



HINTERGRUND // APRIL 2024

Luftqualität 2023

Vorläufige Auswertung

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

HINTERGRUND // APRIL 2024

Luftqualität 2023

Vorläufige Auswertung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Deutschlandkarte der Luftmessstationen	6
Abbildung 2:	Schematische Darstellung der Belastungsregime für Feinstaub und Stickstoffdioxid	7
Abbildung 3:	Entwicklung der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte	8
Abbildung 4:	Mittlere PM ₁₀ -Monatsmittelwerte 2019–2023	9
Abbildung 5:	Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des PM ₁₀ -Grenzwertes	10
Abbildung 6:	Mittlere Anzahl von PM ₁₀ -Überschreitungstagen	11
Abbildung 7:	Entwicklung der PM _{2,5} -Jahresmittelwerte und des Average Exposure Indicators (AEI)	12
Abbildung 8:	Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des NO ₂ -Grenzwertes	14
Abbildung 9:	Entwicklung der NO ₂ -Jahresmittelwerte	15
Abbildung 10:	Mittlere NO ₂ -Monatsmittelwerte 2019–2023	16
Abbildung 11:	Überschreitungsstunden der Ozon-Informationsschwelle (180 µg/m ³)	17
Abbildung 12:	Tage mit Überschreitung des Ozon-Langfristzielwertes (120 µg/m ³)	18
Abbildung 13:	Räumliche Verteilung der Überschreitungstage des Ozon-Langfristziels zum Schutz der Gesundheit (Zahl der Tage mit maximalen 8-Stundenmittelwerten > 120 µg/m ³)	19
Abbildung 14:	Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Ozon-Zielwertes	19

Inhalt

I Luftqualität 2023: Datengrundlage und Auswertemethodik	6
1 Luftqualität und Luftschadstoffe	6
2 Vorläufigkeit der Angaben	7
3 Ursachen der Luftbelastung	7
4 Einfluss der Umgebungsbedingungen	7
II Feinstaub: Niedrigste Belastung, trotzdem Überschreitung der WHO-Richtwerte	8
1 PM ₁₀ -Jahresmittelwerte	8
2 PM ₁₀ -Tagesmittelwerte	10
3 PM _{2,5} -Belastung	12
III Stickstoffdioxid: Rückgang setzt sich fort	14
1 NO ₂ -Jahresmittelwerte	14
2 NO ₂ -Stunden- und Tagesmittelwerte	16
IV Bodennahes Ozon: Vergleichsweise niedrige Belastung	17
1 O ₃ -Informations- und Alarmschwelle	17
2 O ₃ -Zielwert und Langfristziel zum Schutz der menschlichen Gesundheit	18
3 O ₃ -Schutz der Vegetation	20
Weitere Informationen zum Thema	22

I Luftqualität 2023: Datengrundlage und Auswertemethodik

1 Luftqualität und Luftschadstoffe

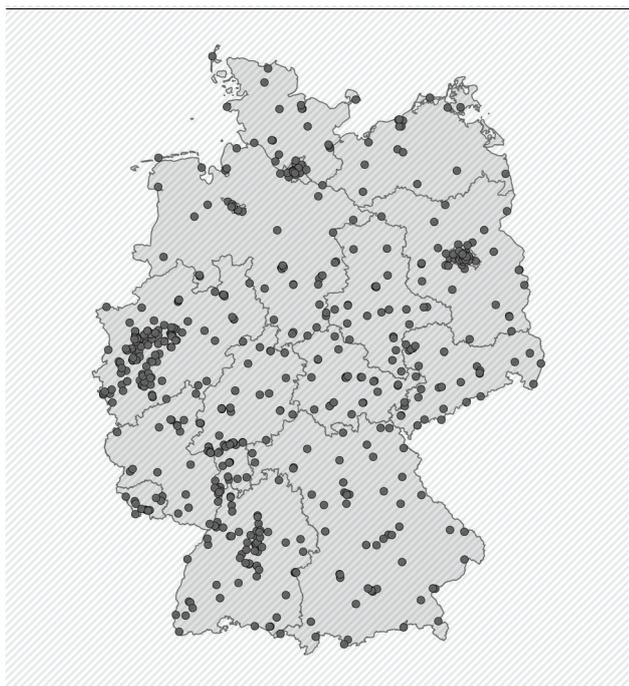
Die Luftqualität wird deutschlandweit von den Bundesländern und dem Umweltbundesamt überwacht. Die Qualität der Luft wird dabei durch den Gehalt von Luftschadstoffen bestimmt, also Stoffen, die schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt haben. Dazu zählen vor allem Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon.

Die Schadstoffkonzentrationen in der Luft werden mehrmals am Tag an über 600 Messstationen über Deutschland verteilt gemessen (Abbildung 1). Da die Überwachung der Luftqualität den Bundesländern obliegt, stammen die Daten zum allergrößten Teil aus deren Messnetzen. Zur deutschlandweiten Beurteilung der Luftqualität werden die Daten der Länder am Umweltbundesamt zusammengeführt und ausgewertet. Die Auswertung und Beurteilung der Luftqualität erfolgt im Hinblick auf die in der Richtlinie¹ über Luftqualität und saubere Luft für Europa definierten Grenz- und Zielwerte. Die Ergebnisse werden zudem

¹ EU-Richtlinie 2008/50/EG, die mit der 39. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz in deutsches Recht überführt ist.

Abbildung 1

Deutschlandkarte der Luftmessstationen



Quelle: Umweltbundesamt 2024

Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5})

sind Partikel, die den gröbselektierenden Lufteinlass eines Messgerätes passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 (PM₁₀) beziehungsweise 2,5 (PM_{2,5}) Mikrometer (µm) eine Abscheidewirksamkeit von 50 Prozent aufweist. Feinstaub entsteht vor allem bei Verbrennungs- und Abriebsprozessen durch Kraftfahrzeuge, Kraftwerken und Kleinf Feuerungsanlagen, in der Metall- und Stahlerzeugung, durch Bodenerosion und aus Vorläufersubstanzen wie Schwefeldioxid, Stickoxiden und Ammoniak. Es ist erwiesen, dass Feinstaub die Gesundheit schädigt.

Stickstoffdioxid (NO₂)

ist eine reaktive Stickstoffverbindung, die als Nebenprodukt bei Verbrennungsprozessen, vor allem in Fahrzeugmotoren, entsteht und die zu einer Vielzahl negativer Umweltwirkungen führen kann. Das ist vor allem für Asthmatiker ein Problem, da sich eine Bronchienverengung einstellen kann, die zum Beispiel durch die Wirkungen von Allergenen verstärkt werden kann.

Ozon (O₃)

ist ein farbloses und giftiges Gas welches in der oberen Atmosphäre (Stratosphäre) eine natürliche Ozonschicht bildet und die Erde vor der schädlichen Ultraviolettstrahlung der Sonne schützt. In Bodennähe entsteht es bei intensiver Sonneneinstrahlung durch komplexe photochemische Prozesse aus Ozonvorläuferstoffen – überwiegend Stickstoffoxide und flüchtige organische Verbindungen. Erhöhte Ozonkonzentrationen können beim Menschen Reizungen der Atemwege, Husten und Kopfschmerzen hervorrufen.

mit den meist wesentlich strengeren Richtwerten der Weltgesundheitsorganisation (WHO) verglichen, die im September 2021 als globale Luftqualitätsleitlinien veröffentlicht wurden². Diese basieren auf einer systematischen Bestandsaufnahme der vorliegenden

² World Health Organization (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. Lizenz: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

wissenschaftlichen Erkenntnisse aus umweltepidemiologischen Studien, Metaanalysen und Reviews. Damit wurden die Luftqualitätsleitlinien aktualisiert und die Erkenntnisse zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Luftverschmutzung der letzten 15 Jahre konnten so berücksichtigt werden.

2 Vorläufigkeit der Angaben

Diese Auswertung der Luftqualität im Jahr 2023 in Deutschland basiert auf vorläufigen, noch nicht abschließend geprüften Daten aus den Luftmessnetzen der Bundesländer und des Umweltbundesamtes, Stand 3. April 2024. Aufgrund der umfangreichen Qualitätssicherung in den Messnetzen stehen die endgültigen Daten erst Mitte 2024 zur Verfügung.

Die jetzt vorliegenden Daten lassen aber eine generelle Einschätzung des vergangenen Jahres zu. Betrachtet werden die Schadstoffe Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Stickstoffdioxid (NO₂) sowie Ozon (O₃), da deren Konzentrationen über oder knapp unter geltenden Grenz- und Zielwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit liegen.

3 Ursachen der Luftbelastung

Quellen der Luftschadstoffe sind vor allem der Straßenverkehr und Verbrennungsprozesse in Industrie, Energiewirtschaft und Haushalten. Zur Feinstaubbelastung trägt auch die Landwirtschaft durch die Bildung sogenannter sekundärer Partikel bei, also Partikel, die erst durch komplexe chemische Reaktionen aus gasförmigen Substanzen entstehen. Die Höhe der Schadstoffbelastung wird zudem von der Witterung beeinflusst. Ist es kalt, steigen die Emissionen (Mengen der freigesetzten Schadstoffe) gewöhnlich, weil z. B. stärker geheizt wird. Winterliches Hochdruckwetter, das häufig durch geringe Windgeschwindigkeiten und einen eingeschränkten vertikalen Luftaustausch gekennzeichnet ist, führt dazu, dass sich Schadstoffe in den unteren Luftschichten anreichern. Sommerliche Hochdruckwetterlagen mit intensiver Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen begünstigen die Bildung bodennahen Ozons.

Bei hohen Windgeschwindigkeiten und guten Durchmischungsbedingungen verringert sich hingegen die Schadstoffbelastung. Zwischenjährliche Schwankungen in der Luftbelastung werden in erster Linie durch diese unterschiedlichen Witterungsbedingungen verursacht. Sie überlagern daher den Einfluss der eher langfristigen Entwicklung der Emissionen.

