



Staatliches
Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim



HErMEliN – Hotspot-Ermittlung und Emissionskataster lagebezogen in Niedersachsen

Teilbericht – Hotspot-Ermittlung

Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung,
Lärm und Gefahrstoffe – ZUS LLG



Niedersachsen



Herausgeber

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim

Zentrale Unterstützungsstelle – Luftreinhaltung, Lärm und Gefahrstoffe – ZUS LLG
Goslarsche Straße 3, 31134 Hildesheim

Hildesheim, September 2017



Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	4
1. Zusammenfassung	5
2. Einleitung	6
2.1 Das HErmELiN-Projekt	6
2.2 Ziel dieses Berichts	8
3. Gebietsbeschreibung Niedersachsen	9
4. Luftschadstoffe	10
4.1 Stickstoffoxide (NO _x)	10
4.2 Feinstaub (PM ₁₀ und PM _{2,5})	11
5. Methodik der Hotspot-Ermittlung	12
5.1 Ermittlung geometrisch-potenzieller Hotspots	12
5.2 Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs	13
5.3 Meteorologische Daten	17
5.4 Hintergrundbelastung	20
5.5 Das Screening-Modell IMMIS ^{luft}	23
6. Ergebnis der Hotspot-Ermittlung	24
7. Fazit und Ausblick	27
8. Literatur	28
Abkürzungsverzeichnis	29



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grenz- und Zielwerte für Luftschadstoffe	10
Tabelle 2: Emissionen des Straßenverkehrs	15
Tabelle 3: Städte und Gemeinden mit berechneten potenziellen Hotspots für NO ₂	25
Tabelle 4: Städte und Gemeinden mit berechneten potenziellen Hotspots für PM ₁₀	27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema des Gesamtverfahrens	7
Abbildung 2: Landkreise und kreisfreie Städte in Niedersachsen	9
Abbildung 3: Profil der Immissionsbelastung	12
Abbildung 4: Schema Straßenverkehr	13
Abbildung 5: Straßennetz in Niedersachsen	14
Abbildung 6: NO _x -Emissionen Straßenverkehr	15
Abbildung 7: PM ₁₀ -Emissionen Straßenverkehr	16
Abbildung 8: Meteorologische Gebietseinteilung	17
Abbildung 9: Windrosen Cluster 1-4	18
Abbildung 10: Windrosen Cluster 5-8	19
Abbildung 11: NO _x -Immissionen	20
Abbildung 12: NO ₂ -Immissionen	21
Abbildung 13: PM ₁₀ -Immissionen	22
Abbildung 14: Vergleich Immissionen Stadt-Land	23
Abbildung 15: Städte und Gemeinden mit berechneten potenziellen Hotspots für NO ₂	24
Abbildung 16: Städte und Gemeinden mit berechneten potenziellen Hotspots für PM ₁₀	26



1. Zusammenfassung

Dieser Bericht stellt einen Teilbericht zum Projekt HErmEliN dar, das im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz von der Zentralen Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm und Gefahrstoffe im Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim durchgeführt wurde. Ein Ziel des in den Jahren 2013 bis 2017 bearbeiteten Projektes ist die Identifizierung von Orten höchster Luftschadstoffbelastung (Hotspots) bezogen auf die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub PM₁₀ in Niedersachsen. Der vorliegende Bericht fasst die Vorgehensweise bei der Suche nach diesen Hotspots zusammen.

Mit Hilfe eines GIS-basierten Verfahrens, das auf dem Straßennetz und dem Gebäudebestand in Niedersachsen basiert, werden geometrisch-potenzielle Hotspots identifiziert. An diesen Orten kann die Bebauungssituation zusammen mit der Straßenführung einen signifikant negativen Einfluss auf die Ausbreitungsbedingungen von Luftschadstoffen im Straßenraum haben.

Zur Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs werden vorhandene Verkehrszählungen genutzt, die längenbezogen etwa 20 % des Straßennetzes abdecken. Diese entstammen Verkehrszählungen des Bundes, des Landes Niedersachsen, der Städte oder anderen Erhebungen. Für den übrigen Teil des Straßennetzes werden je nach Nutzung der Straße feste Verkehrswerte (für etwa 13 %) oder ein dynamisches Emissionskataster, basierend auf soziodemographischen Daten (EKatDyn; für etwa 67 %), angesetzt.

Für die späteren kleinskaligen Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der potenziellen Schwerpunkte der Luftschadstoffbelastung werden meteorologische Daten für ein repräsentatives Jahr benötigt. Diese wurden regionsspezifisch für Niedersachsen ermittelt und für acht unterschiedliche Gebiete des Landes mit jeweils ähnlichen meteorologischen Bedingungen in Form von Ausbreitungsklassenstatistiken aufbereitet.

Die Hintergrundbelastung durch Luftschadstoffe wurde landesweit ermittelt. Hierfür dienten die im HErmEliN-Projekt ermittelten Emissionen aus anthropogenen Quellen in Niedersachsen. Hinzu kommen die aus anderen Projekten bestimmten Quellen für Luftschadstoffe außerhalb Niedersachsens. Diese Emissionsdaten dienen als Eingangsdaten für eine großskalige Ausbreitungsrechnung auf einem Rechengitter mit einer Maschenweite von 2 km * 2 km für ganz Niedersachsen sowie einem noch feineren Gitter mit 0,5 km * 0,5 km Maschenweite für das südliche Niedersachsen. Im Ergebnis liegt für jede Gitterzelle in Niedersachsen die mittlere jährliche Hintergrundbelastung durch Luftschadstoffe vor.

Als letzter Schritt werden an den identifizierten geometrisch-potenziellen Hotspots die dort auftretenden mittleren jährlichen Zusatzbelastungen durch den Straßenverkehr

anhand von kleinskaligen Modellrechnungen mit einem Screening-Modell bestimmt und mit der ermittelten Hintergrundbelastung zur Gesamtbelastung verschnitten. Zusätzlich zu den sieben bekannten und mit Messstationen ausgestatteten Städten konnten so insgesamt 62 weitere Städte und Gemeinden in Niedersachsen identifiziert werden, an denen, berechnet für das Bezugsjahr 2011, potenziell eine Überschreitung des Grenzwerts für den Jahresmittelwert der NO₂-Konzentration möglich sein könnte. 19 Städte und Gemeinden zeigen eine potenzielle Überschreitung der maximalen Überschreitungshäufigkeit des Tagesgrenzwerts für PM₁₀.

Auf Basis der Vorkenntnisse zu der Qualität der Eingangsdaten und des Modellsystems, sind die erzielten Ergebnisse durchweg positiv zu bewerten. Die gewählte Methodik ist mithin geeignet dem gesetzlichen Auftrag der 39. BImSchV nachzukommen, die Orte festzustellen, „an denen die höchsten Werte auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt [...] ausgesetzt sein wird“.

Die Identifizierung von Hotspots für NO₂ und PM₁₀ basiert zum Teil auf nicht validierten oder synthetischen, mit dem EKatDyn erzeugten Daten zum Straßenverkehr. Die Erhebung realer Verkehrsdaten an den betreffenden Standorten in den Städten sollte demzufolge ein nächster Schritt zur Validierung der erzielten Ergebnisse zur Verkehrsbelastung und der kleinskaligen Ausbreitungsberechnung sein. Erst wenn die Grundlagen der Berechnungen auf hinreichend validen Eingangsdaten beruhen, kann darüber entschieden werden, ob eine Luftschadstoffmessung in einem Bereich sinnvoll ist. Die validierten Ergebnisse der Hotspot-Ermittlung können für die Messnetzplanung des LÜN entsprechend den Anforderungen der 39. BImSchV genutzt werden.

2. Einleitung

Eine gute Luftqualität stellt einen wesentlichen Faktor für gesunde Lebensverhältnisse für den Menschen und seine Umwelt dar. Ein geeignetes Mittel zur Beurteilung der Luftqualität sind die Konzentrationen von Luftschadstoffen. Die Erfassung und Überwachung dieser Konzentrationsmesswerte ist in Deutschland die Aufgabe der Bundesländer. Dies geschieht in erster Linie durch den Betrieb ländereigener Messnetze (z. B. Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen, LÜN). Die großräumige und kleinräumige Positionierung der Messstationen und die zeitliche Auflösung der Messungen sind in der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV [1]) einheitlich festgelegt. Hiernach sind die mit der Erfassung und Überwachung der Luftqualität beauftragten Bundesländer verpflichtet, an den Orten mit der höchsten Luftschadstoffbelastung die Luftqualität zu messen.

Auch die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt für bestimmte Luftschadstoffe sind in der 39. BImSchV festgelegt. Die nationalen Regelungen sind Umsetzungen der europäischen Vorgaben der Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG [2]), deren Grenzwerte europaweit verbindlich sind. Werden diese Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nicht eingehalten, sind durch die zuständige Behörde Luftreinhaltepläne mit Maßnahmen zur Reduktion der Luftschadstoffbelastung zu erstellen.

Mehrere Urteile deutscher Verwaltungsgerichte (z. B. Verwaltungsgericht Hamburg [3]) und des Europäischen Gerichtshofs (EuGH [4]) haben in letzter Zeit die Verpflichtung der Behörden zur effektiven Luftreinhalteplanung zur Vermeidung von Grenzwertüberschreitungen präzisiert. Auch der Rechtsanspruch eines jeden Bürgers auf gesunde Lebensverhältnisse wird hiermit weiter bekräftigt. Die Luftreinhaltepläne müssen somit geeignete Maßnahmen umfassen, um den Zeitraum der Nichteinhaltung von Grenzwerten so kurz wie möglich zu halten. Zudem wurde klargestellt, dass die Grenzwerte „nicht mehr überschritten werden [dürfen], was einer Ergebnisverpflichtung entspricht“ [4]. Das bedeutet, dass die zuständigen Behörden verpflichtet sind, die erforderlichen geeigneten Maßnahmen im Rahmen des Luftreinhalteplans oder seiner Fortschreibung zur schnellstmöglichen Einhaltung der zulässigen Immissionsgrenzwerte zu treffen. Wie diese Maßnahmen ausgestaltet werden müssen, um für die Erreichung des Ziels der Grenzwerteinhalten geeignet zu sein, wird dagegen von den Gerichten nicht festgelegt.

Spätestens vor diesem Hintergrund ergibt sich eine zwingende Notwendigkeit für eine systematische Erfassung und Beurteilung der Luftqualität. Dies gilt für den aktuellen Zustand als auch im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen und die Wirksamkeit von Maßnahmen der Luftreinhaltepläne zur Belastungsreduktion. Die topographischen Gegebenheiten, die Kenntnis der Emissionsquellen innerhalb und außerhalb des Gebiets sowie die Transmissionspfade der Luftschadstoffe in der Atmosphäre sind als Einflüsse auf die Luftqualität zu berücksichtigen.

Das HErmEliN-Projekt liefert hierbei für das Land Niedersachsen einen entscheidenden Beitrag, indem es die Ermittlung eines räumlich hoch aufgelösten Emissionskatasters für Luftschadstoffe und die Berechnung der Hintergrundbelastung basierend auf diesem Emissionskataster zum Ziel hat. Des Weiteren werden die Standorte mit den wahrscheinlich höchsten Belastungen oder sogar potenziellen Überschreitungen von Grenzwerten (Hotspots) identifiziert, um dem formulierten gesetzlichen Auftrag der 39. BImSchV nachzukommen.

2.1 Das HErmEliN-Projekt

Entsprechend der gesetzlichen Vorgaben soll eine Beurteilung der Luftqualität insbesondere an den Orten stattfinden, an denen „die höchsten Werte auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt über einen Zeitraum ausgesetzt sein wird, der im Vergleich zum Mittelungszeitraum der betreffenden Immissionsgrenzwerte signifikant ist“ (39. BImSchV). Diese Orte werden im Folgenden als Hotspots bezeichnet. Um diese Hotspots zu identifizieren bedarf es indes neben der Kenntnis von potenziell für hohe Luftschadstoffkonzentrationen anfälligen Orten auch einer flächendeckenden Erfassung von Konzentrationen verschiedenster Luftschadstoffe.

Um zu flächendeckenden Aussagen der Luftschadstoffbelastung zu kommen, gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Verfahren. Zum einen kann auf der Basis eines möglichst dichten Messnetzes mit mathematischen Methoden der Interpolation der Raum zwischen den Messpunkten gefüllt werden. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass die flächenhaften Ergebnisse an den Messstellen und in deren näherer Umgebung den gemessenen Werten weitgehend entsprechen. Nachteile sind der hohe zu betreibende Aufwand sowie die Kosten für ein enges Netz an zuverlässigen Messstationen. Gleichfalls entstehen aufgrund des Fehlens von Daten teilweise große Ungenauigkeiten in Gebieten, die räumlich weiter von Messstationen entfernt sind.

Zum anderen können auf der Basis eines räumlichen Emissionskatasters und großräumiger meteorologischer Daten mit Modellen Ausbreitungsrechnungen durchgeführt werden, die flächendeckende Modellergebnisse liefern. So werden die Emissionsstrukturen und die Parameter (z. B. Meteorologie, Topographie), die die Ausbreitung beeinflussen, berücksichtigt. Daher sind die erzielten Ergebnisse für die weiter von Messstationen entfernten Gebiete wesentlich realistischer als die reine zuvor beschriebene mathematische Interpolation. Ferner lassen sich auf Basis von Modellen Szenarien und Prognosen berechnen. Ein Nachteil ist die oft fehlende Möglichkeit zur direkten Nachmessbarkeit der berechneten Ergebnisse.

Um die jeweiligen Vorteile beider Verfahren zu nutzen, besteht ein dritter Ansatz in der Kombination der beiden Verfahren. Das HErmEliN-Projekt verfolgt einen solchen kombinierten Ansatz. Eine Übersicht des gesamten Ablaufs des

2.2 Ziel dieses Berichts

Dieser Bericht stellt einen Teilbericht zum Projekt HErmEliN dar. Es wird die Methodik beschrieben, mit der die Standorte mit hoher Luftschadstoffbelastung (Hotspots) in Niedersachsen identifiziert werden. Von Relevanz sind hierbei in erster Linie hohe Immissionskonzentrationen von Stickstoffdioxid (NO_2) und Feinstaub der Größenklasse PM_{10} .

Im Rahmen des HErmEliN-Projektes wurden hierfür die Emissionen von Luftschadstoffen (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, NO_x , NH_3 , CO , u.a.) in Niedersachsen aus anthropogenen Quellen (Industrie, Landwirtschaft, Hausbrand, Verkehr) ermittelt. Aus diesen Daten in Verbindung mit weiteren Emissionsdaten von Quellen außerhalb Niedersachsens wurde die mittlere jährliche Hintergrundbelastung für PM_{10} , NO_x , NO_2 und O_3 an jedem Ort in Niedersachsen mittels großräumiger Ausbreitungsrechnungen mit dem Chemie-Transport-Modell REM-CALGRID (RCG) bestimmt.

Aufgrund der langjährigen Erfahrungen aus Messungen wird davon ausgegangen, dass sich die Orte mit der höchsten Immissionsbelastung (Hotspots) in unmittelbarer Nähe zu Straßenabschnitten mit relativ hohen Verkehrsstärken befinden. Des Weiteren spielt die Bebauungssituation entlang des Straßenabschnitts, ausgedrückt durch das Verhältnis von Straßenbreite zur Gebäudehöhe der umliegenden Bebauung, eine zentrale Rolle.

