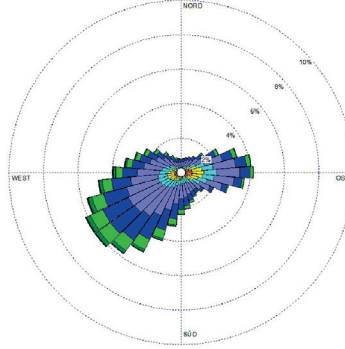
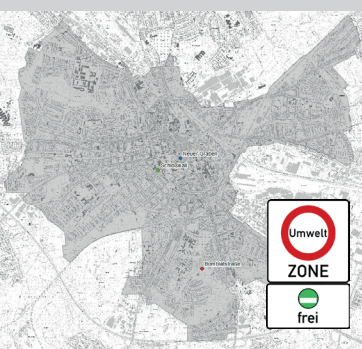




Staatliches
Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim



Modelltechnische Untersuchungen zur Wirkung der Umweltzone auf die NO_2 - und PM_{10} -Konzentration 2023 in Osnabrück

Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm,
Gefahrstoffe und Störfallvorsorge – ZUS LLGS



Niedersachsen



Herausgeber

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim
Goslarsche Straße 3, 31134 Hildesheim
Hildesheim, August 2025

Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm,
Gefahrstoffe und Störfallvorsorge (ZUS LLGS)



1. Inhalt

1. Aufgabenstellung und Methodik	4
2. Modelltechnische Untersuchungen	5
2.1 Analyse für das Bezugsjahr 2023	5
2.2 Vergleich der Modellwerte mit den Messwerten 2023.....	7
2.3 Minderungswirkung der Umweltzone durch Flottenanpassung im Bezugsjahr 2023	11
2.4 Minderungswirkung der Umweltzone durch Flottenanpassung und Verkehrsmengenerhöhung im Jahr 2023 – Maximale Wirkungsabschätzung.....	13
3. Zusammenfassung	15
4. Literaturverzeichnis	16
5. Anhang.....	17



1. Aufgabenstellung und Methodik

Die Stadt Osnabrück hat im Rahmen der Luftreinhalteplanung 2010 eine Umweltzone eingerichtet. Seitdem dürfen Fahrzeuge bestimmter Schadstoffklassen die ausgeschilderten Bereiche der Stadt nicht mehr befahren¹. Die letzte Stufe der Umweltzone wurde 2012 eingeführt. Seitdem dürfen nur noch Fahrzeuge mit grüner Plakette² die Umweltzone befahren. Die Luftschadstoffkonzentration wird seit vielen Jahren in Osnabrück messtechnisch am Schlosswall und Neuer Graben überwacht. Vor dem Hintergrund sinkender Schadstoffkonzentrationen sowie der damit verbundenen Diskussion um eine mögliche Aufhebung der Umweltzone hat die Stadt Osnabrück die ZUS LLGS beauftragt die Wirkung der Umweltzone in Osnabrück auf die NO₂- und PM₁₀-Konzentration im Jahr 2023 modelltechnisch zu untersuchen. Die modelltechnische Umsetzung der Aufgabenstellung wurde im Detail mit der Stadt Osnabrück abgestimmt.

Es wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Analyse der NO₂- und PM₁₀-Konzentration für das Bezugsjahr 2023
- Vergleich der Modellwerte mit den Messwerten 2023
- Wirkung der bestehenden Umweltzone durch Flottenanpassung im Bezugsjahr 2023 (Minimalabschätzung)
- Wirkung der bestehenden Umweltzone durch Flottenanpassung und Verkehrsmengenerhöhung im Bezugsjahr 2023 (Maximalabschätzung)

Folgende Bedingungen sind Grundlage der o. g. Untersuchungen:

- Die Untersuchung wurde für das gesamte Stadtgebiet von Osnabrück durchgeführt und bezieht sich auf die Verkehrsmengen, die mit der Stadt Osnabrück im Jahr 2024 abgestimmt wurden.
- Die Generierung der Abschnitte erfolgte aus dem Straßen- und Gebäudedatenbestand. Dabei wurde entlang des vollständigen Hauptstraßennetzes nach homogenen Bebauungsmustern gesucht, die als IMMIS^{luft}-Abschnitte hinsichtlich der Bebauungsstruktur parametrisiert und für die jeweils eine Immissionskonzentration ermittelt wurde. Innerhalb einer Straße gibt es in der Regel mehrere solcher IMMIS^{luft}-Abschnitte, die aufgrund der abschnittsspezifischen Randbebauung unterschiedlich hohe Immissionen aufweisen können.

¹Ab 2010 durften nur Fahrzeuge mit einer roten, gelben oder grünen Plakette die Umweltzone befahren. 2011 trat eine Verschärfung der Umweltzone in Kraft, die Fahrzeuge mit roter Plakette aussperrte. Seit 2012 werden auch Fahrzeuge mit gelber Plakette ausgesperrt und die Einfahrt in die Umweltzone ist ausschließlich Fahrzeugen mit grüner Plakette gestattet.

- Es lagen aktuelle Daten zu den Busflotten differenziert nach Euroklassen und dem Anteil von Elektrobussen verschiedener Unternehmen im Stadtgebiet vor. Aus diesen Daten wurde eine durchschnittliche Busflotte mit einem Elektrobusananteil von rund 32 % für 2023 erstellt, die für die Berechnung der Emissionen des Haupt- und Nebenstraßennetzes sowie für einen Großteil der Berechnung der Gesamtimmissionen an den untersuchten Abschnitten verwendet wurde. An Abschnitten mit einem höheren Elektrobusananteil als im Durchschnitt (siehe Abbildung 13 im Anhang) wurden gestaffelt angepasste Busflotten mit mittleren Elektrobusananteilen von 42, 55, 65, 75, 85 und 95 % erstellt.
- Im gewählten Verfahren wurde in einem zweistufigen Prozess zunächst mit dem immissionsklimatologischen Ausbreitungsmodell IMMIS^{net} (IVU Umwelt, 2018) die städtische Hintergrundbelastung als Überdachkonzentration an den zu untersuchenden Straßenabschnitten bestimmt. Diese bildet zusammen mit der regionalen Hintergrundbelastung die Vorbelastung jedes Straßenabschnitts. Mit dem Screening-Modell IMMIS^{luft} in der Version 9 (IVU Umwelt, 2022) wurde anschließend die Zusatzbelastung, die der Straßenverkehr selbst in dem jeweiligen Straßenabschnitt verursacht, ermittelt. Das verwendete Modell IMMIS^{luft} 9 basiert auf dem HBEFA 4.2 (Infras, 2022).
- Der städtische Hintergrund wurde auf der Grundlage des aktuell vorliegenden Emissionskatasters angefertigt. Hierbei wurden industrielle Emissionen, Emissionen aus Hausbrand und Emissionen aus dem Bahn-, Binnenschiff- und Straßenverkehr sowie der Einfluss der Umweltzone berücksichtigt. Eine Übersicht der verwendeten Emissionen ist im Anhang in Tabelle 5 und in Abbildung 12 dargestellt.
- Zur Abschätzung der regionalen Hintergrundbelastung wurden die Messdaten einer Station aus dem Lufthygienischen Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) ausgewertet, die im Stadtgebiet von Osnabrück liegt. Mit dem Modell IMMIS^{net} wurde unter Berücksichtigung der o. g. Emissionen die städtische Hintergrundbelastung an der Station Bomblatstraße berechnet. Die Differenz zwischen berechneten und gemessenen Werten zeigte den Anteil des regionalen Hintergrunds, der für das gesamte Stadtgebiet von Osnabrück verwendet wurde. Zusätzlich wurden diese regionalen Hintergrundwerte mit denen aus einem alternativen Ansatz verifiziert. Hierzu wurde der regionale Hintergrund aus UBA-Hintergrundkarten, die für die Jahre 2020 und 2030 vorlagen, für das Bezugsjahr 2023 durch ein Interpolationsverfahren abgeleitet (Umweltbundesamt, FG II 4.2 - Beurteilung der Luftqualität, 2023). Die aus den UBA-Karten abgeleiteten und nur für die Verifizierung verwendeten Werte liegen

²35. BImSchV, Diesel ab Euro 4, Benzin mit geregelter Katalysator sowie von Fahrzeugen ohne Verbrennungsmotor wie z. B. Elektroautos



für NO_x und PM_{10} um etwa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höher als die Werte, die über die Immissionsberechnung ermittelt wurden.

- Für die $\text{IMMIS}^{\text{net}}$ -Berechnung wurden meteorologische Daten einer synthetischen Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) der IfU Analytik GmbH für das Innenstadgebiet Osnabrück (Bezugszeitraum: 2009 - 2018) verwendet. Da programmspezifische Dateien mit meteorologischen Kopplungskonstanten für diese AKS nicht vorlagen, wurde für die Berechnung mit $\text{IMMIS}^{\text{luft}}$ auf Bestandsdaten einer Ausbreitungsklassenstatistik der DWD-Station Osnabrück der Jahre 2000 - 2009 zurückgegriffen.
- Die Ermittlung der NO_2 -Immission erfolgte im Nachgang zur Ausbreitungsmodellierung auf Basis der berechneten NO_x -Gesamtkonzentration. Zur Ermittlung der NO_2 -Immissionen empfiehlt das UBA mit seiner Veröffentlichung (Umweltbundesamt, 2021a) einen statistischen Romberg-Ansatz mit aktuellen Parametern zu verwenden und verweist hierzu auf die Bachelorarbeit von C. Schlamberger (Schlamberger, 2020). Die darin beschriebene und auf aktuellen Daten basierende Parameteraktualisierung wurde in der vorliegenden Untersuchung angewandt.

$$\text{NO}_2 = \frac{28,17 \times \text{NO}_x}{31,28 + \text{NO}_x} + 0,21 \times \text{NO}_x$$

- Die aktuell geltenden Grenzwerte für Luftschadstoffe wie NO_2 und PM_{10} basieren auf der Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG, 2008) und wurden mit der Neununddreißigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV, 2010) 2010 in nationales Recht umgesetzt. Eine Übersicht relevanter Grenzwerte ist im Anhang in Tabelle 7 dargestellt.

2. Modelltechnische Untersuchungen

2.1 Analyse für das Bezugsjahr 2023

Die Modellrechnung basierend auf den Emissionsfaktoren des HBEFA 4.2 ergeben für das Bezugsjahr 2023 unter Berücksichtigung der Umweltzone im Jahresmittel die in der Tabelle 1, Abbildung 1 und Abbildung 2 dargestellten Konzentrationen.

Tabelle 1: Berechnete NO_2 - und PM_{10} -Jahresmittelwerte an ausgewählten Belastungsschwerpunkten im Jahr 2023 mit Umweltzone

ID	Standort	NO_2 -Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM_{10} -Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
29208	Martinistraße	29,3	18,8
27704	Goethering	28,5	18,4
27672	Johannisstraße	28,2	19,1
27703	Goethering	27,4	17,9
29206	Martinistaße	26,9	17,9
27705	Goethering	26,1	17,5
27658*	Neumarkt ³	25,9	18,1
27708	E.-M. Remarque Ring	25,7	17,3
27682	Petersburger Wall	25,7	17,5
29205	Martinistr.	25,6	17,2
28445	An der Petersburg	25,5	17,6
27710	Schlosswall	25,4	16,9
28485	Iburger Straße	25,1	17,2
29207	Martinistraße	25,1	17,1
29168	Lotter Straße	24,7	16,9
27560	Moeser Straße	24,7	17,7
27671	Iburger Straße	24,6	17,2
29169	Lotter Straße	24,3	16,8
27673	Iburger Straße	24,2	16,9

*Probenahmestelle

Die berechneten NO_2 -Jahresmittelwerte liegen mit 8 bis $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich unterhalb des aktuell für NO_2 gültigen Jahresgrenzwertes von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die höchste NO_2 -Konzentration wird mit $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für einen innerhalb der Umweltzone liegenden Abschnitt in der Martinistraße berechnet. Für rund 90 % der Abschnitte werden NO_2 -Jahresmittelwerte unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ modelliert. Im gesamten Stadtgebiet beträgt die mittlere NO_2 -Konzentration $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, innerhalb der Umweltzone liegt das Mittel mit $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ etwas höher.