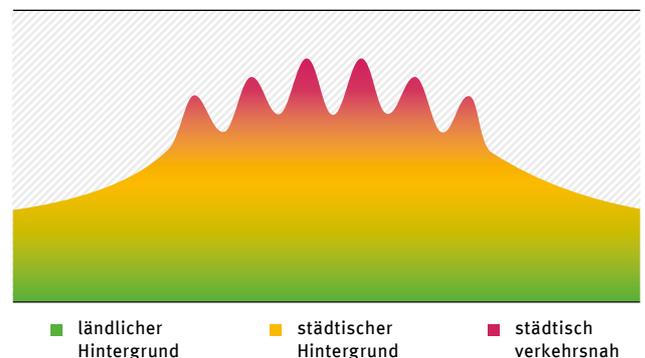
4 Einfluss der Umgebungsbedingungen

In den nachfolgenden Abschnitten sind die an den einzelnen Luftmessstationen erhobenen Konzentrationswerte als so genannte „Belastungsregime“ zusammengefasst. Belastungsregime gruppieren Messstationen mit ähnlichen Umgebungsbedingungen. Das Regime „ländlicher Hintergrund“ steht für Gebiete, in denen die Luftqualität weitgehend unbeeinflusst von lokalen Emissionen ist. Stationen in diesem Regime repräsentieren somit das großräumige Belastungsniveau, das auch als großräumiger Hintergrund bezeichnet wird. Das Regime „städtischer Hintergrund“ ist charakteristisch für Gebiete, in denen die gemessenen Schadstoffkonzentrationen als typisch für die Luftqualität in der Stadt angesehen werden können. Die Belastung ergibt sich dabei aus den Emissionen der Stadt selbst (Straßenverkehr, Heizungen, Industrie etc.) und denen des großräumigen Hintergrunds. Stationen des Regimes „städtisch verkehrsnah“ befinden sich typischerweise an stark befahrenen Straßen. Dadurch addiert sich zur städtischen Hintergrundbelastung ein Beitrag, der durch die direkten Emissionen des Straßenverkehrs entsteht. Abbildung 2 stellt die Beiträge der einzelnen Belastungsregime schematisch dar, gibt allerdings nur die ungefähren Größenverhältnisse wieder. Ein weiteres Belastungsregime bilden industrienahe Messungen, mit denen der Beitrag industrieller Quellen auf die Luftqualität in naheliegenden Wohngebieten beurteilt werden soll.

Abbildung 2

Schematische Darstellung der Belastungsregime für Feinstaub und Stickstoffdioxid

modifiziert nach Lenschow*



* Lenschow et. al., Some ideas about the sources of PM₁₀, Atmospheric Environment 35 (2001) S23–S33

II Feinstaub: Niedrigste Belastung, trotzdem Überschreitung der WHO-Richtwerte

1 PM₁₀-Jahresmittelwerte

Im Jahr 2023 lagen die PM₁₀-Jahresmittelwerte unter dem Niveau des Vorjahres und bilden damit die niedrigste, mittlere PM₁₀-Belastung seit dem Jahr 2000 (Abbildung 3).

Einhergehend mit großräumigen Minderungen der PM₁₀-Emissionen weisen die PM₁₀-Jahresmittelwerte in allen Belastungsregimen über den gesamten Beobachtungszeitraum eine deutliche Abnahme auf. Der PM₁₀-Jahresmittelgrenzwert wurde deutschlandweit eingehalten. 16 Prozent der Messstationen wiesen Werte oberhalb des von der WHO vorgeschlagenen Richtwertes auf, wobei nicht nur verkehrsnahen Stationen, sondern auch industrienahen Messungen und

vereinzelt Messungen im städtischen Hintergrund betroffen sind.

EU-Grenzwert

Der PM₁₀-Jahresmittelwert darf 40 µg/m³ nicht überschreiten.

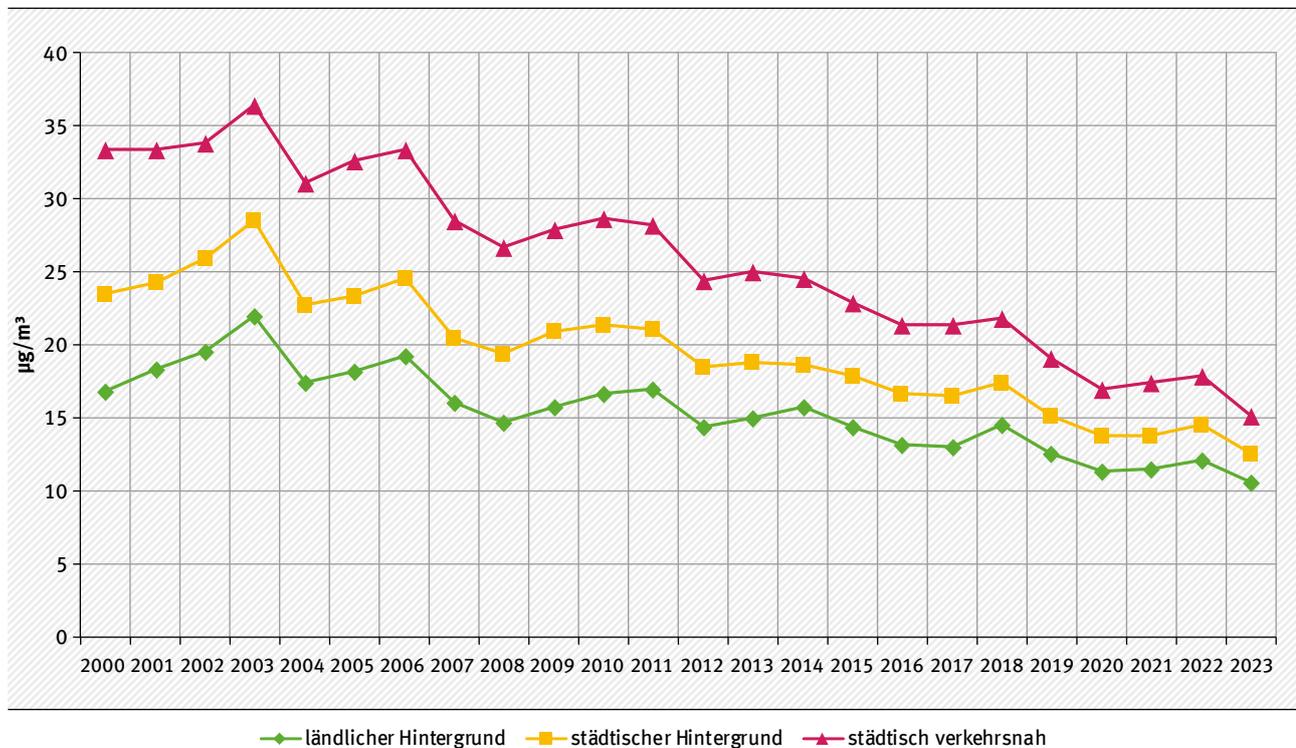
WHO-Richtwert 2021

Der PM₁₀-Jahresmittelwert soll 15 µg/m³ nicht überschreiten.

Abbildung 3

Entwicklung der PM₁₀-Jahresmittelwerte

im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2000–2023



Quelle: Umweltbundesamt 2024

Die zwischenjährlichen Schwankungen der PM₁₀-Jahresmittelwerte sind neben meist geringfügigen Änderungen der jährlichen PM₁₀-Emissionen vor allem auf wetterbedingte Schwankungen zurückzuführen (siehe auch Kapitel I Gliederungspunkt 3: Ursachen der Luftbelastung), wie der Verlauf der mittleren Monatsmittelwerte der letzten fünf Jahre in Abbildung 4 verdeutlicht.

Das Jahr 2023 war das wärmste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn, welches vor allem durch feucht-warme Bedingungen mit hohen Niederschlagsmengen geprägt war³. Es gilt damit als sechsnassestes Jahr,

der November sogar als zweitnassester überhaupt. Alle Monate außer Februar, Mai, Juni und September waren deutlich zu nass, was sich in einer niedrigen PM₁₀-Belastung in diesen nassen Monaten widerspiegelt. Winterliche Episoden hoher PM₁₀-Belastung blieben ebenfalls aus: Der rekordmilde Jahresbeginn setzte sich mit einem deutlich zu milden Januar⁴ und Februar⁵ fort. Trotz frostiger Witterung im ersten Dezemberdrittel war auch dieser Wintermonat insgesamt zu mild⁶ und damit relativ feinstaubarm.