Daher werden zunächst die geometrisch-potenziellen Hotspots identifiziert, an denen die Bebauungssituation einen signifikant negativen Einfluss auf die Ausbreitungsbedingungen von Luftschadstoffen im Straßenraum hat. An diesen identifizierten geometrisch-potenziellen Hotspots werden im Anschluss die dort auftretenden mittleren jährlichen Zusatzbelastungen durch den Straßenverkehr anhand von kleinskaligen Modellrechnungen mit dem Screening-Modell IMMIS^{luft} bestimmt und mit der ermittelten Hintergrundbelastung zur Gesamtbelastung verschnitten.

Dieser Bericht gliedert sich zunächst in eine Beschreibung des Untersuchungsraums Niedersachsen (Abschnitt 3) und eine Beschreibung der aus Sicht der Luftreinhaltung in diesem Zusammenhang relevanten Luftschadstoffe (Abschnitt 4). Der Abschnitt 5 fasst die Schritte zusammen, die zur Ermittlung der geometrisch-potenziellen Hotspots führen und benennt zu diesem Zweck auch die dazu genutzten geometrischen Abgrenzungen und zeigt die Ergebnisse dieser Ermittlung. Ferner wird dort kurz auf die Emissionsermittlung für die Quellgruppe Straßenverkehr eingegangen. Es werden die verwendeten meteorologischen Daten beschrieben und darüber hinaus wird auf die Methodik des verwendeten Modells zur Berechnung der Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr eingegangen. Das Ergebnis der Hotspotermittlung ist in Abschnitt 6 dargelegt. Der Bericht schließt mit einem Fazit und einem Ausblick auf die weite-

ren Arbeiten nach dem Abschluss des HErmEliN-Projektes in Abschnitt 7.

Weitere Informationen zum HErmEliN-Projekt sowie detailliertere Auswertungen zu der ermittelten Emissionsdatenbasis sind zum einen im Gesamtbericht HErmEliN [5] zu finden, zum anderen auch in dem Teilbericht zur Methodik der Emissionsermittlung [6].



3. Gebietsbeschreibung Niedersachsen

Das Bundesland Niedersachsen ist mit etwa 47.600 km² Fläche das flächenmäßig zweitgrößte deutsche Bundesland. Es wird begrenzt von den Bundesländern Schleswig-Holstein (SH) und Hamburg (HH) sowie der Nordsee im Norden; den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern (MV), Brandenburg (BB), Sachsen-Anhalt (ST) und Thüringen (TH) im Osten sowie von den Bundesländern Hessen (HE) und Nordrhein-Westfalen (NW) im Süden. Im Westen befindet sich die Grenze zu den Niederlanden (NL; Abbildung 2). Nördlich vor der Nordseeküste im Nationalpark Wattenmeer liegen die sieben ostfriesischen Inseln, die ebenfalls zu Niedersachsen gehören. Das Bundesland Bremen (HB)

sowie das dazugehörige Stadtgebiet Bremerhavens liegen innerhalb von Niedersachsen.

Etwa 7,8 Millionen Menschen leben in Niedersachsen (Stand: 01.01.2016). Mit einer Einwohnerdichte von 164 EW/km² liegt Niedersachsen unter dem bundesweiten Durchschnitt von 227 EW/km². Das Land ist aufgeteilt in 38 Landkreise, inklusive der Region Hannover (mit der Landeshauptstadt Hannover) und acht kreisfreie Städte (Braunschweig, Delmenhorst, Emden, Oldenburg, Osnabrück, Salzgitter, Wilhelmshaven und Wolfsburg).

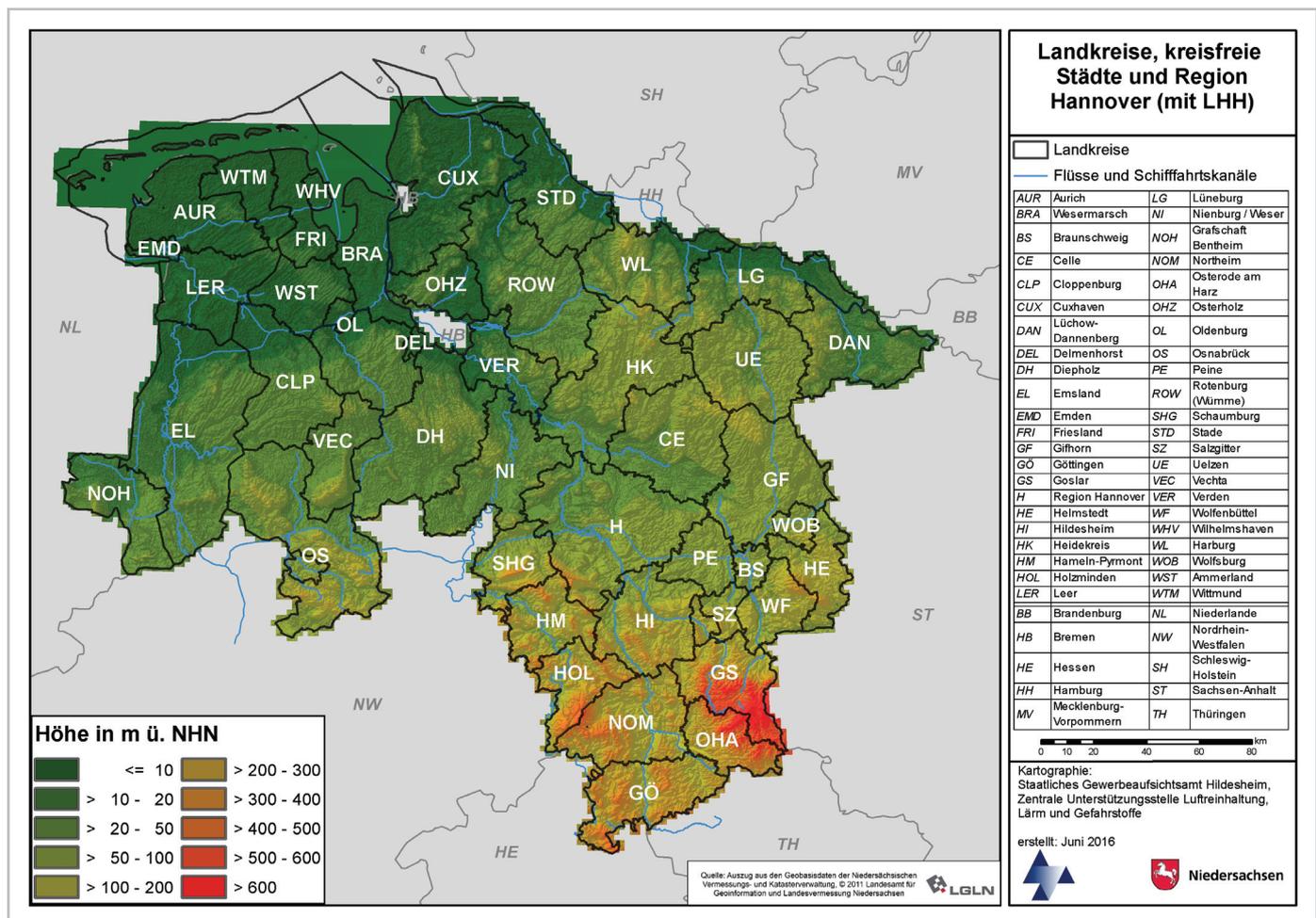


Abbildung 2: Landkreise und kreisfreie Städte in Niedersachsen
 Darstellung der 38 Landkreise (inklusive der Region Hannover mit der Landeshauptstadt Hannover (LHH)) und acht kreisfreien Städte in Niedersachsen (Stand 01.01.2016) sowie der Orographie

4. Luftschadstoffe

Ein Schadstoff ist definitionsgemäß jeder in der Luft vorhandene Stoff, der schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt haben kann [7]. Die Quellen für luftgetragene Schadstoffe, ob natürliche Quellen oder vom Menschen verursacht, sind dabei nicht relevant. Der Großteil der Luftschadstoffe entstammt allerdings anthropogenen Emissionsquellen. Um diese Emissionen auf ein Minimum zu reduzieren, existieren in Deutschland entsprechende Regelungen (z. B. 13. BImSchV [8] oder Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft [9])). Diese richten sich in erster Linie an industrielle und gewerbliche Quellen. Aber auch kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie der Fahrzeugverkehr (Schiene, Straße, Luftverkehr) sind Regelungen zur Freisetzung von Schadstoffen unterworfen, die heutzutage zumeist Vorgaben der Europäischen Union entstammen und mithin in der gesamten Union Gültigkeit haben.

4.1 Stickstoffoxide (NO_x)

Als Stickstoffoxide oder kurz Stickoxide (NO_x) wird im Bereich der Luftreinhaltung die Summe der Stickstoffverbindungen Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) bezeichnet. Bei jeglicher Art von Verbrennungsprozess entstehen Stickstoffoxide. Einerseits wird bei hohen Verbrennungstemperaturen der in der Luft vorhandene Stickstoff oxidiert (Reaktion mit dem Luftsauerstoff). Andererseits können auch organische Stickstoffverbindungen des Brennstoffs oxidiert werden. Als relevante Quellen für Stickoxide sind daher anthropogene Verbrennungsprozesse zu nennen, wie sie in Anlagen zur Energie- und Wärmeerzeugung, in anderen industriellen Prozessen oder auch im Straßenverkehr ablaufen. Biogene Quellen sind z. B. mikrobiologische Prozesse im Boden oder Blitze.

In den meisten Fällen kommt es zur Emission von NO, welches dann mit dem Luftsauerstoff schnell zu NO₂ oxidiert. Allerdings sind vor allem bei den Emissionen des Straßenverkehrs (Dieselfahrzeuge) auch vermehrt direkte Emissionen von NO₂ nachweisbar. Das NO₂ oxidiert in der Atmosphäre langsam weiter zum Nitrat-Ion (NO₃⁻). In dieser Form kann es zur sekundären Partikelbildung beitragen oder durch die Anlagerung an Aerosole für deren Anwachsen sorgen. Auch die Auswaschung aus der Atmosphäre und die Deposition im Boden ist über diesen Weg möglich.

Stickstoffdioxid (NO₂) übt eine Reizwirkung auf die Augenschleimhäute und die Schleimhäute des Atemtraktes aus. Es kann in höheren Konzentrationen vorübergehend Husten, Atemnot, Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindelgefühl oder Müdigkeit hervorrufen, die über Stunden bis mehrere Tage anhalten können. Bei längerfristiger Exposition gegenüber NO₂ konnten chronische Störungen der Lungenfunktion beobachtet werden [10].

Im Vergleich zu NO₂ ist die Toxizität von reinem Stickstoffmonoxid (NO) lediglich gering.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden ein Kurzzeit- und ein Langzeitgrenzwert als maximale Immissionskonzentration in der 39. BImSchV festgelegt. Der Kurzzeitgrenzwert bezieht sich auf die maximale stündliche Konzentration, die nicht öfter als 18-mal in einem Kalenderjahr über 200 µg/m³ liegen darf. Der Langzeitgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit bezieht sich auf den Jahresmittelwert, der nicht über 40 µg/m³ liegen darf. Einzuhalten sind diese Grenzwerte seit dem Jahr 2010 (Tabelle 1).

Tabelle 1: Grenz- und Zielwerte für Luftschadstoffe
 Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit der 39. BImSchV für die Immissionen der luftgetragenen Schadstoffe NO₂, PM₁₀ und PM_{2,5}

Schadstoff	Schutzgut	Kategorie	Wert	Zulässige Überschreitungen	Mittelungszeitraum	einzuhalten ab ^{*1}
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Mensch	Grenzwert	200 µg/m ³	18 pro Jahr	1 Stunde	2010
			40 µg/m ³	-	1 Jahr	2010
Feinstaub PM ₁₀	Mensch	Grenzwert	50 µg/m ³	35 pro Jahr	24 Stunden	2005
			40 µg/m ³	-	1 Jahr	2005
Feinstaub PM _{2,5}	Mensch	Grenzwert	25 µg/m ³	-	1 Jahr	2015

^{*1}: zuvor addierten sich sog. Toleranzmargen auf die Grenzwerte



4.2 Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5})

Staubpartikel sind die festen Bestandteile des Multikomponenten- und Multiphasensystems Atmosphäre, das sich aus Gasen, Flüssigkeitströpfchen und festen Stoffen zusammensetzt. Stäube können auf verschiedene Arten entstehen und in die Luft emittiert werden. Bei unvollständigen Verbrennungsprozessen können beispielsweise Rußpartikel emittiert werden. Beim Umschlag staubender Güter kommt es zur Emission von Staub. Auch Pflanzenpollen, weitere Pflanzenteile oder auch Sandkörner und Meersalz werden mit dem Wind als Feinstaub verfrachtet. Aus Vorläuferstoffen können sich aber auch Partikel aus der Gasphase bilden, die sich dann durch weitere Anlagerungen auch vergrößern können.

Die Verweildauer von luftgetragendem Staub in der Atmosphäre ist vor allem von der Größe der Staubpartikel abhängig. Ebenso hängt die gesundheitliche Relevanz für den Menschen u.a. von der Größe der Staubpartikel ab. Partikel der Größenklasse PM₁₀ sind kleiner als 10 µm (1 µm = 10⁻⁶ m). „PM“ ist hierbei die Abkürzung für „particulate matter“; der Index 10 bezieht sich auf den Partikeldurchmesser. In eine Größenklasse fallen dabei alle Partikel, die einen gröbenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist (2008/50/EG [2]). Die Größengrenze einer Klasse von Partikel stellt somit keine absolute Grenze dar. Die Partikel der Größenklasse PM₁₀ können im menschlichen Körper über die Atemwege bis in den oberen Bereich der Lunge gelangen (thorakaler Schwebstaub). Partikel der Größenklasse PM_{2,5} sind kleiner als 2,5 µm. Sie können im menschlichen Körper tief in die Atemwege bis zu den Bronchiolen der Lunge eindringen (alveolengängiger Schwebstaub).

Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen (z. B. [11,12]) zeigen, dass es bei kurzfristiger, starker Belastung durch Feinstaub zu einem Anstieg der Krankenhausaufnahmen und vermehrten Arztbesuchen insbesondere wegen Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen kommen kann und die Sterblichkeit in diesen Erkrankungsgruppen zunimmt. Eine weniger hohe, langfristige Belastung wird gleichfalls mit einer Zunahme an Atemwegserkrankungen und einem Anstieg der Sterblichkeit an Herz-Kreislaufkrankungen in Verbindung gebracht. Insgesamt kann dabei der Verlust an Lebenserwartung in der Bevölkerung die Größenordnung eines Jahres erreichen [13].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden, wie auch bei NO₂, ein Kurzzeit- und ein Langzeitgrenzwert als maximale Immissionskonzentration in der 39. BImSchV festgelegt. Der Kurzzeitgrenzwert bezieht sich hierbei auf den Tagesmittelwert, der nicht öfter als 35-mal in einem Kalenderjahr über 50 µg/m³ liegen darf. Der Langzeitgrenz-

wert zum Schutz der menschlichen Gesundheit bezieht sich auf den Jahresmittelwert, der nicht über 40 µg/m³ liegen darf. Einzuhalten sind diese Grenzwerte seit dem Jahr 2005 (Tabelle 1).

Für PM_{2,5} wurde lediglich ein Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit für den Jahresmittelwert festgelegt, der bei 25 µg/m³ liegt und ab dem Jahr 2015 einzuhalten ist (Tabelle 1).

