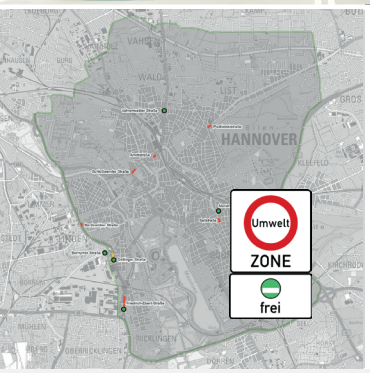
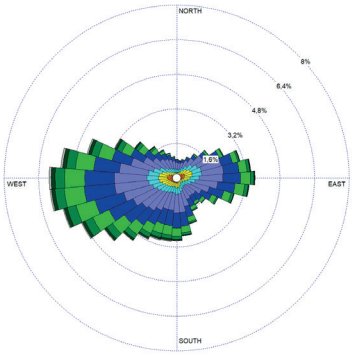
Staatliches
Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim





Modelltechnische Untersuchungen zur Wirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration in Hannover unter Einbeziehung meteorologisch und verkehrlich ungünstiger Gegebenheiten

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

Niedersachsen

Herausgeber

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim
Goslarsche Straße 3, 31134 Hildesheim
Hildesheim, Februar 2022

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 2021 5

2.1.1 Vergleich der Modellwerte mit den Messwerten 2021 6

2.2 Prognose für das Bezugsjahr 2022 8

2.3 Minderungswirkung der Umweltzone durch Flottenanpassung in den Bezugsjahren 2021 und 2022 8

2.4 Minderungswirkung der Umweltzone durch Flottenanpassung und Verkehrsmengenerhöhung in den Bezugsjahren 2021 und 2022 – Maximale Wirkungsabschätzung 10

2.5 Einfluss meteorologischer Kenngrößen 13

2.5.1 Auswahl meteorologisch besonderer Jahre 13

2.5.2 Meteorologische Daten der Region Hannover und meteorologische Einschätzung des Jahres 2021 13

2.5.2.1 Windrichtung 15

2.5.2.2 Windgeschwindigkeit 15

2.5.2.3 Niederschlagsmenge, Lufttemperatur und Sonnenscheindauer 15

2.5.2.4 Ozonkonzentration 15

2.5.3 Wirkung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit 16

2.5.4 Wirkung der Ozonvorbelastung 19

2.6 Wirkung der Änderung der Verkehrsmenge aufgrund der Corona-Pandemie 19

2.7 Zusammenfassende Wirkungsbetrachtung an den Probenahmestellen 21

3. Zusammenfassung 24

4. Literaturverzeichnis 25

5. Anhang 26

1. Aufgabenstellung und Methodik

Die ZUS LLGS wurde im August 2021 von der Stadt Hannover beauftragt, die Wirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration in Hannover modelltechnisch zu untersuchen und dabei den Einfluss der Corona-Pandemie und meteorologischer Schwankungen immissionsseitig zu quantifizieren. Aus diesen Untersuchungen ist zudem die NO_2-Konzentration abzuschätzen, die trotz Annahme der ungünstigsten Umstände die Einhaltung des NO_2-Jahresgrenzwertes ohne Umweltzone sicherstellt.

Diese Untersuchung wurde vor dem Hintergrund der in den letzten Jahren kontinuierlich sinkenden NO_2-Konzentrationen und der in 2020 in Hannover festgestellten Unterschreitung des NO_2-Grenzwertes an allen verkehrsnahen Messstandorten sowie der damit verbundenen Diskussion um eine mögliche Aufhebung der Umweltzone durchgeführt. Die modelltechnische Umsetzung der Aufgabenstellung wurde im Detail mit der Stadt Hannover abgestimmt und regelmäßig dem Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz berichtet.

Es wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:
- Analyse der NO_2-Konzentration für das Bezugsjahr 2021
- Vergleich der Modellwerte mit den Messwerten 2021
- Prognose der NO_2-Konzentration für das Bezugsjahr 2022
- Wirkung der bestehenden Umweltzone durch Flottenanpassung in den Bezugsjahren 2021 und 2022 (Variante 1 - Minimalabschätzung)
- Wirkung der bestehenden Umweltzone durch Flottenanpassung und Verkehrsmengenerhöhung in den Bezugsjahren 2021 und 2022 (Variante 2 - Maximalabschätzung)
- Auswirkung meteorologischer Einflüsse auf die NO_2-Konzentration
- Auswirkung der Corona-Pandemie auf die NO_2-Konzentration

Folgende Bedingungen sind Grundlage der o. g. Untersuchungen:
- Die Untersuchung erfolgte für das gesamte Stadtgebiet von Hannover mit den Verkehrsmengen, die zur letzten Berechnung im Jahr 2020 mit der Stadt Hannover abgestimmt wurden. Der vorliegende Datensatz wurde hinsichtlich der Geschwindigkeiten den aktuellen Gegebenheiten angepasst. So wurde die Geschwindigkeit für Teile der Podbielskistraße und der Marienstraße auf 30 km/h und in Teilen der Friedrich-Ebert-Straße auf 40 km/h geändert. Aufgrund dieser Anpassung musste in der Friedrich-Ebert-Straße und der Marienstraße der Straßentyp von Magistrale auf Hauptverkehrsstraße geändert werden, da modelltechnisch bei einer Magistrale lediglich Geschwindigkeiten ab 50 km/h vorgesehen sind.
- Es lagen keine aktuellen Daten zum Bestand und zur Prognose der Busflotten vor. Aus vorherigen Untersuchungen (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 07/2020) ist bekannt, dass im Bezugsjahr 2020 die Verwendung der Busflotte für Hannover gegenüber der Standardbusflotte nur wenig Einfluss auf die NO_2-Konzentration an den Belastungsschwerpunkten hatte. Für die vorliegende Aufgabenstellung stellt die Verwendung der Standardbusflotte nach HBEFA daher einen hinreichend geeigneten Ansatz dar.
- Im gewählten Verfahren wird 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 untersuchten Straßenabschnitts (Abschnitt 2.1 - 2.4). Mit dem Screeningmodell IMMIS^{luft} in der Version 8 (IVU Umwelt, 2021) wird anschließend die Zusatzbelastung, die der Straßenverkehr selbst in dem jeweiligen Straßenabschnitt verursacht, ermittelt. Die Berechnungen in den Abschnitten 2.5 und 2.6 basieren auf der Vorbelastung der Analyse 2021.
- Das verwendete Modell IMMIS^{luft} 8 basiert auf HBEFA 4.1 (Infras, 2019). Ein Teil der auf dem „Nationalen Forum Diesel" vereinbarten technischen Nachrüstung (Software-Updates) zur Minderung der NO_X-Emissionen für in Deutschland zugelassene Diesel-PKW der Schadstoffklassen Euro 5 und Euro 6 ist in den verwendeten HBEFA-Emissionsfaktoren bereits enthalten. Das Umweltbundesamt (UBA) hat in einer Veröffentlichung (Umweltbundesamt, 2021a) empfohlen, für einen weiteren Teil der Euro 5 und Euro 6a/b Diesel-PKW eine Minderung der NO_X-Emission unter Einbeziehung der Bestandsentwicklung zu berücksichtigen. Unter Verwendung der Angaben des UBA wurden getrennt für Euro 5 und Euro 6a/b Diesel-PKW in den Bezugsjahren 2021 und 2022 NO_X-Reduktionsfaktoren verwendet, die die Emissionen des Straßenverkehrs stadtweit um ca. 2,6 % reduziert.

Tabelle 1: *NO_X-Reduktionsfaktoren in % für Euro 5 und Euro 6a/b Diesel-PKW zur Berücksichtigung von Software-Updates gemäß UBA-Empfehlung*

	Euro 5	Euro 6a/b
2020	6,7	9,5
2021	7,7	9,8

- Der regionale Hintergrund wurde aus der NO_2-Hintergrundkarte für das Bezugsjahr 2019 des Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt, 2021b) abgeleitet und unverändert für die Analyse 2021 und die Prognose 2022 verwendet. Daten für ein aktuelleres Bezugsjahr waren zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Untersuchung im UBA-Kartendienst nicht verfügbar.

- 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 berücksichtigt. Der Einfluss der emissionsmindernden Wirkung der Flottenentwicklung in Prognosejahren und der Maßnahme zur Umweltzone auf die städtische Vorbelastung wurden berücksichtigt. Mit diesem Ansatz wird der Entwicklung der im städtischen Hintergrund gemessenen NO_2-Konzentration, welche u. a. einen deutlichen Rückgang von 2019 nach 2020/2021 aufweist, Rechnung getragen.
- Meteorologische Daten wurden einer Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Station Hannover-Flughafen (Bezugszeitraum: 2007 - 2016) entnommen. Für die Untersuchung der Wirkung von meteorologischen Einflüsse auf die NO_2-Konzentration wurden Zeitreihen meteorologisch besonderer Jahre (2012, 2015, 2017, 2018) der Station Hannover-Flughafen verwendet.
- Die Ermittlung der NO_2-Immission erfolgt 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. Abweichend hiervon erfolgte die NO_2-Konversion zur Untersuchung des Einflusses der Ozonvorbelastung anhand des vereinfachten Chemiemodells (Abschnitt 2.5.4).

$$NO_2 = \frac{28{,}17 \times NO_X}{31{,}28 + NO_X} + 0{,}21 \times NO_X$$

2. Modelltechnische Untersuchungen

2.1 Analyse für das Bezugsjahr 2021

Die Modellrechnung auf der Basis der gemäß UBA-Empfehlung angepassten Emissionsfaktoren des HBEFA 4.1 ergeben für das Bezugsjahr 2021 unter Berücksichtigung der Umweltzone im Jahresmittel die in der Abbildung 1 und Tabelle 2 dargestellten NO_2-Konzentrationen. Dabei liegt der berechnete Jahresmittelwert an einem Abschnitt in der Bardowicker Straße oberhalb des seit 2010 für NO_2 gültigen Jahresgrenzwertes von 40 µg/m³. Zwei Straßenabschnitte in der Friedrich-Ebert-Straße liegen mit Belastungen von 39 und 37 µg/m³ knapp unter dem NO_2-Jahresgrenzwert von 40 µg/m³. Für weitere 11 Abschnitte werden NO_2-Konzentrationen im Wertebereich von 33 bis 36 µg/m³ ermittelt, darunter u. a. Abschnitte an den Probenahmestellen in der Marienstraße und Bornumer Straße. Für den Belastungsschwerpunkt in der Göttinger Straße wird mit 32 µg/m³ eine NO_2-Jahreskonzentration deutlich unter 40 µg/m³ modelliert.

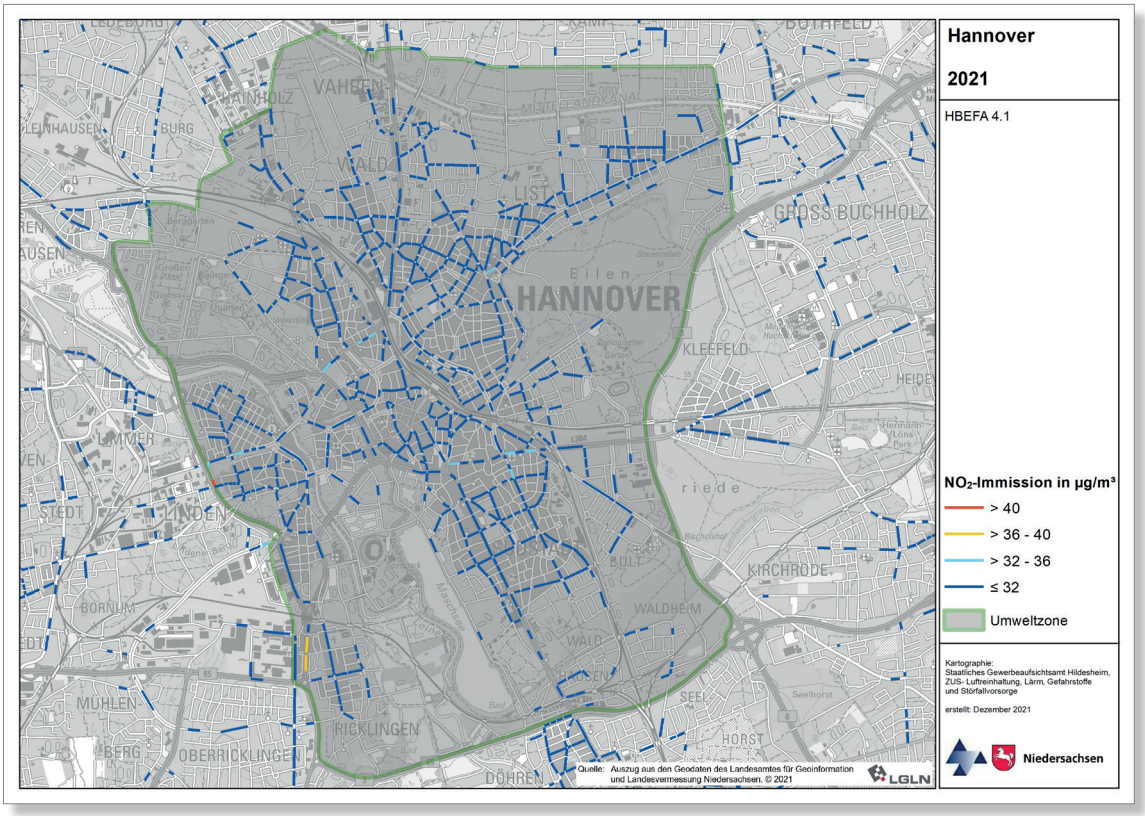


Abbildung 1: *Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte in Hannover im Bezugsjahr 2021 mit Umweltzone*

In der Bardowicker Straße wird die Stickoxidbelastung durch die Vorbelastung, insbesondere durch den Straßenverkehr im städtischen Hintergrund (durch den parallel verlaufenden Westschnellweg) und weniger durch den Verkehr in der Straße selbst verursacht (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 03/2020). Wobei das verwendete Screening-Programm aufgrund modelltechnischer Grenzen die real vorhandene Höhendifferenz der beiden Straßen nicht berücksichtigt, was für die Bardowicker Straße zu einer Überschätzung der NO_2-Konzentration führt.

Die Generierung der in der Abbildung 1 und der Tabelle 2 dargestellten 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 die Immissionskonzentration ermittelt wurden. Innerhalb einer Straße gibt es in der Regel mehrere solcher IMMIS^{luft}-Abschnitte, die aufgrund der abschnittsspezifischen Randbebauung unterschiedlich hohe Immissionen aufweisen können.

Tabelle 2: *Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte an ausgewählten Belastungsschwerpunkten im Jahr 2021 mit Umweltzone*

ID	Standort	NO_2-Konzentration in µg/m³
10470	Bardowicker Straße	41
2289	Friedrich-Ebert-Straße	39
1665*	Friedrich-Ebert-Straße	37
1070*	Marienstraße	36
18	Schloßwender Straße	35
2926	Marienstraße	35
297	Arndtstraße	35
1193	Marienstraße	35
7329*	Bornumer Straße	34
7496	Bardowicker Straße	34
3187	Podbielskistraße	34
3105	Arndtstraße	34
2924	Sallstraße	33
463	Fössestraße	33
1691*	Göttinger Straße	32

**Probenahmestelle*

Zu den beiden Abschnitten der Friedrich-Ebert-Straße ist anzumerken, dass die Differenz zwischen und das Verhältnis der berechneten NO_2-Konzentration zueinander vor dem Hintergrund des verwendeten Berechnungsmodells zu interpretieren sind. Das verwendete Modell IMMIS^{luft} ist ein Screeningmodell und hinsichtlich der Komplexität und des Anwendungsspektrums begrenzt. Das Verhältnis von Straßenraumbreite zur Höhe der Randbebauung ist ein relevanter Parameter für das Modell. Die Differenzen in den Berechnungsergebnissen für die beiden Abschnitte resultieren im Wesentlichen aus der unterschiedlichen Höhe der Randbebauung. Darüber hinaus liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Straßenabschnitten in dem Vorkommen von Bäumen im Straßenraum. Der Straßenabschnitt mit der berechneten NO_2-Konzentration von 37 µg/m³ (ID 1665) ist durch einen beidseitigen Bestand von Platanen gekennzeichnet, der den Straßenraum nach oben hin abschirmt und die Durchmischung in der Straßenschlucht deutlich behindert. In dem anderen Straßenabschnitt ist straßenbegleitend ein junger Baumbestand mit noch geringer räumlicher Ausdehnung der Baumkronen vorhanden, der keinen relevanten Einfluss auf die Durchmischung im Straßenraum ausübt. Vegetationselemente können durch das Screeningmodell nicht berücksichtigt werden, so dass dieser Einflussfaktor in diesen Berechnungen nicht abgebildet werden kann. Räumlich hochaufgelöste Modellrechnungen mit dem Programm MISKAM zeigen einen deutlichen Effekt der Vegetation (Strotkötter, U., 2013) in der Friedrich-Ebert-Straße, so dass von hiesiger Seite davon ausgegangen wird, dass in der Realität der Abschnitt, der hier mit 37 µg NO_2/m³ ausgewiesen ist, der höher belastete der beiden Abschnitte ist.