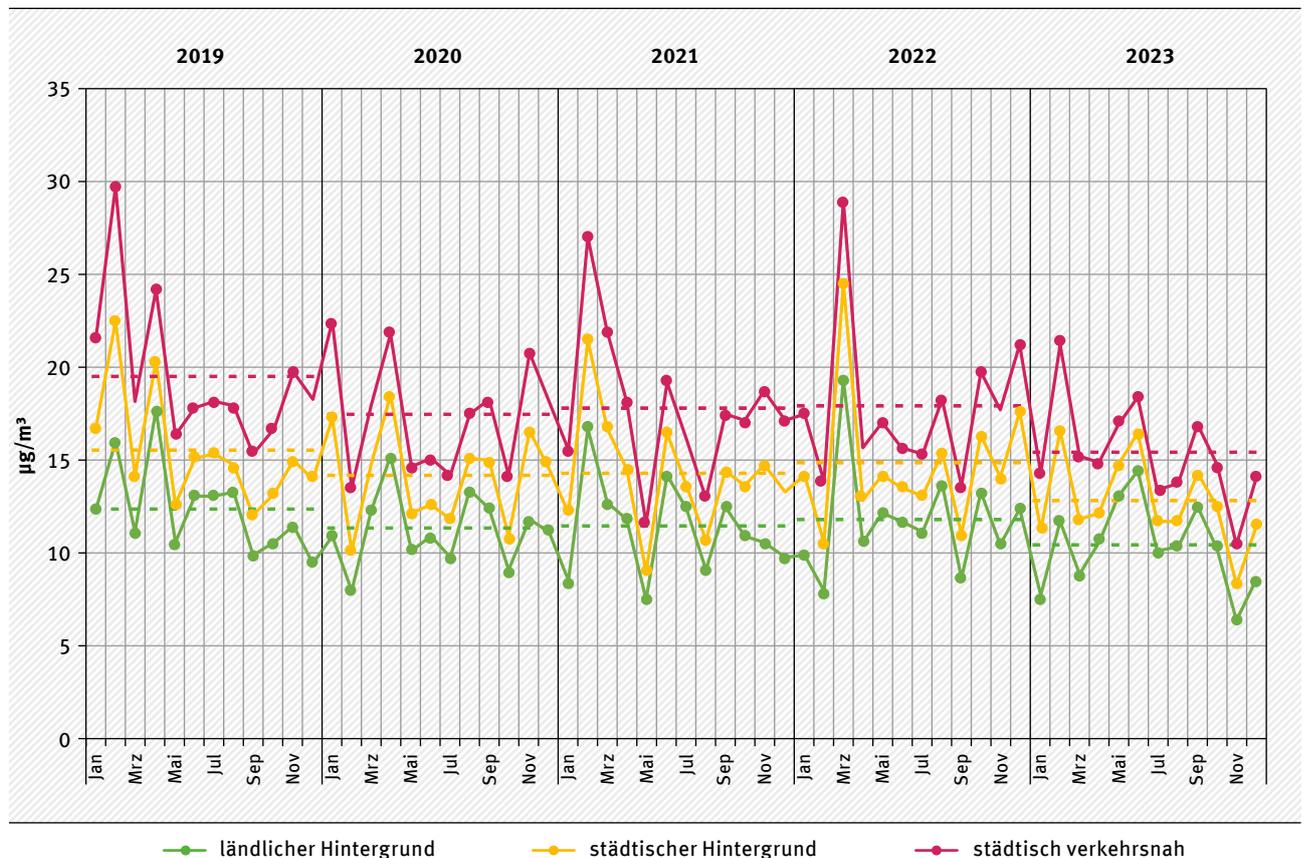
3 Deutschlandwetter im Jahr 2023, Pressemitteilung des DWD, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20231229_deutschlandwetter_jahr2023_news.html?nn=162104 Deutschlandwetter im Januar 2023, Pressemitteilung des DWD, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20230130_deutschlandwetter_januar2023.html?nn=789658

4 Deutschlandwetter im Januar 2023, Pressemitteilung des DWD, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20230130_deutschlandwetter_januar2023.html?nn=789658
 5 Deutschlandwetter im Februar 2023, Pressemitteilung des DWD, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20230227_deutschlandwetter_februar2023.html?nn=789658
 6 Deutschlandwetter im Dezember 2023, Pressemitteilung des DWD, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20231229_deutschlandwetter_dezember2023.html?nn=789658

Abbildung 4

Mittlere PM₁₀-Monatsmittelwerte 2019–2023

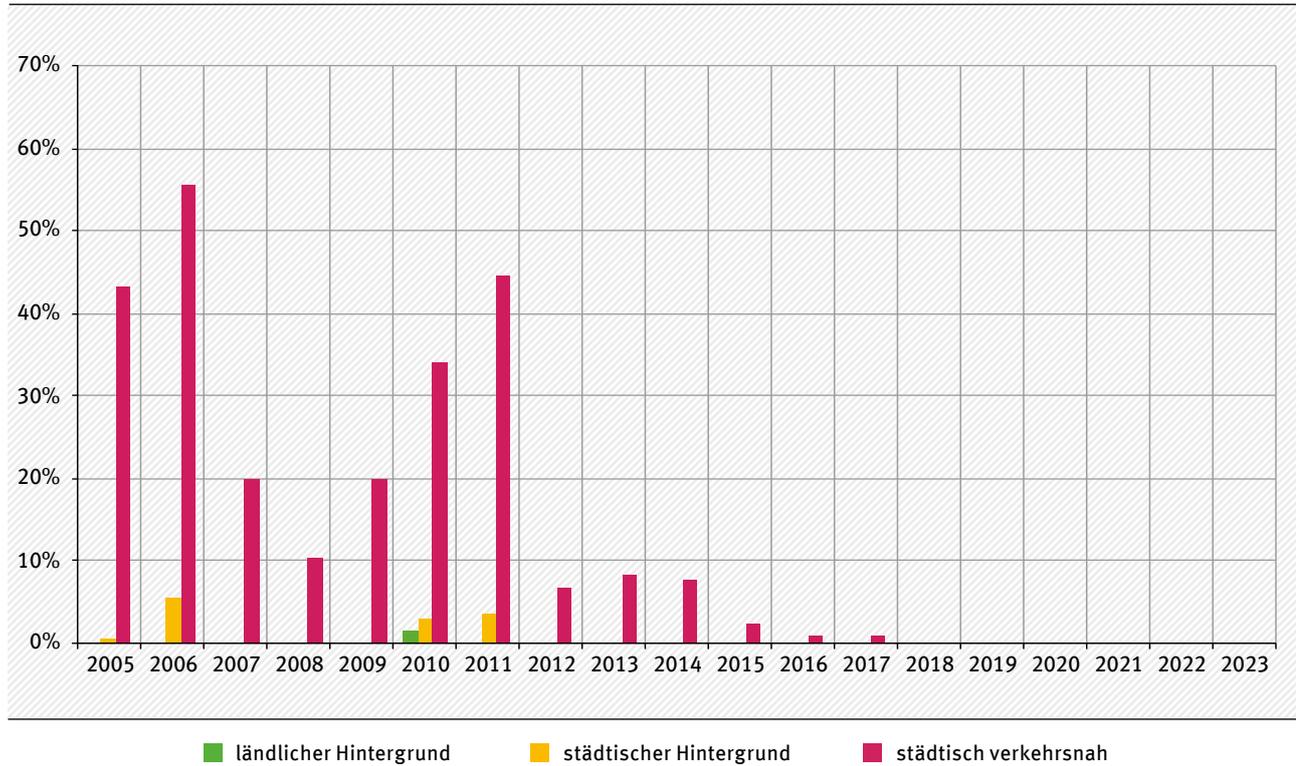
Mittelwert über das Gesamtjahr gestrichelt



Quelle: Umweltbundesamt 2024

Abbildung 5

Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des PM₁₀-Grenzwertes für das Tagesmittel im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2005–2023



Quelle: Umweltbundesamt 2024

2 PM₁₀-Tagesmittelwerte

Ebenso wie in den Vorjahren wurden an keiner der rund 360 Stationen PM₁₀-Tagesmittelwerte über 50 µg/m³ an mehr als 35 Tagen registriert. Damit setzt sich die positive Entwicklung der letzten Jahre fort. In der Vergangenheit traten die meisten Überschreitungen im verkehrsnahen Bereich auf, im Jahr 2006 sogar an mehr als der Hälfte dieser Stationen. Seit 2012 lagen die Anteile der Stationen mit Überschreitung allerdings schon unter 10 Prozent, von da an ist keine Messstation im Hintergrund mehr betroffen gewesen, wie aus Abbildung 5 ersichtlich wird (gelbe Balken).

Der Richtwert der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wurde an 6 Prozent aller Stationen nicht eingehalten.

Abbildung 6 zeigt auf, wie viele Überschreitungstage im Mittel pro Monat registriert wurden. Das Jahr 2023 wird hier dem Vorjahr 2022 und einem längeren Referenzzeitraum (2005–2022) gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass im gesamten letzten Jahr im Vergleich zum mehrjährigen Mittel extrem wenig Überschreitungstage auftraten. Und auch zum Vorjahr gab es einhergehend mit der feuchten Witterung und dem Ausbleiben winterlicher PM₁₀-Episoden nochmals deutlich weniger Überschreitungen. Betrachtet man die Einzeljahre (hier nicht dargestellt), gab es 2023 die wenigsten Überschreitungstage seit Inkrafttreten des Grenzwertes im Jahr 2005.

EU-Grenzwert

Der PM₁₀-Tagesmittelwert darf nicht öfter als 35-mal im Jahr 50 µg/m³ überschreiten.

