

03.11.1 Verkehrsbedingte Emissionen 2015 (Ausgabe 2017)

Problemstellung

Ausgangslage

Zur Beurteilung der verkehrsbedingten Luftverschmutzung stellen die aus dem Kfz-Verkehr stammenden bodennahen Emissionen die wichtigste Einflussgröße dar. Ursachen und Wirkungen werden daher in zwei thematisch eng verwandten Karten dargestellt:

- Verkehrsbedingte Emissionen (Umweltatlas 03.11.1) und
- Verkehrsbedingte Luftbelastung (Umweltatlas 03.11.2).

Die Beschreibung der Ausgangslage ist für beide Karten identisch, daher wird an dieser Stelle auf das entsprechende [Unterkapitel der Karte 03.11.2](#) verwiesen.

Wirkungen

Stickoxide sind Säurebildner. Sie sind schädlich für die menschliche Gesundheit, bewirken Schäden an Pflanzen, Bauwerken und Denkmälern und sind wesentlich an der übermäßigen Bildung von bodennahem Ozon und anderen gesundheitsschädlichen Oxidantien während sommerlicher Hitzeperioden beteiligt.

Bei Menschen und Tieren führen Stickoxide und insbesondere Stickstoffdioxid zu Reizungen der Schleimhäute im Atemtrakt und können das Infektionsrisiko erhöhen (vgl. Kühling 1986). Auch Zellveränderungen wurden beobachtet (BMUNR 1987). Verschiedene epidemiologische Untersuchungen haben einen Zusammenhang zwischen Verschlechterungen der Lungenfunktion, Atemwegssymptomen und erhöhter Stickstoffdioxidkonzentration gezeigt (vgl. Nowak et al. 1994).

Dieselruß ist ein wesentlicher Bestandteil von **Feinstaub (PM₁₀)** in den Abgasen der Kraftfahrzeuge und birgt zum einen als Trägerstoff für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ein Krebsrisiko, gilt aber auch für sich gesehen als mögliche Ursache für Lungen- und Blasenkarzinome (vgl. Kalker 1993). Außerdem stehen ultrafeine Partikel wie Dieselrußpartikel, die kleiner als 0,1 µm sind, im Verdacht, das Risiko für Herz-Kreislaufkrankungen zu erhöhen.

Gesetzliche Regelungen und Grenzwerte

Die Beurteilung der Luftbelastung durch den Kraftfahrzeugverkehr ist für die Immissionsschutzbehörden erst ab 1985 konkretisierbar geworden, nachdem die Europäische Gemeinschaft in der "Richtlinie des Rates vom 7. März 1985 über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid" (Richtlinie 85/203/EWG) Grenz- und Leitwerte für diesen Schadstoff festgelegt hat, außerdem schrieb sie vor, dass die Konzentration in Straßenschluchten und an Verkehrsbrennpunkten gemessen werden soll.

Aufgrund einer Vielzahl neuer Erkenntnisse zu diesem und den anderen Luftschadstoffen entstand die 1996 in Kraft getretene "Richtlinie 96/62/EG über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität" (die so genannte "Rahmenrichtlinie").

In dieser Richtlinie wird die Kommission aufgefordert, innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens so genannte "Tochtrichtlinien" vorzulegen, in denen Grenzwerte und Details zu Mess- und Beurteilungsvorschriften für eine vorgegebene Liste von Komponenten festgelegt werden.

Inzwischen sind vier Tochtrichtlinien in Kraft getreten:

- am 19. Juli 1999 die Richtlinie 99/30/EG mit Grenzwerten für Schwefeldioxid, Feinstaub(PM₁₀), Stickstoffdioxid und Blei
- am 13. Dezember 2000 die Richtlinie 2000/69/EG mit Grenzwerten für Benzol und Kohlenmonoxid
- am 9. Februar 2002 die Richtlinie 2002/3/EG über bodennahes Ozon zur Anzahl und Höhe der Überschreitung der Grenzwerte

- am 15. Dezember 2004 die Richtlinie 2004/107/EC mit Grenzwerten für Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen.

Zur Überführung der ersten beiden Tochterrichtlinien in deutsches Recht blieben jeweils zwei Jahre Zeit, die mit der 7. Novelle zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom September 2002, bezüglich der 1. Tochterrichtlinie deutlich überschritten wurde. Die Ozonrichtlinie ist mit der 33. Verordnung zum BImSchG in deutsches Recht übernommen worden.

Kernstück der Luftqualitätsrichtlinien sind die Immissionsgrenzwerte, die "innerhalb eines bestimmten Zeitraumes erreicht werden müssen und danach nicht überschritten werden" dürfen. Die einzuhaltenden Schadstoffkonzentrationen und der Zeitpunkt, bis zu dem die Grenzwerte eingehalten werden müssen, sind in den Tochterrichtlinien bzw. in der 22. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz festgelegt.

Tabelle 1 zeigt die entsprechenden Werte für die Luftschadstoffe mit dem größten Problempotential für Berlin, PM_{2,5}, PM₁₀ und Stickstoffdioxid.

Tab. 1: EU-weite Immissionsgrenzwerte und Fristen für Partikel-PM_{2,5}, -PM₁₀ und Stickstoffdioxid NO₂			
Stoff	Mittel über	Grenzwerte	Einhaltungsfrist
Partikel-PM _{2,5}	Zielwert, 1 Jahr	25 µg/m ³	seit 01.01.2010
	Grenzwert Stufe 1, 1 Jahr	25 µg/m ³	seit 01.01.2015
	Grenzwert Stufe 2, 1 Jahr	20 µg/m ³	ab 01.01.2020
Partikel-PM ₁₀	24h	50 µg/m ³ 35 Überschreitungen/Jahr	seit 01.01.2005
	1 Jahr	40 µg/m ³	seit 01.01.2005
NO ₂	1h	200 µg/m ³ 18 Überschreitungen/Jahr	seit 01.01.2010
	1 Jahr	40 µg/m ³	seit 01.01.2010

Tab. 1: EU-weite Immissionsgrenzwerte und Fristen für PM_{2,5}, PM₁₀ und Stickstoffdioxid NO₂ entsprechend der 39. BImSchV

Auf europäischer Ebene regelt die EU-Richtlinie 2008/50 die Beurteilung der Luftqualität anhand festgelegter Grenz- und Zielwerte für alle relevanten Schadstoffe einschließlich der Bestimmung einheitlicher Methoden und Kriterien. Erstmals werden Luftqualitätswerte für die besonders gesundheitsschädlichen kleinen Feinstäube (Durchmesser kleiner als 2,5 Mikrometer; PM_{2,5}) festgesetzt.

National dient die 39. BImSchV - Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - der Umsetzung der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG. Gleichzeitig wurden die Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft (22. BImSchV) und die Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen (33. BImSchV) durch die 39. BImSchV aufgehoben.

Berlin gilt nach § 11 der 39. BImSchV als Ballungsraum, für den die Luftqualität jährlich beurteilt und gegebenenfalls Maßnahmen zur Einhaltung der Grenzwerte ergriffen werden müssen. Als Plangebiet für die mögliche Aufstellung eines Luftreinhalteplanes wurde das ganze Stadtgebiet festgelegt. Grenzwertüberschreitungen treten im Stadtgebiet überall, insbesondere an Hauptverkehrsstraßen auf. Daher macht eine Beschränkung des Plangebietes auf Teile des Stadtgebietes oder die Aufteilung in mehrere Plangebiete keinen Sinn.

Umsetzungsprobleme der Richtlinie 99/33/EG und der 39. BImSchV am Beispiel der PM₁₀-Belastung in der Stadt

In der Nähe hoher Schadstoffemissionen, wie z.B. in verkehrsreichen Straßenschluchten, treten auch hohe Immissionskonzentrationen auf. Anders als in den meisten Industriegebieten sind in verkehrsreichen Straßen viele Menschen – ob als Anwohner, Kunden oder Beschäftigte – einer

erhöhten Schadstoffbelastung ausgesetzt. Um der Vorgabe der Europäischen Richtlinien nach Einhaltung der Grenzwerte am Ort der höchsten Exposition Rechnung zu tragen, ist eine möglichst lückenlose Quantifizierung der Schadstoffbelastung notwendig. Dazu wurden in Berlin die im letzten Abschnitt beschriebenen Messungen mit Modellrechnungen in allen verkehrsreichen Straßen, in denen Grenzwerte potentiell überschritten werden, ergänzt.

