



Modellgestützte Abschätzung der Luftschadstoffbelastung

Lingen

Juni 2012

Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung,
Lärm und Gefahrstoffe - ZUS LLG



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, Energie und Klimaschutz

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

Archivstraße 2, 30169 Hannover

Titelbilder:



Orthophoto, Lingen



NO₂-Straßenbelastung, Lingen



3D-Gebäudemodell, Lingen

Karten- und Bildmaterial:

Quelle der Kartenhintergrundinformation:
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 |
| 3.2 | Emissionen sonstiger Verkehre | 11 |
| 3.2.1 | Binnenschifffahrt..... | 11 |
| 3.3 | Emissionen des Hausbrands | 12 |
| 3.3.1 | Vorgehensweise..... | 12 |
| 3.3.2 | Berechnung der Emissionen | 14 |
| 3.3.3 | Plausibilisierung der Ergebnisse..... | 15 |
| 3.3.4 | Umlegung der Emissionen auf Rasterzellen | 18 |
| 3.4 | Emissionen genehmigungsbedürftiger Anlagen..... | 20 |
| 3.4.1 | Punkt- und Flächenquellen..... | 20 |
| 3.5 | Emissionsbilanz..... | 21 |
| 4 | Meteorologie | 22 |
| 5 | Berechnung der Gesamtbelastung | 23 |
| 5.1 | Bildung von IMMIS ^{luft} -Abschnitten..... | 23 |
| 5.2 | Grenzwerte und abgeleitete Kennwerte für NO ₂ und PM ₁₀ | 24 |
| 6 | Analyse der Immissionsbelastung in den IMMIS^{luft}-Abschnitten | 26 |
| 6.1 | Bestimmung der Vorbelastung..... | 26 |
| 6.1.1 | Abschätzung des regionalen Hintergrundes 2010 und 2015..... | 26 |
| 6.1.2 | Berechnung des urbanen Hintergrundes 2010 und 2015..... | 26 |
| 6.2 | Ergebnisse des Screenings - Immissionsbelastung in den IMMIS ^{luft} -Abschnitten | 27 |
| 6.3 | Bewertung der Immissionsbelastung in den IMMIS ^{luft} -Abschnitten..... | 29 |
| 6.4 | Verursacheranalyse..... | 30 |
| 7 | Zusammenfassung | 32 |
| 8 | Literatur | 33 |



ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|--|----|
| Abbildung 2-1: Schema der Zusammensetzung der Gesamtbelastung | 6 |
| Abbildung 3-1: Haupt- und Nebenstraßennetz und Verlauf des Dortmund-Ems-Kanals in Lingen..... | 8 |
| Abbildung 3-2: Tagesganglinien des Verkehrs zur Bestimmung der LOS-Anteile..... | 10 |
| Abbildung 3-3: Konzept zur Ermittlung des Emissionsaufkommens durch Hausbrand | 12 |
| Abbildung 3-4: Datengrundlage zur Hausbrandberechnung (Beispiel), aufgeschlüsselt nach den Brennstoffen Öl, Gas, Holz, Pellets und Kohle..... | 13 |
| Abbildung 3-5: Anteil der verschiedenen Brennstoffe an der PM_{10} - und NO_x -Emission..... | 15 |
| Abbildung 3-6: Verteilung der NO_x -Hausbrand-Emissionen auf Rasterzellen, Lingen | 18 |
| Abbildung 3-7: Verteilung der PM_{10} -Hausbrand-Emissionen auf Rasterzellen, Lingen | 19 |
| Abbildung 3-8: Industrielle PM_{10} - und NO_x -Quellen in Lingen | 20 |
| Abbildung 3-9: Emissionsanteile NO_x , 2010..... | 21 |
| Abbildung 3-10: Emissionsanteile PM_{10} , 2010..... | 21 |
| Abbildung 4-1: Windrichtungsverteilung getrennt nach Ausbreitungsklassen für die Statistik Lingen, 1990 - 1999..... | 22 |
| Abbildung 5-1: IMMIS ^{luft} -Abschnitte in einem Ausschnitt von Lingen | 23 |
| Abbildung 5-2: Darstellung der Umrechnungsdaten für den Jahresmittelwert von NO_2 aus NO_x | 25 |
| Abbildung 5-3: Statistischer Zusammenhang zwischen dem Jahresmittelwert von PM_{10} und der Anzahl Tage mit einem PM_{10} -Tagesmittelwert über $50 \mu g/m^3$ | 25 |
| Abbildung 6-1: Jahresmittelwert PM_{10} im bebauten Hauptstraßennetz Lingen, 2010 und 2015..... | 28 |
| Abbildung 6-2: Jahresmittelwert NO_2 im bebauten Hauptstraßennetz Lingen, 2010 und 2015..... | 28 |
| Abbildung 6-4: Prozentuale Aufteilung nach räumlichen Quellgruppen an der PM_{10} -Immission in der Meppener Straße (ID 3019), 2010 | 31 |
| Abbildung 6-5: Prozentuale Aufteilung des urbanen Hintergrundanteils in der Meppener Str. (ID 3019) nach Verursachern (PM_{10}), 2010..... | 31 |
| Abbildung 6-6: Prozentuale Aufteilung nach räumlichen Quellgruppen an der NO_x -Immission in der Meppener Straße (ID 3019), 2010 | 31 |
| Abbildung 6-7: Prozentuale Aufteilung des urbanen Hintergrundanteils in der Meppener Str. (ID 3019) nach Verursachern (NO_x), 2010..... | 31 |



TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|--|----|
| Tabelle 3-1: Kapazitätsauslastungsgrade..... | 8 |
| Tabelle 3-2: Verkehrssituationen gemäß HBEFA | 9 |
| Tabelle 3-3: Stündliche Kapazitäten pro Fahrspur nach Verkehrssituationen..... | 9 |
| Tabelle 3-4: Gerätebezogener Endenergieverbrauch (gEEV) für Haushalte (HH) und Kleinverbraucher (KV) in Lingen [GJ] | 14 |
| Tabelle 3-5: Gerätebezogenes Emissionsaufkommen für NO _x und PM ₁₀ , aufsummiert nach Brennstoffen für Haushalte (HH) und Kleinverbraucher (KV) [kg] | 14 |
| Tabelle 3-6: Emissionsaufkommen für NO _x und PM ₁₀ [t/a] und [kg/(Einwohner·a)] für verschiedene Städte und die Bundesrepublik Deutschland..... | 16 |
| Tabelle 3-7: Einwohnerbezogener Endenergieverbrauch des Landes Niedersachsen für die Sektoren Haushalte und Kleinverbraucher [GJ/Einwohner] im Vergleich zur Stadt Lingen..... | 17 |
| Tabelle 3-8: Emissionsmengen NO _x und PM ₁₀ in kg/a, Analyse 2010 und Prognose 2015 | 21 |
| Tabelle 5-1: Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV für PM ₁₀ und NO ₂ | 24 |
| Tabelle 6-1: Abschätzung des regionalen Hintergrundes als Jahresmittelwert in µg/m ³ , Bezugsjahr 2010 und 2015 | 26 |
| Tabelle 6-2: Übersicht der Legendendarstellung in den Karten für PM ₁₀ und NO ₂ | 27 |
| Tabelle 6-3: Quellgruppenanteile an den Immissionen in der Meppener Straße, 2010..... | 30 |



1 Einleitung

Die Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa vom 21. Mai 2008 [9] wurde am 11. Juni 2008 im Amtsblatt der Europäischen Union (EU) veröffentlicht. Mit dieser Richtlinie wurden die bisherige Rahmenrichtlinie zur Luftqualität 96/62/EG [7] und die dazugehörigen Tochterrichtlinien 1999/30/EG [8], 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 in Niedersachsen zuständig für die Ermittlung der Luftschadstoffbelastungen. Bei Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte wird nach der 39. BImSchV die Aufstellung von langfristigen, verursacherbezogenen Maßnahmen zur nachhaltigen Verbesserung der Luftqualität im Rahmen eines Luftreinhalteplanes gefordert. Für diese Maßnahmenplanungen ist in Niedersachsen die jeweilige Kommune zuständig.

Für das Stadtgebiet Lingen wurde von der ZUS LLG die Immissionsbelastung untersucht. Die in diesem Rahmen ermittelten Belastungen zu Feinstaub (PM₁₀) und Stickstoffdioxid (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. 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 Verkehrs, industrieller und gewerblicher Quellen und des Hausbrands. In einem zweistufigen Prozess wird zunächst mit dem Modell IMMIS^{net} [37] 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.

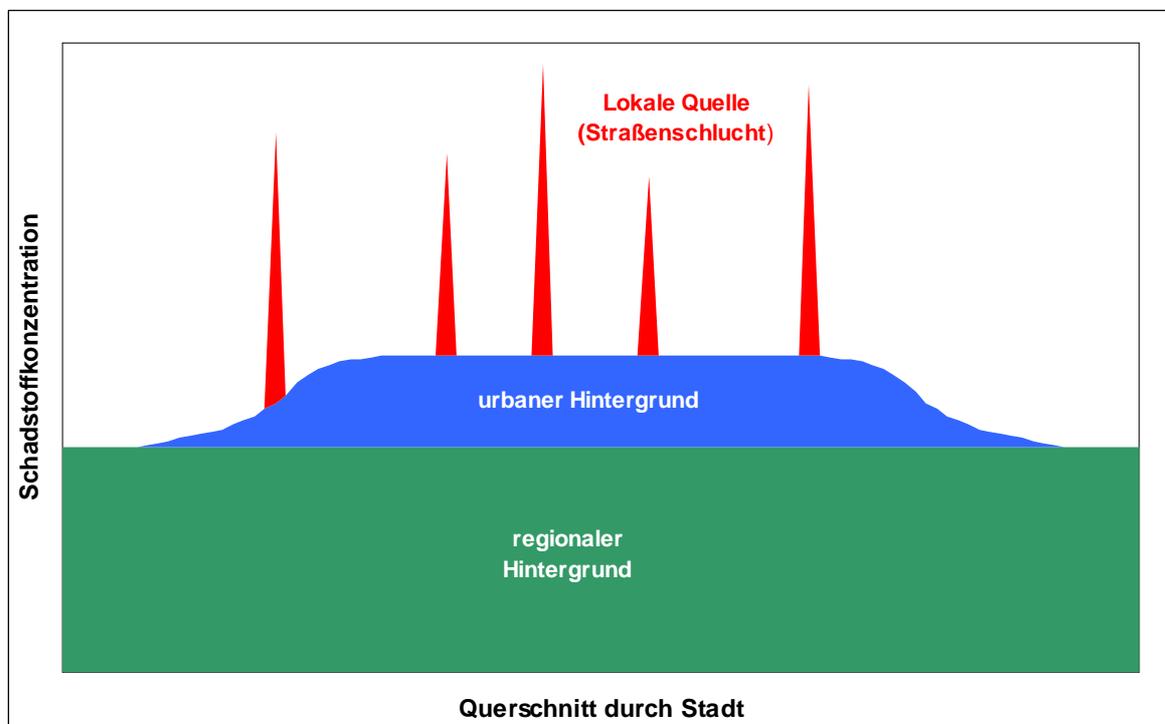


Abbildung 2-1: Schema der Zusammensetzung der Gesamtbelastung

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 (UBA) [16] basiert, eingesetzt. Mit diesem Modell wurden die Straßenverkehrsemissionen unter zusätzlicher Berücksichtigung von nicht motorbedingten PM₁₀-Emissionen gemäß DÜRING ET AL. [5] und FRIEDRICH [13] berechnet.