³Neuer Graben bzw. Neumarkt

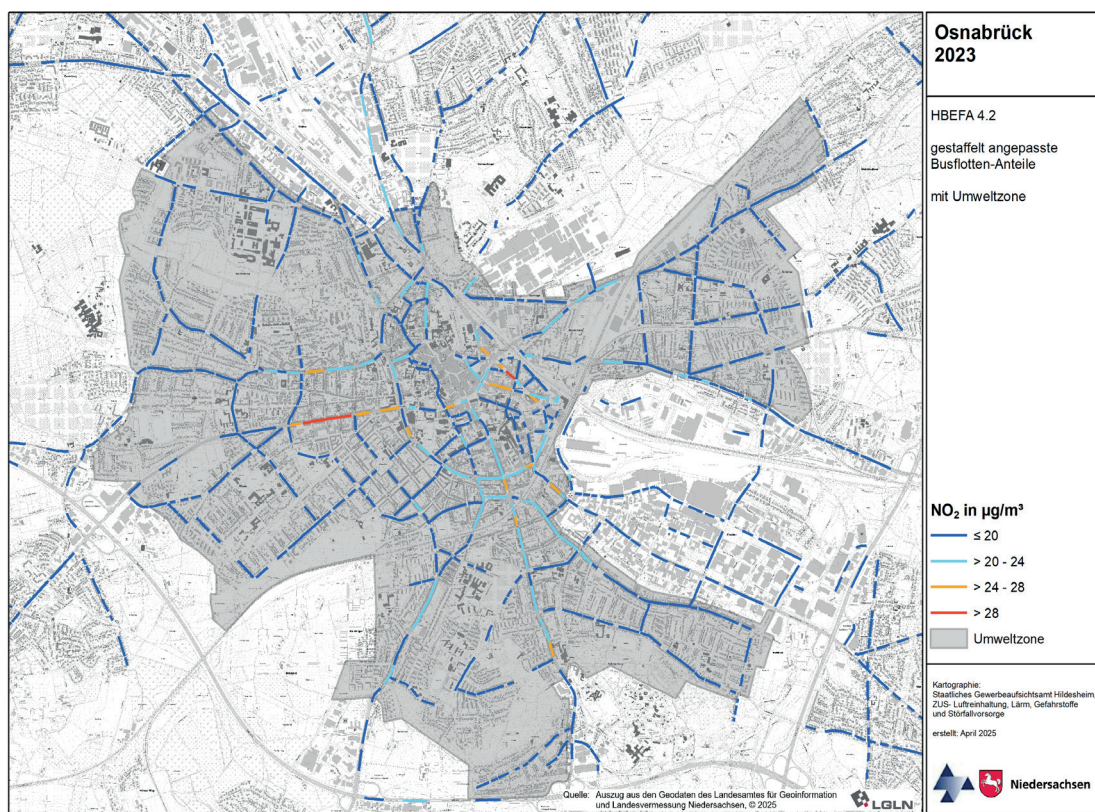


Abbildung 1: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte in Osnabrück im Bezugsjahr 2023 mit Umweltzone

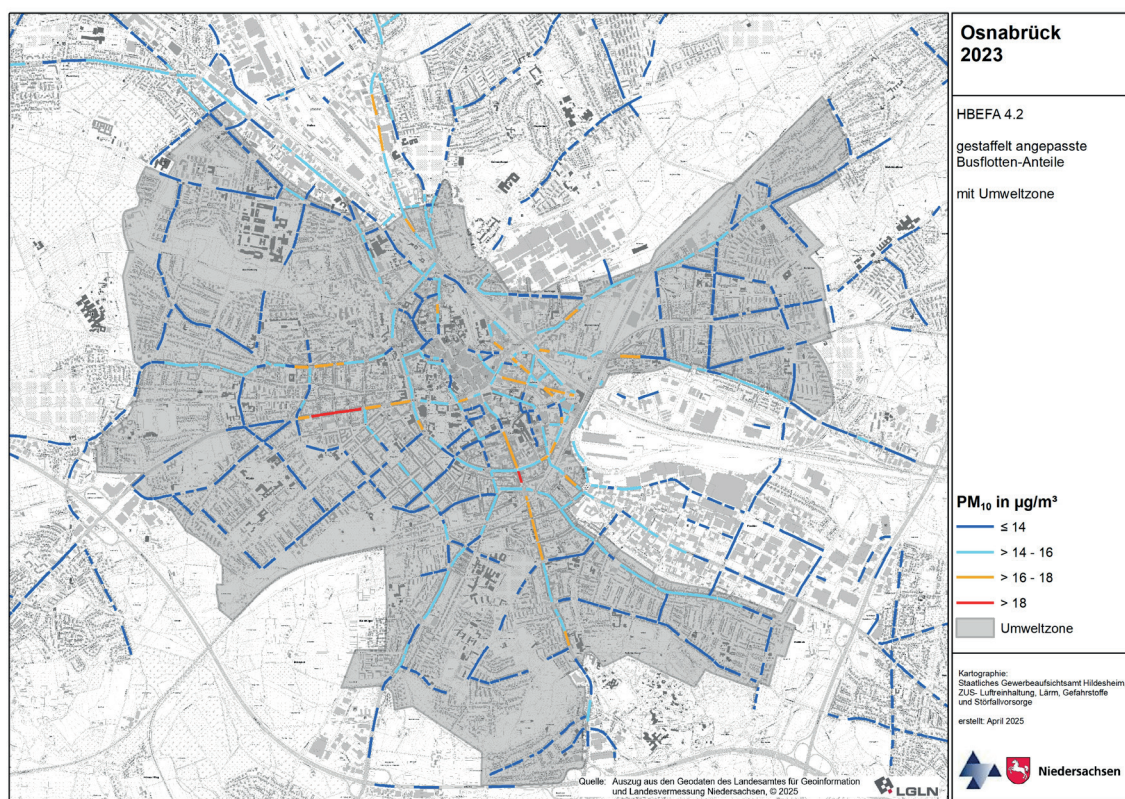


Abbildung 2: Berechnete PM₁₀-Jahresmittelwerte in Osnabrück im Bezugsjahr 2023 mit Umweltzone

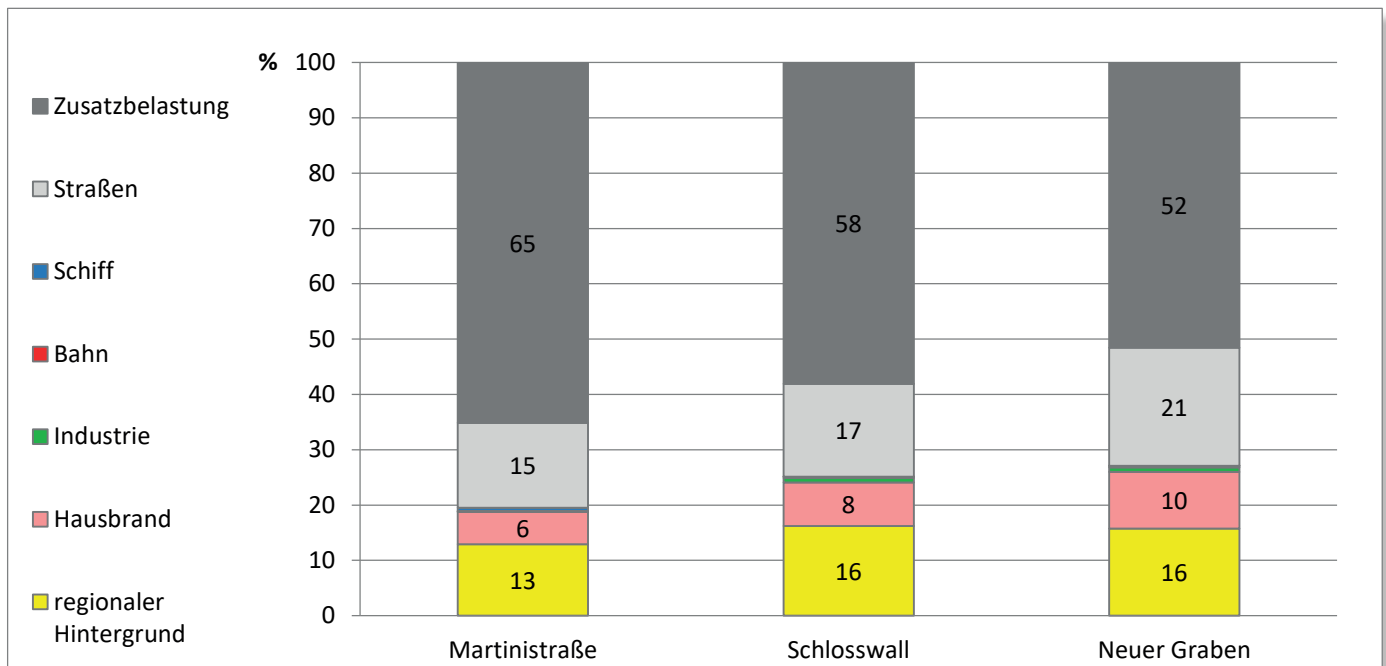


Abbildung 3: Prozentuale Zusammensetzung der NO_x -Konzentration an Belastungsschwerpunkten in Osnabrück, 2023

Die modellierten PM_{10} -Jahresmittelwerte liegen mit 12 bis 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich unterhalb des aktuell für PM_{10} gültigen Jahresgrenzwertes von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und auch unterhalb des PM_{10} -Jahresmittelwertes von 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bei dem nicht von einer Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums (35 Tage > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁴ auszugehen ist. Die höchste PM_{10} -Konzentration wird mit 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für einen innerhalb der Umweltzone liegenden Abschnitt in der Johannisstraße berechnet. Die modellierten PM_{10} -Konzentrationen weisen insgesamt eine geringe Spannweite auf und unterscheiden sich innerhalb und außerhalb der Umweltzone im Mittel wenig. Im gesamten Stadtgebiet beträgt die mittlere PM_{10} -Konzentration 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Für den hochbelasteten Abschnitt in der Martinistraße und die Abschnitte an den verkehrsnahen Probenahmestellen (siehe Abbildung 5) wurde eine Quellanalyse erstellt. Abbildung 3 und Abbildung 4 geben eine detaillierte Übersicht hinsichtlich der Schadstoffzusammensetzung bezogen auf die einzelnen Quellgruppen für NO_x und PM_{10} .

Bei NO_x dominiert die in der Straßenschlucht durch den lokalen Verkehr verursachte Zusatzbelastung mit 52 - 65 %, gefolgt vom Straßenverkehr im urbanen Hintergrund mit rund 15 - 21 %. Circa 73 - 81 % der NO_x -Immission wird somit vom Straßenverkehr verursacht. Auch der regionale Hintergrund trägt mit 13 - 16 % erheblich zur NO_x -Immission bei. Der Hausbrand hat mit 6 - 10 % einen stärkeren Einfluss auf die NO_x -Immission als die anderen Quellgruppen mit maximal 1 %.