Allerdings spielt selbst in einer verkehrsbelasteten Straßenschlucht der Anteil der durch die übrigen Quellen in der Stadt oder durch Ferntransport von Schadstoffen erzeugten **Vorbelastung** eine wichtige Rolle. Deshalb wurde für die Planung von Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in Berlin ein System von Modellen angewandt, das über die Ebenen

- Straßenschlucht
- städtische und
- regionale Hintergrundbelastung

sowohl den großräumigen Einfluss weit entfernter Quellen als auch den Beitrag aller Emittenten im Stadtgebiet bis hinein in verkehrsreiche Straßenschluchten berechnen kann.

Aus den oben genannten Untersuchungen zur Herkunft der Feinstaubbelastung in Berlin entstand das wiedergegebene vereinfachte Schema in Abbildung 1, das die räumliche Verteilung der PM_{10} -Konzentration in Berlin und Umgebung verdeutlichen soll.

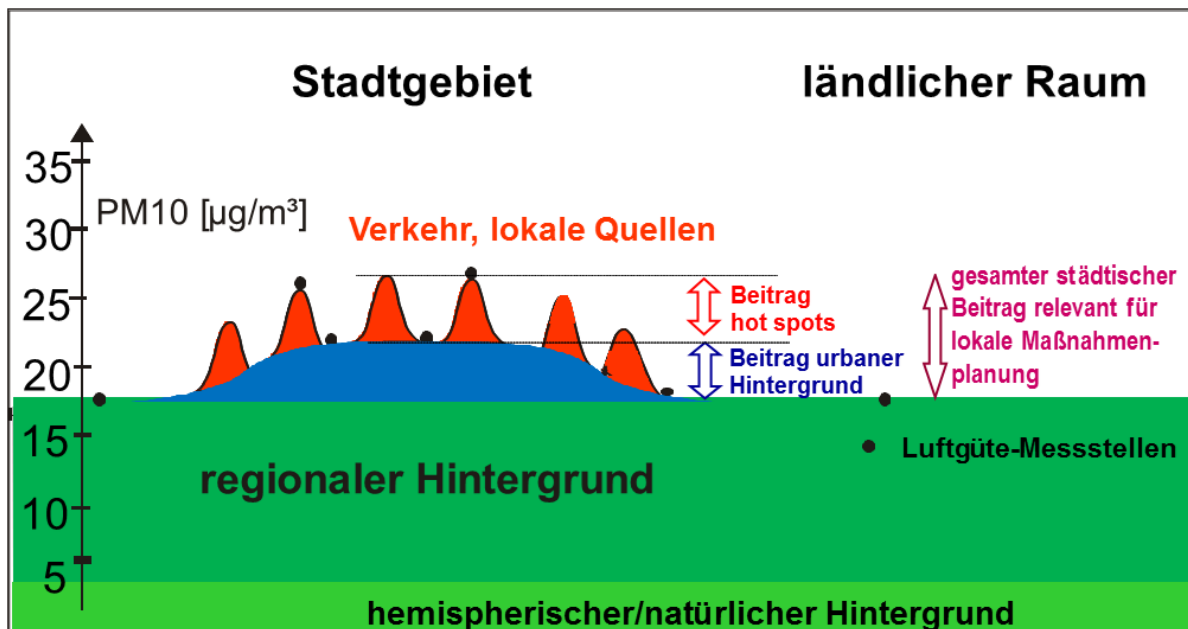


Abb. 1: Schema der Anteile der Feinstaub(PM_{10})-Belastung in Berlin und Umgebung (SenUVK 2016a)

Es existiert ein großräumig verteilter Hintergrundpegel (grüne Fläche), der anhand von Messungen an mehreren ländlichen Stationen in Brandenburg im Jahr 2016 knapp $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beträgt. Dieser als regionale Hintergrundbelastung bezeichnete Anteil ist, wie die großräumigen Modellergebnisse zeigen, außerhalb der Städte relativ gleichmäßig verteilt.

Darauf addiert sich der hausgemachte, durch Berliner Schadstoffquellen verursachte Teil der PM_{10} -Belastung. Er lässt sich unterteilen:

- in den Beitrag, der durch Überlagerung der Emissionen aller Berliner Quellen (Verkehr, Kraftwerke, Industrie, Wohnungsheizung) zustande kommt (blaue Fläche). Zusammen mit dem regionalen Hintergrund entspricht dies der Feinstaubkonzentration, die in innerstädtischen Wohngebieten fernab von Straßenverkehr und Industrie gemessen wird;
- in den zusätzlichen Beitrag, den lokale Emittenten, wie z.B. der Autoverkehr in der Frankfurter Allee, in der unmittelbaren Umgebung der Quelle verursachen (rote Spitzen).

In der Summe zeigt sich für Berlin, dass über die Hälfte der PM_{10} -Belastung an verkehrsnahen Messstellen in der Innenstadt aus dem regionalen Hintergrund und der übrige (hausgemachte) Anteil der Feinstaubbelastung jeweils zur Hälfte durch einen Beitrag des lokalen Verkehrs und die Schadstoffquellen im übrigen Stadtgebiet verursacht wird. Nur dieser Anteil kann durch lokale Maßnahmen in Berlin beeinflusst werden.

Datengrundlage

Emissionskataster Kraftfahrzeugverkehr

Das Emissionskataster Kfz-Verkehr ist auf der Basis der Verkehrszählungen für das Jahr 2014 neu erhoben worden, weil diese Verursachergruppe nach den bisherigen Erfahrungen erheblich zu den Feinstaub- und Stickoxid-Belastungen beiträgt. Seit dem Jahr 2001 sind in den Hauptverkehrsstraßen Berlins an vielen Stellen Detektoren errichtet worden, die die dort fahrenden Kraftfahrzeuge zählen. Diese Daten dienen primär dazu, die aktuelle Verkehrssituation in Berlin zu kennen und sie in die Verkehrssteuerung mit einzubeziehen. Diese Informationen werden in der [Verkehrsregelungszentrale](#) (VKRZ) ausgewertet, um die Bevölkerung und insbesondere die Autofahrer über Rundfunk, Internet und Anzeigetafeln an zentralen Punkten über die aktuelle Verkehrssituation zu informieren und gegebenenfalls Routenempfehlungen zur Umfahrung von Staus zu geben. Mit dem Ausbau der VKRZ soll das Ziel einer dynamischen Verkehrssteuerung nach aktueller Verkehrslage und -belastung ermöglicht werden.

Erhebung der Verkehrsbelastung

Seit 2002 stehen die Daten von ca. 400 Detektoren an etwa 300 Standorten innerhalb des Berliner Hauptstraßennetzes bei der [Verkehrslenkung](#) (VLB) zur Verfügung. Viele dieser Detektoren unterscheiden zwischen Pkw und Lkw und können für jährliche überschlägige Verkehrsmengenerhebungen genutzt werden.

Für das Jahr 2014 standen zusätzlich die Verkehrszahlen für Pkw, Lkw, Busse und Motorräder durch eine alle 5 Jahre durch die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz in Auftrag gegebene amtliche Zählung durch geschulte Personen an vielen Verkehrsknotenpunkten zur Verfügung. Diese amtliche Verkehrszählung hat gegenüber der Zählung durch die Detektoren den Vorteil, dass die Lkw unter und über 3,5 t besser von den sonstigen Kfz getrennt werden können. Daher wurde für 2014 diese Verkehrszählung als Grundlage für eine **"Emissionserhebung Kfz-Verkehr 2015 im Rahmen der Fortschreibung des Luftreinhalteplans 2011-2017"** gewählt, so wie bei den bisherigen Emissionskatastern Kfz-Verkehr der Jahre 1994, 1999, 2005 und 2009 auch.

