



HINTERGRUND // FEBRUAR 2022

Luftqualität 2021

Vorläufige Auswertung

HINTERGRUND // FEBRUAR 2022

Luftqualität 2021

Vorläufige Auswertung

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1:	Deutschlandkarte der Luftmessstationen	6
Abbildung 2:	Schematische Darstellung der Belastungsregime für Feinstaub und Stickstoffdioxid	7
Abbildung 3:	Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Grenzwertes	8
Abbildung 4:	Mittlere Anzahl von PM ₁₀ -Überschreitungstagen	9
Abbildung 5:	PM ₁₀ -Tagesmittelwerte aller Stationen an den Neujahrstagen 2012–2021	10
Abbildung 6:	Entwicklung der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte	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 Grenzwertes	14
Abbildung 9:	Entwicklung der NO ₂ -Jahresmittelwerte	15
Abbildung 10:	Mittlere NO ₂ -Monatsmittelwerte 2016–2021	16
Abbildung 11:	NO ₂ -Jahresmittelwerte 2021	17
Abbildung 12:	Überschreitungsstunden der Informationsschwelle (180 µg/m ³)	18
Abbildung 13:	Räumliche Verteilung der Überschreitungstage des Langfristziels zum Schutz der Gesundheit	19
Abbildung 14:	Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Zielwertes	20
Tabelle 1:	Seit 2021 gültige WHO-Richtwerte und Interim Targets	23
Tabelle 2:	Aktuell gültige Konzentrationswerte der WHO2000 für zusätzliches Lebenszeitrisiko an Krebs zu erkranken von 1:100 000	24
Tabelle 3:	Anteil der Messstationen mit Überschreitung der seit 2021 gültigen WHO-Richtwerte	25
Tabelle 4:	Anteil der Stationen mit Überschreitung der Richtwerte der WHO aus dem Jahr 2021 mit bisherigen WHO-Richtwerten bzw. geltenden EU-Ziel- und Grenzwerten, Bezugsjahr: 2020	26

Inhalt

I Luftqualität 2021: 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: Einhaltung der EU-Grenzwerte, aber gravierende Überschreitungen der aktualisierten WHO-Richtwerte	8
1 PM ₁₀ -Tagesmittelwerte	8
2 PM ₁₀ -Jahresmittelwerte	11
3 PM _{2,5} -Belastung	12
III Stickstoffdioxid: Nur noch vereinzelt Überschreitungen des Grenzwertes	14
1 NO ₂ -Jahresmittelwerte	14
2 NO ₂ -Stundenmittelwerte	17
IV Bodennahes Ozon: Vergleichsweise geringe Belastung, aber weiterhin Überschreitung der Zielwerte	18
1 O ₃ -Informations- und Alarmschwelle	18
2 O ₃ -Zielwert und Langfristziel zum Schutz der menschlichen Gesundheit	19
3 O ₃ -Schutz der Vegetation	20
V Die neuen Richtwerte der Weltgesundheitsorganisation – Hintergrund und Situation in Deutschland 2020	22
Hintergrund	22
Übersicht der gültigen WHO-Richtwerte 2021	23
Überschreitungssituation auf Grundlage der WHO-Richtwerte 2021	24
Vergleich mit der Überschreitungssituation auf Basis bisheriger Richt-/Grenz-/Zielwerte	26
Anhang	29
Abbildungen: Überschreitungssituation 2020 auf Basis bisheriger Richt-/Grenz-/Zielwerte für alle Luftschadstoffe im Detail	29
Weitere Informationen zum Thema	33

I Luftqualität 2021: Datengrundlage und Auswertemethodik

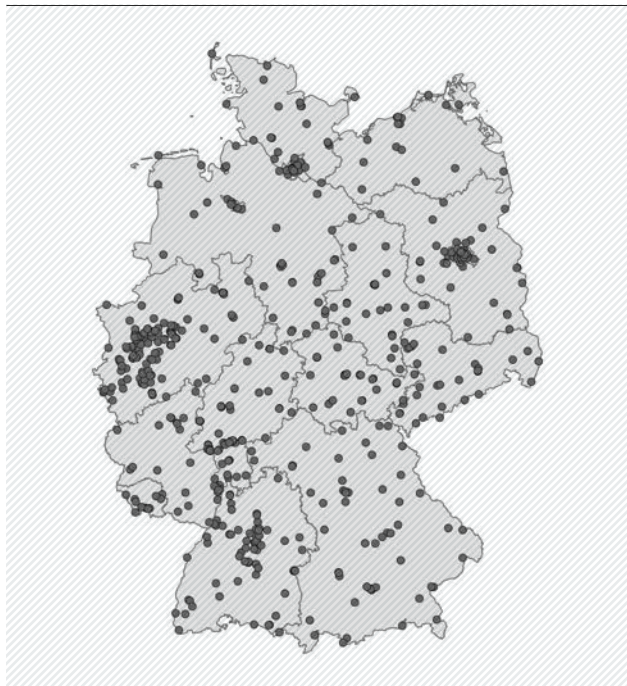
1 Luftqualität und Luftschadstoffe

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 Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa¹ definierten Grenz- und Zielwerte. Die Ergebnisse werden zudem mit den meist wesentlich strengeren Richtwerten der

Abbildung 1

Deutschlandkarte der Luftmessstationen



Quelle: Umweltbundesamt 2022

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 Verbrennungsprozessen in Kraftfahrzeugen, Kraftwerken und KLEINFEUERUNGSANLAGEN, 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.

Weltgesundheitsorganisation (WHO) verglichen, die im September 2021 als globale Luftqualitätsleitlinien veröffentlicht wurden. Diese basieren auf einer systematischen Bestandsaufnahme der vorliegenden 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

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

berücksichtigt werden. Detailliertere Informationen und Auswertungen dazu im Kapitel V „Die neuen Richtwerte der WHO – Hintergrund und Situation in Deutschland 2020“.

2 Vorläufigkeit der Angaben

Diese Auswertung der Luftqualität im Jahr 2021 in Deutschland basiert auf vorläufigen, noch nicht abschließend geprüften Daten aus den Luftmessnetzen der Bundesländer und des Umweltbundesamtes, Stand 31. Januar 2022. Aufgrund der umfangreichen Qualitätssicherung in den Messnetzen stehen die endgültigen Daten erst Mitte 2022 zur Verfügung.

Die jetzt vorliegenden Daten lassen aber eine generelle Einschätzung des vergangenen Jahres zu. Betrachtet werden die Schadstoffe Feinstaub (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$), Stickstoffdioxid (NO_2) sowie Ozon (O_3), 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.

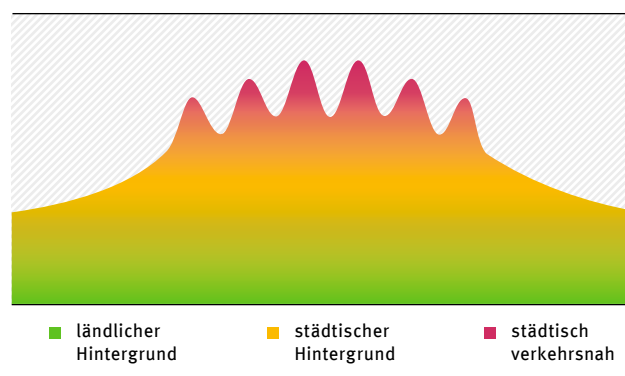
Bei hohen Windgeschwindigkeiten und guten Durchmischungsbedingungen verringert sich hingegen die Schadstoffbelastung. Zwischenjährige Schwankungen in der Luftbelastung werden in erster Linie durch diese unterschiedlichen Witterungsbedingungen verursacht. Sie überlagern daher den Einfluss der eher langfristigen 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 industriennahe 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 PM_{10} , Atmospheric Environment 35 (2001) S23–S33

II Feinstaub: Einhaltung der EU-Grenzwerte, aber gravierende Überschreitungen der aktualisierten WHO-Richtwerte

1 PM₁₀-Tagesmittelwerte

Ebenso wie im Vorjahr 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 3 ersichtlich wird (gelbe Balken).

EU-Grenzwert

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

WHO-Richtwert 2021

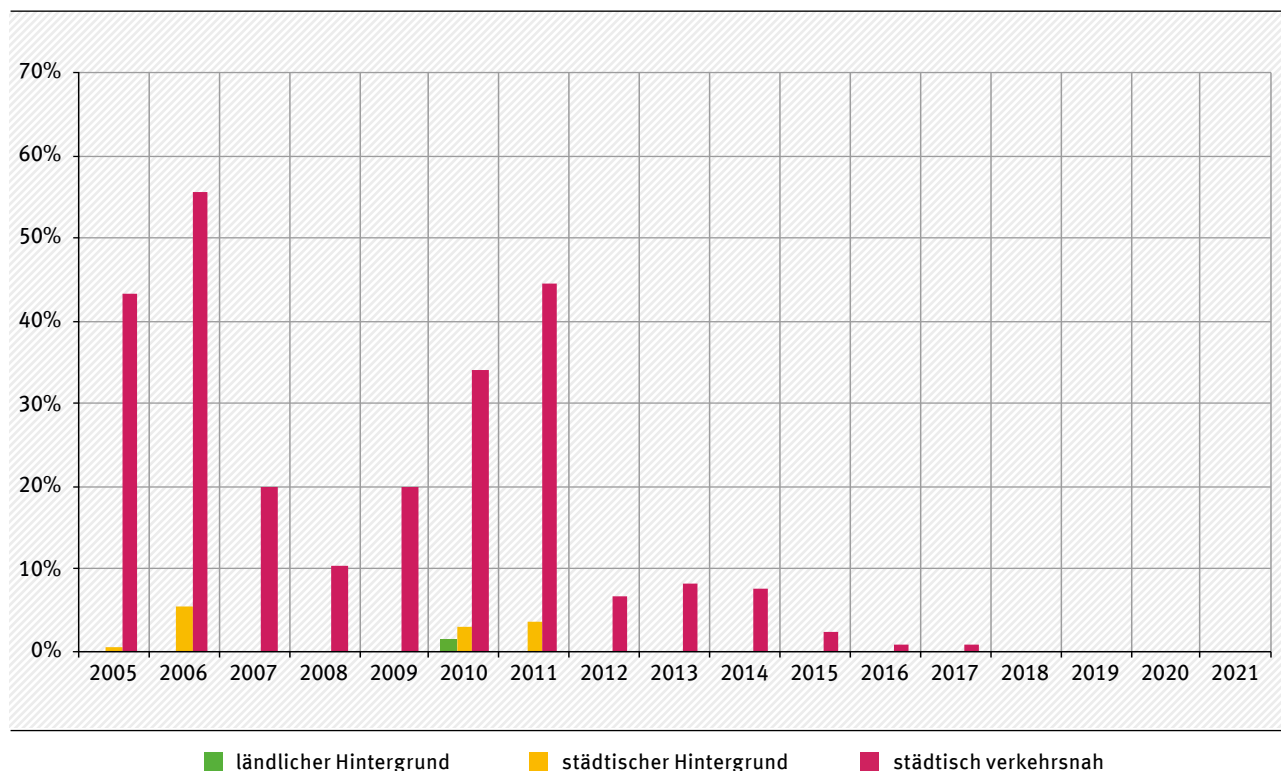
Für die kurzfristige Belastung soll das 99. Perzentil der PM₁₀-Tagesmittelwerte eines Jahres den Wert von 45 µg/m³ nicht überschreiten.