2.1.1 Vergleich der Modellwerte mit den Messwerten 2021

In Hannover wird durch das Lufthygienische Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) in einem Abschnitt in der Göttinger Straße kontinuierlich die Luftschadstoffbelastung gemessen. Zusätzlich wird durch das LÜN in Hannover in je einem Abschnitt in der Bornumer Straße, der Friedrich-Ebert-Straße und der Marienstraße die NO_2-Konzentration mit Passivsammlern bestimmt (Abbildung 2).

In der Abbildung 3 sind die in Hannover von 2012 bis 2021 fahrbahnnah gemessenen NO_2-Konzentrationen und die im städtischen Hintergrund gemessene NO_2-Konzentration dargestellt (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 06/2021) (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 01/2022). Insgesamt nimmt die NO_2-Belastung an allen Probenahmestellen seit dem Messbeginn bis zum Jahr 2020 deutlich ab. An den Probenahmestellen ist in unterschiedlichen Bezugsjahren ein vorübergehendes Ansteigen der Werte zu beobachten. Seit dem Jahr 2016 sinkt die NO_2-Belastung an allen Probenahmestellen mit Ausnahme der Bornumer Straße kontinuierlich ab. Im Jahr 2018 wurden noch an der verkehrsnahen Messstation in der Göttinger Straße und an drei weiteren verkehrsnahen Probenahmestellen Konzentrationen oberhalb des NO_2-Jahresgrenzwerts ermittelt, während dies im Jahr 2019 nur noch in der Fried-

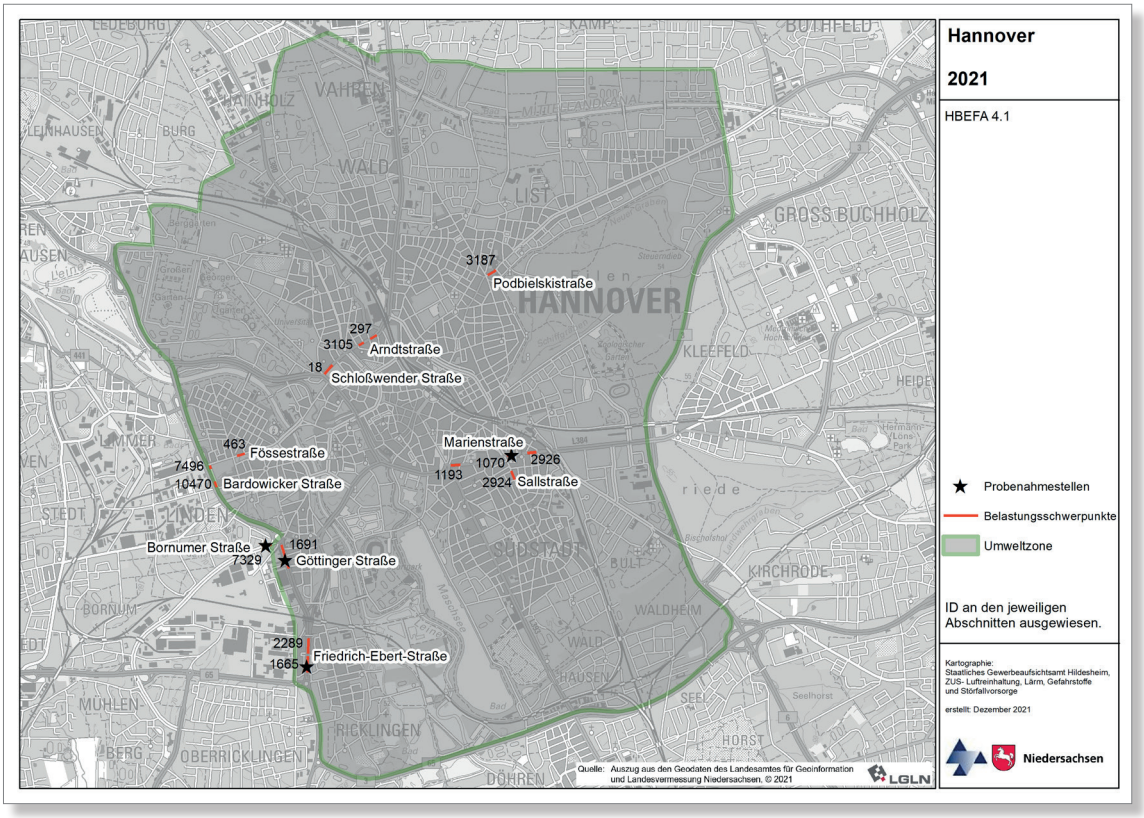


Abbildung 2:
Lage der aktuellen Probenahmestellen und ausgewählter Belastungsschwerpunkte in Hannover, 2021

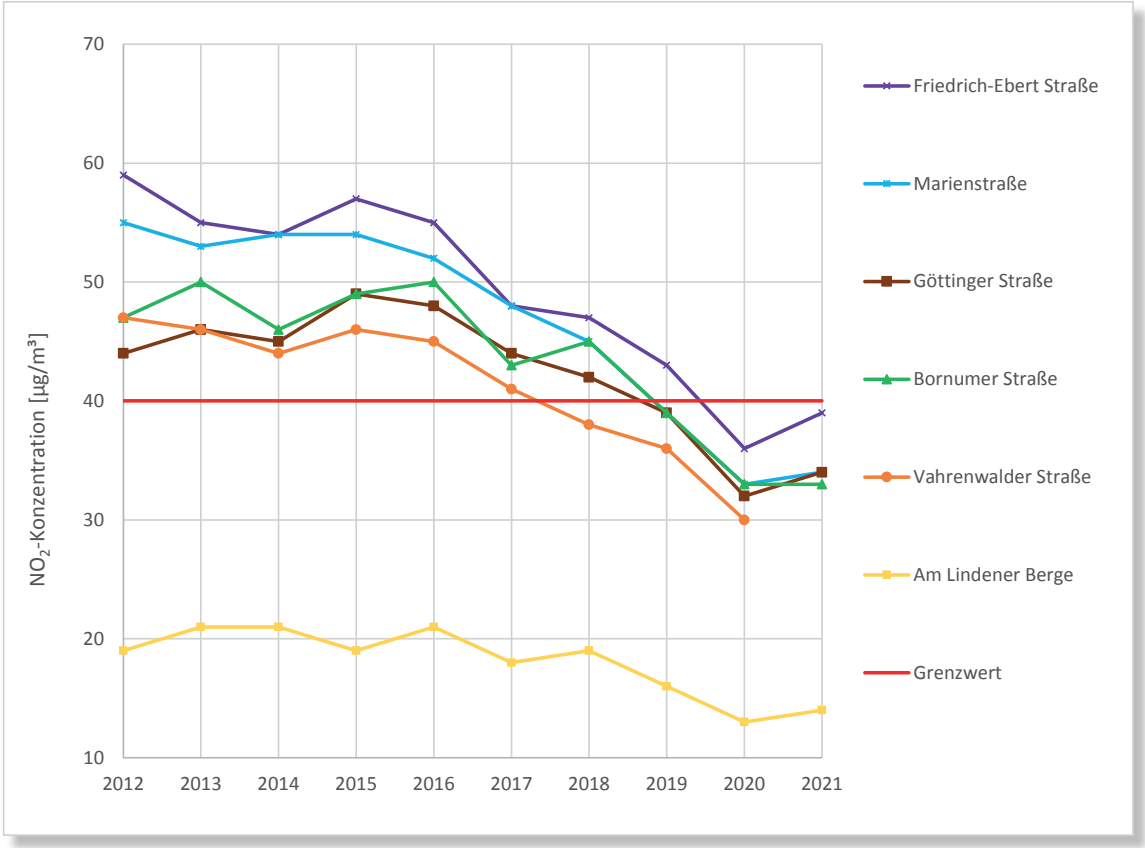


Abbildung 3:
Gemessene NO_2-Konzentrationen im Jahresmittel und NO_2-Jahresgrenzwert, 2012 bis 2021

ID	Standort	Modellwert µg/m³	Messwert µg/m³	Abweichung[1] µg/m³	Abweichung[1] %[2]
1665	Friedrich-Ebert-Straße	37	39	-2	-3,8
7329	Bornumer Straße	34	33	1	3,6
1070	Marienstraße	36	34	2	4,4
1691	Göttinger Straße	32	34	-2	-4,3

Tabelle 3:
Vergleich der modellierten und gemessenen NO_2-Konzentrationen in µg/m³ und die prozentuale Abweichung in Bezug zum Immissionsgrenzwert an den Probenahmestellen im Bezugsjahr 2021

rich-Ebert-Straße der Fall war. Seit dem Jahr 2020 wird der NO_2-Jahresgrenzwert an allen Probenahmestellen eingehalten. Im Jahr 2021 setzt sich die deutliche Abnahme der NO_2-Konzentration nicht weiter fort, hier ist eher ein leichter Anstieg zu erkennen.

Eine Gegenüberstellung der für das Jahr 2021 an den Probenahmestellen mit IMMIS^{luft} modellierten und der gemessenen NO_2-Konzentrationen zeigt die Tabelle 3.

Die modellierten und die gemessenen NO_2-Konzentrationen stimmen insgesamt gut überein. Für die Friedrich-Ebert-Straße und die Göttinger Straße ist eine leichte Unterschätzung von rund 2 µg/m³ durch das Modell festzustellen, während die Modellwerte die Messwerte in der Bornumer Straße mit ca. 1 µg/m³ leicht überschätzen. In der Marienstraße fällt die Überschätzung durch das Modell mit 2 µg/m³ etwas höher aus. Im Mittel ist für das Bezugsjahr 2021 an den untersuchten Probenahmestellen für NO_2keine tendenzielle Abweichung durch das Modell festzustellen.

Die Abweichung zwischen den berechneten und gemessenen NO_2-Jahresmittelwerten liegt in Bezug zum Immissionsgrenzwert für das Bezugsjahr 2021 an allen Standorten innerhalb des in der 39. BImSchV für Modellrechnungen geforderten Datenqualitätszieles von 30 % (Tabelle 3).

2.2 Prognose für das Bezugsjahr 2022

Die Modellrechnung auf der Basis der gemäß UBA-Empfehlung angepassten Emissionsfaktoren des HBEFA 4.1 ergeben für das Bezugsjahr 2022 unter Berücksichtigung der Umweltzone im Jahresmittel die in der Abbildung 4 und Tabelle 4 aufgezeigten NO_2-Konzentrationen. Dabei liegt der berechnete Jahresmittelwert an keinem Abschnitt oberhalb des seit 2010 für NO_2 gültigen Jahresgrenzwertes von 40 µg/m³. Ein Straßenabschnitt in der Bardowicker Straße und ein Abschnitt in der Friedrich-Ebert-Straße liegen mit Belastungen von 39 und 38 µg/m³ knapp unter dem NO_2-Jahresgrenzwert von 40 µg/m³. Für weitere 9 Abschnitte werden NO_2-Konzentrationen im Wertebereich von 33 bis 36 µg/m³ ermittelt, darunter u. a. Abschnitte an den Probenahmestellen in der Marienstraße und Bornumer Straße.

Die NO_2-Konzentration nimmt dabei aufgrund der Flottenentwicklung von 2021 auf 2022 im Mittel an den Belastungsschwerpunkten um 1,3 µg/m³ (3,6 %) ab. Die Spannweite der Minderungswirkung liegt an den Belastungsschwerpunkten zwischen 1,0 und 1,4 µg/m³.

2.3 Minderungswirkung der Umweltzone durch Flottenanpassung in den Bezugsjahren 2021 und 2022

Im Jahr 2008 wurde in Hannover eine Umweltzone eingeführt. Seit 2010 ist die Umweltzone nur noch von Fahrzeugen mit einer grünen Plakette[3] befahrbar. Die Wirkung der bestehenden Umweltzone wurde in Hannover für das Bezugsjahr 2021 und 2022 auf der Grundlage des HBEFA 4.1 untersucht. Der Einfluss der Umweltzone auf die Vorbelastung wurde dabei berücksichtigt. Verdrängungseffekte aufgrund der Umweltzone wurden nicht einbezogen, d. h. es wird mit und ohne Umweltzone von einer gleichbleibenden Verkehrsmenge ausgegangen. In der Untersuchung werden Fahrzeuge die derzeit durch das Fahrverbot aus der Umweltzone ausgesperrt sind anteilig durch einfahrberechtigte Fahrzeuge mit gleicher Antriebstechnik ersetzt. Seitens der Stadt Hannover erlassene Ausnahmen vom Fahrverbot werden in dieser Untersuchung berücksichtigt.

Durch die bestehende Umweltzone wurden in Hannover im Jahr 2021 ca. 12.200 kg Stickoxide (0,8 %[4]) weniger emittiert. Im Bezugsjahr 2022 nimmt die Wirkung der Umweltzone auf die Stickoxidemission um rund 1.500 kg auf 10.700 kg ab. Die Emissionsminderung wird in der vorliegenden Untersuchung durch eine Verbesserung der Flotte verursacht.

Durch den Wegfall der bestehenden Umweltzone wird sich die Stickoxidkonzentration an den Straßenabschnitten in Hannover erhöhen. Die Minderungswirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration ist für das Bezugsjahr 2021 und 2022 in Tabelle 5 dargestellt.