⁴Für die Anzahl an Tagen mit Überschreitungen des PM_{10} -Tagesgrenzwertes gibt es eine Abschätzung auf der Basis des Jahresmittelwertes von PM_{10} . Eine Darstellung dieses Zusammenhangs findet sich in Abbildung 14 im Anhang. Bei PM_{10} -Jahresmittelwerten bis 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ist sicher von einer Einhaltung des PM_{10} -Tagesgrenzwertkriteriums auszugehen.

Bei PM_{10} ist der lokal in der Straßenschlucht anfallende Anteil der Immission mit 20 - 28 % deutlich geringer als der Anteil des regionalen Hintergrundes mit 64 - 71 %. Zusammen mit dem Anteil, die der Straßenverkehr im urbanen Hintergrund bewirkt, beträgt der straßenverkehrliche Anteil bei PM_{10} circa 26 - 34 %. Die anderen Quellen spielen mit maximalen Anteilen von 1 % nur eine untergeordnete Rolle.

2.2 Vergleich der Modellwerte mit den Messwerten 2023

In Osnabrück wird durch das Lufthygienische Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) die Luftschadstoffbelastung kontinuierlich an einem Abschnitt im Schlosswall verkehrsnah und in der Bomblatstraße im städtischen Hintergrund gemessen. Zusätzlich wird durch das LÜN in Osnabrück verkehrsnah in einem Abschnitt in der Straße Neuer Graben die NO_2 -Konzentration mit einem Passivsammler bestimmt. In Abbildung 5 ist eine Übersicht zur aktuellen Lage der Probenahmestellen in Osnabrück dargestellt.

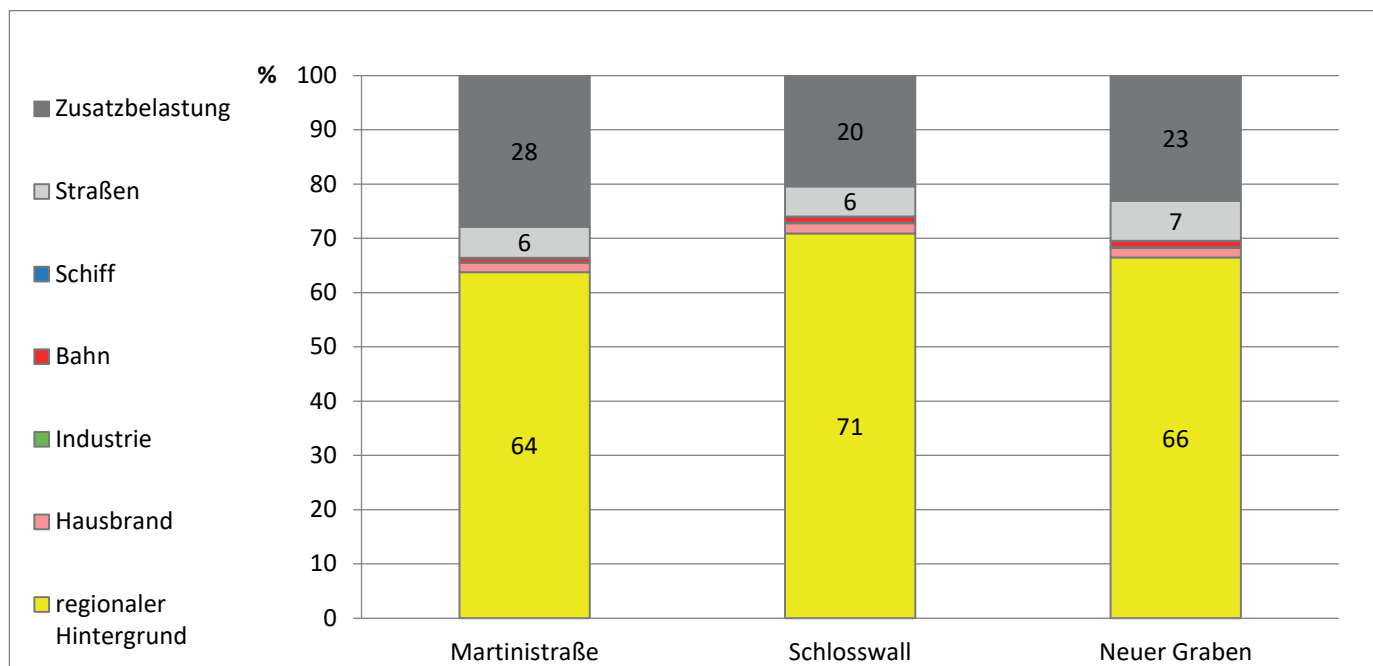


Abbildung 4: Prozentuale Zusammensetzung der PM_{10} -Konzentration an Belastungsschwerpunkten in Osnabrück, 2023

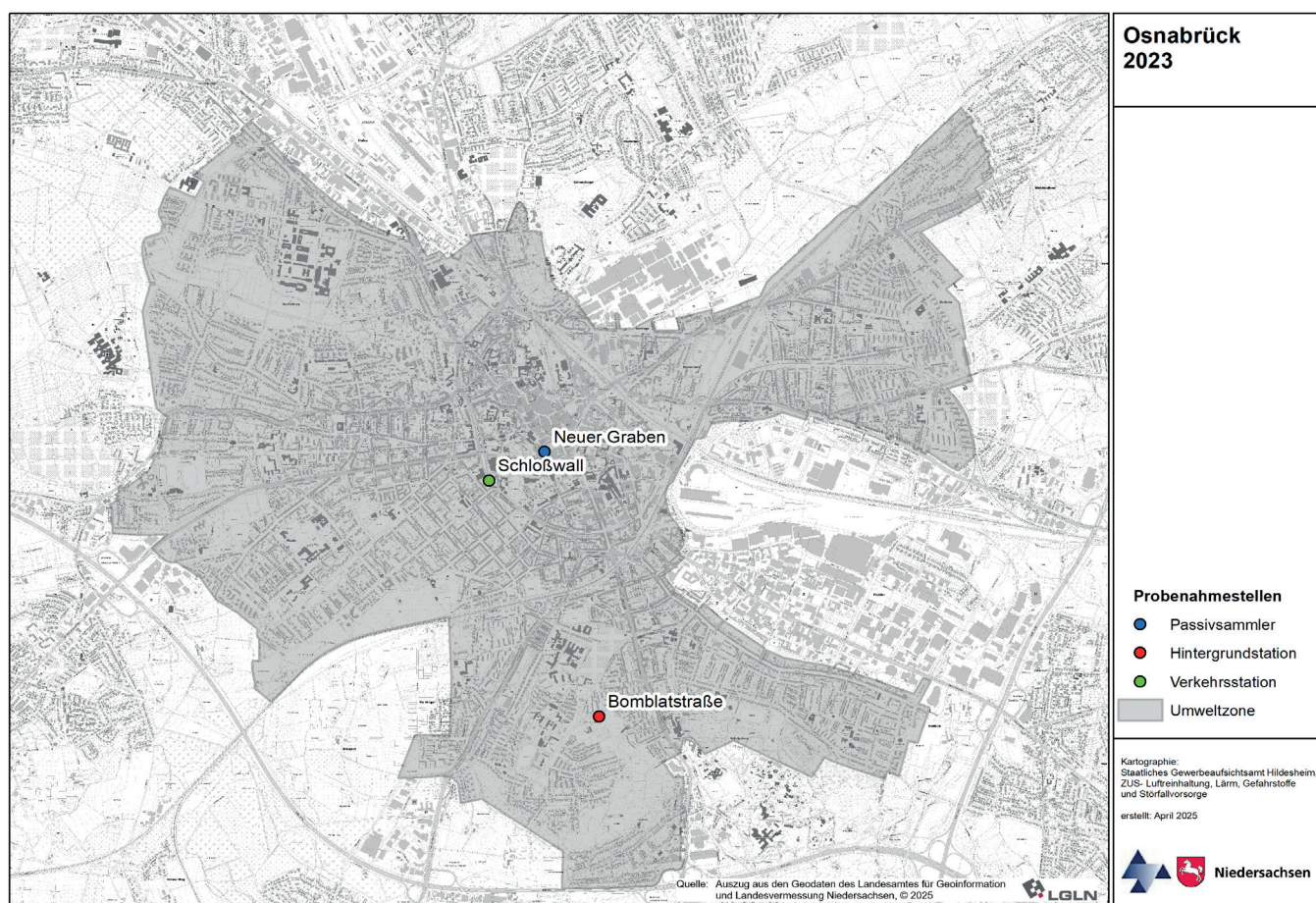


Abbildung 5: Lage der aktuellen Probenahmestellen in Osnabrück, 2023



In Abbildung 6 und Abbildung 7 sind die in Osnabrück von 2006 bis 2024 fahrbahnnah gemessenen sowie die im städtischen Hintergrund gemessenen Konzentrationen für NO_2 und PM_{10} dargestellt ((Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 2015) (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 2024) (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 2025)).

Insgesamt nimmt die NO_2 - und PM_{10} -Belastung an allen Probenahmestellen seit Messbeginn bis zum Jahr 2024 deutlich ab. In den letzten Jahren hat sich die jährliche Konzentrationsabnahme soweit verringert, dass zuletzt nahezu eine Stagnation erkennbar ist. In unterschiedlichen Bezugsjahren ist insbesondere bei PM_{10} ein vorübergehendes Ansteigen der Werte zu beobachten.

Dies lässt sich auf verschiedene Ursachen zurückführen, die an dieser Stelle nicht abschließend, sondern lediglich exemplarisch aufgeführt werden: Die Manipulation von Dieselfahrzeugen, insbesondere durch die Verwendung von Abschaltvorrichtungen, hatte Auswirkungen auf die gemessenen Immissionen in städtischen Gebieten. Die Abschaltvorrichtungen führten dazu, dass während des normalen Fahrbetriebs höhere Mengen an NO_x ausgestoßen wurden als während der Prüfzyklen. Nach Aufdeckung des Dieselskandals im Jahr 2015 führten Software-Updates an den Fahrzeugen zu sinkenden Emissionen und Immissionen. Ebenso hatten Corona-Maßnahmen Einfluss auf die Luftqualität. So führte das veränderte Fahrverhalten durch die Corona-Lockdowns zu messbar niedrigeren Immissionen. Im Stadtgebiet von Osnabrück gab es in den letzten Jahren wechselnde Verkehrsführungen bezüglich des Neumarktes, die sich auf die Luftqualität im innerstädtischen Bereich

auswirkte. Abschließend sollen hier meteorologische Einflüsse genannt werden, die sich insbesondere an den Hintergrundstationen zeigen. So gilt 2014 beispielsweise als feinstaubreiches Jahr, das mit Episoden intensiver Belastung der Luftqualität hinsichtlich Feinstaub geprägt war.

Im Jahr 2018 wurden noch an den verkehrsnahen Probenahmestellen am Schlosswall und Neuer Graben Konzentrationen oberhalb des NO_2 -Jahresgrenzwerts ermittelt. Seit dem Jahr 2020 wird der NO_2 -Jahresgrenzwert an beiden Probenahmestellen eingehalten, der Jahresgrenzwert für PM_{10} bereits seit 2006.

Eine Gegenüberstellung der mit IMMIS^{luft} modellierten und der gemessenen Konzentrationen an den Probenahmestellen für das Jahr 2023 zeigt Tabelle 2.