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



3 Aufbau der Emissionsdatenbasis

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

- Straßenverkehr getrennt nach Haupt- und Nebenstraßennetz auf der Basis von Aktivitätsdaten und dem Emissionsmodell IMMIS^{em} (siehe Kapitel 2)
- Sonstiger Verkehr wie Binnenschifffahrt abgeschätzt über die jährlich transportierte Ladung
- Hausbrand auf der Basis gebäudescharfer Feuerstätteninformationen des Landesinnungsverbandes der Schornsteinfeger (LIV) in Verbindung mit Emissionsfaktoren des UBA
- Genehmigungsbedürftige Industrieanlagen als Auszug der entsprechenden Datenbank des Landes Niedersachsen – Betriebliche Umweltdatenberichterstattung (BUBE)

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 durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV²) mit dem jeweiligen Anteil der schweren³ und der leichten⁴ LKW am DTV-Wert. Der Anteil der Krafträder wurde netzweit auf 0,5 % gesetzt. Für das Bezugsjahr 2015 wurden die Verkehrsbelastungen des Jahres 2010 verwendet.

Es wurde die Zusammensetzung aller Fahrzeugkategorien nach HBEFA 3.1 verwendet.

Zur Ermittlung der Emissionen wurden die einzelnen Straßenabschnitte folgendermaßen klassifiziert:

- Verkehrssituation zur Beschreibung der Verkehrsdynamik gemäß Tabelle 3-2
- Steigung der Straße (lt. IMMIS^{em/luft}-Handbuch, Werte bis maximal 6 %)
- Einbahnstraßen
- Kaltstartverhalten⁵ getrennt nach der Funktion der Straße (TYP_LAGE)
 - commercial
 - residential
 - radial
 - none

2 [KFZ/d]

3 Schwere LKW > 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht

4 Leichte LKW ≤ 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht

5 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)

o berechnet über

- DTV
- Anzahl der Fahrspuren
- Kapazitätsauslastungsgrade (TYP_KAP) gemäß Tabelle 3-1
- Kapazitäten nach Verkehrssituation gemäß Tabelle 3-3
- Ganglinien (TYP_GANG) nach Abbildung 3-2

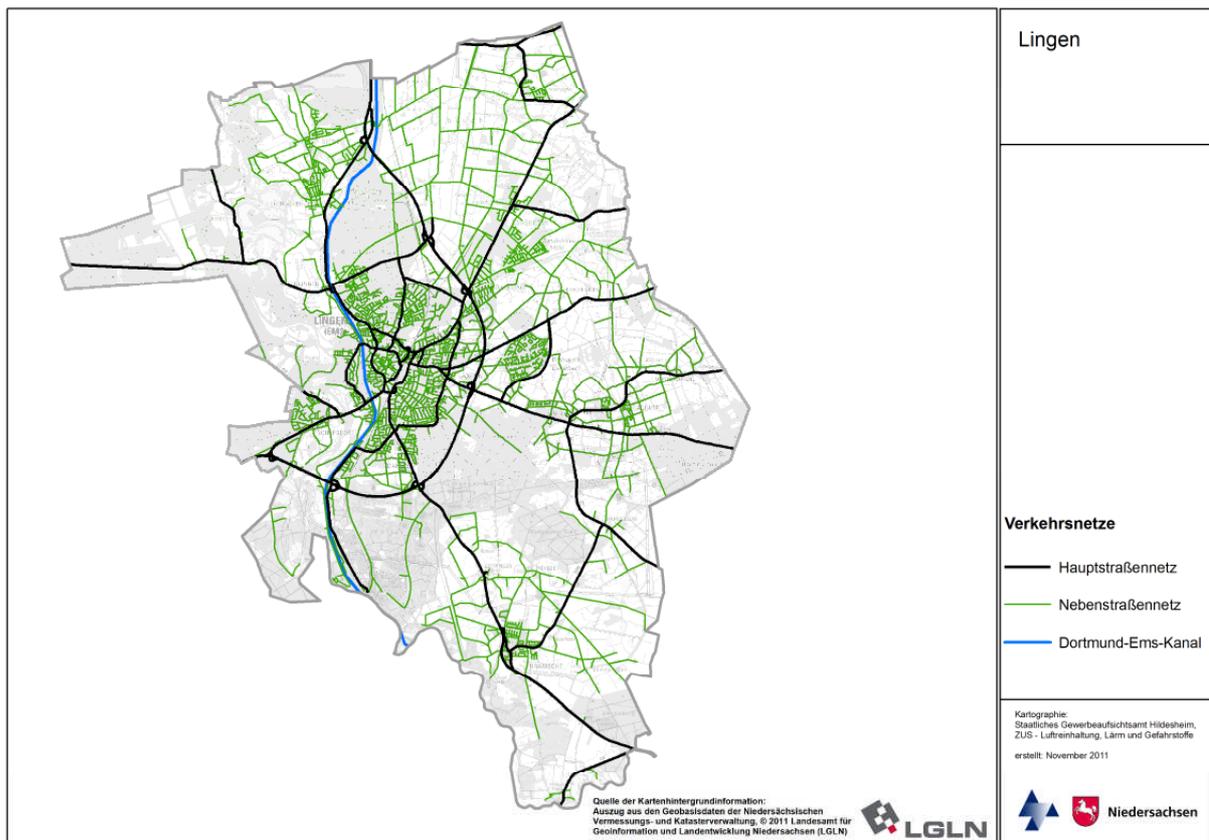


Abbildung 3-1: Haupt- und Nebenstraßennetz und Verlauf des Dortmund-Ems-Kanals in Lingen

Tabelle 3-1: 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 3-2: 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 3-3: 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 |

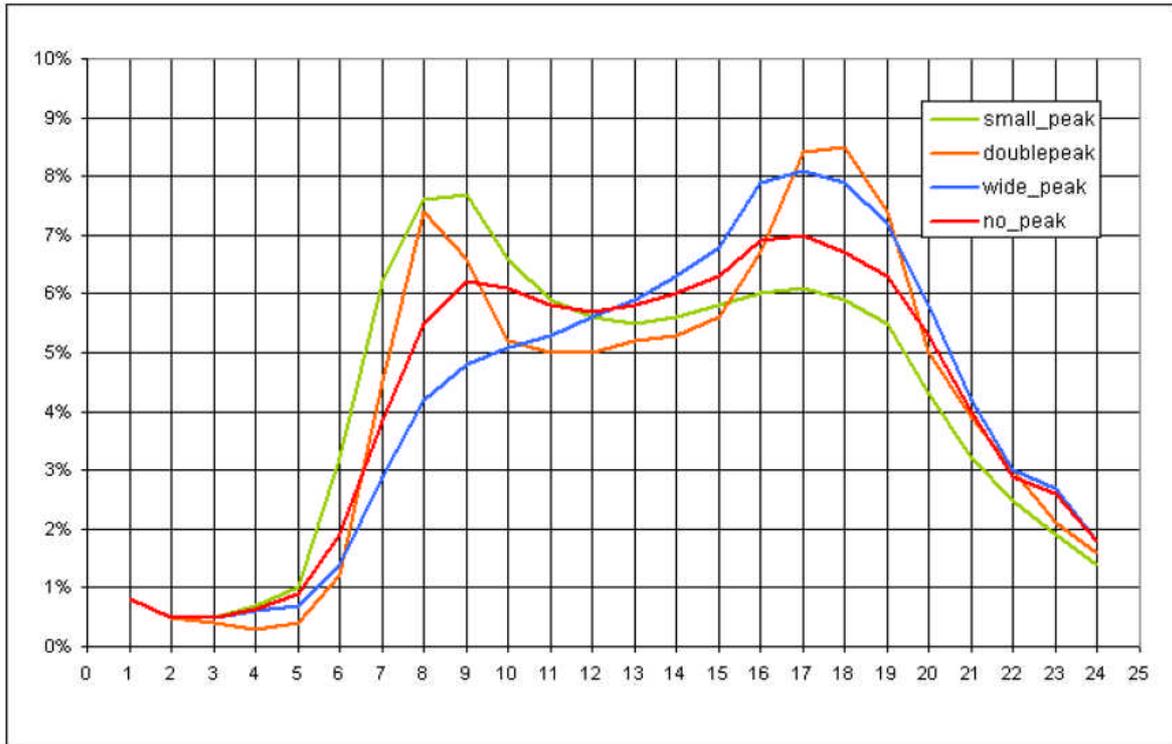


Abbildung 3-2: Tagesganglinien des Verkehrs zur Bestimmung der LOS-Anteile [2]

Die resultierende Gesamtfahrleistung für das Hauptstraßennetz beträgt im Bezugsjahr 2010 rund 799.000 km/Tag. Aus der Fahrleistung und den spezifischen Emissionen ergeben sich für das Stadtgebiet Lingen im Bezugsjahr 2010 absolute Emissionen des Hauptstraßennetzes für NO_x von ca. 140 t/a und für PM_{10} von ca. 17 t/a. Im Bezugsjahr 2015 ergeben sich im Hauptstraßennetz Emissionen von ca. 108 t/a NO_x und 14 t/a PM_{10} .



3.1.2 Nebenstraßennetz

Die Berechnung der Emissionen im Nebenstraßennetz basiert wie beim Hauptstraßennetz auf Informationen zur Verkehrsbelastung als durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke. Die Nebenstraßen im Stadtgebiet von Lingen wurden mit DTV-Werten von 20 bis 8101 Kfz/Tag ($\bar{\varnothing}$ 398 Kfz/Tag) berücksichtigt. Damit ergibt sich eine Fahrleistung im Nebenstraßennetz von ca. 178.000 km/Tag, was rund 18 % der Fahrleistung des gesamten Straßennetzes entspricht.

Den Straßen des Nebennetzes wurde als Verkehrssituation „Erschließungsstraße mit Geschwindigkeitsbeschränkung 30 km/h im Ballungsraum“ mit der Lage „residential“ zugewiesen. Als Ganglinie wurde für die Straßen des Nebennetzes „small_peak“ festgelegt und die Auslastungsgrade für innerörtliche Straßen (IO) ausgewählt. Die LOS-Anteile wurden gemäß Kapitel 3.1.1 berechnet. Die unbekannte Zusammensetzung der Kfz-Flotte wurde mit den folgenden Werten⁶ angesetzt:

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

Diese Parametrisierung liefert im Bezugsjahr 2010 im Nebenstraßennetz Emissionen in Höhe von 46 t/a für NO_x und ca. 5 t/a für PM₁₀. Im Bezugsjahr 2015 vermindern sich die Emissionen im Nebenstraßennetz bei NO_x auf ca. 36 t/a und bei PM₁₀ auf ca. 4 t/a.

3.2 Emissionen sonstiger Verkehre

3.2.1 Binnenschifffahrt

Der Dortmund-Ems-Kanal (DEK) ist eine viel befahrene Wasserstraße zwischen Dortmund und Papenburg. An der südlich von Lingen und nördlich des Abzweigs zum Mittellandkanal gelegenen Schleuse Bevergern wurden 2010 ca. 6.200 Schiffe mit 3,8 Mio. Gütertonnen Ladung geschleust [41]. Diese Schiffe befahren den durch das westliche Stadtgebiet von Lingen verlaufenden DEK (Abbildung 3-1). Als Emissionsfaktoren wurden für NO_x 0,58 und für PM₁₀ 0,018 Gramm pro transportierter Tonne Ladung und Schiffskilometer nach IFEU [15] verwendet.

Auf den 16 km Schifffahrtsstraße im Stadtgebiet Lingen ergeben sich aus den Emissionsfaktoren und der transportierten Ladung NO_x-Emissionen in Höhe von ca. 38 t/a und PM₁₀-Emissionen in Höhe von ca. 1 t/a.