An den ausgewählten Belastungsschwerpunkten innerhalb der Umweltzone wird im Bezugsjahr 2021 mit dem Wegfall der Umweltzone ein Anstieg der NO_2-Immission um ca. 0,1 bis 0,7 µg/m³ (0,2 bis 1,8 %) berechnet. Im Mittel beträgt die Erhöhung der NO_2-Immission ca. 0,5 µg/m³ (1,4 %). An

[1] Berechnung mit ungerundeten Werten
[2] Bezug zum Immissionswert
[3] 35. BImSchV, Diesel ab Euro 4, Benziner mit geregelten Katalysator sowie von Fahrzeugen ohne Verbrennungsmotor wie z. B. Elektroautos
[4] In Bezug zur Emission des Straßenverkehrs

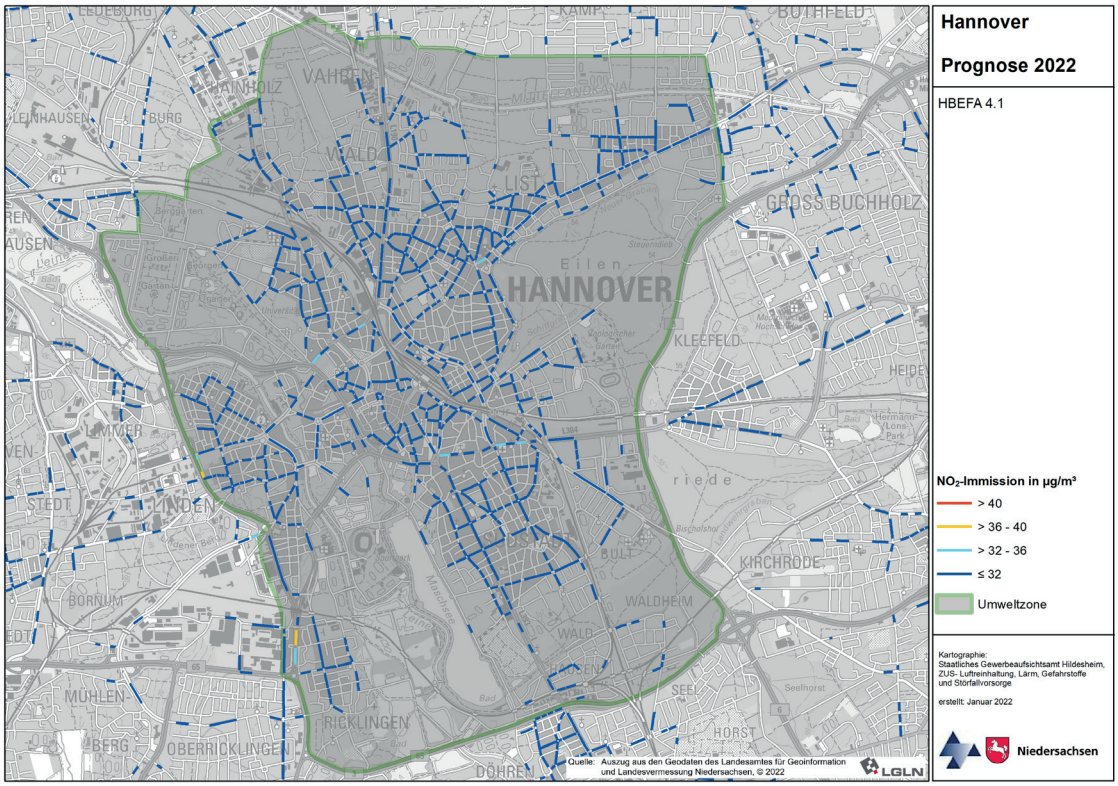


Abbildung 4:
Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte in Hannover im Bezugsjahr 2022 mit Umweltzone

ID	Standort	NO_2-Konzentration	NO_2-Minderung [5, 6]	
		in µg/m³	in µg/m³	in %
10470	Bardowicker Straße	39	1,3	3,2
2289	Friedrich-Ebert-Straße	38	1,3	3,3
1665*	Friedrich-Ebert-Straße	36	1,2	3,3
1070*	Marienstraße	34	1,4	3,9
18	Schloßwender Straße	34	1,4	3,9
2926	Marienstraße	34	1,4	3,8
297	Arndtstraße	33	1,3	3,7
1193	Marienstraße	33	1,3	3,9
7329*	Bornumer Straße	33	1,4	4,0
7496	Bardowicker Straße	33	1,0	3,0
3187	Podbielskistraße	33	1,2	3,6
3105	Arndtstraße	32	1,2	3,6
2924	Sallstraße	32	1,2	3,7
463	Fössestraße	32	1,2	3,5
1691*	Göttinger Straße	31	1,1	3,4

Tabelle 4:
Berechnete NO_2-Jahresmittelwerte an ausgewählten Belastungsschwerpunkten im Jahr 2022 mit Umweltzone und Minderungswirkung gegenüber 2021 mit Umweltzone

**Probenahmestelle*

dem Abschnitt in der Bornumer Straße liegt der berechnete Anstieg für die NO_2-Konzentration bei ca. 0,0 µg/m³ (0,1 %).

Im Bezugsjahr 2022 reduziert sich die berechnete absolute Minderungswirkung der Umweltzone gegenüber dem Bezugsjahr 2021 geringfügig. An den ausgewählten Belastungsschwerpunkten innerhalb der Umweltzone wird im Bezugsjahr 2022 mit dem Wegfall der Umweltzone die NO_2-Immission um ca. 0,1 bis 0,6 µg/m³ (0,2 bis 1,6 %) ansteigen. Im Mittel wird die Erhöhung der NO_2-Immission

5 Berechnung mit ungerundeten Werten

6 In Bezug zur Immission der Analyse 2021

Tabelle 5: *Wirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021 und 2022*

ID	Standort	Umweltzone	NO_2-Änderung[7]			
			2021		2022	
			in µg/m³	in %[8]	in µg/m³	in %[8]
297	Arndtstraße	ja	0,5	1,6	0,5	1,5
3105	Arndtstraße	ja	0,5	1,5	0,4	1,4
10470	Bardowicker Straße	ja	0,1	0,2	0,1	0,2
7496	Bardowicker Straße	ja	0,1	0,3	0,1	0,3
7329*	Bornumer Straße	nein	0,0	0,1	0,0	0,1
463	Fössestraße	ja	0,5	1,4	0,4	1,3
2289	Friedrich-Ebert-Straße	ja	0,7	1,8	0,6	1,6
1665*	Friedrich-Ebert-Straße	ja	0,6	1,7	0,5	1,5
1691*	Göttinger Straße	ja	0,5	1,7	0,5	1,5
1070*	Marienstraße	ja	0,6	1,6	0,5	1,5
2926	Marienstraße	ja	0,6	1,6	0,5	1,5
1193	Marienstraße	ja	0,6	1,7	0,5	1,6
3187	Podbielskistraße	ja	0,4	1,1	0,4	1,1
2924	Sallstraße	ja	0,5	1,5	0,4	1,4
18	Schloßwender Straße	ja	0,6	1,7	0,5	1,6

**Probenahmestelle*

ca. 0,4 µg/m³ (1,3 %) betragen. Die Minderungswirkung der Umweltzone in der Bornumer Straße bleibt im Vergleich zum Bezugsjahr 2021 nahezu unverändert.

Die Höhe der NO_x-Konzentrationsminderung ist mit den Berechnungen aus den Vorjahren vergleichbar. (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 07/2020). Allerdings werden etwas geringere NO_2-Minderungswirkungen ermittelt. Ursache hierfür ist u. a. ein Methodenwechsel. In der Berechnung im Vorjahr wurde das vereinfachte Chemiemodell für die Umrechnung der NO_x- in eine NO_2-Immission verwendet, während aktuell gemäß UBA-Empfehlung eine aktualisierte Romberg-Lohmeyer-Formel verwendet wird.

In der Abbildung 5 ist die Auswirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration für das Gebiet der Umweltzone in Hannover im Bezugsjahr 2021 dargestellt.

Die Bornumer Straße liegt außerhalb der Umweltzone. Deshalb wirkt sich ein Wegfall der Umweltzone auf die NO_2-Immission in der Bornumer Straße deutlich geringer aus als in den anderen dargestellten Belastungsschwerpunkten. Die Immissionsänderung in der Bornumer Straße wird durch die Anpassung der Vorbelastung aufgrund der gesamtstädtischen Emissionsänderung verursacht.

In der Bardowicker Straße wird die Stickoxidbelastung durch die Vorbelastung, insbesondere durch den Straßenverkehr im städtischen Hintergrund und weniger durch den Verkehr in der Straße selbst verursacht (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 03/2020). Dementsprechend fällt die Wirkung der Umweltzone in der Bardowicker Straße gering aus.

2.4 Minderungswirkung der Umweltzone durch Flottenanpassung und Verkehrsmengenerhöhung in den Bezugsjahren 2021 und 2022 – Maximale Wirkungsabschätzung

Die Wirkung der Umweltzone soll zusätzlich unter Berücksichtigung der Flottenanpassungen und einer Verkehrsmengenerhöhung als maximale Potenzialabschätzung untersucht werden. Die Erhöhung der Verkehrsmengen wird aus den Bestandsdaten der Kraftfahrzeuge nach Plakettenverordnung der Region Hannover (Kraftfahrt-Bundesamt, 2021) unter Berücksichtigung der längerfristigen Ausnahmegenehmigungen zum Befahren der Umweltzone abgeleitet. Danach durften mit Stand vom 1.1.2021 rund 3,2 % der in der Region Hannover zugelassenen PKW und 13,7 % der Nutzfahrzeuge nicht in die bestehende Umweltzone einfahren. In der Untersuchung zur maximalen Wirkungs-

[7] Berechnet mit ungerundeten Werten
[8] In Bezug zur Immission mit Umweltzone

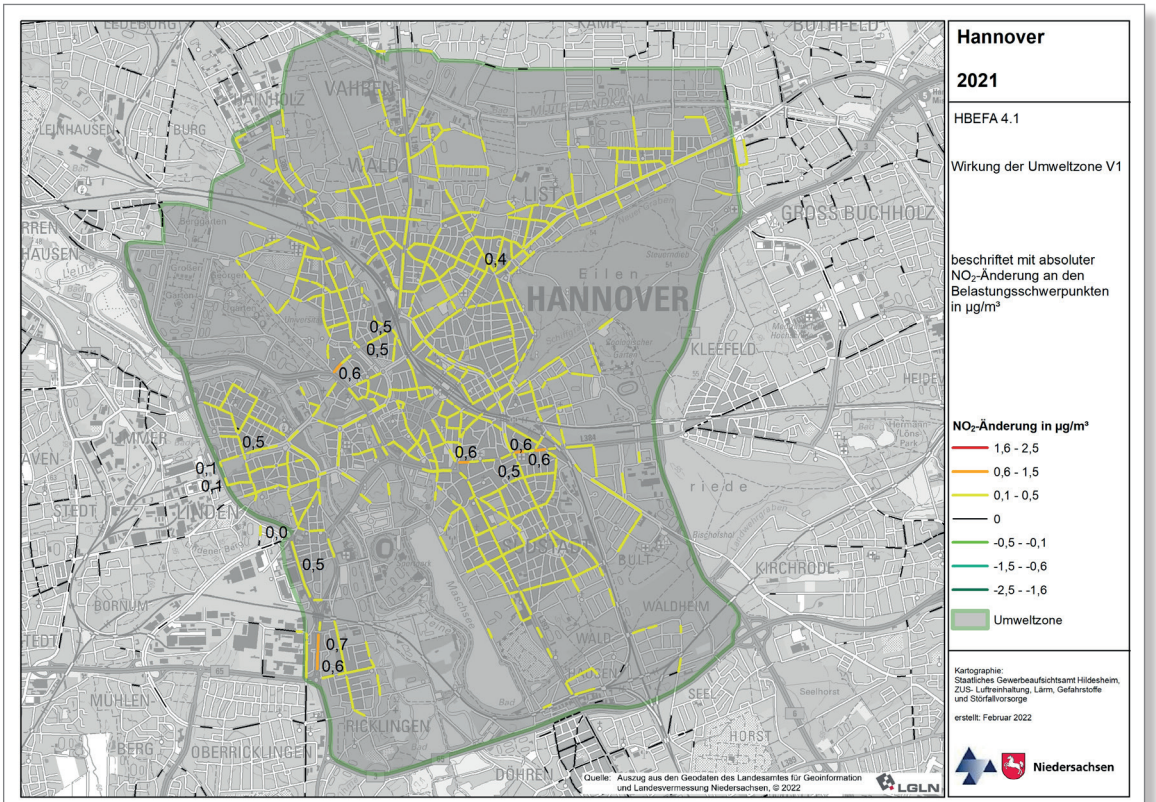


Abbildung 5:
Wirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021

abschätzung 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 Hannover im Jahr 2021 maximal ca. 29.300 kg Stickoxide (- 2,0 %[9]) weniger emittiert. Im Bezugsjahr 2022 nimmt die Wirkung der Umweltzone auf die Stickoxidemission auf rund 26.500 kg ab. Zusätzlich zum Emissionsbeitrag aus der Anpassung der Flotte wird mit der maximalen Wirkungsabschätzung ein emissionsseitiger Beitrag aus der Verkehrsmengenerhöhung berücksichtigt. Der Anteil dieses Beitrags an der Emissionswirkung der Umweltzone liegt stadtweit bei ca. 60 %.

In der maximalen Wirkungsabschätzung wird sich die Stickoxidkonzentration an den Straßenabschnitten in Hannover durch den Wegfall der bestehenden Umweltzone mehr erhöhen als in der allein auf der Flottenänderung basierenden Untersuchung.

Die Minderungswirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration ergibt für das Bezugsjahr 2021 an den ausgewählten Belastungsschwerpunkten innerhalb der Umweltzone mit dem Wegfall der Umweltzone in der maximalen Wirkungsabschätzung einen Anstieg der NO_2-Immission um ca. 0,3 bis 2,3 µg/m³ (0,8 bis 6,0 %) (Tabelle 6). Im Mittel beträgt die Erhöhung der NO_2-Immission ca. 1,3 µg/m³ (3,8 %). An dem Abschnitt in der Bornumer Straße liegt der berechnete Anstieg für die NO_2-Konzentration bei ca. 0,1 µg/m³ (0,3 %).

Im Bezugsjahr 2022 nimmt die berechnete absolute Minderungswirkung der Umweltzone gegenüber dem Bezugsjahr 2021 etwas ab. Im Bezugsjahr 2022 würde in der maximalen Wirkungsabschätzung mit dem Wegfall der Umweltzone an den ausgewählten Belastungsschwerpunkten innerhalb der Umweltzone die NO_2-Immission um ca. 0,3 bis 2,2 µg/m³ (0,7 bis 5,8 %) ansteigen. Die mittlere Erhöhung der NO_2-Immission bleibt mit ca. 1,3 µg/m³ (3,7 %) nahezu unverändert. Die Minderungswirkung der Umweltzone in der Bornumer Straße ist im Vergleich zum Bezugsjahr 2021 nahezu gleichbleibend.

Der in der maximalen Wirkungsabschätzung durch die Verkehrsmengenerhöhung verursachte Immissionsbeitraghat an den ausgewählten Belastungsschwerpunkten im Bezugsjahr 2021 im Mittel einen Anteil von 64 - 65 %.

In der Abbildung 6 ist die Auswirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration als maximale Wirkungsabschätzung für das Gebiet der Umweltzone in Hannover im Bezugsjahr 2021 dargestellt.