Die Auspuffemissionen wurden dann wie folgt bestimmt:

- die Hochrechnung der punktbezogenen Knotenzählungen auf das gesamte Berliner Hauptstraßennetz mit einem Verkehrsfluss-Rechenmodell (VISUM) durch die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz lieferte als Resultat die mittleren täglichen Verkehrszahlen (DTV) und die Lkw-Anteile für alle Hauptstraßen;
- die Ermittlung der abschnittsbezogenen Belastung des Hauptverkehrsstraßennetzes mit Linienbusverkehr der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) wurde aus den Fahrplandaten 2014 errechnet;
- die Berechnung der Emissionen mit den Emissionsfaktoren aus dem UBA-Handbuch für Emissionsfaktoren (Version 3.3) unter Berücksichtigung der Straßenart und -funktion wird mit Hilfe des Programms IMMIS^{em/luft} ermittelt.

Erhebung der Emissionen

Zu den Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs zählen die Auspuff- und Abriebemissionen des fließenden Verkehrs, die Verdunstungsemissionen des ruhenden Verkehrs und Verdunstungsemissionen an Tankstellen. Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die Erhebungssystematik. Die Emissionen an Tankstellen werden dem Kleingewerbe zugeordnet.

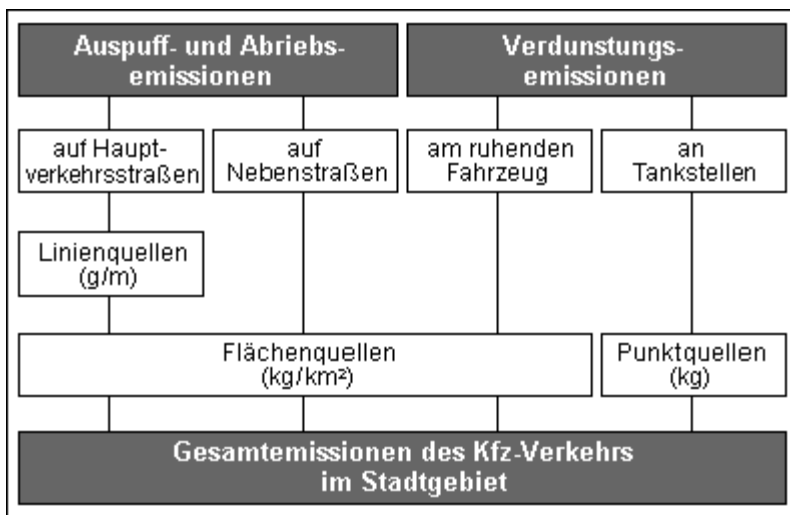


Abb.2: Emissionserhebung Kfz-Verkehr 2015 im Rahmen der Fortschreibung des Luftreinhalteplans 2011-2017

Mit Hilfe von Emissionsmodellen werden die Schadstoff- und CO₂-Emissionen für Linienquellen (Hauptverkehrsstraßen) und Flächenquellen (Nebenstraßennetz und Verdunstungsemissionen) berechnet.

Die Auspuff- und Abriebemissionen treten als Linienquellen auf Hauptverkehrs- und Nebenstraßen auf. Sie werden jedoch nur für das Hauptverkehrsstraßennetz als Linienquellen berechnet, weil nur für diese Straßen DTV-Werte und Angaben zur stündlichen Kapazität aus Zählungen vorliegen. Die Emissionen der Linienquellen werden anschließend dem Rasternetz als Flächenwerte zugeordnet. Die Emissionen im Nebenstraßennetz werden dagegen aus Annahmen zum Verkehrsaufkommen und zum Lkw-Anteil direkt für die einzelnen Raster abgeleitet.

Emissionsmodelle Hauptverkehrsstraßen (Linienquellen) und Nebenstraßennetz (Flächenquellen)

Die Auspuffemissionen durch den Kraftfahrzeugverkehr hängen von Faktoren ab, die sich in verkehrsspezifische und kraftfahrzeugspezifische Kenngrößen zusammenfassen lassen.

Die **verkehrsspezifischen Kenngrößen** werden durch die Verkehrsdichte, d.h. die Anzahl der auf dem betrachteten Straßenabschnitt (Quelle) bewegten Fahrzeuge und deren Fahrverhalten (Fahrmodus) beschrieben. Das Fahrverhalten wird den verschiedenen Straßentypen (Stadtkernstraße, Nebenstraße, Hauptverkehrsstraße mit oder ohne Lichtsignalanlage, Autobahn) und Funktionen (Geschäftsstraße, Wohngebietsstraße oder Einfallstraße) zugeordnet.

Die **kraftfahrzeugspezifischen Kenngrößen**, im Allgemeinen ausgedrückt durch die Abgasemissionsfaktoren, werden bestimmt durch:

- die Art des motorischen Antriebsverfahrens (Viertakt-, Zweitakt- oder Dieselmotor),
- die Art der Gemischaufbereitung (durch Vergaser oder Einspritzung beim Otto-Motor),
- die Art des Kraftstoffes (Zweitaktgemisch, Benzin, Diesel),
- die Art eventuell vorhandener Reinigungssysteme (geregelter und ungeregelter Katalysator, Abgasrückführung, Partikelfilter, Entstickungssysteme) sowie
- sonstige, den technischen Zustand des Motors charakterisierende Größen.

Die Emissionsfaktoren hängen auch vom Fahrverhalten (Fahrmodus) ab und werden daher für unterschiedliches Fahrverhalten angegeben. Als wesentliche kraftfahrzeugspezifische Größe werden auch der Kaltstarteinfluss, der zu erhöhten Schadstoffemissionen während der Warmlaufphase des Motors führt, und die Verdunstungsemissionen berücksichtigt.

Die Emissionsfaktoren werden im UBA-Handbuch für Emissionsfaktoren (Version 3.3) für jedes Jahr seit 1990 bis zum Jahr 2030 zur Verfügung gestellt. Hier finden sich für jede Fahrzeuggruppe (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, motorisierte Zweiräder, Busse und schwere Nutzfahrzeuge), für zurzeit mindestens sechs Minderungsstufen (80er Jahre ECE-Zyklus, Euro I/1, Euro II/2, Euro III/3, Euro IV/4, EURO V/5 und EURO VI/6) und für jeden Straßentyp die Emissionsfaktoren aller relevanten emittierten Stoffe.

Die strengere Norm Euro VI für schwere Nutzfahrzeuge ist seit Januar 2013 gültig, der Euro 6 - Standard für Pkw ist seit September 2014 bzw. in Stufen verschärft seit September 2017 und ab Januar 2020 vorgeschrieben. Diese Abgasnormen können mit der jetzigen Version des UBA-Handbuchs berücksichtigt werden, so dass realistische Prognosen der Kfz-Emissionen möglich sind.

Ermittlung der Emission durch Abrieb und Aufwirbelung des Straßenverkehrs

Nach heutiger Erkenntnis geht man davon aus, dass ein großer Anteil der verkehrsbedingten PM_{10} -Emissionen nicht aus dem Auspuff der Fahrzeuge stammt, sondern über Aufwirbelung von auf der Straßenoberfläche liegenden Partikeln und vom Reifen- und Bremsabrieb herrührt.

Grundlage der Berechnung dieser Emissionen mit $IMMIS^{em/luft}$ bildet die modifizierte EPA-Formel aus entsprechenden Untersuchungen. Diese Formel wurde in Berlin durch Messungen an der Schildhornstraße und an der Frankfurter Allee entwickelt und basiert auf der Erkenntnis, dass bezogen auf das Jahr 2001 ca. 50 % der in Straßenschluchten gemessenen Zusatzbelastung von Feinstaub nicht der Auspuffemission der Kraftfahrzeuge zugeordnet werden kann, sondern durch die fahrzeugbedingten Abriebe (Brems-, Straßen- und Reifenabrieb) und Aufwirbelungen verursacht werden. Da die Auspuffemissionen durch die verbesserte Motortechnik seitdem weiter vermindert wurden, ist der Anteil der nicht Auspuff bedingten Emissionen an der Zusatzbelastung heute deutlich höher als 50 %.

Abbildung 3 stellt die einzelnen Ausgangsgrößen zur Berechnung der Auspuff- und Abriebemissionen des Verkehrs, wie Fahrleistungsfaktoren, Stop-and-Go-Zuschläge, Kaltstartfaktoren etc. sowie die Ergebnisse vor.