Der Richtwert der Weltgesundheitsorganisation (WHO²) wurde an 33 Prozent aller Stationen nicht eingehalten.

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

Abbildung 3

Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Grenzwertes für das PM₁₀-Tagesmittel im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2005–2021

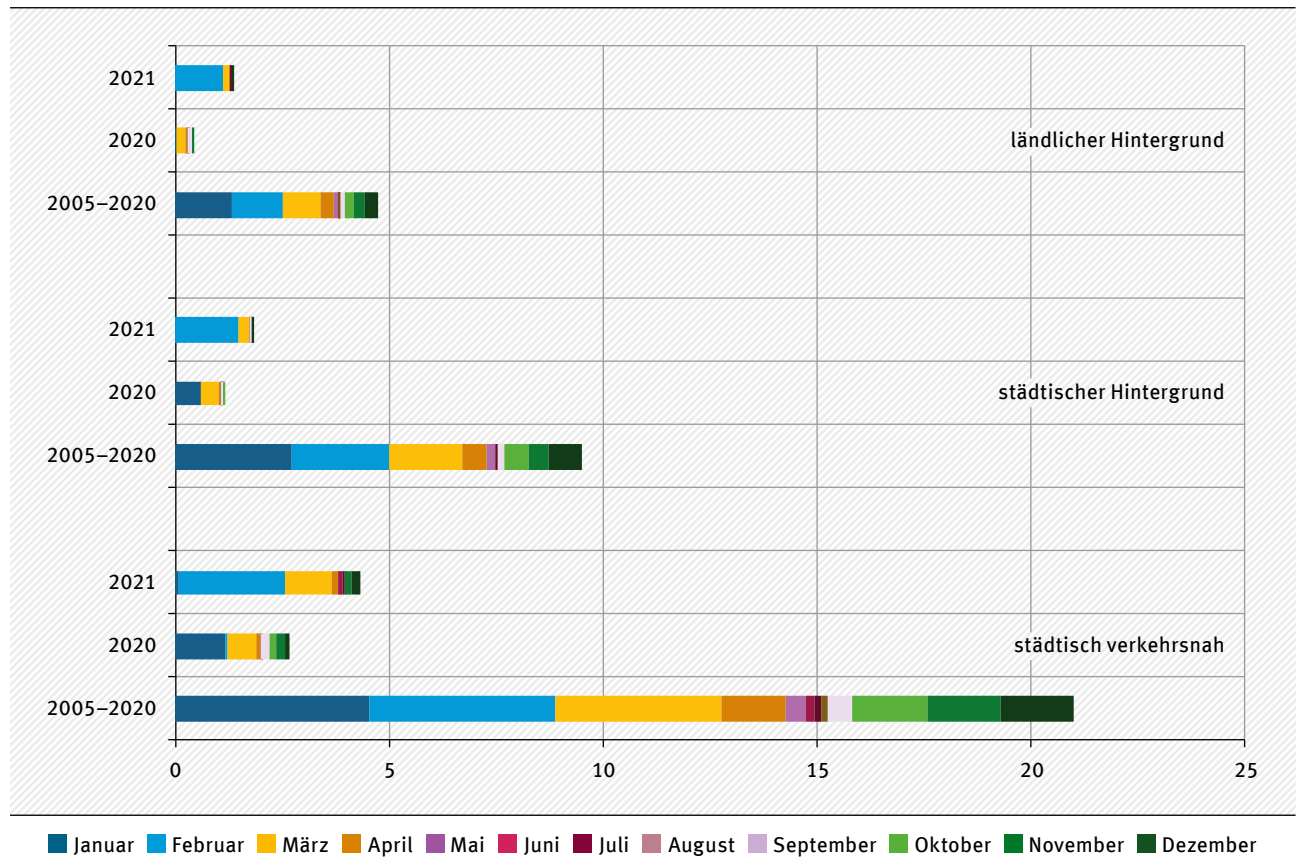


Quelle: Umweltbundesamt 2022

Abbildung 4

Mittlere Anzahl von PM₁₀-Überschreitungstagen

(Tagesmittelwerte > 50 µg/m³) pro Monat im jeweiligen Belastungsregime, dargestellt für die Jahre 2021, 2020 und den Zeitraum 2005–2020



Quelle: Umweltbundesamt 2022

Abbildung 4 zeigt auf, wie viele Überschreitungstage im Mittel pro Monat registriert wurden. Das Jahr 2021 wird hier dem Vorjahr 2020 und einem längeren Referenzzeitraum (2005–2020) gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass im gesamten letzten Jahr im Vergleich zum mehrjährigen Mittel wenig Überschreitungstage auftraten. Im Vergleich zum niedrig belasteten Vorjahr 2020 gab es allerdings deutlich mehr Überschreitungen, die vor allem im Februar auftraten. Dieser Monat war gekennzeichnet durch starke Schneefälle und klare Nächte mit extremem

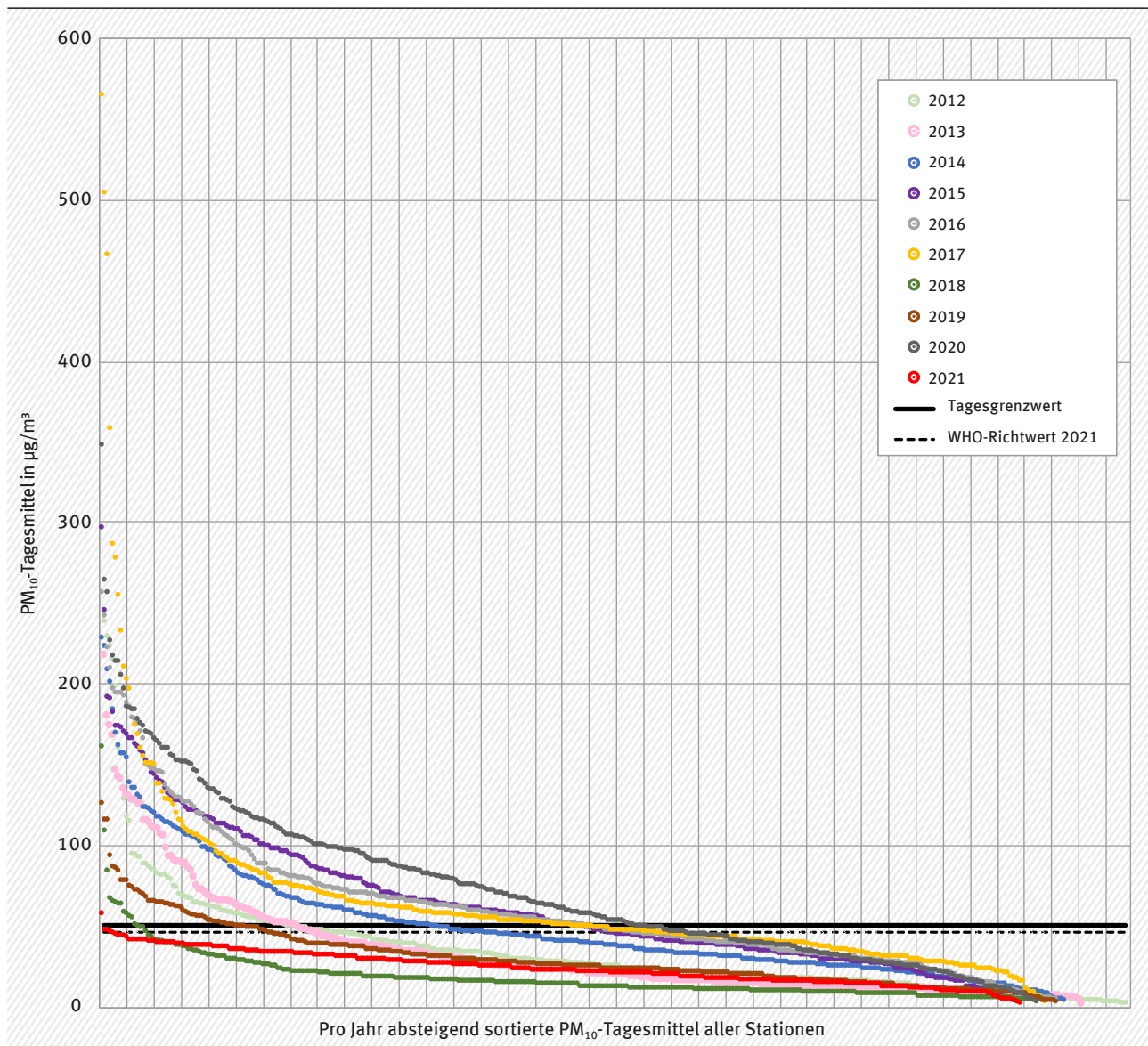
Frost³. Das restliche Jahr gestaltete sich als durchschnittliches Wetterjahr – allerdings mit extremem Dauer- und Starkregen im Juli⁴.

Eine Besonderheit bei den PM₁₀-Tagesmittelwerten stellt erfahrungsgemäß der Neujahrstag eines jeden Jahres dar. Einhergehend mit den durch das Silvesterfeuerwerk freigesetzten Emissionen ist die PM₁₀-Belastung in den ersten Stunden des Tages hoch. Diese hohen Stundenwerte beeinflussen auch den PM₁₀-Tagesmittelwert.