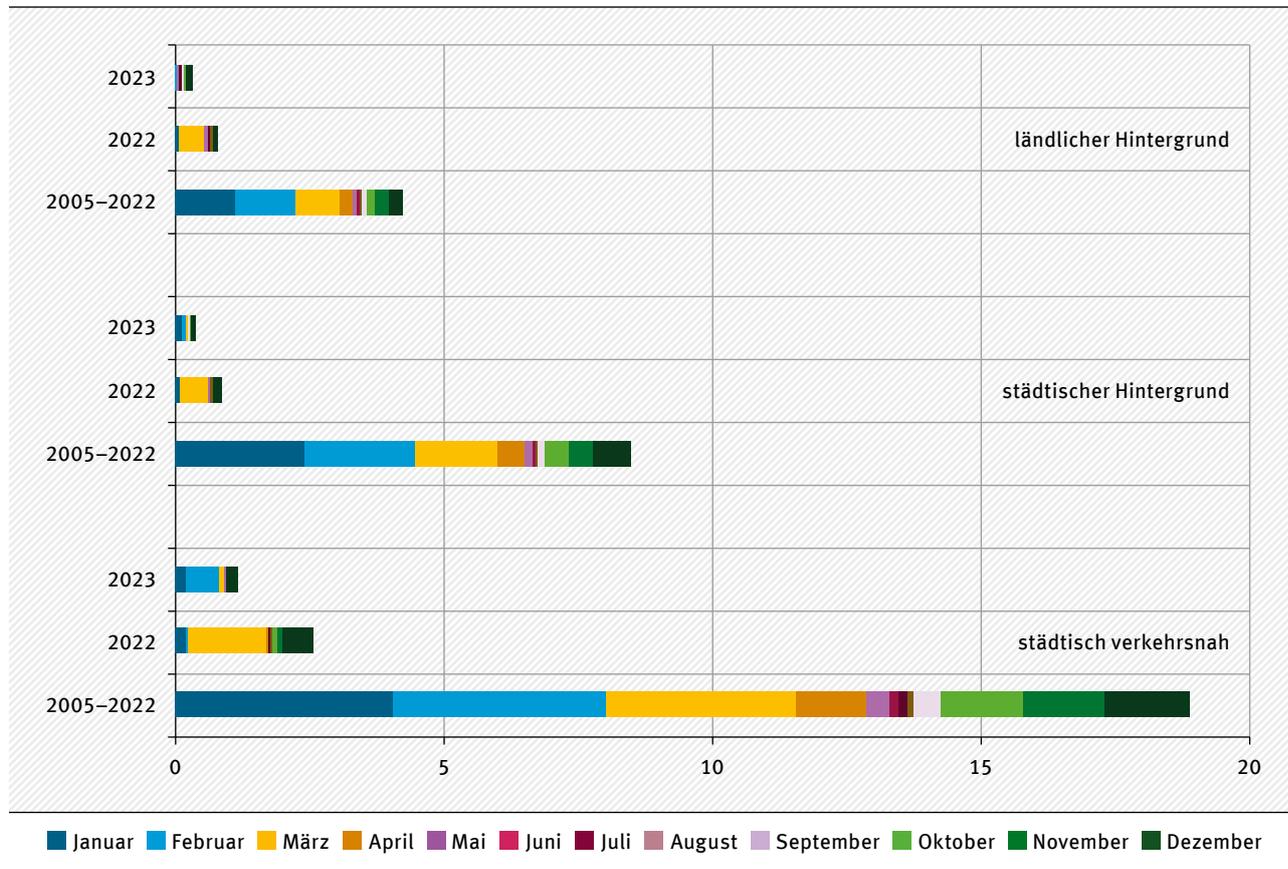
WHO-Richtwert 2021

Für die kurzfristige Belastung soll das 99. Perzentil der PM₁₀-Tagesmittelwerte eines Jahres den Wert von 45 µg/m³ nicht überschreiten.

Abbildung 6

Mittlere Anzahl von PM₁₀-Überschreitungstagen

Tagesmittelwerte > 50 µg/m³ pro Monat im jeweiligen Belastungsregime, dargestellt für die Jahre 2023, 2022 und den Zeitraum 2005–2022



Quelle: Umweltbundesamt 2024

Niederschlag als wichtige Schadstoffsenke

Wind, Niederschlag und die vertikale Temperaturschichtung sind wichtige Einflussfaktoren für freigesetzte oder erst in der Atmosphäre gebildete Luftschadstoffe auf dem Weg hin zu ihrem Wirkungsort. Als wichtige Senke, also als ein Prozess, bei dem Luftschadstoffe aus der Atmosphäre entfernt werden, gilt der Niederschlag. Dieser kann in flüssiger Form als Regen und in fester Form als Schnee gasförmige Luftschadstoffe und Aerosolpartikel (z.B. Feinstaub) aus der Atmosphäre transportieren. Dieser Vorgang, auch bezeichnet als Wet scavenging, funktioniert grundsätzlich nach zwei Prinzipien:

Rainout/in-cloud scavenging

Aerosolpartikel fungieren hier als Wolkenkondensationskeime, an denen sich Wasserdampf anlagert. Kondensiert weiterer Wasserdampf an diesen Wolkentropfen, wachsen diese zu Regentropfen auf, welche dann schließlich zu Boden fallen können.

Washout/below-cloud scavenging

Dabei kollidieren Regentropfen auf ihrem Weg durch die Atmosphäre mit Partikeln und Molekülen und lagern so Schadstoffe am Boden oder an anderen Oberflächen ab.

3 PM_{2,5}-Belastung

Für die kleinere Fraktion des Feinstaubes, die nur Teilchen mit einem maximalen Durchmesser von 2,5 Mikrometer (µm) enthält, gilt seit dem 1. Januar 2015 europaweit ein Grenzwert von 25 µg/m³ im Jahresmittel. In Deutschland wurde dieser Wert seitdem und auch 2023 nicht überschritten. Die mittleren PM_{2,5}-Jahresmittelwerte zeigen über den gesamten betrachteten Zeitraum und alle Regime einen deutlichen Rückgang (Abbildung 7). Die Abbildung zeigt, dass die Konzentrationen der Stationen im städtischen und verkehrsnahen Bereich, die üblicherweise höher belastet sind, auf demselben Niveau liegen wie die ländlichen Stationen noch vor ein paar Jahren.

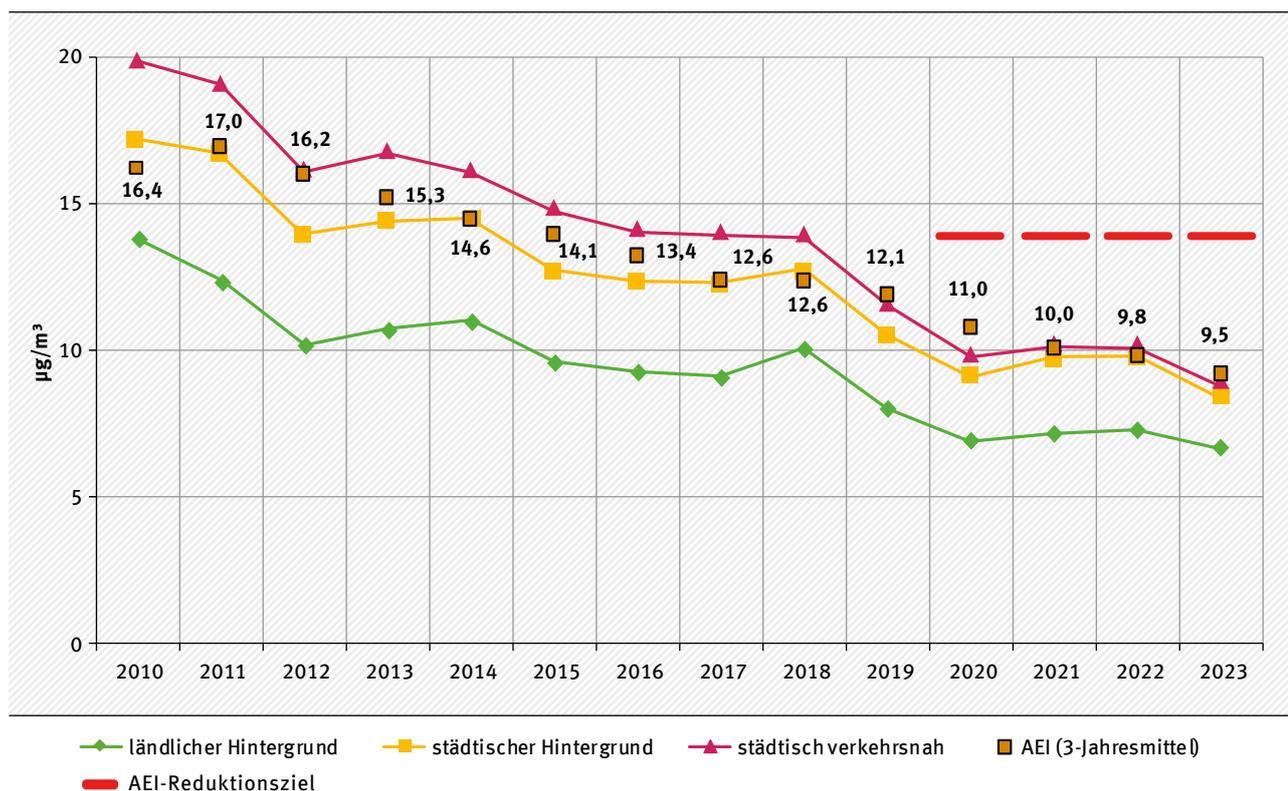
EU-Grenzwert
Der PM_{2,5}-Jahresmittelwert darf 25 µg/m³ nicht überschreiten.

WHO-Richtwerte 2021
Der PM_{2,5}-Jahresmittelwert soll 5 µg/m³ nicht überschreiten. Für die kurzfristige Belastung soll das 99. Perzentil der PM_{2,5}-Tagesmittelwerte eines Jahres den Wert von 15 µg/m³ nicht überschreiten.

Allerdings wird an fast allen der etwa 240 Stationen (97 %) der strengere WHO-Richtwert nicht eingehalten.

Abbildung 7

Entwicklung der PM_{2,5}-Jahresmittelwerte und des Average Exposure Indicators (AEI)
im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2010–2023



Quelle: Umweltbundesamt 2024

Auch der WHO-Richtwert für die kurzfristige Belastung wurde 2023 an den meisten Stationen nicht eingehalten (97%). Zusätzlich zum Grenzwert definiert die EU-Luftqualitätsrichtlinie einen Indikator für die durchschnittliche Exposition der Bevölkerung gegenüber $\text{PM}_{2,5}$, den Average Exposure Indikator (AEI). Dieser wurde als Ausgangswert für das Jahr 2010 mit $16,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, woraus sich ein nationales Minderungsziel von 15 Prozent bis zum Jahr 2020 ableitete. Demnach darf der ab dem Jahr 2020 berechnete AEI (Mittelwert der Jahre 2018, 2019, 2020) den Wert von $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreiten. Deutschland hatte dieses Ziel für die Jahre 2020, 2021 und 2022 eingehalten.

Der AEI für das Jahr 2023 (Mittelwert der Jahre 2021, 2022 und 2023) liegt zum jetzigen Stand bei ca. $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ungerundet: $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Neben dem nationalen Minderungsziel darf der AEI seit dem 1. Januar 2015 den Wert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreiten. Dieser Wert wurde in Deutschland seit Beginn der Messung im Jahr 2008 nicht überschritten.

Exposition

Der Kontakt eines Organismus mit chemischen, biologischen oder physikalischen Einflüssen wird als „Exposition“ bezeichnet. Der Mensch ist zum Beispiel gegenüber Feinstaub exponiert.

Wie wird der Average Exposure Indikator (AEI) berechnet?

Der Indikator für die durchschnittliche Exposition wird als Mittelwert über 3 Jahre aus den einzelnen $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelwerten ausgewählter Messstationen im städtischen Hintergrund berechnet. So ergibt sich für jeden 3-Jahreszeitraum ein Wert, ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Das Stationsgebäude der UBA-Messstation Neuglobsow am Stechliner See in Brandenburg.