Die modellierten und die gemessenen Konzentrationen stimmen insgesamt gut überein. An den Probenahmestellen am Schlosswall und Neuer Graben zeigt das Modell eine leichte Unterschätzung der gemessenen NO_2 -Konzentration von etwa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bei PM_{10} entspricht der Modellwert etwa dem gemessenen Jahresmittelwert.

Die Abweichungen zwischen den berechneten und gemessenen Jahresmittelwerten liegen in Bezug zum Immissionsgrenzwert an allen Probenahmestellen innerhalb der in der 39. BImSchV für Modellrechnungen geforderten Datenqualitätsziele: Für NO_2 darf die Abweichung maximal 30 % und für PM_{10} maximal 50 % betragen.

Tabelle 2: Vergleich der modellierten und gemessenen NO_2 - und PM_{10} -Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und die prozentuale Abweichung in Bezug zum Immissionsgrenzwert an den Probenahmestellen im Bezugsjahr 2023

Standort	NO_2				PM_{10}			
	Messwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Modellwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abweichung ⁵ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abweichung ⁵ in % ⁶	Messwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Modellwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abweichung ⁵ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abweichung ⁵ in % ⁶
Schlosswall	27	25	-2	-4,0	17	17	0	-0,2
Neuer Graben	28	26	-2	-4,0	-	18	-	-

⁵ Berechnet mit ungerundeten Werten

⁶ In Bezug zum Immissionsgrenzwert

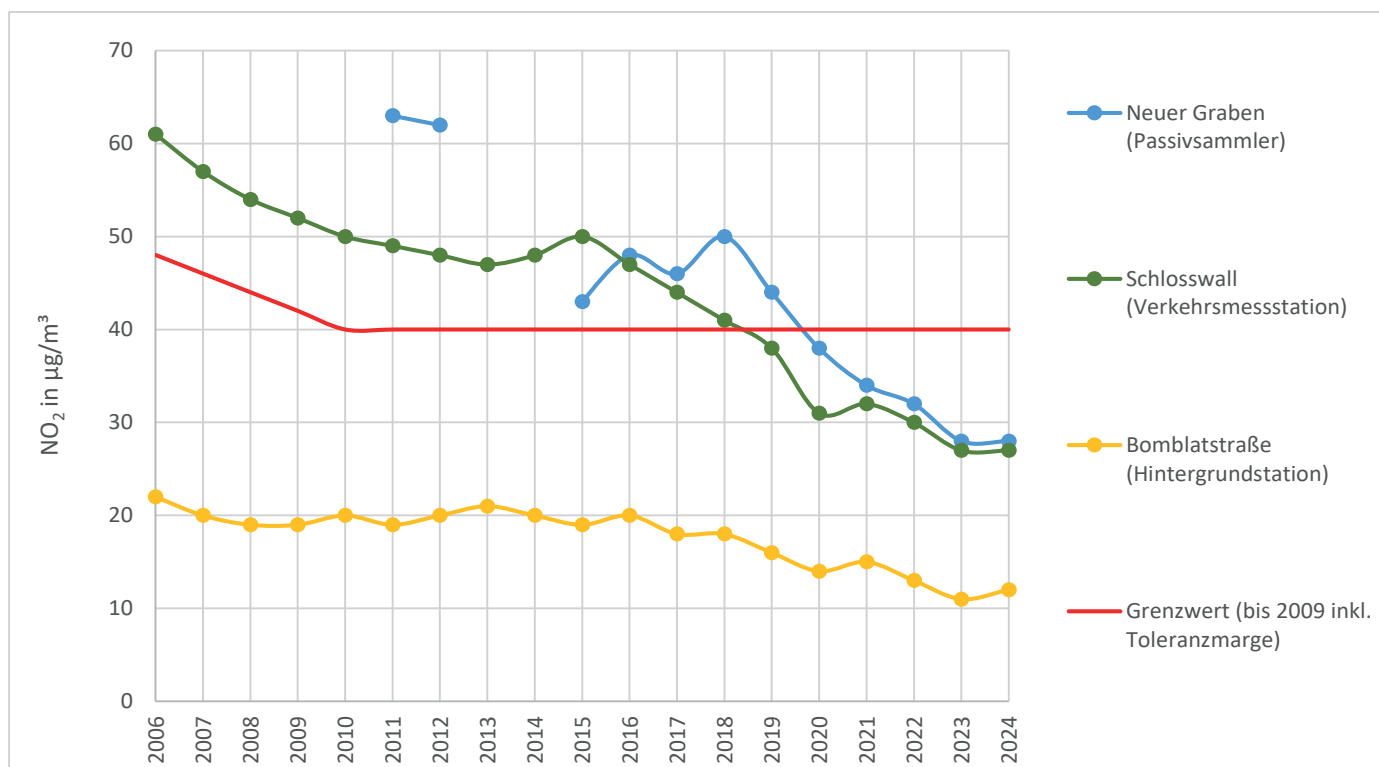


Abbildung 6: Gemessene NO₂-Konzentrationen im Jahresmittel und NO₂-Jahresgrenzwert, 2006 bis 2024

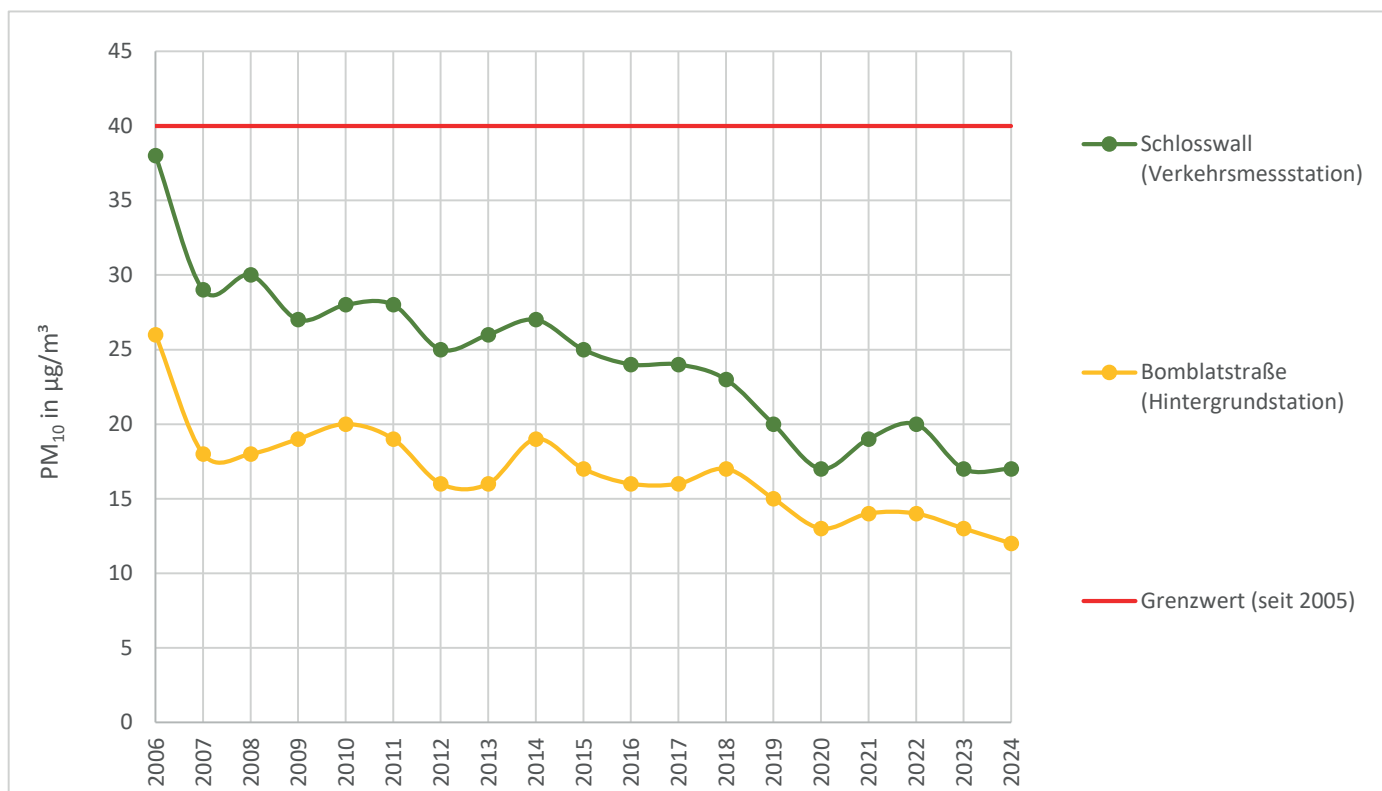


Abbildung 7: Gemessene PM₁₀-Konzentration im Jahresmittel und PM₁₀-Jahresgrenzwert, 2006 bis 2024



2.3 Minderungswirkung der Umweltzone durch Flottenanpassung im Bezugsjahr 2023

Im Jahr 2010 wurde in Osnabrück eine Umweltzone eingeführt. Seit 2012 ist die Umweltzone nur noch von Fahrzeugen mit einer grünen Plakette⁷ befahrbar. Die Wirkung der bestehenden Umweltzone wurde in Osnabrück für das Bezugsjahr 2023 auf der Grundlage des HBEFA 4.2 auch unter Berücksichtigung des Einflusses der Umweltzone auf die Vorbelastung untersucht. Verdrängungseffekte aufgrund der Umweltzone wurden dabei nicht einbezogen, d. h. es wurde mit und ohne Umweltzone von einer gleichbleibenden Verkehrsmenge ausgegangen. In der Untersuchung wurden Fahrzeuge, die durch das Fahrverbot aus der Umweltzone ausgesperrt sind, anteilig durch einfahrberechtigte Fahrzeuge mit gleicher Antriebstechnik ersetzt. Seitens der Stadt Osnabrück erlassene Ausnahmen vom Fahrverbot wurden nur selten erteilt und daher in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

Durch die bestehende Umweltzone wurden in Osnabrück im Jahr 2023 ca. 2.800 kg Stickoxide (0,6 %⁸) und ca. 300 kg Feinstaub der Fraktion PM₁₀ (0,4 %⁸) weniger emittiert. Mit dem Wegfall der Umweltzone würde sich die Schadstoffkonzentration an den Straßenabschnitten in Osnabrück erhöhen. Aus vergangenen Untersuchungen ist bekannt, dass die Minderungswirkung der Umweltzone mit dem Bezugsjahr abnimmt (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 10/2022).

Die Minderungswirkung der Umweltzone auf die NO₂- und PM₁₀-Konzentration ist für das Bezugsjahr 2023 in Tabelle 3, Abbildung 8 und Abbildung 9 dargestellt.