³ Deutschlandwetter im Februar 2021, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2021/20210226_deutschlandwetter_februar2021.html?nn=731256

⁴ Deutschlandwetter im Jahr 2021, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2021/20211230_deutschlandwetter_jahr2021.html?nn=731256

Abbildung 5

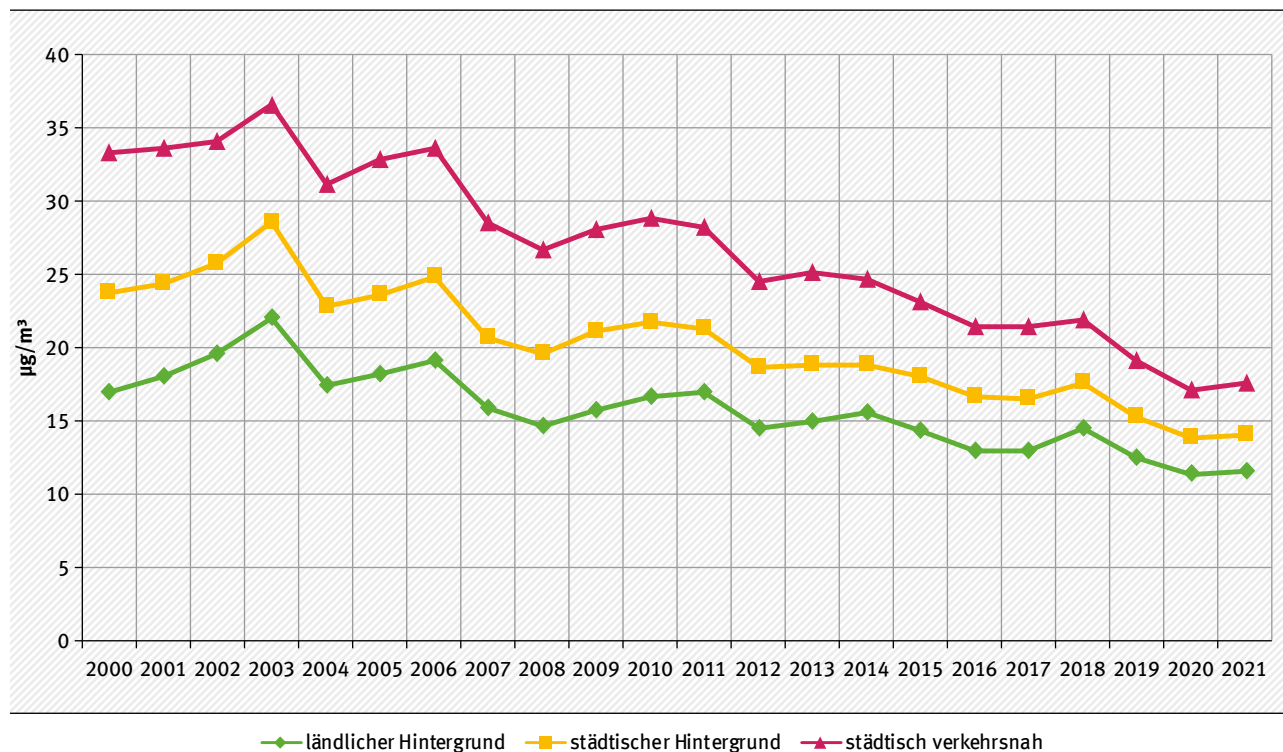
PM₁₀-Tagesmittelwerte aller Stationen an den Neujahrstagen 2012–2021

Quelle: Umweltbundesamt 2022

Die der Höhe nach absteigenden PM₁₀-Neujahrstagesmittelwerte aller Messstationen in Abbildung 5 machen deutlich, dass die Belastung abhängig von den Wetterbedingungen in den letzten 10 Jahren variierte und eine Vielzahl der Messstationen (20 bis 60 %) Werte oberhalb des Tagesgrenzwertes registrierte. Anders am Neujahrstag 2021: durch die außergewöhnlich niedrigen freigesetzten PM₁₀-Mengen aufgrund der Corona-Maßnahmen fehlen die üblichen Spitzenwerte komplett. Lediglich eine Station (0,3 %) registrierte einen Tagesmittelwert über 50 µg/m³.

Auch wenn im Jahr 2021 lange winterliche Episoden mit hohen Feinstaubwerten ausblieben, so ist es bei einer entsprechenden Wetterlage (niedrige Temperaturen und stabile Lage des Hochdruckgebiets) auch in Zukunft nicht auszuschließen, dass es zu Überschreitungen des PM₁₀-Tagesmittelgrenzwertes kommt (d. h. mehr als 35 Überschreitungstage).

Abbildung 6

Entwicklung der PM₁₀-Jahresmittelwerte**im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2000–2021**

Quelle: Umweltbundesamt 2022

2 PM₁₀-Jahresmittelwerte

Im Jahr 2021 lagen die PM₁₀-Jahresmittelwerte auf dem Niveau des Vorjahres. Damit waren die Jahre 2020 und 2021 die am wenigsten belasteten Jahre im hier betrachteten Zeitraum ab 2000 (Abbildung 6). Einhergehend mit großräumigen Minderungen der PM₁₀-Emissionen weisen die PM₁₀-Jahresmittelwerte in allen Belastungsregimen über den gesamten Beobachtungszeitraum eine deutliche Abnahme auf. Der Verlauf ist aber durch starke zwischen-jährliche Schwankungen geprägt, vor allem wegen der unterschiedlichen Witterungsverhältnisse. Der PM₁₀-Jahresmittelgrenzwert wurde deutschlandweit eingehalten. 40 Prozent der Messstationen wiesen Werte oberhalb des von der WHO vorgeschlagenen Luftgüteleitwertes auf, wobei nicht nur verkehrsnah Stationen, sondern auch Messungen im städtischen und vereinzelt sogar im ländlichen Hintergrund betroffen sind.

EU-Grenzwert

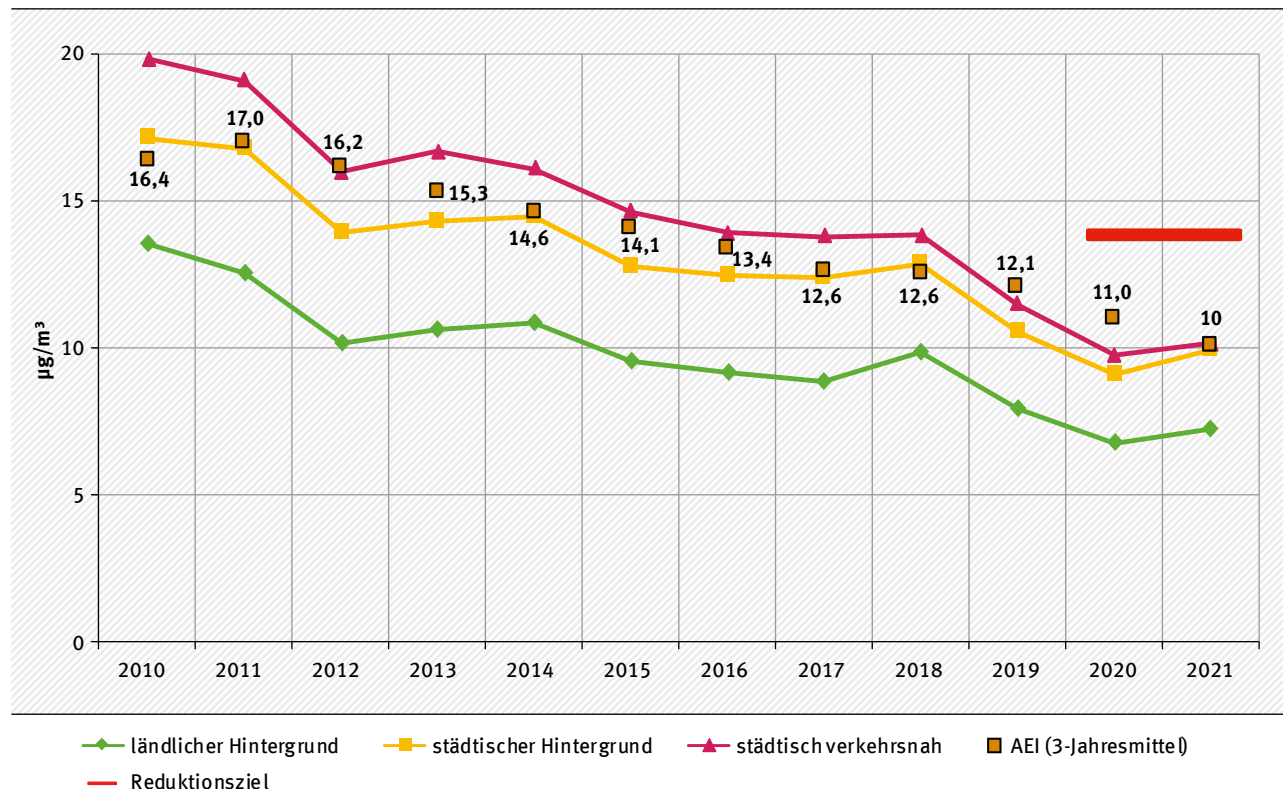
Der PM₁₀-Jahresmittelwert darf 40 µg/m³ nicht überschreiten.

WHO-Richtwert 2021

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

Abbildung 7

Entwicklung der PM_{2,5}-Jahresmittelwerte und des Average Exposure Indicators (AEI)
im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2010–2021



Quelle: Umweltbundesamt 2022

3 PM_{2,5}-Belastung

Für die kleinere Fraktion des Feinstaubs, 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 2021 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. Allerdings wird an fast allen der etwa 200 Stationen (99%) der strengere WHO-Richtwert überschritten.

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.

Auch der WHO-Richtwert für die kurzfristige Belastung wurde 2021 an allen Stationen überschritten. Zusätzlich zum Grenzwert definiert die EU-Luftqualitätsrichtlinie einen Indikator für die durchschnittliche Exposition der Bevölkerung gegenüber $PM_{2,5}$, 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 $13,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreiten. Deutschland hat dieses Ziel für das Jahr 2020 mit $11,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sicher eingehalten. Der AEI für das Jahr 2021 (Mittelwert der Jahre 2019, 2020 und 2021) liegt zum jetzigen Stand bei ca. $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwerten ausgewählter Messstationen im städtischen Hintergrund berechnet. So ergibt sich für jeden 3-Jahreszeitraum ein Wert, ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Eine von mehreren Messterrassen der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus, auf 2650 m über Meereshöhe etwas unterhalb des Zugspitzgipfels gelegen und damit höchstgelegene Umweltforschungsstation Deutschlands. Hier betreibt das Umweltbundesamt die GAW-Globalstation Zugspitze/Hohenpeißenberg.

