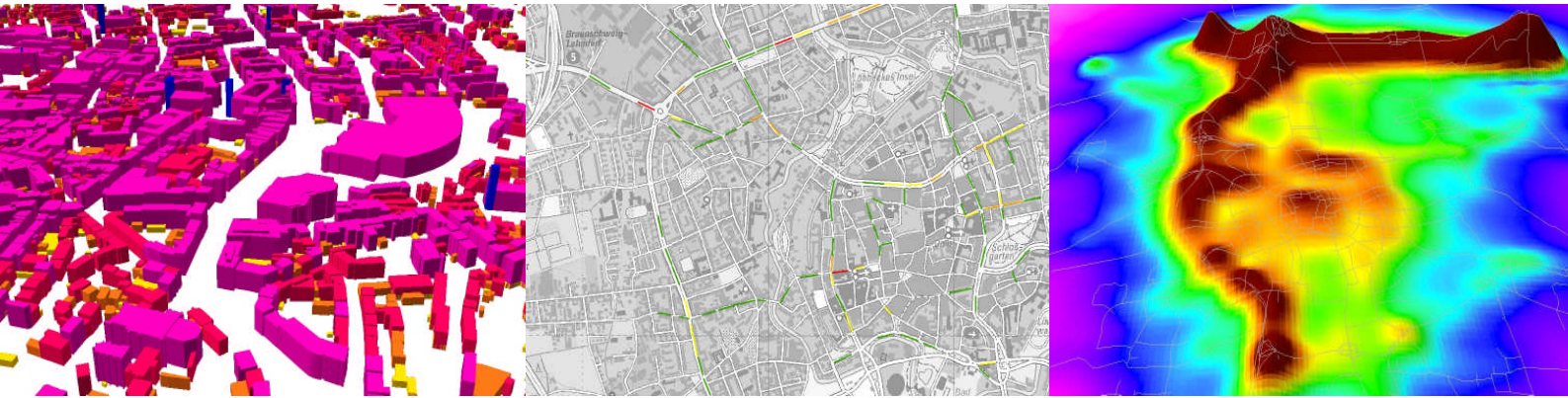




Staatliches Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim



Modellgestützte Voruntersuchungen zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung

Braunschweig

09/2011

Zentrale Unterstützungsstelle ZUS LLG
Dezernat 41



Niedersachsen

Herausgeber:



Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim

Zentrale Unterstützungsstelle – Luftreinhaltung, Lärm und Gefahrstoffe – Dez. 41 –
Goslarsche Straße 3, 31134 Hildesheim

Auftraggeber:

Land Niedersachsen

Vertreten durch

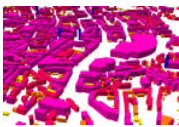


Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz

Referat 34 – Gebiets – und verkehrsbezogene Luftreinhaltung, Schutz vor Lärm
und sonstigen physikalischen Einwirkungen

Archivstraße 2, 30169 Hannover

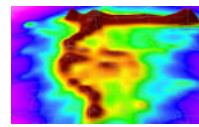
Titelbilder:



3D-Gebäudemodell, Braunschweig



NO₂-Belastung, Braunschweig



NO_x-Vorbelastung, Braunschweig

Karten- und Bildmaterial:

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen
Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011 Landesamt für
Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN)



INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	5
2	Vorgehensweise der Untersuchung	6
3	Aufbau der Emissionsdatenbasis	7
3.1	Emissionen des Straßenverkehrs	7
3.1.1	Hauptstraßennetz.....	7
3.1.2	Nebenstraßennetz.....	11
3.1.3	Flottenzusammensetzung	11
3.2	Emissionen des Hausbrands	13
3.2.1	Vorgehensweise.....	13
3.2.2	Berechnung der Emissionen	15
3.2.3	Plausibilisierung der Ergebnisse.....	17
3.2.4	Umlegung der Emissionen auf Rasterzellen	19
3.3	Emissionen genehmigungsbedürftiger Anlagen.....	21
3.3.1	Punkt- und Flächenquellen.....	21
3.4	Emissionsbilanz.....	22
4	Meteorologie	23
5	Berechnung der Gesamtbelastung	24
5.1	Bildung von IMMIS ^{luft} -Abschnitten	24
5.2	Abgeleitete Kennwerte für NO ₂ und PM ₁₀	25
6	Analyse der Immissionsbelastung in den IMMIS^{luft}-Abschnitten	27
6.1	Bestimmung der Vorbelastung.....	27
6.1.1	Abschätzung des regionalen Hintergrundes 2010 und 2015.....	27
6.1.2	Berechnung des urbanen Hintergrundes 2010 und 2015.....	27
6.2	Ergebnisse des Screenings - Immissionsbelastung in den IMMIS ^{luft} -Abschnitten	28
6.3	Bewertung der Immissionsbelastung in den IMMIS ^{luft} - Abschnitten	31
6.4	Vergleich mit den Messdaten.....	32
6.5	Verursacheranalyse.....	34
6.6	Zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung der NO ₂ -Belastung	35
7	Zusammenfassung	36
8	Literatur	37
9	Liste der Belastungsschwerpunkte	40



ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1: Schema der Zusammensetzung der Gesamtbelastung im Hotspot	6
Abbildung 3-1: Haupt- und Nebenstraßennetz in Braunschweig, 2010.....	8
Abbildung 3-2: Tagesganglinien des Verkehrs zur Bestimmung der LOS-Anteile.....	10
Abbildung 3-3: PKW-Flottenzusammensetzung in Braunschweig im Vergleich zur HBEFA- Zusammensetzung in den Bezugsjahren 2010 und 2015.....	12
Abbildung 3-4: Bus-Flottenzusammensetzung in Braunschweig in den Bezugsjahren 2010 und 2015.....	12
Abbildung 3-5: Konzept zur Ermittlung des Emissionsaufkommens durch Hausbrand.....	13
Abbildung 3-6: Datengrundlage zur Hausbrandberechnung (Beispiel), aufgeschlüsselt nach den Brennstoffen Öl, Gas, Festbrennstoffe und Pellets.....	14
Abbildung 3-7: Verteilung der Nutzungen in Braunschweig.....	15
Abbildung 3-8: Anteil der verschiedenen Brennstoffe an der PM ₁₀ - und NO _x -Emission	17
Abbildung 3-9: Verteilung der NO _x -Hausbrand-Emissionen auf Rasterzellen, Braunschweig.....	20
Abbildung 3-10: Verteilung der PM ₁₀ -Hausbrand-Emissionen auf Rasterzellen, Braunschweig.....	20
Abbildung 3-11: Industrielle PM ₁₀ - und NO _x -Quellen in Braunschweig.....	21
Abbildung 3-12: Emissionsanteile PM ₁₀ , 2010.....	22
Abbildung 3-13: Emissionsanteile NO _x , 2010.....	22
Abbildung 4-1: Windrichtungsverteilung getrennt nach Windgeschwindigkeiten für die Statistik Braunschweig, 2001 - 2010.....	23
Abbildung 5-1: IMMIS ^{luft} -Abschnitte in einem Ausschnitt von Braunschweig.....	24
Abbildung 5-2: Darstellung der Umrechnungsdaten für den Jahresmittelwert von NO ₂ aus NO _x nach dem veröffentlichten Ansatz nach Romberg et al., dem unveröffentlichten Ansatz nach Romberg et al. wie er in IMMIS ^{luft} implementiert ist und dem Ansatz der IVU.....	25
Abbildung 5-3: Statistischer Zusammenhang zwischen dem Jahresmittelwert von PM ₁₀ und der Anzahl Tage mit einem PM ₁₀ -Tagesmittelwert über 50 µg/m ³	26
Abbildung 6-1: Jahresmittelwert PM ₁₀ im bebauten Hauptstraßennetz Braunschweig, 2010...	29
Abbildung 6-2: Jahresmittelwert PM ₁₀ im bebauten Hauptstraßennetz Braunschweig, 2015...	29
Abbildung 6-3: Jahresmittelwert NO ₂ im bebauten Hauptstraßennetz Braunschweig, 2010	30
Abbildung 6-4: Jahresmittelwert NO ₂ im bebauten Hauptstraßennetz Braunschweig, 2015	30
Abbildung 6-5: Lage des IMMIS ^{luft} -Abschnittes und der Verkehrsmessstation am Altewiekring.....	32
Abbildung 6-6: Prozentuale Aufteilung nach räumlichen Quellgruppen an der PM ₁₀ -Immission im Altewiekring, 2010.....	35
Abbildung 6-7: Prozentuale Aufteilung des urbanen Hintergrundanteils im Altewiekring nach Verursachern (PM ₁₀), 2010	35
Abbildung 6-8: Prozentuale Aufteilung nach räumlichen Quellgruppen an der NO _x -Immission im Altewiekring, 2010	35
Abbildung 6-9: Prozentuale Aufteilung des urbanen Hintergrundanteils im Altewiekring nach Verursachern (NO _x), 2010	35



TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 3-1: Verkehrssituationen gemäß HBEFA.....	9
Tabelle 3-2: Kapazitätsauslastungsgrade.....	9
Tabelle 3-3: Stündliche Kapazitäten pro Fahrspur nach Verkehrssituationen.....	10
Tabelle 3-4: Gerätebezogener Endenergieverbrauch (gEEV) des Hausbrands für Braunschweig, Haushalte (HH) und Kleinverbraucher (KV) in [GJ].....	16
Tabelle 3-5: Gerätebezogenes Emissionsaufkommen des Hausbrands für NO _x und PM ₁₀ , aufsummiert nach Brennstoffen für Haushalte (HH) und Kleinverbraucher (KV) in [kg]	16
Tabelle 3-6: Emissionsaufkommen für NO _x und PM ₁₀ [t/a] und [kg/(Einwohner*a)] für verschiedene Städte und die Bundesrepublik Deutschland	18
Tabelle 3-7: Einwohnerbezogener Endenergieverbrauch (Hausbrand) des Landes Niedersachsen für die Sektoren Haushalte und Kleinverbraucher in [GigaJoule/Einwohner] im Vergleich zur Stadt Braunschweig.....	19
Tabelle 3-8: Emissionsmengen NO _x und PM ₁₀ in kg/a, Analyse 2010 und Prognose 2015	22
Tabelle 6-1: Abschätzung des regionalen Hintergrundes als Jahresmittelwert in µg/m ³ , Bezugsjahr 2010 und 2015	27
Tabelle 6-2: Übersicht der Legendendarstellung in den Karten für PM ₁₀ und NO ₂	28
Tabelle 6-3: Anzahl und Gesamtlänge der Straßenabschnitte nach Überschreitungswahrscheinlichkeit	31
Tabelle 6-4: Vergleich der modellierten und gemessenen Konzentrationen im Abschnitt Altewiekring (ID 397) mit Angabe des Grenzwertes für das Bezugsjahr 2010	32
Tabelle 6-5: Quellgruppenanteile an den Immissionen im Altewiekring, 2010	34
Tabelle 9-1: Analyse 2010: Liste der Straßen mit prognostizierten Jahresmittelwerten NO ₂ ab 33 µg/m ³	40
Tabelle 9-2: Prognose 2015: Liste der Straßen mit prognostizierten Jahresmittelwerten NO ₂ ab 33 µg/m ³	42



1 Einleitung

Die Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa vom 21. Mai 2008 [10] wurde am 11. Juni 2008 im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht. Mit dieser Richtlinie wurden die bisherige Rahmenrichtlinie zur Luftqualität 96/62/EG [8] und die dazugehörigen Tochterrichtlinien 1999/30/EG [9], 2000/69/EG und 2002/3/EG zusammengefasst. Die EU-Richtlinie 2008/50/EG wurde durch in Kraft treten der 39. BImSchV am 06.08.2010 in nationales Recht umgesetzt.

Das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim - Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm und Gefahrstoffe (ZUS LLG) - ist zuständig für die Ermittlung der Luftschadstoffbelastungen nach der EU-Richtlinie 2008/50/EG. Bei Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte fordert die EU die Aufstellung von langfristigen, verursacherbezogenen Maßnahmen zur nachhaltigen Verbesserung der Luftqualität im Rahmen eines Luftreinhalteplanes. Für diese Maßnahmenplanungen ist in Niedersachsen die jeweilige Kommune zuständig. Mit der neuen Luftqualitätsrichtlinie erhalten die betroffenen Kommunen die Möglichkeit, die Fristen zur Einhaltung von Grenzwerten zu verlängern. Die Fristverlängerung für Stickstoffdioxid ist bis Ende des Jahres 2014 möglich (§ 21 Abs. 3 der 39. BImSchV).

Für das Stadtgebiet Braunschweig wurde von der ZUS LLG die Immissionsbelastung untersucht. Die in diesem Rahmen ermittelten Belastungen zu PM₁₀ und NO₂ im innerstädtischen Hauptstraßennetz¹ wurden mit dem Programm IMMIS^{luft} berechnet. Die Ergebnisse dieser Untersuchung stellen eine Grundlage für Minderungsmaßnahmen und für weitere Überlegungen zur Umsetzung entsprechend der Richtlinie zur Luftqualität dar.

Es wurde eine Analyse für das Bezugsjahr 2010 durchgeführt und mit den Messwerten des Lufthygienischen Überwachungssystems Niedersachsen (LÜN) von 2010 verglichen. Zusätzlich wurde die Untersuchung um eine Berechnung für das Bezugsjahr 2015 ergänzt.

¹ Das Hauptstraßennetz beinhaltet im Sinne der Modellrechnung Straßen zu denen detaillierte Informationen zum Verkehr und zur Straßensituation vorliegen, sogenannte Hauptstraßen. Alle weiteren Straßen im Stadtgebiet werden in den Berechnungen zum Nebenstraßennetz durch pauschale Ansätze berücksichtigt.



2 Vorgehensweise der Untersuchung

Mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen wie dem Programmsystem IMMIS können Prognosen der Schadstoffbelastungen in Gebieten erstellt werden, an denen nicht gemessen wird. Dazu ist es notwendig, ein möglichst genaues Abbild der Emissionsstruktur zu haben.

Die Gesamtbelastung in einem Straßenraum setzt sich zusammen aus der lokalen Luftschadstoffbelastung (Zusatzbelastung), dem urbanen und dem regionalen Hintergrund. Der urbane Hintergrund wiederum wird unter anderem bestimmt durch Emissionen des Straßenverkehrs, industrieller und gewerblicher Quellen und des Hausbrands. In einem zweistufigen Prozess wird zunächst mit dem Modell IMMIS^{net} [33] die urbane Hintergrundbelastung als Überdachkonzentration an der Untersuchungsstelle bestimmt (siehe Abbildung 2-1). Mit dem Modell IMMIS^{luft} [2] wird anschließend die Zusatzbelastung im Straßenraum ermittelt. Aus der Summe der beiden Werte und dem regionalen Hintergrund ist dann die Gesamtbelastung im Straßenraum zu bestimmen.

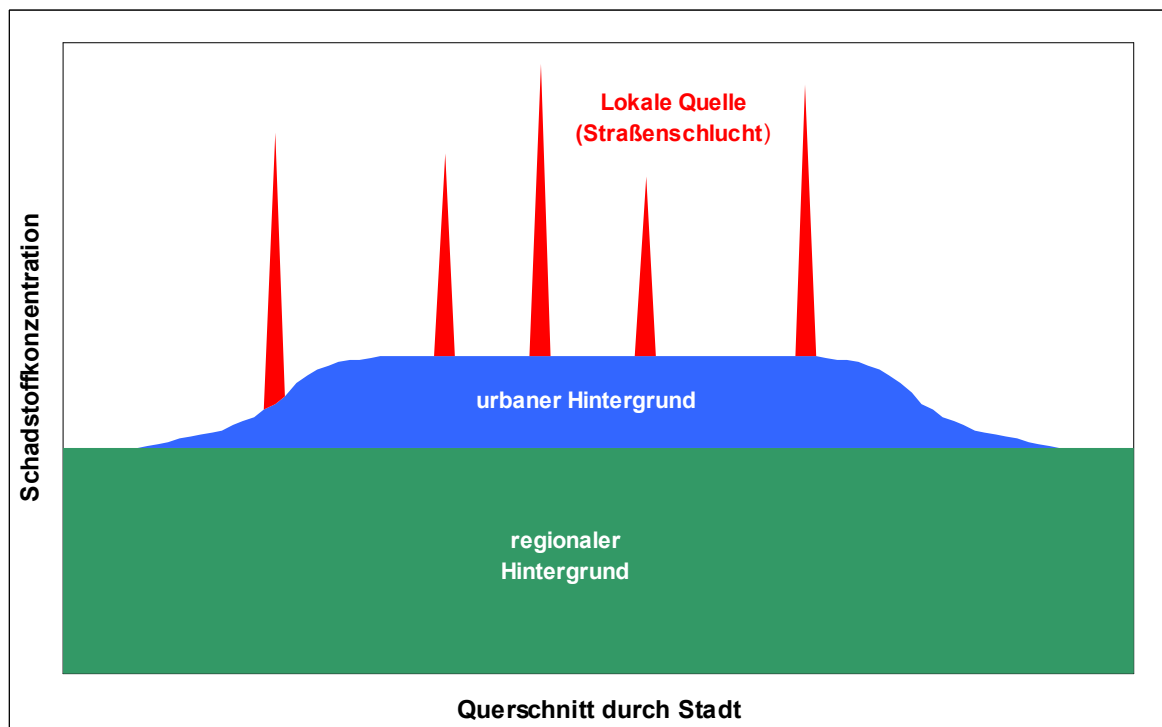


Abbildung 2-1: Schema der Zusammensetzung der Gesamtbelastung im Hotspot

Zur Berechnung der Emissionen des Straßenverkehrs wurde das Modell IMMIS^{em} [2] das auf dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 3.1“ (HBEFA 3.1) des Umweltbundesamts [16] basiert, eingesetzt. Mit diesem Modell wurden die Straßenverkehrsemissionen unter zusätzlicher Berücksichtigung von nicht motorbedingten PM₁₀-Emissionen gemäß DÜRING ET AL. [6] und FRIEDRICH [14] berechnet.

Die für eine Ausbreitungsmodellierung erforderlichen meteorologischen Daten mit Angaben zu Ausbreitungsklassen wurden einer Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) für Braunschweig entnommen (Deutscher Wetterdienst, DWD).



3 Aufbau der Emissionsdatenbasis

Die Emissionsdatenbasis als Grundlage der Ausbreitungsrechnungen wurde nach Quellarten getrennt wie folgt aufgebaut:

- Straßenverkehr getrennt nach Hauptstraßen- und Nebenstraßennetz auf der Basis von Aktivitätsdaten und dem Emissionsmodell IMMIS^{em} (siehe Kapitel 2)
- Hausbrand auf der Basis gebäudescharfer Feuerstätteninformationen des Landesinnungsverbandes der Schornsteinfeger (LIV) in Verbindung mit Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes (UBA)
- Genehmigungsbedürftige Anlagen als Auszug der entsprechenden Datenbank des Landes Niedersachsen (BUBE²)

3.1 Emissionen des Straßenverkehrs

3.1.1 Hauptstraßennetz

Die Berechnung der Emissionen im Hauptstraßennetz (s. Abbildung 3-1) für das Bezugsjahr 2010 basiert u.a. auf Informationen zur Verkehrsbelastung als durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV³), mit dem jeweiligem Anteil der schweren LKW⁴ und der Busse am DTV. Der Anteil der leichten LKW⁵ wurde netzweit auf 5 % und der Anteil der Krafträder wurde netzweit auf 0,5 % gesetzt.

