ost und A 143
- M2.1: Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t
- M2.2: Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge außer EURO 6/VI
- M2.2\_E: Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge außer EURO 6/VI stadteinwärts
- M2.4: Beidseitige Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h

Folgende Maßnahmen sind nach den durchgeführten Betrachtungen und Modellrechnungen nicht geeignet, um die NO<sub>2</sub>- und PM10-Grenzwerte einzuhalten. Zudem weisen sie gegenüber o. g. Maßnahmen gravierende Nachteile im Hinblick auf einen Attraktivitätsverlust der Stadt Halle gegenüber dem Umland aufgrund der räumlichen Ausdehnung, die erwartete deutlich geringere Akzeptanz bei den Verkehrsteilnehmern (M2.3) sowie einen vielfach höheren Investitionsaufwand (M2.5) auf:

- M2.3: Verkehrsbeschränkung Kennzeichen
- M2.5: City-Maut

Da mit einer Umsetzung der A 143 nicht vor 2020 zu rechnen ist, muss zur schnellstmöglichen Einhaltung insbesondere des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes neben dem Bau der HES-Ost eine oder ein Bündel der o. g. Maßnahmen umgesetzt werden.

Die verkehrliche, rechtliche und kostenmäßige Bewertung (siehe Kapitel 8) hat auf die entsprechenden Umsetzungsprobleme hingewiesen. Praktikabel und wirksam erscheinen folgende Umsetzungsalternativen:

- die Maßnahmen
  - M2.1 Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t oder
  - M2.4: Geschwindigkeitsbeschränkung oder
- das Maßnahmenbündel
  - M2.1\_E: Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t stadteinwärts und
  - M2.4\_E: Geschwindigkeitsbeschränkung stadteinwärts

Die Wirkung der Maßnahme M2.4 resultiert ausschließlich aus der Verminderung der Verkehrsmengen infolge der Reduzierung der Reisezeiten im Vergleich zur HES-Ost. Wegen der örtlichen Situation mit einem hohen Konstantfahrtanteil sind keine wesentlichen fahrzeugspezifischen Emissionsminderungen durch die Temporeduzierung zu erwarten. Zur Sicherstellung eines ausreichenden Befolgungsgrades wäre zwingend eine dauerhafte oder zumindest häufige Überwachung der Geschwindigkeitsbeschränkung an mehreren Stellen erforderlich. Auf dem Streckenabschnitt zwischen Wasserturm und Riebeckplatz könnte die Akzeptanz und damit die Umsetzbarkeit problematisch sein.

Aus Vorüberlegungen heraus wäre folgende Alternative zur Maßnahme M2.4 denkbar, die im Folgenden als Maßnahmenbündel M3.0 bezeichnet wird und folgende Komponenten enthält:

- a. Die Geschwindigkeitsbeschränkung wird nur auf dem Streckenabschnitt zwischen Dessauer Platz und Wasserturm dauerhaft signalisiert und
- b. es wird eine umweltsensitive Verkehrssteuerung (UVM) für den Streckenabschnitt zwischen den Knotenpunkten Berliner Chaussee/Dessauer Straße und Paracelsusstraße/Berliner Straße eingerichtet mit
  - moderater zeitlich begrenzter (also dynamischer) Zuflussdosierung bei gestörter Verkehrssituation oder erhöhter Umweltbelastung und
  - Optimierung der Verkehrssteuerung im Hinblick auf eine Verstetigung des Verkehrsflusses, insbesondere am Dessauer Platz in Fahrtrichtung Nordost.

Die zu a. ergänzende Zuflussdosierung (b.) würde sicherstellen, dass die für M2.4 gerechneten verkehrlichen Reduktion für die Zeiten, an denen dies sinnvoll und wirksam ist, restriktiv eingehalten werden, ohne dass das Tempolimit kontrolliert werden muss. Die verkehrliche Minderungswirkung könnte dann an das für die Einhaltung der Grenzwerte minimal notwendige Maß „eingestellt“ werden. Erfahrungen aus anderen Städten (z. B. Erfurt) zeigen, dass dies in der Praxis funktioniert. Falls M3.0 als Umsetzungsalternative für die Stadt Halle in Frage kommen würde sollte zunächst geprüft werden, ob die höheren Kosten gegenüber M2.4 oder des Maßnahmenbündels M2.1\_E plus M2.4\_E ggf. mit derzeit laufenden Fördermöglichkeiten des Landes kompensiert werden könnten.

## 10 LITERATUR

- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, H. 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BVerwG (2013): Urteil vom 05.09.2013 - 7 C 21.12 [ECLI:DE:BVerwG:2013:050913U7C21.12.0].
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO<sub>2</sub> conversion model under consideration of direct NO<sub>2</sub>-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- Düring, I., Lohmeyer, A. (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- Eichhorn, J. (2005): MISKAM Handbuch zu Version 5.01. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bössinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehrig, R., Buchmann, B. (2003): Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM10 and PM2.5 concentrations based on long-term Swiss monitoring data. Atmospheric Environment 37 (2003).
- Hausberger (2016): E-Mail vom 27.04.2016 von Stefan Hausberger zu den Korrekturfaktoren EURO 6, TU Graz.
- Israël, G.W., Schlums, C., Treffeisen, R. Pesch, M. (1994): Rußimmissionen in Berlin, Herkunftsbestimmung - Kfz-Flottenemissionsfaktoren – Vergleichbarkeit von Probenahmemethoden. Fortschrittberichte VDI, Reihe Umwelttechnik, Nr. 152.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation,

- Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- LAI (2016): Handlungsbedarf und -empfehlungen zur Einhaltung der NO<sub>2</sub>-Grenzwerte. Erarbeitet durch den LAI-Ausschuss „Luftqualität/Wirkungsfragen/Verkehr“. Stand Februar 21016.
- LfU Sachsen-Anhalt, (2016): Abstimmung Hintergrundbelastung. E-Mail Hr. Bayer vom 17.10.2016.
- LUBW (2012): Ersteinschätzung der Wirkung von Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen auf die NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionen. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Lohmeyer (2015): LRP Potsdam, Durchführung und Auswertung von Messfahrten zur T30 Wirkungsuntersuchung. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 71114-14-10, September 2015. Gutachten im Auftrag von: Umweltministerium Brandenburg über SVU Dresden, Planungsbüro Dr.-Ing. Ditmar Hunger, Dresden.
- LK-argus (2013): Gutachterliche Beratung zur Luftreinhalte- und Aktionsplanung für die Stadt Halle. Bericht LK-argus und ivu GmbH Freiburg. September 2013
- Mietsch, F. (2007): City-Maut. Internationale Erfahrungen, Perspektiven für Deutschland, Friedrich-Ebert-Stiftung, 2007.
- OVG Berlin-Brandenburg (2011): Urteil vom 20.10.2011 – OVG 1 B 4.10, OVG 1 B 5.10, OVG 1 B 6.10 – Einrichtung der Umweltzone in Berlin rechtmäßig.
- Palmgren, F., Wahlin, P., Berkowicz, R., Ketzler, M., Illerup, J. B., Nielsen, M., Winther, M., Glasius, M., Jensen, B. (2003): Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. NERI Technical Report No. 460.  
[http://www.dmu.dk/1\\_Viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrappporter/rappporter/FR460.PDF](http://www.dmu.dk/1_Viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rappporter/FR460.PDF).
- PTV (2017): PTV Visum. Produktionsformation. PTV Group, Homepage (<http://vision-traffic.ptvgroup.com/de/produkte/ptv-visum/>), Abruf am 20.07.2017
- Pöll, J. (2017): Mobility Pricing als potenzieller Problemlösungsansatz im Straßenverkehr: Eine Analyse anhand von ausgewählten Beispielen. IVS-Schriften, Band 41, Verlag der TU Wien, 2017.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlußbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- Schmidt, W., Richter, F., Körner, M. (2014): Entwicklung und Anwendung einer Methodik für die Ermittlung von Fahrmustern als Grundlage für eine qualifizierte Emissions- und Immissionsprognose von Straßen. Herausgeber: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Schriftenreihe, Heft 21/2014, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/22453>.
- SFI (2001): Handbuch WinMISKAM. SFI GmbH - Software für Immissionsberechnungen, Karlsruhe, Stand 01/2001.

- Stadt Halle (2015): Stadt Halle/Saale, Fachbereich Planen, Abteilung Stadtvermessung, Übergabe der Gebäudedaten. E-Mail von Hr. Marx vom 30.11.2015.
- Stadt Halle (2016): Stadt Halle, Fachbereich Verkehrsentwicklungsplanung/Nahverkehr. Email von Hr. Roesler vom 10.11.2016.
- StVO (2016): Straßenverkehrs-Ordnung. vom 6. März 2013 (BGBl. I S. 367), Letzte Änderung durch Artikel 2 der Verordnung vom 16. Dezember 2016 (BGBl. I S. 2938).
- TREMODO (2010): TREMODO – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- Topp, H. (2014): Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen mit Wohnnutzung. In: Straßenverkehrstechnik 1.2014, S. 23-30, Kirschbaum-Verlag, 2014.
- UBA (2010): Pkw-Maut in Deutschland? Eine umwelt- und verkehrspolitische Bewertung, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2010.
- UBA (2014): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.2. (HBEFA 3.2) (aktualisierte Version vom 25.07.2014). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin.
- UBA (2014b): Bestandsaufnahme und Wirksamkeit von Maßnahmen der Luftreinhaltung. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Forschungskennzahl 3712 43 255 UBA-FB 001877. In UBA Texte 26/2014.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- VDI (2005): Umweltmeteorologie. Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle. Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783, Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, November 2005.
- VDI (2012): Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung - Kraftfahrzeugbedingte Immissionen. Richtlinie VDI 3783 Blatt 14. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Düsseldorf, Januar 2012.
- VG Düsseldorf, 3. Kammer (2016): Urteil vom 13.09.2016 – 3 K 7695/15 – Änderung des Luftreinhalteplans Düsseldorf.
- VG Wiesbaden (2012): Urteil vom 16.08.2012 – 4 K 165/12.WI. Zur Klagebefugnis von Umweltschutzvereinigungen.
- VG München, 1. Kammer (2012): Urteil v. 09.10.2012, M 1 K 12.1046. Zum Anspruch eines anerkannten Umweltverbandes auf Maßnahmen zur Einhaltung der zulässigen Immissionsgrenzwerte in einen Luftreinhalteplan.
- yverkehrsplanung (2016): Gesamtverkehrsmodell Halle 2015/2013. Fortschreibung (Entwurf). yverkehrsplanung GmbH, Weimar, 10/2016.

**A N H A N G A 1:**  
**BESCHREIBUNG DES VERWENDETEN VERFAHRENS ZUR**  
**IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

## **A1 BESCHREIBUNG DES VERWENDETEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

### **A1.1 MISKAM**

Die Berechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM in Version 6.3 (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen wurden die Hinweise aus Eichhorn (2014) sowie der VDI-Richtlinie für prognostische Modelle (VDI 3783/9, 2005) beachtet. Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, dass zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 400 m berücksichtigt.

### **A1.2 Fehlerdiskussion**

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des Kfz-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognostizierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bebauungsstruktur, meteorologische Daten und die Hintergrundbelastung.

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rechnungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt „Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF“ (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen

demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die Kfz-Emissionen ist anzufügen, dass die Emissionen im Straßenverkehr bislang nicht direkt gemessen, sondern über Modellrechnungen ermittelt werden. Die Genauigkeit der Emissionen ist unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (d. h. Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BAST (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählraten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10 %.

Für die statistische Fehlerbandbreite der NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10 % bis 20 % für Autobahnen bzw. Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein mittlerer Schätzwert von ca. 20 % angenommen.

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung entsprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von  $\pm 20$  % aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10 %, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten

sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Hintergrundbelastung, d. h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

**A N H A N G A 2:**  
**ERGEBNISABBILDUNGEN VERKEHRSMODELLIERUNG**

## A2 ERGEBNISABBILDUNGEN VERKEHRSMODELLIERUNG

### A2.1 DTV<sub>w</sub> für die modellierten Null- und Maßnahmenfälle

Ergänzend zum Abschnitt 6.1 sind nachfolgend die Ergebnisse für alle modellierten Null- und Maßnahmenfälle für die Tageskategorie Montag-Freitag mit Differenzierung in Pkw (rot), LNFz+SNfz (grün) und Gesamtverkehr (grau) für das gesamte Gebiet zwischen Berliner Chaussee im Norden, Paracelsusstraße/Volkmannstraße im Westen, Europachaussee im Osten und Delitzscher Straße im Süden dargestellt.