⁷ 35. BImSchV, Diesel ab Euro 4, Benziner mit geregelter Katalysator sowie von Fahrzeugen ohne Verbrennungsmotor wie z. B. Elektroautos

⁸ In Bezug zur Emission des Straßenverkehrs

⁹ Berechnet mit ungerundeten Werten

¹⁰ In Bezug zur Immission mit Umweltzone

Tabelle 3: Wirkung der Umweltzone auf die NO₂- und die PM₁₀-Konzentration im Bezugsjahr 2023

ID	Standort	Gesamtimmission ohne Umweltzone		NO ₂ -Änderung ⁹⁻¹⁰			
		NO ₂	PM ₁₀	NO ₂		PM ₁₀	
		in µg/m ³	in µg/m ³	in µg/m ³	in %	in µg/m ³	in %
28445	An der Petersburg	25,9	17,7	0,4	1,7	0,1	0,6
27708	E.-M. Remarque Ring	26,1	17,4	0,4	1,7	0,1	0,6
27704	Goethering	29,0	18,5	0,5	1,7	0,1	0,7
27703	Goethering	27,8	18,0	0,4	1,6	0,1	0,7
27705	Goethering	26,5	17,6	0,4	1,5	0,1	0,6
28485	Iburger Str.	25,6	17,3	0,4	1,7	0,1	0,6
27671	Iburger Str.	24,9	17,3	0,3	1,1	0,1	0,6
27673	Iburger Str.	24,5	17,0	0,3	1,1	0,1	0,5
27672	Johannisstr.	28,6	19,2	0,4	1,3	0,1	0,5
29168	Lotter Str.	25,0	17,0	0,3	1,2	0,1	0,6
29169	Lotter Str.	24,7	16,9	0,4	1,5	0,1	0,5
29208	Martinistr.	29,8	19,0	0,5	1,6	0,1	0,7
29206	Martinistr.	27,3	18,0	0,4	1,4	0,1	0,6
29205	Martinistr.	25,9	17,3	0,4	1,5	0,1	0,6
29207	Martinistr.	25,4	17,2	0,3	1,4	0,1	0,5
27560	Moeser Str.	24,9	17,7	0,2	0,9	0,0	0,3
27658*	Neumarkt	26,1	18,1	0,3	1,0	0,1	0,4
27682	Petersburger Wall	26,1	17,6	0,4	1,6	0,1	0,6
97710*	Schlosswall	25,9	17,0	0,4	1,7	0,1	0,6

*Probenahmestelle

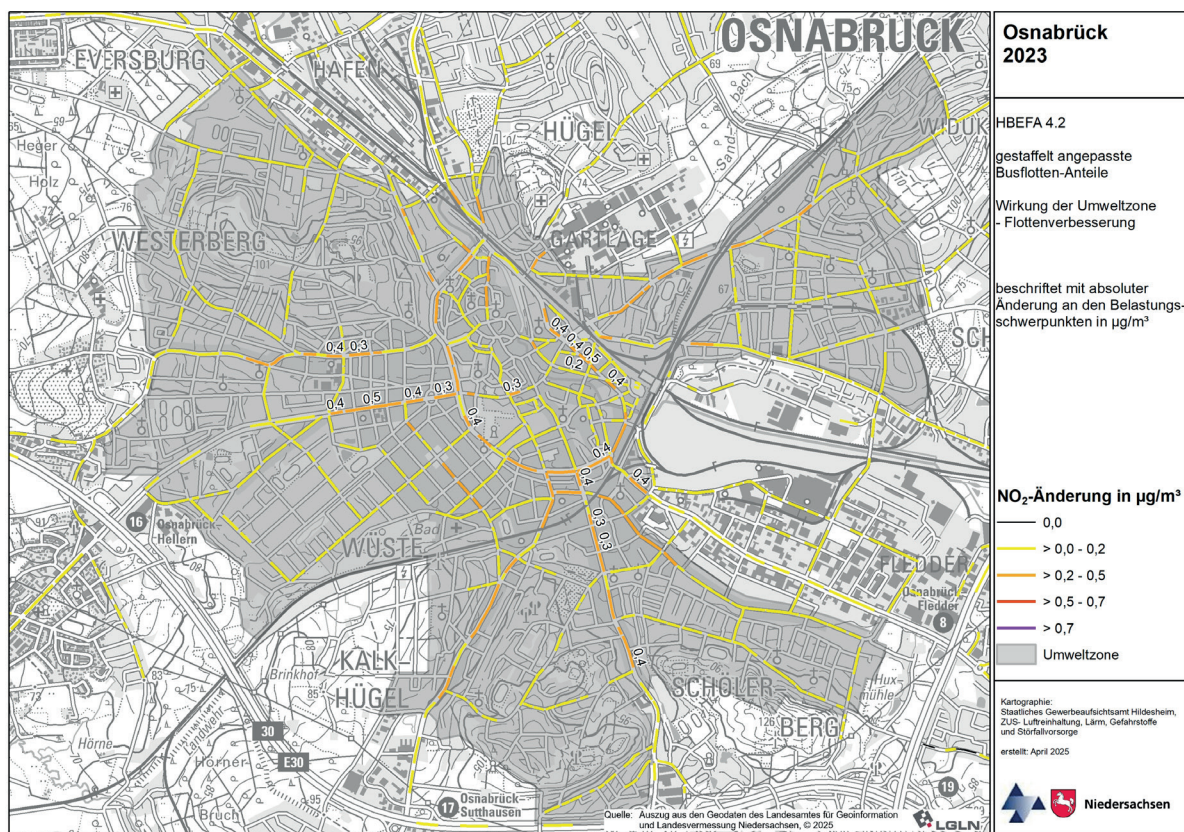


Abbildung 8: Wirkung der Umweltzone auf die NO₂ Konzentration im Bezugsjahr 2023

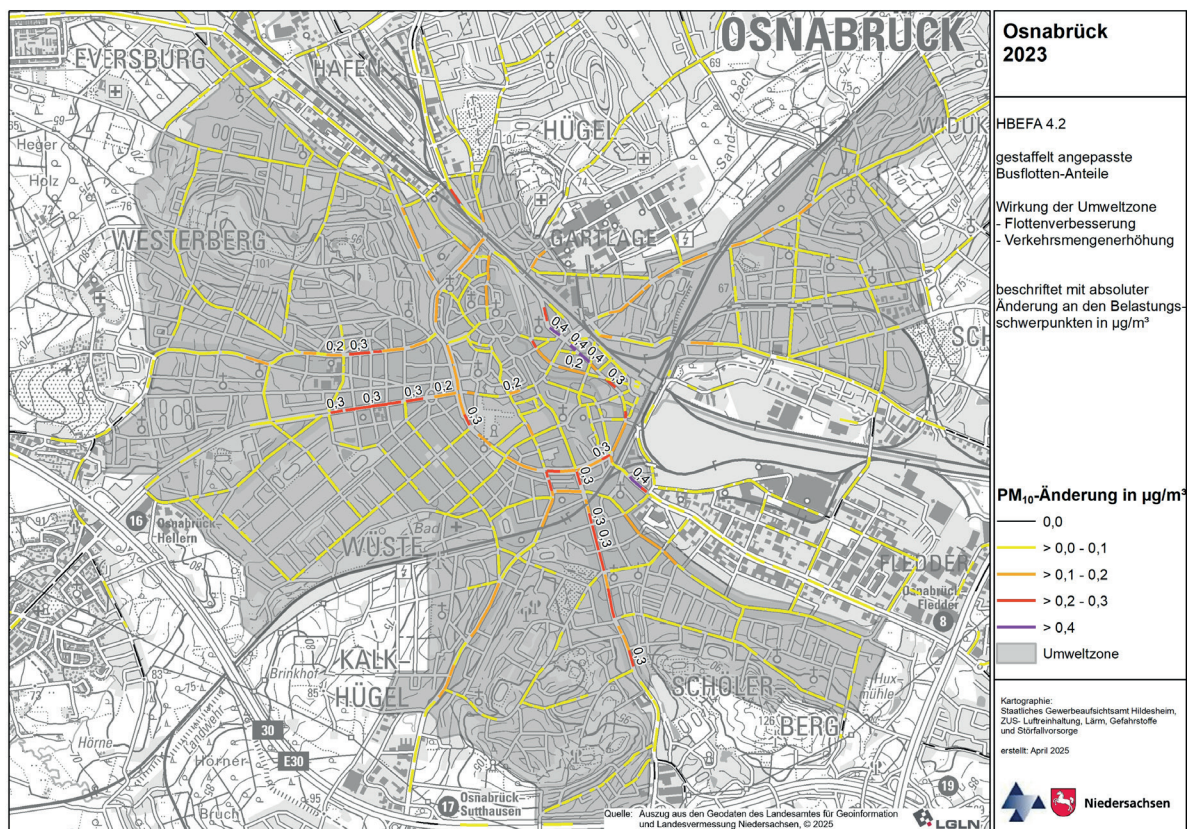


Abbildung 9: Wirkung der Umweltzone auf die PM₁₀ Konzentration im Bezugsjahr 2023



Die Modellrechnungen zeigen, dass die NO_2 - und PM_{10} -Immissionen ohne die Umweltzone leicht ansteigen. Die Minderungswirkung der Umweltzone wurde an den ausgewählten Belastungsschwerpunkten innerhalb der Umweltzone im Bezugsjahr 2023 für NO_2 mit ca. 0,2 bis 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,9 bis 1,7 %) quantifiziert. Im Durchschnitt bewirkte die Umweltzone im Jahr 2023 eine Reduktion der NO_2 -Konzentration von ca. 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1,4 %).

Bei PM_{10} lag die Minderungswirkung der Umweltzone an den ausgewählten Belastungsschwerpunkten im Jahr 2023 bei ca. 0,0 bis 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,3 bis 0,7 %). Der mittlere Effekt der Umweltzone auf die PM_{10} -Immission betrug 2023 ca. 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,6 %).

2.4 Minderungswirkung der Umweltzone durch Flottenanpassung und Verkehrsmengenerhöhung im Jahr 2023 – Maximale Wirkungsabschätzung

Die Wirkung der Umweltzone sollte zusätzlich unter Berücksichtigung der Flottenanpassungen und einer Verkehrs-

mengenerhöhung als maximale Potenzialabschätzung untersucht werden. Die Erhöhung der Verkehrsmengen wurde aus Bestandsdaten der Kraftfahrzeuge nach Plakettenverordnung der Stadt Osnabrück sowie den Landkreisen Osnabrück und Steinfurt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024) ohne Berücksichtigung der längerfristigen Ausnahmegenehmigungen zum Befahren der Umweltzone abgeleitet. Danach durften mit Stand vom 1.1.2024 rund 1,8 % der in der Region Osnabrück zugelassenen Pkw und 13,2 % der Nutzfahrzeuge nicht in die bestehende Umweltzone einfahren. In der Untersuchung zur maximalen Wirkungsabschätzung wurde mit dem Wegfall der Umweltzone die Fahrzeugmenge der Pkw sowie der leichten und schweren Lkw innerhalb der Grenzen der Umweltzone anteilig erhöht. Der Einfluss der Verkehrsmengenerhöhung auf den Verkehrsfluss wurde dabei nicht berücksichtigt.

Durch die bestehende Umweltzone wurden in Osnabrück im Jahr 2023 maximal ca. 5.100 kg Stickoxide (-1,1 %¹¹) und ca. 600 kg Feinstaub (1,0 %¹¹) weniger emittiert.