Die Prognose im Bezugsjahr 2015 beinhaltet einen geänderten Straßenverlauf im Bereich des Autobahndreiecks Braunschweig-Südwest (Abbildung 3-1) und die auf verschiedene Maßnahmen basierende stadtweite Anpassung der Verkehrsbelastung (DTV, Anteil der schweren LKW, Anteil der Busse).

Die Zusammensetzung der verwendeten Flotten ist in Abschnitt 3.1.3 beschrieben.

2 Betriebliche Umweltdatenberichterstattung

3 Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke [Kfz/d]

4 Schwere LKW > 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht

5 Leichte Nutzfahrzeuge ≤ 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht

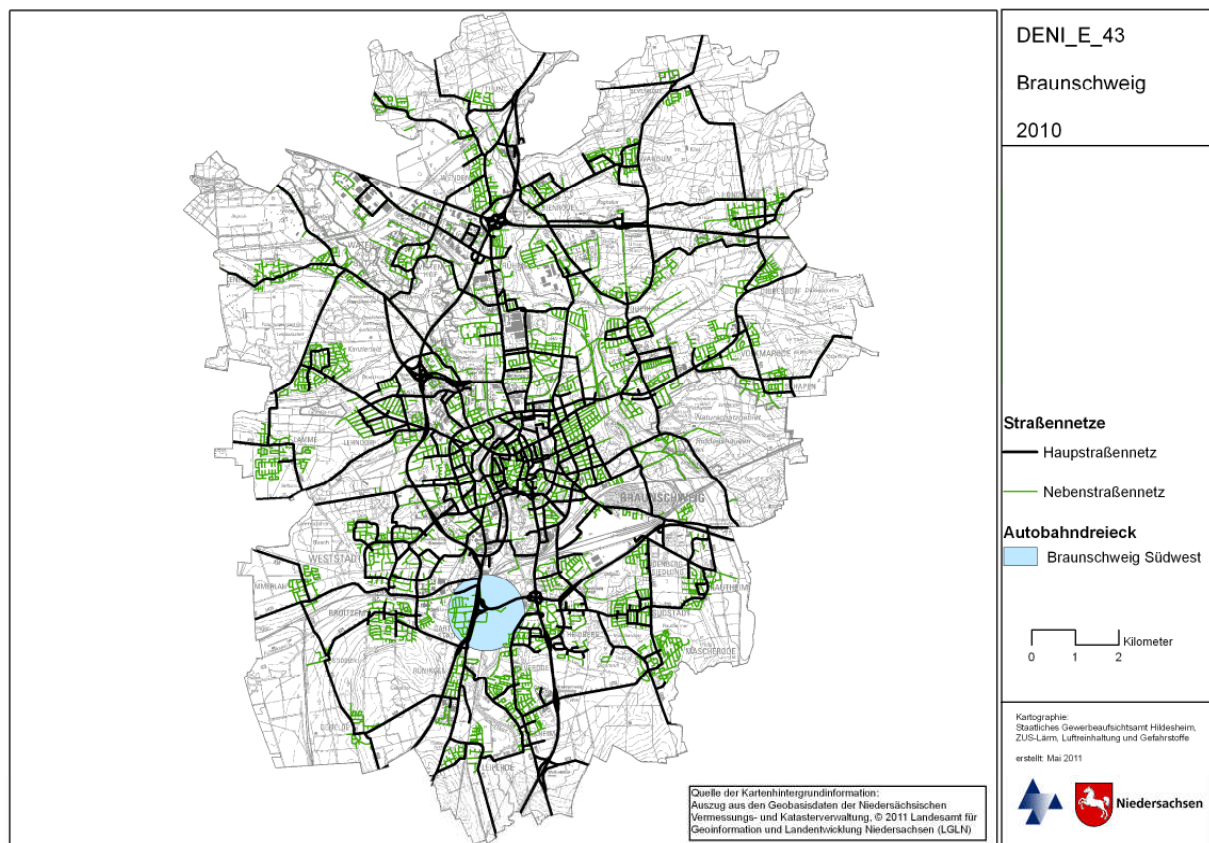


Abbildung 3-1: Haupt- und Nebenstraßennetz in Braunschweig, 2010

Zur Ermittlung der Emissionen wurden die einzelnen Straßenabschnitte folgendermaßen klassifiziert:

- Verkehrssituation zur Beschreibung der Verkehrsdynamik gemäß Tabelle 3-1
- Kaltstartverhalten⁶ getrennt nach der Funktion der Straße (TYP_LAGE)
 - commercial
 - residential
 - radial
 - none
- Steigung der Straße (lt. IMMIS^{em/luft}-Handbuch, Werte bis maximal 6 %)
- Einbahnstraßen

⁶ Der Start eines kalten Motors verursacht höhere Emissionen als der Start eines bereits warmen Motors. Auf den genannten Straßen ist der Anteil der kalt gestarteten Fahrzeuge unterschiedlich hoch.



– Level of Service (LOS-Anteile)

- berechnet über
 - DTV
 - Anzahl der Fahrspuren
 - Kapazitätsauslastungsgrade (TYP_KAP) gemäß Tabelle 3-2
 - Kapazitäten nach Verkehrssituation gemäß Tabelle 3-3
 - Ganglinien (TYP_Gang) nach Abbildung 3-2
- oder von der Stadt Braunschweig aufgrund von Erhebungen festgelegt (< 1 % der Straßenobjekte)

Tabelle 3-1: Verkehrssituationen gemäß HBEFA [2]

AREA Engl.	AREA deutsch	TS_AREA	Straßentyp Englisch	Straßentyp Deutsch	TS_RT	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	> 130
Rural	ländlich	0	Motorway-Nat	Autobahn	6						3	3	3	3	3	3	3
Rural	ländlich	0	Semi-Motorway	Semi-Autobahn	7							3		3			
Rural	ländlich	0	TrunkRoad/Primary-Nat	Fern-, Bundesstr.	9				1	2	2	2	2	2			
Rural	ländlich	0	Distributor /Secondary	Hauptverkehrsstr.	1			1	1	2	2	2	2				
Rural	ländlich	0	Distributor / Secondary (sin.)	Hauptverkehrsstr., kurvig	2			1	1	2	2	2	2				
Rural	ländlich	0	Local/Collector	Sammelstr.	3			1	1	2	2						
Rural	ländlich	0	Local/Collector (sin.)	Sammelstr., kurvig	4			1	1	2	2						
Rural	ländlich	0	Access-residential	Erschließungsstr.	0	1	1	1									
Urban	Agglomeration	1	Motorway-Nat	Autobahn	6						3	3	3	3	3	3	
Urban	Agglomeration	1	Motorway-City	Stadtautobahn	5				1	1	1	1	1	1			
Urban	Agglomeration	1	TrunkRoad/Primary-Nat	Fern-, Bundesstr.	9					1	2	2	2	2			
Urban	Agglomeration	1	TrunkRoad/Primary-City	Magistrale / Ringstr.	8			1	1	1	2	2					
Urban	Agglomeration	1	Distributor / secondary	Hauptverkehrsstr.	1			1	1	1	2						
Urban	Agglomeration	1	Local/Collector	Sammelstr.	3			1	1								
Urban	Agglomeration	1	Access-residential	Erschließungsstr.	0	1	1	1									

Tabelle 3-2: Kapazitätsauslastungsgrade [2]

Variante	LOS2	LOS3	LOS4
AB	0,55	0,9	1
IO	0,15	0,8	1
AO	0,4	0,8	1



Tabelle 3-3: Stündliche Kapazitäten pro Fahrspur nach Verkehrssituationen [2]

Gebiet	Straßentyp	Kapazitäten
Ländlich	Autobahn	1800
Ländlich	Semi-Autobahn	1100
Ländlich	Fern-, Bundesstraße	1200
Ländlich	Hauptverkehrsstraße kurvig	1000
Ländlich	Hauptverkehrsstraße	1200
Ländlich	Sammelstraße kurvig	650
Ländlich	Sammelstraße	700
Ländlich	Erschließungsstraße	600
Agglomeration	Autobahn	1900
Agglomeration	Stadtautobahn	1600
Agglomeration	Fern-, Bundesstraße	1200
Agglomeration	Städt. Magistrale/Ringstraße	800
Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	800
Agglomeration	Sammelstraße	700
Agglomeration	Erschließungsstraße	600

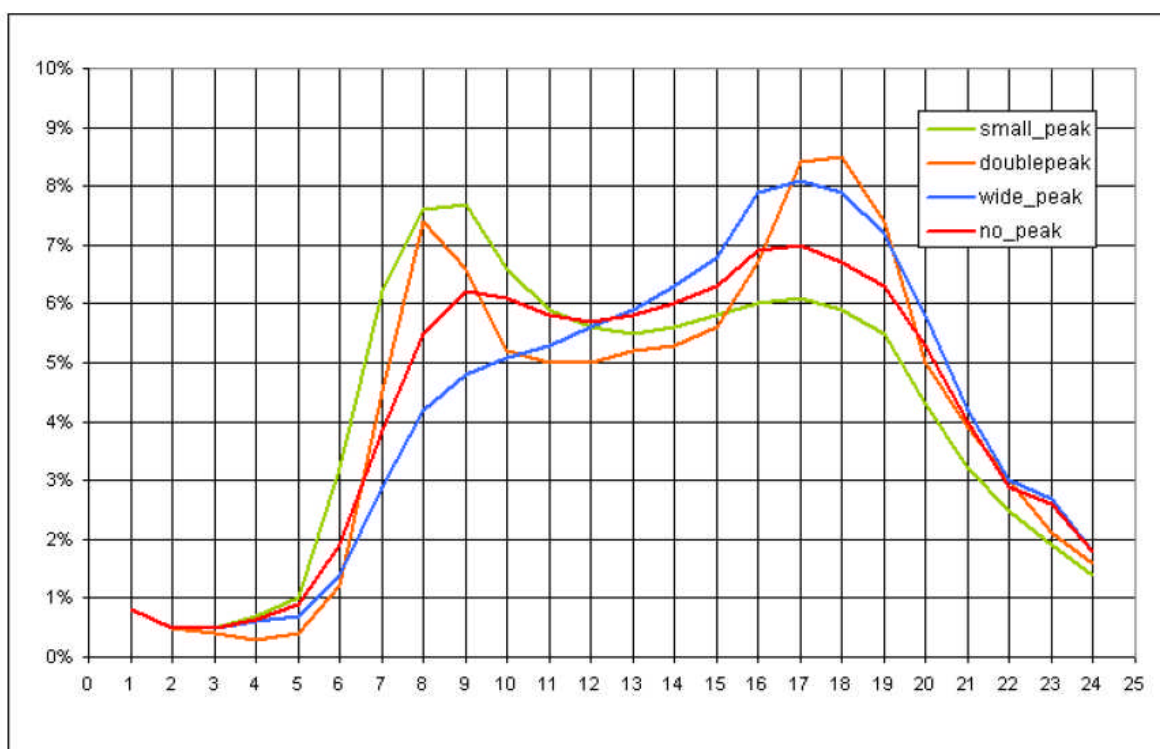


Abbildung 3-2: Tagesganglinien des Verkehrs zur Bestimmung der LOS-Anteile [2]

Die resultierende Gesamtfahrleistung für das Hauptstraßennetz beträgt im Bezugsjahr 2010 rund 6,32 Mio. km/Tag. Aus der Fahrleistung und den spezifischen Emissionen ergeben sich für das Stadtgebiet im Bezugsjahr 2010 absolute Emissionen des Hauptstraßennetzes für NO_x von ca. 1.246 t/a und für PM₁₀ von ca. 124 t/a.

Im Bezugsjahr 2015 erhöht sich die Fahrleistung im Hauptstraßennetz auf 6,54 Mio. km/Tag und es ergeben sich Emissionen von 1.169 t/a NO_x und 135 t/a PM₁₀.



3.1.2 Nebenstraßennetz

Die Berechnung der Emissionen im Nebenstraßennetz basieren entsprechend des Hauptstraßennetzes auf Informationen zur Verkehrsbelastung als durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV). Die Auswertung von Einwohnerdaten ergab für Braunschweig eine durchschnittliche Anwohnerzahl von 300 je Nebennetzstraße. Mit der Annahme, dass jeder Anwohner täglich eine Quell- und eine Zielbewegung verursacht, wurde für die Nebenstraßen im Stadtgebiet von Braunschweig ein DTV-Wert von 600 Kfz/Tag ermittelt. Als Gesamtfahrleistung im Nebenstraßennetz ergeben sich daraus ca. 284.000 km/Tag, was rund 4 % der Fahrleistung des gesamten Straßennetzes entspricht.

Den Straßen des Nebennetzes wurde als Verkehrssituation „Erschließungsstraße im Ballungsraum“ mit der Lage „residential“ zugewiesen. Als Ganglinie wurde für die Straßen des Nebennetzes „wide_peak“ festgelegt und die Auslastungsgrade für innerörtliche Straßen (IO) ausgewählt. Die unbekannte Zusammensetzung der Kfz-Flotte wurde aus vergleichbaren Studien mit den folgenden Werten angesetzt:

- Anteil schwere LKW am DTV: 1,0 %
- Anteil Krafträder am DTV: 2,6 %
- Anteil Busse am DTV: 0,7 %
- Anteil leichte Nutzfahrzeuge am PKW-Verkehr: 2,4 %

Diese Parametrisierung liefert im Bezugsjahr 2010 im Nebenstraßennetz Emissionen in Höhe von 71 t/a für NO_x und ca. 7 t/a für PM₁₀. Im Bezugsjahr 2015 vermindern sich die Emissionen im Nebenstraßennetz bei NO_x auf ca. 56 t/a und bei PM₁₀ auf ca. 6 t/a.

3.1.3 Flottenzusammensetzung

Zur Berücksichtigung einer regionalisierten Flottenzusammensetzung für PKW für das Stadtgebiet von Braunschweig wurde eine Auswertung von Verflechtungsdaten aus der Verkehrsmodellierung nach WVI⁷ verwendet. Diese Modellierung liefert eine Zusammensetzung des innerstädtischen Verkehrs auf Basis der Quellen der PKW-Fahrzeuge. Dabei werden die Quellen unterschieden nach Herkunft aus dem Kreis Braunschweig, dem Kreis Wolfsburg, dem Herkunftsraum Zweckverband Großraum Braunschweig (ZGB, Gifhorn, Goslar, Helmstadt, Peine, Wolfenbüttel) sowie allen anderen Kreisen (Rest). Für die Erstellung einer regionalisierten innerstädtischen Flotte wurden die Flottenanteile aus den entsprechenden PKW-Zulassungsstatistiken des Kraftfahrt-Bundesamts (KBA) mit Stand 2009 entsprechend der Herkunftsanteile aus den Verflechtungsdaten gewichtet zusammengesetzt und mit den Umrechnungsfaktoren des HBEFA 3.1 [16] in fahrleistungsgewichtete Anteile für die Bezugsjahre 2010 und 2015 umgerechnet. Für die Anteile des Quellverkehrs aus dem Gebiet „Rest“ wurde die Flottenzusammensetzung nach HBEFA 3.1 2009 angesetzt [5]. Es ergeben sich somit die in Abbildung 3-3 dargestellten PKW-Flotten für die Bezugsjahre 2010 und 2015.

Die Bus-Flottenzusammensetzungen für die Bezugsjahre 2010 und 2015 wurden von den Verkehrsbetrieben abgefragt und in die Flottendateien eingearbeitet (Abbildung 3-4).

⁷ Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung Infrastrukturplanung GmbH



Die Zusammensetzung der anderen Fahrzeugkategorien wurde nach HBEFA 3.1 verwendet.

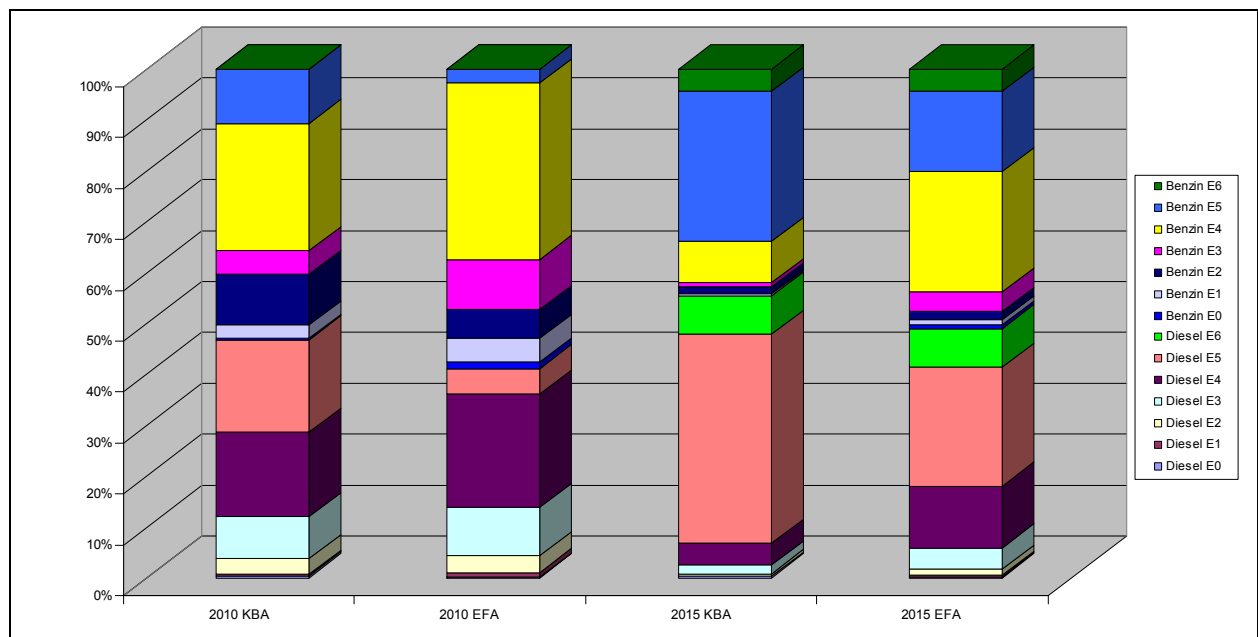


Abbildung 3-3: PKW-Flottenzusammensetzung in Braunschweig im Vergleich zur HBEFA-Zusammensetzung in den Bezugsjahren 2010 und 2015