III Stickstoffdioxid: Rückgang setzt sich fort

1 NO₂-Jahresmittelwerte

Wie auch im Vorjahr wurde 2023 der Grenzwert für das NO₂-Jahresmittel voraussichtlich nur noch an zwei Stationen überschritten. Unter Berücksichtigung der Zahl momentan noch fehlender Stationsdaten ist der Anteil der Stationen mit Überschreitung so hoch wie im letzten Jahr. Abbildung 8 zeigt deutlich den starken Rückgang des Anteils der Stationen mit Überschreitung des Grenzwertes im verkehrsnahen Bereich. Im städtischen Hintergrund traten schon seit 2015 keine Überschreitungen mehr auf, vorher nur vereinzelt.

EU-Grenzwert

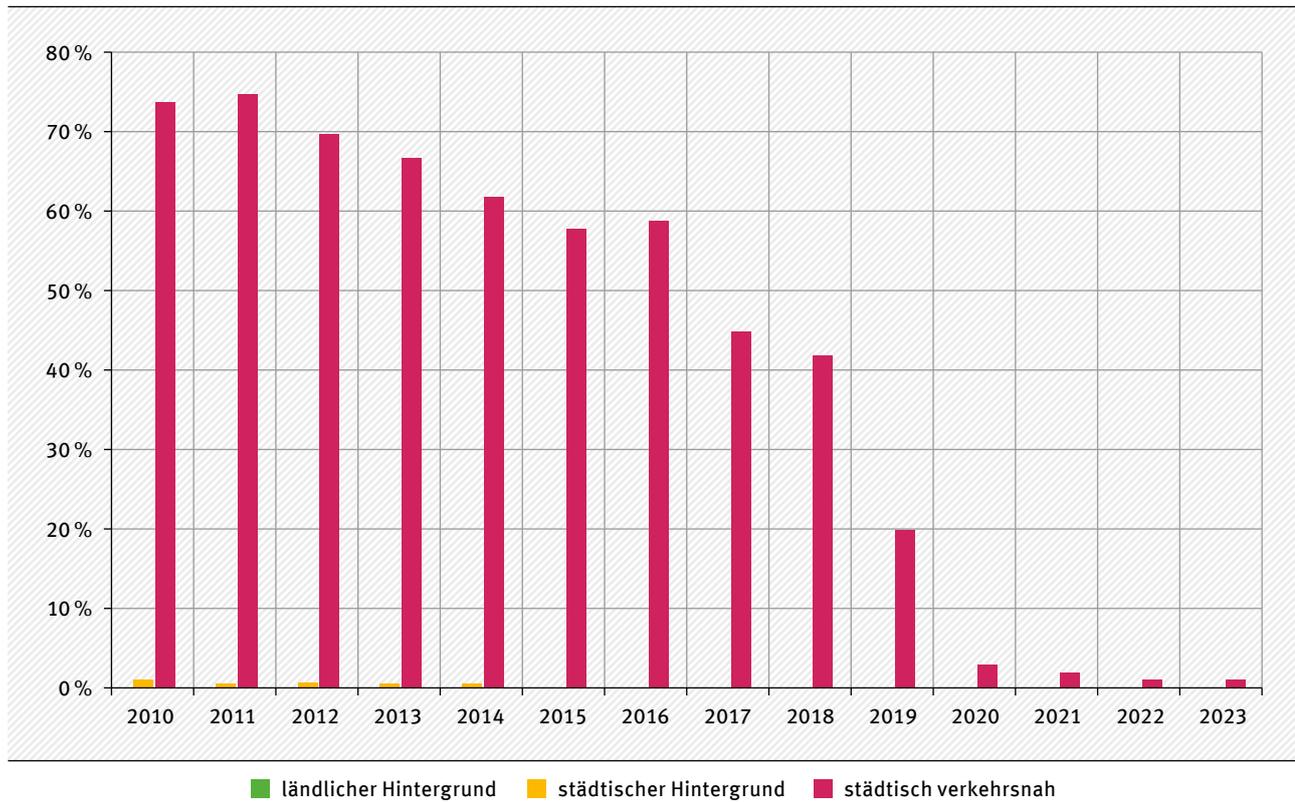
Der NO₂-Jahresmittelwert darf 40 µg/m³ nicht überschreiten.

WHO-Richtwert 2021

Der NO₂-Jahresmittelwert soll 10 µg/m³ nicht überschreiten.

Abbildung 8

Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des NO₂-Grenzwertes
für das Jahresmittel im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2010–2023