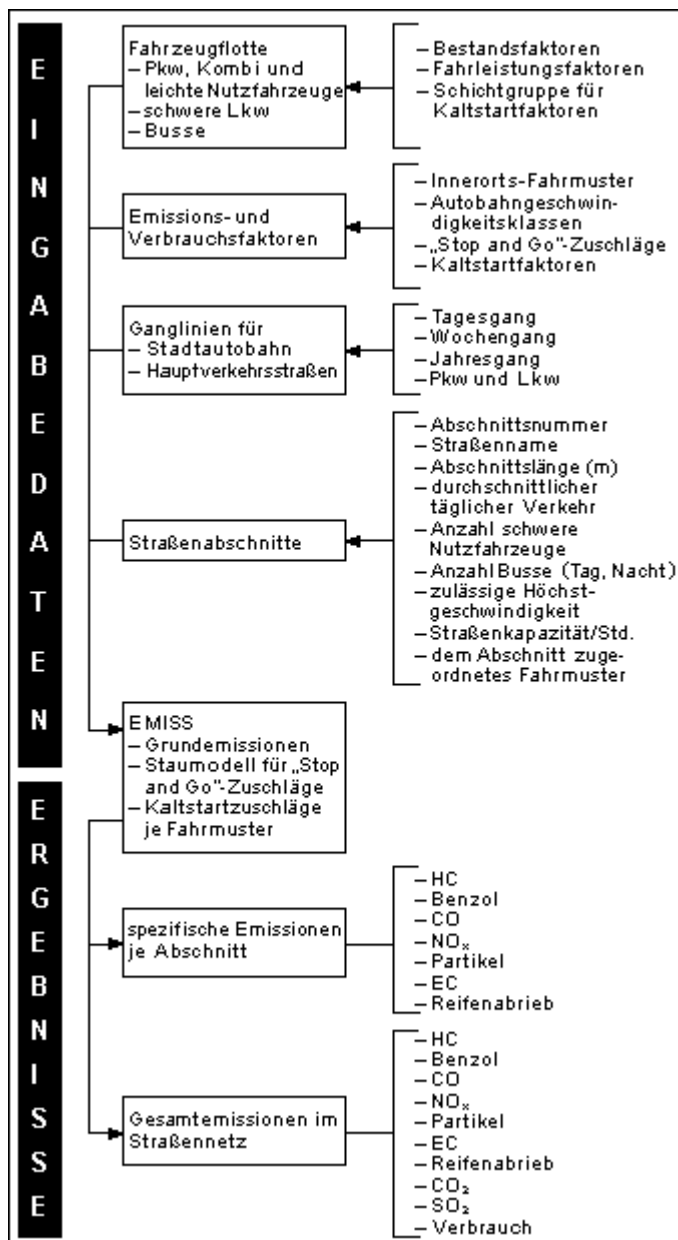


Abb. 3: Emissionsmodell zur Berechnung der emittierten Schadstoffmengen in Hauptverkehrsstraßen (Liwicki, Garben 1993)

Für Gebiete mit ausgeprägter Orographie sind die Straßenabschnitte in Längsneigungsklassen einzuordnen. In Berlin wurde dies für das Emissionskataster „Verkehr 2015“ erstmalig angewandt.

Emissionsmodell Nebenstraßennetz (Flächenquellen)

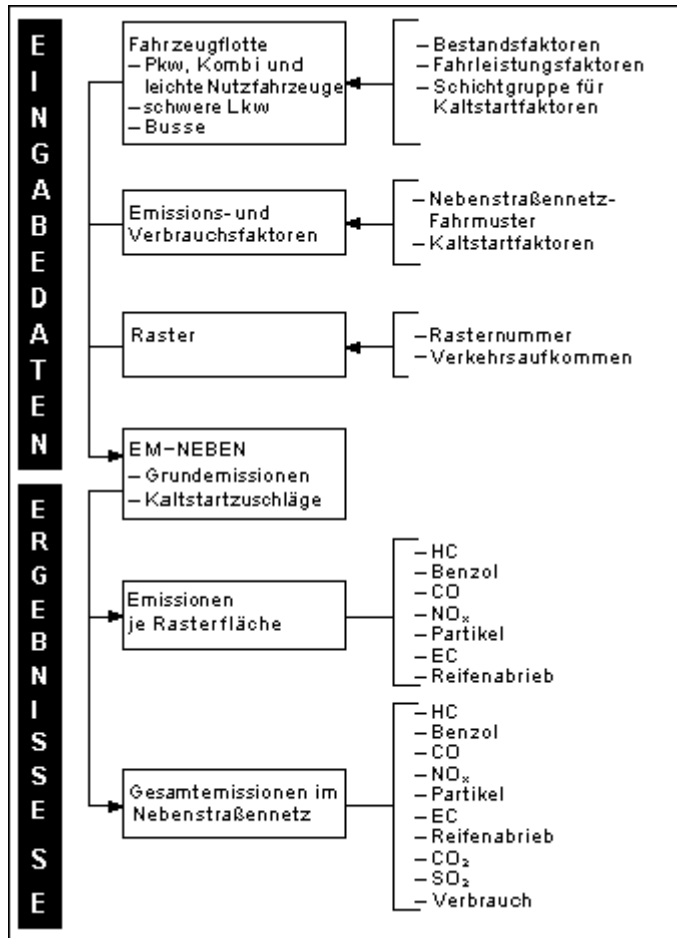


Abb. 4: EM-NEBEN - Emissionsmodell für das Nebenstraßennetz (Flächenquellen) (Liwicki, Garben 1993)

Die Verkehrsbelastung der Nebenstraßen für das Jahr 2015 wurde mit Hilfe des Verkehrsumlegungsprogramms VISUM aus den zugrunde gelegten Quell-Ziel-Relationen berechnet. Die daraus ermittelten Gesamtfahrleistungen und Anteile an schweren Nutzfahrzeugen wurden den Verkehrszellen in der Stadt zugeordnet. Die aus dem Auspuff und durch Aufwirbelung und Abrieb bedingten Emissionen im Nebennetz wurden mit dem Emissionsmodul von IMMIS^{em/luft} bestimmt.

Im Nebenstraßennetz werden die Emissionen nicht für einzelne konkrete Straßenabschnitte berechnet, sondern für Rasterflächen von jeweils einem Quadratkilometer. Die Fahrleistung in den Rasterflächen wird auf der Grundlage folgender Angaben ermittelt:

- überwiegende Nutzung des Gebietes, unterteilt in
 - Wohnen in Außenbereichen,
 - Gewerbe- und Industrie,
 - Innenstadt und Subzentren,
- Anzahl der Einwohner und der Arbeitsplätze, differenziert nach
 - Handel und Dienstleistungen,
 - produzierendem Gewerbe,
- daraus abgeleitete Quelle-Ziel-Matrizen des Kfz-Verkehrs.

Die weiteren Eingangsgrößen zur Ermittlung der Gesamtemissionen je Schadstoffkomponente für jede Rasterfläche entsprechen denen für die Berechnung im Hauptverkehrsstraßennetz.

Auspuff- und Abriebemissionen im Stadtgebiet

Tabelle 2 gliedert die auf Hauptverkehrsstraßen Berlins vom Kraftfahrzeugverkehr erbrachten Fahrleistungen (Mio. Fahrzeug-km/Jahr), den Kraftstoffverbrauch (t) und die Auspuff- und Abriebemissionen des Kraftfahrzeugverkehrs (t/Jahr) nach Fahrzeugarten für das Bezugsjahr 2015.