III Stickstoffdioxid: Nur noch vereinzelt Überschreitungen des Grenzwertes

1 NO₂-Jahresmittelwerte

Im Jahr 2021 wurde der Grenzwert für das NO₂-Jahresmittel nur noch an 1–2 Prozent der verkehrsnahen Stationen überschritten – vor 10 Jahren lag dieser Wert noch bei rund 75 Prozent (siehe Abbildung 8, rote Balken). Im städtischen Hintergrund traten schon seit 2015 keine Überschreitungen mehr auf, vorher nur vereinzelt.

EU-Grenzwert

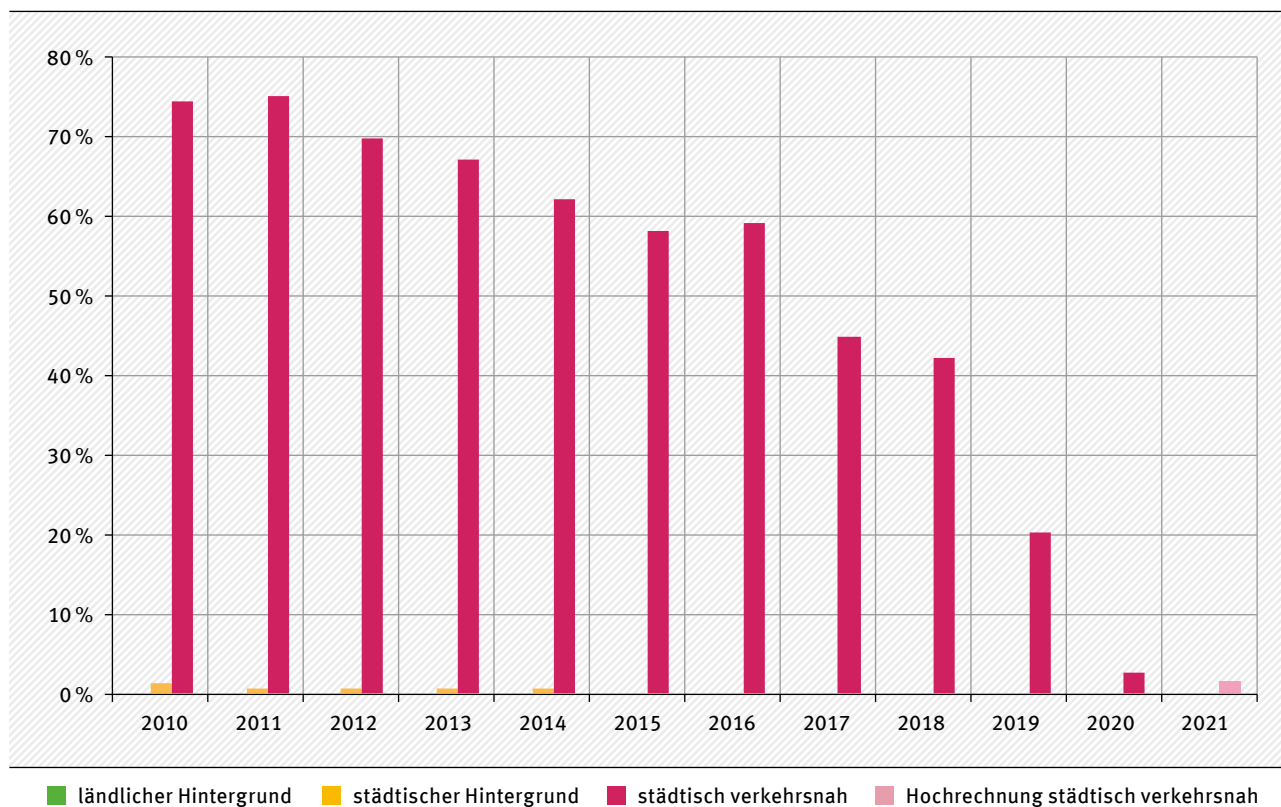
Der NO₂-Jahresmittelwert darf 40 µg/m³ nicht überschreiten.

WHO-Richtwert 2021

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

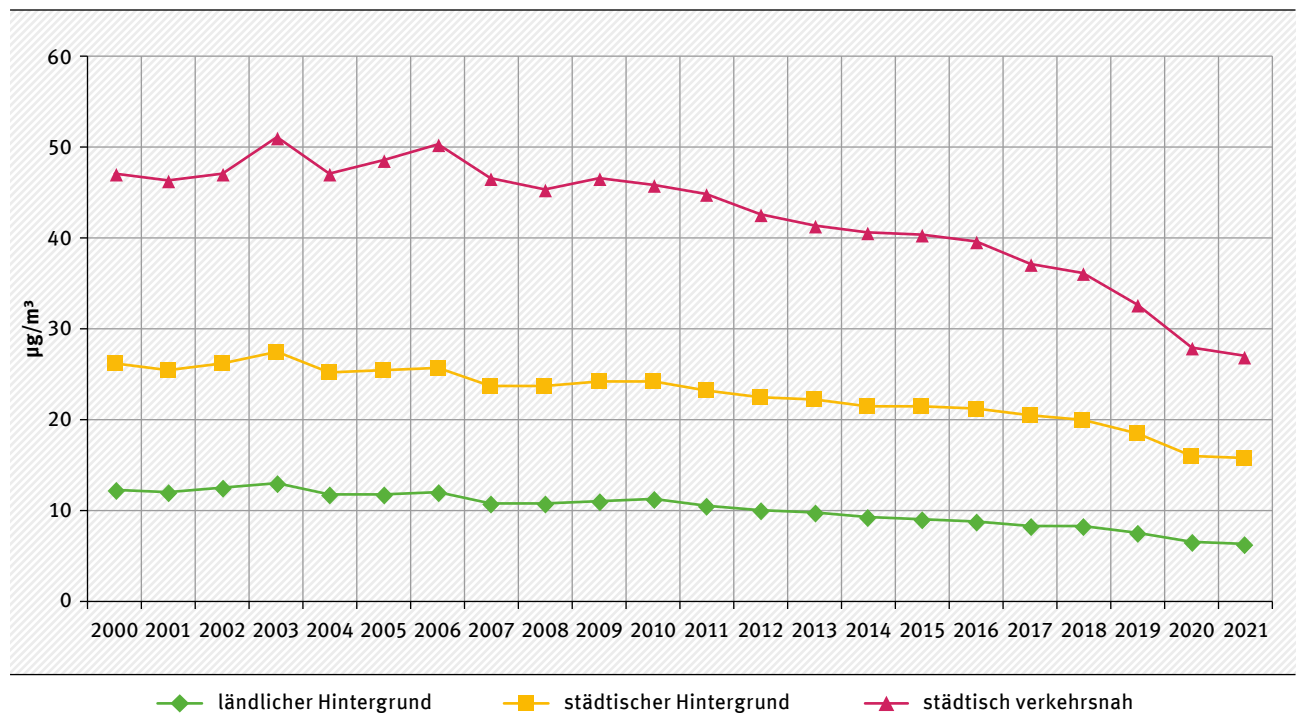
Abbildung 8

Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Grenzwertes für das NO₂-Jahresmittel im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2010–2021



Quelle: Umweltbundesamt 2022

Abbildung 9

Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte**im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2000–2021**

Quelle: Umweltbundesamt 2022

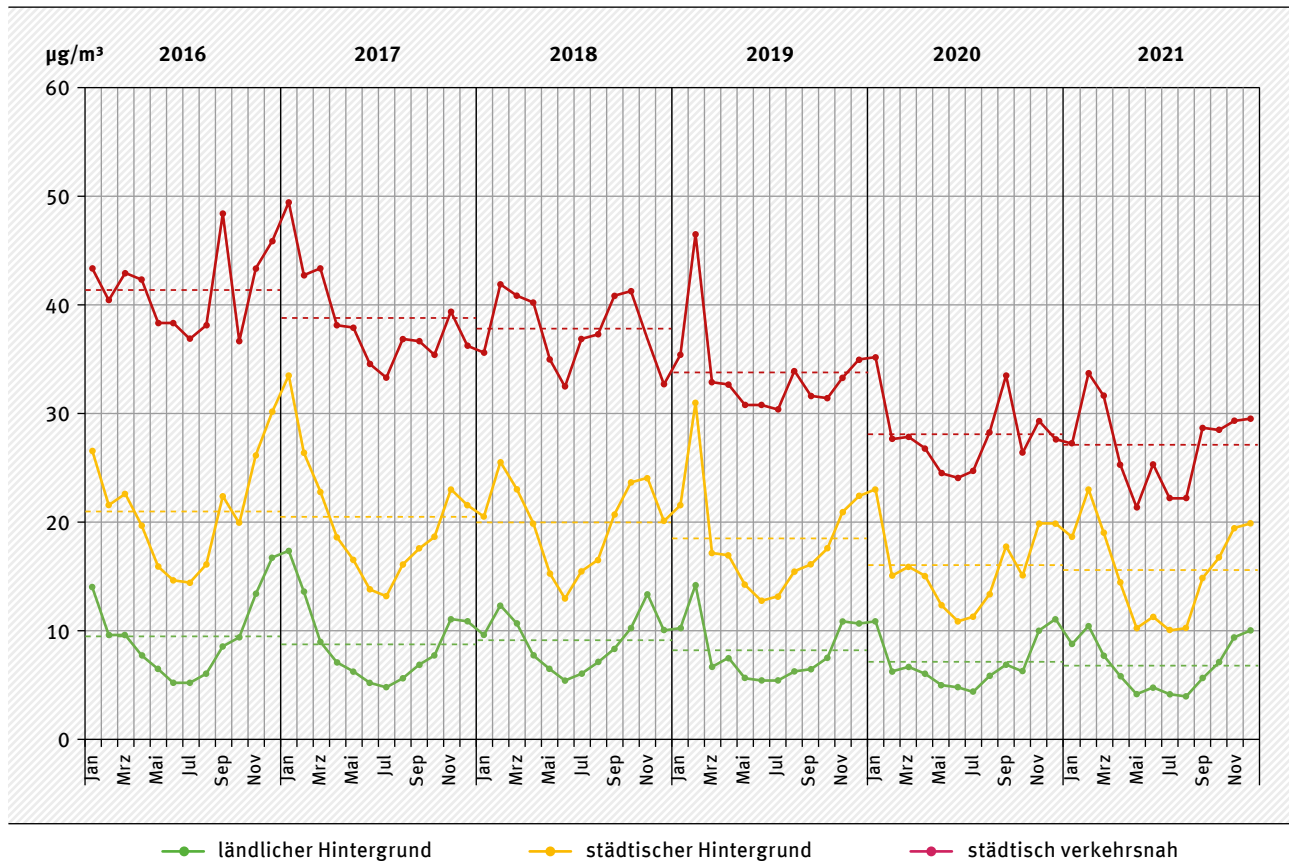
Den strengerem WHO-Richtwert für den NO₂-Jahresmittelwert hielten 78 % aller Stationen nicht ein. Die Stickstoffdioxidbelastung zeigt im letzten Jahrzehnt einen deutlichen Rückgang, der in den letzten Jahren besonders ausgeprägt ist (Abbildung 9). Um den Einfluss der Schließung alter, beziehungsweise Errichtung neuer Messstationen auf die Entwicklung der mittleren Werte zu mindern, werden für diese Abbildung nur ausgewählte Stationen verwendet, die über einen längeren Zeitraum aktiv waren. 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 Konzentrationen 2000–2021 im Jahresmittel auf einem Niveau um 10 µg/m³ (Abbildung 9, grüne Kurve). Im städtischen Hintergrund liegen die mittleren Werte weit unterhalb des Grenzwertes von 40 µg/m³, wobei hier ebenso wie im ländlichen Bereich ein leichter Rückgang über die letzten 20 Jahre zu erkennen ist (Abbildung 9, gelbe Kurve). Im Jahr 2021 lag die mittlere NO₂-Konzentration an verkehrsnahen Messstationen (rote Kurve) im Jahresmittel etwas unterhalb von 30 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 2016–2021