[9] In Bezug zur Emission des Straßenverkehrs

Tabelle 6: *Maximale Wirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021 und 2022*

ID	Standort	Umweltzone	NO_2-Änderung[10]			
			2021		2022	
			in µg/m³	in %[11]	in µg/m³	in %[11]
297	Arndtstraße	ja	1,4	4,0	1,3	3,9
3105	Arndtstraße	ja	1,3	4,0	1,2	3,8
10470	Bardowicker Straße	ja	0,3	0,8	0,3	0,7
7496	Bardowicker Straße	ja	0,3	0,9	0,3	0,9
7329*	Bornumer Straße	nein	0,1	0,3	0,1	0,3
463	Fössestraße	ja	1,2	3,6	1,1	3,5
2289	Friedrich-Ebert-Straße	ja	2,3	6,0	2,2	5,8
1665*	Friedrich-Ebert-Straße	ja	2,2	5,8	2,0	5,6
1691*	Göttinger Straße	ja	1,6	4,9	1,5	4,8
1070*	Marienstraße	ja	1,5	4,1	1,4	3,9
2926	Marienstraße	ja	1,4	4,0	1,3	3,9
1193	Marienstraße	ja	1,5	4,3	1,4	4,2
3187	Podbielskistraße	ja	1,1	3,2	1,0	3,1
2924	Sallstraße	ja	1,3	3,8	1,2	3,6
18	Schloßwender Straße	ja	1,4	4,0	1,3	3,9

**Probenahmestelle*

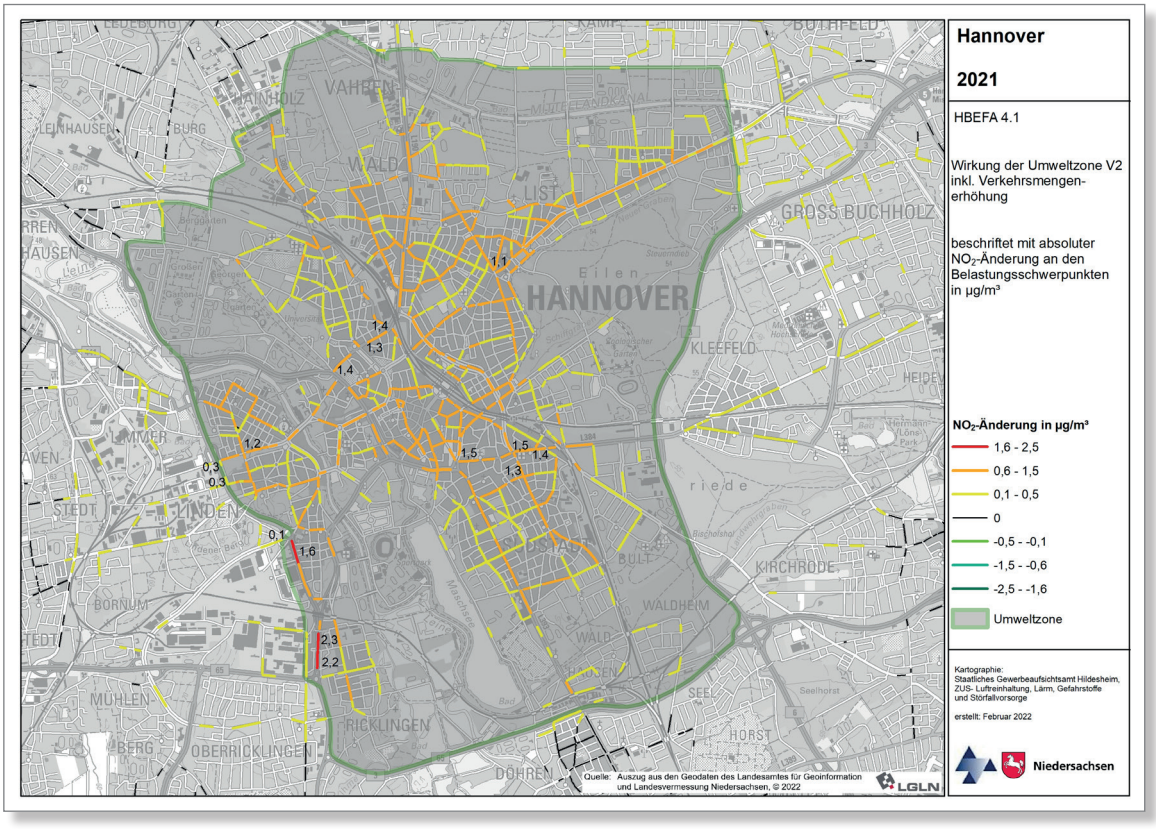


Abbildung 6: *Maximale Wirkung der Umweltzone auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021*

10 Berechnet mit ungerundeten Werten
11 In Bezug zur Immission mit Umweltzone

2.5 Einfluss meteorologischer Kenngrößen

Meteorologische Kenngrößen wie z. B. die Windgeschwindigkeit oder die Stabilität der Atmosphäre können die Konzentrationen von Luftschadstoffen direkt beeinflussen. Windschwache oder Inversionswetterlagen können beispielsweise zu vermindertem Luftaustausch und somit bei gleichbleibender Emission zu einer Immissionserhöhung führen. Umgekehrt können hohe Windgeschwindigkeiten zu einem besseren Luftaustauch führen und die Emissionen in stärkerem Maße verdünnen, was eine Verminderung der Immission verursacht. Zudem sind für die Belüftung und die Strömungsverhältnisse von Straßenschluchten die Ausrichtung der Straßenachse zu den Hauptwindrichtungen von Bedeutung. Eine Queranströmung kann innerhalb der Schlucht aufgrund einer regelmäßigen Wirbelströmung des Windes zu einer Rezirkulation und damit zu einer Aufkonzentration der Schadstoffe führen. Eine Längsanströmung der Straße kann demgegenüber Winde kanalisieren und damit den Luftaustausch verbessern bzw. den Abtransport der Luftschadstoffe beschleunigen. Ebenso können Niederschläge die Immission über das Auswaschen der Schadstoffe aus der Luft beeinflussen und somit zu einer Immissionsminderung führen.

Indirekt können meteorologische Verhältnisse die Konzentration von Luftschadstoffen über witterungsabhängige Emissionen, z. B. über höhere Hausbrandemissionen bei niedrigeren Temperaturen, beeinflussen.

Weiterhin sind u. a. die Luftschadstoffe NO_2 und O_3 über ein komplexes chemisches Reaktionssystem miteinander verbunden und werden darin indirekt durch verschiedene meteorologische Parameter beeinflusst. So kann durch eine hohe Strahlungsintensität die Photolyse von NO_2 erhöht werden und damit zu einer verstärkten O_3-Bildung führen. Wobei Ozon wiederum verstärkt NO oxidieren und somit zu höheren NO_2-Konzentrationen führen kann.

Anhand der gemessenen NO_2-Konzentration der straßennahen Probenahmestellen des LÜN 2008 – 2020 kann für die meteorologisch bedingten Schwankungen des NO_2-Jahresmittelwertes an den Verkehrsmessstationen in grober Näherung ein Wertebereich von etwa -2 µg/m³ bis +4 µg/m³ abgeschätzt werden. Da nicht auszuschließen ist, dass die hier der Meteorologie zugeschriebenen Schwankungen nicht in Teilen auch in anderen Faktoren begründet sind, ist diese Abschätzung eher konservativ. (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 05/2021)

Im Rahmen einer Studie des sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2020) wurde der Einfluss der Meteorologie mit einer Spannweite von -2,2 bis +3,8 µg/m³ NO_2 ausgewiesen.

Die Untersuchung meteorologischer Einflüsse auf die NO_2-Konzentration beschränkt sich in diesem Bericht auf die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit sowie die Ozonkonzentration. Der Einfluss weiterer aufgeführter Parameter auf die NO_2-Konzentration kann im Rahmen dieser Untersuchung modelltechnisch nicht abgebildet werden. Zum Teil wurden diese Parameter jedoch in den folgenden Abschnitten argumentativ aufgenommen.

2.5.1 Auswahl meteorologisch besonderer Jahre

Um meteorologisch besondere Jahre zu identifizieren, wurden die meteorologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet anhand der Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) der Station Hannover-Flughafen für die letzten Jahre (2011 - 2020) gesichtet. Die Sichtung beinhaltete die Parameter Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlagsmenge. Zudem wurde die Ozonkonzentration der LÜN-Probenahmestelle Am Lindener Berge im städtischen Hintergrund in Hannover betrachtet. Auf Basis dieser Auswertung erfolgte die Identifizierung von Jahren mit besonderen meteorologischen Bedingungen, deren Einfluss modelltechnisch untersucht wurde:

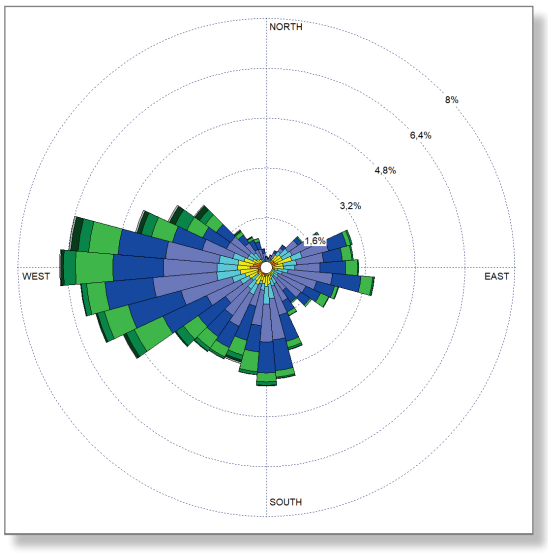
- 2012 – geringste Windgeschwindigkeit
- 2015 – höchste Windgeschwindigkeit
- 2017 – höchste Niederschlagsmenge, geringste Sonnenscheindauer
- 2018 – Extremjahr für Windrichtungsverteilung (hoher Ostwindanteil), höchste Ozonkonzentration

2.5.2 Meteorologische Daten der Region Hannover und meteorologische Einschätzung des Jahres 2021

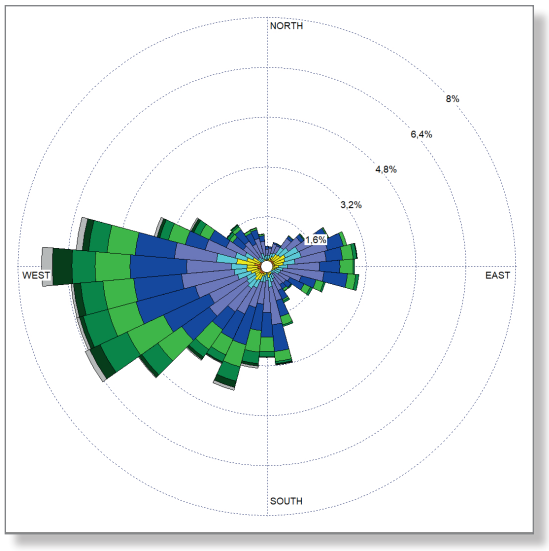
Für diese Untersuchung relevante meteorologische Daten werden in den nächsten Abschnitten dargestellt. Für die Bewertung der meteorologischen Bedingungen des Jahres 2021 wurden zusätzlich die aktuellen Daten[12] der DWD-Station Hannover-Flughafen und der LÜN-Probenahmestelle Am Lindener Berge in Hannover des Jahres 2021 ausgewertet. Die Windrichtungsverteilungen der DWD-Station Hannover-Flughafen ist für verschiedene Bezugsjahre in der Abbildung 7 dargestellt.

Das Jahr 2021 kann auf der Grundlage der vorliegenden Daten hinsichtlich der meisten betrachteten meteorologischen Kenngrößen (Windrichtungsverteilung, Niederschlag, Lufttemperatur und Ozonkonzentration) als durchschnittlich bewertet werden. Auffällig sind die geringe Sonnenscheindauer und die geringe mittlere Windgeschwindigkeit. Die Windgeschwindigkeit ist für die Verdünnung von Luftschadstoffen an der Quelle und auf dem weiteren Transmissionsweg von erheblicher Bedeutung und somit auch für die Ausprägung des dreidimensionalen Konzentrationsfeldes von NO_2 in der Straßenschlucht relevant.

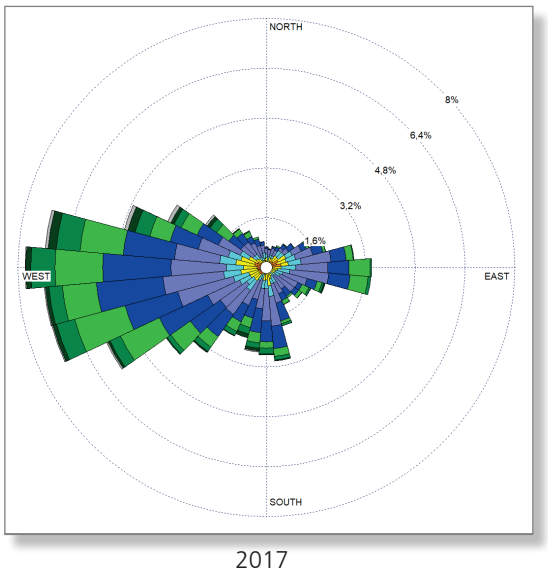
[12] z. T. vorlläufige, nicht validierte Daten



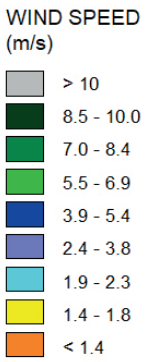
2012

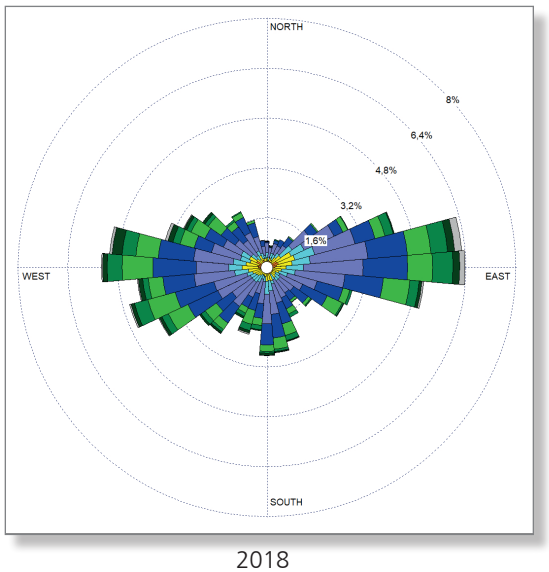


2015

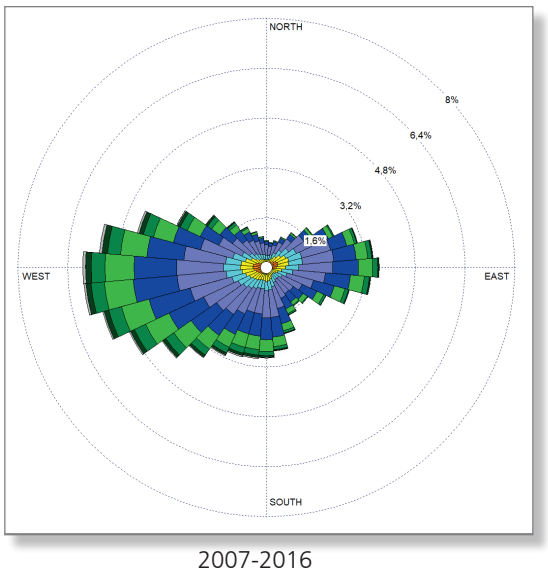


2017

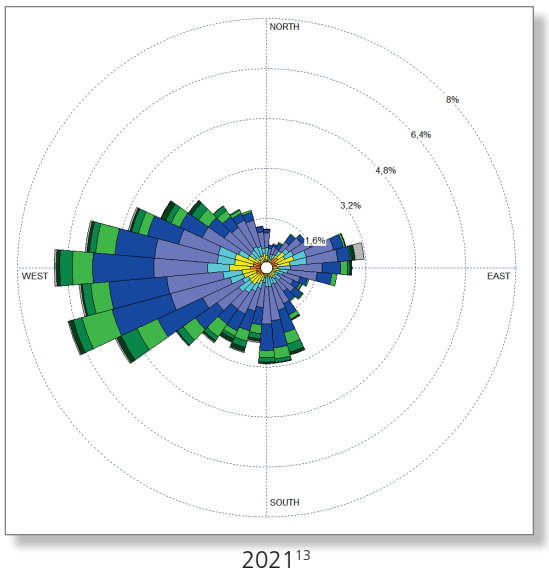




2018



2007-2016



2021[13]

Abbildung 7: *Windrichtungsverteilungen der DWD-Station Hannover-Flughafen verschiedener Jahre*

[13] z. T. vorläufige, nicht validierte Daten

Die windschwache Wetterlage in 2021 kann deshalb zu einem verminderten Luftaustausch und somit im Vergleich zu Jahren mit höherer mittlerer Windgeschwindigkeit zu erhöhten Immissionen geführt haben.

2.5.2.1 Windrichtung

Das primäre Maximum der Windrichtungsverteilung in der Region Hannover liegt im langjährigen Mittel im Bereich West bis Südwest. In der vorliegenden Ausbreitungsklassenstatistik der Jahre 2007 - 2016 entfallen über 35 % aller Stundenwerte auf diese Windrichtungssektoren, wobei die westlichen Windrichtungen (250 – 280°) am häufigsten auftreten. Das sekundäre Maximum der Windrichtungsverteilung liegt in Ost-Richtung und ist von der Häufigkeit dem primären Maximum deutlich untergeordnet. Nördliche Windrichtungen treten mit der geringsten Häufigkeit auf.