⁶ Gutachten IVU Umwelt GmbH, Freiburg



3.3 Emissionen des Hausbrands

3.3.1 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. [12], [23], [24], [25], [40]. Die hier gewählte Methodik beruht auf den Arbeiten von STRUSCHKA ET. AL. [39]. Dabei wurde das Emissionsaufkommen ausgehend von gebäudebezogenen Eckdaten des LIV in Verbindung mit statistisch ermittelten Emissionsfaktoren des UBA [39] berechnet.

Für Lingen lagen gebäudescharfe Informationen aufgeschlüsselt nach Feuerstättenart, Brennstoff und Nennwärmeleistung der Feuerstätte vor. Die Vorgehensweise bei der Bestimmung des Emissionsaufkommens durch Hausbrand ist in Abbildung 3-3 zusammengefasst.

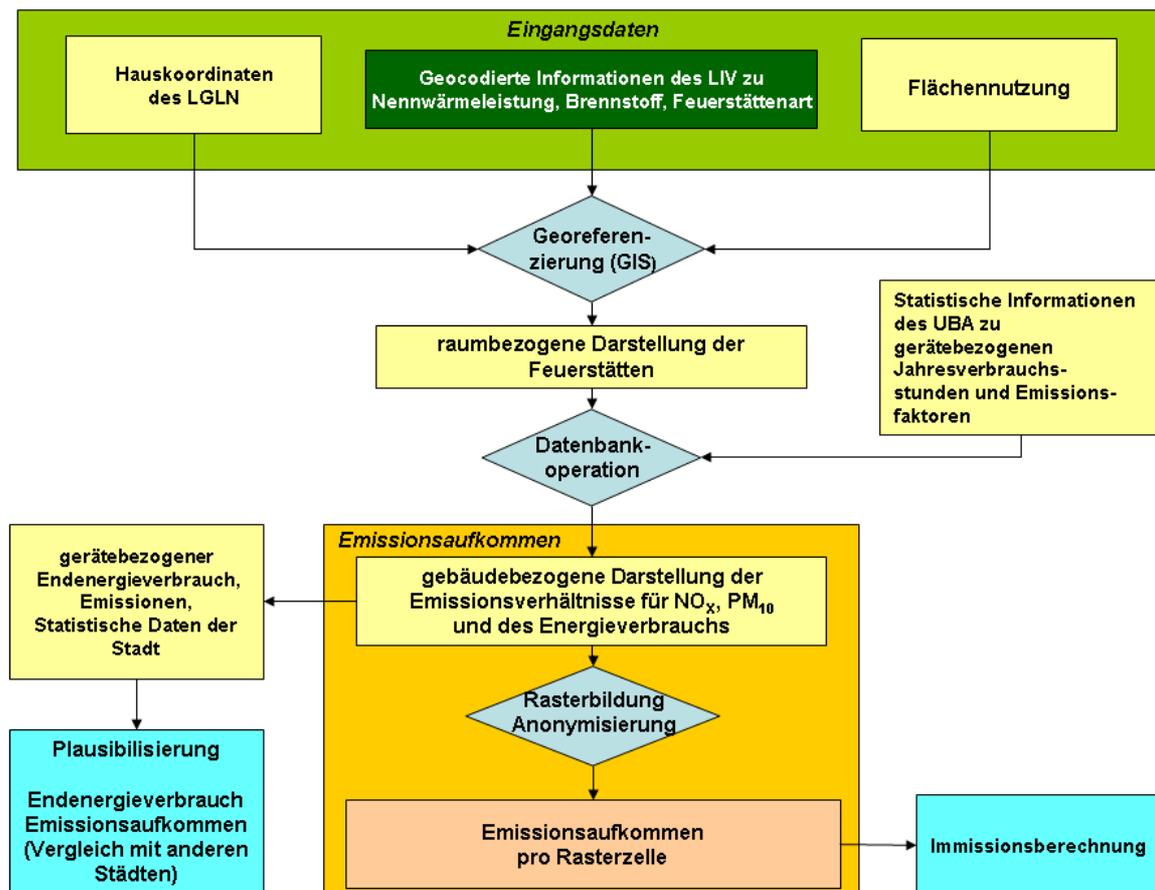


Abbildung 3-3: Konzept zur Ermittlung des Emissionsaufkommens durch Hausbrand



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

- Informationen zu den Feuerstätten pro Gebäude für das Bezugsjahr 2010, differenziert nach Feuerstättenart, Nennwärmeleistung und verwendetem Brennstoff (Öl, Gas, Holz, Pellets und Kohle, s. Abbildung 3-4)
- Gebäudedaten, u. a. Gebäudemodell und Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK), klassifiziert nach Haushalt, Gewerbe- und Mischgebiet
- Hauskoordinatendatei des Landesamtes für Geoinformation und Landesentwicklung Niedersachsen (LGLN)
- Flächennutzungsplan

Für jedes Gebäude waren somit folgende Informationen vorhanden bzw. konnten berechnet werden: Lage, Nutzung, mittlere Gebäudehöhe, Grundfläche und Volumen.



Abbildung 3-4: Datengrundlage zur Hausbrandberechnung (Beispiel), aufgeschlüsselt nach den Brennstoffen Öl, Gas, Holz, Pellets und Kohle



3.3.2 Berechnung der Emissionen

Die Basis der Emissionsberechnung sind die Daten des LIV. 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 GIS⁷ dargestellt.

Für Teilbereiche der Stadt lagen keine LIV-Daten vor. Aus dem mittleren zu beheizenden Gebäudevolumen und den vorhandenen Emissionen wurde pro Schadstoffkomponente ein Emissionsfaktor/m² ermittelt und auf die Fehlstellen übertragen.

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

Zur Bestimmung des Emissionsaufkommens wurden die gerätebezogenen Endenergieverbräuche (Tabelle 3-4) mit den gerätebezogenen Emissionsfaktoren für NO_x und PM₁₀ [39] multipliziert. Tabelle 3-5 zeigt eine Übersicht des gerätebezogenen Emissionsaufkommens in [kg], aufgliedert nach Haushalten (HH) und Kleinverbrauchern (KV; alle Angaben gerundet).

Tabelle 3-4: Gerätebezogener Endenergieverbrauch (gEEV) für Haushalte (HH) und Kleinverbraucher (KV) in Lingen [GJ], Darstellung von gerundeten Angaben⁸

| gEEV | | Gas | Festbrennstoff | Oel | Pellets | Summe |
|------|-------------------------|-------|----------------|-----|---------|-------|
| | Haushalte | 1.090 | 130 | 280 | 2 | 1.490 |
| | Kleinverbraucher | 730 | 16 | 285 | <1 | 1.030 |

Tabelle 3-5: Gerätebezogenes Emissionsaufkommen für NO_x und PM₁₀, aufsummiert nach Brennstoffen für Haushalte (HH) und Kleinverbraucher (KV) [kg], Darstellung von gerundeten Angaben⁸

| PM ₁₀ | | Gas | Festbrennstoff | Oel | Pellets | Summe |
|------------------|-------------------------|--------|----------------|--------|---------|--------|
| | Haushalte | 33 | 14.217 | 238 | 56 | 14.543 |
| | Kleinverbraucher | 22 | 1.688 | 369 | 2 | 2.081 |
| NO _x | | Gas | Festbrennstoff | Oel | Pellets | Summe |
| | Haushalte | 25.509 | 8.550 | 11.574 | 178 | 45.811 |
| | Kleinverbraucher | 19.887 | 1.061 | 12.448 | 6 | 33.402 |

Eine sektorale Betrachtung der Anteile der einzelnen Brennstoffe an den Emissionskomponenten PM₁₀ und NO_x stellt Abbildung 3-5 dar. Die unterschiedliche Herkunft der Komponenten ist auffällig. Während die NO_x-Emissionen des Hausbrands nur zu etwas mehr als der Hälfte (57 %) aus dem Verbrennen von Gasen und zu knapp einem Drittel (30 %) aus dem Verbrennen von Öl herrühren, ist es bei PM₁₀ deutlich

⁷ Geo-Informationssystem

⁸ Die Berechnungen erfolgten nicht mit gerundeten Zahlen, weshalb sich bei Addition von in der Tabelle aufgerundet aufgeführten Angaben geringe Abweichungen ergeben können.



anders: 95 % der PM₁₀-Emission (ca. 16 t) sind dem Verbrennen von Feststoffen zuzuschreiben.

Festbrennstoffe besitzen mit 12 % einen vergleichsweise hohen Anteil an der NO_x-Emission (vergl. Abbildung 3-5).

Da in Lingen die Feuerstättendaten vom LIV zu Festbrennstoffen nicht immer getrennt nach Holz und Kohle dokumentiert werden konnten, wurde in Abbildung 3-5 sowie in Tabelle 3-4 und Tabelle 3-5 auf eine differenzierte Darstellung verzichtet. Alle Angaben zu Kohle, Holz und Festbrennstoffen wurden unter dem Begriff ‚Festbrennstoffe‘ zusammengefasst.

Für die Berechnung der Emission wurden jedoch die differenziert vorliegenden Angaben und die entsprechenden Emissionsfaktoren verwendet. Wenn von den Schornsteinfegern nur ‚Festbrennstoffe‘ erfasst wurden, wurde die Annahme getroffen, dass der Brennstoff ‚Holz‘ verwendet wurde, und es wurde die Emission entsprechend berechnet.

Es ist zu beachten, dass beim Screening ausschließlich Jahresmittelwerte verwendet werden. Das bedeutet, dass im Hausbrandbereich eine temporäre Unterschätzung der wirklichen Situation in Zeiten hoher Heizaktivität akzeptiert werden muss.

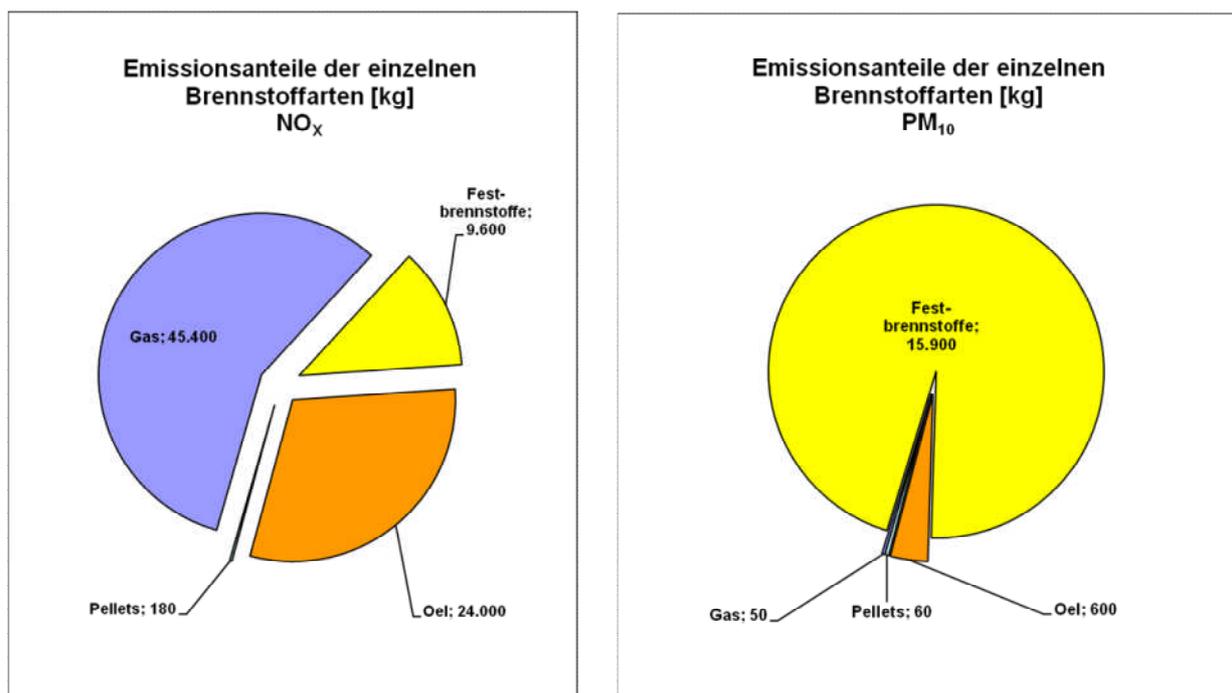


Abbildung 3-5: Anteil der verschiedenen Brennstoffe an der PM₁₀- und NO_x-Emission