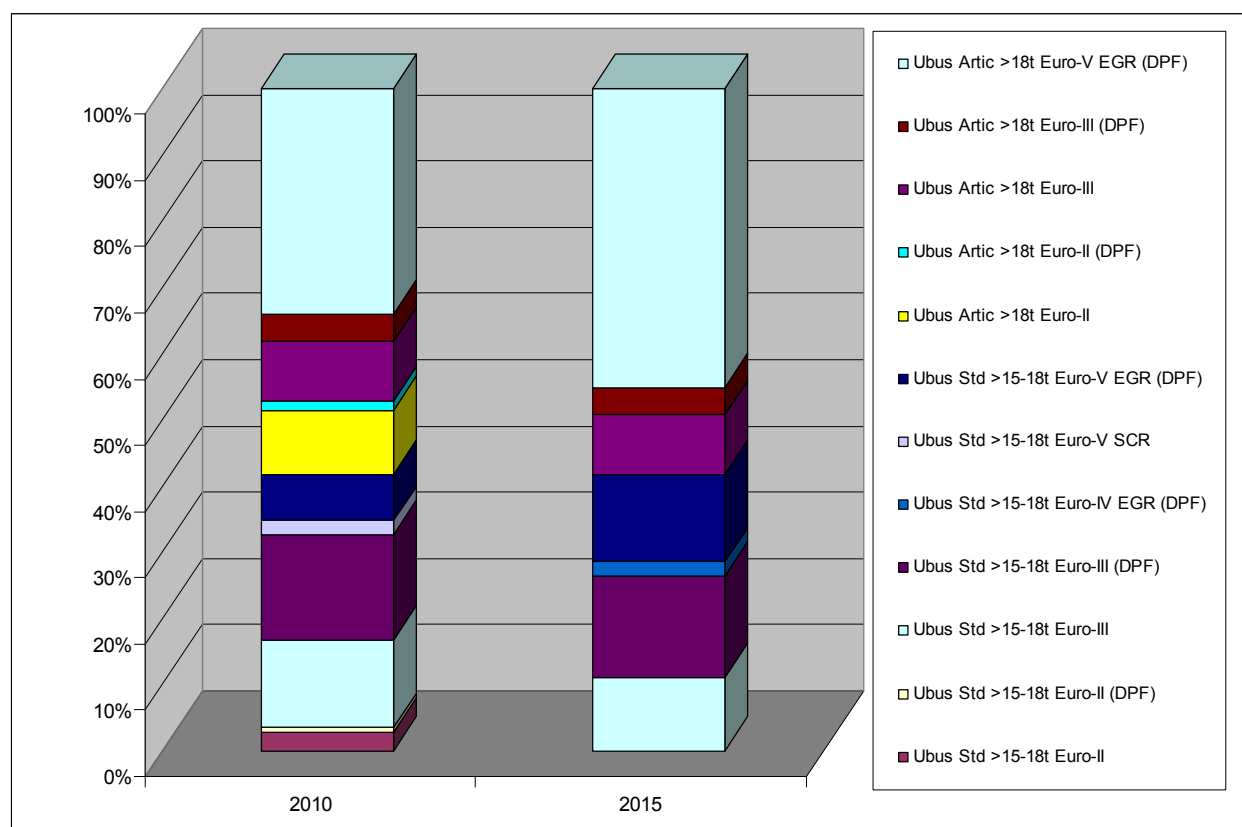


Abbildung 3-4: Bus-Flottenzusammensetzung in Braunschweig in den Bezugsjahren 2010 und 2015⁸

⁸ 8 Bezeichnungen lt. HBEFA 3.1



3.2 Emissionen des Hausbrands

3.2.1 Vorgehensweise

Hausbrand bezeichnet die Quellengruppe der nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen und umfasst die emissionsrelevanten Anlagen der öffentlichen und privaten Haushalte (Heizung und Warmwasserbereitung) und die nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen im gewerblichen Bereich (Heizung und Prozesswärme). Die emissionsrelevanten Anlagen der öffentlichen und privaten Haushalte werden als Sektor Haushalte (HH) und die nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen im gewerblichen Bereich als Sektor Kleinverbraucher (KV) zusammengefasst.

Zur Bestimmung der Emissionen des Hausbrands existieren bereits verschiedene Ansätze, z.B. [13], [22], [23], [24], [36]. Die hier gewählte Methodik beruht auf den Arbeiten von STRUSCHKA ET. AL. [35]. Dabei wurde das Emissionsaufkommen ausgehend von gebäudebezogenen Eckdaten des Landesinnungsverbandes der Schornsteinfeger in Verbindung mit statistisch ermittelten Emissionsfaktoren des Bundesumweltamtes (UBA) [35] berechnet.

Für Braunschweig lagen gebäudescharfe Informationen aufgeschlüsselt nach Feuerstättenart, Brennstoff und Nennwärmeleistung der Feuerstätte vor. Darüber hinaus konnte auf Informationen zur Fernwärmeversorgung zurückgegriffen werden. Die Vorgehensweise bei der Bestimmung des Emissionsaufkommens durch Hausbrand ist in Abbildung 3-5 zusammengefasst.

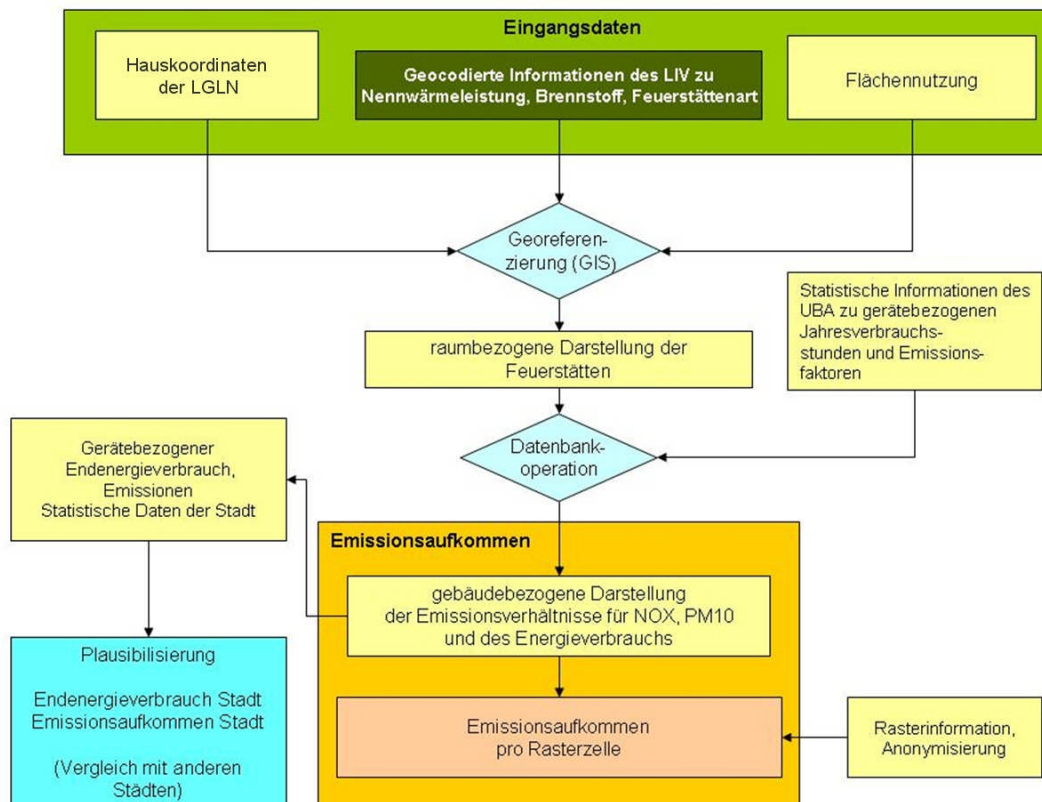


Abbildung 3-5: Konzept zur Ermittlung des Emissionsaufkommens durch Hausbrand



Als Eingangsdaten zur Berechnung des Hausbrands für die Stadt Braunschweig wurden folgende Daten des LIV verwendet:

- Informationen zu den Feuerstätten pro Gebäude für das Bezugsjahr 2009. Die Angaben lagen differenziert nach Feuerstättenart, Nennwärmeleistung und verwendetem Brennstoff (Öl, Gas, Festbrennstoffe, Pellets) vor (s. Abbildung 3-6)
- Gebäudedaten der Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK), klassifiziert nach Haushalten und Kleinverbrauchern
- Hauskoordinatendatei des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN)
- Flächennutzungsplan

Für jedes Gebäude waren somit folgende Informationen vorhanden: mittlere Gebäudehöhe, Grundfläche, Volumen und Nutzung.



Abbildung 3-6: Datengrundlage zur Hausbrandberechnung (Beispiel), aufgeschlüsselt nach den Brennstoffen Öl, Gas, Festbrennstoffe und Pellets

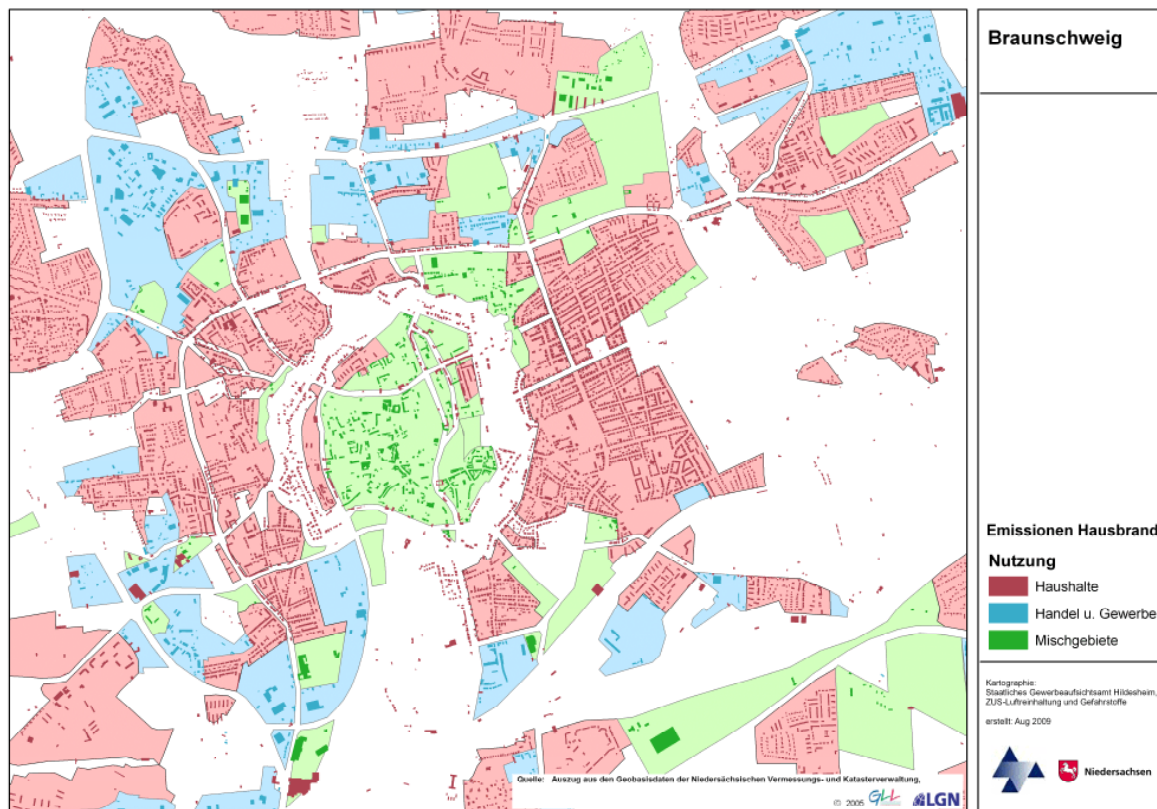


Abbildung 3-7: Verteilung der Nutzungen in Braunschweig

3.2.2 Berechnung der Emissionen

Die Basis der Emissionsberechnung sind die Daten des Landesinnungsverbandes der Schornsteinfeger. Von den in den ‚Kehrbüchern‘ aufgezeichneten Daten wurden Informationen zu den Feuerstättenarten, zum verwendeten Brennstoff und zur Nennwärmeleistung verwendet. Diese Informationen wurden georeferenziert und lagebezogen im GIS⁹ dargestellt.

Für Teilbereiche der Stadt lagen keine LIV-Daten vor. An diesen Fehlstellen ist das mittlere zu beheizende Gebäudevolumen bekannt. Aus den vorhandenen Emissionen wurde pro Schadstoffkomponente ein Emissionsfaktor/m³ ermittelt und auf die fehlenden Gebäude übertragen.

Bei Kaminen ist die Größe des Feuerloches ausschlaggebend für die Angabe der Nennwärmeleistung. Um diese nicht über zu bewerten und dem realen Heizverhalten Rechnung zu tragen, wurde bei Kaminen die Nennwärmeleistung auf 8 kW begrenzt, falls Werte >15 eingetragen waren, da dieser Wert der standardmäßigen Leistung von Kaminen und Kaminöfen entspricht.

Die Feuerstätteninformationen des LIV wurden mit vom UBA für Deutschland ermittelten mittleren Emissionsfaktoren und Jahresverbrauchsstunden kombiniert.



Die von STRUSCHKA ET. AL. [35] ermittelten gerätebezogenen Emissionsfaktoren und Jahresverbrauchsstunden enthalten Werte für Anlagen in Haushalten (HH) und von Kleinverbrauchern (KV; Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, s. Abbildung 3-7). Die Nutzungsinformation (Haushalte, Kleinverbraucher und Mischgebiete) der Gebäude (ALK) wurde auf die Feuerstätten übertragen. Es wurde festgelegt, dass die Mischgebiete jeweils zur Hälfte den Haushalten und den Kleinverbrauchern zugeschlagen werden. War keine Nutzungsangabe vorhanden, wurde im Zuge konservativer Abschätzung der Eintrag ‚Haushalt‘ vorgenommen.

Tabelle 3-4: Gerätebezogener Endenergieverbrauch (gEEV) des Hausbrands für Braunschweig, Haushalte (HH) und Kleinverbraucher (KV) in [GJ], Darstellung von gerundeten Angaben¹⁰

gEEV		Gas	Fest- brennstoff	Oel	Pellets	Summe
	Haushalte	5.120	1.440	200	2	6.760
	Kleinverbraucher	900	630	10	0	1.540

Zur Bestimmung des Emissionsaufkommens wurden die gerätebezogenen Endenergieverbräuche (Tabelle 3-4) mit den gerätebezogenen Emissionsfaktoren für NO_x und PM₁₀ [35] multipliziert. Tabelle 3-5 zeigt eine Übersicht des gerätebezogenen Emissionsaufkommens in [kg], aufgegliedert nach Haushalten (HH) und Kleinverbrauchern (KV; alle Angaben gerundet).

Tabelle 3-5: Gerätebezogenes Emissionsaufkommen des Hausbrands für NO_x und PM₁₀, aufsummiert nach Brennstoffen für Haushalte (HH) und Kleinverbraucher (KV) in [kg], Darstellung von gerundeten Angaben¹⁰

PM ₁₀		Gas	Fest- brennstoff	Oel	Pellets	Summe
	Haushalte	157	25.953	1.293	74	27.477
	Kleinverbraucher	27	1.047	822	0	1896
NO _x		Gas	Fest- brennstoff	Oel	Pellets	Summe
	Haushalte	115.904	14.942	60.017	230	191.092
	Kleinverbraucher	25.387	793	27.690	0	53.870

Eine sektorale Betrachtung der Anteile der einzelnen Brennstoffe an den Emissionskomponenten PM₁₀ und NO_x stellt Abbildung 3-8 dar. Die unterschiedliche Herkunft der Komponenten ist auffällig. Während die NO_x-Emissionen des Hausbrands zu etwas mehr als 50 % aus dem Verbrennen von Gasen herrühren, stammen fast 90 % der PM₁₀-Emission und damit 27 t des Feinstaubes aus der Festbrennstoffeuerung. Es wurde angenommen, dass diese vollständig aus Holzbrand besteht, da eine Differenzierung nach Holz und Kohle aufgrund der nicht ausreichenden Datenlage nicht möglich war und der Kohleanteil i. A. nur einen verschwindend kleinen

¹⁰ Die Berechnungen erfolgten nicht mit gerundeten Zahlen, weshalb sich bei Addition von in der Tabelle aufgerundet dargestellten Angaben geringe Abweichungen ergeben können.



Anteil am Hausbrand hat. Auffällig ist auch der vergleichsweise hohe Anteil an Öl an der NO_x-Emission (vergl. Abbildung 3-8).

Es ist zu beachten, dass das Screening ausschließlich Jahresmittelwerte verarbeitet. Das bedeutet, dass im Hausbrandbereich eine temporäre Unterschätzung der wirklichen Situation in Zeiten mit hohen Heizaktivitäten akzeptiert werden muss.

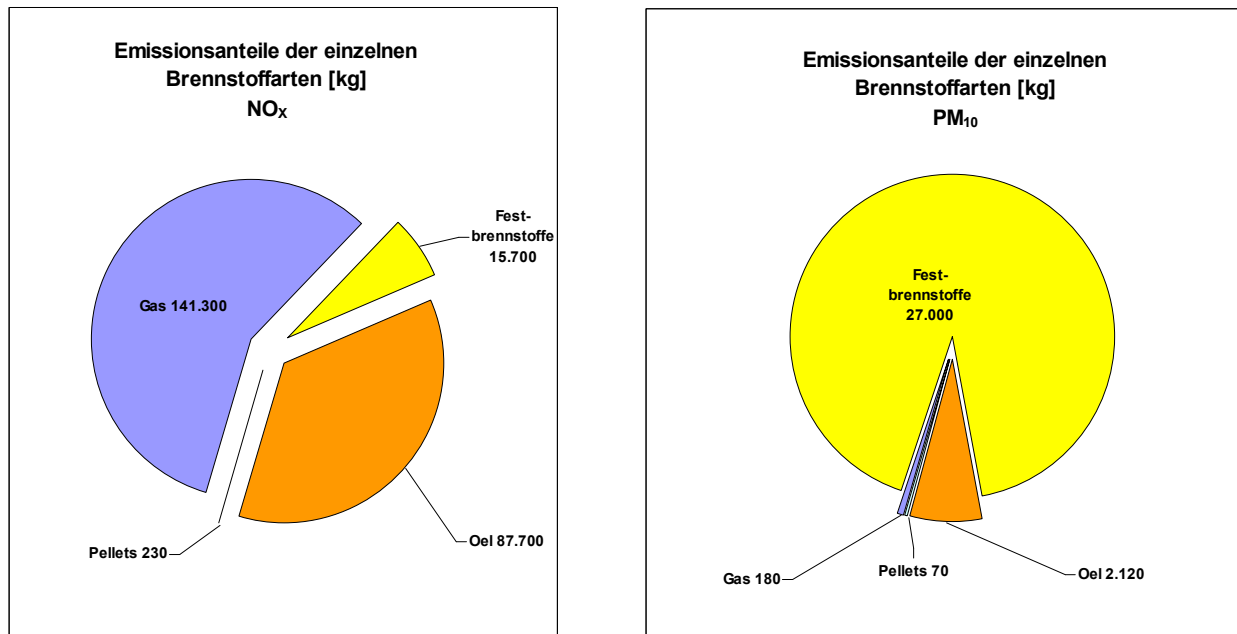


Abbildung 3-8: Anteil der verschiedenen Brennstoffe an der PM₁₀- und NO_x-Emission

3.2.3 Plausibilisierung der Ergebnisse

Um die in Kapitel 3.2.2 dargestellten Endenergieverbräuche und Emissionsmengen einordnen und absichern zu können, wurden Vergleichswerte anderer Städte, des Landes Niedersachsen und der Bundesrepublik Deutschland aus der Literatur und Emissionskatastern im Internet herangezogen [1], [19], [20], [21]. Grundlage des Vergleichs bilden die einwohnerbezogenen Größen.