#### Nullfall 2015 (NF1)

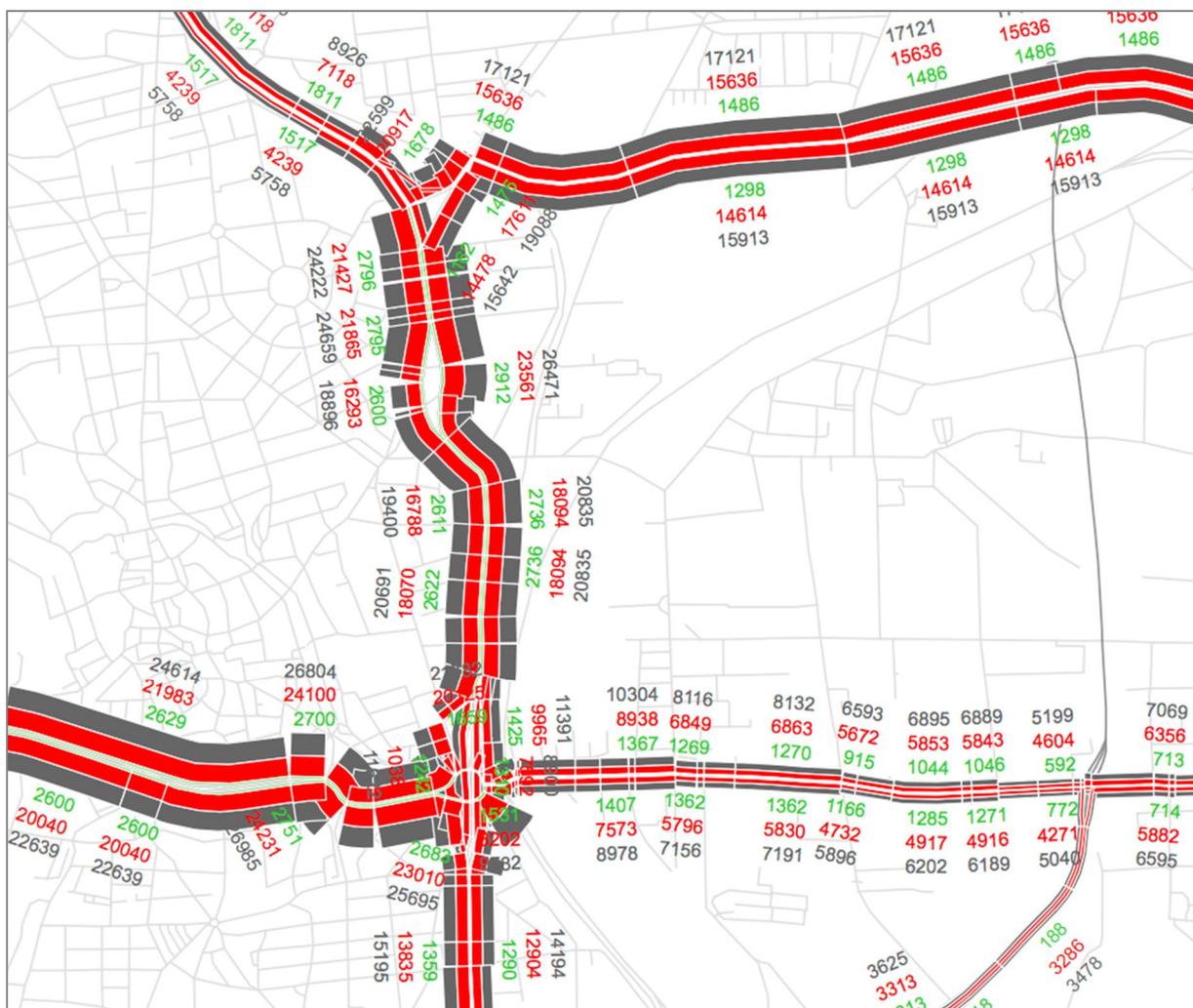


Abb. A2.1: DTV<sub>w</sub> – NF1 [Kfz/24h]

**Nullfall 2015 mit HES-Ost (NF2)**

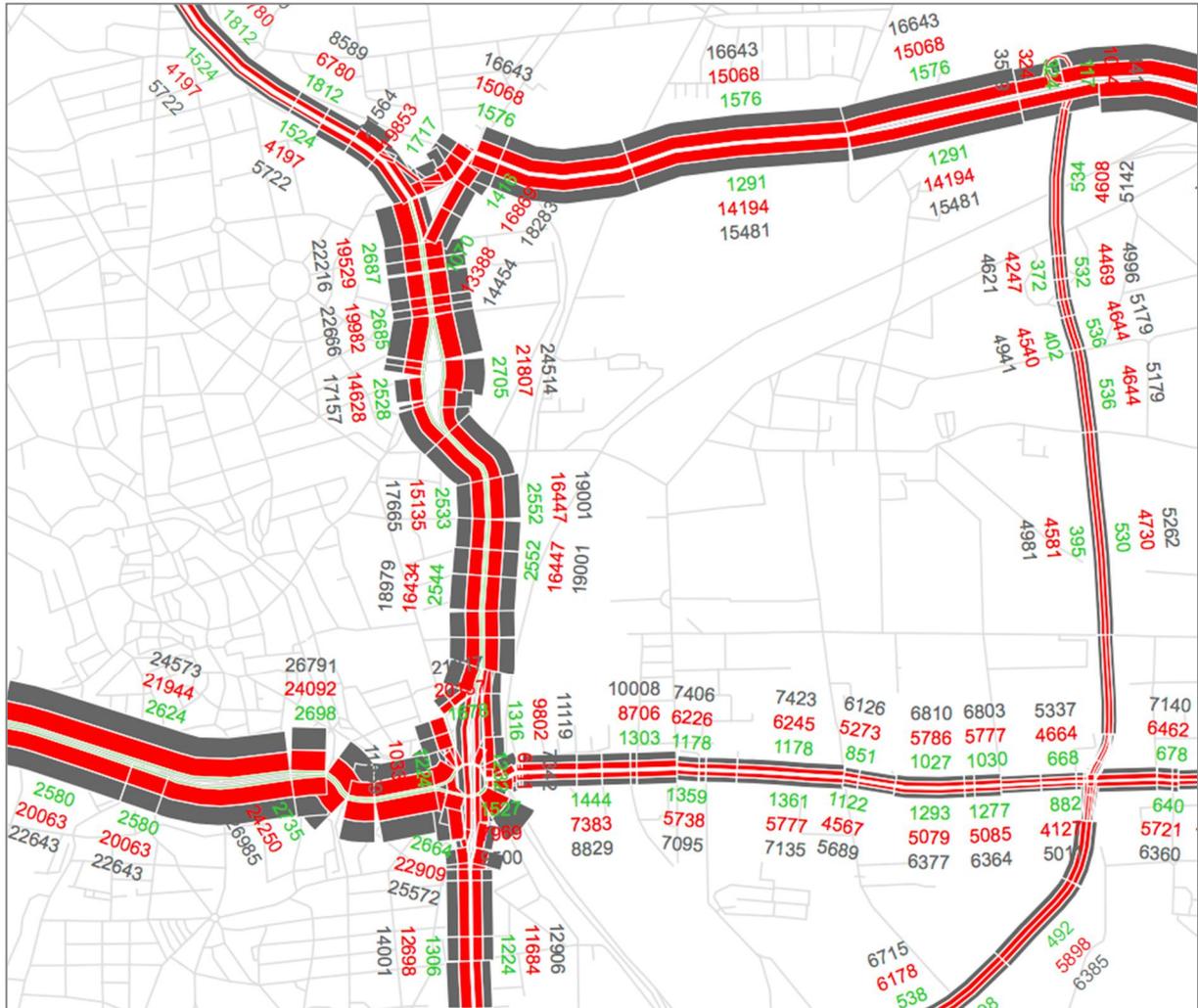


Abb. A2.2: DTV<sub>w</sub> – NF2 [Kfz/24h]