Fast alle untersuchten Jahre stimmen gut mit der Verteilung der Ausbreitungsklassenstatistik (2007 - 2016) überein. Auch das Jahr 2021 passt mit etwas mehr West- und etwas weniger Ostwindanteilen gut zu der Verteilung der langjährigen Ausbreitungsklassenstatistik. Lediglich das Jahr 2018 weicht mit deutlich höheren Ostwindanteilen signifikant von der Verteilung der anderen Jahre ab.

2.5.2.2 Windgeschwindigkeit

Die mittlere Windgeschwindigkeit an der Station Hannover-Flughafen betrug im Zeitraum 2011 bis 2021 ca. 3,80 m/s (Abbildung 8). In 2015, dem windstärksten Jahr des betrachteten Zeitraumes, betrug der Jahresmittelwert 4,05 m/s. Im Jahre 2021 trat mit knapp 3,57 m/s[14] vorläufig die geringste Windgeschwindigkeit seit 2011 auf und löst das bis dahin windschwächste Jahr 2012 mit 3,66 m/s ab. Die Auswertung der Windgeschwindigkeit an der LÜN-Probenahmestelle Am Lindener Berge bestätigt die geringe Windgeschwindigkeit im Jahr 2021[14].

2.5.2.3 Niederschlagsmenge, Lufttemperatur und Sonnenscheindauer

Die Niederschlagsmenge an der DWD-Station Hannover-Flughafen war im Jahr 2021 etwas höher als das Mittel der untersuchten Jahre (2011 bis 2021).

Die Lufttemperatur lag 2021 an der DWD-Station Hannover-Flughafen etwas unter dem Mittel der untersuchten Jahre (2011 bis 2021).

Die jährliche Sonnenscheindauer betrug 2021 deutlich weniger als das Mittel der untersuchten Jahre (2011 bis 2021).

2.5.2.4 Ozonkonzentration

Die in 2021 an der LÜN-Probenahmestelle Am Lindener Berge in Hannover gemessene Ozonkonzentration[14] liegt mit 48 µg/m³ im Bereich des Mittels der untersuchten Jahre (2011 bis 2021, Abbildung 9).

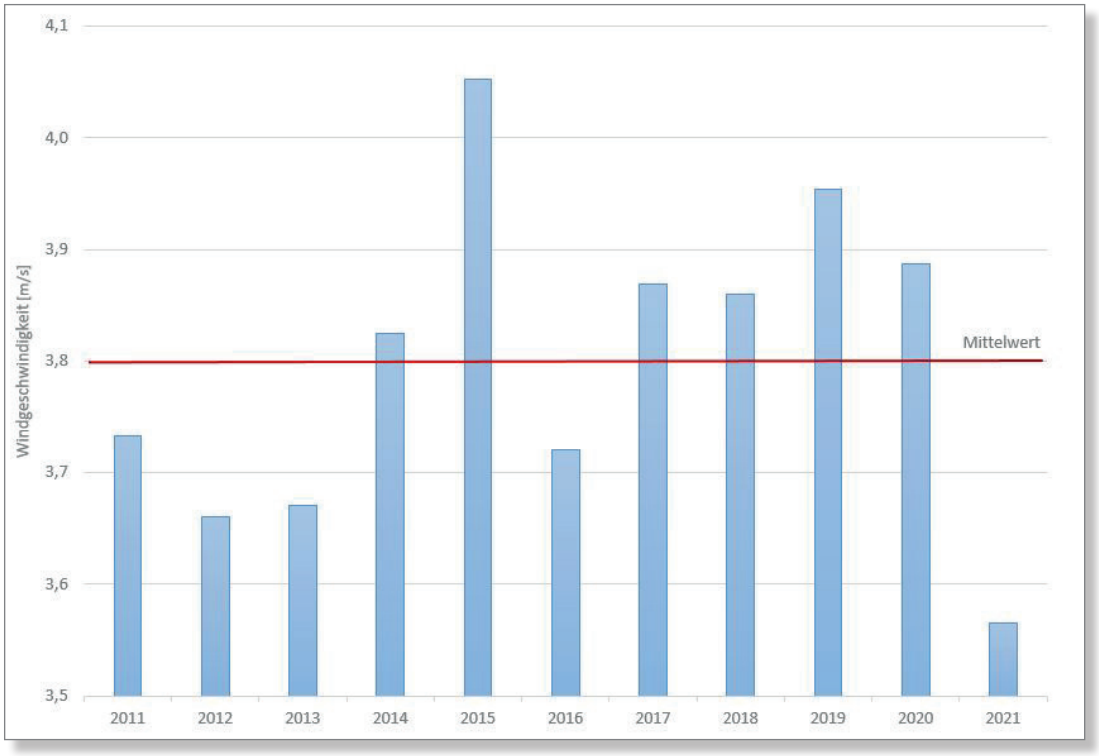


Abbildung 8: *Mittlere Windgeschwindigkeit der DWD-Station Hannover-Flughafen 2011 bis 2021 in m/s*

[14] z. T. vorläufige, nicht validierte Daten, Datenabruf 05.01.2022

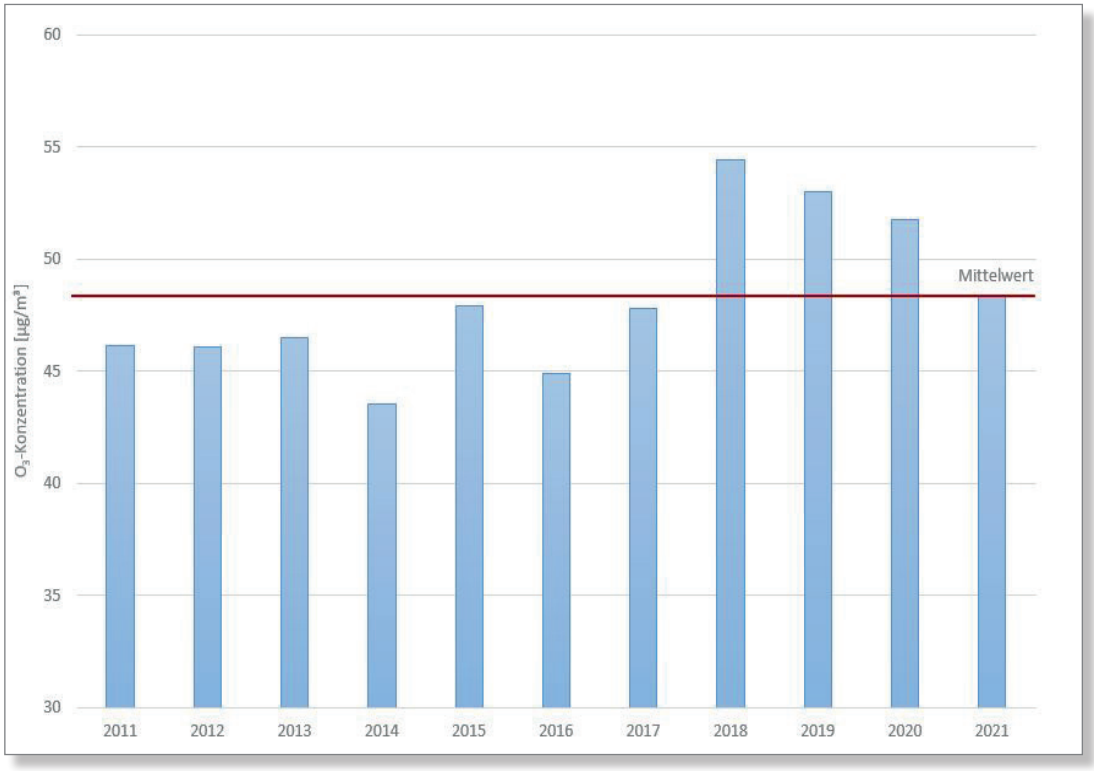


Abbildung 9:
Mittlere Ozonkonzentration in µg/m³ der LÜN-Station „Am Lindener Berge" in Hannover 2011 bis 2021

2.5.3 Wirkung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Zur Ermittlung der Einflüsse meteorologischer Kenngrößen, wie Windgeschwindigkeit und Windrichtung, auf die NO_2-Konzentration wurden meteorologische Zeitreihen besonderer Jahre (2012, 2015, 2017, 2018) der Station Hannover-Flughafen verwendet. Mit diesen Zeitreihen erfolgte die Bestimmung der NO_2-Konzentrationen an den Belastungsschwerpunkten für das Bezugsjahr 2021, um diese dann mit den NO_2-Konzentrationen zu vergleichen, die mit der Ausbreitungsklassenstatistik aus dem Bezugszeitraum 2007 bis 2016 ermittelt wurden. Die so bestimmten NO_2-Änderungen zeigen an den Standorten und Jahren ein differenziertes Bild (Tabelle 7). Die Verwendung der Zeitreihe aus 2012 zeigt dabei an den Belastungsschwerpunkten mit NO_2-Änderungen von -0,5 bis +0,4 µg/m³ die geringste Wirkungsweite auf. Etwas größere Spannen in der Änderung der NO_2-Konzentrationen sind mit Verwendung der Zeitreihen aus 2015 mit -1,4 bis 0,0 µg/m³ und 2017 mit -1,4 bis +0,3 µg/³ festzustellen. Die größte Änderung der NO_2-Konzentration an den Belastungsschwerpunkten ergibt sich mit Verwendung der Zeitreihe aus 2018 mit -1,4 bis +0,9 µg/m³.

Die für den Belastungsschwerpunkt über alle Zeitreihen ermittelte maximale Abweichung vom Mittelwert wurde im Sinne eines konservativen Ansatzes für die Berücksichtigung der ungünstigen meteorologischen Umstände verwendet und ist in Abschnitt 2.7 dargestellt.

In den Abbildungen 10 bis 13 sind die Auswirkungen auf die NO_2-Konzentration durch Verwendung verschiedener meteorologischer Zeitreihen für das Gebiet der Umweltzone in Hannover dargestellt. Auch hier zeigt sich an den Standorten und Jahren ein differenziertes Bild der NO_2-Änderung. Mit Verwendung der Zeitreihe 2012 kommt es in den Abschnitten mit nordwestlicher/südöstlicher Ausrichtung zu einer Erhöhung der NO_2-Konzentration, während es in Abschnitten mit nordöstlicher/südwestlicher Ausrichtung zu einer NO_2-Minderung kommt. Ein gänzlich umgekehrtes Bild zeigt die Verwendung der Zeitreihe 2018 mit NO_2-Minderungen eher in Abschnitten in nordöstlicher/südwestlicher Ausrichtung und entsprechenden NO_2-Erhöhungen in Abschnitten in Nordost/Südwest Ausrichtung. Die Zeitreihe 2015 ergibt richtungsunabhängig für alle Abschnitte eine NO_2-Minderung, was auf die überdurchschnittlich hohe Windgeschwindigkeit zurückzuführen ist. Mit einer etwas geringeren mittleren Windgeschwindigkeit zeigen sich mit der Zeitreihe 2017 wenige Abschnitte, an denen sich die NO_2-Konzentration etwas erhöht hat.

Tabelle 7: *Wirkung der Verwendung meteorologischer Zeitreihen verschiedener Jahre auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021*

ID	Standort	NO_2-Änderung[15]							
		2012		2015		2017		2018	
		in µg/m³	in %[16]	in µg/m³	in %[16]	in µg/m³	in %[16]	in µg/m³	in %[16]
297	Arndtstraße	-0,3	-0,8	-1,4	-4,2	-0,7	-2,1	0,9	2,5
3105	Arndtstraße	-0,1	-0,4	-1,2	-3,6	-1,1	-3,4	0,9	2,6
10470	Bardowicker Straße	0,0	0,1	-0,2	-0,4	-0,1	-0,3	0,0	-0,1
7496	Bardowicker Straße	0,0	-0,1	-0,2	-0,6	-0,1	-0,3	-0,1	-0,2
7329*	Bornumer Straße	-0,2	-0,6	-1,4	-4,0	-1,4	-4,1	0,9	2,5
463	Fössestraße	-0,2	-0,6	-1,1	-3,4	-1,1	-3,3	0,4	1,2
2289	Friedrich-Ebert-Straße	0,2	0,5	0,0	0,0	0,3	0,7	-1,4	-3,7
1665*	Friedrich-Ebert-Straße	0,1	0,4	-0,1	-0,4	0,2	0,5	-1,3	-3,6
1691*	Göttinger Straße	0,0	-0,1	-1,0	-3,2	-0,6	-1,8	-0,3	-1,0
1070*	Marienstraße	-0,2	-0,5	-1,3	-3,6	-1,0	-2,7	0,0	0,0
2926	Marienstraße	-0,2	-0,5	-1,1	-3,2	-1,0	-2,8	0,0	0,1
1193	Marienstraße	0,3	0,7	-0,2	-0,5	0,0	0,0	-0,3	-1,0
3187	Podbielskistraße	0,0	0,0	-0,6	-1,9	0,0	-0,1	0,1	0,4
2924	Sallstraße	0,4	1,1	-0,1	-0,3	0,2	0,7	-0,9	-2,7
18	Schloßwender Straße	-0,5	-1,3	-1,2	-3,3	-0,4	-1,2	0,8	2,3

**Probenahmestelle*

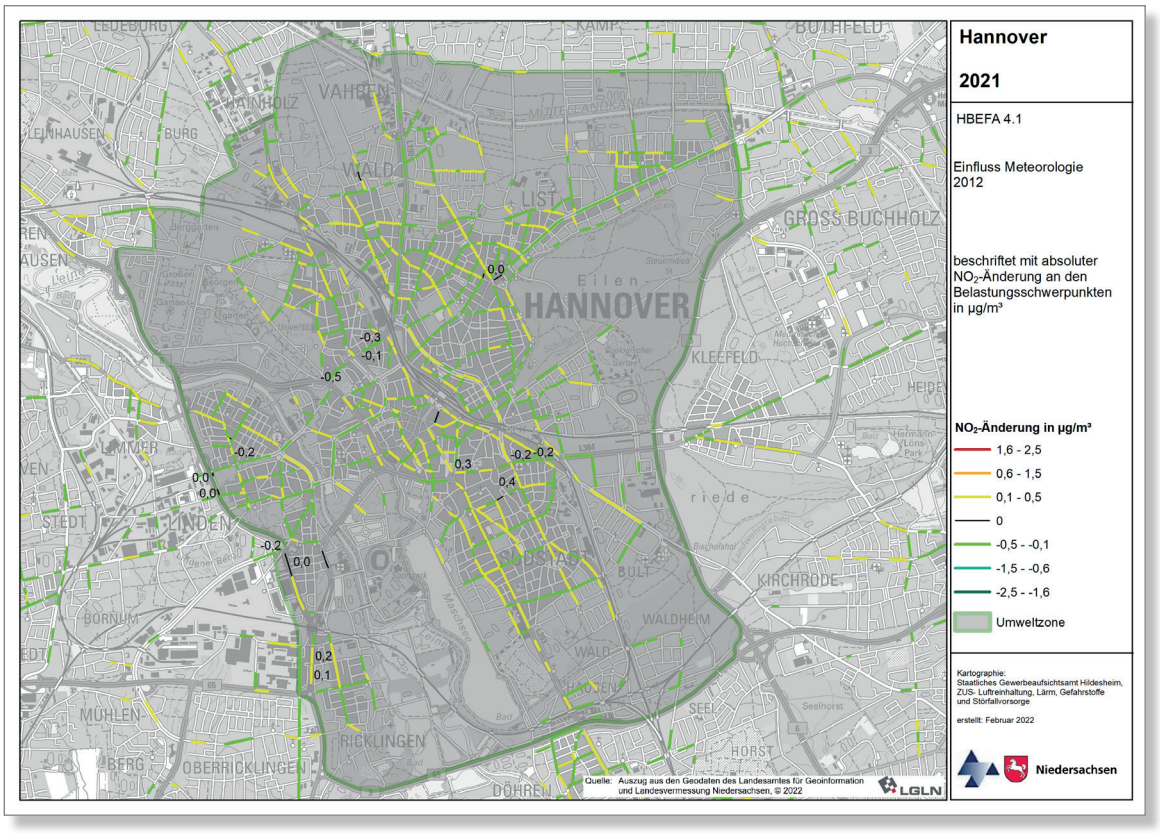


Abbildung 10: *Wirkung der Verwendung der meteorologischen Zeitreihe 2012 auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021*