Tab. 2: Fahrleistungen (Mio. Fahrzeug-km/Jahr), Kraftstoffverbrauch (t) und Auspuff- und Abriebemissionen (t/Jahr) nach Fahrzeugart auf Hauptverkehrsstraßen - Bezugsjahr 2015							
	Gesamt	Pkw	schwere Nutzfahrzeuge	leichte Nutzfahrzeuge	Linienbusse	Reisebusse	motorisierte Zweiräder
Fahrleistung	10.109,0	8.367,0	354,2	1.031,1	109,2	33,2	214,4
Kraftstoffverbrauch	703.692,0	511.015,0	63.486,0	65.779,0	46.613,0	11.265,0	5.534,0
davon Diesel-Fz	363.991,0						
Kohlendioxid	2.222.136,0	1.609.954,0	201.824,0	209.011,0	148.186,0	35.812,0	17.349,0
davon Diesel-Fz	1.157.142,0						
NOx	5.817,0	2.854,3	1.017,2	768,0	916,1	238,6	22,7
davon NO2 direkt	1.445,6	797,3	126,6	242,9	250,1	27,6	1,1
NOx aus Diesel-Fz	5.109,6						
PM10	546,2	315,1	111,5	64,8	41,8	13,0	0,0
davon Auspuffpartikel	96,5	47,902	11,747	31,84	2,57	2,437	0
Auspuffpartikel aus Diesel-Fz	90,2						
davon PM2,5	267,0						
SO2	10,7						
CO	13.788,2						
Kohlenwasserstoffe (HC)	2.629,8						
HC ohne Methan (CH4)	2.474,5						
CH4	155,4						
Benzo[a]Pyren	7,9						
Benzol	164,4						
Toluol	262,3						
Xylol	244,5						
Distickstoffmonoxid (N2O)	37,2						
Ammoniak (NH3)	190,0						

Tab. 2: Fahrleistungen (Mio. Fahrzeug-km/Jahr), Kraftstoffverbrauch (t) und Auspuff- und Abriebemissionen (t/Jahr) nach Fahrzeugarten auf Hauptverkehrsstraßen - Bezugsjahr 2015

Hier dazugezählt werden müssen noch die Emissionen aus dem Nebenstraßennetz, die ca. 18 % der Gesamtemissionen aus dem Straßenverkehr ausmachen. Eine Übersicht über die Emissionen aus Industrie, Gebäudeheizung und Verkehr bietet die [Tabelle 2 der Umweltatlaskarte „Langjährige Entwicklung der Luftqualität \(03.12\)“](#).

Die für dieses Kataster entwickelte neuartige Emissionsberechnungsmethode ist auch als Grundlage für Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Schadstoffbelastungen an Straßen geeignet. Die weitreichende Neugestaltung der Berechnungsmethodik lässt Vergleiche mit vorhergehenden Emissionserhebungen auf der Grundlage einer wesentlich einfacheren Methode nur sehr eingeschränkt zu.

Immissionen - Ergebnisse der stationären Messungen

Zur Erfassung der durch den Kfz-Verkehr verursachten Schadstoffbelastung werden im Rahmen des automatischen Luftgüte-Messnetzes BLUME **Straßen-Messstationen** betrieben; um den EU-Richtlinien und der daraus hervorgegangenen Novellierung des BImSchG und der 39. BImSchV von 2010 Rechnung zu tragen, werden kontinuierlich Anpassungen im Berliner Luftgüte-Messnetz vorgenommen.

Da die Konzentration von Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid nur noch einen Bruchteil der Grenzwerte beträgt, konnten die Messungen dieser Komponenten entsprechend reduziert werden. Gleichzeitig wird aufgrund der Problemlage besonderes Augenmerk auf die Bestimmung von **Feinstaub (PM₁₀)** und **Stickstoffdioxid (NO₂)** vor allem in Verkehrsnähe gelegt.

Für die detaillierte und lückenlose Online-Darstellung der langfristigen Entwicklung der Luftbelastung in Berlin wurde ein Archiv aufgebaut, welches über die [Umweltatlaskarte "Langjährige Entwicklung der Luftqualität \(03.12\)"](#) abgerufen werden kann.

Messungen der Immissionsbelastung im Stadtgebiet

Im Jahr 2016 wurden an insgesamt 16 Messcontainern (5 am Stadtrand, 5 im innerstädtischen Hintergrund und 6 an Straßenstandorten) und an 23 RUBIS-Messstellen Luftschadstoffmessungen durchgeführt. Mit diesen miniaturisierten Geräten wurden Benzol und Ruß als Wochenproben gesammelt. Zusätzlich wurden Passivsammler an diesen Orten zur Bestimmung von Stickoxiden angebracht. Die Geräte sammeln Proben über eine Probenahmezeit von 14 Tagen, die dann im Labor

analysiert werden. Die Lage der einzelnen Messstellen ist schematisiert Abbildung 5 zu entnehmen. Die genauen Adressen sind in den [Monatsberichten](#) zur Luftreinhaltung der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz zu finden.

Die Lage der automatischen Container-Messstellen des Berliner Luftgüte-Messnetzes (BLUME) sowie der RUBIS-Kleinmessstellen werden einschließlich der dazugehörigen z.T. langjährigen Jahreskennwerte im Geoportal mit der Karte und den Sachdaten zur „[Langjährigen Entwicklung der Luftqualität – Immissionen](#)“ angeboten.

Bei der kleinräumigen Ortsbestimmung der Probenahmestellen und der Durchführung der Messungen sind folgende Vorgaben der 39. BImSchV soweit wie möglich zu beachten:

- Der Luftstrom um den Messeinlass darf in einem Umkreis von mindestens 270 Grad nicht beeinträchtigt werden und es dürfen keine Hindernisse vorhanden sein, die den Luftstrom in der Nähe der Probenahmeeinrichtung beeinflussen, das heißt Gebäude, Balkone, Bäume und andere Hindernisse sollen einige Meter entfernt sein und die Probenahmestellen für die Luftqualität an der Baufluchtlinie müssen mindestens 0,5 Meter vom nächsten Gebäude entfernt sein.
- Im Allgemeinen muss sich der Messeinlass in einer Höhe zwischen 1,5 Meter (Atemzone) und 4 Meter über dem Boden befinden. Eine höhere Lage des Einlasses (bis zu 8 Meter) kann unter Umständen angezeigt sein, z.B. wenn die Messstation für eine größere Fläche repräsentativ sein soll.
- Der Messeinlass darf nicht in nächster Nähe von Emissionsquellen angebracht werden, um die unmittelbare Einleitung von Emissionen, die nicht mit der Umgebungsluft vermischt sind, zu vermeiden.
- Die Abluftleitung der Probenahmestelle ist so zu legen, dass ein Wiedereintritt der Abluft in den Messeinlass vermieden wird.
- Bei allen Schadstoffen sollten verkehrsbezogene Probenahmestellen mindestens 25 Meter vom Rand verkehrsreicher Kreuzungen und höchstens 10 Meter vom Fahrbahnrand entfernt sein.

Die Höhe der gemessenen Konzentration ist nicht alleine von der Anzahl der Fahrzeuge und der dadurch bedingten Emissionen abhängig, sondern auch von den Bedingungen für den Luftaustausch, die einerseits durch meteorologische Parameter (z.B. den Wind), andererseits durch Art und Umfang der Bebauung gegeben sind. So werden hohe Immissionsbelastungen an beidseitig bebauten Straßen (Straßenschluchten) wie in der Silbersteinstraße in Neukölln oder der Schildhornstraße in Steglitz registriert, während an der Stadtautobahn, die ein wesentlich höheres Verkehrsaufkommen aufweist, geringere Schadstoffkonzentrationen zu verzeichnen sind. Die Abbildung 5 zeigt eine typische Schadstoffverteilung in einer Straßenschlucht. Eine solche Verteilung entsteht, wenn die Windrichtung (über Dach) vom Messpunkt zur Straßenmitte zeigt und sich in der Straßenschlucht eine Wirbelströmung ausbildet. Diese treibt die Kfz-Emissionen auf die Straßenseite mit der Messstation.