¹¹ In Bezug zur Emission des Straßenverkehrs

¹² Berechnet mit ungerundeten Werten

¹³ In Bezug zur Immission mit Umweltzone

Tabelle 4: Maximale Wirkung der Umweltzone auf die NO_2 - und PM_{10} -Konzentration im Bezugsjahr 2023

ID	Standort	Gesamtimmission ohne Umweltzone		NO_2 -Änderung ¹²⁻¹³			
		NO_2	PM_{10}	NO_2		PM_{10}	
		in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in %	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in %
28445	An der Petersburg	26,3	17,9	0,9	3,4	0,3	1,8
27708	E.-M. Remarque Ring	26,6	17,6	0,9	3,4	0,3	1,7
27704	Goethering	29,4	18,8	0,9	3,2	0,3	1,9
27703	Goethering	28,2	18,2	0,9	3,1	0,3	1,7
27705	Goethering	26,8	17,8	0,8	2,9	0,3	1,5
28485	Iburger Str.	26,0	17,5	0,8	3,3	0,3	1,7
27671	Iburger Str.	25,2	17,4	0,6	2,6	0,2	1,4
27673	Iburger Str.	24,9	17,1	0,6	2,7	0,2	1,4
27672	Johannisstr.	28,9	19,4	0,7	2,4	0,2	1,3
29168	Lotter Str.	25,4	17,1	0,6	2,6	0,2	1,4
29169	Lotter Str.	25,0	17,0	0,7	2,8	0,2	1,3
29208	Martinistr.	30,1	19,1	0,9	2,9	0,3	1,7
29206	Martinistr.	27,6	18,1	0,6	2,4	0,2	1,1
29205	Martinistr.	26,3	17,5	0,7	2,8	0,2	1,4
29207	Martinistr.	25,7	17,3	0,6	2,3	0,2	1,0
27560	Moeser Str.	25,1	17,8	0,4	1,7	0,1	0,8
27658*	Neumarkt	26,3	18,2	0,4	1,7	0,1	0,8
27682	Petersburger Wall	26,5	17,8	0,8	3,1	0,3	1,6
97710*	Schlosswall	26,3	17,2	0,8	3,3	0,3	1,6

*Probenahmestelle

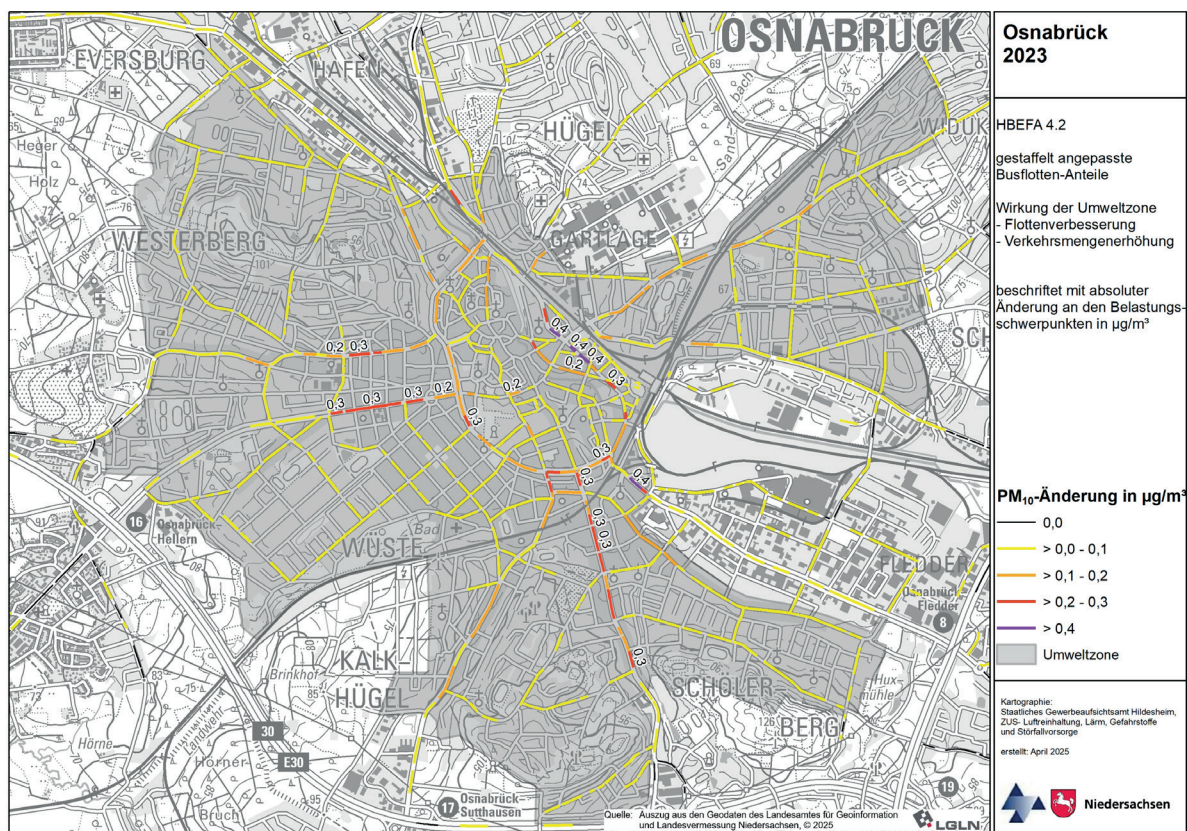


Abbildung 10: Maximale Wirkung der Umweltzone auf die NO₂ Konzentration im Bezugsjahr 2023

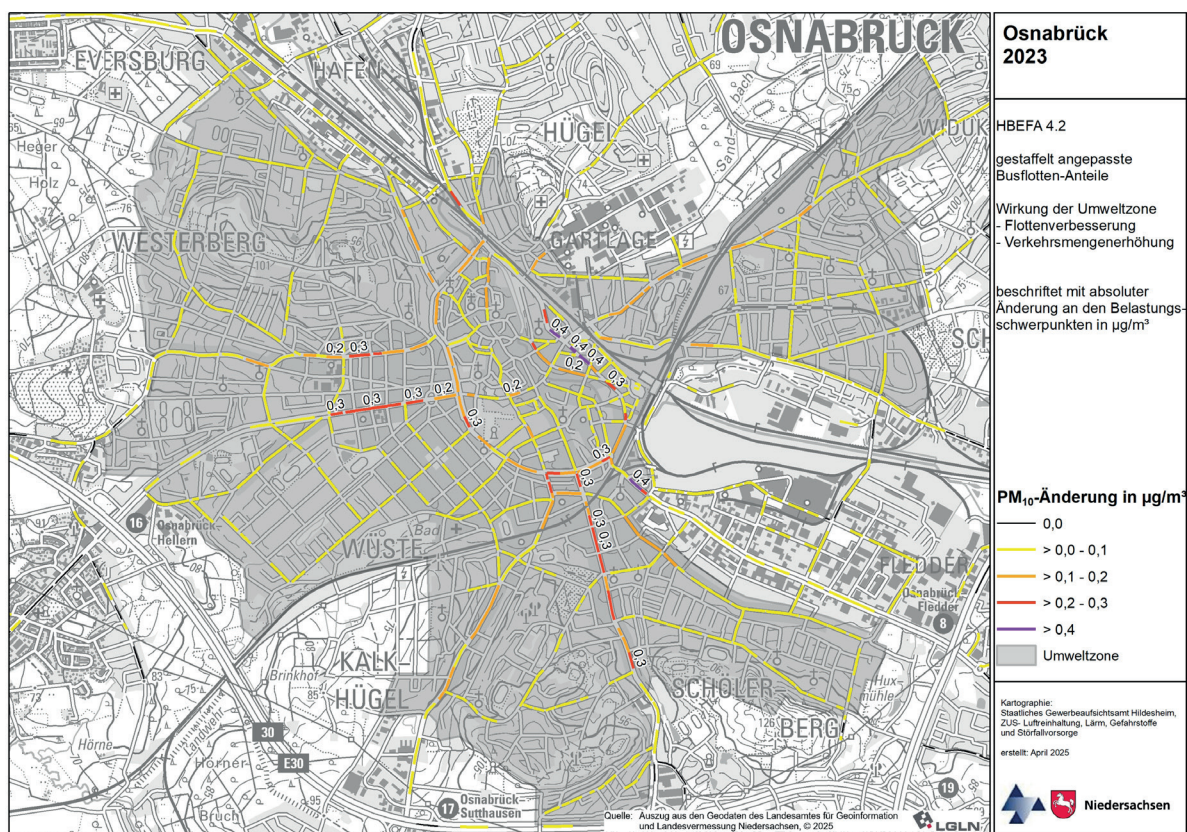


Abbildung 11: Maximale Wirkung der Umweltzone auf die PM₁₀-Konzentration im Bezugsjahr 2023



Zusätzlich zum Emissionsbeitrag aus der Flottenanpassung wurde in der maximalen Wirkungsabschätzung ein emissionsseitiger Beitrag aus der Verkehrsmengenerhöhung berücksichtigt. Der Anteil dieses Beitrags an der Emissionswirkung der Umweltzone lag 2023 stadtweit für NO_x bei ca. 46 % und für PM_{10} bei rund 56 %.

Die maximale Wirkungsabschätzung zeigt, dass sich die NO_2 - und PM_{10} -Konzentrationen an den Straßenabschnitten in Osnabrück ohne die bestehende Umweltzone stärker erhöhen als in der allein auf der Flottenänderung basierenden Untersuchung. Die Minderungswirkung der Umweltzone auf die NO_2 - und PM_{10} -Konzentration ist in der Maximalabschätzung für das Bezugsjahr 2023 in Tabelle 4, Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt.

Die maximale Minderungswirkung der Umweltzone wurde an den ausgewählten Belastungsschwerpunkten innerhalb der Umweltzone im Bezugsjahr 2023 für NO_2 mit ca. 0,4 bis 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1,7 bis 3,4 %) quantifiziert. Im Durchschnitt bewirkte die Umweltzone in der Maximalabschätzung im Jahr 2023 eine Reduktion der NO_2 -Konzentration von ca. 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2,8 %).

Bei PM_{10} betrug die maximale Minderungswirkung der Umweltzone an den ausgewählten Belastungsschwerpunkten im Jahr 2023 ca. 0,1 bis 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,8 bis 1,9 %). Der mittlere Effekt der Umweltzone lag in der Maximalabschätzung 2023 für PM_{10} bei ca. 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1,4 %).

Der in der maximalen Wirkungsabschätzung durch die Verkehrsmengenerhöhung verursachte Immissionsbeitrag hat in 2023 an den ausgewählten Belastungsschwerpunkten einen NO_x -Anteil von 37 bis 58 % und einen PM_{10} -Anteil von 50 bis 68 %.

3. Zusammenfassung

Die Wirkung der Umweltzone auf die NO_2 - und PM_{10} -Jahreskonzentration wurde in diesem Bericht anhand zweier Ansätze quantifiziert. Die beiden Berechnungsvarianten unterscheiden sich in Bezug auf die berücksichtigten Verkehrsmengen.

Im ersten Ansatz erfolgten die Berechnungen mit und ohne Umweltzone bei gleichbleibender Verkehrsmenge. Dabei wurde die Fahrzeugflotte so angepasst, dass einfahrberechtigte Fahrzeuge anteilig jene Fahrzeuge ersetzen, die durch das Fahrverbot aus der Umweltzone ausgesperrt waren.

Die zweite Variante stellt eine Maximalabschätzung der Wirkung der Umweltzone dar. Sie berücksichtigte zusätzlich zu einer Flottenanpassung eine Verkehrsmengenerhöhung, wodurch sich die Fahrzeuganzahl der Pkw sowie der leichten und schweren Lkw auf den Straßen innerhalb der

Grenzen der Umweltzone anteilig (Anzahl ausgesperrter Fahrzeuge einer Fahrzeugklasse im Verhältnis zur Gesamtzahl der Fahrzeuge dieser Fahrzeugklasse) erhöhte.