Tabelle 3-6: Emissionsaufkommen für NO_x und PM₁₀ [t/a] und [kg/(Einwohner·a)] für verschiedene Städte und die Bundesrepublik Deutschland¹¹

Bezugs-jahr	Stadt	Einwohner	PM ₁₀ [t/a]	NO _x [t/a]	PM ₁₀ /E ^[1] [kg/(E·a)]	NO _x /E ^[2] [kg/(E·a)]	Quelle
2003	Aschersleben	25.932	2,6	-	0,1003	-	IVU (2005) [17]
2003	Wittenberg	46.384	4,3	-	0,0927	-	IVU (2005) [17]
2007	Hameln	58.696	10,1	108,3	0,1718	1,8449	GAA-Hi (2009) [27]*
2000	Marburg	77.390	6,6	139,5	0,0856	1,8027	Feier (2003) [13]
2000	Hanau	88.294	18,8	172,5	0,2128	1,9534	Feier (2003) [13]
2002	Esslingen a.N.	92.091	6,0	76,0	0,0652	0,8253	Ekat_BW [11]
2010	Hildesheim	102.903	10,5	154,6	0,1023	1,5025	GAA-Hi (2011) [30]*
1999	Siegen	104.717	6,8	163,8	0,0649	1,5642	Ekat_NRW [12]
1999	Berg.-Gladb.	110.016	5,1	164,8	0,0464	1,4980	Ekat_NRW [12]
2000	Offenbach	117.535	14,2	150,1	0,1209	1,2770	Feier (2003) [13]
2010	Göttingen	121.457	14,0	162,7	0,1150	1,3394	GAA-Hi (2011) [31]*
2002	Heilbronn	121.613	9,0	180,0	0,0740	1,4801	Ekat_BW [11]
2000	Darmstadt	138.242	16,8	273,4	0,1212	1,9777	Feier (2003) [13]
2007	Oldenburg	159.060	16,2	165,2	0,1016	1,0384	GAA-Hi (2009) [26]*
2010	Osnabrück	163.514	18,5	183,5	0,1131	1,1220	GAA-Hi (2011) [28]*
2000	Kassel	194.766	27,9	333,3	0,1430	1,7115	Feier (2003) [13]
2002	Freiburg	215.966	16,0	278,0	0,0741	1,2872	Ekat_BW [11]
2003	Magdeburg	229.980	23,7	-	0,1031	-	IVU (2005) [17]
2003	Halle	233.874	29,2	-	0,1249	-	IVU (2005) [17]
2008	Braunschweig	240.513	29,4	245,0	0,1221	1,0185	GAA-Hi (2011) [32]*
2000	Wiesbaden	270.109	35,7	531,3	0,1321	1,9669	Feier (2003) [13]
2002	Karlsruhe	285.812	20,0	392,0	0,0700	1,3715	Ekat_BW [11]
2010	Hannover	520966	72,4	740,4	0,1392	1,4238	GAA-Hi (2011) [29]*
2002	Stuttgart	593.639	39,0	721,0	0,0657	1,2145	Ekat_BW [11]
2000	Frankfurt	646.550	76,6	1.183,0	0,1185	1,8297	Feier (2003) [13]
2000	München	1.326.206	294,0	2.330,0	0,2217	1,7569	IVU (2006) [18]
1995/ 2000	Deutschland	82.310.000	18.627	108.076	0,2263	1,3130	Pfeiffer et al. (2000) [22] Struschka et al. (2003) [34]

*Berechnungsgrundlage LIV-Daten

¹ PM₁₀/E: PM₁₀/Einwohner; ² NO_x/E: NO_x/Einwohner

Tabelle 3-6 zeigt das Emissionsaufkommen des Hausbrands insgesamt und pro Einwohner für NO_x und PM₁₀ für Braunschweig, verschiedene deutsche Städte und die Bundesrepublik Deutschland, sortiert nach der Anzahl der Einwohner. Demnach liegt für Braunschweig das berechnete einwohnerbezogene PM₁₀-Aufkommen im oberen Mittelfeld, das berechnete einwohnerbezogene NO_x-Aufkommen im unteren Bereich im Vergleich zu anderen Städten.

¹¹ Die Berechnungen erfolgten nicht mit gerundeten Zahlen, weshalb sich bei Addition von in der Tabelle aufgerundet dargestellten Angaben geringe Abweichungen ergeben können.



Darüber hinaus wurden einwohnerbezogene Energieverbrauchsdaten zur Plausibilisierung herangezogen und in Tabelle 3-7 dargestellt. Die Rangfolge der Brennstoffanteile am Endenergieverbrauch zeigt für Braunschweig annähernd das gleiche Verhalten wie die niedersächsischen Durchschnittswerte, allerdings ist der Erdgasanteil höher und der Heizölanteil deutlich niedriger als im Landesdurchschnitt. Dieses erklärt sich z.T. aus den unterschiedlichen Datenquellen: die Niedersachsen-Statistik des Pestel-Instituts beruht auf Verbrauchsangaben aus Handel und Dienstleistung aus ganz Niedersachsen, während die hier verwendeten Ergebnisse auf Feuerstätten-Bestandszahlen und deren technischen Daten aus einem überwiegend städtisch geprägten Raum beruhen.

Tabelle 3-7: Einwohnerbezogener Endenergieverbrauch (Hausbrand) des Landes Niedersachsen für die Sektoren Haushalte und Kleinverbraucher in [GigaJoule/Einwohner] im Vergleich zur Stadt Braunschweig

	Einwohner		Erdgas	leichtes Heizöl	Festbrennstoff	Pellets	Summe
Niedersachsen 1990	7.387.000	HH	14,3180	10,4990	1,0130		25,8290
		KV	6,5410	5,4140	1,1670		13,1220
		Summe	20,8580	15,9130	2,1800		38,9510
Nds. Energie/CO₂-Bilanzen 2002	7.980.000	Summe	24,3990	11,9880	1,0150		37,4020
Nds. Energie/CO₂-Bilanzen 2004	8.001.000	Summe	23,9310	9,4590	2,0940		35,4840
Nds. Energie/CO₂-Bilanzen 2006	7.982.685	Summe	23,3695	10,6602	2,5375		36,5671
Braunschweig 2008	240.513	HH	21,2814	5,9863	0,8470	0,0101	28,1248
		KV	3,7360	2,6371	0,0436	0,0000	6,4167
		Summe	25,0175	8,62346	0,890	0,0101	34,5415

3.2.4 Umlegung der Emissionen auf Rasterzellen

Damit die in Kapitel 3.2.2 bestimmten Emissionen als Eingangsgrößen für IMMIS^{net} verwendet werden konnten, mussten sie in Quellenform dargestellt werden. Hausbrandquellen werden üblicherweise als Flächenquellen beschrieben, dazu wurden die Emissionen auf ein Raster verteilt. Die Emissionen lagen georeferenziert als Punktquellen vor. Um der Anforderung einer Flächenquelle zu genügen, wurde ein 100 m-Raster über die Stadt gelegt. Es wurden die in Kapitel 3.2.2 lagegenau ermittelten Emissionen innerhalb einer Rasterzelle aufsummiert und klassifiziert dargestellt. Die Aufsummierung der Emissionen und die Zuweisung zu Rasterzellen haben weiterhin den Zweck, die Daten zu anonymisieren und einen detaillierten Rückschluss auf individuelle Verhältnisse nicht zuzulassen.

Das Ergebnis ist in Abbildung 3-9 für NO_x und in Abbildung 3-10 für PM₁₀ dargestellt.

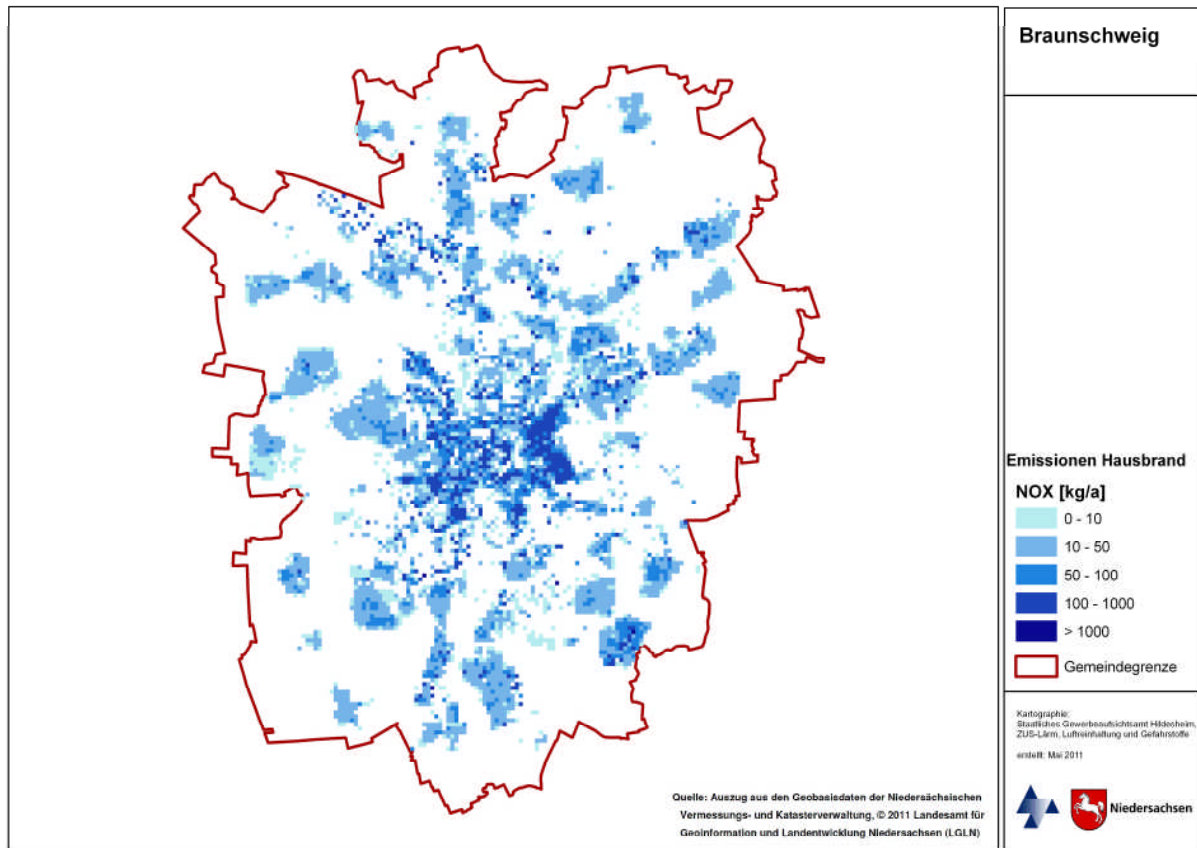


Abbildung 3-9: Verteilung der NO_x-Hausbrand-Emissionen auf Rasterzellen, Braunschweig

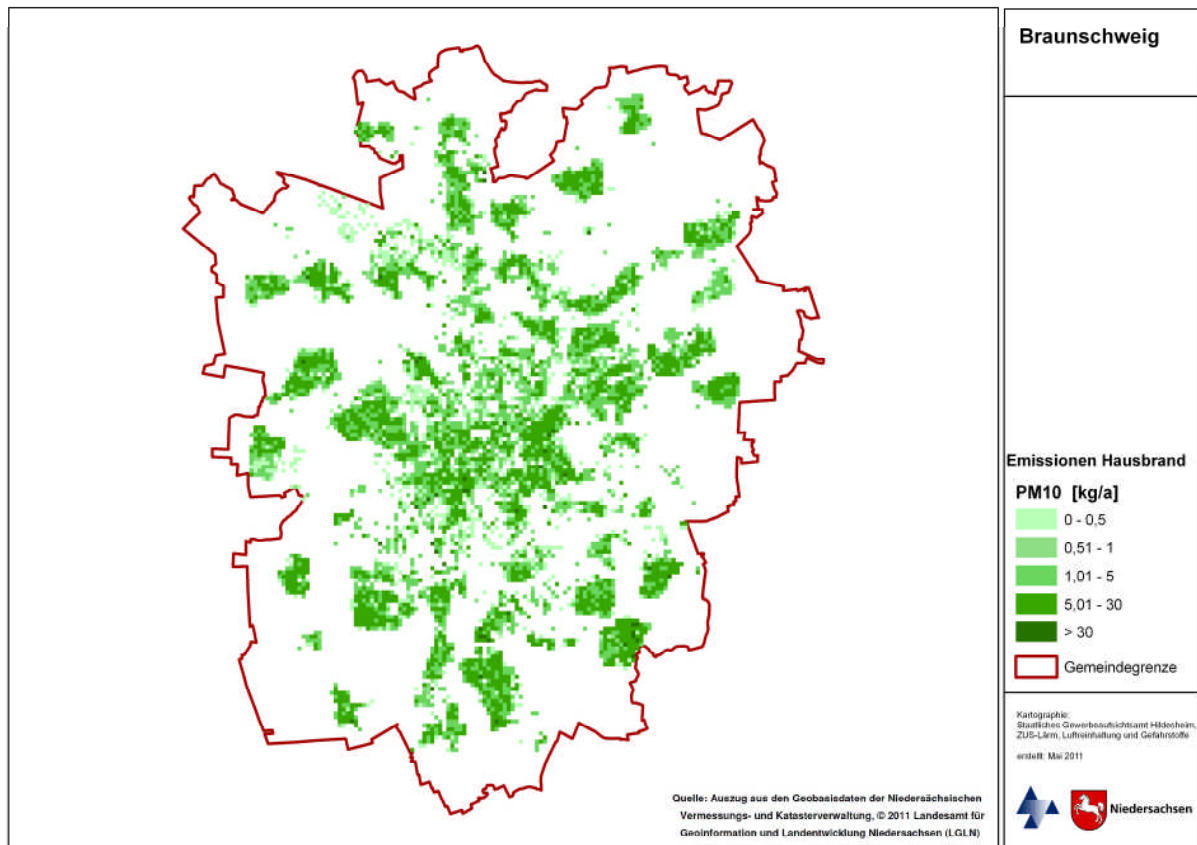


Abbildung 3-10: Verteilung der PM₁₀-Hausbrand-Emissionen auf Rasterzellen, Braunschweig



3.3 Emissionen genehmigungsbedürftiger Anlagen

Diverse Emissionen bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen sind von Betreibern u. a. gem. der Verordnung über Emissionserklärungen (11. BImSchV; alle 4 Jahre) und Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen (13. BImSchV, jährlich) an die Behörden zu berichten. Die gem. 11. und 13. BImSchV berichtspflichtigen Emissionsdaten sind seit 2007 über das Internet-Portal BUBE-Online abzugeben. Dieser BUBE-Datenbank wurden die ausgewerteten Emissionsdaten sowie Informationen zu Rechts- und Hochwert, Austrittshöhe, Abgastemperatur, Volumenstrom, Gesamtemission und Austrittsfläche entnommen. Die Industriequellen im Stadtgebiet von Braunschweig emittieren rund 738 t NO_x und 47 t PM₁₀ pro Jahr.

3.3.1 Punkt- und Flächenquellen

Als Punktquellen konnten alle Quellen der Emissionserklärung der genehmigungsbedürftigen Anlagen berücksichtigt werden, die vollständige Angaben zur Emittentenhöhe, zur Abgastemperatur und zum Volumenstrom aufweisen. Das traf auf 52 NO_x-Quellen und auf 197 PM₁₀-Quellen zu, die sich auf 20 Betriebe verteilen. Weitere 10 NO_x-Quellen und 52 PM₁₀-Quellen aus 7 Betrieben wurden als Flächenquellen berücksichtigt. Jede Flächenquelle wurde als Quadrat mit der in den Ursprungsdaten angegebenen Ausdehnungsfläche abgebildet. Eine Darstellung der verwendeten Quellen ist in Abbildung 3-11 gegeben. Eine Arbeitsstätte kann aus mehreren Anlagen und diese wiederum aus mehreren Quellen bestehen. Deshalb liegen die Quellen zum Teil übereinander und können in der Darstellung nicht weiter differenziert werden.

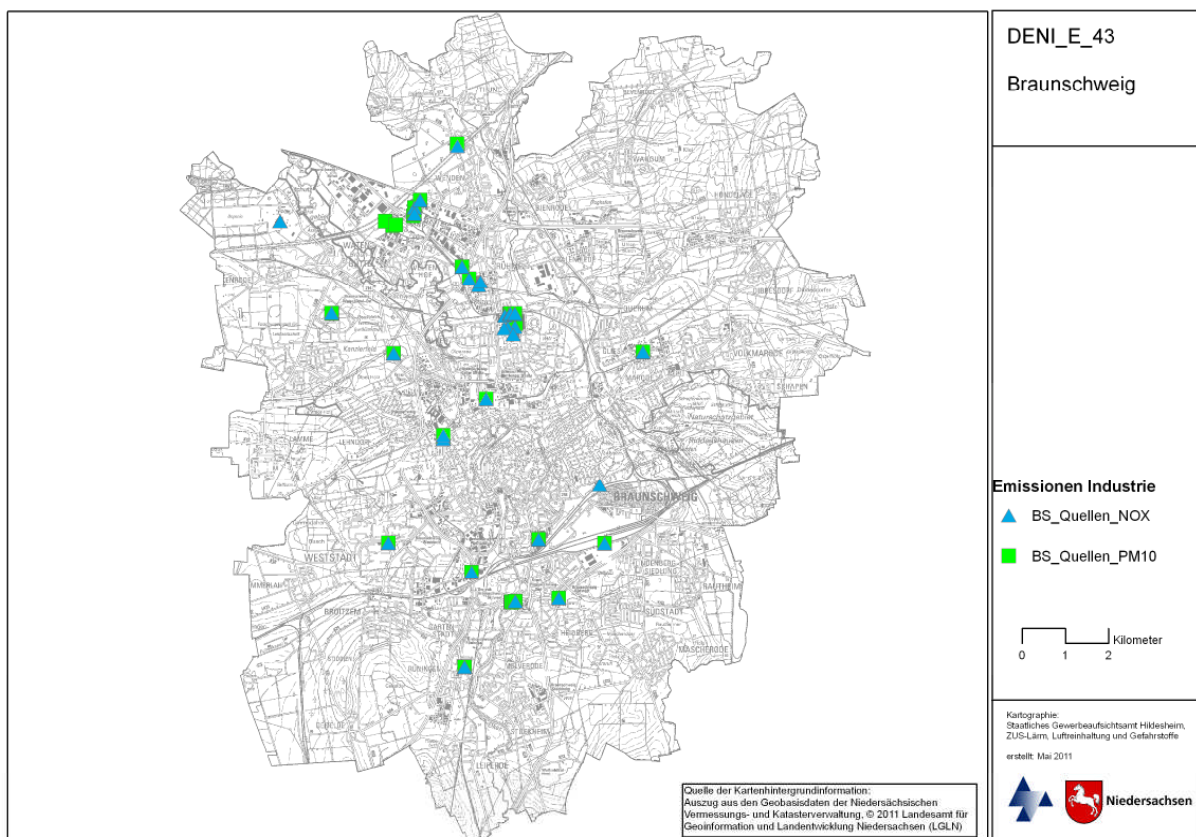


Abbildung 3-11: Industrielle PM₁₀- und NO_x-Quellen in Braunschweig



3.4 Emissionsbilanz

In Tabelle 3-8 ist für die Analyse im Bezugsjahr 2010 und die Prognose 2015 eine Auflistung der Emissionsdatenbasis und ihrer geometrischen Abbildung im Modell IMMIS^{net} gegeben.