3.3.3 Plausibilisierung der Ergebnisse

Um die in Kapitel 3.3.2 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], [20], [21], [22]. 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 Deutschland⁹

| 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] |
| 2010 | Lehrte | 43.259 | 5,7 | 57,2 | 0,1320 | 1,3226 | GAA-Hi (2012) [36] |
| 2003 | Wittenberg | 46.384 | 4,3 | - | 0,0927 | - | IVU (2005) [17] |
| 2010 | Lingen | 55.779 | 16,6 | 79,2 | 0,2980 | 1,4201 | GAA-Hi (2012)* |
| 2007 | Hameln | 58.696 | 10,1 | 108,3 | 0,1718 | 1,8449 | GAA-Hi (2011) [27]* |
| 2010 | Celle | 70.242 | 12,3 | 94,6 | 0,1751 | 1,3468 | GAA-Hi (2012) [35]* |
| 2010 | Delmenhorst | 74.361 | 9,3 | 97,5 | 0,1244 | 1,3115 | GAA-Hi (2012) [33]* |
| 2000 | Marburg | 77.390 | 6,6 | 139,5 | 0,0856 | 1,8027 | Feier (2003) [12] |
| 2000 | Hanau | 88.294 | 18,8 | 172,5 | 0,2128 | 1,9534 | Feier (2003) [12] |
| 2002 | Esslingen a.N. | 92.091 | 6,0 | 76,0 | 0,0652 | 0,8253 | Ekat_BW [10] |
| 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 [11] |
| 1999 | Berg.-Gladb. | 110.016 | 5,1 | 164,8 | 0,0464 | 1,4980 | Ekat_NRW [11] |
| 2000 | Offenbach | 117.535 | 14,2 | 150,1 | 0,1209 | 1,2770 | Feier (2003) [12] |
| 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 [10] |
| 2000 | Darmstadt | 138.242 | 16,8 | 273,4 | 0,1212 | 1,9777 | Feier (2003) [12] |
| 2010 | Oldenburg | 162.173 | 13,2 | 164,9 | 0,0816 | 1,0166 | GAA-Hi (2012) [34]* |
| 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) [12] |
| 2002 | Freiburg | 215.966 | 16,0 | 278,0 | 0,0741 | 1,2872 | Ekat_BW [10] |
| 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) [12] |
| 2002 | Karlsruhe | 285.812 | 20,0 | 392,0 | 0,0700 | 1,3715 | Ekat_BW [10] |
| 2010 | Hannover | 520.966 | 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 [10] |
| 2000 | Frankfurt | 646.550 | 76,6 | 1.183,0 | 0,1185 | 1,8297 | Feier (2003) [12] |
| 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) [23] Struschka et al. (2003) [38] |

* 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 Lingen, verschiedene deutsche Städte und die Bundesrepublik Deutschland, sortiert nach der Anzahl der Einwohner. Bei der

⁹ Die Berechnungen erfolgten nicht mit gerundeten Zahlen, weshalb sich bei Addition von in der Tabelle aufgerundet aufgeführten Angaben geringe Abweichungen ergeben können.



einwohnerbezogenen Darstellung der beiden Schadstoffkomponenten NO_x und PM_{10} zeigen sich immense Unterschiede. Die Pro-Kopf-Emission der Stickoxide liegt im Mittelfeld der Skala. Das Feinstaubaufkommen weist jedoch unter den in der Tabelle aufgeführten Städten einen bundesweiten Spitzenwert auf. Dieses erklärt sich aus einer sehr hohen Dichte an Holzheizungen. Allein 27 % der vom LIV gemeldeten Feuerstätten werden mit Festbrennstoffen betrieben. Dabei handelt es sich im Allgemeinen um Zusatzfeuerstätten. Bei der Emissionsberechnung wird durch Berücksichtigung entsprechender Jahresverbrauchsstunden dem Status einer Zusatzheizung Rechnung getragen (siehe Abschnitt 3.3.1). Ein derart hohes Aufkommen an Festbrennstofffeuerungen wird auch in der Feuerstättenzählung Niedersachsen von 2008 [42] für den gesamten Landkreis Emsland beschrieben, so dass diese Werte als plausibel angesehen werden können.

Darüber hinaus wurden einwohnerbezogene Energieverbrauchsdaten zur Plausibilisierung herangezogen und in Tabelle 3-7 dargestellt. Der Anteil der verschiedenen Brennstoffe am Endenergieverbrauch für Lingen weicht nur für den Gasverbrauch deutlich von den niedersächsischen Durchschnittswerten ab und liegt ungefähr ein Drittel über dem Mittel. Heizöl- und Festbrennstoffverbrauch entsprechen dem Landesdurchschnitt. Die Unterschiede erklären sich z. T. aus den unterschiedlichen Datenquellen: die Niedersachsen-Statistik des Pestel-Instituts beruht auf niedersachsenweiten Verbrauchsangaben aus Handel und Dienstleistung, während die hier verwendeten Ergebnisse auf Feuerstätten-Bestandszahlen und deren technischen Eckdaten beruhen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass sich Lingen in Struktur und Bevölkerungszusammensetzung deutlich vom Flächenland Niedersachsen unterscheidet.

Tabelle 3-7: Einwohnerbezogener Endenergieverbrauch des Landes Niedersachsen für die Sektoren Haushalte und Kleinverbraucher [GJ/Einwohner] im Vergleich zur Stadt Lingen

| | 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 |
| Nds. Energie/CO₂-Bilanzen 2008 | 7.961.196 | Summe | 23,1567 | 9,6496 | 2,7217 | | 35,5280 |
| Lingen 2010 | 55.779 | HH | 19,4530 | 4,9735 | 2,2465 | 0,0302 | 26,7032 |
| | | KV | 13,1483 | 5,1005 | 0,2790 | 0,0006 | 18,5283 |
| | | Summe | 32,6013 | 10,0740 | 2,5254 | 0,0308 | 45,2315 |



3.3.4 Umlegung der Emissionen auf Rasterzellen

Damit die in Kapitel 3.3.2 bestimmten Emissionen als Eingangsgrößen für IMMIS^{net} verwendet werden konnten, mussten die Hausbrandquellen als Flächenquellen dargestellt werden. 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 3.3.2 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 3-6 für NO_x und in Abbildung 3-7 für PM₁₀ dargestellt.