15 Berechnet mit ungerundeten Werten

16 In Bezug zur Immission mit der Ausbreitungsklassenstatistik (2007-2016)

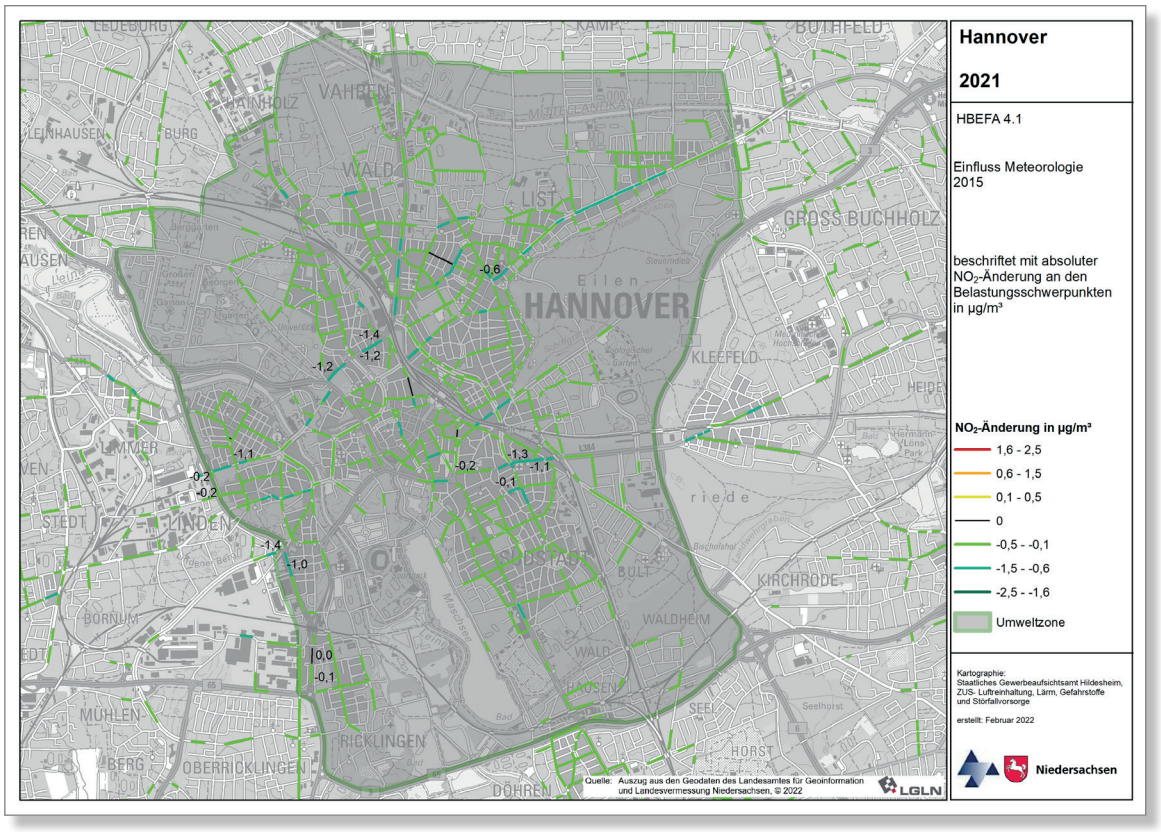


Abbildung 11: *Wirkung der Verwendung der meteorologischen Zeitreihe 2015 auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021*

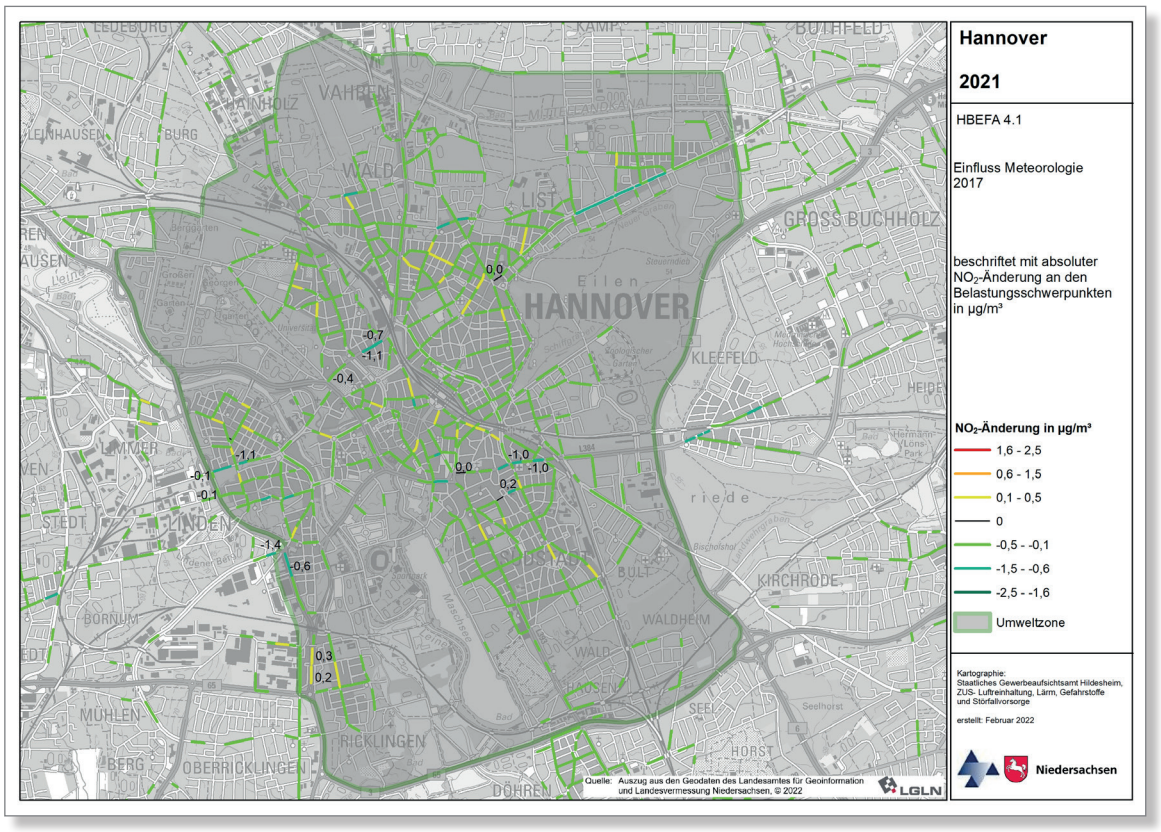


Abbildung 12: *Wirkung der Verwendung der meteorologischen Zeitreihe 2017 auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021*

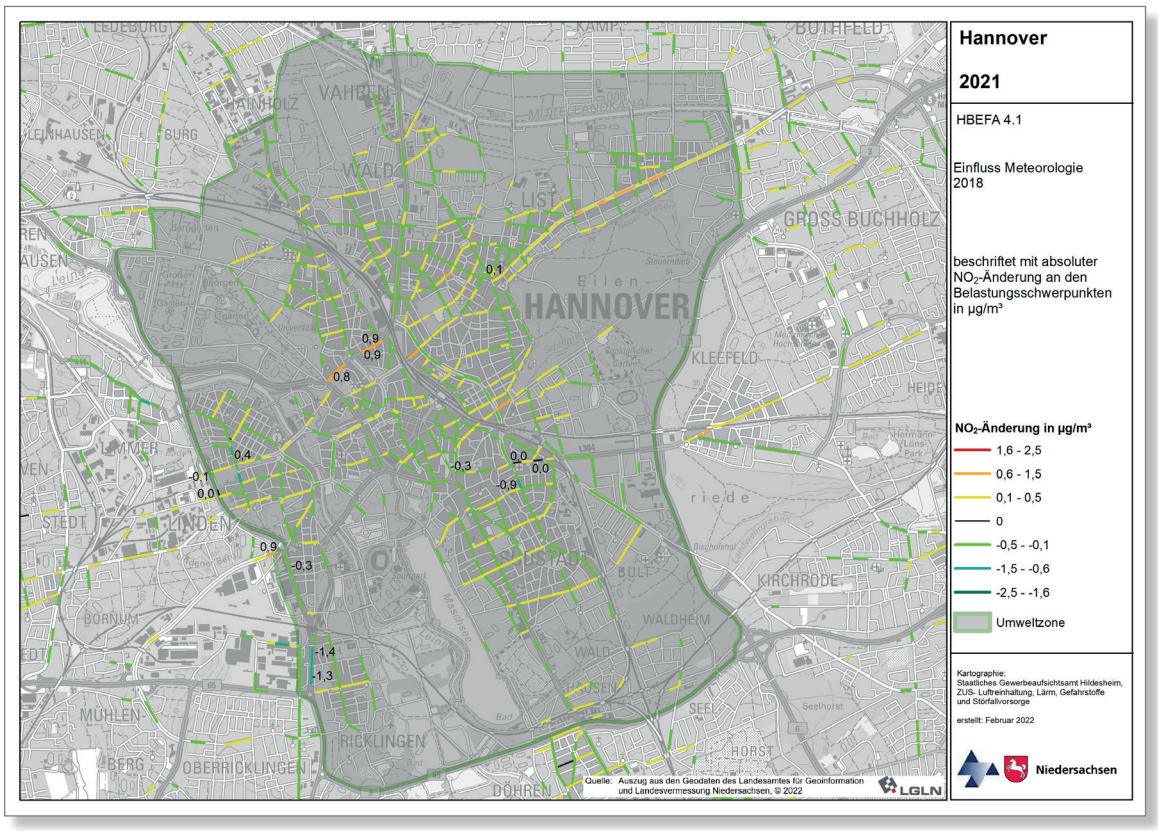


Abbildung 13: *Wirkung der Verwendung der meteorologischen Zeitreihe 2018 auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021*

2.5.4 Wirkung der Ozonvorbelastung

Im Rahmen dieses Berichtes wurden die modelltechnischen Untersuchungen zur NO_2-Konzentration in der Regel unter Verwendung des statistischen Romberg-Ansatz mit aktuellen Parametern nach Schlamberger gemäß den Empfehlungen des UBA (Umweltbundesamt, 2021a) durchgeführt. Abweichend hierzu wurde der Einfluss der Ozonvorbelastung auf die NO_2-Konzentration unter Verwendung des vereinfachten Chemiemodells und Variation der Ozonvorbelastung im Bezugsjahr 2021 untersucht. Es wurden hierzu modelltechnische Berechnungen mit der niedrigsten (44 µg/m³), der höchsten (55 µg/m³) und einer mittleren Ozonvorbelastung (48 µg/m³), die zudem der Ozonvorbelastung des Jahres 2021 entspricht, durchgeführt.

Bei niedriger Vorbelastung reduziert sich die NO_2-Konzentration an den Belastungsschwerpunkten um 0,8 bis 1,2 µg/m³ (Tabelle 8) im Vergleich zur NO_2-Konzentration mit einer mittleren Ozonvorbelastung. Mit einer im Vergleich zum Mittel höheren Ozonvorbelastung werden an den Belastungsschwerpunkten um 1,3 bis 2,0 µg/m³ höhere NO_2-Konzentrationen ermittelt. Die mittlere Erhöhung der NO_2-Immission beträgt an den Belastungsschwerpunkten ca. 1,6 µg/m³ (4,2 %).

Die aufgrund der Erhöhung der Ozonvorbelastung ermittelte Abweichung vom Mittelwert wird im Sinne einer konservativen Ansatzes für die Berücksichtigung der ungünstigen meteorologischen Umstände verwendet (Abschnitt 2.7).

In der Abbildung 14 ist die Auswirkung einer Erhöhung der Ozonvorbelastung auf die NO_2-Konzentration für das Gebiet der Umweltzone in Hannover dargestellt. Wobei die größten Änderungen jeweils an den Belastungsschwerpunkten mit hohen Stickoxidbelastungen vorliegen.

2.6 Wirkung der Änderung der Verkehrsmenge aufgrund der Corona-Pandemie

Der Straßenverkehr ist während der Corona-Pandemie in Abhängigkeit von den verordneten Maßnahmen zum Teil sehr deutlich zurückgegangen. Dies zeigt sich auch in den Daten der dauerhaften Verkehrszählstelle in der Göttinger Straße in Hannover (Abbildung 15). Vor der Corona-Pandemie lag der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) bei rund 25.100 Kfz/d. Im Jahr 2020 sank der DTV auf 22.700 Kfz/d ab und auch im Jahr 2021 ist mit einem DTV von 24.100 Kfz/d das Vor-Corona-Niveau nicht wieder erreicht.

Es wäre möglich, dass sich der Straßenverkehr im Jahr 2022 oder den Folgejahren wieder auf das Vor-Corona-Niveau einpendelt. Wobei sich ausgehend von dem Bezugsjahr 2021 hieraus eine Erhöhung der Verkehrsmenge um ca. 4 % ergäbe. Um die Auswirkung eines möglichen Anstiegs

ID	Standort	NO_2-Änderung[17]			
		geringe O_3-Vorbelastung		hohe O_3-Vorbelastung	
		in µg/m³	in %[18]	in µg/m³	in %[18]
297	Arndtstraße	-0,9	-2,5	1,5	4,1
3105	Arndtstraße	-0,9	-2,5	1,5	4,1
10470	Bardowicker Straße	-1,1	-2,1	1,8	3,5
7496	Bardowicker Straße	-0,8	-1,9	1,3	3,2
7329*	Bornumer Straße	-0,9	-2,6	1,6	4,3
463	Fössestraße	-0,9	-2,4	1,4	4,0
2289	Friedrich-Ebert-Straße	-1,2	-3,0	2,0	5,0
1665*	Friedrich-Ebert-Straße	-1,1	-3,0	1,9	4,9
1691*	Göttinger Straße	-0,9	-2,7	1,4	4,4
1070*	Marienstraße	-1,0	-2,5	1,6	4,2
2926	Marienstraße	-1,0	-2,5	1,6	4,2
1193	Marienstraße	-0,9	-2,5	1,5	4,1
3187	Podbielskistraße	-0,9	-2,5	1,5	4,1
2924	Sallstraße	-0,9	-2,5	1,5	4,2
18	Schloßwender Straße	-1,0	-2,5	1,6	4,1

Tabelle 8:
Wirkung der Ozonvorbelastung auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021

**Probenahmestelle*

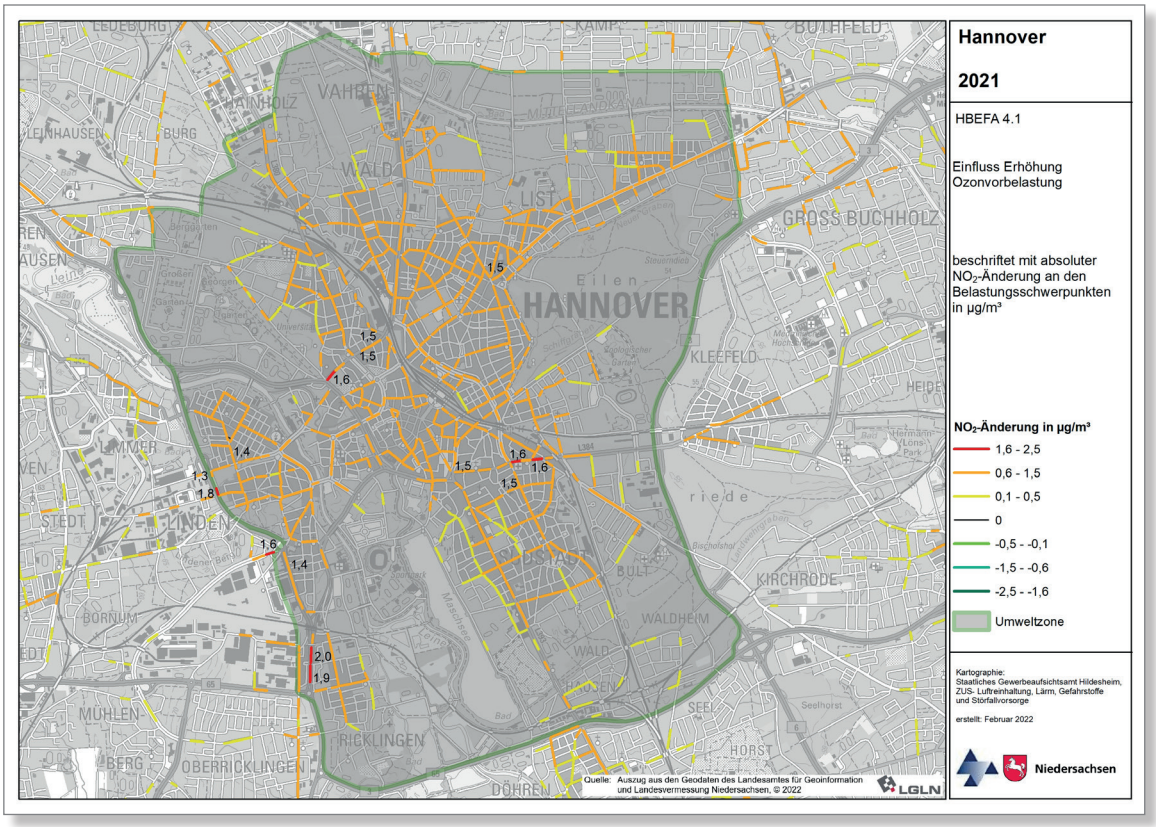


Abbildung 14: *Wirkung einer Erhöhung der Ozonvorbelastung auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021*

17 Berechnet mit ungerundeten Werten
18 In Bezug zur Immission mit der mittleren Vorbelastung

des Straßenverkehrs auf die NO_2-Konzentration abzuschätzen, ist die Verkehrsmenge im Modell um diese rund 4 % erhöht worden. Dabei erfolgte keine Berücksichtigung der Auswirkungen einer Verkehrsmengenerhöhung auf den Verkehrsfluss.