Tabelle 3-8: Emissionsmengen NO_x und PM₁₀ in kg/a, Analyse 2010 und Prognose 2015

Quellgruppe	Geometrie	PM ₁₀	NO _x
Industrie	Punkte	44.022	633.805
Industrie	Flächen nach Angabe	3.305	103.819
Hausbrand	Flächen 100m x 100m	29.373	244962
Hauptstraßennetz	Linien	124.805	1.246.085
Nebenstraßennetz	Linien	6.827	71.010
alle Quellgruppen		208.332	2.299.681
<i>Hauptstraßennetz 2015</i>	<i>Linien</i>	<i>135.187</i>	<i>1.168.961</i>
<i>Nebenstraßennetz 2015</i>	<i>Linien</i>	<i>5.584</i>	<i>56.366</i>

Mit 63 % ist der Straßenverkehr (Hauptstraßen- und Nebenstraßennetz) die stärkste PM₁₀-Emissionsquelle im Stadtgebiet Braunschweig. Industriell erzeugte Emissionen mit einem Anteil von 23 % und Emissionen aus Hausbrand mit einem Anteil von 14 % tragen erheblich zu den PM₁₀-Emissionen im Stadtgebiet bei.

Bei NO_x ist der Straßenverkehr (Hauptstraßen- und Nebenstraßennetz) mit 57 % die größte Emissionsquelle im Stadtgebiet Braunschweig. Industriell erzeugte Emissionen tragen im NO_x-Bereich mit 32 % erheblich zu den Emissionen im Stadtgebiet bei. Durch Hausbrand verursachte NO_x-Emissionen haben in Braunschweig einen Anteil von ca. 11 %.

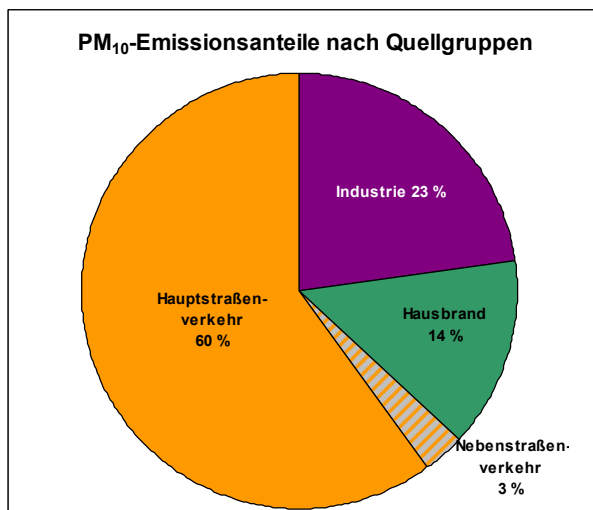


Abbildung 3-12: Emissionsanteile PM₁₀, 2010

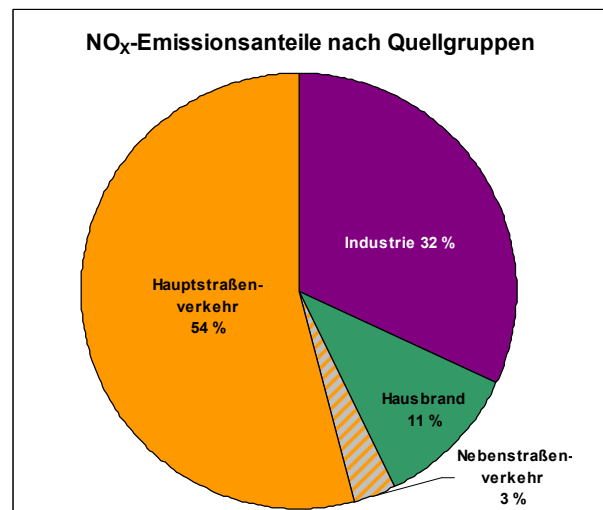


Abbildung 3-13: Emissionsanteile NO_x, 2010



4 Meteorologie

Für die Ausbreitungsrechnungen mit IMMIS^{net} sowie zur Bestimmung der Kopplungskoeffizienten, die die Strömungssituationen in den Straßenschluchten für IMMIS^{luft} parametrisieren, wird eine meteorologische Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) verwendet. Verfügbar für das Stadtgebiet von Braunschweig war eine AKS des DWD für die Station Braunschweig für die Jahre 2001 bis 2010. Die mittlere Windgeschwindigkeit in diesem Datensatz beträgt 3,44 m/s. Die Verteilung der Windrichtungen getrennt nach Windgeschwindigkeiten ist in Abbildung 4-1 dargestellt. Die Station Braunschweig des DWD liegt etwa 6 km nordwestlich der Stadt auf dem Gelände der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). Aufgrund der unmittelbaren Nähe zu im Süden und Westen liegenden Hochwaldes wird das Gelände dieser Station als Vorort (Rauigkeitsklasse 3) eingestuft. Da das zu rechnende Gebiet in der Stadt (Rauigkeitsklasse 4) liegt, ist zu berücksichtigen, dass die Stadtrauigkeit die Windgeschwindigkeit reduziert. Hierzu wurde bei dem aus der AKS erstellten Kopplungsdatensatz über einen entsprechenden Profilansatz in IMMIS^{luft} die Windgeschwindigkeit im Überdachniveau auf einen Wert von 3,08 m/s vermindert.

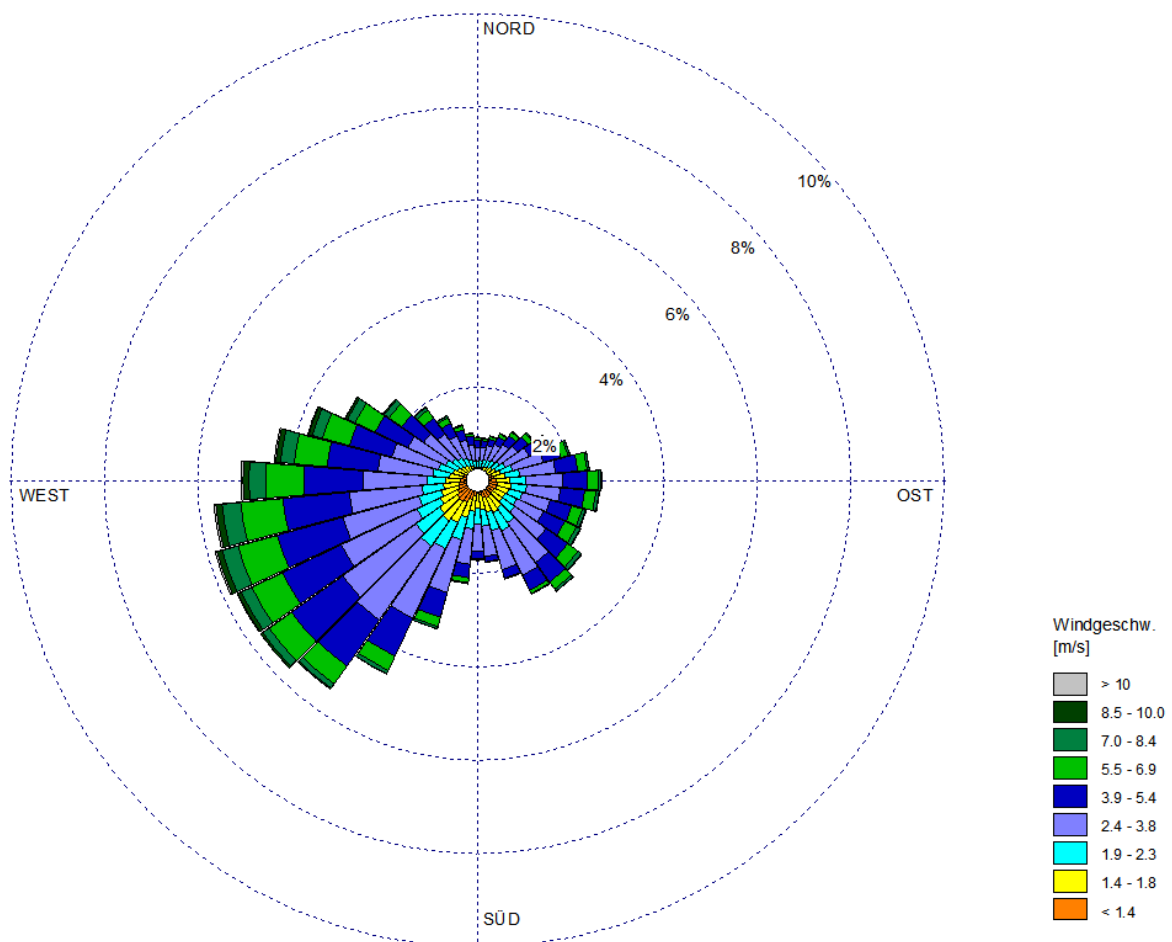


Abbildung 4-1: Windrichtungsverteilung getrennt nach Windgeschwindigkeiten für die Statistik Braunschweig, 2001 - 2010



5 Berechnung der Gesamtbelastung

Für die Screeningberechnungen wurde das Modell IMMIS^{luft} Version 5.2 (siehe Kapitel 2) eingesetzt, das die Ausbreitung der durch Kraftfahrzeuge erzeugten Schadstoffbelastung im Straßenraum modelliert. Es beruht auf einem Emissionsmodell, dem Canyon-Plume-Box-Modell (CPB) für Straßenschluchten und einem Box-Modell für offene Bebauung.

5.1 Bildung von IMMIS^{luft}-Abschnitten

Das Screening wurde für Strecken des Hauptstraßennetzes, die eine Randbebauung aufweisen, durchgeführt. Die Geometriedaten für IMMIS^{luft} wurden aus Daten zur Lage der Straßen des Hauptstraßennetzes und den Gebäudedaten der Stadt Braunschweig abgeleitet.

Basierend auf diesen Eingangsdaten wurde das Hauptstraßennetz für das Screening in homogene IMMIS^{luft}-Abschnitte eingeteilt und mit den folgenden Attributen versehen:

- Bebauungsabstand (Abstand von einander gegenüberliegenden Gebäuden)
- Bebauungshöhe
- Baulückenanteil (Porosität in %)

In Abbildung 5-1 ist für einen Teilbereich von Braunschweig exemplarisch dargestellt, wie auf der Basis der Eingangsdaten IMMIS^{luft}-Abschnitte gebildet und vor Luftbildern auf Plausibilität geprüft wurden.

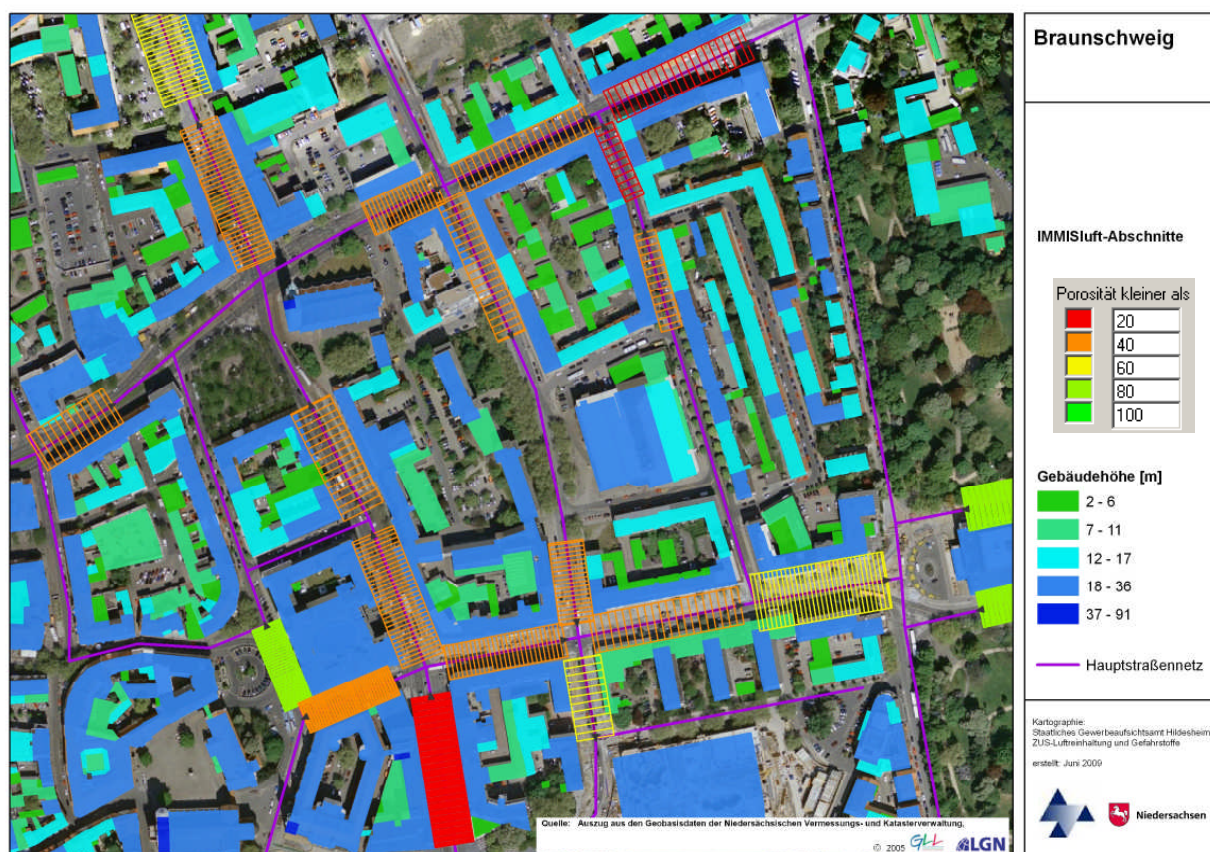


Abbildung 5-1: IMMIS^{luft}-Abschnitte in einem Ausschnitt von Braunschweig



5.2 Abgeleitete Kennwerte für NO₂ und PM₁₀

Da es sich bei NO₂ und NO um chemisch aktive Substanzen handelt, und die Emissionen nur für die Summe NO_x bestimmt werden können, müssen die nach der 39. BImSchV erforderlichen Kennwerte für NO₂ mittels statistischer Verfahren oder photochemischer Modellierung bestimmt werden.

Die photochemische Modellierung berücksichtigt, dass bei der Umwandlung von NO_x zu NO₂ ein Gleichgewicht zwischen den Komponenten NO_x, NO₂ und Ozon zu Grunde liegt. Verwendet wurde der in IMMIS^{em/luft} implementierte Ansatz von DÜRING (2009) [7] mit den Parametern Reaktionsgeschwindigkeit ($k = 0,00039 \text{ (ppb}\cdot\text{s)}^{-1}$), Photolysefrequenz ($J = 0,0045 \text{ (s)}^{-1}$) und Mischungszeit ($\tau = 100 \text{ s}$).

Weiterhin sind die Vorbelastungswerte für Ozon und NO₂ erforderlich. Die Vorbelastung für NO₂ wird mit dem unten beschriebenen Romberg-Ansatz statistisch aus dem NO_x-Vorbelastungswert ermittelt. Im gewählten Verfahren wird die Umwandlungsformel IMMIS^{luft} für verkehrsbezogene Messungen nach ROMBERG E. ET AL.¹² [25] verwendet (Abbildung 5-2):

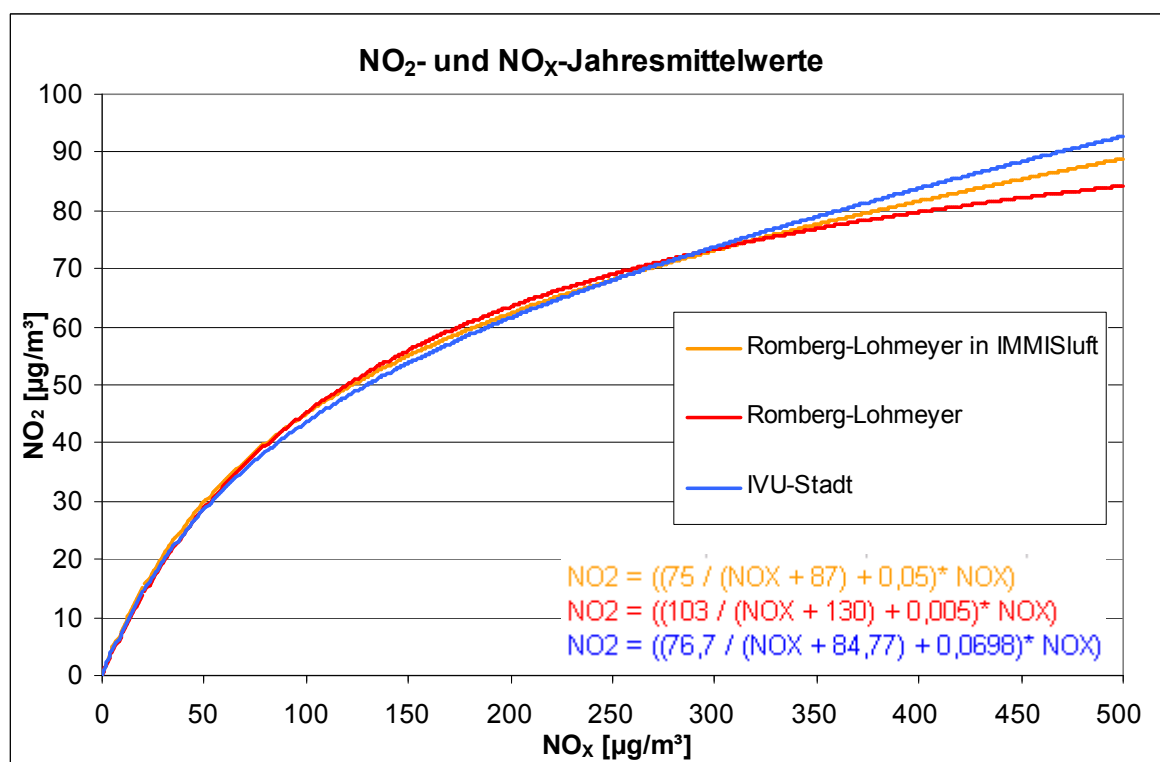


Abbildung 5-2: Darstellung der Umrechnungsdaten für den Jahresmittelwert von NO₂ aus NO_x nach dem veröffentlichten Ansatz nach Romberg et al., dem unveröffentlichten Ansatz nach Romberg et al. wie er in IMMIS^{luft} implementiert ist und dem Ansatz der IVU [2]

¹² Die angegebenen Parameter für die Umrechnung nach Romberg et al. stammen aus Arbeitspapieren vor Veröffentlichung dieser Methodik im Jahre 1996. Der Unterschied zu den veröffentlichten Parametern ist aber gering und aus Kontinuitätsgründen wurden die unveröffentlichten Parameter beibehalten [2].



Für die Anzahl an Tagen mit Überschreitungen des seit 2005 gültigen Tagesgrenzwertes von PM₁₀ gibt es in DIEGMANN V. ET AL. [3] eine entsprechende Abschätzung auf der Basis des Jahresmittelwertes von PM₁₀. Eine Darstellung dieses Zusammenhanges findet sich in Abbildung 5-3 und wird durch landesweite Messungen des LÜN bestätigt.