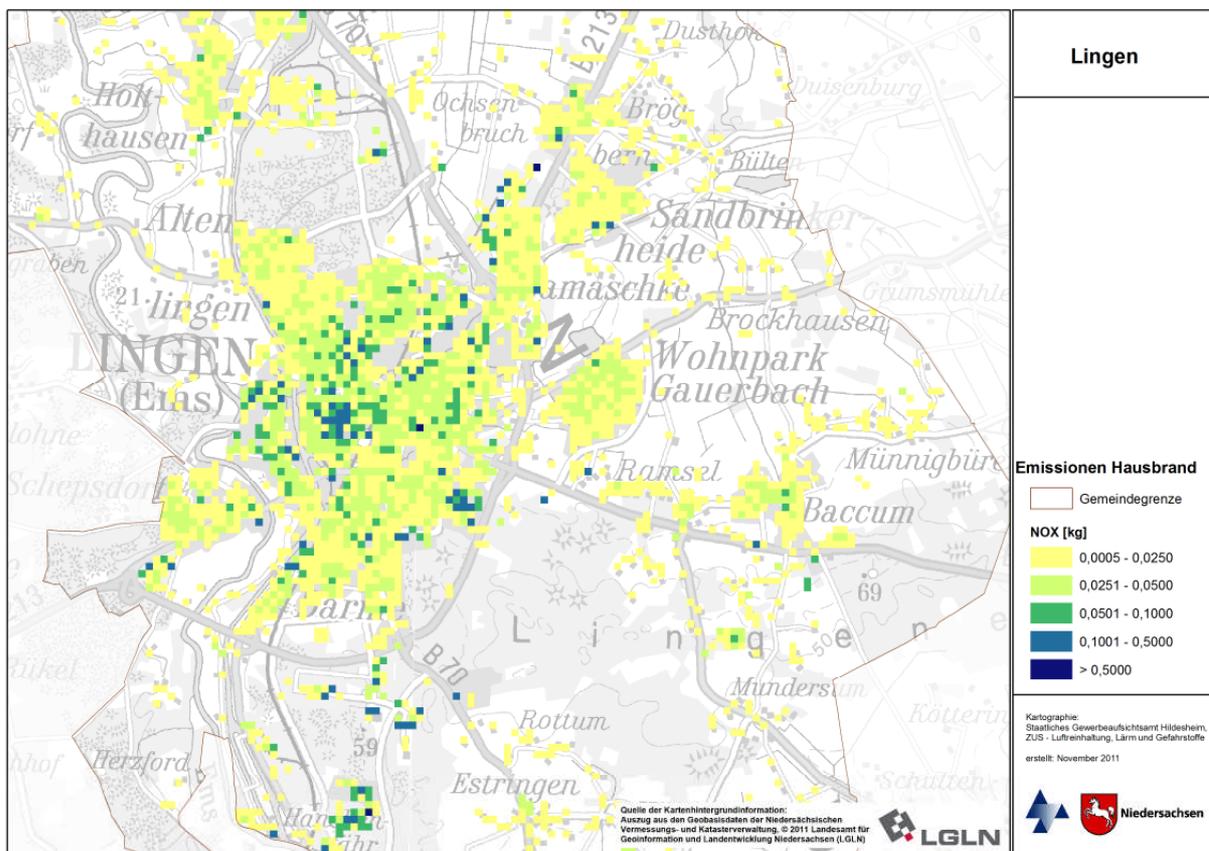


Abbildung 3-6: Verteilung der NO_x-Hausbrand-Emissionen auf Rasterzellen, Lingen

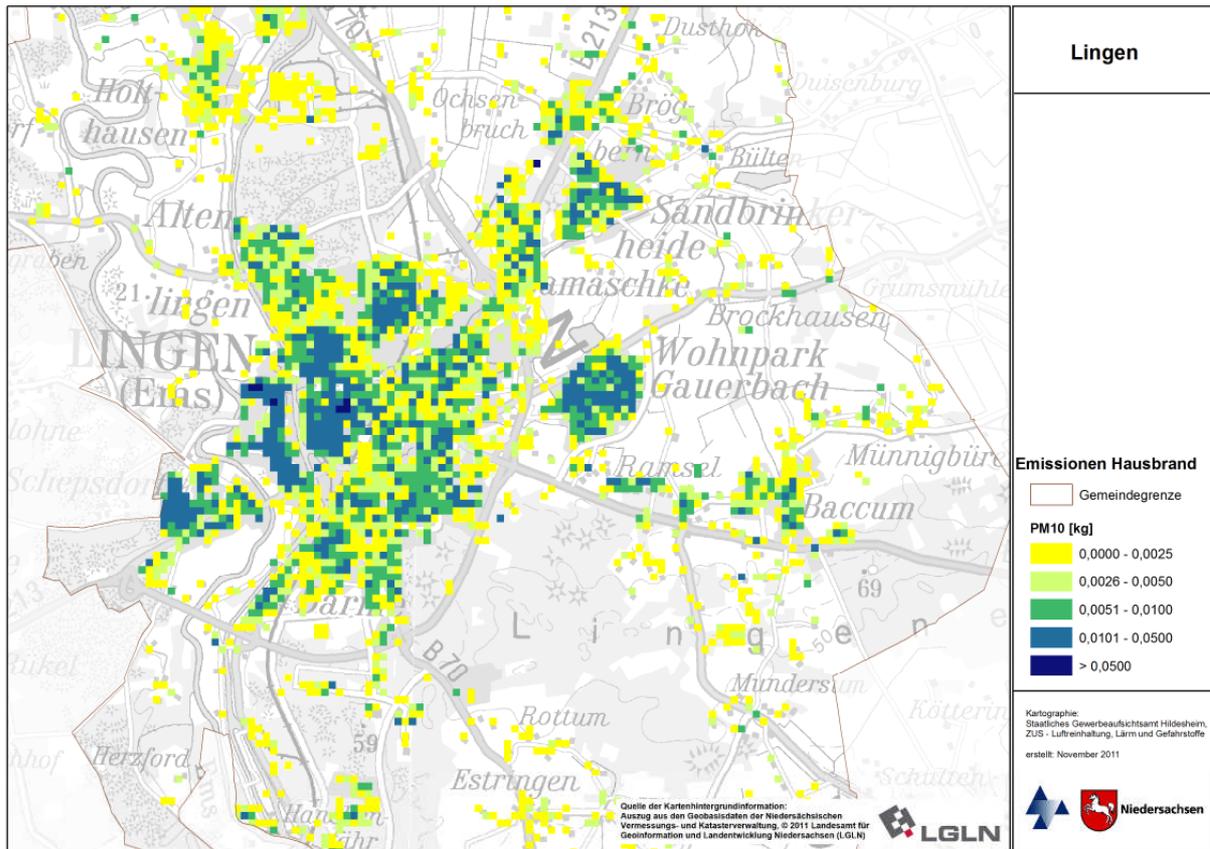


Abbildung 3-7: Verteilung der PM₁₀-Hausbrand-Emissionen auf Rasterzellen, Lingen



3.4 Emissionen genehmigungsbedürftiger Anlagen

Diverse Emissionen bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen sind von Betreibern u.a. gemäß der Verordnung über Emissionserklärungen (11. BImSchV; alle 4 Jahre) und der Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen (13. BImSchV, jährlich) an die Behörden zu berichten. Die gemäß 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 Lingen emittieren rund 2.266 t NO_x und 56 t PM₁₀ pro Jahr.

3.4.1 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 31 von 65 NO_x-Quellen und auf 188 der 248 PM₁₀-Quellen zu. Eine Darstellung der verwendeten Quellen ist in Abbildung 3-8 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.

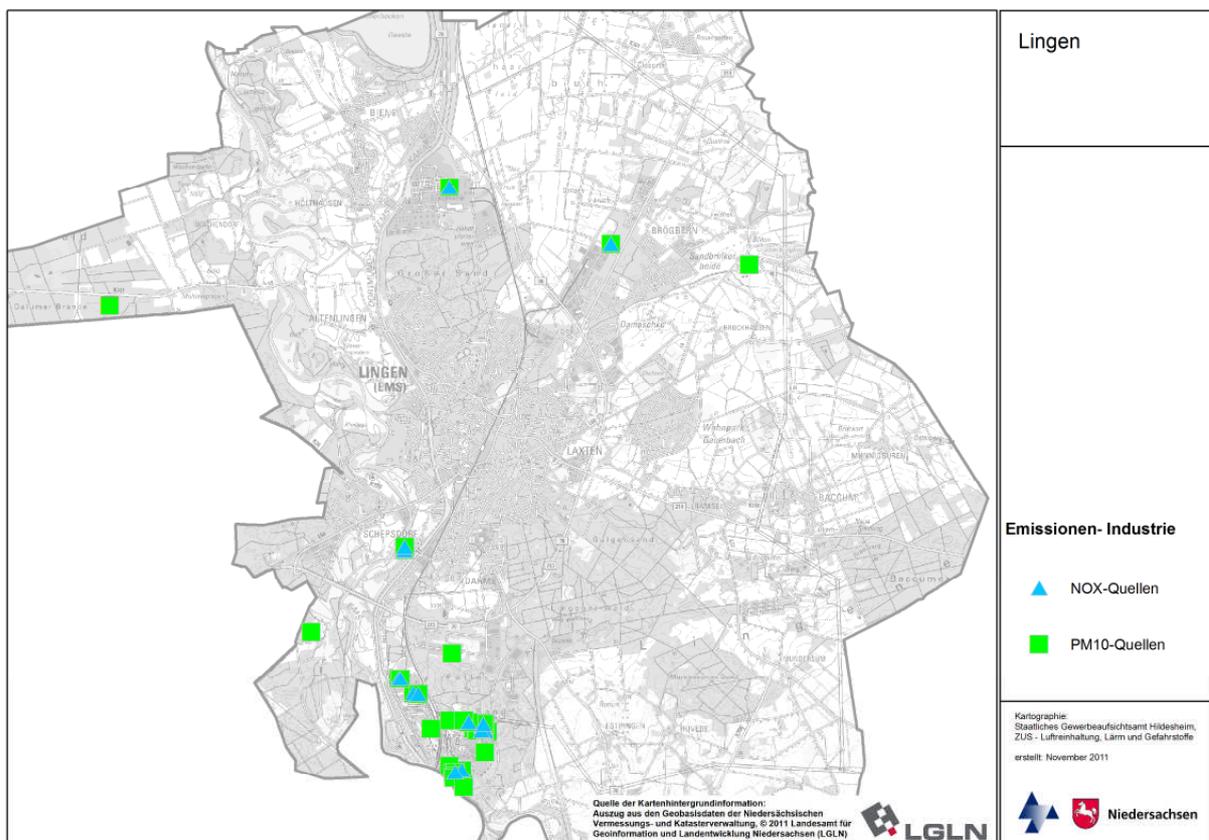


Abbildung 3-8: Industrielle PM₁₀- und NO_x-Quellen in Lingen



3.5 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 | 2010 | | 2015 | |
|--------------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | PM ₁₀ | NO _x | PM ₁₀ | NO _x |
| Industrie | Punkte | 6.741 | 845.079 | 6.741 | 845.079 |
| Industrie | Flächen | 48.987 | 1.420.986 | 48.987 | 1.420.986 |
| Hausbrand | Flächen | 16.632 | 79.153 | 16.632 | 79.153 |
| Schiff | Linien | 1.183 | 38.297 | 1.183 | 38.297 |
| Hauptstraßennetz | Linien | 16.871 | 140.323 | 13.723 | 107.879 |
| Nebenstraßennetz | Linien | 4.623 | 46.249 | 3.876 | 36.463 |
| alle Quellgruppen | | 95.037 | 2.570.087 | 91.142 | 2.527.857 |

Bei NO_x sind industriell erzeugte Emissionen (88 %) mit Abstand die größte Emissionsquelle im Stadtgebiet Lingen (Abbildung 3-9). Der Straßenverkehr (Hauptstraßen- und Nebenstraßennetz) hat im NO_x-Bereich mit 7 % mehr Einfluss als der Hausbrand mit einem Anteil von ca. 3 %. Die Quelle Schifffahrt trägt bei NO_x mit 1 % nur in geringem Umfang zu den Emissionen bei.

Mit 59 % sind industriell erzeugte Emissionen die stärkste PM₁₀-Emissionsquelle im Stadtgebiet Lingen (Abbildung 3-10). Die Straßen (Hauptstraßen- und Nebenstraßennetz) mit einem Anteil von 23 % und der Hausbrand mit einem Anteil von 18 % tragen ebenfalls erheblich zu den PM₁₀-Emissionen im Stadtgebiet bei. Die PM₁₀-Emissionen aus der Schifffahrt spielen mit 1 % Anteil nur eine untergeordnete Rolle.

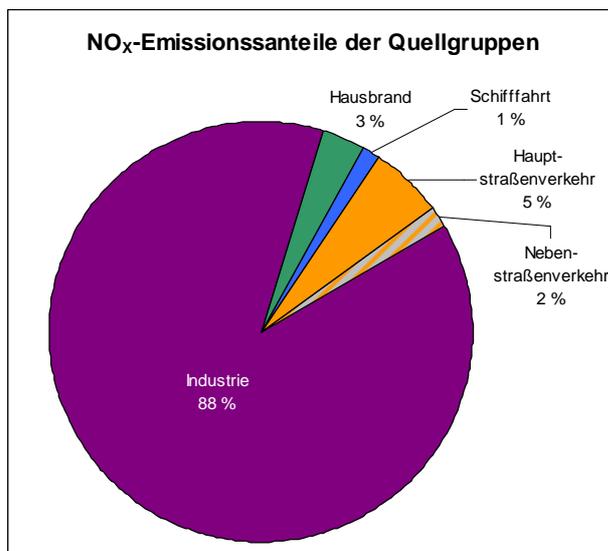


Abbildung 3-9: Emissionsanteile NO_x, 2010

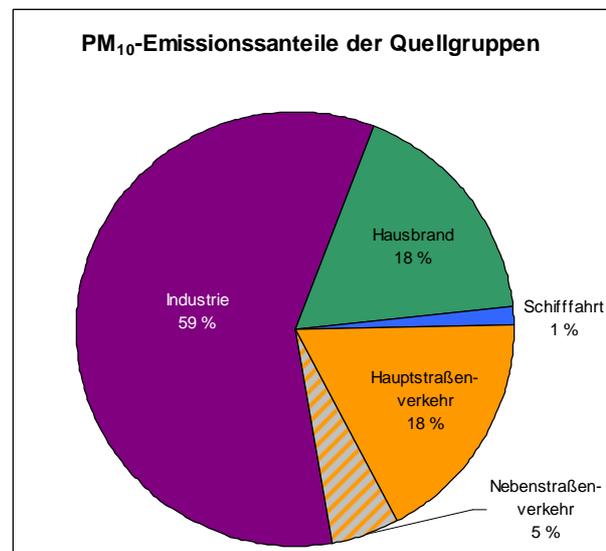


Abbildung 3-10: Emissionsanteile PM₁₀, 2010



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 Lingen war eine AKS des DWD der Station Lingen für die Jahre 1990 bis 1999. Die mittlere Windgeschwindigkeit in diesem Datensatz beträgt 2,99 m/s. Die Verteilung der Windrichtungen getrennt nach Windgeschwindigkeiten ist in Abbildung 4-1 dargestellt.

Die Station Lingen des DWD befindet sich im bebauten Stadtgebiet von Lingen und liegt somit ebenso wie das zu berechnende Gebiet auf einem Gelände der Rauigkeitsklasse 4. Da Mess- und Rechengebiet in die gleiche Rauigkeitsklasse eingestuft werden, wird die Windgeschwindigkeit allein durch den Unterschied zwischen der Transporthöhe im Überdachniveau und der Anemometerhöhe der DWD-Station 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 2,72 m/s vermindert.