Partikel der Größenklasse zwischen PM_{2,5} und PM₁₀ bilden den wesentlichen massenbezogenen Anteil des in der Luft vorhandenen Feinstaubes. Zudem sind die genannten gesundheitlichen Wirkungen über die Partikelmasse definiert, weshalb über diese Partikelmasse auch eine Reglementierung stattfinden kann. Kleinere Größenklassen (PM₁, ultrafeine Partikel (UFP)) treten hingegen in einer wesentlich höheren Partikelanzahl auf. Auch für die Partikelanzahl existieren Untersuchungen zur gesundheitlichen Relevanz. Allerdings lässt sich bislang kein Schwellenwert identifizieren, ab dem eine gesundheitliche Gefährdung definitiv auftritt oder ausgeschlossen werden kann. Es existiert somit bisher auch keine ableitbare Metrik zur Begrenzung der Partikelanzahl.

5. Methodik der Hotspot-Ermittlung

Ein wichtiges Ziel und eigentlicher Ausgangspunkt für die Durchführung des HErmEliN-Projektes ist die Ermittlung der Orte, an denen die höchsten Luftschadstoffimmissionen auftreten. Diese Orte sind heutzutage in erster Linie an Straßenzügen mit einem für die Luftreinhaltung ungünstigen Höhe-Breite-Verhältnis der umliegenden Bebauung und relativ hohen Verkehrszahlen gelegen. An diesen Orten kommt es durch die sich addierenden Einflüsse der für die Immissionen relevanten Quellbereiche des regionalen und urbanen Hintergrundes und der lokalen Zusatzbelastung durch die Emissionen des Straßenverkehrs zu hohen Luftschadstoffkonzentrationen (Abbildung 3, [14]).

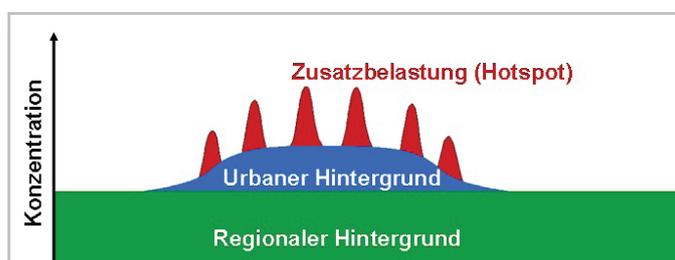


Abbildung 3: Profil der Immissionsbelastung

Schematisches horizontales Profil durch die Immissionsbelastung eines Schadstoffs vom regionalen Hintergrund in den urbanen Raum (nach [14])

Die für das HErmEliN-Projekt zur Verfügung stehenden Geodaten (Daten zur Bebauung, Straßennetz) können für die Identifizierung von potenziellen Hotspots, an denen durch die Gegebenheiten der Straßengeometrie zunächst die Voraussetzungen für hohe Luftschadstoffimmissionen vorliegen, herangezogen werden. In Abschnitt 5.1 wird der für diese Identifizierung genutzte GIS-basierte Arbeitsschritt beschrieben. Das Straßennetz dient darüber hinaus der Ermittlung der Emissionen von Luftschadstoffen jedes in Niedersachsen befindlichen Straßenabschnitts. Für die Berechnung wird jedem dieser Straßenabschnitte zunächst eine Verkehrsmenge und -zusammensetzung zugewiesen und darüber eine jährliche Emissionsmenge abgeleitet (Abschnitt 5.2).

Die potenziellen Schwerpunkte der Luftschadstoffbelastung, die auf Grundlage der ermittelten Hintergrundbelastung (Abschnitt 5.4) zusammen mit kleinskaligen Detailberechnungen der Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr an den geometrisch-potenziellen Hotspots und auf Basis der meteorologischen Daten (Abschnitt 5.3) mit dem Rechenprogramm IMMIS^{luft} (Abschnitt 5.5) bestimmt wurden, sind im folgenden Abschnitt 6 wiedergegeben.

5.1 Ermittlung geometrisch-potenzieller Hotspots

Aus langjährigen Messreihen ist bekannt, dass die höchsten NO₂- und PM₁₀-Immissionen an Straßen mit geschlossener Randbebauung und mit hohem Verkehrsaufkommen auftreten. Je größer dabei das Verhältnis der Bebauungshöhe zur Straßbreite, desto schlechter sind die (Luft-)Austauschbedingungen innerhalb einer solchen Straßenschlucht. Weitere Faktoren, wie die Ausrichtung der Straße zur Hauptwindrichtung, Strömungshindernisse in der Straßenschlucht (Bäume oder sonstige Vegetation) oder zusätzliche Emissionsquellen neben dem Straßenverkehr (Hausbrand, Industrie) können dann zu einer Veränderung der Belastung führen.

Mithilfe des Programms IMMIS^{build} [15] kann entlang eines Straßennetzes nach Immissionsabschnitten mit homogenen Bebauungsmustern gesucht werden, um zunächst diejenigen Straßenabschnitte mit einem Potenzial zu hohen Luftschadstoffbelastungen zu identifizieren. Im HErmEliN-Projekt wird dieser Arbeitsschritt für das niedersächsische ATKIS-Straßennetz und unter Berücksichtigung der vorliegenden Gebäudedaten (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, LGLN) vollautomatisch mit dem Programm AutoBuild [16] durchgeführt. Es werden im Ergebnis aus Straßenzügen IMMIS^{luft}-konforme Abschnitte gebildet, die vom Programm zusätzlich die Attribute Baulückenanteil (Porosität in %), Bebauungsabstand (in m) und mittlere Gebäudehöhe (in m ü. Gr.) zugewiesen bekommen. Diese Parametrisierung der Straßenabschnitte ist für die spätere kleinskalige Berechnung der Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr mithilfe eines Screening-Modells notwendig.

Zuvor wurden Lageungenauigkeiten im Straßennetz lokalisiert und unter Berücksichtigung der potenziellen Relevanz der Straße im Hinblick auf hohe Luftschadstoffkonzentrationen (DTV > 500 Kfz/d) anhand von Luftbildern kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert. Zusätzlich wurden aneinander angrenzende Straßenobjekte bei übereinstimmenden Attributen (DTV, Ortslage, Gemeinde und Straßentyp) zu längeren homogenen Straßenzügen zusammengefasst.

Im Ergebnis liegt eine landesweite Liste von Straßenabschnitten vor, die als geometrisch-potenzielle Hotspots identifiziert werden konnten. Es handelt sich hierbei um insgesamt 340.823 Abschnitte. Durch diesen GIS-basierten Ansatz hat sich gezeigt, dass in jeder der Städte und Gemeinden in Niedersachsen solche geometrisch-potenziellen Belastungsschwerpunkte zu finden sind. Dabei ist nicht jeder geometrisch-potenzielle Belastungsschwerpunkt ein tatsächlich belasteter Straßenabschnitt. Erst durch das Zusammenkommen der geometrischen und meteorologischen Ausgangssituation mit der Hintergrundbelastung und der Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr kann es auch zu einem tatsächlichen Hotspot der Luftschadstoffbelastung kommen.



5.2 Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs

Detaillierte Angaben zur Methodik der Ermittlung der Emissionen aller betrachteten Quellgruppen innerhalb des HErmELiN-Projektes sind im Teilbericht „Methodik der Emissionsermittlung“ [6] zu finden. In den folgenden Abschnitten wird auf die Vorgehensweise zur Bestimmung der Emissionen des Straßenverkehrs eingegangen, da diese für die Hotspot-Ermittlung die zentrale Rolle spielen.

5.2.1 Methodik der Emissionsbestimmung

Die Berechnung der Straßenverkehrsemissionen erfolgt auf der Basis des Handbuches für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) in der Version 3.2 [17] und unter Berücksichtigung der nicht motorbedingten Partikel-Emissionen durch Aufwirbelung von Partikeln und von Reifen- und Bremsabrieb. Das HBEFA enthält Faktoren für die gängigsten Fahrzeugtypen (PKW, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Linien- und Reisebusse sowie Motorräder), differenziert nach Emissionsklassen (EURO 0 bis EURO VI) sowie nach verschiedenen Verkehrssituationen. Um aus diesen Emissionsfaktoren jährliche Emissionsmengen zu berechnen wurde das Programm IMMIS^{em} [27] in der Version 6 genutzt. Für die Bestimmung der Luftschadstoffemissionen des Straßenverkehrs wird nach dem Schema in Abbildung 4 vorgegangen.

Die Emissionen der jeweiligen Straße wurden für das Bezugsjahr 2011 auf der Basis der Straßenlänge und der spezifischen Emission für die Stoffe NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, C_nH_m, CO, CH₄, N₂O, CO₂, SO₂ und NH₃ berechnet. Die spezifische Emission ist hierbei abhängig von der Verkehrsmenge und -zusammensetzung, der Verkehrssituation und der Verkehrsqualität auf der Straße bzw. dem betrachteten Straßenabschnitt.

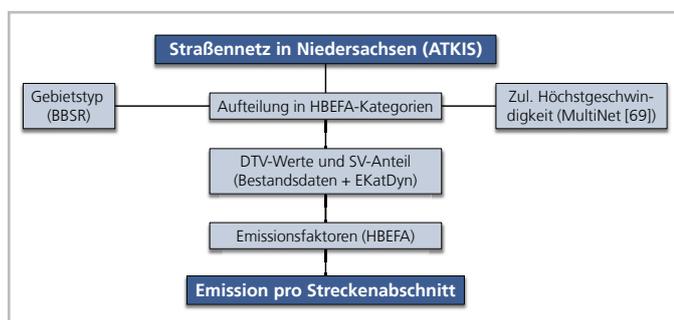


Abbildung 4: Schema Straßenverkehr

Schematische Darstellung der Vorgehensweise zur Berechnung der Emissionen des Straßenverkehrs

Für die Berechnung der Emissionen des Straßenverkehrs sind entsprechend der Systematik des HBEFA 3.2 verschiedene Attribute zur Beschreibung der Verkehrssituation auf jedem Straßenabschnitt erforderlich. So werden Angaben

- zum Gebietstyp („ländlich“ / „Agglomeration“),
 - zur Gebietszuordnung (Autobahn / außerorts / innerorts),
 - zum Straßentyp,
 - zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit,
 - zur Verkehrsqualität (LoS-Anteile) und
 - zur Verkehrsmenge (DTV-Wert und SV-Anteil)
- benötigt.

Die zulässige Höchstgeschwindigkeit kann aus den navigationsfähigen Vektordaten der Straßennetzdatenbank MultiNet® [19] entnommen werden. Diese haben das Bezugsjahr 2010, sind aber auf Grund der geringen Änderungen der Geschwindigkeitsbegrenzungen im Laufe der Zeit ohne weiteres auf jüngere Jahre übertragbar. Für Straßen, auf denen eine zulässige Höchstgeschwindigkeit unter 30 km/h genannt wird, wird diese einheitlich auf 30 km/h heraufgesetzt. Dies erlaubt die Einordnung dieser Straßen in die HBEFA-Systematik, die für Straßen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten < 30 km/h keine Emissionsfaktoren nennt.

Die Verkehrsqualität beschreibt den Zustand des Verkehrs auf den einzelnen Straßen. Sie wird vom HBEFA in vier Stufen (Level of Service, LoS) unterteilt:

- freier Verkehr,
- dichter Verkehr,
- gesättigter Verkehr,
- Stop & Go.

Die Definitionen dieser Verkehrszustände sowie die Übergänge von einem Zustand in den nächsten sind im HBEFA [17] zu finden. Angegeben werden die Anteile der Verkehrszustände am täglichen Verkehrsfluss. Die Anteile werden in Abhängigkeit von der mittleren Verkehrstagesganglinie (VDI 3782 Bl. 7 [20]), der jeweiligen Kapazität der Straße (je Fahrstreifen) und den Schwellwerten für die Kapazitätsauslastungen einer Straße entsprechend ihres Straßentyps (im Programm IMMIS^{em} integriertes Modell [18]) zugewiesen.

5.2.2 Herkunft der Verkehrszahlen

Die Verkehrsmengen (DTV-Wert) und Verkehrszusammensetzungen (Schwerverkehr-Anteil) konnten zum Teil aus Zählraten des Bundes, des Landes Niedersachsen (über die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV)), der Städte oder anderen Erhebungen übernommen werden. Der Anteil der Straßenabschnitte mit realen Zählraten liegt lediglich bei etwa 20 % des niedersächsischen Streckennetzes, bezogen auf die Streckenlänge. Erfasst sind dabei aber zumeist die Abschnitte mit hohen Verkehrszahlen an für die Verkehrsführung wichtigen Abschnitten.

Für die ca. 79.500 km Straßen von insgesamt etwa 100.000 km des niedersächsischen Verkehrsnetzes ohne zugewiesene Verkehrszahlen (sogenanntes Nebennetz, Abbildung 5) wird die Verkehrsmenge und die -zusammensetzung für das Bezugsjahr 2011 anhand von soziodemographischen Daten mit dem Nebennetzmodell des Programms EKatDyn (Dynamisches Emissionskataster) [21] abgeleitet.

Eine Teilmenge von etwa 13.000 km Länge des Straßennetzes sind dabei jedoch Straßen mit untergeordneter oder ohne verkehrliche Bedeutung (z. B. Fahrzeugtestgelände, Truppenübungsplätze, Verkehrswege auf autofreien Nordseeinseln), denen nach einem ersten Durchlauf des EKatDyn manuell ein niedriger fester DTV-Wert oder ein DTV-Wert von 0 zugeordnet wurde. Somit basieren etwa zwei Drittel der verwendeten Verkehrszahlen auf dem dynamischen Emissionskataster EKatDyn.

Dabei werden der DTV-Wert, die Anteile der verschiedenen Fahrzeugkategorien am DTV-Wert (leichte LKW, schwere LKW, Busse und Krafträder) sowie die Längsneigung den

einzelnen Straßenabschnitten ohne Verkehrszahlen zugeordnet. Die Verteilung der Fahrzeugkategorien wird pauschalisiert durchgeführt. Diese Ansätze basieren auf mittleren Werten der Abschnitte mit vorhandenen DTV-Werten.

Eine niedersachsenweite Übersicht der Verteilung von Straßen mit bereits vorhandenen Daten zur Verkehrsbelastung und aus abgeleiteten Daten nach dem zuvor beschriebenen Schema des EKatDyn ist in Abbildung 5 dargestellt.

5.2.3 Ergebnis der Emissionsermittlung

Auf der Basis aller vorhandenen Daten kann für alle Straßen des Verkehrsnetzes die Emission des Straßenverkehrs für das Bezugsjahr 2011 berechnet werden. Die Berechnung erfolgt mit einer speziellen Ausführung von IMMIS^{em} in der Version 6 [18]. Durch die mit der beschriebenen Methodik ermittelte tägliche Fahrleistung von rund 237.000.000 km/d auf den Straßen in Niedersachsen ergeben sich für das Jahr 2011 Emissionen in Höhe von etwa 61 kt NO_x und etwa 5 kt PM₁₀ (Tabelle 2).