Mittelwert über das Gesamtjahr gestrichelt



Quelle: Umweltbundesamt 2022

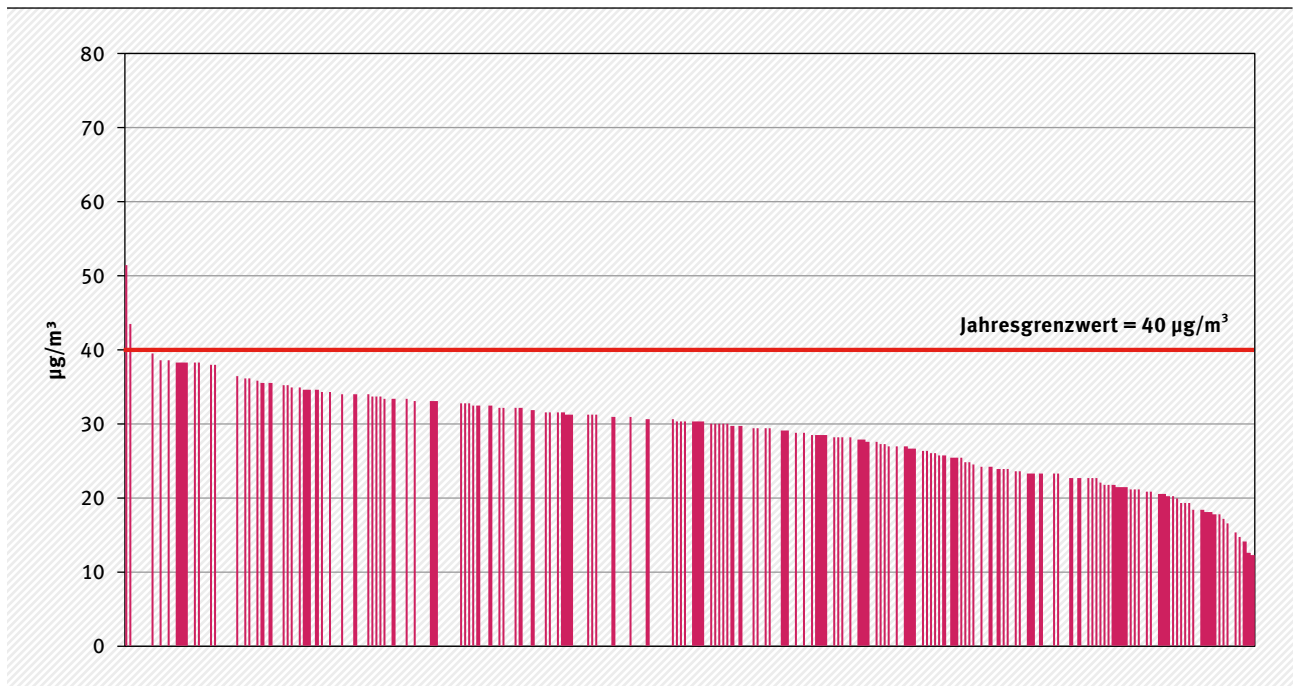
Abbildung 10 zeigt die mittleren Jahresgänge von NO₂ in den drei Belastungsregimes innerhalb der letzten sechs Jahre (nur Stationen mit ausreichender Datenverfügbarkeit in allen sechs Jahren enthalten). Deutlich wird der kontinuierliche Rückgang der Konzentrationen. Das heißt, bis auf wetterbedingte 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 2021 liegen nur leicht unter denen des Vorjahres.

In den Jahren 2010 bis 2018 wurden an einem Großteil der verkehrsnahen Stationen Werte oberhalb von 40 µg/m³ im Jahresmittel verzeichnet und damit der Grenzwert überschritten.

Das hat sich mittlerweile geändert: nach aktuellem Datenstand weisen 2 Stationen einen Jahresmittelwert oberhalb von 40 µg/m³ auf. Da momentan noch nicht alle Stationsdaten vorliegen, können noch vereinzelte Überschreitungen hinzukommen. Abbildung 11 zeigt anhand der Balken die Jahresmittelwerte 2021 aller verkehrsnahen Stationen der Höhe nach sortiert. Die Lücken ergeben sich aus den Stationen mit Passivsammlern, deren Daten erst im Laufe des Jahres 2022 vorliegen, hier aber der Vollständigkeit halber anhand der Daten des Vorjahres eingeordnet wurden.

Abbildung 11

NO₂-Jahresmittelwerte 2021 aller verkehrsnaher Messstationen



Balken: Reihung der Stationen absteigend nach Wert im Jahr 2021; Lücken: fehlende Passivsammler

Quelle: Umweltbundesamt 2022

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.

2 NO₂-Stundenmittelwerte

NO₂-Stundenmittelwerte über 200 µg/m³ sind seit 2010 höchstens 18-mal im Jahr zulässig. Im Jahr 2021 wurde dieser Grenzwert wie in den Vorjahren nicht überschritten. Zuletzt kam es 2016 zu vereinzelt Grenzwertüberschreitungen im verkehrsnahen Bereich.

An nur 5 von ca. 400 Stationen wurde der WHO-Richtwert für den Stundenmittelwert nicht eingehalten. Der neue WHO-Richtwert für den NO₂-Tagesmittelwert wurde an 80 Prozent der Messstationen nicht eingehalten.

IV Bodennahes Ozon: Vergleichsweise geringe Belastung, aber weiterhin Überschreitung der Zielwerte

1 O₃-Informations- und Alarmschwelle

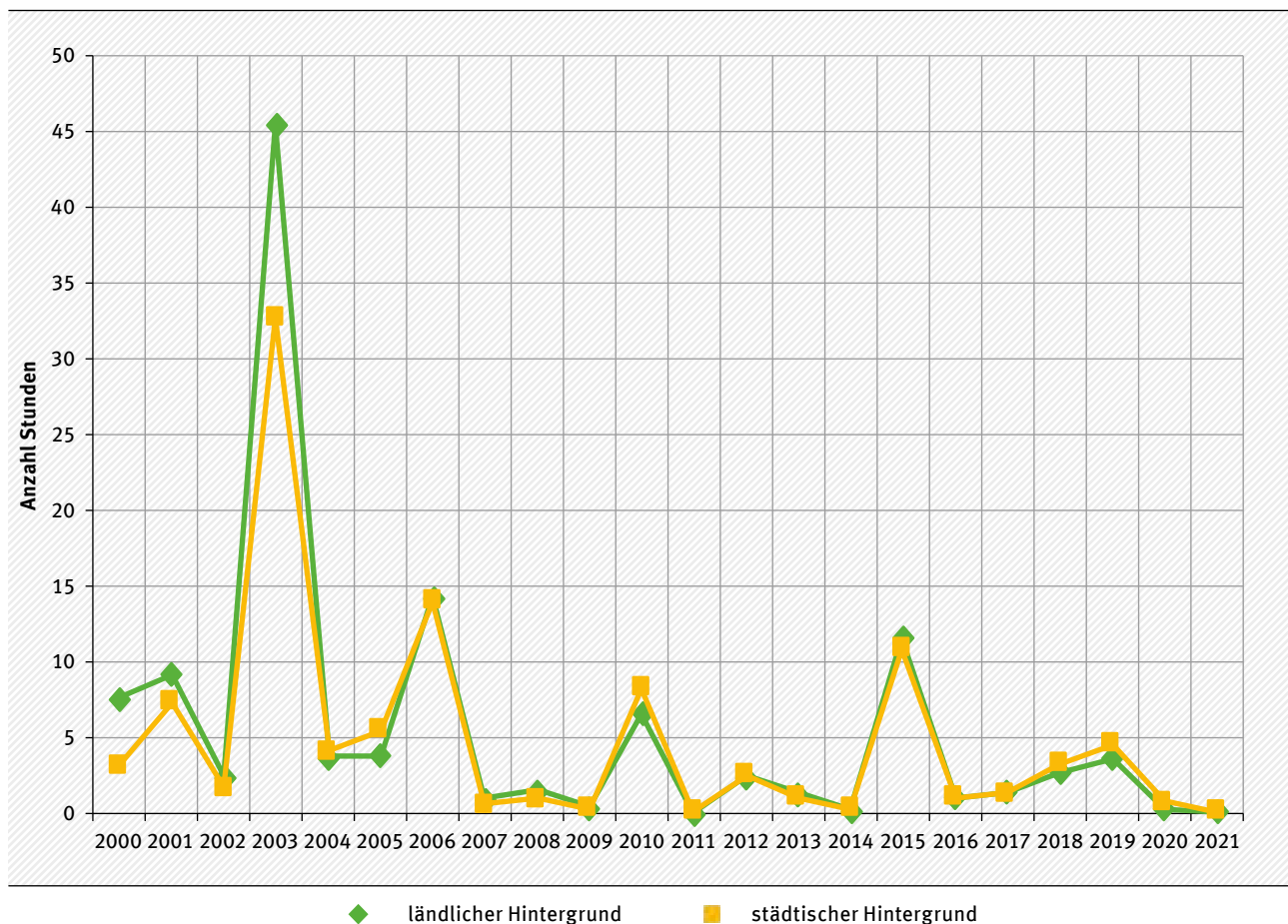
Ozon wird in Deutschland an ungefähr 260 Stationen gemessen. Der höchste 1-Stunden-Mittelwert im Jahr 2021 betrug 226 µg/m³, liegt also auf ähnlichem Niveau wie im Vorjahr (235 µg/m³). Im Jahr 2021 wurde der Alarmschwellenwert von 240 µg/m³ nicht überschritten. Zu Überschreitungen der Informationsschwelle von 180 µg/m³ kam es an nur 6 Tagen (Vorjahr: 13 Tage). Bezogen auf die mittlere Anzahl von Überschreitungsstunden pro Station ist das Jahr 2021 im Vergleich zu den letzten 20 Jahren ein wenig von Schwellenwertüberschreitungen betroffenes Jahr, siehe Abbildung 12. Daraus wird auch deutlich, dass die Überschreitungen der Informationsschwelle von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich oft auftreten. So

ragt beispielsweise der „Jahrhundertssommer“ 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