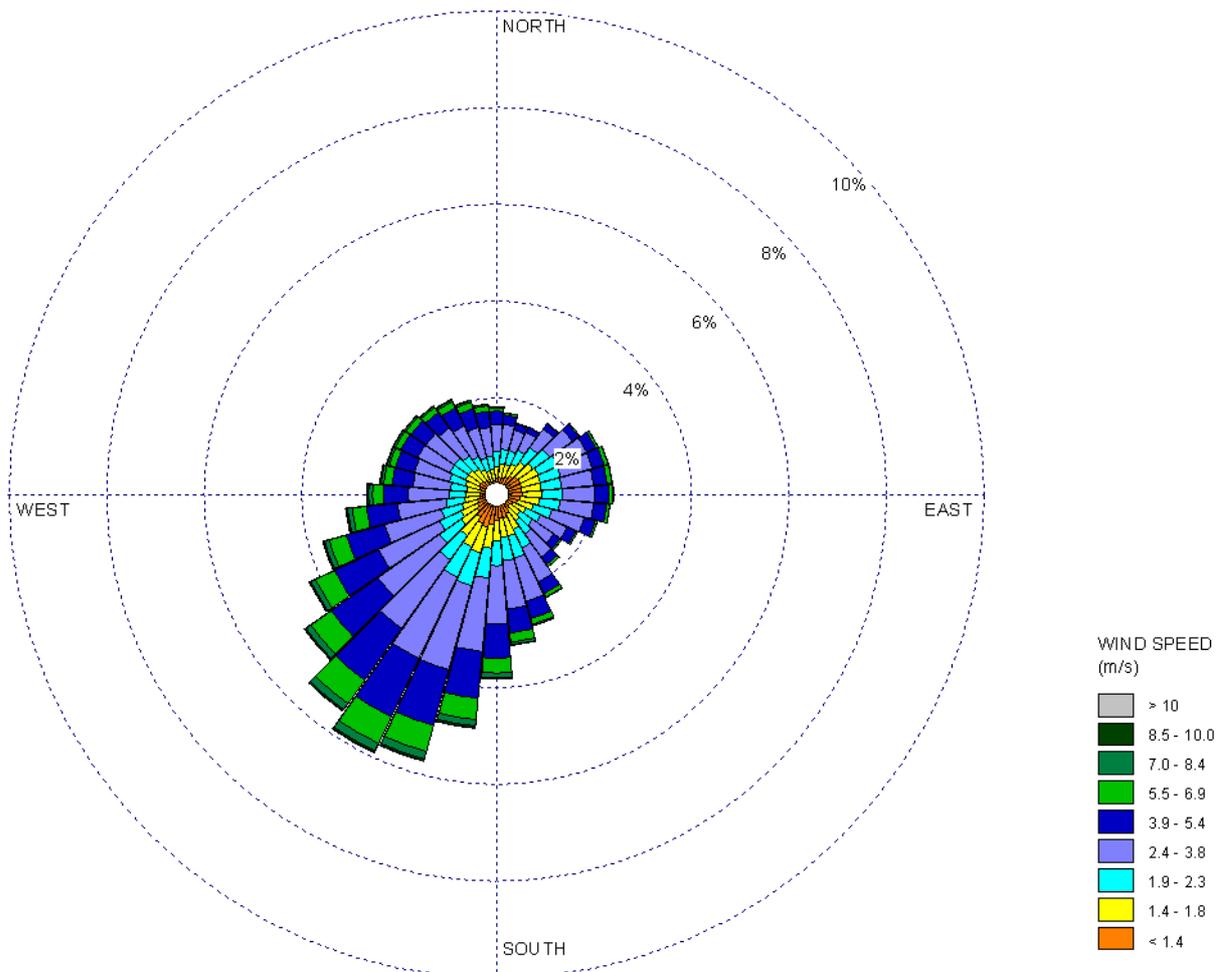


Abbildung 4-1: Windrichtungsverteilung getrennt nach Ausbreitungsklassen für die Statistik Lingen, 1990 - 1999



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 Lingen 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 Lingen 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 Lingen



5.2 Grenzwerte und abgeleitete Kennwerte für NO₂ und PM₁₀

Seit 2005 gilt für den PM₁₀-Jahresmittelwert ein Grenzwert von 40 µg/m³ und zusätzlich für den PM₁₀-Tagesmittelwert, dass der Wert von 50 µg/m³ maximal an 35 Tagen im Kalenderjahr überschritten werden darf (Tagesgrenzwertkriterium).

Der Grenzwert für das NO₂-Jahresmittel beträgt 40 µg/m³ und der NO₂-Einstundenmittelwert von 200 µg/m³ darf nicht öfter als 18-mal pro Kalenderjahr überschritten werden. Die NO₂-Grenzwerte sind seit 2010 einzuhalten.

Tabelle 5-1: Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV für PM₁₀ und NO₂

| Schadstoff | Wert [µg/m ³] | zulässige Überschreitungen | Mittelungszeitraum | Bezugszeitraum | seit |
|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|----------------|------|
| Partikel (PM ₁₀) | 50 | 35 pro Jahr | 24 Stunden | Kalenderjahr | 2005 |
| | 40 | - | 1 Jahr | | |
| Stickstoffdioxid (NO ₂) | 200 | 18 pro Jahr | 1 Stunde | Kalenderjahr | 2010 |
| | 40 | - | 1 Jahr | | |

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 Modellierung¹⁰ [6] bestimmt werden. Im gewählten Verfahren wird die Umwandlungsformel „Romberg-Lohmeyer in IMMIS^{luft}“ für verkehrsbezogene Messungen nach ROMBERG E. ET AL.¹¹ [26] verwendet (Abbildung 5-2).

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 Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) bestätigt. Bei einem Jahresmittelwert von 30 µg/m³ wird der Grenzwert von 35 Überschreitungen im Jahr erreicht. Eine Minderung des Jahresmittelwertes 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.

¹⁰ Bei der photochemischen NO₂-Modellierung ist die Ozon-Vorbelastung im Untersuchungsgebiet eine sensitive Eingangsgröße. In Untersuchungsgebieten mit unbekannter Ozon-Vorbelastung – in Untersuchungsgebieten ohne Messstationen im städtischen Hintergrund - wird zur Ermittlung der NO₂-Belastung auf einen Romberg-Lohmeyer-Ansatz zurückgegriffen. Die Romberg-Lohmeyer-Ansätze sind bis zu erwarteten NO₂-Konzentrationsniveaus von 40 µg/m³ anwendbar, da durch die Romberg-Lohmeyer-Ansätze erst bei hohen NO_x-Werten das Verhältnis von NO₂ zu NO_x unterschätzt wird und beide Verfahren im niedrigen Bereich zu vergleichbaren Ergebnissen führen [19].

¹¹ Die angegebenen Parameter für die Umrechnung nach „Romberg-Lohmeyer in IMMIS^{luft}“ 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].

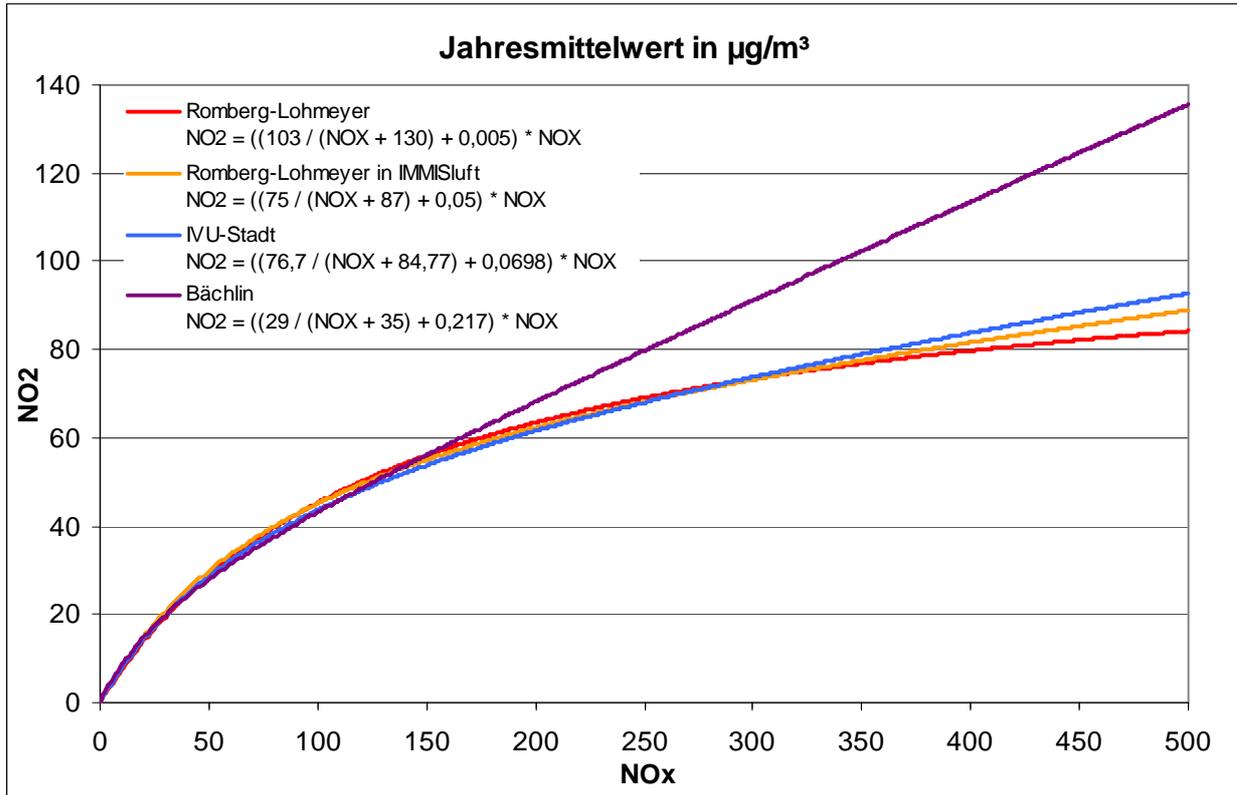


Abbildung 5-2: Darstellung der Umrechnungsdaten für den Jahresmittelwert von NO_2 aus NO_x nach den Ansätzen nach Romberg et al., dem Ansatz der IVU und dem Ansatz nach Bächlin [2]

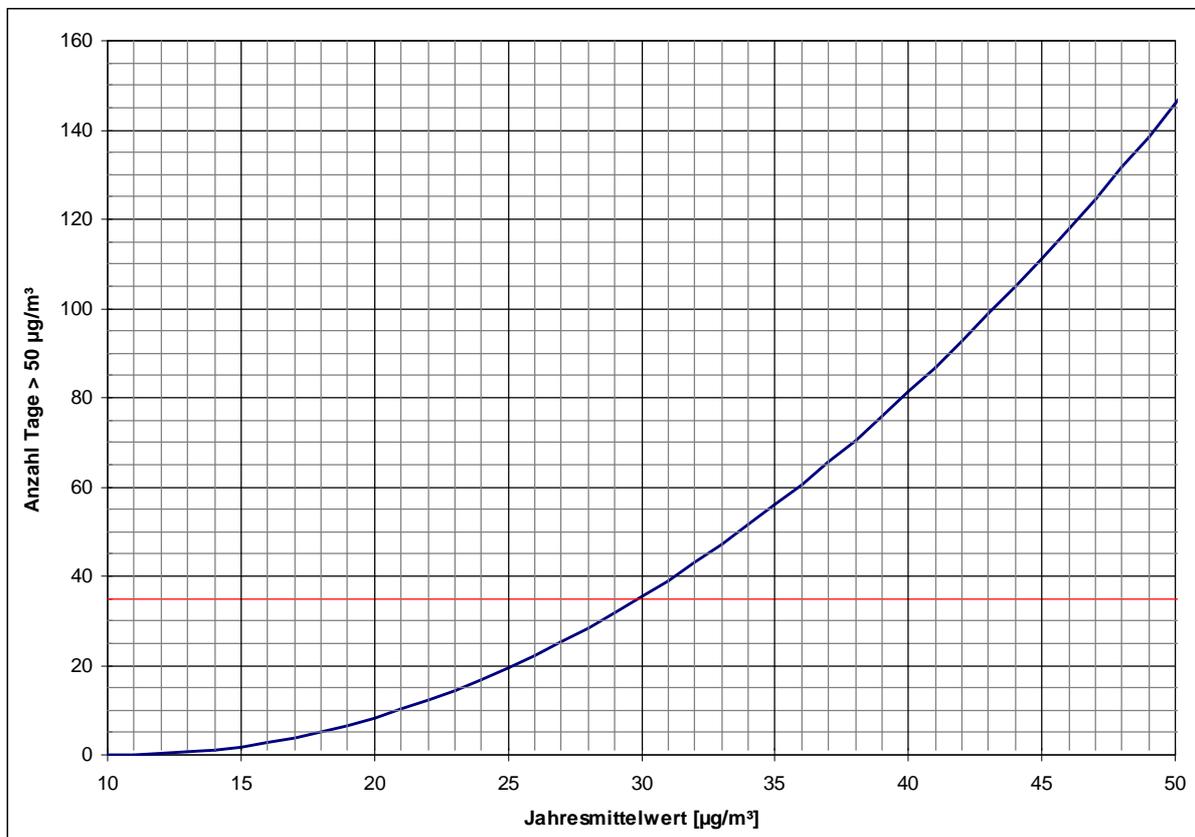


Abbildung 5-3: Statistischer Zusammenhang zwischen dem Jahresmittelwert von PM_{10} und der Anzahl Tage mit einem PM_{10} -Tagesmittelwert über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$