**Nullfall 2015 mit HES-Ost und A 143 (NF3)**

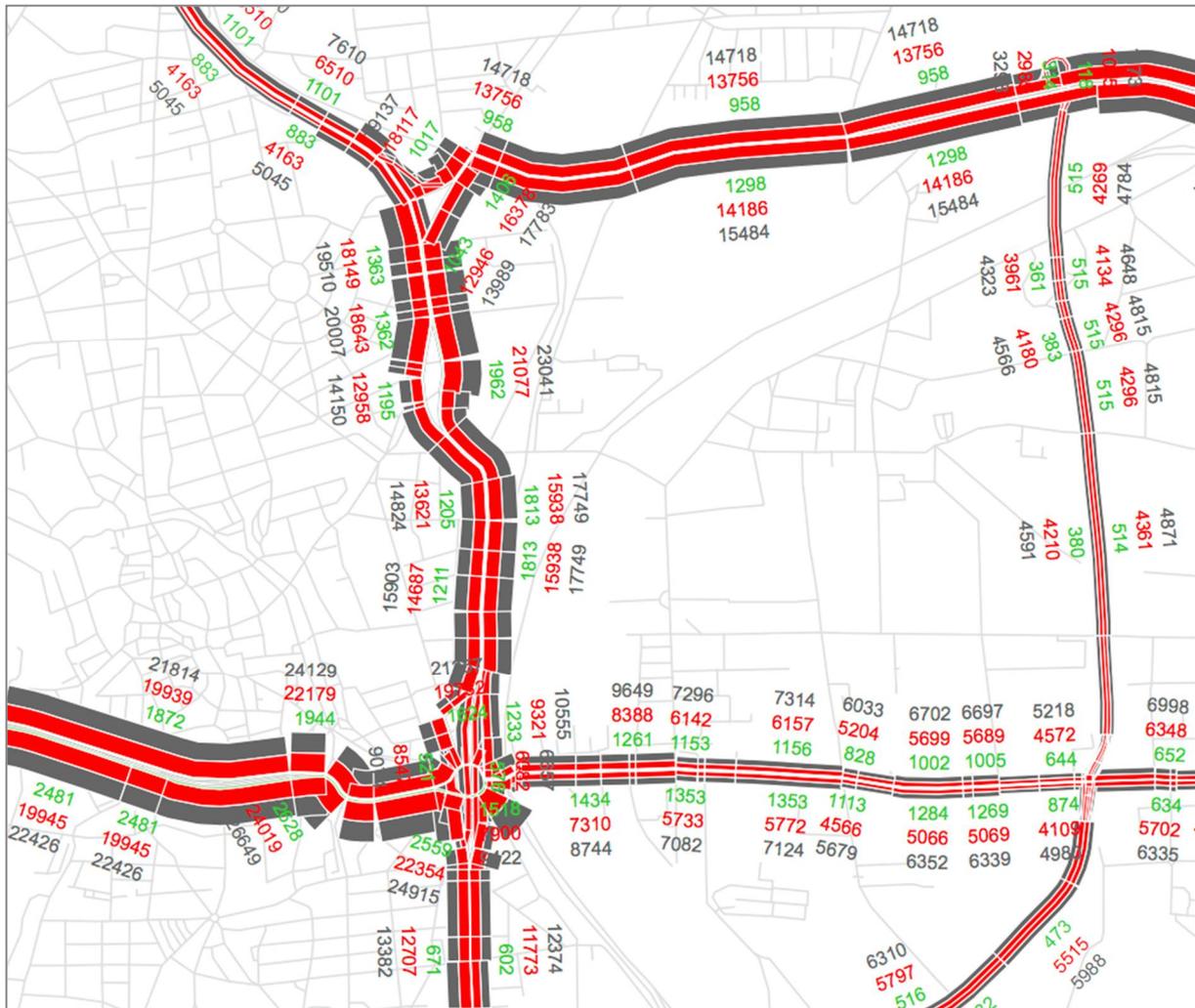


Abb. A2.3: DTV<sub>W</sub> – NF3 [Kfz/24h]