Die Erhöhung der Verkehrsmenge geht grundsätzlich mit einer Erhöhung der NO_2-Konzentration einher. An den ausgewählten Belastungsschwerpunkten steigt die NO_2-Immission im Bezugsjahr 2021 um ca. 0,1 bis 0,7 µg/m³ (0,2 bis 1,7 %) an (Tabelle 9). Im Mittel beträgt die Erhöhung der NO_2-Immission ca. 0,4 µg/m³ (1,2 %).

In der Abbildung 16 ist die Auswirkung einer Erhöhung der Verkehrsmenge auf das Vor-Corona-Niveau bezüglich der NO_2-Konzentration für das Gebiet der Umweltzone in Hannover dargestellt.

Für 2021 wurde mit dieser Methode für die Friedrich-Ebert-Straße mit 0,6 µg/m³ ein deutlich geringeres coronabedingtes Delta ermittelt als anhand der LÜN-Messdaten für 2020 mit 3,4 µg/m³ grob abgeschätzt wurde (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 07/2021). Hierbei ist zu beachten, dass die Reduzierung der Verkehrsmenge aufgrund der Corona-Pandemie in 2020 deutlich höher war als in 2021, so dass eine größere Konzentrationsdifferenz für 2020 als für 2021 plausibel ist.

2.7 Zusammenfassende Wirkungsbetrachtung an den Probenahmestellen

Eine Übersicht der Auswirkung der Umweltzone und verschiedener Einflussgrößen auf die NO_2-Konzentration an den Probenahmestellen in der Göttinger Straße, der Friedrich-Ebert-Straße, der Bornumer Straße und der Marienstraße sind in den Abbildungen 17 bis 20 dargestellt. Ausgehend von den Messwerten des Jahres 2021 wurde eine Prognose für 2022 hinsichtlich der NO_2-Konzentration auf der Grundlage der Wirkung der Flottenentwicklung von 2021 auf 2022 ermittelt. Hierauf aufbauend sind jeweils die maximale Wirkung der Umweltzone, der maximale meteorologische Einfluss und die Wirkung einer Erhöhung des Verkehrs auf das Vor-Corona-Niveau auf die NO_2-Konzentration dargestellt. Dabei setzt sich die Abschätzung des Einflusses der meteorologischen Kenngrößen aus der Wirkung der Ozonvorbelastung und der Wirkung der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung zusammen. Im Sinne eines konservativen Ansatzes wurden hierbei jeweils die maximalen Erhöhungen zum mittleren Wert verwendet.

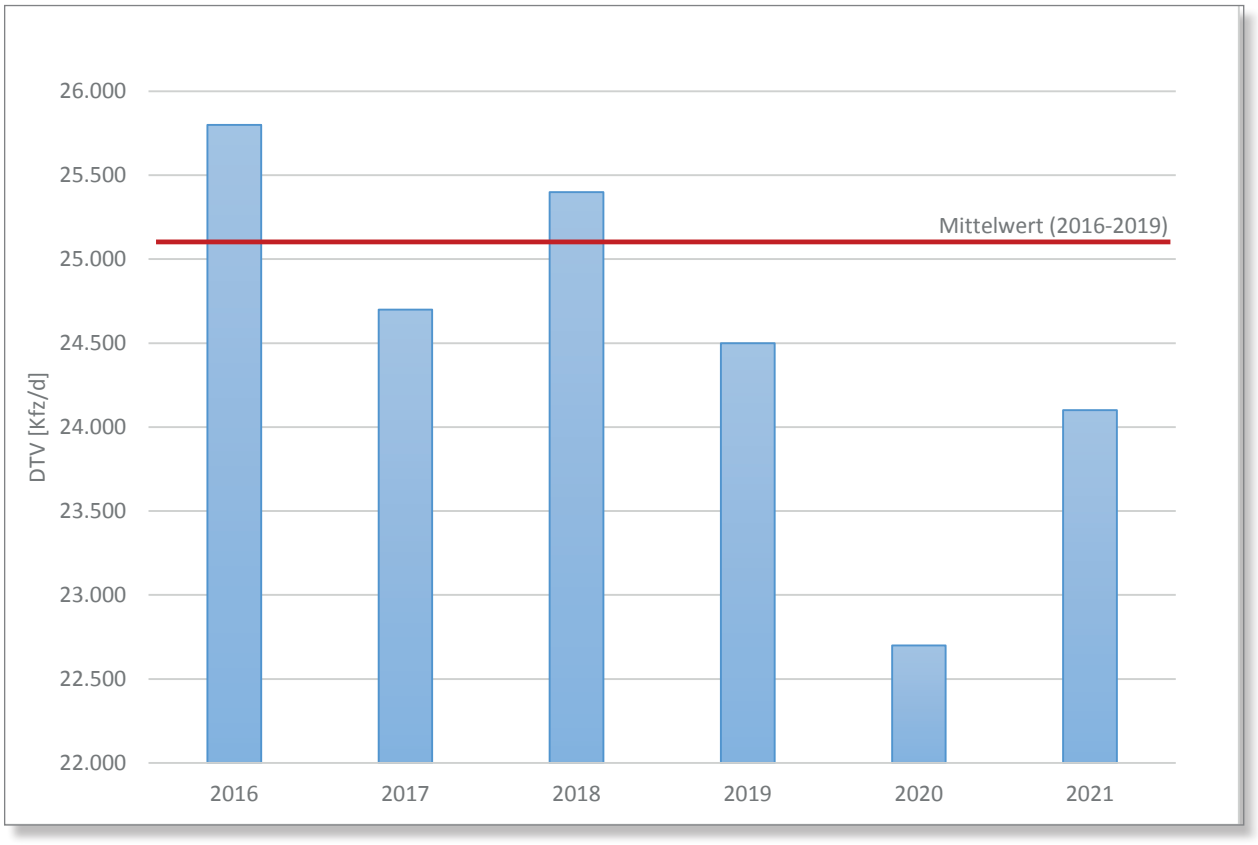


Abbildung 15: *Verkehrsmenge an der Verkehrszählstation in der Göttinger Straße in Kfz/d , 2016 – 2021*

Tabelle 9: *Wirkung der Verkehrsmengenerhöhung um 4 % auf die NO_2-Konzentration im Bezugsjahr 2021*

ID	Standort	NO_2-Änderung[19]	
		in µg/m³	in %[20]
297	Arndtstraße	0,4	1,3
3105	Arndtstraße	0,4	1,2
10470	Bardowicker Straße	0,1	0,2
7496	Bardowicker Straße	0,1	0,2
7329*	Bornumer Straße	0,5	1,3
463	Fössestraße	0,4	1,2
2289	Friedrich-Ebert-Straße	0,7	1,7
1665*	Friedrich-Ebert-Straße	0,6	1,7
1691*	Göttinger Straße	0,5	1,4
1070*	Marienstraße	0,5	1,3
2926	Marienstraße	0,5	1,3
1193	Marienstraße	0,4	1,3
3187	Podbielskistraße	0,4	1,2
2924	Sallstraße	0,4	1,3
18	Schloßwender Straße	0,4	1,2

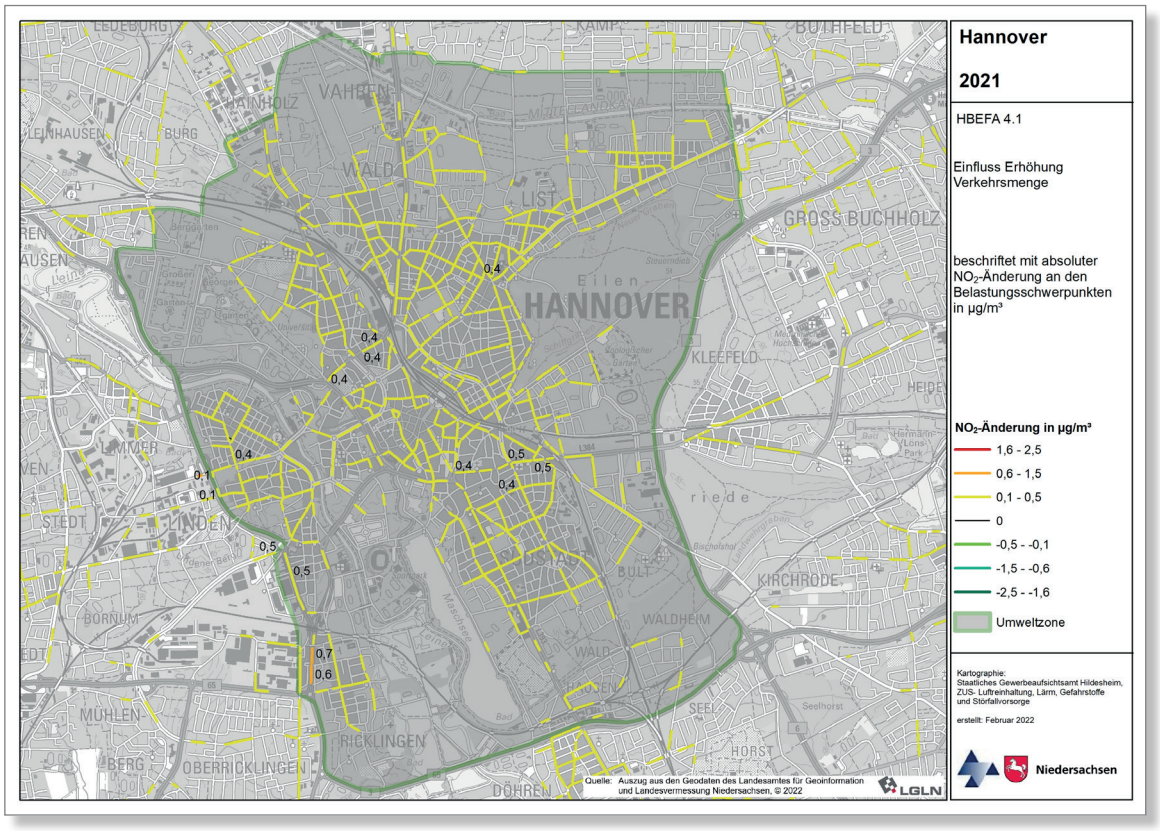
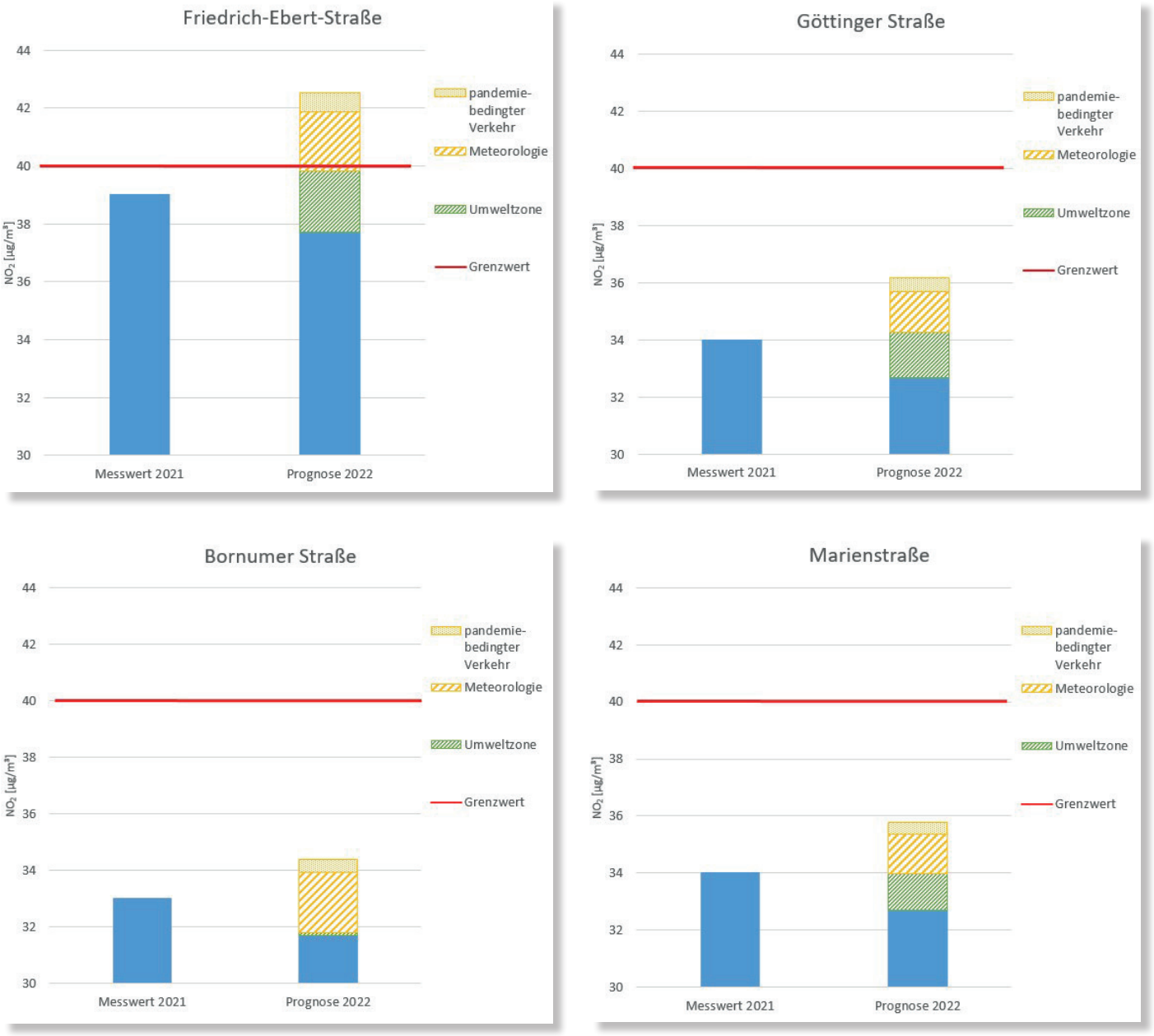


Abbildung 16: *Wirkung einer Erhöhung der Verkehrsmenge auf Vor-Corona-Niveau auf die NO_2- Konzentration im Bezugsjahr 2021*

19 Berechnet mit ungerundeten Werten
20 In Bezug zur Immission Analyse 2021 (ohne Verkehrsmengenerhöhung)



Abbildungen 17 - 20: *Prognose 2022 inkl. Einfluss von Umweltzone, Meteorologie und Erhöhung der Verkehrsmenge auf Vor-Corona-Niveau an den Probenahmestellen*

Abbildung 17 zeigt, dass in der Friedrich-Ebert-Straße bereits mit dem Wegfall der Umweltzone mit fast 40 µg/m³ der NO_2-Grenzwert knapp erreicht wird. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der Schwankung meteorologischer Kenngrößen und einer möglichen Erhöhung der Verkehrsmenge auf das Vor-Corona-Niveau kann eine Überschreitung des NO_2-Grenzwertes mit dem Wegfall der Umweltzone in 2022 nicht ausgeschlossen werden.