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

Die Screeningberechnungen wurden mit den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Eingangsdaten für die Bezugsjahre 2010 und 2015 durchgeführt. Nach Abbildung 2-1 setzt sich die Gesamtbelastung im Straßenraum aus der Zusatzbelastung 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-Karten¹² und die Messdaten ausgewählter ländlicher und vorstädtischer Messstationen des LÜN-Messnetzes ausgewertet. In den UBA-Karten weist die südwestlich von Lingen gelegene Gitterzelle für 2010 bzw. 2011 und 2015 eine regionale NO₂- und PM₁₀-Vorbelastung gemäß Tabelle 6-1 auf.

Anhand der Messwerte der LÜN-Stationen Allertal, Altes Land, Braunschweig, Eichsfeld, Elbmündung, Emsland, Göttingen, Jadebusen, Lüneburger Heide, Oker/Harlingerode, Ostfriesland, Wendland, Weserbergland und Wolfsburg der Jahre 2008 bis 2010 wurde 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

| Lingen | NO ₂ | NO _x | PM ₁₀ |
|---------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| UBA-Karte 2010/2011 | 13 | 17 | 19 |
| UBA-Karte 2015 | 11 | 14 | 18 |

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 4 wurde mit IMMIS^{net} der urbane Hintergrund für die IMMIS^{luft}-Abschnitte berechnet. Für jeden IMMIS^{luft}-Abschnitt wurden getrennt Vorbelastungswerte ermittelt, bei denen der betreffende Straßenabschnitt nicht einbezogen wurde, um Emissionen nicht doppelt zu berücksichtigen.

¹² Modellrechnungen zur Unterstützung der Berichterstattung hinsichtlich Fristverlängerung gemäß Richtlinie 2008/50/EG des 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 Lingen für die Bezugsjahre 2010 und 2015.

In Abbildung 6-1 ist die Immissionsbelastung für PM₁₀ dargestellt. Dabei 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, gelb dargestellt sind. Eine prognostizierte Überschreitung des Grenzwertes von 40 µg/m³ wird mit der Farbe Dunkelblau angezeigt. Die weitere farbliche Abstufung orientiert sich an der Wahrscheinlichkeit der Verletzung des Tagesgrenzwertkriteriums. Bei Jahresmittelwerten über 28 µg/m³ (orange) ist davon auszugehen, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Verletzung des Tagesgrenzwertkriteriums vorhanden ist und bei einem Jahresmittelwert über 32 µg/m³ (hellblau) ist davon auszugehen, dass das Tagesgrenzwertkriterium sicher überschritten wird.

Die Farblegende ist bei NO₂ so gewählt, dass die farbig abgestuften Abschnitte prognostizierte Überschreitungen der Jahresmittelwerte aufzeigen (Abbildung 6-2 und). Eine Überschreitung des Grenzwertes von 40 µg/m³ wird mit der Farbe Dunkelblau angezeigt. Werte über 32 µg/m³ (orange und hellblau) liegen bis 20 % unter dem Grenzwert und damit innerhalb einer Fehlerbreite von ± 20 %, mit der beim gewählten Verfahren gerechnet werden muss [4], [14]. Abschnitte, bei denen nicht von einer Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums auszugehen ist, sind gelb 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 | Grenzwert-Überschreitung Jahresmittelwert (JMW) | > 40 |
| | 35 Tage > 50 µg/m ³ Anzahl der Überschreitungen Tagesmittelwert | Sichere Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums | > 32 - 40 |
| | | Wahrscheinlichkeit für Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums | > 28 - 32 |
| | | Keine Überschreitung | ≤ 28 |
| NO2 | 40 µg/m ³ Jahresmittelwert | Grenzwert-Überschreitung Jahresmittelwert (JMW) | > 40 |
| | | Hohe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung JMW aufgrund Fehlerbreite | > 36 - 40 |
| | | Geringe Wahrscheinlichkeit für Überschreitung JMW aufgrund Fehlerbreite | > 32- 36 |
| | | Keine Überschreitung | ≤ 32 |

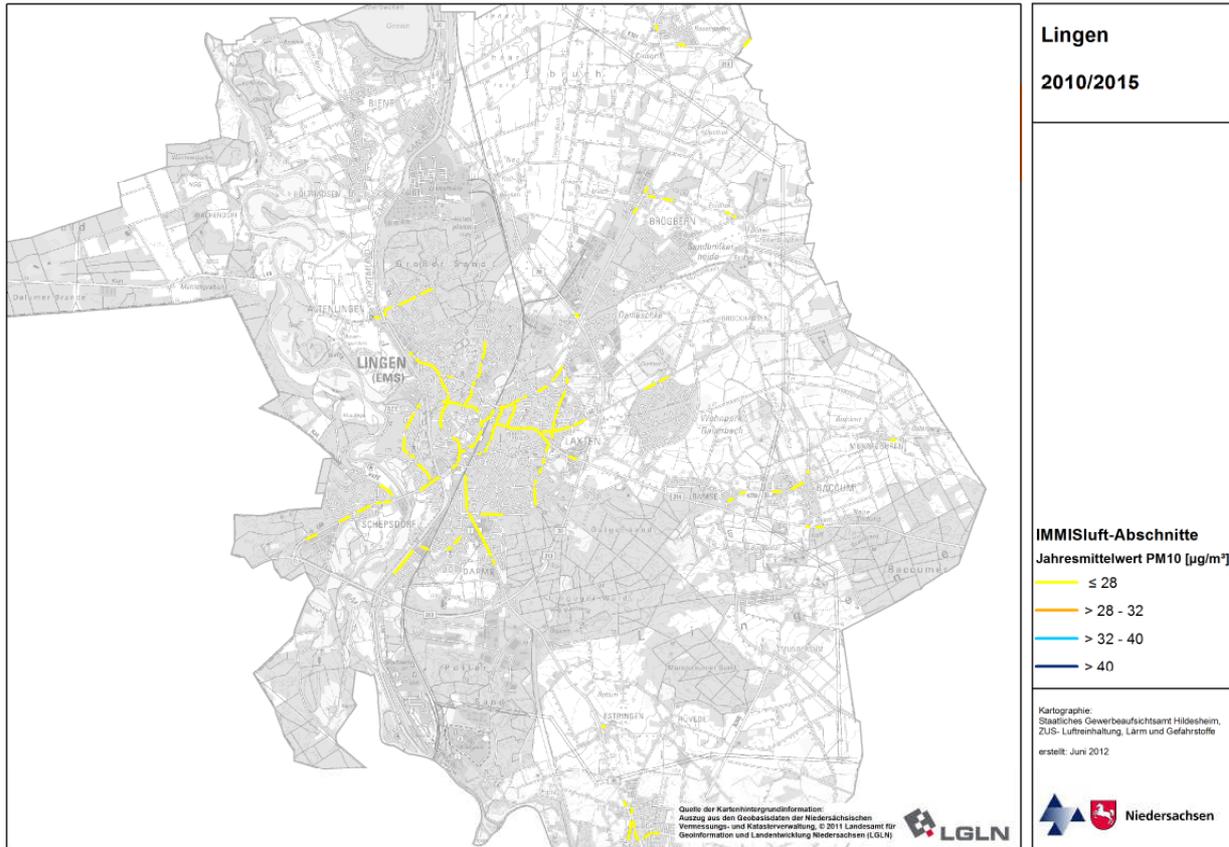


Abbildung 6-1: Jahresmittelwert PM₁₀ im bebauten Hauptstraßennetz Lingen, 2010 und 2015



Abbildung 6-2: Jahresmittelwert NO₂ im bebauten Hauptstraßennetz Lingen, 2010 und 2015



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

Für den seit dem Jahr 2005 geltenden Grenzwert für PM₁₀ von 40 µg/m³ wird im Stadtgebiet Lingen im Bezugsjahr 2010 mit PM₁₀-Jahresmittelwerten bis zu 23 µg/m³ und im Bezugsjahr 2015 mit PM₁₀-Jahresmittelwerten bis zu 22 µg/m³ keine Überschreitung ermittelt. Auch das Tagesgrenzwertkriterium (35 Tage > 50 µg/m³) wird 2010 mit 15 und 2015 mit 12 Überschreitungstagen eingehalten.

Der im Jahr 2010 für NO₂ gültige Grenzwert in Höhe von 40 µg/m³ wird in Lingen in keinem Abschnitt überschritten. Die höchste Belastung liegt mit einem NO₂-Jahresmittelwert von 29 µg/m³ unterhalb von Grenzwert incl. Fehlerbreite, sodass eine Überschreitung des Grenzwertes nahezu ausgeschlossen werden kann. Im Bezugsjahr 2015 vermindert sich die maximale Belastung auf einen NO₂-Jahresmittelwert von 25 µg/m³.



6.4 Verursacheranalyse

Für eine IMMIS^{luft}-Abschnitt in der Meppener Straße (ID des Straßenabschnitts: 3019) mit einer der höchsten Belastung wurde eine Quellanalyse durchgeführt. Sie ergibt ein detailliertes Bild der Zusammensetzung der Schadstoffanteile nach ihrer Herkunft. In Tabelle 6-3 und Abbildung 6-3 bis Abbildung 6-6 sind die Ergebnisse der Quellanalyse dargestellt.