Abbildung 12

Überschreitungsstunden der Informationsschwelle (180 µg/m³) Mittelwert über ausgewählte Stationen, Zeitraum 2000–2021



Quelle: Umweltbundesamt 2022

das so gebildete Ozon in den unteren Schichten der Atmosphäre anreichern und dort zu erhöhten Werten führen. Der Sommer 2021 war der regenreichste Sommer seit 10 Jahren⁵, nichtsdestotrotz war der Juni der drittwärmste seit Beginn der Aufzeichnungen⁶ und der September zeigte sich sonnig, sehr trocken und phasenweise spätsommerlich warm⁷.

2 O₃-Zielwert und Langfristziel zum Schutz der menschlichen Gesundheit

An nahezu allen Stationen (= 98 %) wurde der Wert von 120 µg/m³ als 8-Stunden-Mittelwert überschritten, d. h. das langfristige Ziel wurde, genau wie in den Vorjahren, nicht eingehalten.

An durchschnittlich 7 Tagen pro Station überschritt im Jahr 2021 der höchste 8-Stunden-Mittelwert eines Tages den Wert von 120 µg/m³, das ist weniger als im Vorjahr (17).

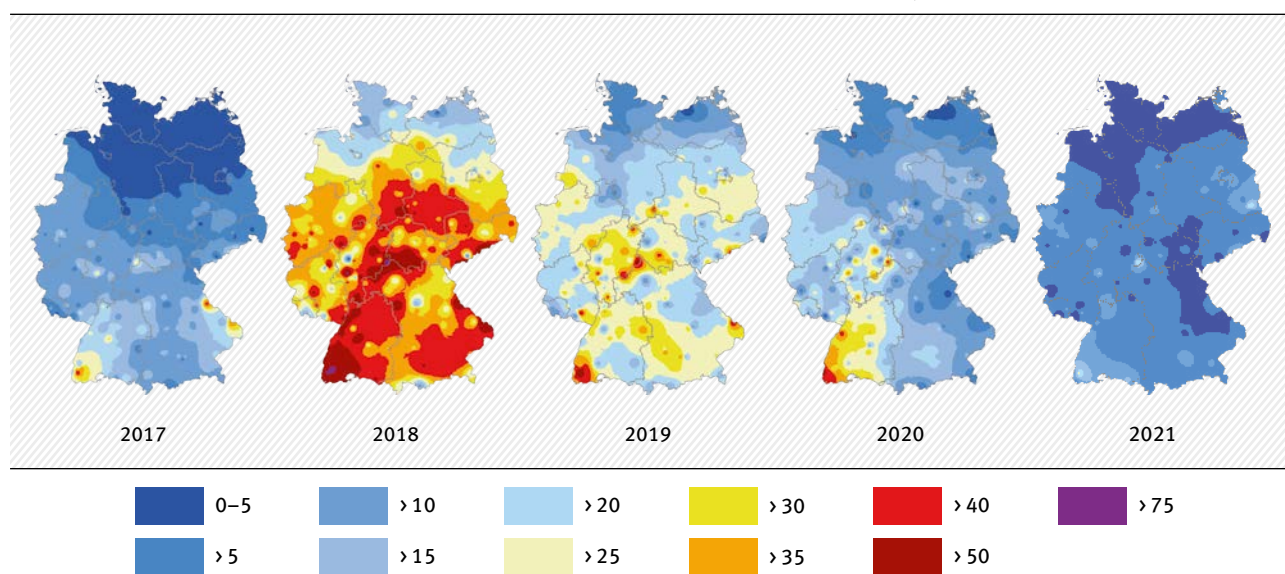
Abbildung 13 zeigt die räumliche Verteilung der Überschreitungstage im Jahr 2021 im Vergleich zu den letzten vier Jahren auf. Dabei werden die Schwankungen zwischen den Jahren deutlich: 2021 ist ähnlich wie 2017 deutlich weniger von Überschreitungen des Langfristziels betroffen als z. B. das Jahr 2018. In Norddeutschland treten hohe Ozonkonzentrationen generell etwas weniger auf.

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 2019 bis 2021 überschritten 23 Stationen (9 Prozent) diesen Wert an mehr als 25 Tagen, das ist deutlich weniger als im Vorjahreszeitraum (48 Prozent). 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 sehr viel niedriger. Deswegen wird an verkehrsnahen Stationen Ozon selten gemessen.

- 5 Deutschlandwetter im Sommer 2021, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2021/20210929_deutschlandwetter_september2021.html?nn=731256
- 6 Deutschlandwetter im Jahr 2021, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2021/20211230_deutschlandwetter_jahr2021.html?nn=731256
- 7 Deutschlandwetter im September 2021, https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2021/20210929_deutschlandwetter_september2021.html?nn=731256

Abbildung 13

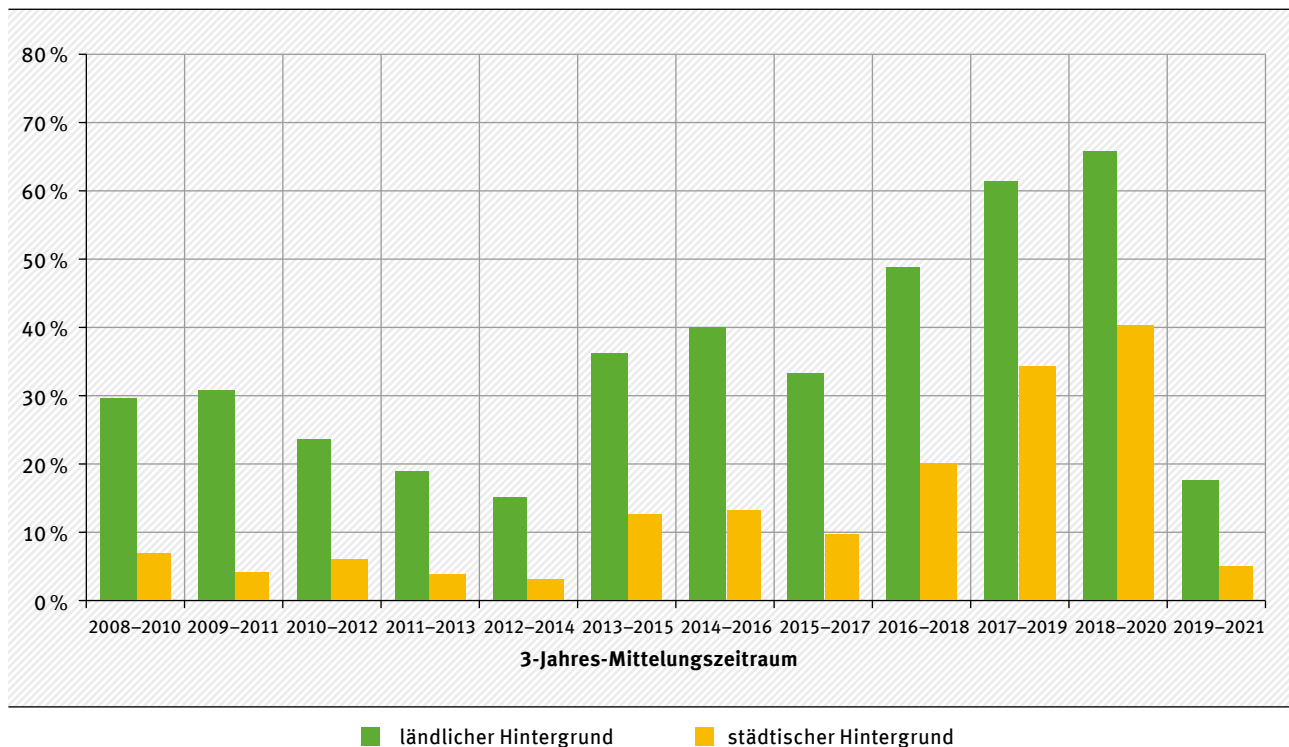
Räumliche Verteilung der Überschreitungstage des Langfristziels zum Schutz der Gesundheit (Zahl der Tage mit maximalen 8-Stundenmittelwerten > 120 µg/m³)
Zeitraum 2017 bis 2021, erstellt aus Stationsmesswerten und geostatistischem Interpolationsverfahren



Quelle: Umweltbundesamt 2022

Abbildung 14

Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Zielwertes für den Schutz der Gesundheit, Zeitraum 2010 bis 2021 (jeweils gleitendes Mittel über 3 Jahre basierend auf den Kalenderjahren)



Quelle: Umweltbundesamt 2022

Der Richtwert der WHO in Bezug auf die längerfristige Belastung (Peak Season) wurde im Jahr 2021 an allen Stationen verfehlt. Ähnlich sieht es mit dem WHO-Richtwert in Bezug auf die kurzfristige Belastung (99. Perzentil der täglich höchsten 8-Stundenmittelwerte eines Jahres) aus: dieser wurde im Jahr 2021 an nahezu allen Stationen verfehlt.

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 2017 bis 2021 an 21 von 160 Stationen (= 13 %, Vorjahr: 19 %) überschritten.