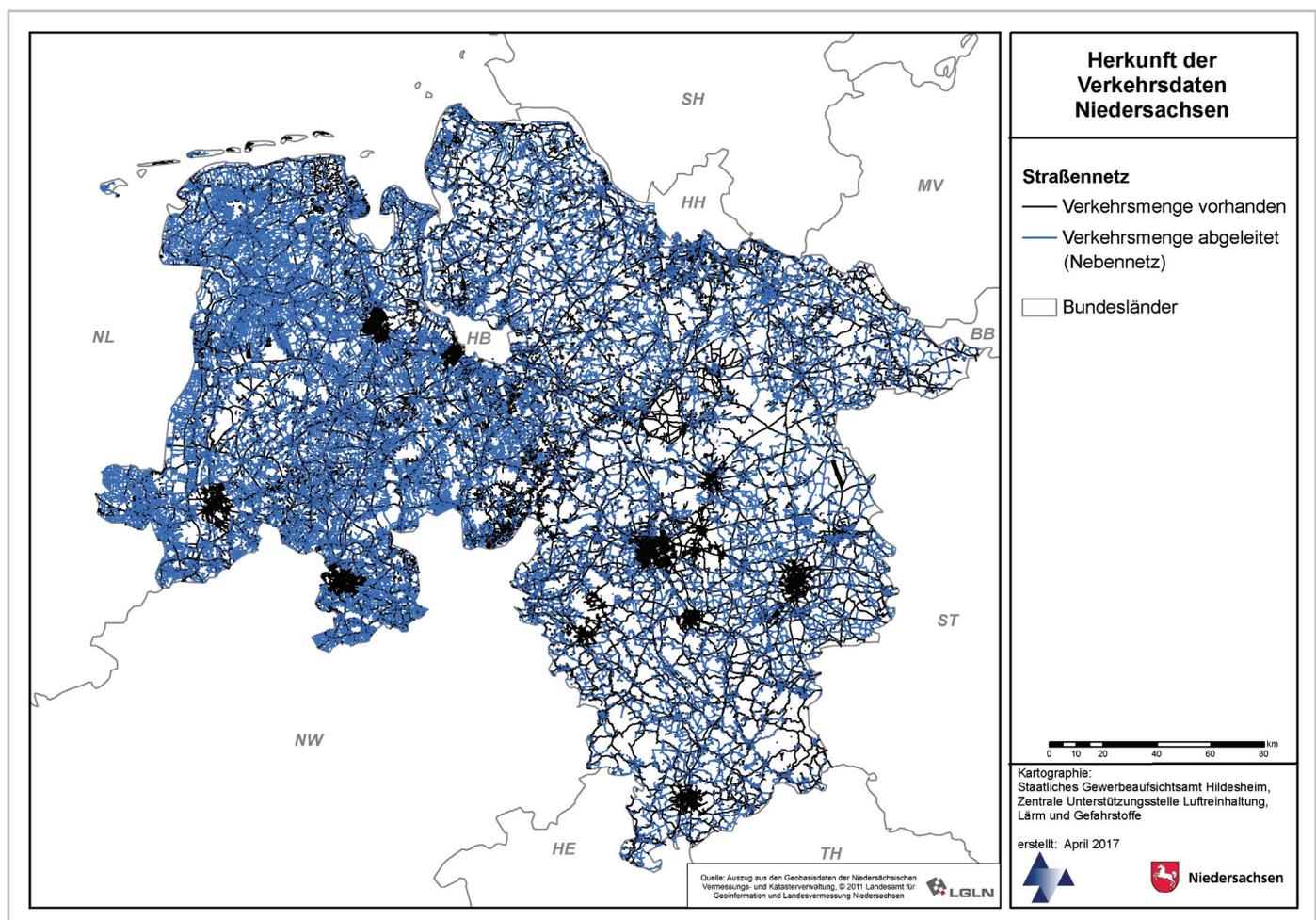


Abbildung 5: Straßennetz in Niedersachsen

Darstellung des gesamten Straßennetzes in Niedersachsen unterschieden nach der Verfügbarkeit von Daten zur Verkehrsmenge (schwarz = vorhanden; blau = nach dem beschriebenen Verfahren abgeleitet)



In einem anschließenden Arbeitsschritt werden die Emissionen des Straßenverkehrs lagebezogen auf das vorgegebene geographische Raster verteilt, das sich in ein

2 km * 2 km-Netz für ganz Niedersachsen und darin genestet in ein 0,5 km * 0,5 km-Netz für Südniedersachsen aufgliedert (Abbildung 6 und Abbildung 7).

Tabelle 2: Emissionen des Straßenverkehrs

Auf Grundlage der beschriebenen Vorgehensweise ermittelte Emissionen von NO_x, PM₁₀, C_nH_m, CO, SO₂ und NH₃ des Straßenverkehrs unterschieden nach den Kategorien Autobahn, außerorts ohne Autobahn und innerorts

Lage/Funktion der Straße	Länge in km	NO _x in kg/a	PM ₁₀ in kg/a	C _n H _m in kg/a	CO in kg/a	SO ₂ in kg/a	NH ₃ in kg/a
Autobahn	1.802	25.045.146	1.828.703	1.016.738	28.277.495	36.252	692.041
außerorts ohne Autobahn	43.313	19.629.597	1.871.171	1.512.342	21.712.844	32.996	1.008.657
innerorts	55.765	16.232.068	1.635.087	7.770.182	42.455.156	28.303	625.795
Summe Niedersachsen	100.880	60.906.811	5.334.961	10.299.262	92.445.495	97.551	2.326.492

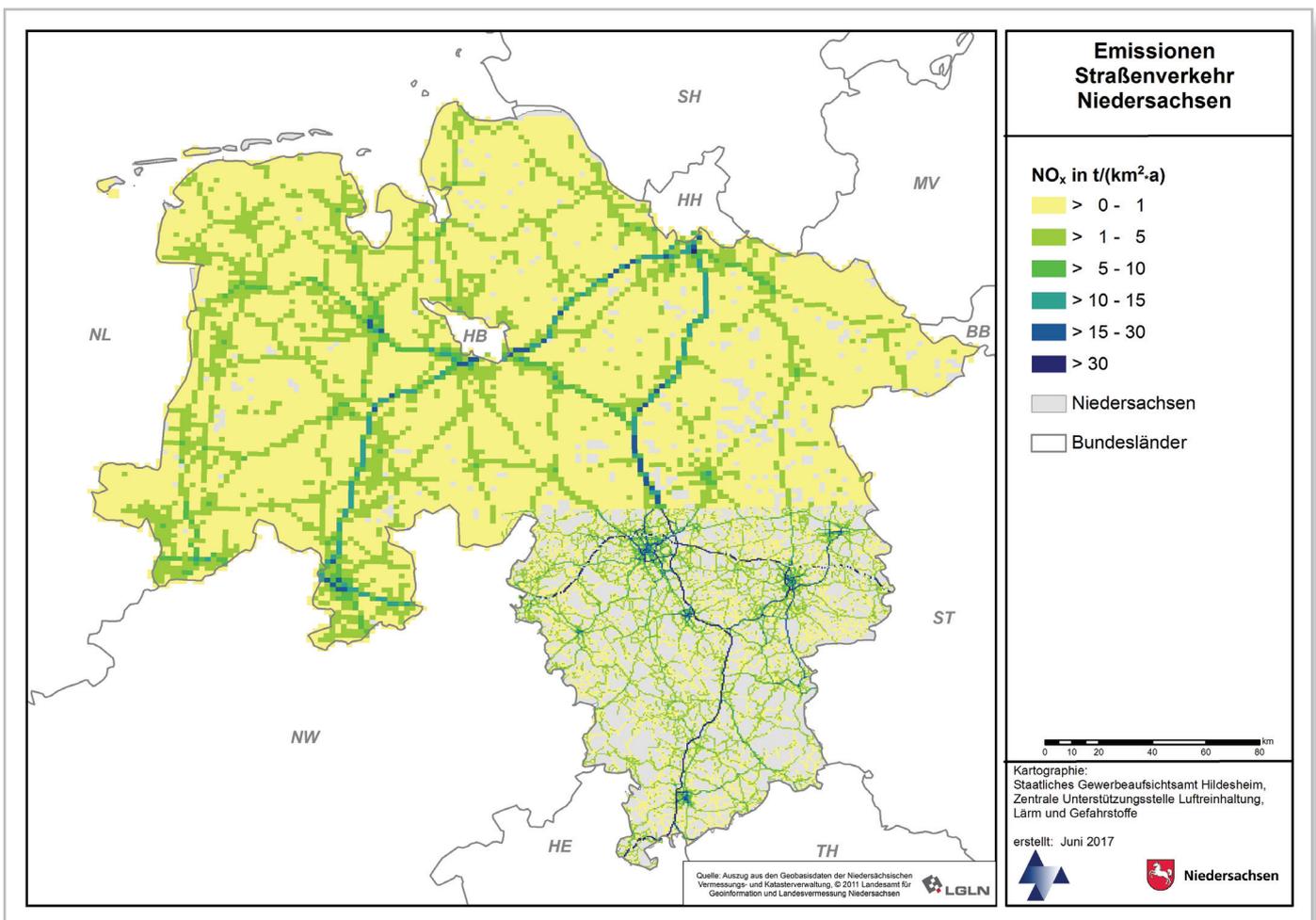


Abbildung 6: NO_x-Emissionen Straßenverkehr

Darstellung der mit den beschriebenen Ansätzen ermittelten Stickoxid (NO_x)-Emissionen durch den Straßenverkehr in t/(km²*a) auf den vorgegebenen Rastergitterzellen

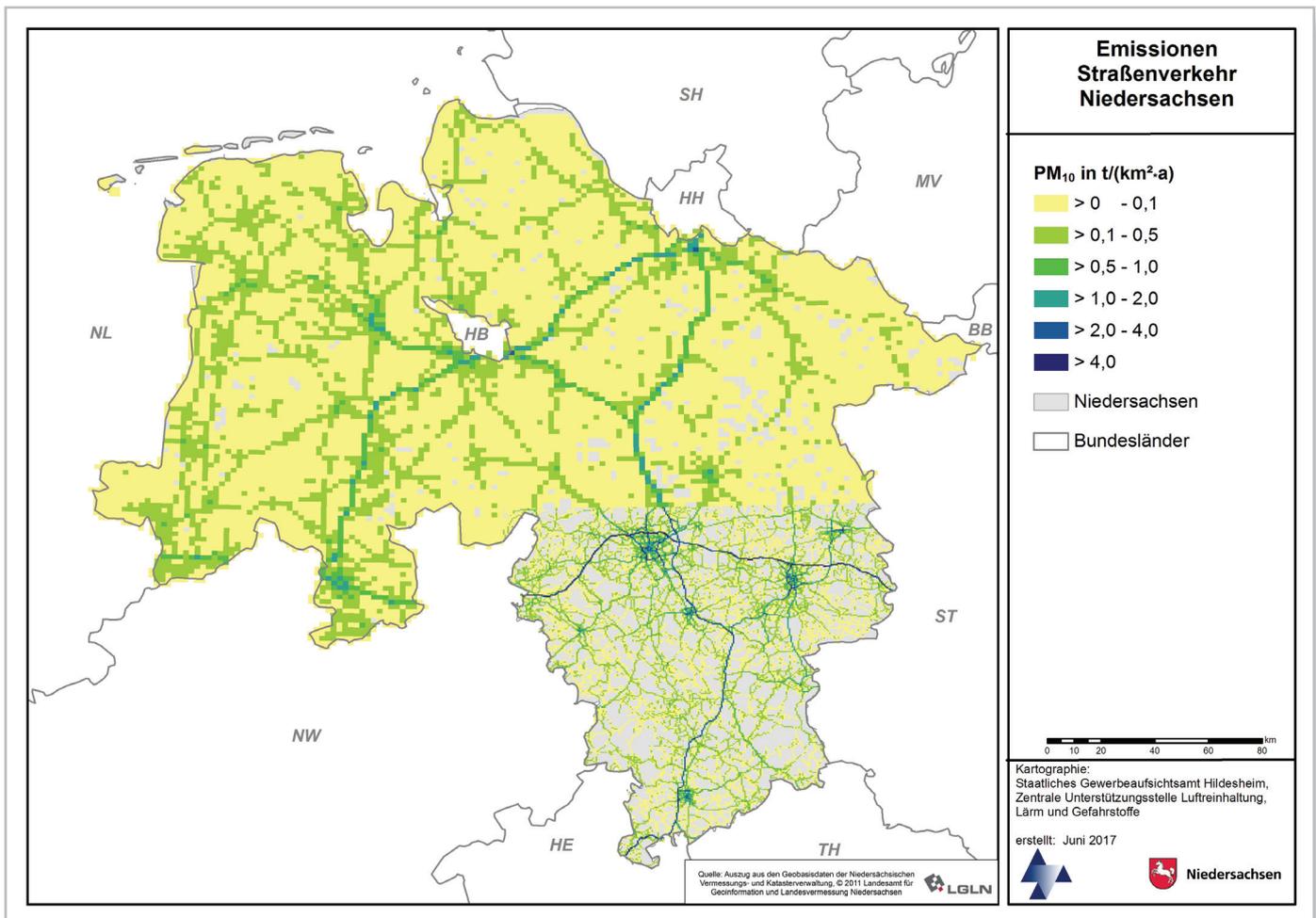


Abbildung 7: PM₁₀-Emissionen Straßenverkehr

*Darstellung der mit den beschriebenen Ansätzen ermittelten Feinstaub (PM₁₀)-Emissionen durch den Straßenverkehr in t/(km²*a) auf den vorgegebenen Rastergitterzellen*

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden für die Berechnung der Hintergrundimmissionsbelastung genutzt und im Anschluss auch für die kleinskalige Berechnung der Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr. Hierdurch kommt es bis zu einem gewissen Maß zu einer doppelten Berücksichtigung der Emissionen des Straßenverkehrs. Diese Problematik ist jedoch dem Verfahren inhärent, da es mithilfe des verwendeten Screeningverfahrens nicht möglich ist, für

jeden Straßenabschnitt eine neue Hintergrundbelastung ohne die Emissionen des zu betrachtenden Straßenabschnittes zu berechnen. Durch die genutzten Maschenweiten des Rengitters (2 km * 2 km und 0,5 km * 0,5 km) sowie die vertikale Erstreckung der untersten Modellschicht (0-25 m. ü. Gr.) führen diese doppelt berücksichtigten Einzelquellen jedoch nur zu einer geringen Überschätzung der tatsächlichen Immissionskonzentration.



5.3 Meteorologische Daten

Detaillierte Angaben zur Vorgehensweise für die Berechnung der meteorologischen Daten für das HErmEliN-Projekt sind im Teilbericht „Kopplungsdaten im Rahmen von HErmEliN“ [22] zu finden. Es wird im Folgenden lediglich auf die wichtigsten Punkte eingegangen, die für die Hotspot-Ermittlung zum Tragen kommen.

Für die Berechnungen der zusätzlichen Immissionsbelastung durch den Kfz-Verkehr in bebauten Straßenräumen wird von der ZUS LLG routinemäßig das Screening-Modell IMMIS^{Luft} [18] eingesetzt. Die meteorologischen Eingangsdaten werden dem Modell in Form von Dateien sogenannter Kopplungskoeffizienten zur Verfügung gestellt. Zur Bereitstellung dieser Kopplungskoeffizienten wurde das TRAMPER-System genutzt.

Hierfür wurden auf Basis modellierter Meteorologiefelder Teilgebiete von Niedersachsen abgeleitet, für die räumlich repräsentative Kopplungskoeffizienten erstellt wurden. Für

die Einteilung Niedersachsens in Bereiche ähnlicher Windsituationen wurde eine Clusteranalyse über die Windrichtungsverteilungen durchgeführt. Obschon in Bereichen mit relevanten orographischen Strukturen, wie z. B. Tälern, eine solche Clusterung die Variationen in den konkreten Windrichtungsverteilungen in der Regel nicht in der realen Differenzierung abbilden kann, ist der Einsatz einer Clusterung zur Vereinfachung und Vereinheitlichung sachgerecht.

Das Ergebnis dieser Clusterung ist die Aufteilung des Landesgebiets Niedersachsens in acht Cluster mit meteorologisch ähnlichen Bedingungen (Abbildung 8). Als repräsentatives Bezugsjahr für die Kopplungskoeffizienten wurde das Jahr 2011 bestimmt [23].