Auf Basis der zuvor quantifizierten Wirkung der verschiedenen Einflussgrößen kann die NO_2-Konzentration abgeschätzt werden, die trotz Annahme der ungünstigsten Umstände die Einhaltung des NO_2-Jahresmittelgrenzwertes ohne Umweltzone sicherstellt. Für die Friedrich-Ebert-Straße ergibt diese Abschätzung eine NO_2-Konzentration von ca. 36 µg/m³.

Die NO_2-Messwerte an den anderen Probenahmestellen liegen bereits 2021 deutlich unterhalb des NO_2-Grenzwertes, sodass trotz des Wegfalls der Umweltzone die Einhaltung des NO_2-Grenzwertes in 2022 nahezu sichergestellt ist.

3. Zusammenfassung

Die von der Umweltzone auf die NO_2-Jahreskonzentration ausgehende Wirkung ist in diesem Bericht über zwei Ansätze quantifiziert. Die Berechnungsvarianten unterscheiden sich in Bezug auf die berücksichtigten Verkehrsmengen. Im ersten Ansatz erfolgten die Berechnungen mit und ohne Umweltzone mit gleichbleibender Verkehrsmenge. Dabei wurde die Fahrzeugflotte so angepasst, dass einfahrberechtigte Fahrzeuge anteilig Fahrzeuge, die derzeit durch das Fahrverbot aus der Umweltzone ausgesperrt sind, ersetzen. Die zweite Variante, die eine Maximalabschätzung der Wirkung der Umweltzone darstellt, berücksichtigt neben einer Flottenanpassung zusätzlich eine Verkehrsmengenerhöhung, wodurch sich die Fahrzeugmenge 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) erhöhen.

Zudem wurde der Einfluss der Variabilität meteorologischer Kenngrößen auf die NO_2-Jahreskonzentration unter Berücksichtigung der Einflussgrößen Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ozonvorbelastung abgeschätzt. Die Berechnung mit einer langjährigen Ausbreitungsklassenstatistik stellte dabei die Vergleichsgrundlage zu Berechnungen mit verschiedenen meteorologischen Zeitreihen dar, die den Einfluss von Windrichtung und Windgeschwindigkeit abbilden. Die Ermittlung des Einflusses der Ozonvorbelastung erfolgte anhand von Berechnungen unter Berücksichtigung der in Hannover messtechnisch ermittelten Ozonvorbelastungen der letzten Jahre. Wobei die Wirkung aus Berechnungen mit minimaler bzw. maximaler und der mittleren Ozonvorbelastung abgeleitet werden konnte.

Ergänzend erfolgte die Untersuchung des Einflusses des Mobilitätsverhaltens während der Corona-Pandemie auf die NO_2-Jahreskonzentration. Grundlage hierfür waren die an der dauerhaften Verkehrszählstelle in der Göttinger Straße in Hannover in den letzten Jahren ermittelten Verkehrsmengen, aus denen für das Jahr 2021 ein Rückgang der Verkehrsmenge in Bezug zum Niveau vor der Corona-Pandemie bestimmt werden konnte. Auf dieser Basis konnte die Auswirkung einer möglichen Umkehr des Mobilitätsverhaltens und damit verbundenen Verkehrsmengenerhöhung auf die NO_2-Jahreskonzentration quantifiziert werden.

Der Ermittlungsansatz, der die Wirkung der Umweltzone allein durch eine Anpassung der Fahrzeugflotte abbildet, quantifiziert den Effekt der Umweltzone für die untersuchten Straßen innerhalb der Umweltzone im Bezugsjahr 2021 mit +0,1 bis +0,7 µg NO_2/m³. Im Bezugsjahr 2022 reduziert sich die berechnete absolute Minderungswirkung der Umweltzone gegenüber dem Bezugsjahr 2021 geringfügig. An den ausgewählten Belastungsschwerpunkten innerhalb der Umweltzone wird der Effekt der Umweltzone im Bezugsjahr 2022 mit +0,1 bis +0,6 µg NO_2/m³ bestimmt. Für die außerhalb der Umweltzone liegende Bornumer Straße ist in beiden Bezugsjahren nahezu kein Effekt quantifizierbar.

Die Maximalabschätzung des Effektes der Umweltzone führt für die untersuchten Straßen innerhalb der Umweltzone im Bezugsjahr 2021 zu einem Beitrag von +0,3 bis +2,3 µg NO_2/m³. Auch in dieser Variante nimmt die berechnete absolute Minderungswirkung der Umweltzone im Bezugsjahr 2022 gegenüber dem Bezugsjahr 2021 etwas ab. Der Effekt der Umweltzone in der maximalen Wirkungsabschätzung beträgt im Bezugsjahr 2022 ca. +0,3 bis +2,2 µg NO_2/m. An der außerhalb der Umweltzone liegenden Bornumer Straße ist dieser Beitrag in beiden Bezugsjahren mit +0,1 µg/m³ erheblich geringer.

Die Abschätzung des Effektes der Änderung meteorologischer Kenngrößen wird durch den Beitrag, der durch die Erhöhung der Ozonvorbelastung verursacht wird, bestimmt. Der Beitrag liegt mit +1,3 bis +2,0 µg NO_2/m³ ähnlich hoch, wie die Maximalabschätzung zum Effekt der Umweltzone. Die untersuchten Zeitreihen tragen deutlich weniger zum meteorologischen Effekt bei und zeigen in den Jahren und an den Standorten zudem ein differenziertes Bild. Die Zeitreihe 2018 liefert im Vergleich zum langjährigen Mittel (2007 - 2016) mit -1,4 bis +0,9 µg/m³ den höchsten Wirkungsbeitrag.

Der Effekt aus dem veränderten Mobilitätsverhalten aufgrund der Corona-Pandemie fällt mit +0,1 bis +0,7 µg NO_2/m³ deutlich geringer aus als die Beiträge der Variabilität der meteorologischen Kenngrößen und der Umweltzone.

Die gemessene und modellierte NO_2-Konzentration liegt an den Probenahmestellen im Jahr 2021 unterhalb des NO_2-Grenzwertes. In der Göttinger Straße, der Bornumer Straße und der Marienstraße mit 33 bzw. 34 µg/m³ sogar bereits sehr deutlich. An diesen Probenahmestellen kann auch mit dem Wegfall der Umweltzone im Jahr 2022 mit einer Einhaltung des NO_2-Grenzwertes gerechnet werden. Lediglich in der Friedrich-Ebert-Straße kann eine Überschreitung des NO_2-Grenzwertes mit dem Wegfall der Umweltzone im Jahr 2022 nicht ausgeschlossen werden. Für die Friedrich-Ebert-Straße kann eine NO_2-Konzentration von ca. 36 µg/m³ abgeschätzt werden, die unter Berücksichtigung ungünstiger Umstände die Einhaltung des NO_2-Jahresmittelgrenzwertes ohne Umweltzone im Jahr 2022 sicherstellen würde.

4. Literaturverzeichnis

Infras. (2019). HBEFA 4.1, Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs in der Version 4.1. Infras AG.

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

IVU Umwelt. (2021). IMMIS$^{em/luft}$ Handbuch zur Version 8. Freiburg: IVU Umwelt GmbH.

Kraftfahrt-Bundesamt. (2021). Bestand an Kraftfahrzeugen nach der Plakettenvorodung für die Region Hannover am 01. Januar 2021. Flensburg.

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. (2020). Meteorologische Einflüsse auf Sitckstoffdioxid, Schriftenreihe, Heft 2/2020. Dresden: LfULG.

Schlamberger, C. (2020). Methodenverbesserung zur modellbasierten NO_2-Bestimmung. Freiburg: Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (01/2022). Tabelle der endgültigen Messergebnisse NO_2-Probenahmestellen 2021 (Stand 19.01.2022). Hildesheim: ZUS LLGS.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (03/2020). Modelltechnische Untersuchung der NO_2-Konzentration in Hannover zur Erstellung des Luftreinhalteplanes 2020. Hildesheim: ZUS LLGS.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (05/2021). Schwankung des NO_2-Jahresmittelwertes durch meteorologische Einflüsse. Hildesheim: ZUS LLGS.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (06/2021). Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen, Jahresbericht 2020. Hildesheim: ZUS LLGS.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (07/2020). Modelltechnische Untersuchungen zur Überprüfung der Wirkung der Umweltzone Hannover auf die NO_2-Konzentration. Hildesheim: ZUS LLGS.

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. (07/2021). Nachtrag zum Jour fixe am 01.07.2021 - Abschätzung „Corona-Effekt“. Hildesheim: ZUS LLGS.

Strotkötter, U. (2013). Untersuchung zur Beschreibung des Einflusses der Vegetation auf die Schadstoffkonzentration im Straßenraum auf Basis des prognostischen Strömungs- und Ausbreitungsmodells MISKAM. Universität Rostock, Masterthesis.

Umweltbundesamt. (2021a). Empfehlung zur Anwendung des HBEFA 4.1 in der NO_2-Immissionsmodellierung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Umweltbundesamt. (2021b). Luftschadstoffbelastung in Deutschland. Von http://gis.uba.de/Website/luft/index.html abgerufen

5. Anhang

Tabelle 10: *Liste der Straßenabschnitte mit berechnetem NO_2-Jahresmittelwert > 30 µg/m³ im Bezugsjahr 2021 und den ermittelten Wirkungen von Umweltzone, Variabilität meteorologischer Kenngrößen und Corona-Pandemie im Bezugsjahr 2021*

ID	NAME	NO_2-Konzentration	NO_2-Wirkung																	
			Umweltzone V1		Umweltzone V2		Metorologie 2012		Metorologie 2015		Metorologie 2017		Metorologie 2018		O_3-Vorbelastung ↑		O_3-Vorbelastung ↓		DTV +4%	
		[µg/m³]	[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]
10470	Bardowicker Straße**	41	0,1	0,2	0,3	0,8	0,0	0,1	-0,2	-0,4	-0,1	-0,3	0,0	-0,1	1,8	3,5	-1,1	-2,1	0,1	0,2
2289	Friedrich-Ebert-Straße	39	0,7	1,8	2,3	6,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,3	0,7	-1,4	-3,7	2,0	5,0	-1,2	-3,0	0,7	1,7
1665*	Friedrich-Ebert-Straße	37	0,6	1,7	2,2	5,8	0,1	0,4	-0,1	-0,4	0,2	0,5	-1,3	-3,6	1,9	4,9	-1,1	-3,0	0,6	1,7
1070*	Marienstraße	36	0,6	1,6	1,5	4,1	-0,2	-0,5	-1,3	-3,6	-1,0	-2,7	0,0	0,0	1,6	4,2	-1,0	-2,5	0,5	1,3
18	Schloßwender Straße	35	0,6	1,7	1,4	4,0	-0,5	-1,3	-1,2	-3,3	-0,4	-1,2	0,8	2,3	1,6	4,1	-1,0	-2,5	0,4	1,2
2926	Marienstraße	35	0,6	1,6	1,4	4,0	-0,2	-0,5	-1,1	-3,2	-1,0	-2,8	0,0	0,1	1,6	4,2	-1,0	-2,5	0,5	1,3
297	Arndtstraße	35	0,5	1,6	1,4	4,0	-0,3	-0,8	-1,4	-4,2	-0,7	-2,1	0,9	2,5	1,5	4,1	-0,9	-2,5	0,4	1,3
1193	Marienstraße	35	0,6	1,7	1,5	4,3	0,3	0,7	-0,2	-0,5	0,0	0,0	-0,3	-1,0	1,5	4,1	-0,9	-2,5	0,4	1,3
7329*	Bornumer Straße	34	0,0	0,1	0,1	0,3	-0,2	-0,6	-1,4	-4,0	-1,4	-4,1	0,9	2,5	1,6	4,3	-0,9	-2,6	0,5	1,3
7496	Bardowicker Straße**	34	0,1	0,3	0,3	0,9	0,0	-0,1	-0,2	-0,6	-0,1	-0,3	-0,1	-0,2	1,3	3,2	-0,8	-1,9	0,1	0,2
3187	Podbielskistraße	34	0,4	1,1	1,1	3,2	0,0	0,0	-0,6	-1,9	0,0	-0,1	0,1	0,4	1,5	4,1	-0,9	-2,5	0,4	1,2
3105	Arndtstraße	34	0,5	1,5	1,3	4,0	-0,1	-0,4	-1,2	-3,6	-1,1	-3,4	0,9	2,6	1,5	4,1	-0,9	-2,5	0,4	1,2
2924	Sallstraße	33	0,5	1,5	1,3	3,8	0,4	1,1	-0,1	-0,3	0,2	0,7	-0,9	-2,7	1,5	4,2	-0,9	-2,5	0,4	1,3
463	Fössestraße	33	0,5	1,4	1,2	3,6	-0,2	-0,6	-1,1	-3,4	-1,1	-3,3	0,4	1,2	1,4	4,0	-0,9	-2,4	0,4	1,2
311	Arndtstraße	32	0,5	1,5	1,2	3,8	-0,1	-0,4	-1,1	-3,3	-1,1	-3,3	0,7	2,3	1,4	3,9	-0,8	-2,4	0,4	1,1
1691*	Göttinger Straße	32	0,5	1,7	1,6	4,9	0,0	-0,1	-1,0	-3,2	-0,6	-1,8	-0,3	-1,0	1,4	4,4	-0,9	-2,7	0,5	1,4
6796	Davenstedter Straße	32	0,1	0,3	0,3	1,0	0,0	0,0	-0,2	-0,5	-0,2	-0,5	0,1	0,2	1,2	3,1	-0,7	-1,9	0,1	0,2
2917	Sallstraße	32	0,5	1,4	1,2	3,7	0,0	0,1	-0,7	-2,1	-0,4	-1,2	-0,1	-0,4	1,3	3,7	-0,8	-2,3	0,3	1,0
3114	Schloßwender Straße	32	0,4	1,4	1,2	3,7	-0,3	-0,9	-0,9	-2,7	-0,2	-0,8	0,8	2,5	1,3	3,9	-0,8	-2,4	0,4	1,1
3462	Vahrenwalder Straße	31	0,4	1,4	1,0	3,4	-0,2	-0,6	-0,7	-2,4	-0,5	-1,6	-0,3	-0,8	1,3	3,9	-0,8	-2,3	0,4	1,2
2707	Voßstraße	31	0,3	0,9	0,9	3,0	-0,1	-0,3	-0,2	-0,7	0,2	0,7	0,1	0,2	1,2	3,8	-0,7	-2,3	0,3	1,0
2906	Marienstraße	31	0,3	1,1	1,1	3,6	0,2	0,6	-0,2	-0,7	-0,1	-0,3	-0,5	-1,6	1,2	3,9	-0,7	-2,4	0,4	1,1

** Probenahmestelle; ** Überschätzung durch die Berechnung aufgrund modelltechnischer Grenzen (Abschnitt 2.1)*