Bei einem Jahresmittelwert von 30 µg/m³ wird der Grenzwert von 35 Überschreitungen im Jahr erreicht. Eine Minderung des Jahresmittelwerts im Bereich von 30 µg/m³ um 1 µg/m³ führt zu einer Reduktion von drei bis vier Überschreitungstagen. Eine Minderung des Jahresmittelwerts im Bereich von 30 µg/m³ um 1 µg/m³ führt zu einer Reduktion von drei bis vier Überschreitungstagen. Eine Reduktion von 30 µg/m³ auf 28 µg/m³ führt zu einer Reduzierung der Überschreitungstage um ca. 7 Tage.

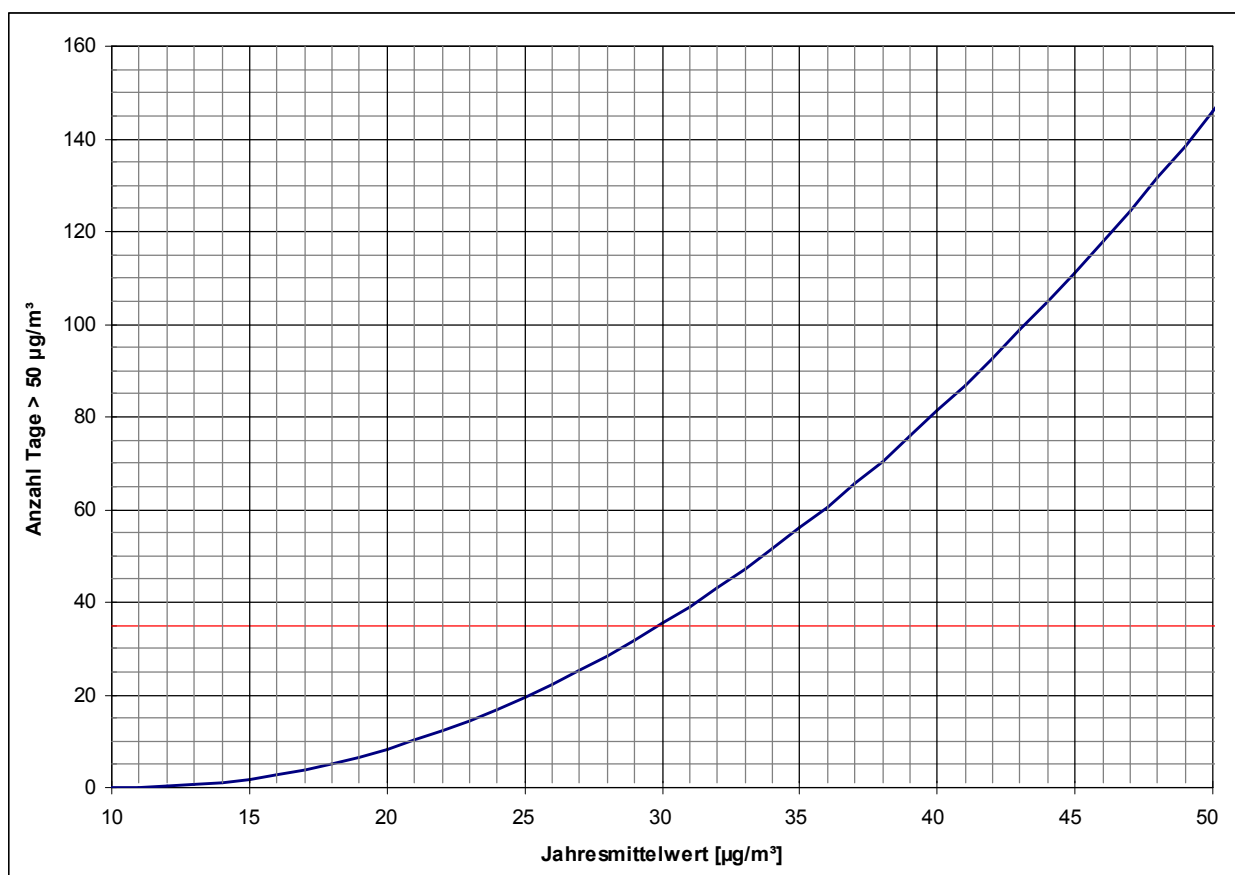


Abbildung 5-3: Statistischer Zusammenhang zwischen dem Jahresmittelwert von PM₁₀ und der Anzahl Tage mit einem PM₁₀-Tagesmittelwert über 50 µg/m³



6 Analyse der Immissionsbelastung in den IMMIS^{luft}-Abschnitten

Die Screeningberechnungen wurden mit den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Eingangsdaten für das Bezugsjahr 2010 durchgeführt. Nach Abbildung 2-1 setzt sich die Gesamtbelastung im Straßenraum aus der Zusatzbelastung im Hotspot und den Komponenten regionaler und urbaner Hintergrund, die gemeinsam die Vorbelastung bilden, zusammen.

6.1 Bestimmung der Vorbelastung

6.1.1 Abschätzung des regionalen Hintergrundes 2010 und 2015

Zur Abschätzung der regionalen Hintergrundbelastung wurden die UBA-Karten¹³ und die Messdaten ausgewählter ländlicher und vorstädtischer Messstationen des LÜN-Messnetzes ausgewertet. In den UBA-Karten weist die südwestlich von Braunschweig gelegene Gitterzelle für 2010 bzw. 2011 und 2015 eine regionale NO₂- und PM₁₀-Vorbelastung gemäß Tabelle 6-1 auf.

An den LÜN-Stationen Allertal, Altes Land, Braunschweig, Eichsfeld, Elbmündung, Emsland, Göttingen, Jadebusen, Lüneburger Heide, Oker/Harlingerode, Ostfriesland, Wendland, Weserbergland und Wolfsburg wurde für die Jahre 2008 bis 2010 ein Faktor für das Verhältnis von NO₂/NO_x ermittelt. Dieser Faktor (NO₂/NO_x = 0,77) wurde verwendet, um die NO₂-Vorbelastungswerte der UBA-Karten in NO_x-Vorbelastungswerte umzurechnen.

Tabelle 6-1: Abschätzung des regionalen Hintergrundes als Jahresmittelwert in µg/m³, Bezugsjahr 2010 und 2015

Braunschweig	NO ₂	NO _x	PM ₁₀
UBA-Karte 2010/2011	11	14	20
UBA-Karte 2015	10	13	20

Die städtische Hintergrundstation des LÜN in Braunschweig liefert einen Ozon-Vorbelastungswert von 51 µg/m³.

Der regionale Hintergrund schließt außerhalb des Stadtgebietes emittierende Quellen wie Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, Hausbrand und Verkehr ein.

6.1.2 Berechnung des urbanen Hintergrundes 2010 und 2015

Basierend auf den Emissionsdaten aus Kapitel 3 (Quellgruppen: Industrie, Hausbrand und Verkehr) und den meteorologischen Daten gemäß Kapitel 1 wurde mit IMMIS^{net} der urbane Hintergrund für jeden IMMIS^{luft}-Abschnitt berechnet. Für die IMMIS^{luft}-Abschnitte wurden für jeden Abschnitt getrennt Vorbelastungswerte ermittelt, bei denen der betreffende Straßenabschnitt nicht einbezogen wurde, um Emissionen nicht doppelt zu berücksichtigen.

¹³ Modellrechnungen zur Unterstützung der Berichterstattung hinsichtlich Fristverlängerung gemäß Richtlinie 2008/50/EG des Umweltbundesamtes (UBA)



6.2 Ergebnisse des Screenings - Immissionsbelastung in den IMMIS^{luft}-Abschnitten

Die folgenden Karten präsentieren die Immissionsbelastungen der Screeningberechnung als Übersicht der Jahresmittelwerte für NO₂ und PM₁₀ im bebauten Hauptstraßennetz von Braunschweig für die Bezugsjahre 2010 und 2015.

Bei PM₁₀ (Abbildung 6-1 und Abbildung 6-2) ist die Farblegende so gewählt, dass Abschnitte mit Jahresmittelwerten bis 28 µg/m³, bei denen nicht von einer Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums (35 Tage > 50 µg/m³) auszugehen ist, grün dargestellt sind. Eine prognostizierte Überschreitung des Grenzwertes von 40 µg/m³ wird mit der Farbe Lila angezeigt. Die weitere farbliche Abstufung orientiert sich an der Wahrscheinlichkeit der Verletzung des Tagesgrenzwertkriteriums. Bei Jahresmittelwerten ab 29 µg/m³ (gelb) ist davon auszugehen, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Verletzung des Tagesgrenzwertkriteriums gering ist, ab 31 µg/m³ (orange) ist die Wahrscheinlichkeit für eine Verletzung des Tagesgrenzwertkriteriums hoch und bei einem Jahresmittelwert ab 33 µg/m³ (rot) wird das Tagesgrenzwertkriterium mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit verletzt.

Die Farblegende ist bei NO₂ so gewählt, dass die farblich abgestuften Abschnitte prognostizierte Überschreitungen der Jahresmittelwerte aufzeigen (Abbildung 6-3 und Abbildung 6-4). Eine Überschreitung des Grenzwertes von 40 µg/m³ wird mit der Farbe Rot angezeigt. Werte ab 33 µg/m³ (gelb und orange) liegen bis 20 % unter dem Grenzwert und damit innerhalb einer Fehlerbreite von ± 20 %, mit der beim gewählten Verfahren gerechnet werden muss [4], [15]. Abschnitte, bei denen nicht von einer Überschreitung des Grenzwertkriteriums auszugehen ist, sind grün dargestellt.

Tabelle 6-2: Übersicht der Legendendarstellung in den Karten für PM₁₀ und NO₂

Grenzwert		Kriterium	JMW [µg/m ³]
PM10	40 µg/m ³ Jahresmittelwert 35 Tage > 50 µg/m ³ Anzahl der Überschreitungen Tagesmittelwert	Grenzwert-Überschreitung Jahresmittelwert (JMW)	> 40
		Sehr hohe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums	33 - 40
		Hohe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums	31 - 32
		Geringe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums	29 - 30
		Keine Überschreitung	≤ 28
NO2	40 µg/m ³ Jahresmittelwert	Grenzwert-Überschreitung Jahresmittelwert (JMW)	> 40
		Hohe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung JMW aufgrund Fehlerbreite	37 - 40
		Geringe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung JMW aufgrund Fehlerbreite	33 - 36
		Keine Überschreitung	≤ 32

Eine Liste der Straßenabschnitte mit prognostiziertem NO₂-Jahresmittelwert ab 33 µg/m³ ist in Kapitel 9 "Liste der Belastungsschwerpunkte" beigefügt. Bei Abschnitten mit einem NO₂-Jahresmittelwert größer 40 µg/m³ wird dieser Wert fett dargestellt.

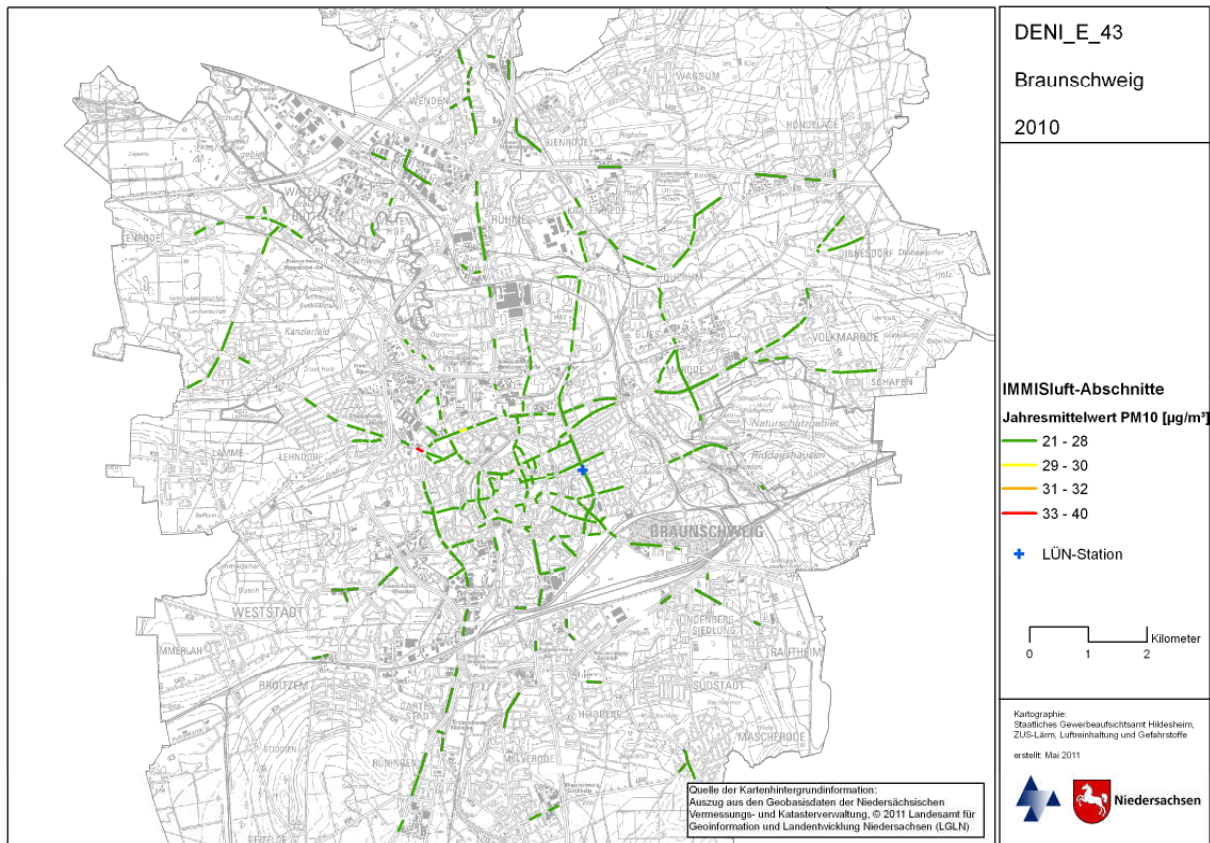


Abbildung 6-1: Jahresmittelwert PM₁₀ im bebauten Hauptstraßennetz Braunschweig, 2010

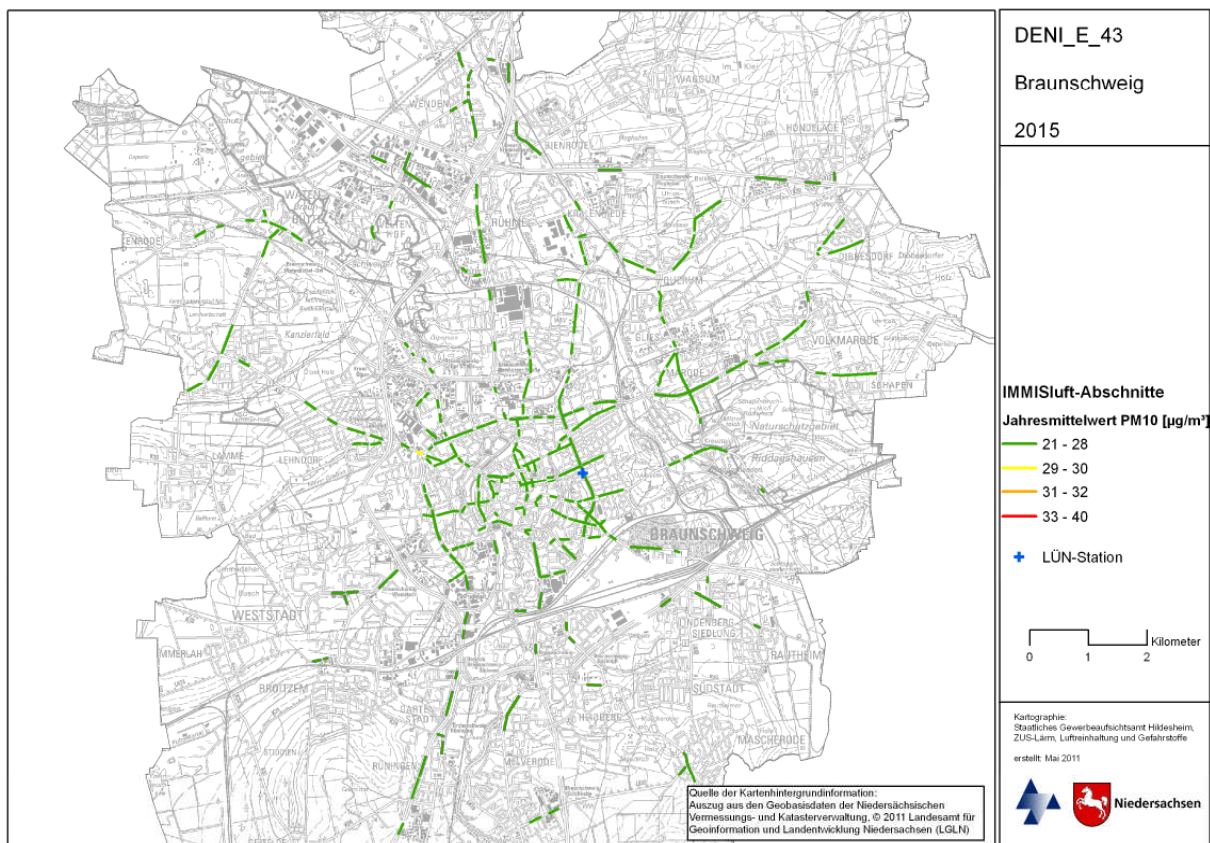


Abbildung 6-2: Jahresmittelwert PM₁₀ im bebauten Hauptstraßennetz Braunschweig, 2015