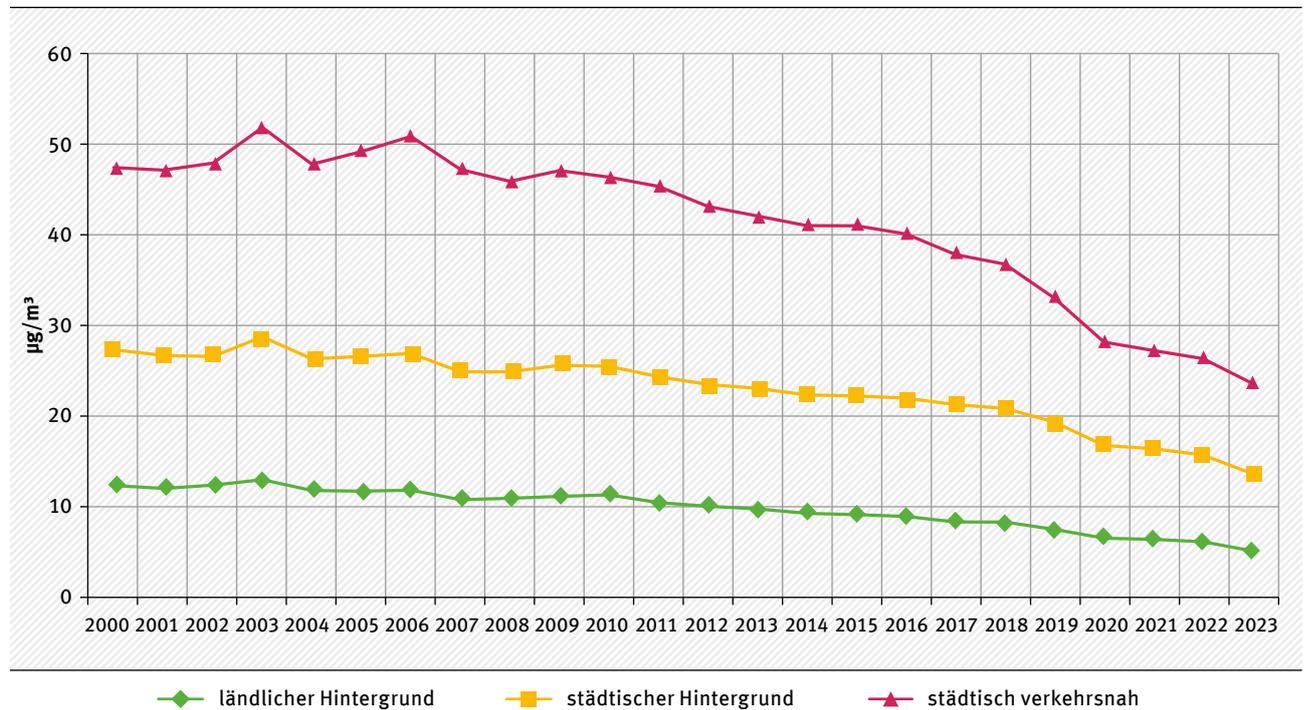


Quelle: Umweltbundesamt 2024

Abbildung 9

Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte

im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2000–2023



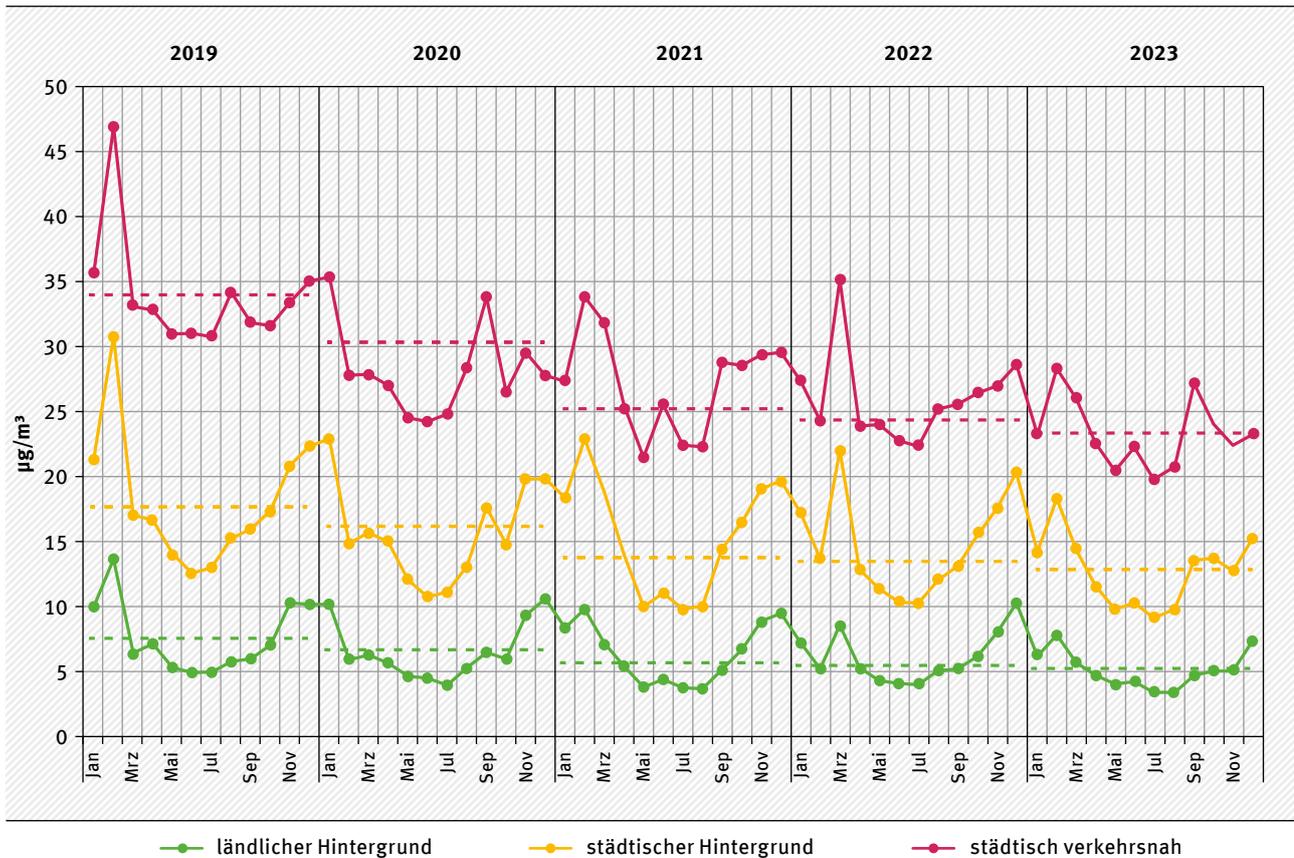
Quelle: Umweltbundesamt 2024

Den strengeren WHO-Richtwert für den NO₂-Jahresmittelwert hielten 74 % aller Stationen nicht ein. Die Stickstoffdioxidbelastung zeigt im letzten Jahrzehnt einen deutlichen Rückgang (Abbildung 9). Um den Einfluss der Schließung alter, beziehungsweise Errichtung neuer Messstationen auf die Entwicklung der mittleren Werte zu mindern, werden für diese Abbildung nur ausgewählte Stationen verwendet, für die über einen längeren Zeitraum Messdaten vorliegen. Die Höhe der Belastung wird vor allem durch lokale Emissionsquellen – insbesondere durch den Verkehr in Ballungsräumen – bestimmt und weist nur geringe zwischenjährliche Schwankungen aufgrund der Witterung auf.

Im ländlichen Bereich, fern der typischen NO₂-Quellen, lagen die mittleren Konzentrationen in den letzten 10 Jahren auf einem Niveau unter 10 µg/m³ (Abbildung 9, grüne Kurve). Im städtischen Hintergrund liegen die mittleren Werte seit jeher weit unterhalb des Grenzwertes von 40 µg/m³, wobei hier ebenso wie im ländlichen Bereich ein kontinuierlicher Rückgang über die letzten 20 Jahre zu erkennen ist (Abbildung 9, gelbe Kurve). Im Jahr 2023 lag die mittlere NO₂-Konzentration an verkehrsnahen Messstationen (rote Kurve) im Jahresmittel bei rund 24 µg/m³. Während die mittleren Werte im Verkehrsbereich im Zeitraum 2000 bis 2010 in einem Bereich zwischen 45 und 50 µg/m³ stagnierten, begann um das Jahr 2010 ein sich Jahr für Jahr fortsetzender Rückgang.

Abbildung 10

Mittlere NO₂-Monatsmittelwerte 2019–2023
Mittelwert über das Gesamtjahr gestrichelt



Quelle: Umweltbundesamt 2024

Abbildung 10 zeigt die mittleren Jahressgänge von NO₂ in den drei Belastungsregimes innerhalb der letzten fünf Jahre (nur Stationen mit ausreichender Datenverfügbarkeit in allen fünf Jahren enthalten). Deutlich wird der kontinuierliche Rückgang der Konzentrationen. Das heißt, bis auf wetterbedingte Schwankungen, die vor allem im Hintergrund typischerweise zu höheren Konzentrationen im Winter und niedrigeren im Sommer führen, liegen die Monatsmittelwerte in jedem Jahr meist unter dem des Vorjahres. Somit ergibt sich ein stetiger Rückgang der mittleren Belastung in allen Regimen (gestrichelte Linie). Die Werte für das Jahr 2023 liegen nur leicht unter denen des Vorjahres. Aufgrund der meteorologischen Bedingungen, wie z. B. austauscharme Wetterlagen, sind immer wieder deutliche Abweichungen möglich. Dies zeigt sich im Jahr 2023 in den höheren durchschnittlichen Konzentrationen in den Monaten Februar und September.

2 NO₂-Stunden- und Tagesmittelwerte

NO₂-Stundenmittelwerte über 200 µg/m³ sind seit 2010 höchstens 18-mal im Jahr zulässig. Im Jahr 2023 wurde dieser Grenzwert wie in den Vorjahren nicht überschritten. Zuletzt kam es 2016 zu vereinzelt Grenzwertüberschreitungen im verkehrsnahen Bereich. An nur einer von ca. 400 Stationen wurde der WHO-Richtwert für den Stundenmittelwert nicht eingehalten. Der WHO-Richtwert für den NO₂-Tagesmittelwert wurde an 73 Prozent der Messstationen nicht eingehalten.

EU-Grenzwert

Die NO₂-Stundenmittelwerte dürfen nicht mehr als 18-mal pro Jahr über 200 µg/m³ liegen.

WHO-Richtwerte 2021

Für die kurzfristige Belastung soll das 99. Perzentil der NO₂-Tagesmittelwerte eines Jahres den Wert von 25 µg/m³ nicht überschreiten. Zusätzlich dazu sollen die NO₂-Stundenmittelwerte den Wert von 200 µg/m³ nicht überschreiten.

IV Bodennahes Ozon: Vergleichsweise niedrige Belastung

1 O₃-Informations- und Alarmschwelle

Ozon wird in Deutschland an ungefähr 260 Stationen gemessen. Der höchste 1-Stunden-Mittelwert im Jahr 2023 betrug 194 µg/m³ und liegt damit etwas niedriger als im Vorjahr (228 µg/m³). Im Jahr 2023 wurde der Alarmschwellenwert von 240 µg/m³ ebenso wie in den drei Jahren davor nicht überschritten. Zu Überschreitungen der Informationsschwelle von 180 µg/m³ kam es an 2 Tagen im Juni und an 4 Tagen im September, das ist deutlich weniger als im Vorjahr (15 Tage). Die etwas ungewöhnlichen Schwellenwertüberschreitungen im Monat September sind durch den wärmsten September seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen in Deutschland im Jahr 1881 erklärbar⁷. Bezogen auf die mittlere Anzahl von Überschreitungsstunden pro Station ist das Jahr 2023 im Vergleich zu den letzten 20 Jahren ein wenig von Schwellenwertüberschreitungen betroffenes Jahr (Abbildung 11). Aus dem Vergleich wird auch deutlich, dass die Überschreitungen der Informationsschwelle

von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich oft auftreten. So ragt beispielsweise der „Jahrhundertsommer“ 2003 deutlich heraus. Aber auch das Jahr 2015 mit außergewöhnlich heißen und trockenen Schönwetterperioden im Juli und August weist eine vergleichsweise hohe Ozonbelastung auf.

Grund für die starken Schwankungen der Ozonspitzen über die Jahre hinweg ist die hohe Abhängigkeit der Ozonkonzentrationen vom Wetter. Denn Ozon wird im Gegensatz zu Feinstaub und Stickstoffdioxid nicht direkt emittiert, sondern aus bestimmten Vorläuferstoffen (Stickstoffoxide und flüchtige organische Verbindungen) bei intensiver Sonneneinstrahlung gebildet. Bei länger anhaltenden sommerlichen Hochdruckwetterlagen kann sich das so gebildete Ozon in den unteren Schichten der Atmosphäre anreichern und dort zu erhöhten Werten führen. Das Jahr 2023 war das wärmste Jahr seit Messbeginn, sehr strahlungsreich, aber auch sehr niederschlagsreich⁸.

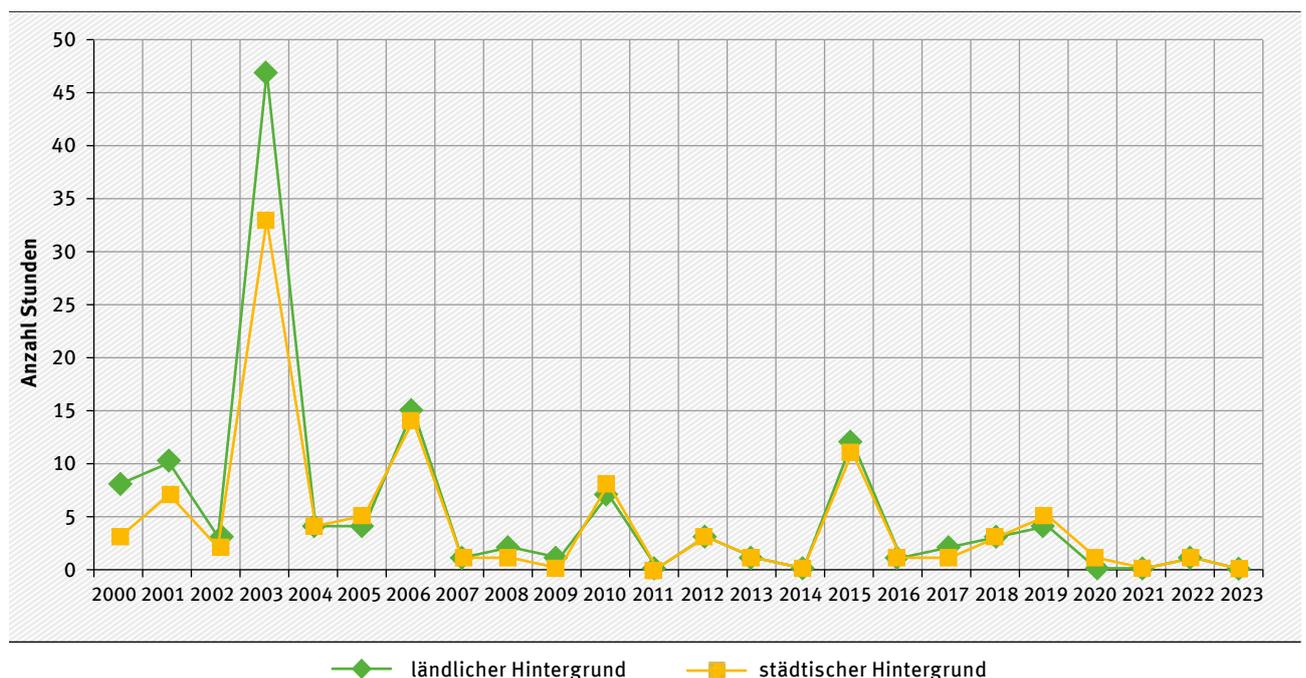
⁷ Deutschlandwetter im Sommer 2023, Pressemitteilung des DWD, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20231229_deutschlandwetter_jahr2023_news.html?nn=495078 https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2022/20220830_deutschlandwetter_sommer2022.html?nn=762256

⁸ Deutscher Wetterdienst: Das Strahlungsjahr 2023, https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2024/1/11.html

Abbildung 11

Überschreitungsstunden der Ozon-Informationsschwelle (180 µg/m³)

Mittelwert über ausgewählte Stationen, Zeitraum 2000–2023



Quelle: Umweltbundesamt 2024

2 O₃-Zielwert und Langfristziel zum Schutz der menschlichen Gesundheit

Nur an sechs Stationen wurde der Wert von 120 µg/m³ als 8-Stunden-Mittelwert eingehalten, d. h. das langfristige Ziel wurde, genau wie in den Vorjahren, an fast allen Stationen überschritten.