Der Ansatz, der ausschließlich die Wirkung der Umweltzone durch eine Anpassung der Fahrzeugflotte abbildet, quantifiziert den Effekt der Umweltzone für die untersuchten Straßen innerhalb der Umweltzone im Bezugsjahr 2023 mit 0,2 bis 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der entsprechende Effekt auf PM_{10} fällt an den ausgewählten Belastungsschwerpunkten innerhalb der Umweltzone für das Bezugsjahr 2023 mit 0,0 bis 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich geringer aus.

Die Maximalabschätzung des Effekts der Umweltzone weist für die untersuchten Straßen innerhalb der Umweltzone im Bezugsjahr 2023 einem Beitrag von 0,4 bis 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aus. Auch hier zeigt sich, dass die durch die Umweltzone erzielte PM_{10} -Minderung mit 0,1 bis 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Vergleich zu NO_2 deutlich geringer ausfällt. Die maximale Minderungswirkung der Umweltzone wird für das Bezugsjahr 2023 für NO_2 mit 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und für PM_{10} mit etwa 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt.

Die NO_2 - und PM_{10} -Messwerte an den Probenahmestellen lagen im Jahr 2023 deutlich unterhalb des jeweiligen Jahresgrenzwertes. Auch die modellierten Konzentrationen für das Jahr 2023 lagen an den Probenahmestellen deutlich unterhalb des NO_2 - bzw. PM_{10} -Jahresgrenzwertes. Die höchsten Konzentrationen, die für das Stadtgebiet Osnabrück durch die Modellrechnungen für 2023 ermittelt wurden, lagen für NO_2 mit 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Martinistraße und für PM_{10} mit 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Martini- und Johannisstraße ebenfalls unterhalb der Jahresgrenzwerte.

Im Dezember 2024 trat die überarbeitete europäische Luftqualitätsrichtlinie (Luftqualitätsrichtlinie 2024/2881, 2024) in Kraft, die strengere Grenzwerte für Luftschadstoffe festlegt, die ab dem Jahr 2030 gelten sollen (siehe Tabelle 7). Diese Anpassungen zielen darauf ab, die Luftqualität zu verbessern und die gesundheitlichen Risiken durch Luftverschmutzung zu minimieren. „Zur Einhaltung der zukünftigen Grenzwerte und im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung besteht für die nächsten Jahre weiterhin Handlungsbedarf zur Verbesserung der Luftqualität in Niedersachsen,“ (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 2024). Die Überprüfung der Einhaltung der neuen Grenzwerte wird in den kommenden Jahren von zentraler Bedeutung sein. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass Prognosen zur Luftqualität mit Unsicherheiten behaftet sind. Diese Unsicherheiten resultieren aus der Annahme von Entwicklungen und Verhaltensweisen, die sich in der Realität ändern können. Daher werden auch zukünftig neben den regelmäßigen Messungen Modellrechnungen zur Ermittlung der Luftqualität notwendig sein, um die Einhaltung der Grenzwerte zu prüfen.



4. Literaturverzeichnis

39. BImSchV. (2010). Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) . Deutscher Bundestag.

Infras. (2022). HBEFA 4.2, Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs in der Version 4.2. Bern: INFRAS.

IVU Umwelt. (2018). IMMIS^{net} Handbuch zur Version 4.5. Freiburg: IVU Umwelt GmbH.

IVU Umwelt. (2022). IMMIS^{em/luft} Handbuch zur Version 9. Freiburg: IVU Umwelt GmbH.

Kraftfahrt-Bundesamt. (2024). Bestand an Kraftfahrzeugen nach der Plakettenverordnung für die Stadt Osnabrück und die Landkreise Osnabrück und Steinfurt am 01. Januar 2024. Flensburg.

Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG. (2008). Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft in Europa. EU.

Luftqualitätsrichtlinie 2024/2881. (2024). Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Neufassung). EU.

Schlamberger, C. (2020). Methodenverbesserung zur modellbasierten NO₂-Bestimmung. Freiburg: Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (10/2022). Modelltechnische Untersuchungen zur Wirkung der Umweltzone auf die NO₂-Konzentration in Hannover unter Einbeziehung meteorologisch und verkehrlich ungünstiger Gegebenheiten - Prognosen für 2023 und 2024. Hildesheim: ZUS LLGS.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (2015). Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen - Jahresbericht 2014. Hildesheim: ZUS LLGS.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (2024). Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen, Jahresbericht 2023. Hildesheim: Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (2025). Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen - Kurzbericht - Tabellarische Zusammenstellung der Messergebnisse 2024. Hildesheim: Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim.

Umweltbundesamt. (2021a). Empfehlung zur Anwendung des HBEFA 4.1 in der NO₂-Immissionsmodellierung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Umweltbundesamt, FG II 4.2 - Beurteilung der Luftqualität. (2023). Datenlieferung zur Immissionsmodellierung der Hintergrundbelastung 2020 und 2030. Dessau.



5. Anhang

Tabelle 5: Stadtweite NO_x - und PM_{10} -Emissionsmengen in kg/a, Osnabrück, verschiedene Bezugsjahre

Quellgruppe	Bezugsjahr	PM_{10}	NO_x
Industrie Punktquelle	2020	12.834	216.882
Industrie Flächenquelle	2020	4.269	0
Hausbrand	2013 - 2016	22.475	172.339
Bahn	2015	19.307	11.708
Schiff	2025	198	3.261
Hauptnetz mit Uzone	2023	59.744	457.760
Nebennetz mit Uzone	2023	3.291	30.991
Summe		122.119	892.940

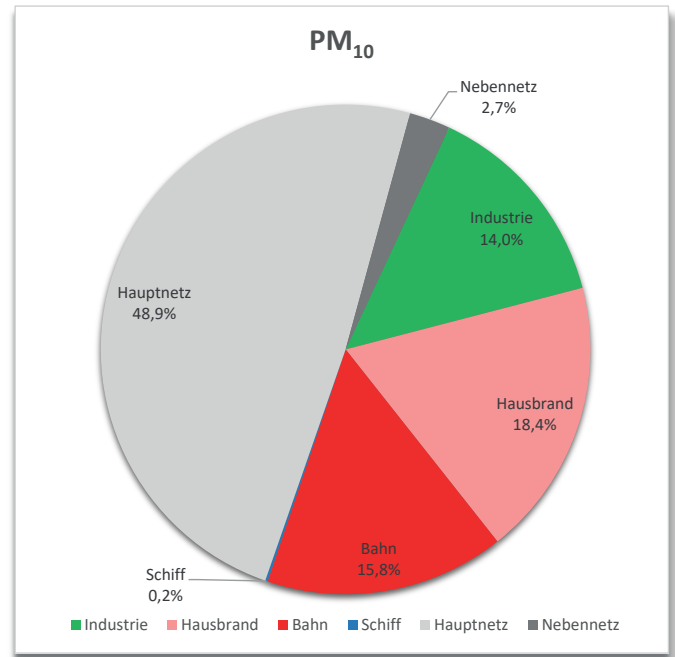
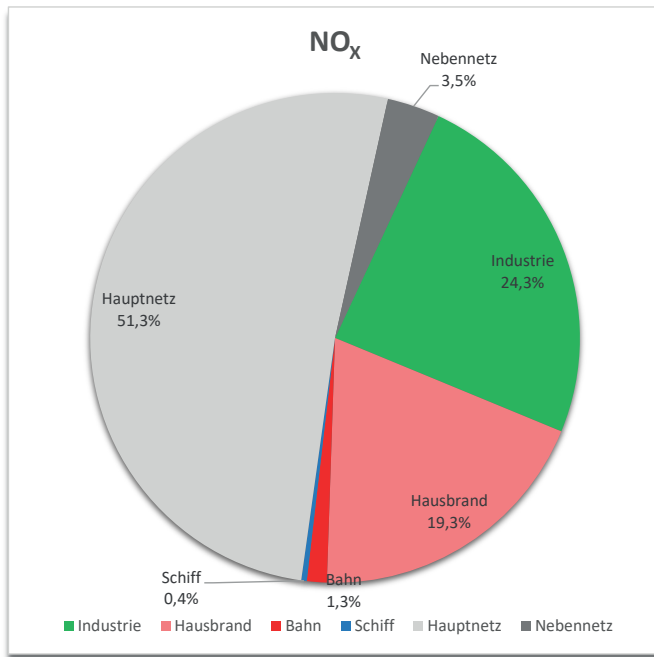


Abbildung 12: Stadtweite NO_x - und PM_{10} - Emissionsanteile, Osnabrück

Tabelle 6: Belastungsschwerpunkte mit Eingangsdaten, modellierten NO₂- und PM₁₀-Konzentrationen und der ermittelten Wirkungen der Umweltzone in der Minimal- und Maximalabschätzung im Bezugsjahr 2023

ID	NAME	Ausgangslage 2023										Wirkung der Umweltzone - Minimalabschätzung						Wirkung der Umweltzone - Maximalabschätzung					
		Eingangsdaten				Vorbelastung		Gesamtbelastung		Wirkung der Umweltzone - Minimalabschätzung		Gesamtbelastung		Wirkung der Umweltzone - Minimalabschätzung		Gesamtbelastung		Wirkung der Umweltzone - Maximalabschätzung		Gesamtbelastung		Wirkung der Umweltzone - Maximalabschätzung	
		DTV Kfz/d	Slkw %	Bus %	Höhe m	Breite m	Por. %	NO _x µg/m³	PM ₁₀ µg/m³	NO ₂ µg/m³	PM ₁₀ µg/m³	NO ₂ µg/m³	PM ₁₀ µg/m³	NO ₂ µg/m³	PM ₁₀ µg/m³	NO ₂ µg/m³	PM ₁₀ µg/m³	NO ₂ µg/m³	PM ₁₀ µg/m³	NO ₂ µg/m³	PM ₁₀ µg/m³	NO ₂ µg/m³	PM ₁₀ µg/m³
29208	Martinistr.	22.300	0,9	1,9	14,8	19,7	20	18,9	13,6	29,3	18,8	29,8	19,0	0,5	1,6	0,1	0,7	30,1	19,1	0,9	2,9	0,3	1,7
27704	Goethering	29.568	2,0	0,6	14,4	24,2	28	21,7	14,0	28,5	18,4	29,0	18,5	0,5	1,7	0,1	0,7	29,4	18,8	0,9	3,2	0,3	1,9
27672	Johannistr.	14.245	1,7	5,6	13,2	17,8	18	21,9	14,2	28,2	19,1	28,6	19,2	0,4	1,3	0,1	0,5	28,9	19,4	0,7	2,4	0,2	1,3
27703	Goethering	29.568	2,0	0,6	14,4	24,3	38	22,7	14,1	27,4	17,9	27,8	18,0	0,4	1,6	0,1	0,7	28,2	18,2	0,9	3,1	0,3	1,7
29206	Martinistr.	14.651	0,9	3,5	12,5	18,2	19	19,7	13,7	26,9	17,9	27,3	18,0	0,4	1,4	0,1	0,6	27,6	18,1	0,6	2,4	0,2	1,1
27705	Goethering	27.500	2,0	0,3	15,1	27,9	32	22,6	14,4	26,1	17,5	26,5	17,6	0,4	1,5	0,1	0,6	26,8	17,8	0,8	2,9	0,3	1,5
27658*	Neumarkt	14.300	0,5	9,3	16,8	21,8	27	21,5	13,9	25,9	18,1	26,1	18,1	0,3	1,0	0,1	0,4	26,3	18,2	0,4	1,7	0,1	0,8
27708	E.-M. Remarque R.	27.862	3,3	0,6	13,7	28,0	35	21,2	13,9	25,7	17,3	26,1	17,4	0,4	1,7	0,1	0,6	26,6	17,6	0,9	3,4	0,3	1,7
27682	Petersburger Wall	24.500	1,7	0,3	14,7	25,0	33	22,5	14,5	25,7	17,5	26,1	17,6	0,4	1,6	0,1	0,6	26,5	17,8	0,8	3,1	0,3	1,6
29205	Martinistr.	22.300	0,9	1,9	14,9	17,2	46	19,2	13,6	25,6	17,2	25,9	17,3	0,4	1,5	0,1	0,6	26,3	17,5	0,7	2,8	0,2	1,4
28445	An der Petersburg	15.200	4,0	0,5	13,7	19,8	20	19,1	13,9	25,5	17,6	25,9	17,7	0,4	1,7	0,1	0,6	26,3	17,9	0,9	3,4	0,3	1,8
97710*	Schlosswall	25.974	1,8	0,0	14,4	25,0	25	18,1	13,5	25,4	16,9	25,9	17,0	0,4	1,7	0,1	0,6	26,3	17,2	0,8	3,3	0,3	1,6
28485	Iburger Str.	19.005	3,3	1,9	12,0	24,3	20	16,0	13,1	25,1	17,2	25,6	17,3	0,4	1,7	0,1	0,6	26,0	17,5	0,8	3,3	0,3	1,7
29207	Martinistr.	14.651	0,9	3,5	15,6	23,3	18	19,6	13,7	25,1	17,1	25,4	17,2	0,3	1,4	0,1	0,5	25,7	17,3	0,6	2,3	0,2	1,0
29168	Lotter Str.	12.090	1,9	1,4	12,6	13,5	25	19,4	13,6	24,7	16,9	25,0	17,0	0,3	1,2	0,1	0,6	25,4	17,1	0,6	2,6	0,2	1,4
27560	Moesser Str.	4.500	5,4	23,8	17,5	19,1	9	21,3	13,9	24,7	17,7	24,9	17,7	0,2	0,9	0,0	0,3	25,1	17,8	0,4	1,7	0,1	0,8
27671	Iburger Str.	16.000	3,3	2,9	13,6	19,0	36	18,7	13,8	24,6	17,2	24,9	17,3	0,3	1,1	0,1	0,6	25,2	17,4	0,6	2,6	0,2	1,4
29169	Lotter Str.	15.000	1,9	2,1	14,4	17,9	23	17,8	13,4	24,3	16,8	24,7	16,9	0,4	1,5	0,1	0,5	25,0	17,0	0,7	2,8	0,2	1,3
27673	Iburger Str.	17.200	3,3	2,7	14,0	22,8	22	17,7	13,5	24,2	16,9	24,5	17,0	0,3	1,1	0,1	0,5	24,9	17,1	0,6	2,7	0,2	1,4