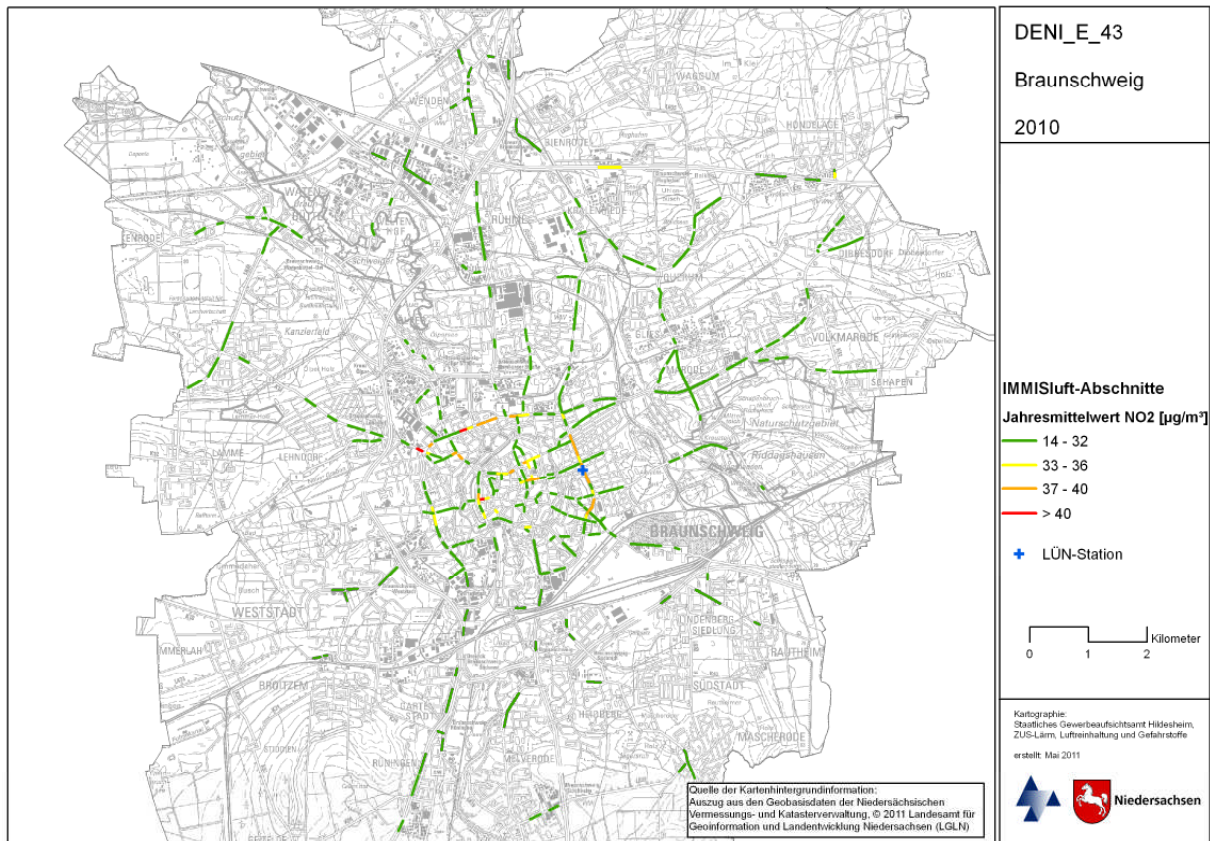


Abbildung 6-3: Jahresmittelwert NO₂ im bebauten Hauptstraßennetz Braunschweig, 2010

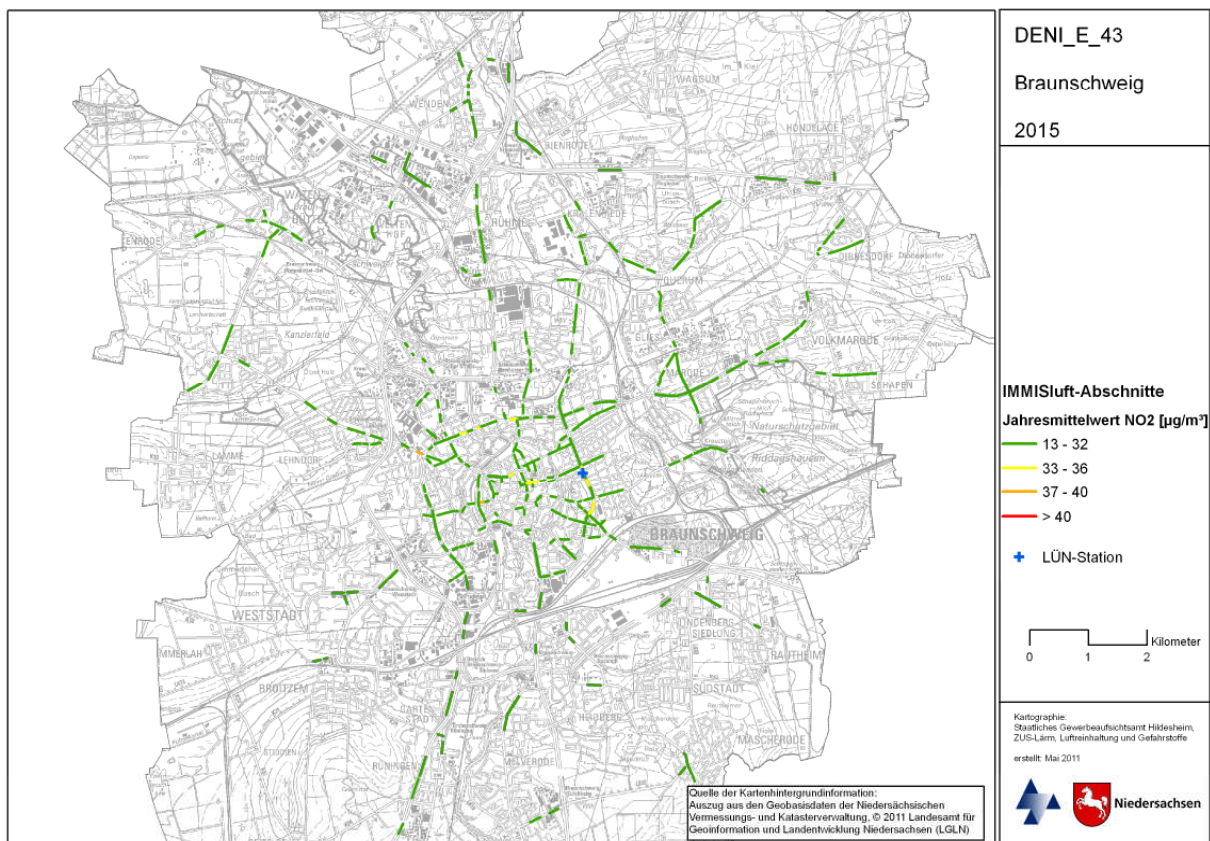


Abbildung 6-4: Jahresmittelwert NO₂ im bebauten Hauptstraßennetz Braunschweig, 2015



6.3 Bewertung der Immissionsbelastung in den IMMIS^{luft}-Abschnitten

Für den im Jahr 2010 geltenden Grenzwert für PM₁₀ von 40 µg/m³ wird im Stadtgebiet Braunschweig mit PM₁₀-Jahresmittelwerten bis zu 33 µg/m³ keine Überschreitung ermittelt. Ein Abschnitt in der Hildesheimer Straße weist mit einem PM₁₀-Jahresmittelwert von 33 µg/m³ mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit auf eine Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums hin. Ein Abschnitt am Neustadtring mit einem PM₁₀-Jahresmittelwert von 29 µg/m³ geht mit einer geringen Wahrscheinlichkeit von der Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums aus. Im Bezugsjahr 2015 liegt nur noch der Abschnitt in der Hildesheimer Straße mit einer geringen Wahrscheinlichkeit im Bereich einer Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums (35 Tage > 50 µg/m³).

Der im Jahr 2010 für NO₂ anzusetzende Grenzwert in Höhe von 40 µg/m³ wird in drei Abschnitten in Braunschweig überschritten. Die höchste Belastung wird für einen Abschnitt in der Hildesheimer Straße mit einem NO₂-Jahresmittelwert von 52 µg/m³ ermittelt. Neben der Hildesheimer Straße sind Abschnitte in den Straßen „An der Martinikirche“ und „Neustadtring“ von der Überschreitung des NO₂-Grenzwertes betroffen. Für weitere 45 Abschnitte (insgesamt 48 Abschnitte ≥ 33 µg/m³) werden NO₂-Jahresmittelwerte von 33 µg/m³ und größer ermittelt. Diese Abschnitte liegen innerhalb der modelltypischen „Unschärfe“ von ± 20 %, d.h. bei diesen Abschnitten ist eine Überschreitung des NO₂-Jahresmittelwertes von 40 µg/m³ möglich. Im Bezugsjahr 2015 ist in Braunschweig kein Abschnitt von der Überschreitung des NO₂-Jahresgrenzwertes (40 µg/m³) betroffen. Für 12 Abschnitte werden NO₂-Jahresmittelwerte ≥ 33 µg/m³ ermittelt. Diese Abschnitte liegen innerhalb der modelltypischen „Unschärfe“ von ± 20 %, d.h. bei diesen Abschnitten ist eine Überschreitung des NO₂-Jahresmittelwertes von 40 µg/m³ möglich. Diese Abschnitte liegen im Bereich der Innenstadt oder des äußeren Stadtrings.

**Tabelle 6-3: Anzahl und Gesamtlänge der Straßenabschnitte nach Überschreitungs-
wahrscheinlichkeit**

Kriterium		2010		2015	
		Anzahl	km	Anzahl	km
PM10	Grenzwert-Überschreitung Jahresmittelwert (JMW) (> 40 µg/m ³)	-	-	-	-
	Mind. sehr hohe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums (≥ 33 µg/m ³)	1	0,1	-	-
	Mind. hohe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums (≥ 31 µg/m ³)	1	0,1	-	-
	Mind. geringe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums (≥ 29 µg/m ³)	2	0,2	1	0,1-
NO2	Grenzwert-Überschreitung Jahresmittelwert (JMW) (> 40 µg/m ³)	3	0,3	-	-
	Mind. hohe Wahrscheinlichkeit Überschreitung JMW aufgrund Fehlerbreite (≥ 37 µg/m ³)	24	2,3	2	0,2
	Mind. geringe Wahrscheinlichkeit Überschreitung JMW aufgrund Fehlerbreite (≥ 33 µg/m ³)	48	4,6	12	1,2



6.4 Vergleich mit den Messdaten

In Braunschweig wird durch das Lufthygienische Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) in einem Abschnitt im Altewiekring (siehe Abbildung 6-5) seit 2008 kontinuierlich die Luftschadstoffbelastung gemessen. Eine Gegenüberstellung der im Altewiekring mit IMMIS^{luft} ermittelten und der gemessenen Konzentrationen für das Jahr 2010 findet sich in Tabelle 6-4.

Tabelle 6-4: Vergleich der modellierten und gemessenen Konzentrationen im Abschnitt Altewiekring (ID 397) mit Angabe des Grenzwertes für das Bezugsjahr 2010

	Jahresmittelwert			Anzahl der TMW ¹⁴ - Überschreitungen
	NO ₂ in µg/m ³	NO _x in µg/m ³	PM ₁₀ in µg/m ³	
Screening 2010	37	70	27	(25) ¹⁵
Messung 2010	51	115	27	20
Grenzwert 2010	40	-	40	35



Abbildung 6-5: Lage des IMMIS^{luft}-Abschnittes und der Verkehrsmesstation am Altewiekring

¹⁴ Tagesmittelwert

¹⁵ Statistischer Zusammenhang zwischen Jahresmittelwert PM₁₀ und der Anzahl der Tage mit einem PM₁₀-Tagesmittelwert > 50 µg/m³ (Abbildung 5-3)



Der Vergleich der modellierten und der gemessenen Konzentrationen im Abschnitt des Altewiekrings zeigt bei PM₁₀ eine gute Übereinstimmung. Bei PM₁₀ liegen die Ergebnisse der Modellrechnung und der Messung deutlich unterhalb des Grenzwertes. Auch beim Tagesgrenzwertkriterium (35 Tage > 50 µg/m³) unterscheiden sich die Ergebnisse beider Verfahren nur geringfügig. Durch die Messung wurden 20 Überschreitungen festgestellt, während die Modellrechnung 25 Überschreitungstage prognostiziert. Bei NO₂ unterscheiden sich die Ergebnisse der Modellrechnung deutlich von denen der Messung. Während durch die Messung eine erhebliche Überschreitung des NO₂-Jahresmittelwertes ermittelt wurde bleibt die Modellrechnung unterhalb des Grenzwertes. Bei Aussagen zu Grenzwertüberschreitung bzw. -einhaltung muss berücksichtigt werden, dass Modellrechnungen mit Unschärfen von bis zu +/- 20 % behaftet sein können.

Die Abweichung zwischen Modellwert und Messwert liegen bei PM₁₀ in dem durch die 39. BImSchV angegebenen Rahmen der Genauigkeit von 50 %. Bei NO₂ liegt die Abweichung des berechneten Jahresmittelwertes zum Messwert im Bezug zum Immissionsgrenzwert mit 33 % über dem für Modellrechnungen geforderten Datenqualitätsziel von 30 %.

Der Altewiekring ist im Rahmen des Forschungsprojektes „Umweltorientiertes Verkehrsmanagement Braunschweig“ (UVM) Gegenstand ausführlicher Untersuchungen zur Luftqualität. So können die mit IMMIS^{luft} modellierten Ergebnisse durch andere Modellrechnungen¹⁶ bestätigt werden und es ist aufgrund der hohen Daten- und Untersuchungsdichte davon auszugehen, dass die Modellierung insgesamt von hoher Qualität ist.

Das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim – Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhalte, Lärm und Gefahrstoffe (ZUS LLG) führt ergänzende Messungen mit NO₂-Passivsammlern durch. Diese sollen die bisherigen Ergebnisse der kontinuierlichen Messung absichern.

Werden die hohen NO₂-Messwerte der kontinuierlichen Messung durch die Ergebnisse der NO₂-Passivsammler bestätigt sollten weitere ergänzende Untersuchungen hinsichtlich des urbanen Hintergrundes, der realen Flottenzusammensetzung und der Überprüfung der Windverhältnisse im Altewiekring durchgeführt werden. Zudem ist es nicht auszuschließen, dass die Abweichung in der fehlerhaften Bestimmung der Kfz-bedingten Emissionen begründet ist DIEGMANN V. ET AL. [5].

¹⁶ Online-Monitoringsystem im Rahmen des UVM mit dem Modell IMMScpb und mikroskalige Detailuntersuchung mit MISKAM [2]



6.5 Verursacheranalyse

Für den IMMIS^{luft}-Abschnitt des Altewiekings, an dem die Verkehrsmessstation des LÜN aufgestellt ist, wurde eine Quellanalyse durchgeführt. Sie ergibt ein detailliertes Bild über die Zusammensetzung der Schadstoffanteile nach ihrer Herkunft. In Tabelle 6-5 und Abbildung 6-6 bis Abbildung 6-9 sind die Ergebnisse der Berechnungen dargestellt.

Tabelle 6-5: Quellgruppenanteile an den Immissionen im Altewiekring, 2010, gerundete Angaben¹⁷

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

Bei PM₁₀ ist der lokal in der Straßenschlucht verursachte Anteil der Immission mit 19 % deutlich geringer als der Anteil des regionalen Hintergrundes mit 74 %. Zusammen mit den 5 %, die der Straßenverkehr im urbanen Hintergrund bewirkt, beträgt der straßenverkehrliche Anteil bei PM₁₀ circa 25 %. Die Quellen Hausbrand und Industrie spielen mit Anteilen von unter 1 % nur eine untergeordnete Rolle.

Bei den Verursacheranteilen von NO_x dominiert die Verkehrsemission im Hotspot mit 58 %, gefolgt vom regionalen Hintergrund mit rund 20 %. Der Straßenverkehr im urbanen Hintergrund trägt mit 18 % erheblich zur NO_x-Immission bei. Über ³/₄ der NO_x-Immission wird somit vom Straßenverkehr verursacht. Der Hausbrand hat mit 4 % einen stärkeren Einfluss auf die NO_x-Immission als die Industrie mit unter 1 %.

¹⁷ Die Berechnungen erfolgten nicht mit gerundeten Zahlen, weshalb sich bei Addition von in der Tabelle aufgerundet dargestellten Angaben geringe Abweichungen ergeben können.

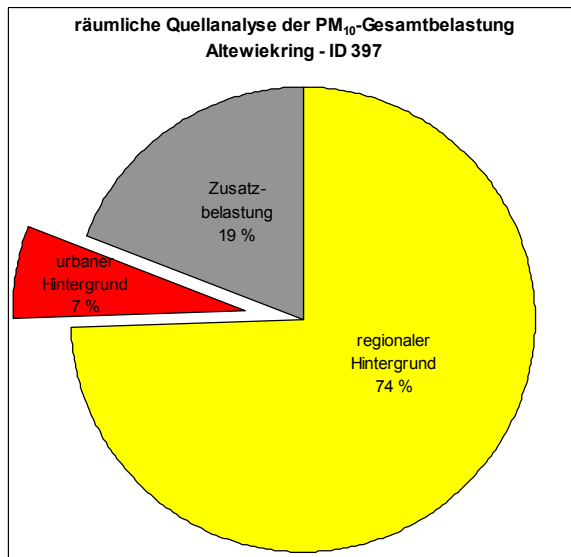


Abbildung 6-6: Prozentuale Aufteilung nach räumlichen Quellgruppen an der PM₁₀-Immission im Altewiekring, 2010

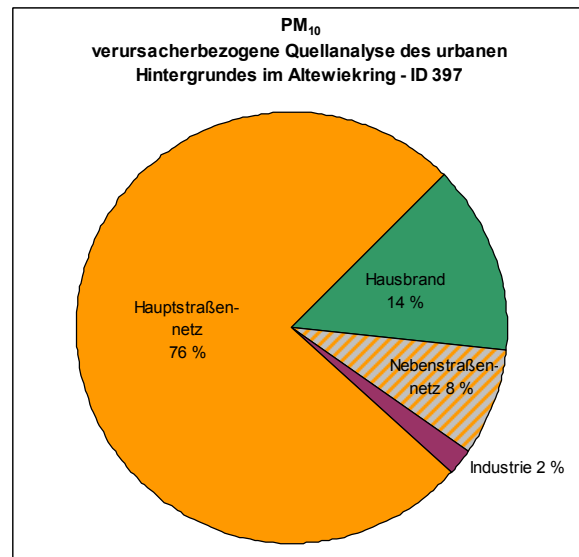


Abbildung 6-7: Prozentuale Aufteilung des urbanen Hintergrundanteils im Altewiekring nach Verursachern (PM₁₀), 2010

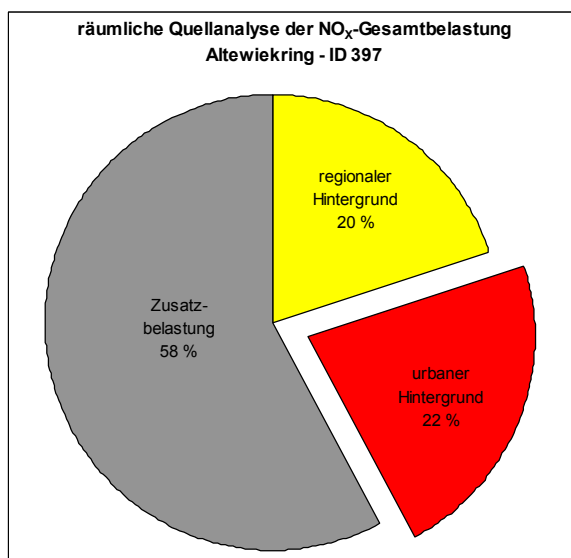


Abbildung 6-8: Prozentuale Aufteilung nach räumlichen Quellgruppen an der NO_x-Immission im Altewiekring, 2010

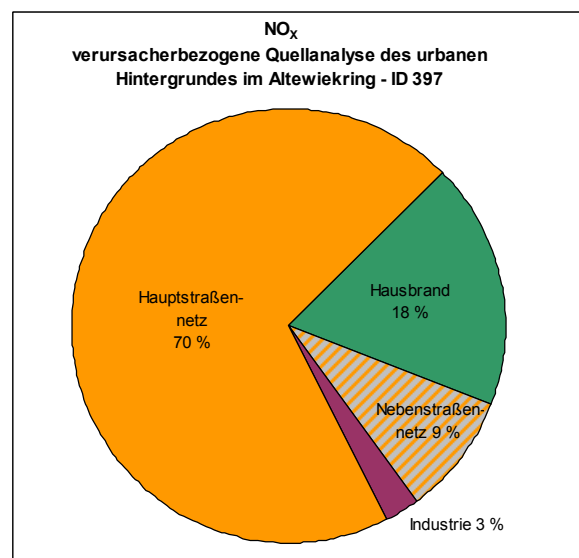


Abbildung 6-9: Prozentuale Aufteilung des urbanen Hintergrundanteils im Altewiekring nach Verursachern (NO_x), 2010

Eine Übertragung der NO_x-Verursacheranteile in NO₂-Anteile ist nur eingeschränkt möglich, da vor allem der Anteil der NO_x-Emissionen des Hotspots noch größtenteils als NO vorliegt.