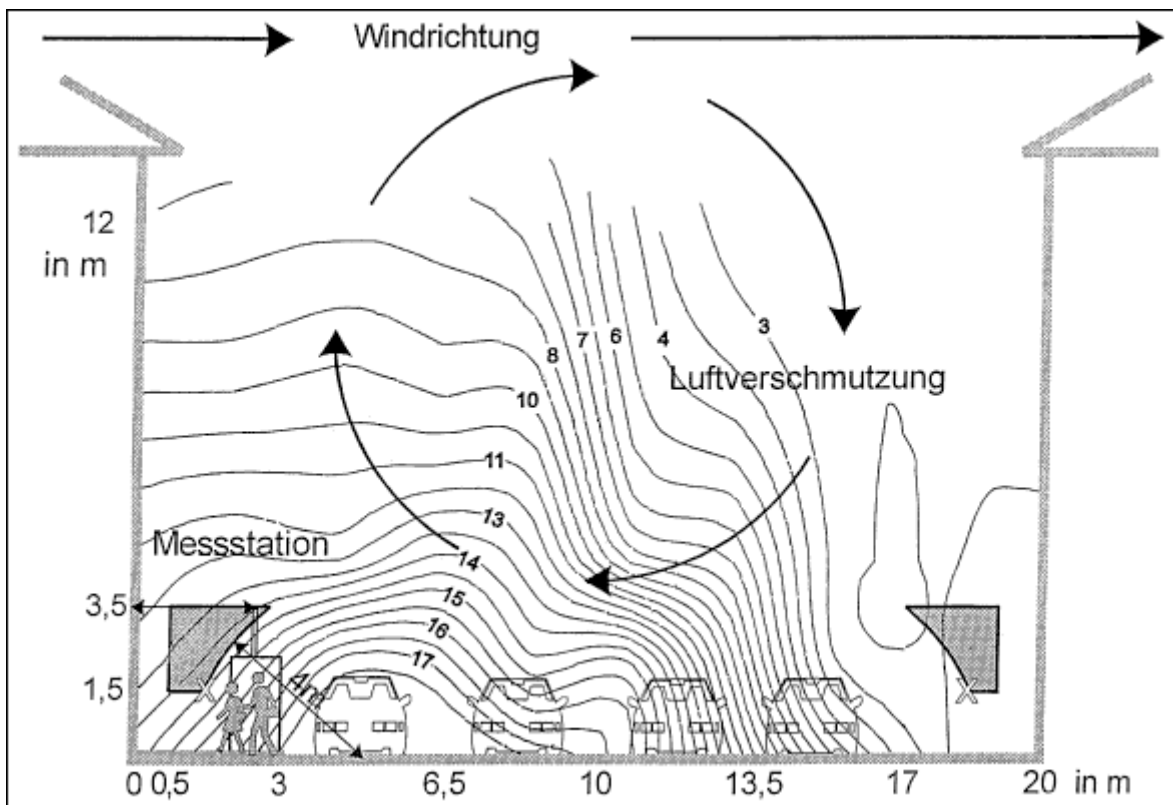


Abb. 5: Schadstoffverteilung in einer Straßenschlucht mit Messbereich nach der 39. BImSchV und Aufpunkten für die Berechnung mit dem Straßenschluchtmodell IMMIS^{em/luft}

Langjähriger Trend der Stickstoffdioxidkonzentration im Stadtgebiet

Die Ergebnisse der bis 2016 im Stadtgebiet durchgeführten Messungen zeigen im langjährigen Trend (vgl. Abbildung 6):

- Bis etwa 1995 wurde durch die Ausrüstung der Berliner Kraftwerke mit Entstickungsanlagen und die Einführung des geregelten Katalysators für Otto-Fahrzeuge ein deutlicher Rückgang der Stickstoffdioxidkonzentrationen erreicht.
- Die Belastung mit NO₂ hat sich an allen drei dargestellten Stationskategorien während der letzten zehn Jahre kaum verändert. Die Werte an verkehrsreichen Straßen (rote Kurve) liegen immer noch deutlich über dem EU-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel.
- Die durch die Verbesserung der Abgasteknik der Fahrzeuge zu erwartende Abnahme der Stickoxidemissionen hat nicht zu einem Rückgang der Stickstoffdioxidbelastung geführt.

Langfristige Entwicklung der Stickstoffdioxidbelastung

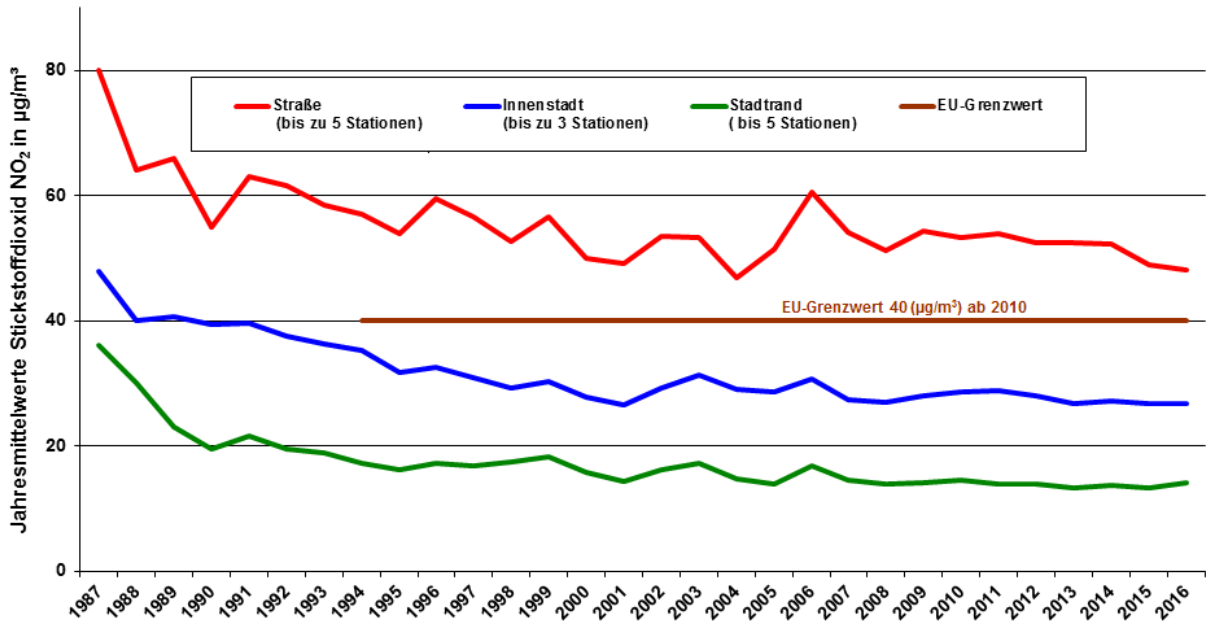


Abb. 6: Langjähriger Trend der Stickstoffdioxidwerte in Berlin (weitere Informationen werden unter [Langfristige Entwicklung der Luftqualität](#)) angeboten.

Langjähriger Trend der PM₁₀-Konzentration im Stadtgebiet

Die Abbildung 7 zeigt die Entwicklung der PM₁₀- und Gesamtstaubkonzentration in Berlin und Umgebung über die letzten etwa 30 Jahre (1997 fand die Umstellung der Messungen von Gesamtstaub auf Feinstaub (PM₁₀) statt).

Die rote Kurve zeigt die Belastung an drei verkehrsnahen Messstellen, während die blaue und die grüne Linie die gemittelten Konzentrationen an drei Messstellen in innerstädtischen Wohngebieten bzw. an fünf Messpunkten am Stadtrand wiedergeben.