**Maßnahme M2.1 Durchfahrtsverbot Lkw >7.5 t (M21-DV-Lkw)**

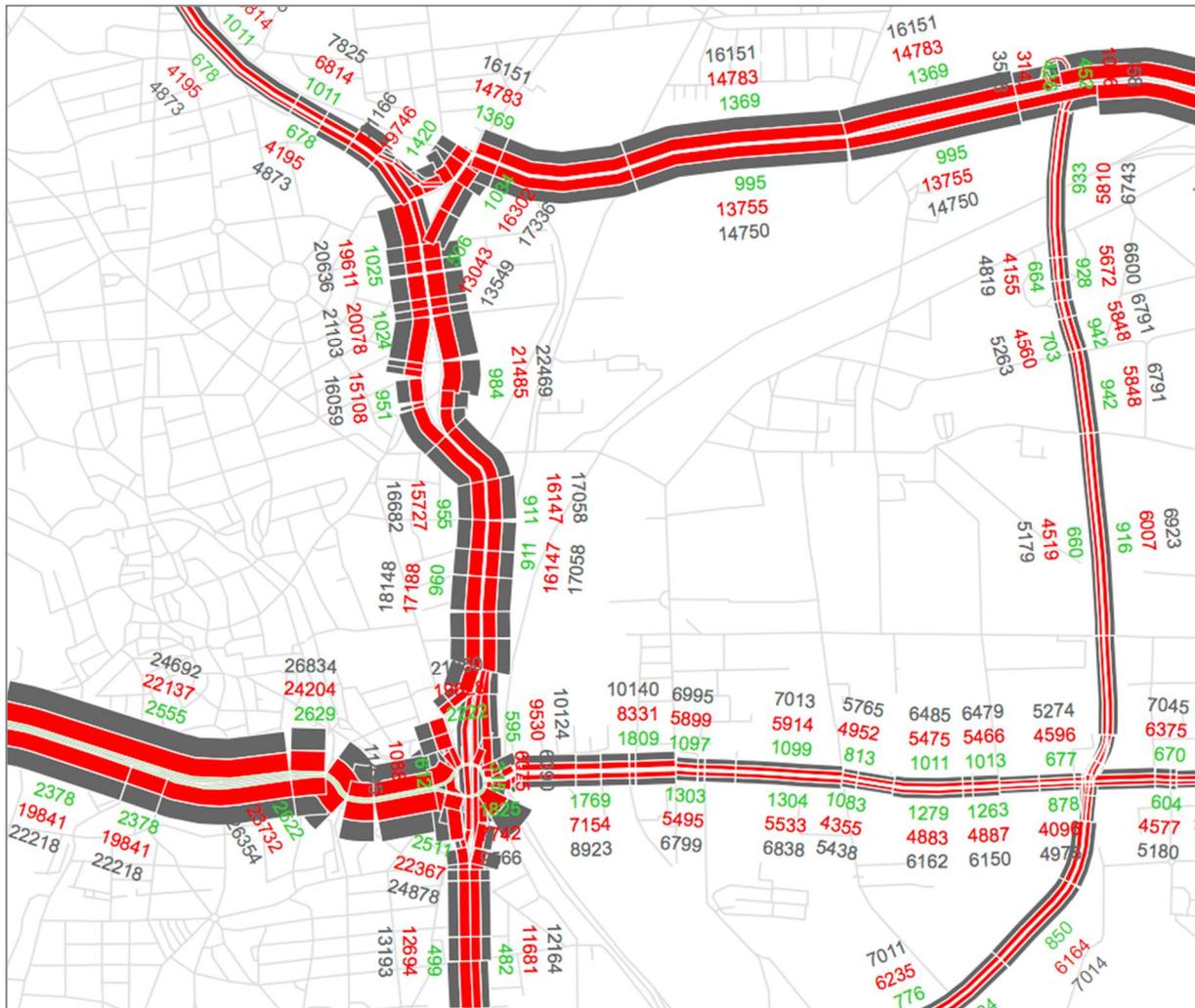


Abb. A2.4: DTV<sub>w</sub> – M21-DV-Lkw [Kfz/24h]

**Maßnahme M2.2 Durchfahrtsverbot Dieselfahrzeuge (M22-DV-DFz)**

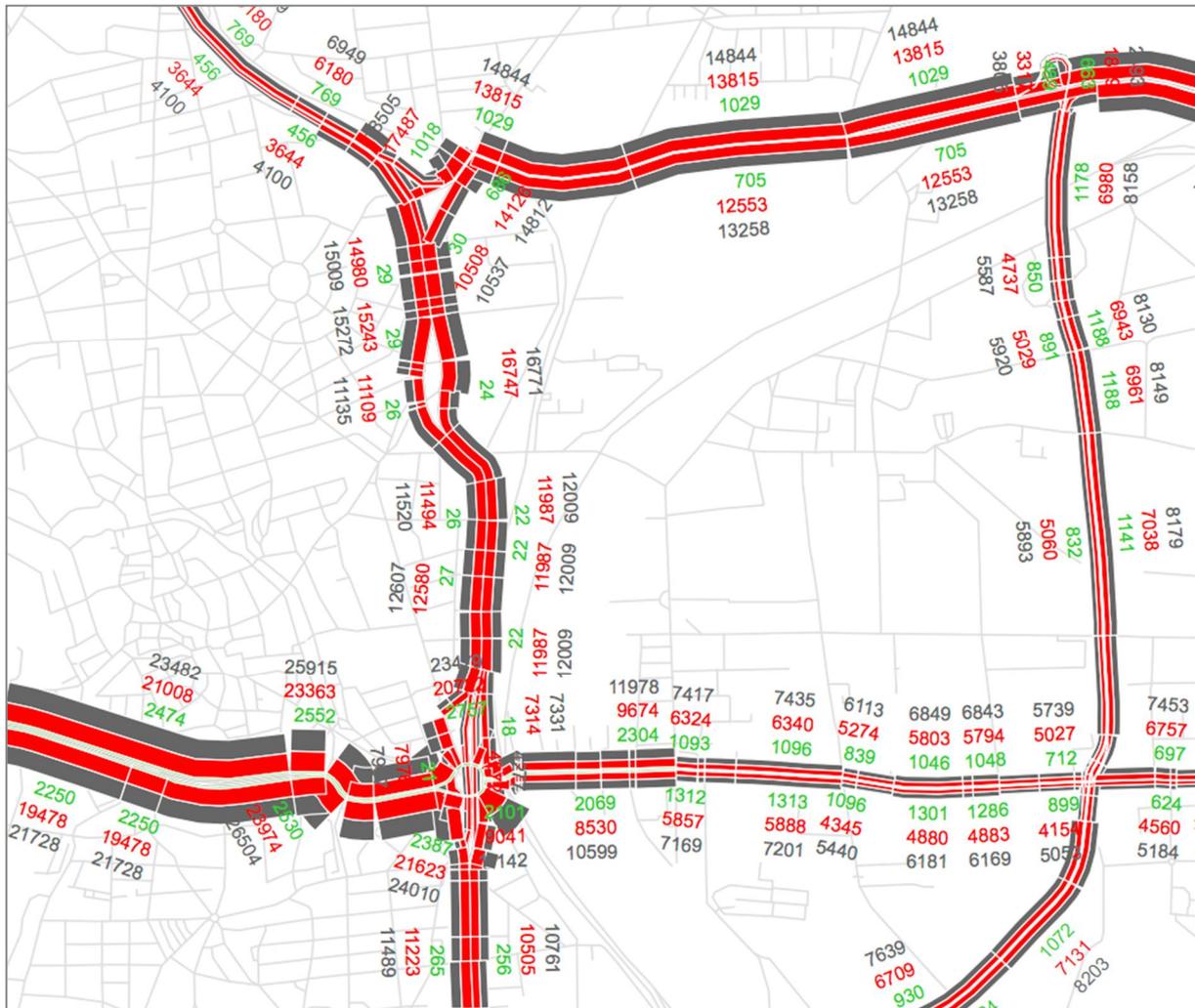


Abb. A2.5: DTW<sub>w</sub> – M22-DV-DFz [Kfz/24h]