6.6 Zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung der NO₂-Belastung

Keine Relevanz für die Voruntersuchung in Braunschweig.



7 Zusammenfassung

Für das Stadtgebiet von Braunschweig wurde modellgestützt ein Screening zur Ermittlung der Luftschadstoffbelastungen im Hauptstraßennetz für das Bezugsjahr 2010 durchgeführt. Zusätzlich wurde eine Prognose für das Bezugsjahr 2015 erstellt.

Zur Bestimmung der urbanen Hintergrundbelastung wurde ein Emissionskataster für die Quellgruppen Industrie, Hausbrand und Straßenverkehr aufgebaut. Die Zusatzbelastung im Straßenraum wurde mit dem Screening-Modell IMMIS^{luft} bestimmt. Dazu wurden die erforderlichen Geometriedaten des Straßenraums auf der Basis des digital vorliegenden 3D-Gebäudemodells der Stadt ermittelt.

Das Screening im Bezugsjahr 2010 zeigt, dass bei NO₂ für 3 Straßenabschnitte die Überschreitung des im Jahr 2010 geltenden Grenzwertes von 40 µg/m³ ermittelt wird.

Die Prognose zeigt, dass die Immissionen bis zum Jahr 2015 zurückgehen, sodass der ab 2010 geltende Grenzwert für NO₂ von 40 µg/m³ im Bezugsjahr 2015 in allen Abschnitten eingehalten wird.

Der Rückgang der Immissionen in der Prognose 2015 ist durch die Verbesserung der Emissionsfaktoren, bedingt durch die angenommene Erneuerung und Entwicklung der Fahrzeugflotte und die abgeschätzte Minderung des regionalen Hintergrundes begründet. Die Prognose im Bezugsjahr 2015 beinhaltet einen geänderten Straßenverlauf im Bereich des Autobahndreiecks Braunschweig-Südwest und die auf verschiedene Maßnahmen basierende stadtweite Anpassung der Verkehrsbelastung.

Bei den Aussagen zu Grenzwertüberschreitung bzw. –einhaltung müssen jedoch folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Modellrechnungen sind allein aufgrund der Unsicherheiten bei den Eingangsdaten „unscharf“. Mit einer Unschärfe von bis zu +/- 20 % ist bei dem gewählten Verfahren zu rechnen.
- In der Modellrechnung wird eine meteorologische Ausbreitungsklassenstatistik über 10 Jahre verwendet. Die Höhe der PM₁₀-Immission wird stark durch Witterungsbedingungen beeinflusst. So kann in Jahren mit extremer meteorologischer Situation (z.B. wenig Niederschläge und lange Trockenperioden mit eingeschränktem Luftaustausch) die PM₁₀-Immission von der in der Modellrechnung mit dem meteorologischen Mittel bestimmten PM₁₀-Immission abweichen.
- Vor allem die Prognose ist insgesamt mit Unsicherheiten behaftet, da sie auf Annahmen zum Rückgang der regionalen Vorbelastung und einer sich erneuernden Fahrzeugflotte mit geringeren Emissionen beruht. Treffen beide Annahmen nicht im erwarteten Umfang ein, hat dies entscheidenden Einfluss auf die errechneten Ergebnisse.



8 Literatur

- [1] BLANK, P., WICKERT, B., OBERMEIER, A., FRIEDRICH, R., DREISEIDLER, A., PFEIFFER, F., BAUMBACH, G., 1999: Erstellung eines Emissionskatasters für Feuerungsanlagen in Haushalt und Kleinverbrauch, Forschungsbericht Ufo 104 02 830. Im Auftrag des Umweltbundesamts, September 1999
- [2] DIEGMANN, 2011: IMMIS^{em/luft}-Handbuch zur Version 5.2; IVU Umwelt GmbH; Freiburg, 2011
- [3] DIEGMANN, V. ET AL., 2006: Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid, UFOPLAN 204 42 222
- [4] DIEGMANN, V., MAHLAU, A., 1999: Vergleich von Messungen der Luftschadstoffbelastungen im Straßenraum mit Berechnungen des Screening-Modells IMMIS^{luft}, Immissionsschutz 3, pp 76-83
- [5] Diegmann V., Gässler G., Pfäfflin F., 2011: Parametereinstellungen und Validierung des IMMIS des GAA-Hildesheim nach Einführung des neuen HBEFA 3.1
- [6] DÜRING, I. UND LOHMEYER, A., 2004: Modellierung nicht motorbedingter PM₁₀-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11. November 2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33
- [7] DÜRING, I.; BÄCHLIN, W. 2009: Tendenzen der NO₂-Belastung im Land Brandenburg. Auftraggeber: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Unter Mitarbeit von IFEU GmbH, Heidelberg, Planungsbüro Dr. Hunger, Dresden und National Environmental Research Institute (NERI), Roskilde, Dänemark. 2009.
- [8] EU, 1996: Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27.9.1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 296/55 vom 21.11.1996
- [9] EU, 1999: Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22.4.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 163/41 vom 29.6.1999
- [10] EU, 2008: Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 152/1 vom 11.06.2008
- [11] EKAT_BW: <http://www.ekat.baden-wuerttemberg.de/>
- [12] EKAT_NRW: <http://www.gis.nrw.de/ims/ekatsmall2004/smallclient.htm>
- [13] FEIER, H., 2003: Emissionskataster Hessen für das Bezugsjahr 2000, Quellengruppe nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen. Im Auftrag der Hessischen Landesanstalt für Umwelt, 2003
- [14] FRIEDRICH, U. 2010: Vergleich von Emissionsberechnungen der Handbücher für Emissionsfaktoren HBEFA 3.1 bzw. 2.1 anhand einer Beispielstraße. 3. Freiburger Workshop "Luftreinhaltung und Modelle", 29.-30.6.2010, IVU Umwelt GmbH, Freiburg. 2010
- [15] HARTMANN, U., DIEGMANN, V., 2006: Vergleich von berechneten Luftschadstoffbelastungen mit gemessenen Luftqualitätsdaten im Straßenraum, Immissionsschutz 2, pp 73-77
- [16] INFRAS AG, 2010: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 3.1; Bern, Februar 2010



- [17] IVU UMWELT GMBH, 2005: Grundsatzuntersuchungen für die Aufstellung von Luftreinhalteplänen nach der 22. BImSchV. Im Auftrag des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Februar 2005
- [18] IVU UMWELT GMBH, 2006: Immissionsbelastung im Hauptstraßennetz von München, 2005. Im Auftrag des Referats für Umwelt und Gesundheit der Landeshauptstadt München, August 2006
- [19] PESTEL INSTITUT, 2005: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2002. Im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, März 2005
- [20] PESTEL INSTITUT, 2007: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2004. Im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, Januar 2007
- [21] PESTEL INSTITUT, 2008: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2006. Im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, November 2008
- [22] PFEIFFER, F., STRUSCHKA, M., BAUMBACH, G., 2000: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren zur Darstellung der Emissionsentwicklung aus Feuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher. Forschungsbericht 295 46 364, UBA-FB 000048, im Auftrag des Umweltbundesamts, Texte 14/00, ISSN 0722-186X, Mai 2000
- [23] PREGGER, T., BLANK, P., WICKERT, B., KRÜGER, R., THELOKE, J., FRIEDRICH, R., 2001: Emissionskataster für Bayern (Endbericht). Im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz, Januar 2001
- [24] PREGGER, T. ET AL., 2005: Fortschreibung des Emissionskataster Bayern für das Jahr 2000 (Schlussbericht). Im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz, August 2005
- [25] ROMBERG, E. ET AL., 1996: NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56, Springer-Verlag, 215-218
- [26] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2009: Modellgestützte Abschätzung der Luftschadstoffkonzentrationen, Voruntersuchungen zum Luftreinhalte- und Aktionsplan Oldenburg, Mai 2009
- [27] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2009: Modellgestützte Abschätzung der Luftschadstoffkonzentrationen in Hameln, Voruntersuchungen zum Luftreinhalte- und Aktionsplan, August 2009
- [28] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Osnabrück, August 2011
- [29] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Hannover, August 2011
- [30] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Hildesheim, August 2011
- [31] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Göttingen, August 2011
- [32] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Braunschweig, August 2011



- [33] STERN, R., 1997: Das Modellinstrumentarium IMMIS-NET/CPB zur immissionsseitigen Bewertung von Kfz-Emissionen im Rahmen der 23. BImSchV.; 465. Seminar des Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V.: Verkehrsbedingte Belastungen durch Benzol, Dieselruß und Stickoxide in städtischen Straßenräumen. 23. BImSchV seit 1. März 1997 in Kraft - was nun ?; Berlin, April 1997
- [34] STRUSCHKA, M ET AL., 2003: Ermittlung und Evaluierung der Feinstaubemissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher sowie Ableitung von geeigneten Maßnahmen zur Emissionsminderung. Forschungsbericht 299 44 140, UBA-FB 000477, im Auftrag des Umweltbundesamts, Texte 41/03, ISSN 0722-186X, Juli 2003
- [35] STRUSCHKA, M ET AL., 2008: Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung. Forschungsbericht 205 42 322, UBA-FB 001217, im Auftrag des Umweltbundesamts, Texte 44/08, ISSN 1862-4804, November Juli 2008
- [36] UHLENHUT, F., 2002 : Emissionskataster (Stand :2000) für die Stadt Emden. Hausbrand/Kleingewerbe, Verkehr, Industrie. Fachhochschule Hameln/Ostfriesland/Wilhelmshaven, Institut für Umwelttechnik, Constantiaplatz 4, 26723 Emden



9 Liste der Belastungsschwerpunkte

Tabelle 9-1: Analyse 2010: Liste der Straßen mit prognostizierten Jahresmittelwerten NO₂ ab 33 µg/m³, sortiert nach NO₂-Gesamtbelastung

Eingangsdaten													Vorbelastung		Gesamtbelastung		
ID	NAME	POROSITY	BREITE	HOEHE	DTV	SLKW	BUS	TS_AREA	TS_RT	TS_SL	CALCLOS3	CALCLOS4	VPM10	VNOX	GPM10	GNOX	GNO2
		%	m	m	Kfz/d	%	%				%	%	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
142	Hildesheimer Straße	29	25	15	38647	3.7	0.9	1	1	50	32.7	0.0	23	37	33	107	52
67	An der Martinikirche	19	17	14	8841	3.7	8.3	1	3	50	0.0	0.0	23	37	28	95	47
417	Neustadtring	33	22	18	27121	2.4	0.8	1	1	50	20.2	0.0	22	33	29	78	42
313	Küchenstraße	26	28	16	30221	3.0	0.0	1	1	50	0.0	0.0	22	34	28	74	40
315	Rebenring	30	53	21	52432	3.0	0.4	1	1	50	0.0	0.0	22	32	28	72	39
405	Altewiekring	33	31	16	29185	5.6	1.0	1	1	50	0.0	0.0	22	31	28	73	38
190	Hagenring	41	33	18	34334	4.6	1.1	1	1	50	16.9	0.0	22	31	28	73	38
233	Altewiekring	37	30	18	29185	5.6	1.0	1	1	50	0.0	0.0	22	32	27	73	38
301	Steinweg	23	26	14	14843	2.1	4.3	1	1	50	0.0	0.0	22	35	26	70	38
139	Petristraße	37	14	10	11853	5.4	1.3	1	1	50	0.0	0.0	23	35	27	71	38
126	Wendenring	40	22	18	24939	3.0	0.8	1	1	50	0.0	0.0	22	32	27	71	38
191	Altewiekring	42	29	18	27768	5.9	1.1	1	1	50	0.0	0.0	22	31	27	72	38
155	Celler Straße	44	30	14	33994	3.0	1.3	1	1	50	23.9	0.0	22	31	27	70	38
316	Altewiekring	30	32	17	27231	6.1	1.1	1	1	50	0.0	0.0	22	28	27	72	37
302	Wendenring	22	28	19	23355	3.0	0.9	1	1	50	0.0	0.0	22	31	27	69	37
430	Steinweg	22	24	17	8999	2.5	8.0	1	1	50	0.0	0.0	22	35	26	68	37
77	Sonnenstraße	42	31	18	29516	2.9	1.5	1	1	50	0.0	0.0	22	32	27	69	37
127	Wendenring	37	25	19	24595	3.0	0.9	1	1	50	0.0	0.0	22	31	27	68	37
397 ¹⁸	Altewiekring	31	35	19	27528	5.9	1.1	1	1	50	0.0	0.0	22	30	27	70	37
414	Neustadtring	64	23	18	29439	3.6	1.3	1	1	50	0.0	0.0	23	37	26	65	37
18	Altewiekring	38	31	17	27377	5.3	1.1	1	1	50	0.0	0.0	22	32	27	68	37
37	Fallersleber Straße	40	24	17	22461	2.7	0.0	1	1	50	0.0	0.0	23	36	27	65	37
317	Hagenring	37	34	19	28934	5.2	1.3	1	1	50	0.0	0.0	22	29	27	69	37

¹⁸ Gelb hinterlegt ist der Abschnitt an dem die Verkehrsmessstation des LÜN steht.



Eingangsdaten													Vorbelastung		Gesamtbelastung		
ID	NAME	POROSITY	BREITE	HOEHE	DTV	SLKW	BUS	TS_AREA	TS_RT	TS_SL	CALCLOS3	CALCLOS4	VPM10	VNOX	GPM10	GNOX	GNO2
		%	m	m	Kfz/d	%	%				%	%	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
303	Hagenring	36	35	20	28934	5.2	1.3	1	1	50	0.0	0.0	22	29	27	69	37
311	Altstadtring	20	31	18	18154	5.5	1.4	1	1	50	0.0	0.0	22	28	27	69	36
35	Küchenstraße	31	40	19	32330	3.4	0.0	1	1	50	8.1	0.0	22	33	27	66	36
38	Fallersleber Straße	24	21	15	17764	1.4	0.0	1	1	50	0.0	0.0	22	35	26	63	36
159	Altstadtmarkt	39	15	17	5361	8.6	9.4	1	3	50	0.0	0.0	22	33	25	66	36
174	Hagenring	42	36	19	28934	5.2	1.3	1	1	50	0.0	0.0	22	30	26	65	35
68	Güldenstraße	33	30	14	29075	2.2	0.6	1	1	50	0.0	0.0	22	30	26	63	35
192	Altewiekring	48	30	12	27986	6.1	1.1	1	1	50	0.0	0.0	22	31	26	64	35
36	Küchenstraße	34	38	18	27809	3.1	0.0	1	1	50	0.0	0.0	22	34	26	61	35
30	Wilhelmstraße	38	24	18	15809	3.5	0.3	1	1	50	8.1	0.0	23	36	26	60	35
128	Neustadtring	46	26	16	24761	3.0	0.9	1	1	50	0.0	0.0	22	32	26	61	34
29	Wilhelmstraße	39	20	15	15678	3.5	0.0	1	1	50	0.0	0.0	22	33	26	61	34
168	Rebenring	42	43	10	37881	4.0	0.6	1	1	50	8.5	0.0	22	34	26	60	34
439	Güldenstraße	44	28	16	27754	2.3	0.6	1	1	50	0.0	0.0	22	32	26	60	34
433	Rudolfstraße	25	18	18	8166	3.5	1.0	1	1	50	0.0	0.0	22	36	25	60	34
184	Hagenring	48	43	16	35831	4.6	1.1	1	1	50	31.7	0.0	22	32	26	61	34
163	John-F.-Kennedy-Platz	38	24	17	17166	1.9	0.6	1	1	50	23.9	0.0	23	35	26	58	34
50	Bankplatz	25	13	17	4708	4.7	5.4	1	3	50	0.0	0.0	22	32	25	60	34
146	Altstadtring	36	30	19	19671	6.4	0.8	1	1	50	0.0	0.0	22	30	26	61	34
228	Altewiekring	51	31	18	27377	5.3	1.1	1	1	50	0.0	0.0	22	30	26	60	34
167	Rebenring	69	37	14	44498	3.5	0.5	1	1	50	0.0	0.0	23	37	26	57	33
39	Fallersleber Straße	19	24	16	16007	1.6	0.0	1	1	50	0.0	0.0	22	32	26	58	33
82	Hegerdorfstraße	47	25	7	5864	1.2	2.0	0	1	50	0.0	0.0	23	48	23	53	33
166	Dankwardstraße	30	22	21	6938	2.1	8.1	1	1	50	0.0	0.0	22	33	24	58	33
85	A2	64	79	9	98681	23.6	0.0	0	6	120	0.0	0.0	21	31	24	59	33



Tabelle 9-2: Prognose 2015: Liste der Straßen mit prognostizierten Jahresmittelwerten NO₂ ab 33 µg/m³, sortiert nach NO₂-Gesamtbelastung

Eingangsdaten													Vorbelastung		Gesamtbelastung		
ID	NAME	POROSITY	BREITE	HOEHE	DTV	SLKW	BUS	TS_AREA	TS_RT	TS_SL	CALCLOS3	CALCLOS4	VPM10	VNOX	GPM10	GNOX	GNO2
		%	m	m	Kfz/d	%	%				%	%	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
142	Hildesheimer Straße	29	25	15	33900	4.0	0.9	1	1	50	24.0	0.0	22	31	29	76	40
67	An der Martinikirche	19	17	14	7535	8.5	6.5	1	3	50	0.0	0.0	22	31	27	71	38
417	Neustadtring	33	22	18	26137	3.8	0.8	1	1	50	0.0	0.0	22	29	28	66	36
313	Küchenstraße	26	28	16	31494	3.0	0.0	1	1	50	0.0	0.0	22	30	27	62	35
405	Altewiekring	33	31	16	31466	5.1	1.0	1	1	50	16.9	0.0	22	27	27	61	33
301	Steinweg	23	26	14	14431	3.1	4.3	1	1	50	100.0	0.0	22	31	27	59	33
430	Steinweg	22	24	17	9323	2.5	8.0	1	1	50	100.0	0.0	22	31	26	59	33
233	Altewiekring	37	30	18	31466	5.1	1.0	1	1	50	16.9	0.0	22	28	27	60	33
191	Altewiekring	42	29	18	29681	5.3	1.1	1	1	50	0.0	0.0	22	27	26	60	33
315	Rebenring	30	53	21	52115	3.2	0.4	1	1	50	0.0	0.0	22	28	27	59	33
126	Wendenring	40	22	18	25123	3.6	0.8	1	1	50	0.0	0.0	22	27	27	59	33
316	Altewiekring	30	32	17	29498	5.4	1.1	1	1	50	0.0	0.0	21	25	27	60	33