Im Jahr 2021 wurde das langfristige Ziel für den Schutz der Vegetation (6.000 µg/m³ h) an 10 Stationen eingehalten, das entspricht 6 % aller Stationen (Vorjahr: 23 Stationen, 15 %). Im Mittel liegt der AOT40-Wert an den ländlichen Hintergrundstationen dieses Jahr auf einem sehr niedrigen Niveau im Vergleich zu den anderen Jahren ab 2000, und deutlich unter den hohen Werten in den Jahren 2018 und 2019.

Inzwischen existieren neue Methoden der Wirkungsbewertung für Ozon, die in der NEC-Richtlinie (RICHTLINIE 2016/2284 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe) für das Wirkungsmonitoring nach Anhang V empfohlen werden. Dabei werden nicht nur die Ozonkonzentration, sondern auch meteorologische Gegebenheiten, das Öffnungsverhalten der Spaltöffnungen der Pflanzen und damit der Ozonfluss in die Pflanze berücksichtigt. 2019 berichtete Deutschland erstmalig Ergebnisse zum Wirkungsmonitoring an die Europäische Umweltagentur: Im Jahr 2017 wurden an allen 21 Messstationen, an

denen ausreichend Messdaten für eine Anwendung des neuen ozonflussbasierten Bewertungsmodells vorlagen, die Wirkungsschwellenwerte (Critical Levels) überschritten. Das bedeutet, dass die jeweils in der Umgebung vorhandenen Vegetationstypen (Wald, Acker oder Grasland) einem Risiko durch Ozon ausgesetzt waren. Es wurden ausreichende

Bodenfeuchte im Beurteilungszeitraum und damit stets geöffnete Spaltöffnungen der Pflanzen (worst case) unterstellt, was für das relativ feuchte Jahr 2017 eine realistische Annahme ist.

Informationsschwelle

Bei Ozonwerten über $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (höchster täglicher 8-Stundenmittelwert) sollen an höchstens 25 Tagen im Kalenderjahr auftreten, gemittelt über 3 Jahre. Langfristig sollen die 8-Stundenmittelwerte $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) und dem Wert $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ – das sind 9.000 ppb h beziehungsweise 9 ppm h – nicht überschreiten. Langfristig soll der Wert in einem Jahr höchstens $6.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ – das sind 3.000 ppb h beziehungsweise 3 ppm h – erreichen.

V Die neuen Richtwerte der Weltgesundheitsorganisation – Hintergrund und Situation in Deutschland 2020

Hintergrund

Die in europäischen Richtlinien zur Luftqualität festgelegten Grenz- und Zielwerte orientieren sich an den Richtwerten der WHO zum Schutz der menschlichen Gesundheit.

Was sind Richtwerte?

Eine zentrale Aufgabe der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ist die Ableitung und Veröffentlichung von Richtwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit: Richtwerte sind numerische Werte, die als Konzentration eines Schadstoffs in einem bestimmten Medium (z. B. Luft, Wasser) mit einer Mittelungszeit (= Zeitraum für den der Richtwert gültig ist) ausgedrückt werden. Es wird davon ausgegangen, dass unterhalb dieser Konzentration keine oder nur minimale gesundheitsschädliche Wirkungen auftreten. Richtwerte sind nicht rechtsverbindlich. Vielmehr stellen diese Empfehlungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit dar.

Seit ihrer Erstausgabe (Air Quality Guidelines for Europe 1987⁸) sind die WHO-Luftgüteleitlinien elementarer Teil im Prozess zur Verbesserung der Luftqualität in Europa. Insgesamt hat die WHO in mehreren Ausgaben 35 Luftschadstoffe bewertet und zuletzt 2005 die Richtwerte für Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Ozon, Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid überarbeitet⁹. Die aktuelle Neuauflage (Global AQG 2021¹⁰) beurteilt die vorgenannten Schadstoffe sowie Kohlenmonoxid jetzt neu. Für alle anderen Schadstoffe gelten die bisherigen Beurteilungen, Empfehlungen und Richtwerte weiter. In allen Auflagen ihrer Luftgüteleitlinien weist die WHO darauf hin, dass diese auf den maximalen Gesundheitsschutz für alle Bevölkerungsgruppen ausgerichtet sind. Zudem betont die WHO, dass die Luftgüteleitlinien von Beginn an sowohl auf den Bereich Außenluft als auch auf die Innenraumluft ausgerichtet sind.

Die im September 2021 veröffentlichten neuen WHO-Luftgüteleitlinien basieren auf einer systematischen Bestandsaufnahme der vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse über die gesundheitlichen Auswirkungen von Luftverunreinigungen. Hierfür hat die WHO umweltepidemiologische Studien (= große Bevölkerungsstudien in denen der Effekt von Risiken aus der Umwelt auf Personengruppen untersucht wird), Metaanalysen (= Zusammenfassung von Ergebnissen mehrerer Studien zur selben Fragestellung) und Reviews (= Übersicht über Einzelstudien) verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Luftschadstoffe auch unterhalb der bisher empfohlenen Richtwerte nachteilig auf die Gesundheit auswirken. Demzufolge empfiehlt die WHO nunmehr teilweise deutlich strengere Richtwerte. Aufgrund des hohen Ambitionsniveaus der neuen Richtwerte hat die WHO zum Teil mehrere Zwischenziele (Interim Targets) festgelegt. Neben der Neufestlegung von Richtwerten ordnet die WHO die Wirkung von Ultrafeinstaub, Partikel aus Sand- und Staubstürmen und Ruß ein und gibt qualitative Empfehlungen zum Schutz der Gesundheit.

Die neuen WHO-Richtwerte bilden eine wesentliche Grundlage für die bevorstehende Überarbeitung der europäischen Richtlinie zur Luftqualität (2008/50/EG) und der in ihr enthaltenen EU-weit gültigen Grenz- und Zielwerte. Im Unterschied zu den WHO-Richtwerten sind diese Grenz- und Zielwerte gesetzlich festgelegt und im Fall von Grenzwerten ab einem bestimmten Zeitpunkt verbindlich einzuhalten. In die Festlegung von Grenzwerten fließen neben dem wissenschaftlichen Erkenntnisstand Überlegungen zur grundsätzlichen Erreichbarkeit, aber auch Betrachtungen zu Kosten und Nutzen von Minderungsmaßen ein. In den nachfolgenden Kapiteln wird die Luftbelastung im Jahr 2020 nach den aktuell gültigen Grenz- und Zielwerten, den „alten“ und den „neuen“ WHO-Richtwerten beurteilt, um die Situation in Deutschland aufzuzeigen.

8 <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107364>

9 <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-PHE-OEH-06.02>

10 <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>

Laut Europäischer Umweltagentur gilt die Luftverschmutzung in den 27 EU-Mitgliedstaaten weiterhin als erhebliche gesundheitliche Belastung, die zu zahlreichen vorzeitigen Todesfällen und Krankheiten führt. Feinstaub stellt dabei die größte Bedrohung dar: So wurden im Jahr 2019 307.000 vorzeitige Todesfälle auf eine chronische Feinstaubexposition zurückgeführt (Quelle: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/health-impacts-of-air-pollution>). Um Verbesserungen der Luftqualität zu erreichen, bedarf es ambitionierter Maßnahmen und Programme zur Verringerung der Luftschadstoffemissionen.

Übersicht der gültigen WHO-Richtwerte 2021

Tabelle 1 führt alle ab 2021 gültigen WHO-Richtwerte auf, ggf. mit Interim Targets (Zwischenzielen). Die neuen WHO-Luftgüteleitlinien enthalten Richtwerte für die Schadstoffe Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Ozon, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid. Für weitere in EU-Luftqualitätsrichtlinien geregelte Luftschadstoffe, die nicht neu bewertet wurden und für einzelne Mittelungszeiträume gelten weiterhin die Richtwerte aus bisher gültigen WHO-Richtlinien (in der Tabelle in kursiv).

Tabelle 1

Seit 2021 gültige WHO-Richtwerte und Interim Targets

(kursiv: weiterhin gültige WHO-Richtwerte aus Vorgänger-Richtlinien)

Schadstoff, Einheit	Mittelungszeitraum	Interim Target				WHO-Richtwert
		1	2	3	4	
PM _{2,5} , µg/m ³	Jahresmittel	35	25	15	10	5
	Tagesmittel ^a	75	50	37,5	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	Jahresmittel	70	50	30	20	15
	Tagesmittel ^a	150	100	75	50	45
Ozon, µg/m ³	Peak Season ^b	100	70	-	-	60
	höchstes tägl. 8-Stundenmittel	160	120	-	-	100
NO ₂ , µg/m ³	Jahresmittel	40	30	20	-	10
	Tagesmittel ^a	120	50	-	-	25
	<i>Stundenmittel</i>	-	-	-	-	200
SO ₂ , µg/m ³	Tagesmittel ^a	125	50	-	-	40
CO, mg/m ³	Tagesmittel ^a	7	-	-	-	4
	<i>höchstes tägl. 8-Stundenmittel</i>	-	-	-	-	10
	<i>Stundenmittel</i>	-	-	-	-	30
Pb im PM ₁₀ , µg/m ³	<i>Jahresmittel</i>	-	-	-	-	0,5
Cd im PM ₁₀ , ng/m ³	<i>Jahresmittel</i>	-	-	-	-	5

^a 99. Perzentil des Tagesmittels

^b Mittelwert der tägl. maximalen 8-Stundenmittelwerte von Ozon innerhalb der sechs aufeinanderfolgenden Monate mit den höchsten Ozonkonzentrationen (hier: April-September)

Für krebserregende Stoffe gibt die WHO keine Richtwerte an, da kein gesundheitlich sicheres Level einer Exposition empfohlen werden kann. Zum Zwecke einer Orientierung gibt die WHO2000 das zusätzliche Lebenszeitrisiko an Krebs zu erkranken für aus

arbeitsmedizinischen Studien abgeleitete Konzentrationswerte an. In Tabelle 2 ist jeweils die Konzentration entsprechend des Risikos von 1:100.000 angegeben (das heißt ein zusätzlicher Krebsfall bezogen auf 100.000 exponierte Einwohner).