**Maßnahme M2.4 Geschwindigkeitsbeschränkung (M24-GB)**

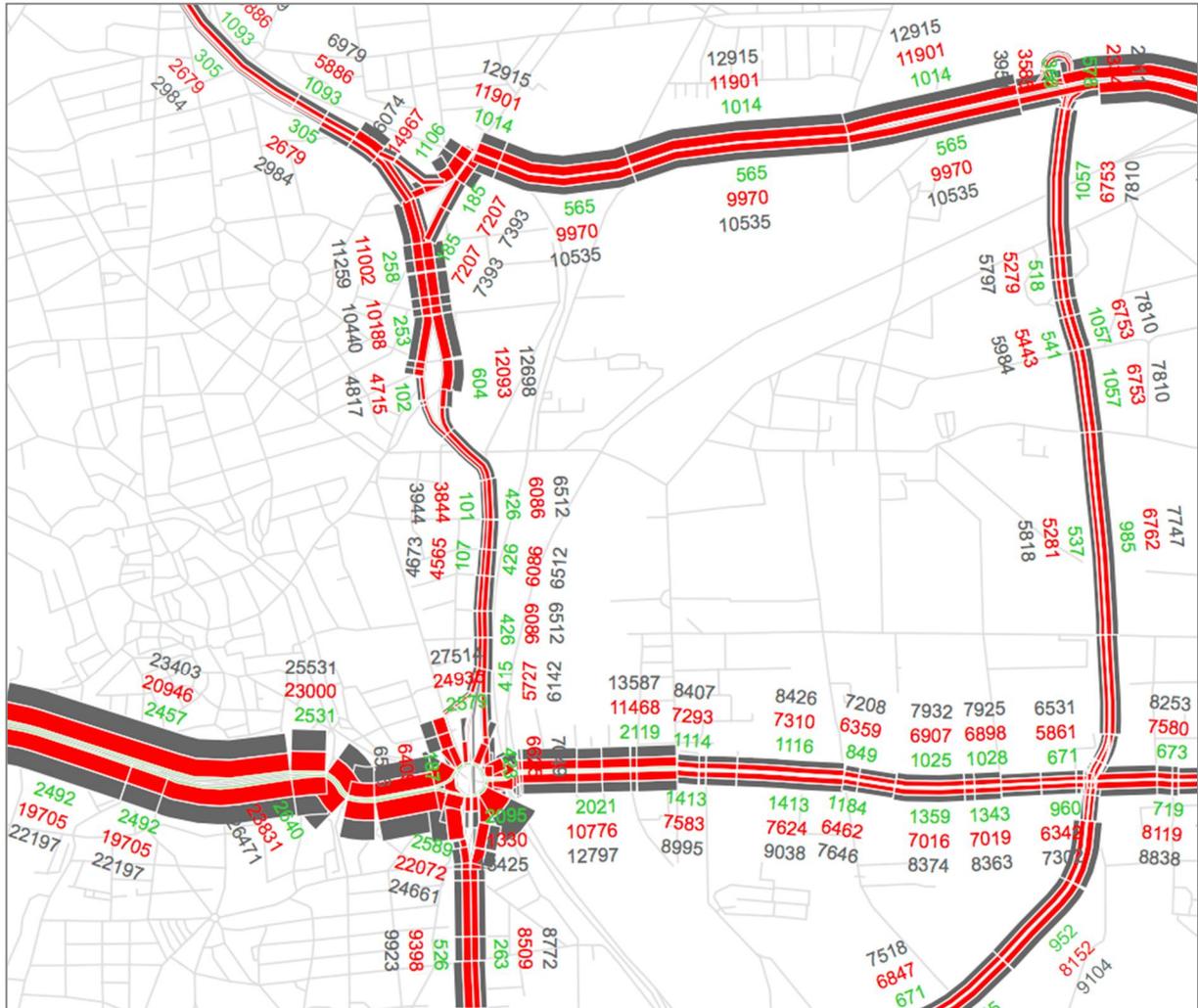


Abb. A2.6: DTV<sub>w</sub> – M24-GB [Kfz/24h]

## A2.2 DTV für die modellierten Null- und Maßnahmenfälle

Ergänzend zum Abschnitt 6.2.1 sind nachfolgend die Jahresverkehrszahlen (DTV) aller modellierten Null- und Maßnahmenfälle für verschiedene Straßenquerschnitte dargestellt:

- Differenzierung nach Null- und Maßnahmenfällen (NF1, NF2, NF3, M21, M22, M24)
- Differenzierung nach Fahrtrichtungen (Süd, Nord bzw. West, Ost)
- Differenzierung in Fahrzeugklassen nach **Tab. 3.2** und **Abb. 3.3**

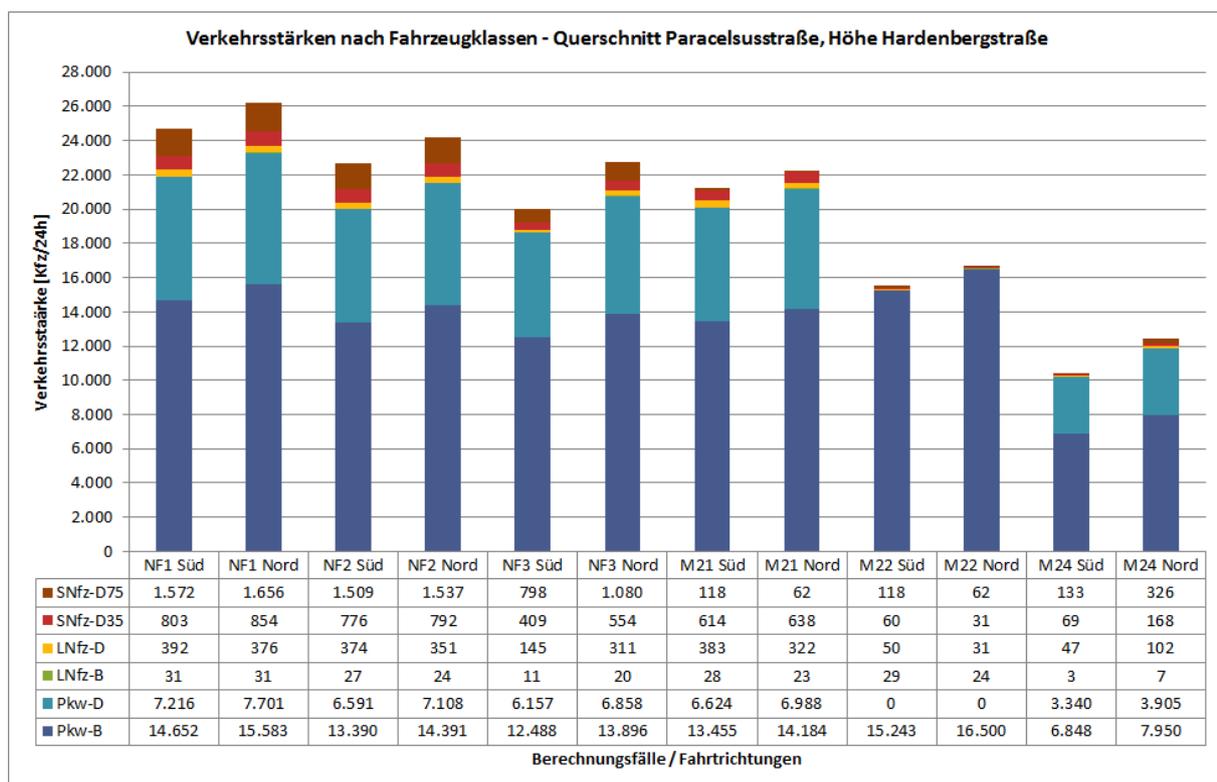


Abb. A2.7: DTV – Paracelsusstraße, Höhe Hardenbergstraße [Kfz/24h]