An durchschnittlich 15 Tagen pro Station überschritt im Jahr 2023 der höchste 8-Stunden-Mittelwert eines Tages den Wert von 120 µg/m³, das ist etwas weniger als im Vorjahr (20) und insgesamt in einem mittleren Bereich. Die Überschreitungen verteilten sich auf 78 Kalendertage.

Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der Überschreitungstage im Zeitraum 2000 bis 2023: die deutlich sichtbaren Schwankungen zwischen den Jahren entstehen aufgrund unterschiedlicher meteorologischer Bedingungen. Im Gegensatz zu den Schwellenwertüberschreitungen ist hier kein deutlicher Rückgang

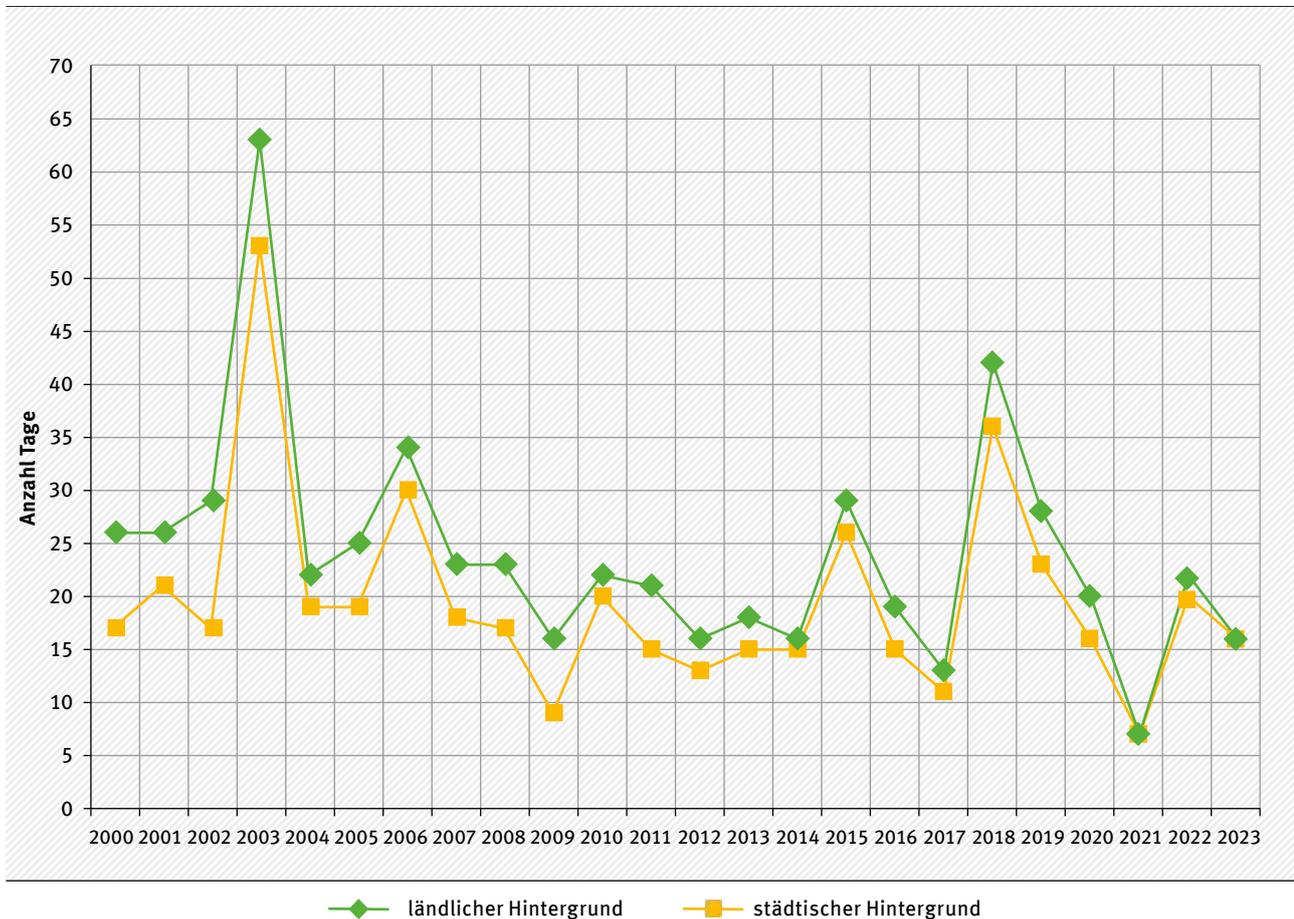
zu erkennen. Generell ist der Norden Deutschlands etwas weniger mit hohen Ozonkonzentrationen belastet (siehe Abbildung 13).

Für den Zielwert zum Schutz der Gesundheit wird ein 3-Jahres-Zeitraum betrachtet: Im Mittel soll nur an 25 Tagen der Wert von 120 µg/m³ im 8-Stundenmittel überschritten werden. Im letzten Mittelungszeitraum von 2021 bis 2023 überschritten 15 Stationen diesen Wert im Mittel an mehr als 25 Tagen, das entspricht einem Anteil von 6 Prozent der Stationen. Abbildung 14 zeigt, dass die meisten Überschreitungen im ländlichen Bereich auftreten – im Unterschied zu den Schadstoffen Feinstaub und Stickstoffdioxid, die in Straßennähe die höchsten Konzentrationen aufweisen, sind gerade an der Straße gemessene Ozonwerte aufgrund chemischer Reaktionen sehr viel niedriger. Deswegen wird an verkehrsnahen Stationen Ozon selten gemessen.

Abbildung 12

Tage mit Überschreitung des Ozon-Langfristzielwertes (120 µg/m³)

Mittelwert über ausgewählte Stationen, Zeitraum 2000–2023

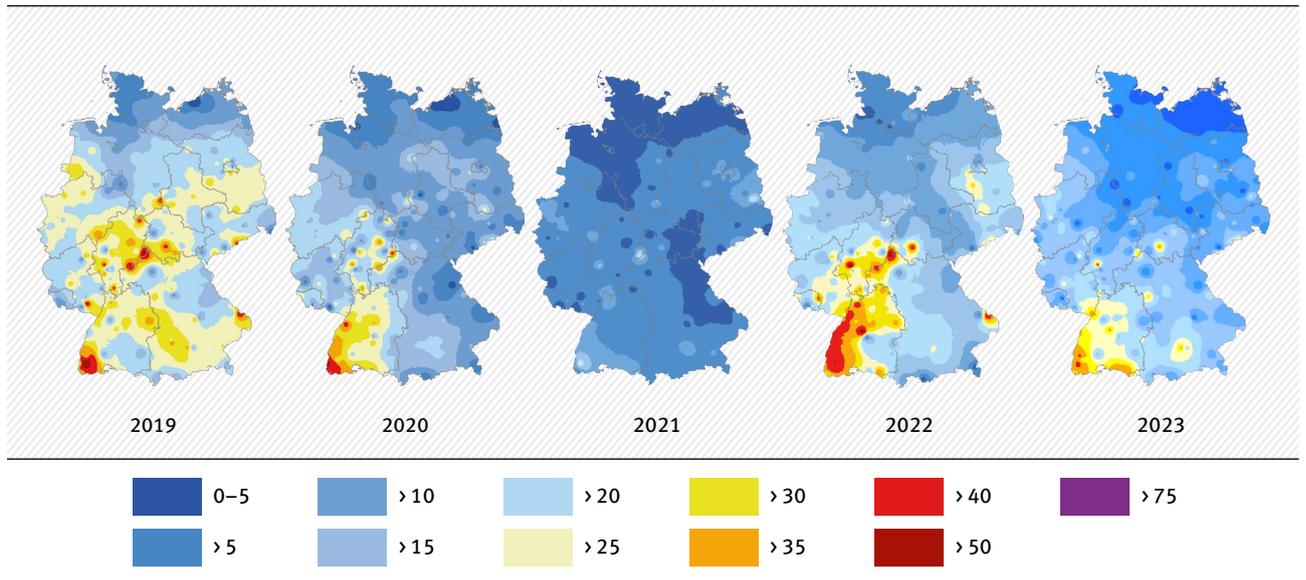


Quelle: Umweltbundesamt 2024

Abbildung 13

**Räumliche Verteilung der Überschreitungstage des Ozon-Langfristziels zum Schutz der Gesundheit
(Zahl der Tage mit maximalen 8-Stundenmittelwerten > 120 µg/m³)**

Zeitraum 2019 bis 2023, erstellt aus Stationsmesswerten und geostatistischem Interpolationsverfahren