*Probenahmestelle

Tabelle 7: Aktuelle und zukünftige Grenzwerte für Stickstoffdioxid und Feinstaub der Fraktion PM_{10}

Schadstoff	Grenzwert	Aktuell (bis 2029) (Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/ EG, 2008)	Zukünftig (ab 2030) (Luftqualitätsrichtlinie 2024/2881, 2024)
Stickstoffdioxid (NO_2)	Jahresmittelwert	40 $\mu g/m^3$	20 $\mu g/m^3$
	Tagesmittelwert	-	50 $\mu g/m^3$ (18 Tage)
	Stundenmittelwert	200 $\mu g/m^3$ (max. 18 Stunden)	200 $\mu g/m^3$ (max. 3 Stunden)
Feinstaub (PM_{10})	Jahresmittelwert	40 $\mu g/m^3$	20 $\mu g/m^3$
	Tagesmittelwert	50 $\mu g/m^3$ (max. 35 Tage)	45 $\mu g/m^3$ (max. 18 Tage)

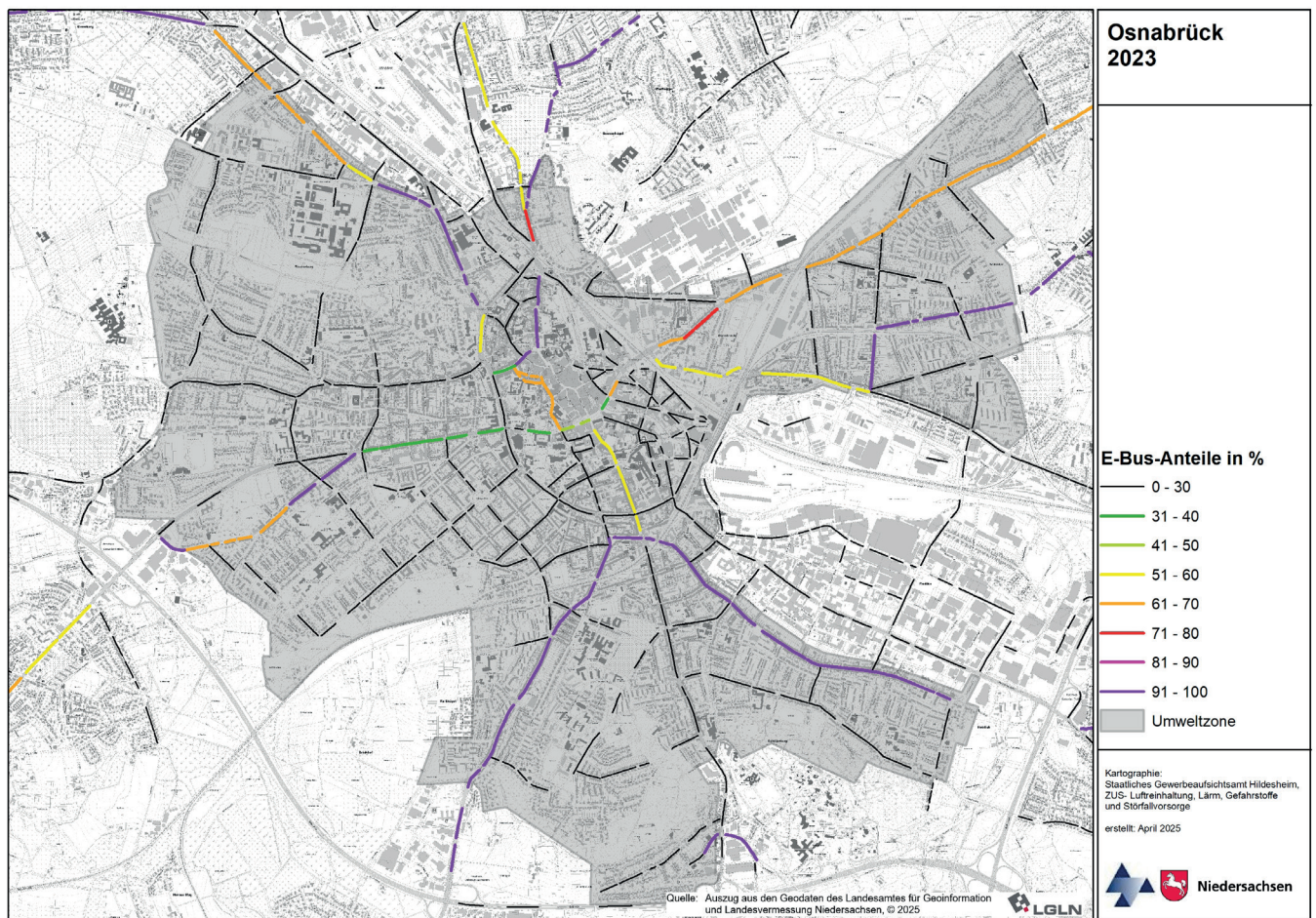


Abbildung 13: Anteil der E-Busse an der Busflotte in Osnabrück, 2023

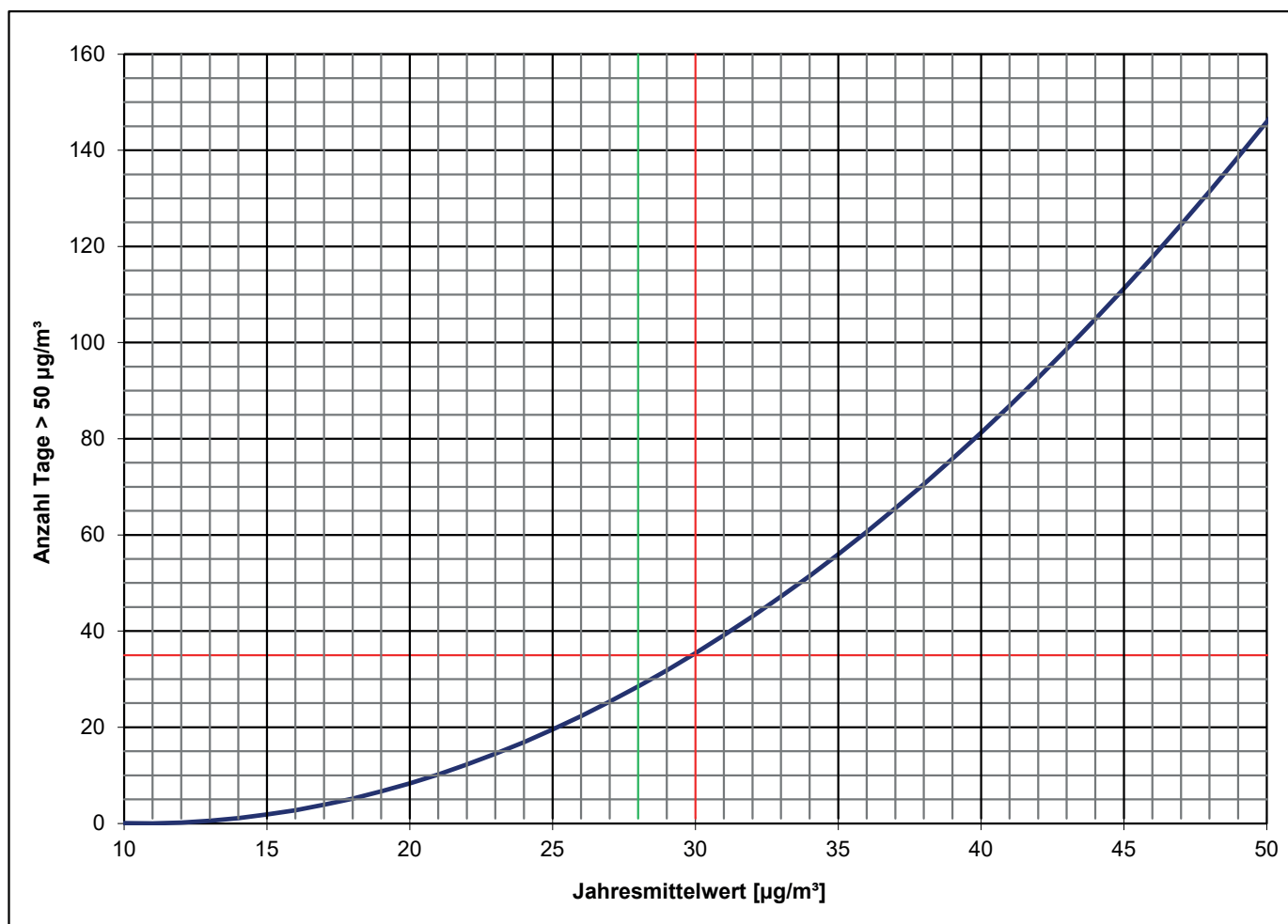


Abbildung 14: Statistischer Zusammenhang zwischen dem Jahresmittelwert von PM_{10} und der Anzahl Tage mit einem PM_{10} -Tagesmittelwert über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$