Die Windrosen in Abbildung 9 und Abbildung 10 stellen in 10°-Schritten die Häufigkeit der Windrichtung differenziert nach Windgeschwindigkeitsklassen für die acht räumlichen Cluster dar.

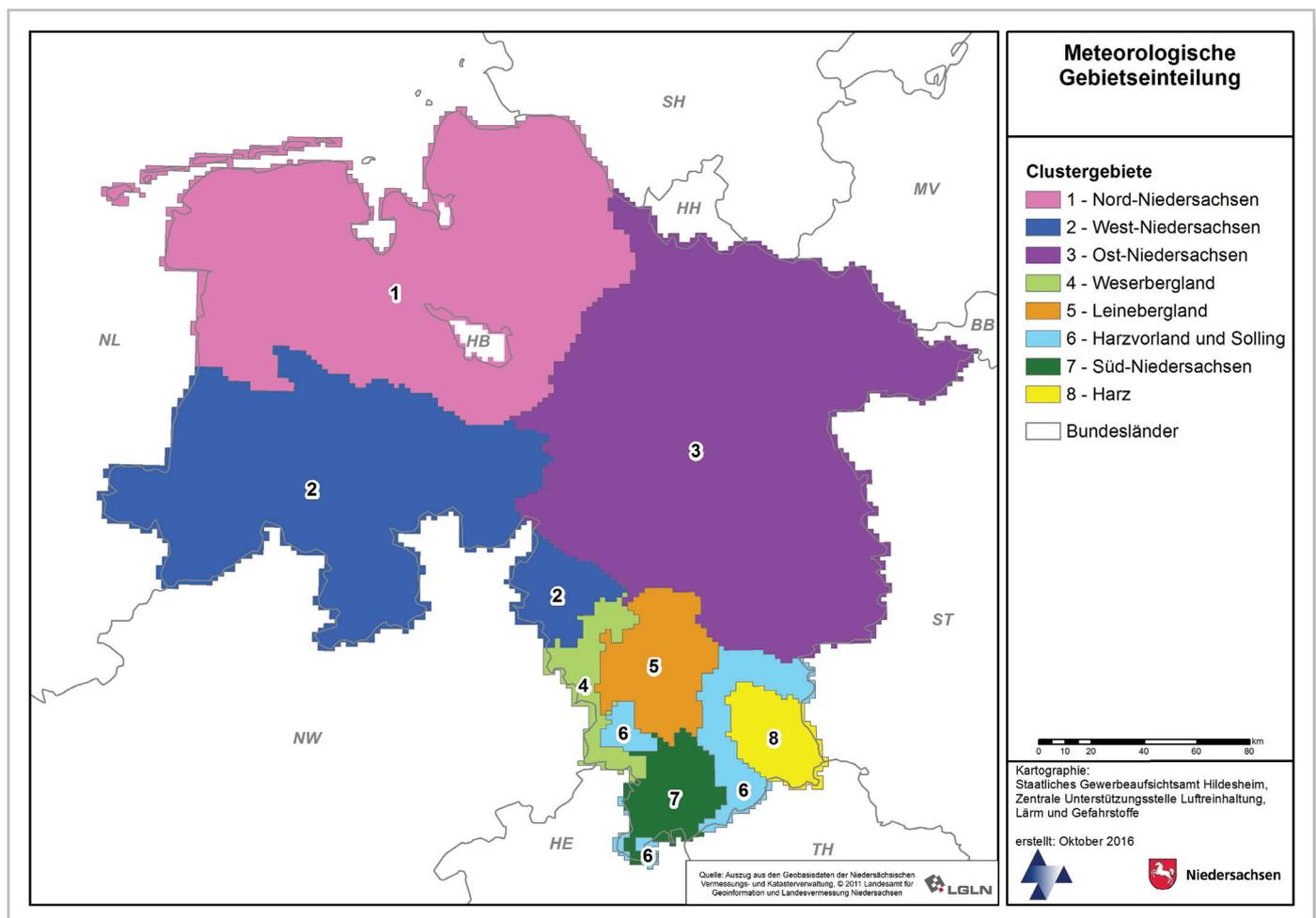


Abbildung 8: Meteorologische Gebietseinteilung

Räumliche Aufteilung Niedersachsens in acht meteorologisch ähnliche Clustergebiete, Nord-Niedersachsen (1), West-Niedersachsen (2), Ost-Niedersachsen (3), Weserbergland (4), Leinebergland (5), Harzvorland und Solling (6), Süd-Niedersachsen (7) und Harz (8)

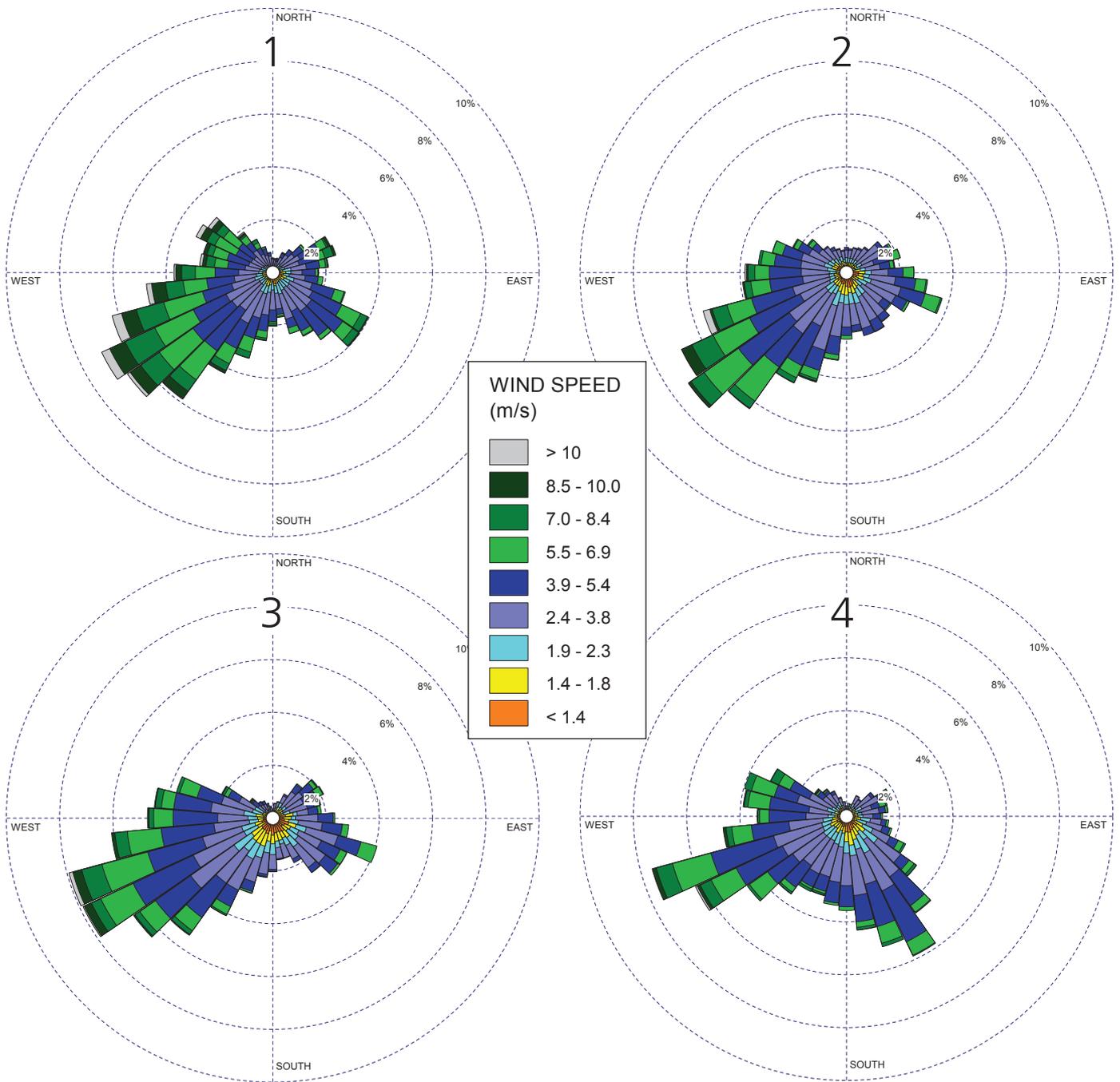


Abbildung 9: Windrosen Cluster 1-4

Prozentuale Verteilung der Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit zur Windrichtung in 10°-Klassen für die Clustergebiete Nord-Niedersachsen (1), West-Niedersachsen (2), Ost-Niedersachsen (3) und Weserbergland (4)

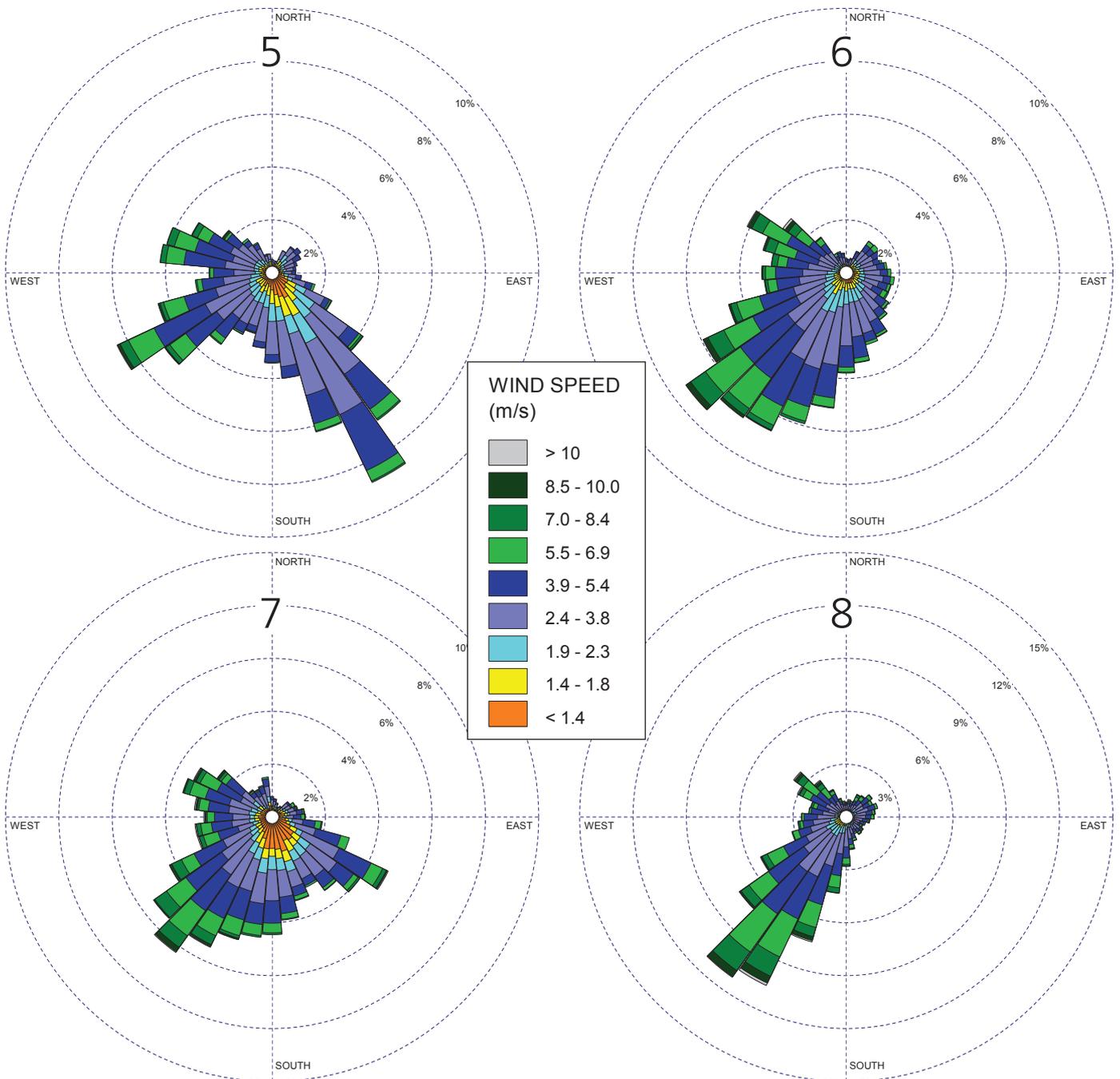


Abbildung 10: Windrosen Cluster 5-8

Prozentuale Verteilung der Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit zur Windrichtung in 10°-Klassen für die Clustergebiete Leinebergland (5), Harzvorland und Solling (6), Süd-Niedersachsen (7) und Harz (8)

5.4 Hintergrundbelastung

Die im HErMElIN-Projekt durchgeführten Berechnungen der mittleren jährlichen Immissionsbelastung durch Luftschadstoffe wurden für die regionale Skala (Niedersachsen gesamt) und zusätzlich für die regional/urbane Skala (südliches Niedersachsen) durchgeführt. Für die Berechnung der Gesamthintergrundimmission wurden die Emissionen für die Quellgruppen Industrie, Landwirtschaft, Hausbrand, Straßen, Schienen und Offroadverkehr sowie Schifffahrt für Niedersachsen verwendet. Ergänzt wurde diese Datenbasis um die Emissionen aus den weiteren Quellgruppen in und außerhalb Niedersachsens, die nicht im Rahmen des HErMElIN-Projektes ermittelt werden konnten.

Mit diesen Emissionsdaten wurden Ausbreitungsrechnungen für jede Stunde eines vollständigen Jahres durchgeführt. Im Anschluss erfolgte eine Assimilation der Modell- daten an die Messdaten des LÜN-Stationsnetzes für das Bezugsjahr 2011 auf stündlicher Basis. Generell werden aus dieser Berechnung des Hintergrundes die Werte der bodennächsten Schicht des Rechenmodells (0-25 m ü. Gr.) betrachtet.

Die resultierenden räumlichen Verteilungen für NO_x, NO₂ und PM₁₀ sind in Abbildung 11 bis Abbildung 13 dargestellt. Die weiteren berechneten Hintergrundkarten sind im Gesamtbericht zum HErMElIN-Projekt [5] zu finden.