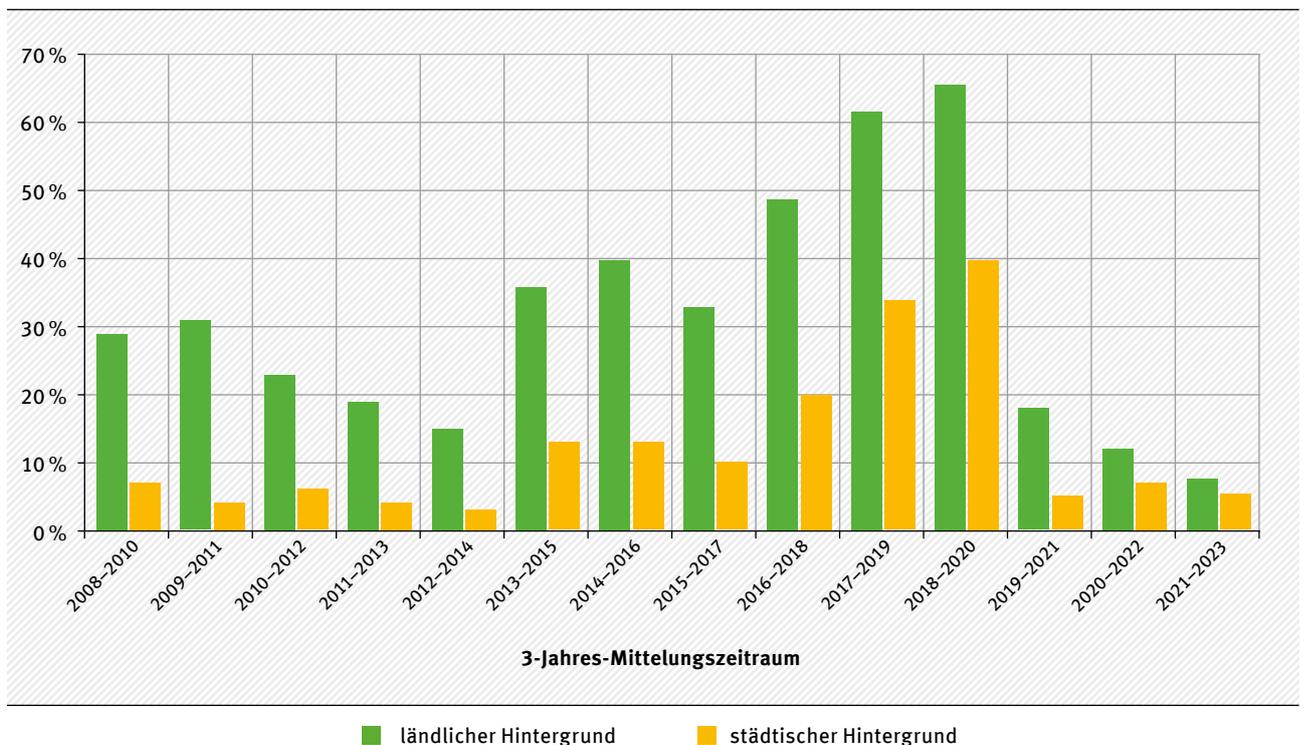
Quelle: Umweltbundesamt 2024

Abbildung 14

Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Ozon-Zielwertes

für den Schutz der Gesundheit, Zeitraum 2010 bis 2023

(jeweils gleitendes Mittel über 3 Jahre basierend auf den Kalenderjahren)



Quelle: Umweltbundesamt 2024

Der Richtwert der WHO in Bezug auf die Langzeitbelastung (Peak Season) wurde im Jahr 2023 an allen Stationen verfehlt. Auch der WHO-Richtwert in Bezug auf die Kurzzeitbelastung (99. Perzentil der täglich höchsten 8-Stundenmittelwerte eines Jahres) wurde nur an einer einzigen Station eingehalten.

3 O₃-Schutz der Vegetation

Für die Ermittlung des Zielwertes für den Schutz der Vegetation (AOT40) werden gemäß der EU-Luftqualitätsrichtlinie die rund 160 Messstationen außerhalb von innerstädtischen Gebieten herangezogen. Für den Zielwert (einzuhalten seit dem Jahr 2010) ist eine Mittelung über fünf Jahre vorgesehen. Der Zielwert (18.000 µg/m³ h summiert von Mai bis Juli) wurde für den letzten Mittelungszeitraum von 2019 bis 2023 an 14 von 159 Stationen (= 9 %, Vorjahr: 18 %) überschritten.

Im Jahr 2023 wurde das langfristige Ziel für den Schutz der Vegetation (6.000 µg/m³ h) nur an einer Station eingehalten (Vorjahr: keine Station). Im Mittel liegt der AOT40-Wert an den ländlichen Hintergrundstationen dieses Jahr im mittleren Bereich im Vergleich zu den anderen Jahren ab 2000, ähnlich zum Vorjahr.

Für die Risikoabschätzung bodennahen Ozons auf die Vegetation stehen grundsätzlich zwei unterschiedliche Ansätze zur Verfügung. Der rein expositions-basierte Ansatz AOT40 berücksichtigt lediglich die Ozonkonzentration, ist einfach zu berechnen und theoretisch auf alle Arten von Vegetation anwendbar. Der flussbasierte Ansatz der phytotoxischen Ozondosis (phytotoxic ozone dose – POD) beruht auf der tatsächlich über die Stomata der Pflanze aufgenommene Ozondosis und ist dadurch in der Lage, die toxikologische und pflanzenphysiologische Wirkung des Gases auf die Pflanze genauer abzubilden als der rein konzentrationsbezogene Wert. Die Berechnung der POD geschieht dabei jeweils pflanzenspezifisch auf Grundlage von Richtwerten zum Schutz der Vegetation gegenüber Luftverunreinigungen, die im Rahmen der Arbeiten zur Genfer Luftreinhaltekonvention (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution – CLRTAP) und ihrer Protokolle erarbeitet wurden und kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Die POD wurde bisher für den Zeitraum von 2009 bis 2021 für die Rezeptoren Weizen, Buche, Fichte und Grünland entsprechend der Richtlinie VDI 2310

Informationsschwelle

Bei Ozonwerten über 180 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) wird die Öffentlichkeit über die Medien darüber informiert, dass für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen ein Risiko für die Gesundheit besteht.

Alarmschwelle

Bei Ozonwerten über 240 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) wird die Öffentlichkeit über die Medien gewarnt, dass für alle Menschen ein Risiko für die Gesundheit besteht.

Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit

Ozonwerte über 120 µg/m³ (täglich höchster 8-Stundenmittelwert) sollen an höchstens 25 Tagen im Kalenderjahr auftreten, gemittelt über 3 Jahre. Langfristig sollen die 8-Stundenmittelwerte 120 µg/m³ gar nicht mehr überschreiten.

WHO-Richtwerte 2021

Für die kurzfristige Belastung soll das 99. Perzentil der höchsten täglichen 8-Stundenmittelwerte des Jahres den Wert von 100 µg/m³ nicht überschreiten. Für die längerfristige Belastung soll der Mittelwert über die höchsten täglichen 8-Stundenmittelwerte der sechs aufeinander folgenden Monate mit den höchsten Konzentrationen (Peak Season) den Wert von 60 µg/m³ nicht überschreiten. In Deutschland entspricht dies typischerweise den Monaten April bis September.

Zielwerte zum Schutz der Vegetation (AOT40)

Der Begriff AOT40 (Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 parts per billion) bezeichnet die Summe der Differenzen zwischen den 1-Stundenmittelwerten über 80 µg/m³ (= 40 ppb) und dem Wert 80 µg/m³ zwischen 8 Uhr morgens und 20 Uhr abends, in den Monaten Mai bis Juli. Der AOT40-Zielwert soll als 5-Jahresmittel bereits seit 2010 den Wert von 18.000 µg/m³ h – das sind 9.000 ppb h beziehungsweise 9 ppm h – nicht überschreiten. Langfristig soll der Wert in einem Jahr höchstens 6.000 µg/m³ h – das sind 3.000 ppb h beziehungsweise 3 ppm h – erreichen.

Blatt 6 berechnet. Diese geht von einer ständigen Wasserverfügbarkeit der Pflanze aus und muss deshalb als eine Art Worst-Case-Betrachtung angesehen werden, da Pflanzen unter trockenen Bedingungen ihre Stomata schließen und dadurch unter anderem auch weniger Ozon aufnehmen.

Die kritischen Belastungswerte (critical level – CL) sind für nahezu alle Rezeptoren im gesamten Zeitraum flächendeckend überschritten. Das Schädigungspotenzial von Ozon auf Pflanzen bzw. ihren Ertrag (z. B. Weizen) oder Biomassezuwachs (z. B. Buchen) ist deshalb als hoch einzuordnen. Seit 2018 werden diese Ergebnisse alle vier Jahre zur Überwachung der Auswirkungen von Luftverschmutzungen gemäß NEC-Richtlinie 2016/2284 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe berichtet.

Weitere Informationen zum Thema

Luftportal:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftdaten>

App Luftqualität:

<https://www.umweltbundesamt.de/app-luftqualitaet>

Portal Luft und Luftreinhaltung:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft>

Luftmessnetz: Wo und wie wird gemessen?

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/messenbeobachtenueberwachen/luftmessnetz-wo-wie-wird-gemessen>

Überarbeitung der Richtlinie zur Luftqualität:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/luftreinhaltung-in-der-eu/ueberarbeitung-der-richtlinie-zur-luftqualitaet>

UBA-Kartendienst zu Luftschadstoffen:

<http://gis.uba.de/Website/luft/index.html>

UBA-Kartendienst zu Umweltzonen und Luftreinhalteplänen:

<http://gis.uba.de/website/umweltzonen/index.html>

Entwicklung der Luftqualität in Deutschland:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/entwicklung-der-luftqualitaet>

Information zum Schadstoff Feinstaub:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe-im-ueberblick/feinstaub>

Information zum Schadstoff NO₂:

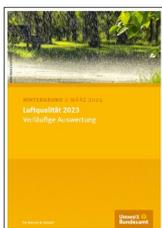
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe/stickstoffoxide>

Information zum Schadstoff Ozon:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe/ozon>

39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes:

https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/



► **Unsere Broschüren als Download**

Kurzlink: bit.ly/2dowYYI