Tabelle 6-3: Quellgruppenanteile an den Immissionen in der Meppener Straße, 2010, gerundete Angaben¹³

| Quellgruppe | | PM ₁₀ [µg/m ³] | NO _x [µg/m ³] | PM ₁₀ [%] | NO _x [%] |
|---------------------------------|------------------|--|---|-------------------------|------------------------|
| regionaler Hintergrund | | 19,0 | 17,0 | 83,9 | 40,0 |
| urbaner Hintergrund | Industrie | 0,1 | 2,2 | 0,4 | 5,1 |
| urbaner Hintergrund | Hausbrand | 0,6 | 1,8 | 2,8 | 4,3 |
| urbaner Hintergrund | Schiff | 0,0 | 0,8 | 0,1 | 1,8 |
| urbaner Hintergrund | Nebenstraßennetz | 0,1 | 1,2 | 0,5 | 2,7 |
| urbaner Hintergrund | Hauptstraßennetz | 0,7 | 5,1 | 3,1 | 12,1 |
| Zusatzbelastung in der Schlucht | | 2,1 | 14,4 | 9,3 | 33,9 |
| alle Quellgruppen | | 22,7 | 42,4 | 100 | 100 |

Bei PM₁₀ (Abbildung 6-3) ist der lokal in der Straßenschlucht anfallende Anteil der Immission mit ca. 9 % deutlich geringer als der Anteil des regionalen Hintergrundes mit 84 %. Zusammen mit den ca. 4 %, die der Straßenverkehr im urbanen Hintergrund bewirkt, beträgt der straßenverkehrliche Anteil bei PM₁₀ rund 13 % (Tabelle 6-3). Der Hausbrand hat mit einem Anteil von etwa 3 % einen höheren Einfluss, als die industriellen Quellen und die Schiffsimmissionen, die mit Anteilen von deutlich unter 1 % nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Bei NO_x (Abbildung 6-5) dominiert der regionale Hintergrund mit 40 %, gefolgt von der lokal in der Schlucht durch den Verkehr verursachte Zusatzbelastung mit ca. 34 %, und dem urbanen Hintergrund mit rund 26 %. Der Straßenverkehr im urbanen Hintergrund trägt mit über 15 % erheblich zur NO_x-Immission bei - fast 50 % der NO_x-Immission wird somit vom Straßenverkehr verursacht (Tabelle 6-3). Die industriellen Quellen und der Hausbrand haben mit ca. 5 % einen stärkeren Einfluss auf die NO_x-Immission als die Schifffahrt mit ca. 2 %.

¹³ Die Berechnungen erfolgten nicht mit gerundeten Zahlen, weshalb sich bei Addition von in der Tabelle aufgerundet aufgeführten Angaben geringe Abweichungen ergeben können.

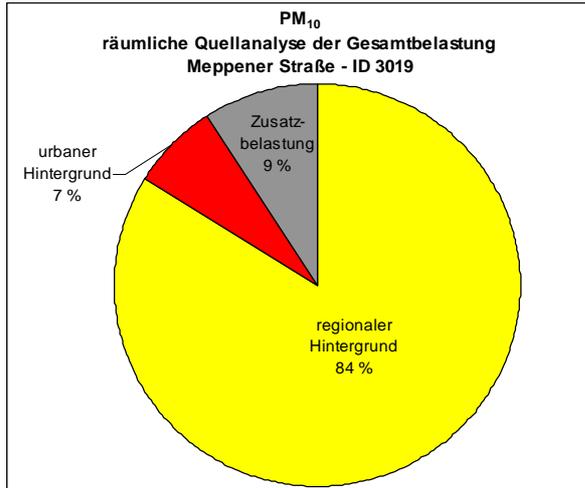


Abbildung 6-3: Prozentuale Aufteilung nach räumlichen Quellgruppen an der PM₁₀-Immission in der Meppener Straße (ID 3019), 2010¹⁴

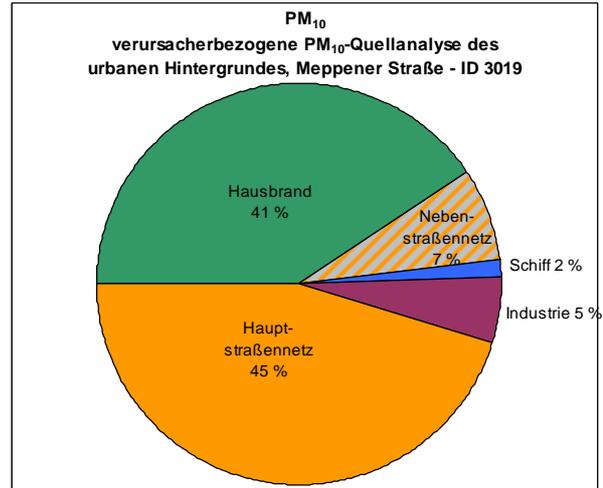


Abbildung 6-4: Prozentuale Aufteilung des urbanen Hintergrundanteils in der Meppener Str. (ID 3019) nach Verursachern (PM₁₀), 2010¹⁴

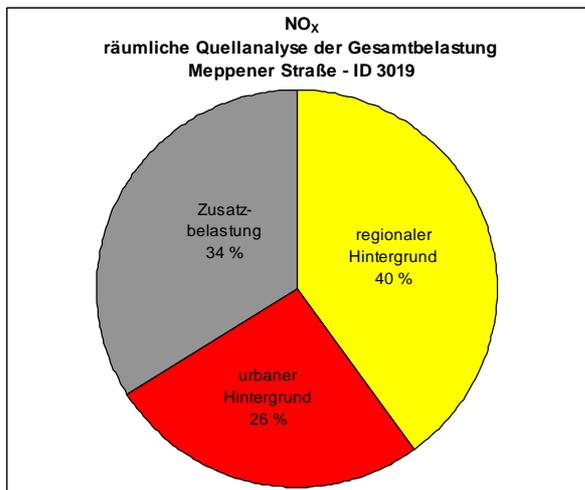


Abbildung 6-5: Prozentuale Aufteilung nach räumlichen Quellgruppen an der NO_x-Immission in der Meppener Straße (ID 3019), 2010¹⁴

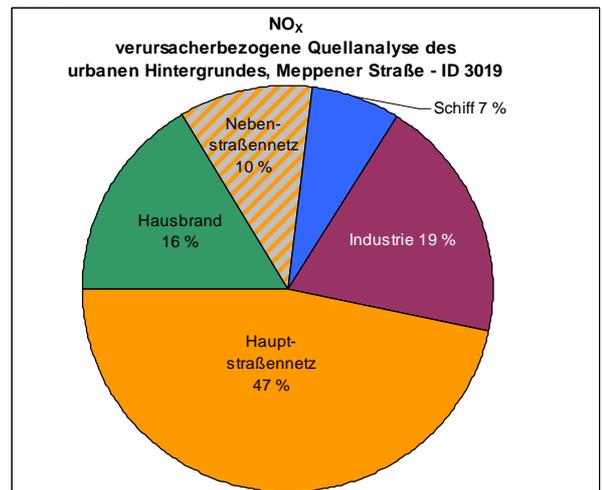


Abbildung 6-6: Prozentuale Aufteilung des urbanen Hintergrundanteils in der Meppener Str. (ID 3019) nach Verursachern (NO_x), 2010¹⁴

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

¹⁴ Die Berechnungen erfolgten nicht mit gerundeten Zahlen, weshalb sich bei Addition von in der Tabelle aufgerundet aufgeführten Angaben geringe Abweichungen ergeben können.



7 Zusammenfassung

Für das Stadtgebiet von Lingen wurde modellgestützt ein Screening zur Ermittlung der Luftschadstoffbelastungen im Hauptstraßennetz für die Bezugsjahre 2010 und 2015 durchgeführt.

Zur Bestimmung der urbanen Hintergrundbelastung wurde ein Emissionskataster für die Quellgruppen Industrie, Hausbrand, Schifffahrt 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.

Bereits im Bezugsjahr 2010 wird für alle Abschnitte die Einhaltung des PM₁₀-Grenzwertes von 40 µg/m³ und des Tagesgrenzwertkriteriums (35 Tage > 50 µg/m³) ausgewiesen.

Das Screening zeigt, dass im Bezugsjahr 2010 auch der Grenzwert für NO₂ von 40 µg/m³ in allen Abschnitten eingehalten wird.

Der Rückgang der Immissionen in der Prognose 2015 ist in der Verbesserung der Emissionsfaktoren, bedingt durch die angenommene Entwicklung und Erneuerung der Fahrzeugflotte und die abgeschätzte Minderung des regionalen Hintergrundes begründet.

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.
- Die verwendeten Kfz-Emissionsfaktoren beruhen auf dem HBEFA 3.1 und beinhalten die Abgasgrenzwerte für PKW bis Euro 6 (2014) und für schwere Nutzfahrzeuge bis Euro VI (2014). Die Kfz-Emissionsfaktoren der neusten Konzepte wurden im Hinblick auf die künftige Gesetzgebung auf Basis weniger zur Zeit der Entwicklung des HBEFA 3.1 zur Verfügung stehender Fahrzeuge der höchsten Emissionsstufe abgeschätzt. Treffen die durch die Euro 6- und Euro VI-Fahrzeuge erwarteten deutlichen Emissionsminderungen nicht ein, hat das entscheidenden Einfluss auf die berechneten Ergebnisse. Deshalb sind Berechnungen auf Basis von Fahrzeugflotten mit einem hohen Anteil von Fahrzeugen neuester Emissionskonzepte mit Unsicherheiten behaftet.
- Die Prognose ist besonders mit Unsicherheiten behaftet, da sie auf Annahmen zum Rückgang der regionalen Vorbelastung und einer sich erneuernden Fahrzeugflotte mit geringeren Emissionen beruht.



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] 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
- [6] 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.
- [7] 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
- [8] 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
- [9] 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
- [10] EKAT_BW: <http://www.ekat.baden-wuerttemberg.de/>
- [11] EKAT_NRW: <http://www.gis.nrw.de/ims/ekatsmall2004/smallclient.htm>
- [12] FEIER, H., 2003: Emissionskataster Hessen für das Bezugsjahr 2000, Quellengruppe nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen. Im Auftrag der Hessischen Landesanstalt für Umwelt, 2003
- [13] 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
- [14] HARTMANN, U., DIEGMANN, V., 2006: Vergleich von berechneten Luftschadstoffbelastungen mit gemessenen Luftqualitätsdaten im Straßenraum, Immissionsschutz 2, pp 73-77
- [15] IFEU, 2010: Fortschreibung und Erweiterung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland - TREMOD (Transport Emission Model) Version 5 – Endbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2010



- [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] NEUNHÄUSERER, L. ET AL., 2011: Stand der Modellierungstechnik zur Prognose der NO₂-Konzentrationen in Luftreinhalteplänen nach der 39. BImSchV, UBA-FB 001547, im Auftrag des Umweltbundesamts, Texte 70/2011, ISSN 1862-4804, Mai 2011
- [20] PESTEL INSTITUT, 2005: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2002. Im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, März 2005
- [21] PESTEL INSTITUT, 2007: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2004. Im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, Januar 2007
- [22] PESTEL INSTITUT, 2008: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2006. Im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, November 2008
- [23] 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
- [24] 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
- [25] PREGGER, T. ET AL., 2005: Fortschreibung des Emissionskataster Bayern für das Jahr 2000 (Schlussbericht). Im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz, August 2005
- [26] 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
- [27] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTSAMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Hameln, September 2011
- [28] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTSAMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Osnabrück, September 2011
- [29] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTSAMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Hannover, September 2011
- [30] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTSAMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Hildesheim, September 2011
- [31] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTSAMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Göttingen, September 2011



- [32] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2011: Modellgestützte Voruntersuchung zur Fortschreibung des Luftreinhalteplanes im Rahmen der NO₂-Notifizierung – Braunschweig, September 2011
- [33] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2012: Modellgestützte Abschätzung der Luftschadstoffbelastung – Delmenhorst, Februar 2012
- [34] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2012: Modellgestützte Abschätzung der Luftschadstoffbelastung – Oldenburg, Februar 2012
- [35] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2012: Modellgestützte Abschätzung der Luftschadstoffbelastung – Celle, April 2012
- [36] STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM, 2012: Modellgestützte Abschätzung der Luftschadstoffbelastung – Lehrte, April 2012
- [37] 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
- [38] 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
- [39] 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
- [40] 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
- [41] Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, 2011: Verkehrsbericht 2010, Wasser- und Schifffahrtsdirektion West, 2011
- [42] 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen, Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe, 2009: Feuerstättenzählung Niedersachsen 2008, September 2009