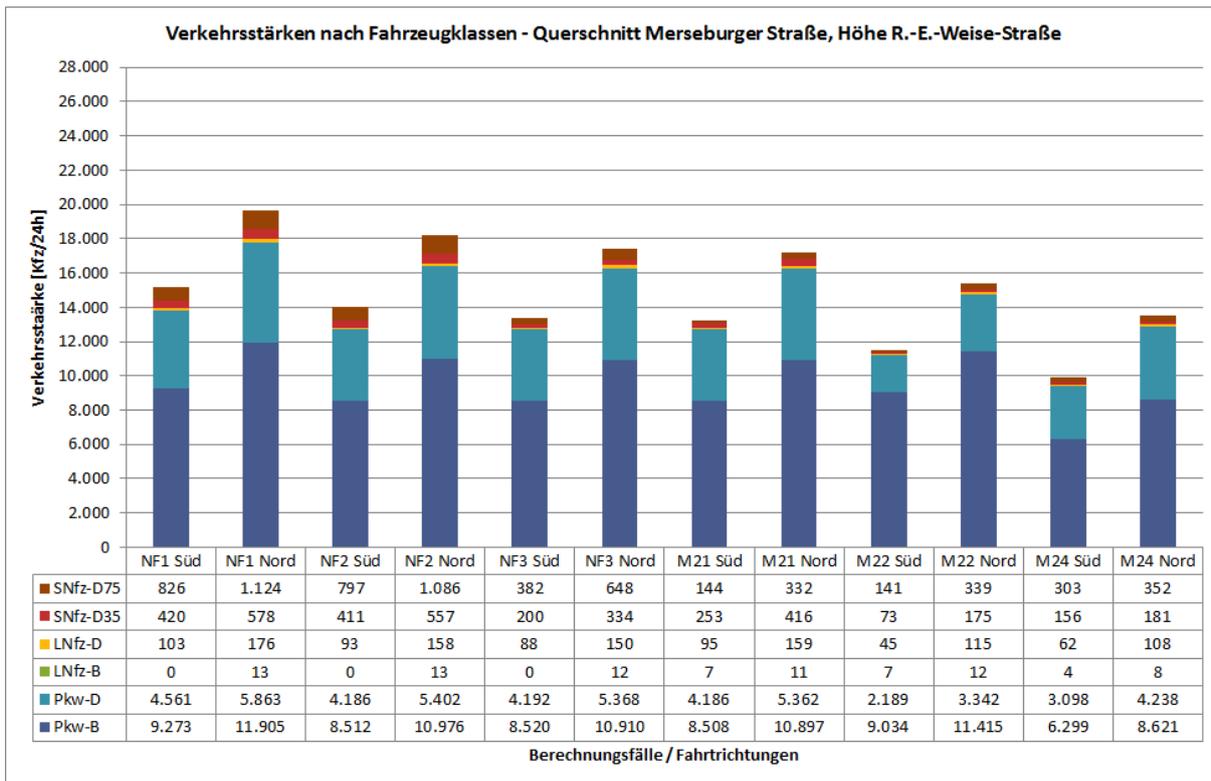


Abb. A2.8: DTV – Merseburger Straße, Höhe R.-E.-Weise-Straße [Kfz/24h]

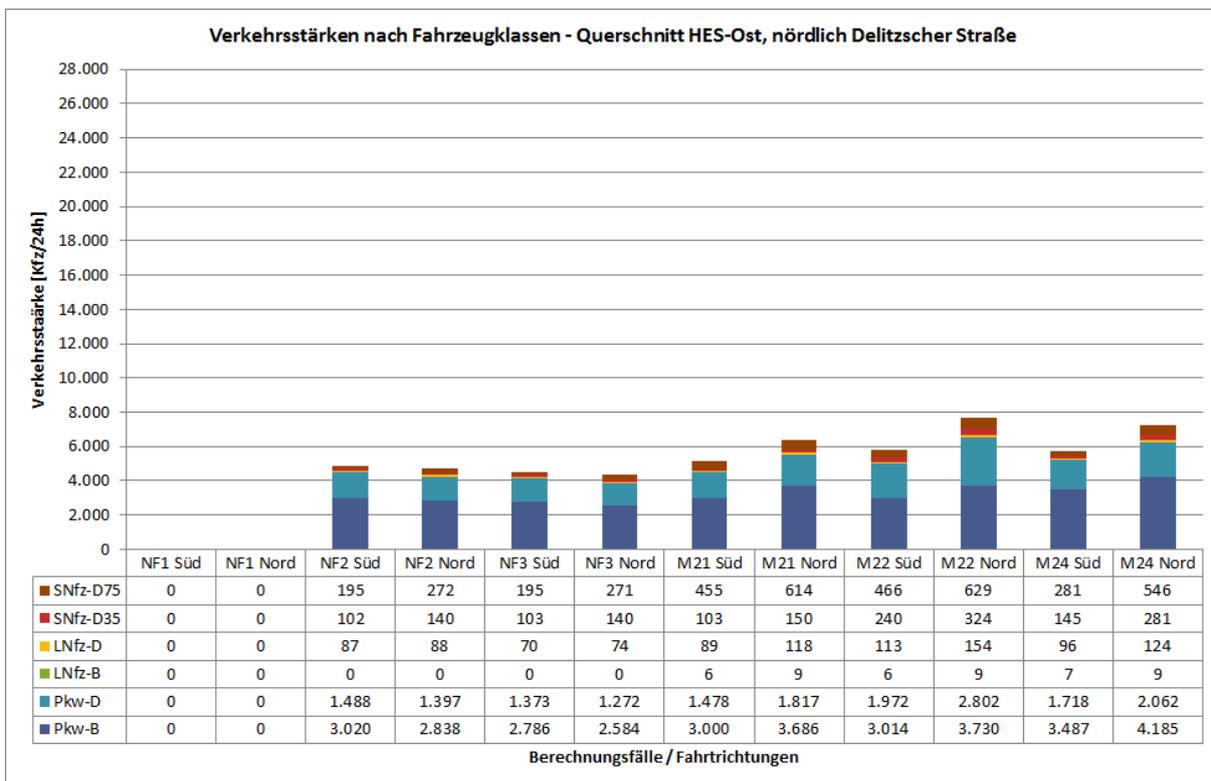


Abb. A2.9: DTV – HES-Ost, nördlich Delitzscher Straße [Kfz/24h]