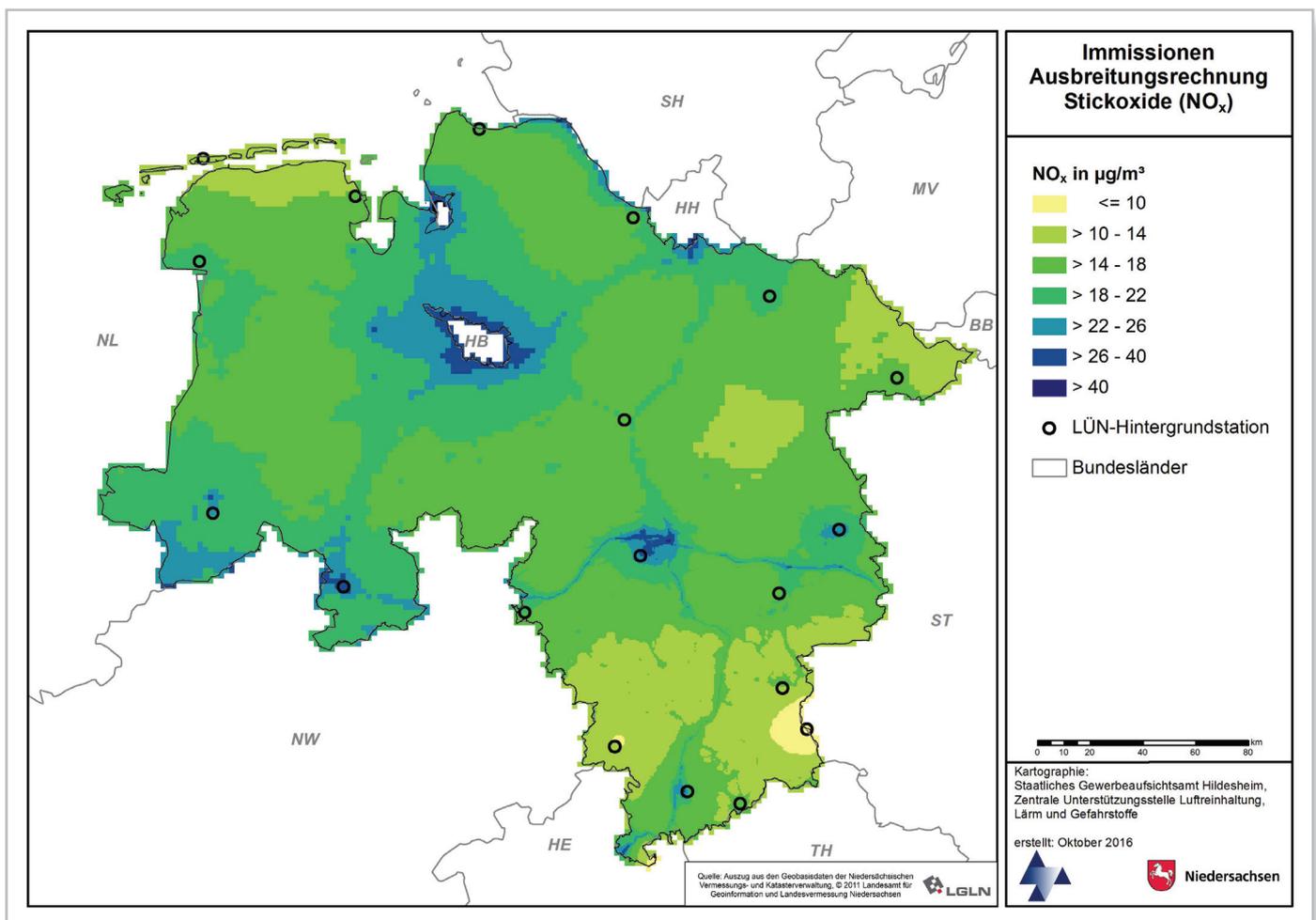


Abbildung 11: NO_x-Immissionen

Ergebnis der Ausbreitungsrechnung für Stickoxide (NO_x)-Hintergrund-Immissionen (Jahresmittelwert in µg/m³) auf Basis der im HErMElIN-Projekt ermittelten Emissionen, dargestellt auf den Rechenrastern von 2 km * 2 km (Niedersachsen) und 0,5 km * 0,5 km (südliches Niedersachsen)

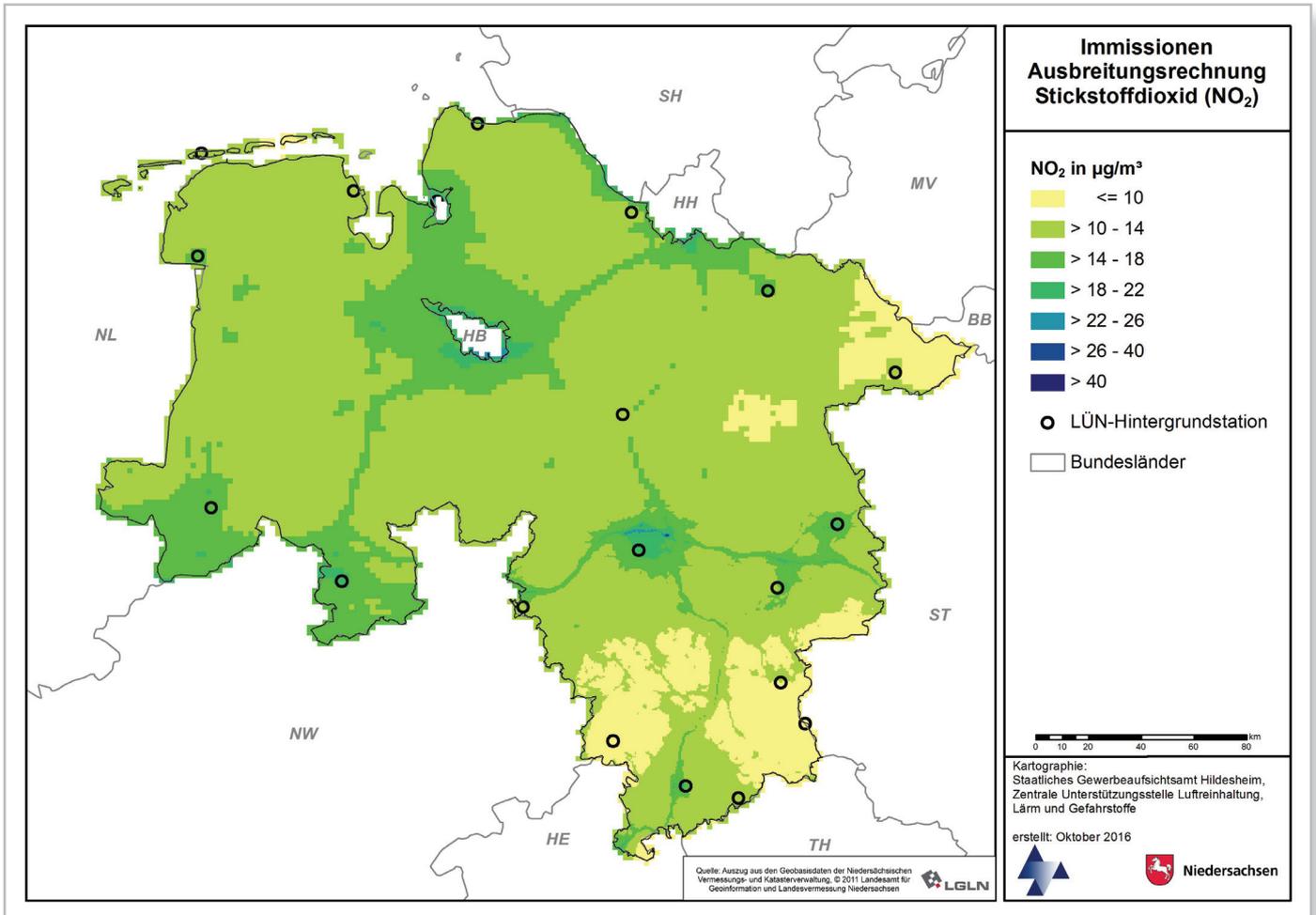


Abbildung 12: NO₂-Immissionen

Ergebnis der Ausbreitungsrechnung für Stickstoffdioxid (NO₂)-Hintergrund-Immissionen (Jahresmittelwert in µg/m³) auf Basis der im HErmEliN-Projekt ermittelten Emissionen, dargestellt auf den Rechenrastern von 2 km * 2 km (Niedersachsen) und 0,5 km * 0,5 km (südliches Niedersachsen)

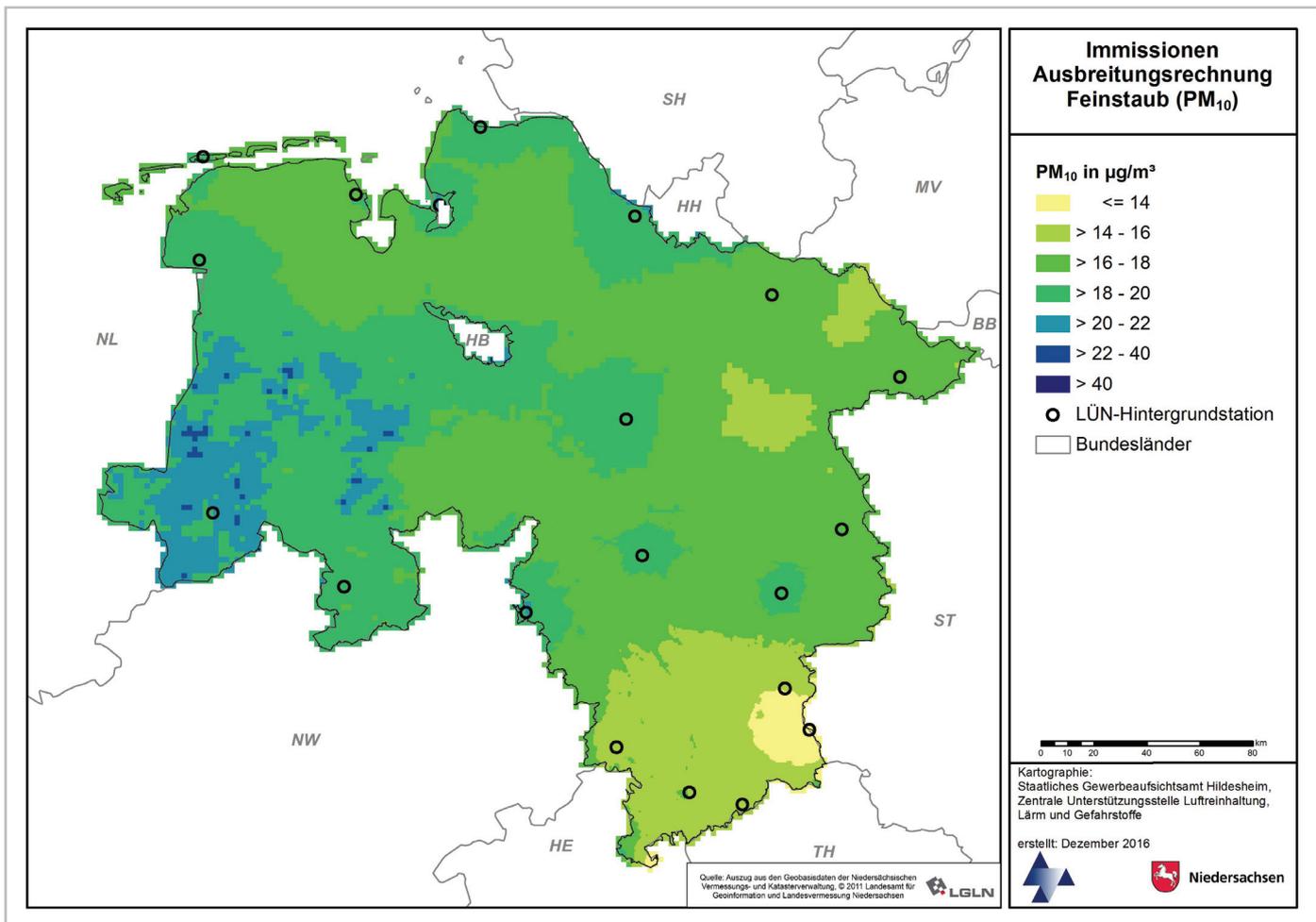


Abbildung 13: PM₁₀-Immissionen

Ergebnis der Ausbreitungsrechnung für Feinstaub (PM₁₀)-Hintergrund-Immissionen (Jahresmittelwert in µg/m³) auf Basis der im HErmEliN-Projekt ermittelten Emissionen, dargestellt auf den Rechenrastern von 2 km * 2 km (Niedersachsen) und 0,5 km * 0,5 km (südliches Niedersachsen)

5.4.1 Urbane Hintergrundbelastung

In der räumlichen Verteilung der berechneten mittleren jährlichen Immissionen treten sowohl bei den Stickoxiden als auch beim Feinstaub städtische Gebiete als Bereiche mit erhöhten Immissionsbelastungen hervor (Abbildung 11 bis Abbildung 13). Diese Verteilung wird in Abbildung 14 noch einmal durch die Darstellung der Mediane der Verteilungen der berechneten Immissionen für die betrachteten Luftschadstoffe veranschaulicht. Unterschieden wird hierbei nach Rechengitterzellen in und außerhalb von Stadtgebieten. Als Stadtgebiete sind in diesem Fall alle Bereiche zusammengefasst, die im ATKIS-Datensatz eine zusammenhängend bebaute Fläche von mindestens 4 km² aufweisen. Dieser Definition folgend liegen 9 % aller Rechengitterzellen innerhalb und 91 % außerhalb von Stadtgebieten. Der Median der Gesamtverteilung, bezogen auf alle Rechen-

gitterzellen in Niedersachsen (ebenfalls in Abbildung 14), liegt daher näher an den ländlichen als an den städtischen Werten.

Generell liegen die Hintergrundwerte in den städtischen Bereichen höher als in den ländlichen Bereichen (+21 % bei NO_x, +23 % bei NO₂ und +8 % bei PM₁₀). Damit lässt sich in dieser eher großräumigen und überschlägigen Berechnung der Immissionen das beschriebene Bild der Steigerung der Belastung vom regionalen Hintergrund zu einem städtischen Hintergrund [14] beobachten (Abbildung 3). Dennoch können auch in eher ländlich geprägten Bereichen wie beispielsweise im Südwesten Niedersachsens, der durch die Intensivierung und deren direkten Emissionen von Staub sowie der Emissionen von Vorläuferstoffen zur Bildung von Partikeln geprägt ist, höhere PM₁₀-Konzentrationen auftreten als in städtisch geprägten Bereichen oder Innenstädten. Am Ende



dieser Belastungssteigerung befinden sich, auf diese Hintergrundbelastungen aufsetzend, die potenziellen Hotspots der Luftschadstoffbelastung, die durch lokale Emissionen (zumeist des Straßenverkehrs) maximale Immissionskonzentrationen aufweisen. Eine Ausnahme bildet erwartungsgemäß das O_3 , dessen berechnete Immissionen in den ländlichen Bereichen höhere Werte erreichen (durchschnittlich +3 %).

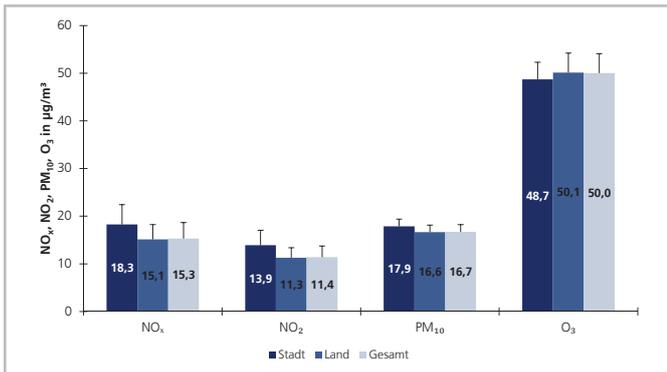


Abbildung 14: Vergleich Immissionen Stadt-Land

Flächenhafte Mediane der NO_x -, NO_2 -, PM_{10} - und O_3 -Werteverteilungen in und außerhalb von Stadtgebieten sowie für Gesamtniedersachsen

Dies bestätigt die Erfahrungen aus den langjährigen Messreihen an den Messstationen der Lufthygienischen Überwachung Niedersachsen (LÜN), wonach mit Überschreitungen der Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit in erster Linie in Städten zu rechnen ist. Hier liegt die Hintergrundbelastung, die sich in diesem Fall zusammensetzt aus dem regionalen und dem urbanen Hintergrund, signifikant höher als außerhalb der Städte.

5.5 Das Screening-Modell IMMIS^{luft}

Zur Berechnung der Zusatzbelastung durch die Emissionen von Luftschadstoffen des Straßenverkehrs wird im HERmELiN-Projekt das Rechenmodell IMMIS^{luft} [18] verwendet. Dieses Screeningmodell modelliert die Ausbreitung der Immissionen von Luftschadstoffen im Straßenraum. Es beruht auf dem CPB-Modell (Canyon-Plume-Box-Modell) [24] für Straßenschluchten und einem Box-Modell für offene Bebauungen.