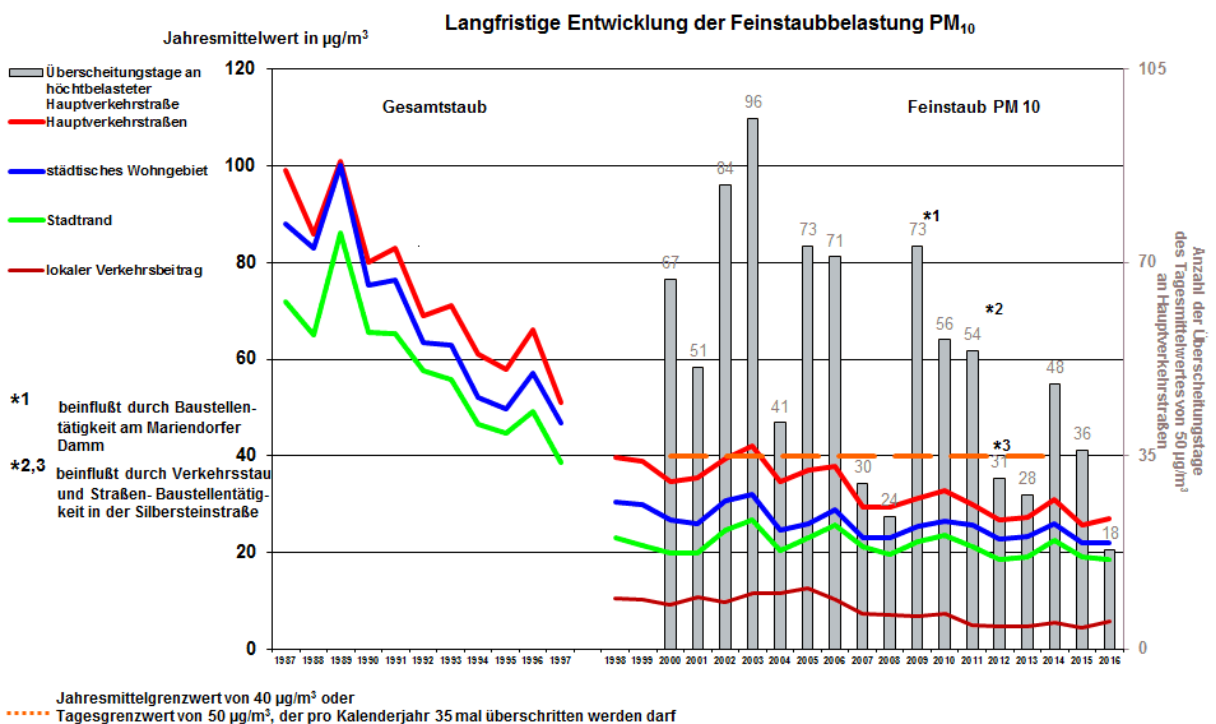


Abb. 7: Langjähriger Trend der PM₁₀- und Gesamtstaubkonzentration in Berlin sowie Anzahl der Überschreitungstage (weitere Informationen werden unter [Langfristige Entwicklung der Luftqualität](#) angeboten).

Beim Vergleich der Kurven fällt folgendes auf:

- Die PM₁₀-Konzentration am Stadtrand und in ländlicher Umgebung in Brandenburg beträgt bis zum Jahr 2003 bereits mehr als die Hälfte der PM₁₀-Belastung in Berliner Hauptverkehrsstraßen der Innenstadt; durch die im jährlichen Mittel weiter zurückgehende Konzentration im Verkehrsbereich nähert sich das Verhältnis danach bis 2016 auf etwa 2:3 Stadtrand zu Hauptverkehrsstraße an.
- Der bis Ende der 90er Jahre anhaltende Rückgang der Staubwerte hat sich in den letzten Jahren nicht fortgesetzt. Im Gegensatz dazu ging die Rußbelastung an Hauptverkehrsstraßen von 1998 bis 2008 kontinuierlich um über 60 % zurück (vgl. [Verlauf der absoluten Jahresmittelwerte in µg/m³ für Ruß](#) am [BLUME-Messcontainer 174](#)); ein Resultat u.a. der abgastechnischen Verbesserung der Fahrzeuge, so zum Beispiel auch der Busflotte der Berliner Verkehrsbetriebe BVG.
- Die über das Jahr gemittelte Feinstaubbelastung in Verkehrsnähe liegt seit 2004 unter dem EU-Grenzwert von 40 µg/m³. Allerdings traten bis 2006 und ab 2009 noch Überschreitungen des strengeren 24h-Grenzwerts auf. Der 24h-Grenzwert von 50 µg/m³ darf 35 Mal pro Kalenderjahr überschritten werden. Die Abnahme des Jahresmittelwertes und der Anzahl an Überschreitungstage an Hauptverkehrsstraßen ist auch auf günstige meteorologische Bedingungen und auf die Einführung der Umweltzone zurückzuführen. Im Jahr 2010 wäre ohne die Umweltzone die Anzahl der Überschreitungstage mit Tagesmittelwerten von über 50 µg/m³ um etwa 10 Tage höher gewesen.
- Die jährliche Variation der PM₁₀-Werte ist an allen Stationen ähnlich. Insbesondere der deutliche Wiederanstieg der PM₁₀-Werte in den Jahren 2002, 2003, 2005 und 2006 sowie 2010 und 2014 ist ein Phänomen, das gleichzeitig überall im Stadtgebiet, einschließlich der Stadtrandstationen und der Umlandstationen auftrat. Die Ursache ist deshalb nicht in erster Linie bei den Berliner PM₁₀-Emissionen zu suchen, sondern auf ungünstige Witterungsbedingungen (große Anzahl winterlicher austauscharmer Süd- und Südost-Wetterlagen) und die großräumige Verfrachtung der Feinstaubpartikel zurückzuführen.

Methode

Grundlage der Darstellung der Emissionen des Kfz-Verkehrs waren die 2014 durchgeführten Verkehrszählungen im Hauptstraßennetz Berlin. Wie im Kapitel "Erhebung der Emissionen" beschrieben, wurden auf dieser Basis die verkehrsrelevanten Schadstoffe für das Zählnetz 2014 berechnet.

Bewertung der Emissionsmengen

Die Karte präsentiert die räumliche Verteilung der verkehrsverursachten Emissionen. Um eine Einstufung der Emissionsmengen zu erreichen, wurden 4 Emissionsklassen gebildet, die sich an der Verteilung der absoluten Emissionen im Berliner Hauptstraßennetz orientieren.

Zur Differenzierung dieser Klassen wurden die beiden Indikatoren mit besonderer lufthygienischer Bedeutung, die Schadstoffe Stickoxide (NO_x) und Feinstaub (PM₁₀), herangezogen. Auf der Grundlage einer Größensortierung der Emissionsmengen pro Stoff und Abschnitt wurden für jeden Stoff getrennt Gruppen von jeweils 10 Prozent ('Dezile') gebildet. In einem weiteren Schritt wurde eine gemeinsame Gruppenbildung für NO_x und PM₁₀ durchgeführt.

Die Zuordnung der Dezilbereiche zu Gruppen und Bewertungen zeigt Tabelle 3.

Bewertung der Emissionsmengen Kfz-Verkehr		
Gruppen	Bewertung	Abgrenzung
Gruppe 1	weit unterdurchschnittlich bis unterdurchschnittlich	1. bis 3. Dezil (unterste 30 % der Emissionswerte)
Gruppe 2	durchschnittlich	4. bis 7. Dezil (31 - 70 % der Emissionswerte)

Gruppe 3	überdurchschnittlich	8. und 9. Dezil (71 - 90 % der Emissionswerte)
Gruppe 4	weit überdurchschnittlich	10. Dezil (oberste 10 % der Emissionswerte)
		100 % = 10.086 Streckenabschnitte

Tab. 3: Gruppenbildung der Emissionsmengen in den Hauptstraßenabschnitten anhand der Indikatoren NO_x und PM₁₀

Aus der Einstufung in eine der 4 Emissionsklassen kann nicht unmittelbar auf die im Streckenabschnitt resultierende Belastungs- (Immissions-) Situation geschlossen werden. Dazu werden eigene Berechnungen für Schadstoffkonzentrationen der wichtigsten Stoffe durchgeführt (vgl. [Karte 03.11.2 Verkehrsbedingte Luftbelastung](#)).

Datenanzeige zur Karte

Die Datenanzeige im [Geoportal](#) umfasst detaillierte Informationen zum ausgewählten Streckenabschnitt. Neben der Schlüsselnummer des Abschnittes werden folgende Parameter dargestellt:

- Länge des Straßenabschnittes [m]
- Name des Straßenabschnittes
- Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV)
- Anzahl Pkw pro Tag
- Anzahl schwerer Lkw (>3,5 t) pro Tag
- Anzahl leichter Lkw (≤3,5 t) pro Tag
- Anzahl Linienbusse pro Tag
- Anzahl Reisebusse pro Tag
- Anzahl Motorräder pro Tag
- Datenquelle der Verkehrszählung 2014
- Emission Stickstoffdioxid [g/(m/Tag)]
- Emission Stickoxide [g/(m/Tag)]
- Emission Auspuffpartikel [g/(m/Tag)]
- Emission Feinstaub PM₁₀ [g/(m/Tag)]
- Emission Feinstaub PM_{2,5} [g/(m/Tag)]
- Emission Benzol [g/(m/Tag)]
- Emission Kohlenmonoxid [g/(m/Tag)]
- Emission Kohlendioxid [g/(m/Tag)]
- Emission Kohlenwasserstoffe [g/(m/Tag)]
- Emission Ruß [g/(m/Tag)]
- Emission Schwefeldioxid [g/(m/Tag)]
- Emission Methan [g/(m/Tag)]
- Emission Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe [g/(m/Tag)]
- Emission Toluol [g/(m/Tag)]
- Emission Xylol [g/(m/Tag)]
- Emission Ammoniak [g/(m/Tag)]
- Emission Lachgas [g/(m/Tag)]
- Emission Benzo(a)Pyren [g/(m/Tag)]
- Bewertung der Emissionsmengen anhand von NO_x und PM₁₀

Kartenbeschreibung

Grundsätzlich werden die verkehrsbedingten Emissionen vorrangig von der Anzahl und Zusammensetzung der Fahrzeugflotte, dem Lkw-Anteil, der Fahrgeschwindigkeit, der Stauanfälligkeit des jeweiligen Straßenabschnittes sowie der mittleren spezifischen Emission der Fahrzeuge bestimmt. Einen Großteil der Verkehrslast haben in Ballungsräumen die Hauptstraßen zu bewältigen. Zwar umfasst das in der Karte abgebildete Hauptstraßennetz des Landes Berlin mit seinen rund 1.770 km Länge nur ca. 32 % des Gesamtnetzes von etwa 5.410 km, jedoch wird der größte Anteil aller gefahrenen Kilometer sowie verkehrsrelevanten Emissionen auf diesem Netzteil verursacht (jeweils über 80 % der betroffenen Summenwerte).