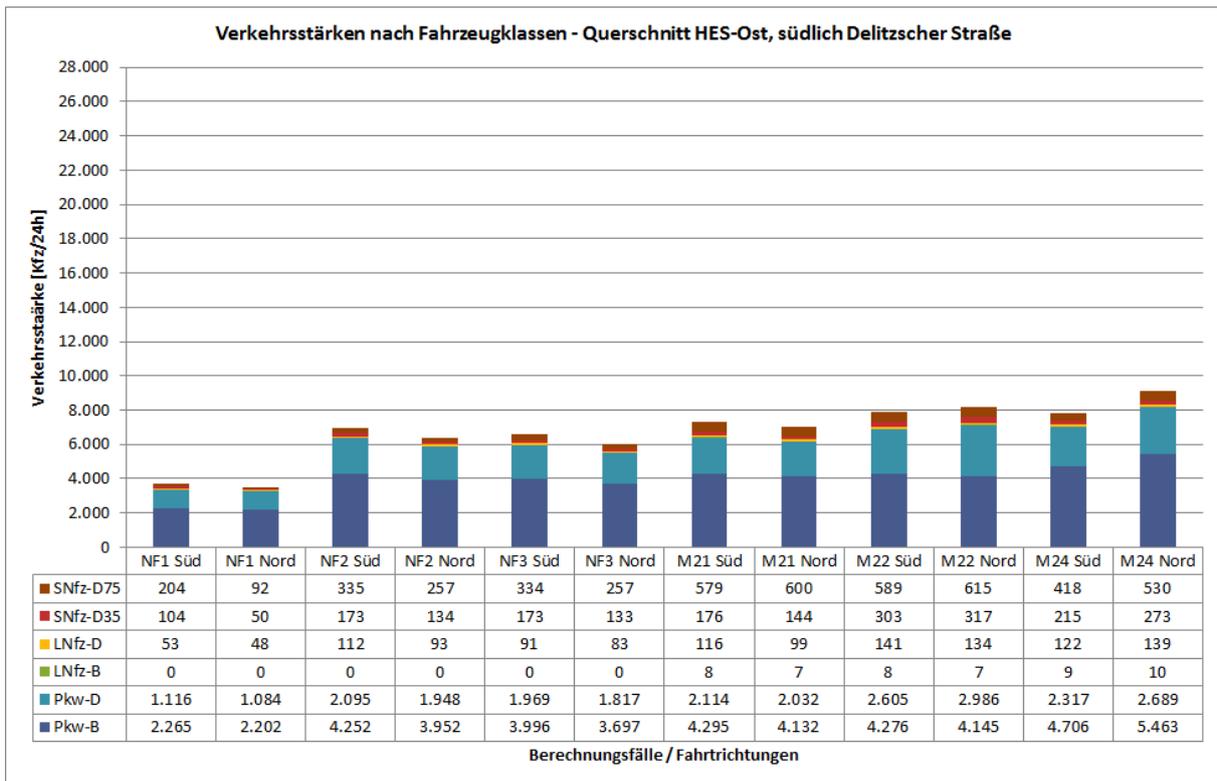


Abb. A2.10: DTV – HES-Ost, südlich Delitzscher Straße [Kfz/24h]

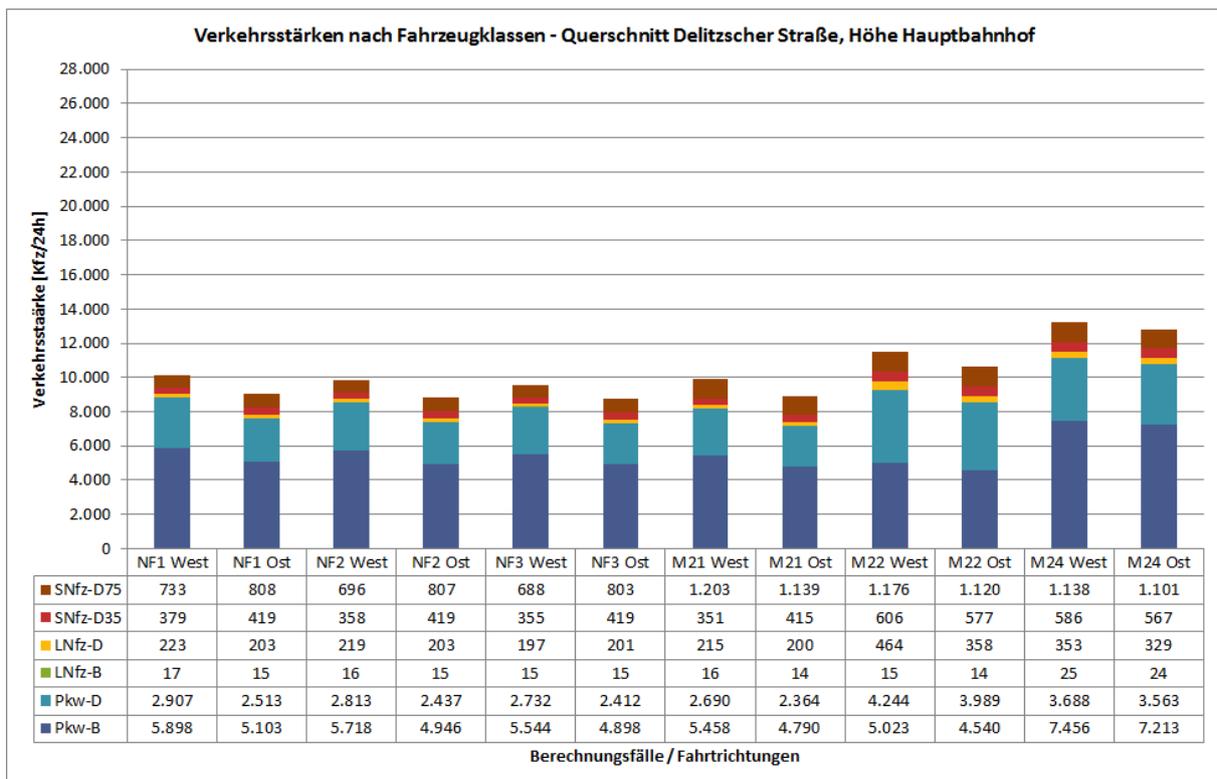


Abb. A2.11: DTV – Delitzscher Straße, Höhe Hauptbahnhof [Kfz/24h]