Auf der Grundlage straßenspezifischer Daten zur Verkehrszusammensetzung und -stärke sowie mithilfe meteorologischer Daten, zumeist einer Ausbreitungsklassenstatistik einer meteorologischen Station über mehrere Jahre, werden straßenbezogene Jahresmittelwerte für verschiedene Luftschadstoffe berechnet. Das Screening-Verfahren nutzt hierzu eine Vielzahl von bereits berechneten und in Tabellen abgelegten Faktoren (Kopplungskonstanten, Abschnitt 5.3), die dann für die jeweilige Kombination eines spezifischen Straßenabschnitts zusammen mit der vorgegebenen Meteorologie kombiniert werden. Aus diesen ergibt sich die mittlere jährliche zusätzliche Immission durch den Straßenverkehr. Da keine Neuberechnungen von Ausbreitungsszenarien vorgenommen werden müssen, ermöglicht dieses Verfahren eine schnelle Abschätzung der Immissionswerte entlang von Abschnitten von Straßennetzen ganzer Städte. Inhomogene Straßenabschnitte mit deutlich von der Norm abweichenden Randbedingungen können aufgrund der für sie eher inkompatiblen Kopplungskonstanten zu erhöhten Unsicherheiten führen.

Für jeden ermittelten Straßenabschnitt mit homogenen Ausgangsparametern zur Längsneigung, Porosität und Verkehrszusammensetzung und -stärke werden zwei Immissionspunkte in 1,5 m ü. Gr. und im Abstand von 15 % des Bebauungsabstandes von der Bebauung auf jeder Seite festgelegt. Als Ergebnis wird im Sinne der Konservativität der jeweils höhere Wert ausgegeben.

6. Ergebnis der Hotspot-Ermittlung

Die Ergebnisse der Ermittlung der geometrisch-potenziellen Hotspots wurden bereits in Abschnitt 5.1 dargestellt. Im HErmEliN-Projekt wird für die Ermittlung der berechneten potenziellen Hotspots der Luftschadstoffbelastung davon ausgegangen, dass es ausschließlich an diesen Orten zu deutlich erhöhten Luftschadstoffkonzentrationen kommen kann. Die Berechnung der Zusatzbelastung durch den lokalen Straßenverkehr beschränkt sich daher auf diese über 300.000 ermittelten Straßenabschnitte in Niedersachsen.

Das Ergebnis der Berechnungen der Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr mithilfe des in Abschnitt 5.5 beschriebenen Screening-Modells und der Verschneidung mit der Hintergrundbelastung (Abschnitt 5.4) ist die mittlere jährliche Gesamtbelastung an allen bestimmten geometrisch-potenziellen Hotspots (Abschnitt 5.1).

Ob ein potenzieller Schwerpunkt der Luftschadstoffbelastung vorliegt, hängt von der berechneten Gesamtbelastung im Vergleich zum Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit ab. Für NO₂ kann ein direkter Vergleich mit dem Grenzwert für den Jahresmittelwert von 40 µg/m³ durchgeführt werden. Aufgrund der Unsicherheit in der Methodik

der Modellrechnungen und der Eingangsdaten des Straßenverkehrs werden zusätzlich in einem ersten Schritt alle Straßenabschnitte mit einem berechneten Jahresmittelwert > 36 µg/m³ betrachtet.

Aus den Messungen des Messnetzes des Landes Niedersachsen (LÜN) sind bereits sieben Städte bekannt, in denen sich im Bezugsjahr 2011 NO₂-Hotspots mit einer über den Grenzwert hinaus gehenden Belastung von über 40 µg/m³ finden [25]. Für diese sieben Städte werden auch im Screening des HErmEliN-Projektes Hotspots identifiziert. Dazu werden in 36 weiteren Städten und Gemeinden potenzielle Hotspots für NO₂ durch das Screening ausgewiesen, so dass insgesamt in 43 Städten und Gemeinden berechnete potenzielle NO₂-Hotspots (mittlere jährliche NO₂-Belastung > 40 µg/m³) vorhanden sind. Nimmt man die Städte und Gemeinden mit Straßenabschnitten mit Jahresmittelwerten der NO₂-Konzentration von > 36 µg/m³ hinzu, sind es insgesamt 69 Städte und Gemeinden mit einem berechneten potenziellen Hotspot für das Bezugsjahr 2011.

Eine Übersicht der Städte und Gemeinden mit Hotspots bezogen auf den Jahresmittelwert der NO₂-Konzentration ist in Tabelle 3 und Abbildung 15 zu sehen.

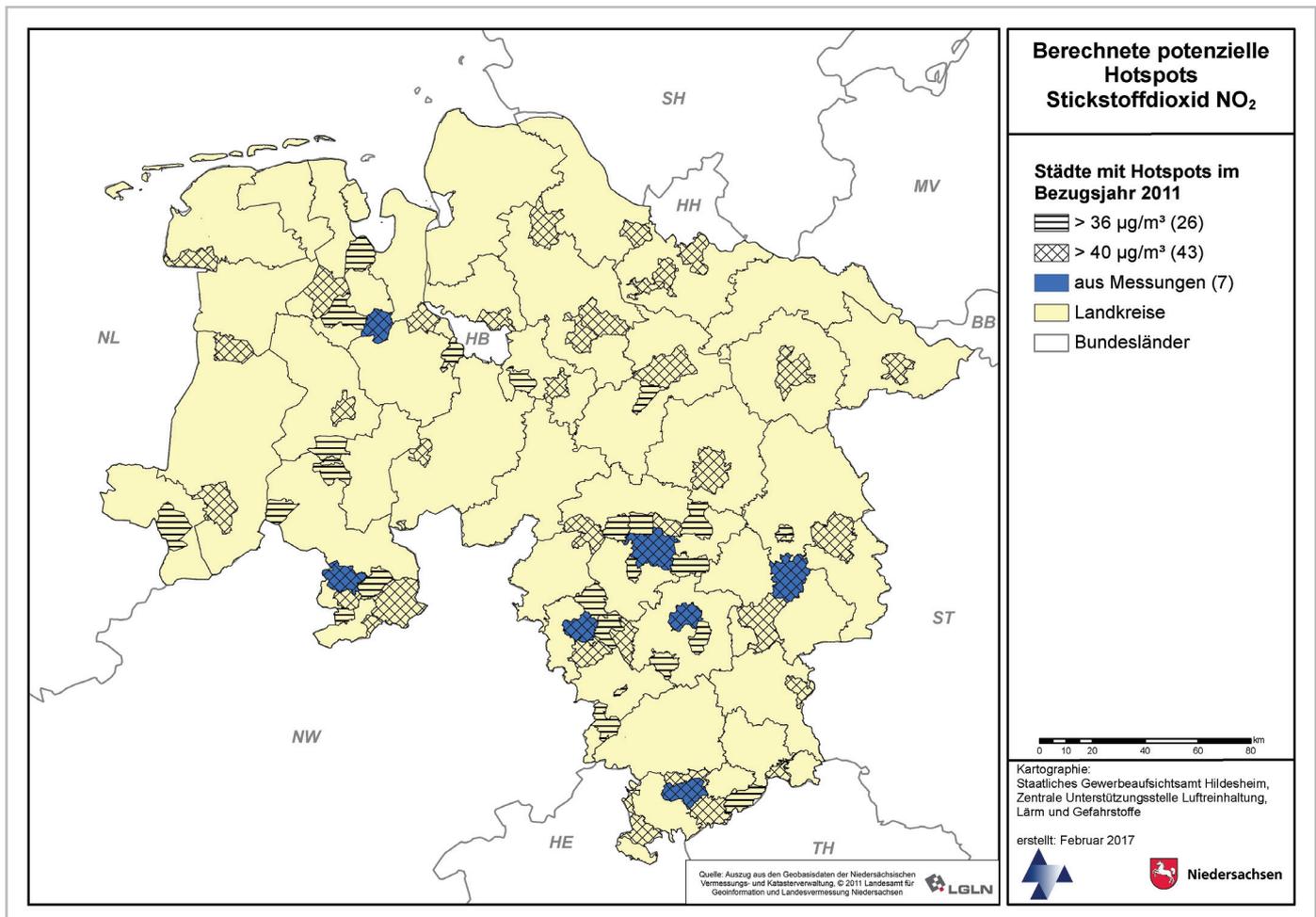


Abbildung 15: Städte und Gemeinden mit berechneten potenziellen Hotspots für NO₂
Übersicht der Kommunen mit Straßenabschnitten an denen der berechnete Jahresmittelwert der NO₂-Konzentration > 36 µg/m³ und > 40 µg/m³ liegt sowie der Kommunen mit gemessenen Jahresmittelwerten > 40 µg/m³ im Bezugsjahr 2011 (7)

**Tabelle 3: Städte und Gemeinden mit berechneten potenziellen Hotspots für NO₂**

Liste der Kommunen in Niedersachsen mit einem im HErmELiN-Projekt für das Bezugsjahr 2011 berechneten potenziellen Hotspot bezogen auf den Jahresmittelwert der NO₂-Konzentration, gruppiert nach Jahresmittelwerten.

NO ₂ -JMW > 50 µg/m ³			NO ₂ -JMW > 40 µg/m ³			NO ₂ -JMW > 36 µg/m ³		
Nr.	Stadt / Gemeinde	Regionale Zuordnung	Nr.	Stadt / Gemeinde	Regionale Zuordnung	Nr.	Stadt / Gemeinde	Regionale Zuordnung
1	Bad Lauterberg im Harz	Göttingen	15	Bad Harzburg	Goslar	44	Alfeld (Leine)	Hildesheim
2	Barnstorf	Diepholz	16	Barum	Uelzen	45	Bad Fallingbostal	Heidekreis
3	Bovenden	Göttingen	17	Berne	Wesermarsch	46	Bad Iburg	Osnabrück
4	Braunschweig	Braunschweig	18	Bremervörde	Rotenburg	47	Bad Münder am Deister	Hamel-Pyrmont
5	Buchholz i.d. Nordheide	Harburg	19	Celle	Celle	48	Bad Salzdetfurth	Hildesheim
6	Cloppenburg	Cloppenburg	20	Dissen am Teutoburger	Osnabrück	49	Bad Zwischenahn	Ammerland
7	Emden	Emden	21	Emmerthal	Hamel-Pyrmont	50	Badbergen	Osnabrück
8	Göttingen	Göttingen	22	Georgsmarien- hütte	Osnabrück	51	Bissendorf	Osnabrück
9	Hamel	Hamel	23	Gleichen	Göttingen	52	Burgdorf	Hannover
10	Hann. Münden	Göttingen	24	Hansestadt Buxtehude	Stade	53	Coppenbrügge	Hamel-Pyrmont
11	Hannover	Hannover	25	Hansestadt Uelzen	Uelzen	54	Delmenhorst	Delmenhorst
12	Hildesheim	Hildesheim	26	Lemförde	Diepholz	55	Duderstadt	Göttingen
13	Isernhagen	Hannover	27	Lilienthal	Osterholz	56	Essen (Oldenburg)	Cloppenburg
14	Osnabrück	Osnabrück	28	Lingen (Ems)	Emsland	57	Fürstenau	Osnabrück
			29	Lüchow (Wendland)	Lüchow-Dannenberg	58	Garbsen	Hannover
			30	Melle	Osnabrück	59	Holzminden	Holzminden
			31	Oldenburg (Oldb)	Oldenburg	60	Langenhagen	Hannover
			32	Papenburg	Emsland	61	Negenborn	Holzminden
			33	Rotenburg (Wümme)	Rotenburg	62	Nordhorn	Grafschaft Bentheim
			34	Salzgitter	Salzgitter	63	Quakenbrück	Osnabrück
			35	Salzhemm- endorf	Hamel-Pyrmont	64	Ribbesbüttel	Gifhorn
			36	Scheeßel	Rotenburg	65	Ronnenberg	Hannover
			37	Seevetal	Harburg	66	Rötgesbüttel	Gifhorn
			38	Soltau	Heidekreis	67	Sehnde	Hannover
			39	Tostedt	Harburg	68	Thedinghausen	Verden
			40	Verden (Aller)	Verden	69	Varel	Friesland
			41	Westerstede	Ammerland			
			42	Wolfsburg	Wolfsburg			
			43	Wunstorf	Hannover			

Beim Feinstaub PM₁₀ ist es in erster Linie die Überschreitungshäufigkeit des Grenzwerts für den Tagesmittelwert (50 µg/m³), die in der Vergangenheit an einigen, vor allem verkehrsnahen Messstationen zum Teil höher lag als die maximal erlaubten 35 Tage pro Jahr. Aus der empirischen Beziehung von Überschreitungshäufigkeit und Jahresmittelwert der PM₁₀-Konzentration, die sich aus den langjährigen Messungen an den Stationen des LÜN in Niedersachsen und auch aus Messungen in ganz Deutschland ergeben, lässt sich allerdings ein Wert von 28 µg/m³ als Jahresmittelwert ableiten, unterhalb dessen eine mehr als 35-malige Überschreitung des Tagesgrenzwerts von 50 µg/m³ mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Während bei einem PM₁₀-Jahresmittelwert von 30 µg/m³ davon auszugehen ist, dass der Grenzwert von 35 erlaubten Überschreitungstagen erreicht wird.

Bei den Messungen des Messnetzes des Landes Niedersachsen (LÜN) im Bezugsjahr 2011 wurde an keiner Station eine Überschreitung der maximal zulässigen Anzahl

der Überschreitungstage für den Tagesgrenzwert der PM₁₀-Konzentration ermittelt [25]. Lediglich zwei Stationen erreichen einen Jahresmittelwert von 28 µg/m³. Durch das Screening werden hingegen für das Bezugsjahr 2011 insgesamt 19 Städte und Gemeinden identifiziert, in denen ein Hotspot mit einem Jahresmittelwert ≥ 28 µg/m³ berechnet wird. Wie aber auch schon die Messwerte für das Bezugsjahr 2011 zeigen, bedingt ein Jahresmittelwert der PM₁₀-Konzentration von 28 µg/m³ oder höher nicht zwangsläufig eine Überschreitung der maximalen Anzahl der Überschreitungstage des Tagesgrenzwerts von 50 µg/m³, sondern ist als statistisches Äquivalent der Überschreitungshäufigkeit des Tagesmittelwertes anzusehen [25].

Eine Übersicht der Städte und Gemeinden mit berechneten potenziellen Hotspots, bezogen auf diesen statistischen Zusammenhang zwischen Jahresmittelwert der PM₁₀-Konzentration und der Überschreitungshäufigkeit des Tagesgrenzwerts, ist in Abbildung 16 und Tabelle 4 zu sehen.