Während Tabelle 2 die einzelnen Summendarstellungen enthält, verdeutlicht die Karte die räumliche Verteilung auf den über 10.000 Zählabschnitten.

Fast alle 1.009 Abschnitte mit - bezogen auf die Berliner Situation - "weit überdurchschnittlichen" Emissionen der Schadgase NO_x und PM_{10} weisen eine "Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke" (DTV) von mehr als 20.000 auf.

Aus der Einstufung in eine der 4 Emissionsklassen kann nicht unmittelbar auf die im Streckenabschnitt resultierende Belastungs- (Immissions-) Situation geschlossen werden. Dazu werden eigene Berechnungen für Schadstoffkonzentrationen der wichtigsten Stoffe durchgeführt, die auch die notwendigen weiteren Randbedingungen wie die Meteorologie als nicht-konstante Größe und das jeweilige Trassenumfeld berücksichtigen (vgl. Kapitel Methode). Das Berechnungsmodell liefert eine Abschätzung für die Schadstoffkonzentration innerhalb der Straßenschluchten in dem Bereich, in dem sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten können.

Die Abschnitte dieser Bewertungsstufe sind ganz überwiegend Hauptverbindungsstraßen wie

- Teile der Stadtautobahn A100,
- Bundesstraßen wie Heerstraße oder Potsdamer Straße,
- weitere wichtige Verbindungsachsen wie die Strecke Großer Stern - Kaiserdamm / Großer Stern - Martin-Luther-Straße bzw. der Straßenzug Leipziger Straße - Gruner Straße - Otto-Braun-Straße.

Literatur

- [1] **BMUNR (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hrsg.) 1987:**
Auswirkungen der Luftverunreinigung auf die menschliche Gesundheit. Bericht für die Umweltministerkonferenz, Bonn.
- [2] **IVU Umwelt GmbH 2016:**
Programmsystem **IMMIS**...
Internet:
<http://www.immis.de/>
(Zugriff am 15.12.2017)
- [3] **Kalker, U. 1993:**
Gesundheitliche Bewertung der verkehrsbedingten Schadstoffe Stickoxide, Benzol und Dieselruß-Partikel, in: Forum Städte-Hygiene 44, Frankfurt.
- [4] **Kühling, W. 1986:**
Planungsrichtwerte für die Luftqualität, in: Schriftenreihe Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen. Materialien, Band 4.045, Hrsg.: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen im Auftrag des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW, Dortmund.
- [5] **Liwicki, M., Garben, M. 1993:**
Emissionskataster Straßenverkehr Berlin 1993, Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, nicht veröffentlicht.
- [6] **Nowak, D., Jörres, R., Magnussen, H. 1994:**
Luftverschmutzung - Asthma - Atemswegsallergien. Zwischenergebnisse deutsch-deutscher epidemiologischer Studien, in: Deutsches Ärzteblatt 91, Heft 1/2, Köln.

- [7] **SenUVK (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin) (Hrsg.) 2016:** Luftgüte-Messnetz (BLUME), Download detaillierter Monats- und Jahresberichte, Berlin.
Internet:
<https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luftqualitaet/de/messnetz/monat.shtml>
(Zugriff am 15.12.2017)
- [8] **SenUVK (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin) (Hrsg.) 2016a:** Luftreinhalte- und Aktionsplan 2011-2017, Berlin.
Internet:
<https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/>
(Zugriff am 15.12.2017)
- [9] **SenUVK (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin) (Hrsg.) 2016b:** Stadtentwicklungsplan Verkehr, Berlin.
Internet:
https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/step_verkehr/
(Zugriff am 15.12.2017)
- [10] **SenUVK (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin) (Hrsg.) 2016c:** Emissionskataster 2015, Abschlussbericht], Berlin.
Internet:
https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luftqualitaet/de/emissionen/ekataster_2015.shtml
(Accessed on 6 February 2019)
- [11] **SenGesUmV (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin) (Hrsg.) o.J.:**
Emissionserhebungen und Immissionsberechnungen Kfz-Verkehr 2009 im Rahmen des Luftreinhalteplans 2009-2020, Berlin, unveröffentlicht.

Gesetze und Verordnungen

- [12] **Allgemeine Verwaltungsvorschrift über straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen bei Überschreiten von Konzentrationswerten nach der 23. BImSchV (VwV-StV-ImSch)**
Bundesanzeiger Nr. 243, S. 13393 vom 31. Dezember 1996.
Internet:
<https://www.umwelt-online.de/recht/luft/bimschg/vo/vwv/23vv.htm>
(Zugriff am 20.12.2017)
- [13] **23. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV)**, BGBl I Nr. 66, S. 1962 vom 20. Dezember 1996.
Richtlinie wurde durch die 39. BImSchV ersetzt.
- [14] **Richtlinie des Rates vom 7. März 1985 über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid (Richtlinie 85/203/EWG)**, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 87/1.
Internet:
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:31985L0203>
(Zugriff am 20.12.2017)
- [15] **Richtlinie 96/62/EG über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität.** Amtsblatt der EG v. 21.11.96 Nr. L 296 S. 55.
Internet:
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGISSUM%3AI28031a>
(Zugriff am 20.12.2017)
- [16] **Richtlinie 99/30/EG über die Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickoxide, Partikel und Blei in der Luft.** Amtsblatt der EG vom 29.6.99, Nr. L 163 Seite 41.
Internet:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1999L0030:20080611:DE:PDF>
(Zugriff am 20.12.2017)
- [17] **Richtlinie 2000/69/EG über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft.** Amtsblatt der EG vom 13.12.2000, Nr. L 313 Seite 12.
Internet:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0069:20001213:DE:PDF>
(Zugriff am 20.12.2017)

- [18] **Richtlinie 2002/3/EG über den Ozongehalt der Luft.** Amtsblatt der EG vom 9.3.2002 Nr. L 67 Seite 14.
Internet:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:067:0014:0030:DE:PDF>
(Zugriff am 20.12.2017)
- [19] **Richtlinie 2004/107/EC über Grenzwerte für Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe.** Amtsblatt der EG vom 26.01.2005 Nr. L 23 Seite 3.
Internet:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004L0107:20090420:EN:PDF>
(Zugriff am 20.12.2017)
- [20] **Richtlinie 2008/50/EG Des Europäischen Parlamentes und Des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa.**
Amtsblatt der EG vom 11.06.2008 Nr. L 152/1.
Internet:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:DE:PDF>
(Zugriff am 20.12.2017)
- [21] **Siebttes Gesetz zur Änderung des BImSchG.** BGBl. Jahrgang 2002, Teil I, Nr. 66, S. 3622 ff, vom 17. September 2002.
Internet:
<https://dejure.org/BGBl/2002/BGBl. I S. 3622>
(Zugriff am 20.12.2017)
- [22] **33. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 13. Juli 2004.** BGBl. I Nr. 36 2004, Seite 1612 ff.
Richtlinie wurde durch die 39. BImSchV ersetzt.
- [23] **39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 2. August 2010** BGBl. I S. 1065
Internet:
http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bimschv_39/index.html
(Zugriff am 20.12.2017)