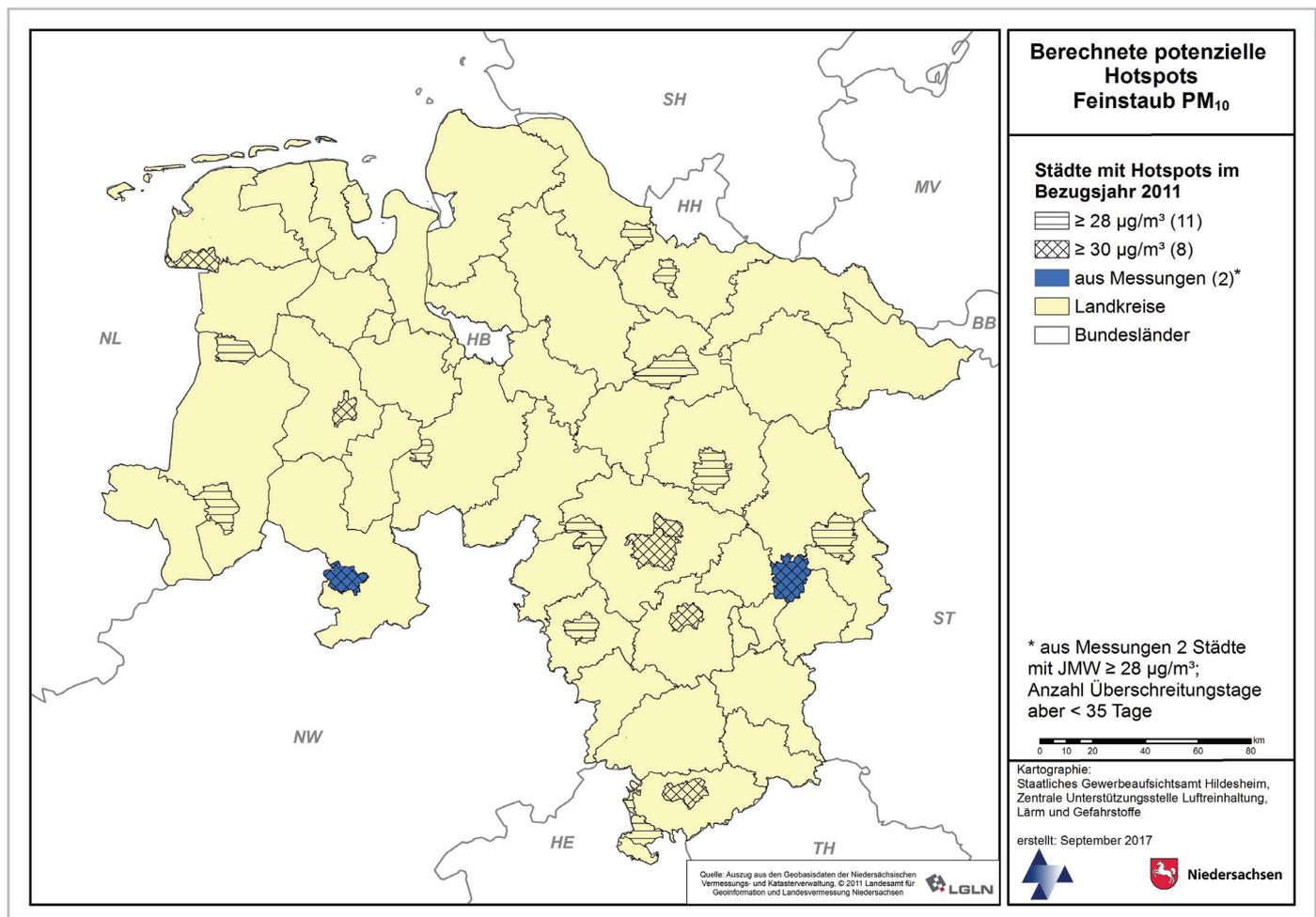


Abbildung 16: Städte und Gemeinden mit berechneten potenziellen Hotspots für PM₁₀
 Übersicht der Kommunen mit Straßenabschnitten an denen der berechnete Jahresmittelwert der PM₁₀-Konzentration ≥ 28 µg/m³ und ≥ 30 µg/m³ liegt sowie der Kommunen mit gemessenen Jahresmittelwerten ≥ 28 µg/m³ im Bezugsjahr 2011 (2).



7. Fazit und Ausblick

Tabelle 4: Städte und Gemeinden mit berechneten potenziellen Hotspots für PM₁₀

Liste der Kommunen in Niedersachsen mit einem im HErmEliN-Projekt für das Bezugsjahr 2011 berechneten potenziellen Hotspot bezogen auf eine mehr als 35-malige Überschreitung des Tagesgrenzwertes bei einem Jahresmittelwert der PM₁₀-Konzentration $\geq 28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PM ₁₀ -JMW	Nr.	Stadt / Gemeinde	Regionale Zuordnung
$\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	Braunschweig	Braunschweig
	2	Cloppenburg	Cloppenburg
	3	Emden	Emden
	4	Göttingen	Göttingen
	5	Hannover	Hannover
	6	Hildesheim	Hildesheim
	7	Isernhagen	Hannover
	8	Osnabrück	Osnabrück
$\geq 28 \mu\text{g}/\text{m}^3$	9	Barnstorf	Diepholz
	10	Buchholz i.d. Nordheide	Harburg
	11	Celle	Celle
	12	Hameln	Hameln
	13	Hann. Münden	Göttingen
	14	Hansestadt Buxtehude	Stade
	15	Lingen (Ems)	Emsland
	16	Papenburg	Emsland
	17	Soltau	Heidekreis
	18	Wolfsburg	Wolfsburg
	19	Wunstorf	Hannover

Ein Vergleich der an den Messstandorten des LÜN messtechnisch ermittelten und der durch das HErmEliN-Projekt berechneten NO₂- und PM₁₀-Konzentration zeigt im Bezugsjahr 2011 hinsichtlich der Höhe eine ausreichend gute Übereinstimmung. Die dabei ermittelten Abweichungen bewegen sich größtenteils im Rahmen des Datenqualitätszieles der 39. BImSchV. Größere Abweichungen zwischen Modell und Messung sind über die Art und Grenzen des Modells (Parametrisierung von Eingangsgrößen wie z. B. Verkehrsstärke und Porosität der Bebauung sowie fehlende Berücksichtigung von Bewuchs) erklärbar.

Für das Land Niedersachsen konnten auf Grundlage der beschriebenen Methodik verkehrsbezogene potenzielle Belastungsschwerpunkte durch Luftschadstoffe (Hotspots) identifiziert werden. Die Ergebnisse dieses Projektes bilden eine Basis für eine Überprüfung des bestehenden Messstationsnetzes im Land. Allerdings unterstützen die Ergebnisse die bisherigen Positionierungen von verkehrsbezogenen Messstationen, da genau diese Standorte auch in den hier angestellten Berechnungen als Hotspots der Luftschadstoffbelastung identifiziert werden konnten.

Insgesamt resultieren aus den Berechnungen des HErmEliN-Projektes mehr Städte mit einem potenziellen Hotspot der Luftschadstoffbelastung für NO₂ und auch für PM₁₀ als bislang messtechnisch erfasst wurden. Allerdings beruht die Berechnung der Immissionsbelastung und damit auch die Identifikation von Hotspots aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit realer Daten zum Teil auf nicht validierten oder synthetischen, mit dem EKatDyn erzeugten Daten zum Straßenverkehr. Sie bilden somit keine realen Verkehrsstärken und -zusammensetzungen ab, sondern parametrisierte Ansätze.

Auf Basis der Vorkenntnisse zu der Qualität der Eingangsdaten und des Modellsystems, sind die erzielten Ergebnisse durchweg positiv zu bewerten. In einem weiteren Schritt sind die Einzelergebnisse situationsbedingt zu hinterfragen. Nicht an jedem hier genannten potenziellen berechneten Hotspot werden daher in der Realität hohe Luftschadstoffimmissionen festgestellt werden können. Dennoch ist die gewählte Methodik geeignet dem gesetzlichen Auftrag der 39. BImSchV nachzukommen, die Orte festzustellen, „an denen die höchsten Werte auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt [...] ausgesetzt sein wird“ [1].

Die Erhebung realer Verkehrsdaten an den betreffenden Standorten in den Städten sollte mithin ein nächster Schritt zur Validierung der erzielten Ergebnisse zur Verkehrsbelastung und der kleinskaligen Ausbreitungsberechnung sein. Erst wenn die Eingangsdaten der Berechnungen validiert sind, kann darüber entschieden werden, ob eine Luftschadstoffmessung in dem Bereich eines berechneten potenziellen Hotspots sinnvoll ist.

Eine Fortführung der Arbeiten des HErmEliN-Projektes in der Zukunft, bezogen auf eine landesweite Überprüfung auf Hotspots der Luftschadstoffbelastung, wird in regelmäßigen Abständen von mehreren Jahren angestrebt. Neuberechnungen können allerdings nur dann zielführend sein und neue Erkenntnisse liefern, wenn neu erhobene bzw. aktualisierte Daten zu den landesweiten Emissionen und neue bzw. aktualisierte Verkehrsdaten vorliegen sowie die genutzten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge des Straßenverkehrs in hinreichender Weise den Realemissionen der Fahrzeuge entsprechen. Erst dann werden auch neue kleinskalige Ausbreitungsrechnungen zur Berechnung der Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr zu neuen und abschließend validierten Ergebnissen führen.

8. Literatur

- [1] Deutscher Bundestag, Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV), 2010.
- [2] EU, Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa: 2008/50/EG, 2008.
- [3] Verwaltungsgericht Hamburg, Urteil vom 05.11.2014, 9 K 1280/13, Luftreinhalteplan der Stadt Hamburg – zum Anspruch auf Einhaltung des Grenzwertes (Jahresmittelwertes) für Stickstoffdioxid, 2014.
- [4] EUGH, Urteil vom 19.11.2014 - Rs. C-404/13, Vorlage zur Vorabentscheidung – Umwelt – Luftqualität – Richtlinie 2008/50/EG – Grenzwerte für Stickstoffdioxid – Verpflichtung, unter Vorlage eines Luftqualitätsplans um Fristverlängerung zu ersuchen – Sanktionen, 2014.
- [5] GAA Hildesheim, HErmEliN: Gesamtbericht, Hildesheim, 2017.
- [6] GAA Hildesheim, HErmEliN: Methodik der Emissionsermittlung, Hildesheim, 2017.
- [7] VDI, Stadtklima und Luftreinhaltung: Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung, Springer, Berlin Heidelberg New York, 1988.
- [8] Deutscher Bundestag, Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen – 13. BImSchV), 2013.
- [9] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, 2002.
- [10] DGUV, GESTIS-Stoffdatenbank: Gefahrstoffinformationssystem, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., 2016.
- [11] D. Kallweit, B. Bünger, Umwelt und Mensch – Informationsdienst (November 2015) 69–72.
- [12] WHO, Ambient Outdoor Air Quality and Health: Fact sheet No. 313, Copenhagen, 2014.
- [13] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, Feinstaub: Diffuser Staub – Klares Handeln, 2010.
- [14] P. Lenschow, H.-J. Abraham, K. Kutzner, M. Lutz, J.-D. Preuss, W. Reichenbacher, Some ideas about the sources of PM₁₀, Atmospheric Environment 35 (2001) S23-S33.
- [15] IVU Umwelt, IMMIS^{build}: Handbuch Version 2.4, Freiburg, 2012.
- [16] IVU Umwelt, Anwendung von Autobuild für Niedersachsen: Dokumentation für das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, Freiburg, 2016.
- [17] INFRAS, HBEFA 3.2: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Bern, 2014.
- [18] IVU Umwelt, IMMIS^{em/luft}: Handbuch Version 6, Freiburg, 2015.
- [19] Tele Atlas, MultiNet®: Straßennetzdatenbank, Logi-ball GmbH, 2010.
- [20] VDI, Umweltmeteorologie; Kfz-Emissionsbestimmung; Luftbeimengungen, Beuth Verlag, Berlin 13.040.01; 13.040.50, 2003.
- [21] IVU Umwelt, Anwendung von EKatDyn für Niedersachsen: Dokumentation. Im Auftrag des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamts Hildesheim, Freiburg, 2015.
- [22] IVU Umwelt, Kopplungs-Daten im Rahmen von HErmEliN: Endbericht. Im Auftrag des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamts Hildesheim, Freiburg, 2014.
- [23] IVU Umwelt, Meteorologie-Daten für HErmEliN: Endbericht. Im Auftrag des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamts Hildesheim, Freiburg, 2014.
- [24] R.J. Yamartino, G. Wiegand, Development and Evaluation of Simple Models for the Flow, Turbulence and Pollutant Concentration Fields within an Urban Street Canyon, Atmospheric Environment 20 (1986) 2137–2156.
- [25] GAA Hildesheim, Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen: Jahresbericht 2011, Hildesheim, 2012.



Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung	Abkürzung	Erläuterung
ATKIS	Amtliches topographisch-kartographisches Informationssystem	NLStBV	Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung	(NM-)VOC	(Non-Methane) Volatile organic compounds; flüchtige organische Kohlenstoffe ohne Methan
BB	Brandenburg	NW	Nordrhein-Westfalen
BImSchG; BImSchV	Bundes-Immissionsschutzgesetz; -Verordnung	PKW	Personenkraftwagen
CPB	Canyon-Plume-Box-Model; kleinskaliges Ausbreitungsmodell	PM	Particulate Matter; Feinstaub
DESTATIS	Statistisches Bundesamt	RCG	Regional Eulerian Model – California Grid Model; Ausbreitungs-Rechenmodell für Immissionsberechnungen
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung	SH	Schleswig-Holstein
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke	ST	Sachsen-Anhalt
DWD	Deutscher Wetterdienst	SV	<i>hier:</i> Schwerverkehr-Anteil (Verkehrszahlen)
EKatDyn	Dynamisches Emissionskataster	TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
EU	Europäische Union	TH	Thüringen
EuGH	Europäischer Gerichtshof	TRAMPER	Tropospheric Realtime Applied Procedures for Environmental Research, Tropospharisches Echtzeit-Anwendungsverfahren für Umweltforschung (diagnostisches Analyseverfahren für meteorologische Felder)
EW	Einwohner	UFP	Ultrafeine Partikel
GAA	Staatliches Gewerbeaufsichtsamt	VDI	Verein deutscher Ingenieure
GIS	Geographisches Informationssystem	ZUS LLG	Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm und Gefahrstoffe
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs		
HB	Hansestadt Bremen		
HE	Hessen		
HH	Hansestadt Hamburg		
KBA	Kraftfahrtbundesamt		
Kfz	Kraftfahrzeuge		
LGLN	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen		
LKW	Lastkraftwagen		
LoD	Level of Detail; Detailgrad des Gebäude-modells		
LoS	Level of Service; Einstufung der Verkehrs-qualität		
LSN	Landesamt für Statistik Niedersachsen		
LÜN	Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen		
MultiNet®	Straßennetzdatenbank, von Tele Atlas (heute TomTom)		
MV	Mecklenburg-Vorpommern		
NHN	Normalhöhennull		
NL	Niederlande		
		Chemische Formel	Stoffname
		C_nH_m	Kohlenwasserstoffe
		CH₄	Methan
		CO; CO₂	Kohlenmonoxid; Kohlendioxid
		H₂SO₃	schweflige Säure
		NH₃	Ammoniak
		NH₄⁺	Ammonium-Ion
		N₂O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
		NO; NO₂	Stickstoffmonoxid; Stickstoffdioxid
		NO_x	stöchiometrische Summe aus NO und NO ₂ (Massenangaben bezogen auf NO ₂)
		NO₃⁻	Nitrat-Ion
		O₂; O₃	Sauerstoff; Ozon
		SO₂	Schwefeldioxid

Physikalische Einheit	Physikalische Größe	Bezeichnung
g	Masse	Gramm
t = Mg	Masse	Tonne (10 ⁶ g) = Megagramm
m	Länge	Meter
m. ü. Gr.	Höhe	Meter über Grund
Kfz/d	Anzahl pro Zeiteinheit	Kraftfahrzeuge pro Tag

Vorzeichen	Bezeichnung	Größenordnung
μ	Mikro	10 ⁻⁶
m	Milli	10 ⁻³
h	Hekto	10 ²
k	Kilo	10 ³
M	Mega	10 ⁶
G	Giga	10 ⁹

Zeiteinheiten	Bezeichnung
s	Sekunde
h	Stunde
d	Tag
a	Jahr