Tabelle 2

Aktuell gültige Konzentrationswerte der WHO2000 für zusätzliches Lebenszeitrisiko an Krebs zu erkranken von 1:100 000

Schadstoff, Einheit	Mittelungszeitraum	Konzentrationswert
Benzol, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahresmittel	1,7
B(a)P im PM_{10} , ng/m^3	Jahresmittel	0,12
As im PM_{10} , ng/m^3	Jahresmittel	6,6
Ni im PM_{10} , ng/m^3	Jahresmittel	25

Überschreitungssituation auf Grundlage der WHO-Richtwerte 2021

Tabelle 3 listet den Anteil aller Messstationen mit Überschreitung der seit 2021 gültigen WHO-Richtwerte/Interim Targets auf. Bezugsjahr der Messdaten ist 2020. Dies ist das aktuellste Jahr, für das dem Umweltbundesamt zum jetzigen Zeitpunkt vollständige Daten zu allen Schadstoffen aus allen Messnetze vorliegen. Im Vergleich zu den Vorjahren und in Bezug auf die geltenden Grenz- und Zielwerte war 2020 im Mittel ein sehr niedrig mit Feinstaub und Stickstoffdioxid belastetes Jahr, bezüglich Ozon war

die Belastung mittelmäßig¹¹. Beim Vergleich mit den neuen WHO-Richtwerten wird jedoch deutlich, dass die Konzentrationen der Schadstoffe $\text{PM}_{2,5}$ und Ozon fast ausnahmslos an allen Stationen zu hoch waren. Auch bezüglich des NO_2 -Richtwertes für das Jahres- und Tagesmittel registriert ein Großteil aller Stationen zu hohe Werte (83 % bzw. 76 % Überschreitungsanteil). Zudem kam es an einem guten Drittel (36 %) aller Stationen zu Überschreitungen des Richtwertes für das PM_{10} -Jahresmittel. Weiterhin problematisch ist die Belastung durch B(a)P im PM_{10} .

¹¹ <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2020>

Tabelle 3

Anteil der Messstationen mit Überschreitung der seit 2021 gültigen WHO-Richtwerte**(Bezugsjahr der Daten: 2020, kursiv: weiterhin gültige WHO-Richtwerte aus Vorgänger-Richtlinien)**

Schadstoff, Einheit	Mittelungszeitraum	Interim Target				WHO-Richtwert
		1	2	3	4	AQG Level
PM _{2,5} , µg/m ³	Jahresmittel	0 %	0 %	0 %	14 %	99 %
	Tagesmittel ^a	0 %	0 %	2 %	78 %	99,5 %
PM ₁₀ , µg/m ³	Jahresmittel	0 %	0 %	0 %	5 %	36 %
	Tagesmittel ^a	0 %	0 %	0 %	7 %	16 %
Ozon, µg/m ³	Peak Season ^b	3 %	100 %	-	-	100 %
	höchstes tägl. 8-Stundenmittel	0,4 %	95 %	-	-	99,6 %
NO ₂ , µg/m ³	Jahresmittel	1 %	22 %	51 %	-	83 %
	Tagesmittel ^a	0 %	21 %	-	-	76 %
	Stundenmittel	-	-	-	-	0,3 %
SO ₂ , µg/m ³	Tagesmittel ^a	0 %	2 %	-	-	2 %
CO, mg/m ³	Tagesmittel ^a	0 %	-	-	-	0 %
	höchstes tägl. 8-Stundenmittel	-	-	-	-	0 %
	Stundenmittel	-	-	-	-	0 %
Pb im PM ₁₀ , µg/m ³	Jahresmittel	-	-	-	-	0 %
Cd im PM ₁₀ , ng/m ³	Jahresmittel	-	-	-	-	0 %
						Konzentrationswert für Erhöhung des Krebs-Lebenszeitriskos um 1:100.000
Benzol, µg/m ³	Jahresmittel	-	-	-	-	5 %
B(a)P im PM ₁₀ , ng/m ³	Jahresmittel	-	-	-	-	80 %
As im PM ₁₀ , ng/m ³	Jahresmittel	-	-	-	-	0 %
Ni im PM ₁₀ , ng/m ³	Jahresmittel	-	-	-	-	0 %

Vergleich mit der Überschreitungssituation auf Basis bisheriger Richt-/Grenz-/Zielwerte

In Tabelle 4 findet sich der Vergleich der Überschreitungssituation aller EU-weit geregelten Luftschadstoffe auf Grundlage der neuen WHO-Richtwerte mit der Überschreitungssituation bisher gültiger WHO-Richtwerte und geltender Ziel- und Grenzwerte. Dabei werden die Überschreitungsanteile auch getrennt nach

den vier Belastungsregimen ländlicher Hintergrund, städtischer Hintergrund, verkehrsnah (siehe Kapitel I dieser Broschüre) und industrienah aufgelistet. Hieraus kann abgeleitet werden, ob die Überschreitung ein lokales Problem (z. B. an einer viel befahrenen Straße, nahe einer Industrieanlage oder eines Kraftwerkes) oder ein flächenhaftes Problem (in städtischen Wohngebieten oder ländlichen Gebieten) darstellt.

Tabelle 4

Vergleich des Anteils der Stationen mit Überschreitung der Richtwerte der WHO aus dem Jahr 2021 mit bisherigen WHO-Richtwerten bzw. geltenden EU-Ziel- und Grenzwerten, Bezugsjahr: 2020

Grundlage der Überschreitung	Alle Stationen	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund	Verkehrsnah	Industrienah
PM_{2,5}-Jahresmittel					
2008/50/EG (25 µg/m³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2005 (10 µg/m³)	14 %	0 %	8 %	26 %	20 %
WHO2021 (5 µg/m³)	99 %	94 %	100 %	100 %	100 %
PM_{2,5}-Tagesmittel					
EU: kein Grenzwert	-	-	-	-	-
WHO2005 (25 µg/m³, 3 mal)	84 %	47 %	84 %	97 %	100 %
WHO2021 (15 µg/m³, 99. Perz.)	99,5 %	97 %	100 %	100 %	100 %
PM₁₀-Jahresmittel					
2008/50/EG (40 µg/m³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2005 (20 µg/m³)	5 %	0 %	0 %	13 %	16 %
WHO2021 (15 µg/m³)	36 %	3 %	17 %	73 %	63 %
PM₁₀-Tagesmittel					
2008/50/EG (50 µg/m³, 35 mal)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2005 (50 µg/m³, 3 mal)	11 %	0 %	3 %	22 %	28 %
WHO2021 (45 µg/m³, 99. Perzentil)	16 %	3 %	5 %	32 %	34 %
O₃-Peak Season					
EU: kein Zielwert	-	-	-	-	-
WHO2005: kein Richtwert	-	-	-	-	-
WHO2021 (60 µg/m³)	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
O₃-8h-Mittel					
2008/50/EG (120 µg/m³)	99,6 %	100 %	100 %	83 %	100 %
WHO2005 (100 µg/m³)	99,6 %	100 %	100 %	83 %	100 %
WHO2021 (100 µg/m³, 99. Perz.)	99,6 %	100 %	100 %	83 %	100 %
NO₂-Jahresmittel					
2008/50/EG (40 µg/m³)	1 %	0 %	0 %	3 %	0 %
WHO2005 (40 µg/m³)	1 %	0 %	0 %	3 %	0 %
WHO2021 (10 µg/m³)	83 %	9 %	88 %	100 %	88 %
NO₂-Tagesmittel					
EU: kein Grenzwert	-	-	-	-	-
WHO2005: kein Richtwert	-	-	-	-	-
WHO2021 (25 µg/m³, 99. Perz)	76 %	19 %	84 %	99 %	79 %

Grundlage der Überschreitung	Alle Stationen	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund	Verkehrsnah	Industrienah
NO₂-Stundenmittel					
2008/50/EG (200 µg/m ³ , 18 mal)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2005 (200 µg/m ³)	0,3 %	0 %	0 %	1 %	0 %
WHO2021 (200 µg/m ³)	0,3 %	0 %	0 %	1 %	0 %
SO₂-Tagesmittel					
2008/50/EG (125 µg/m ³ , 3 mal)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2005 (20 µg/m ³)	9 %	7 %	2 %	0 %	43 %
WHO2021 (40 µg/m ³ , 99. Perz.)	2 %	0 %	0 %	0 %	14 %
CO-Tagesmittel					
EU: kein Grenzwert	-	-	-	-	-
WHO: kein Richtwert	-	-	-	-	-
WHO2021 (4 mg/m ³ , 99. Perz.)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
CO-8h-Mittel					
2008/50/EG (10 mg/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2000 (10 mg/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2021 (10 mg/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
CO-Stundenmittel					
EU: kein Grenzwert	-	-	-	-	-
WHO2000 (35 mg/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2021 (35 mg/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Pb im PM₁₀-Jahresmittel					
2008/50/EG (0,5 µg/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2000 (0,5 µg/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2021 (0,5 µg/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Cd im PM₁₀-Jahresmittel					
2004/107/EG (5 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2000 (5 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2021 (5 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Benzol-Jahresmittel					
2008/50/EG (5 µg/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2000 ^c (1,7 µg/m ³)	5 %	0 %	0 %	0 %	33 %
WHO2021 ^c (1,7 µg/m ³)	5 %	0 %	0 %	0 %	33 %
B(a)P im PM₁₀-Jahresmittel					
2008/50/EG (1 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2000 ^c (0,12 ng/m ³)	80 %	29 %	88 %	85 %	64 %
WHO2021 ^c (0,12 ng/m ³)	80 %	29 %	88 %	85 %	64 %
As im PM₁₀-Jahresmittel					
2004/107/EG (6 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2000 ^c (6,6 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2021 ^c (6,6 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Ni im PM₁₀-Jahresmittel					
2004/107/EG (20 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2000 ^c (25 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
WHO2021 ^c (25 ng/m ³)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

^c Konzentrationswert für Erhöhung des Krebs-Lebenszeitrisikos um 1:100.000 nach WHO2000

Bisher gültige WHO-Richtlinien mit Richtwerten:

- ▶ für Kohlenmonoxid, Benzol, Benzo(a)pyren, Arsen und die Metalle im PM_{10}
 - ▶ WHO2000: Air Quality Guidelines for Europe, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, WHO Regional Publications, European Series, No. 91, Second Edition, 2000
- ▶ für Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$), Ozon, Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid
 - ▶ WHO2005: WHO Air quality guidelines, for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005 (erschieden im Jahr 2006)

Geltende EU-Richtlinien mit Grenz- und Zielwerten:

- ▶ für Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$), Ozon, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Benzol, Blei im PM_{10}
 - ▶ 2008/50/EG: RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa
- ▶ für Arsen, Cadmium, Nickel und Benzo(a)pyren im PM_{10}
 - ▶ 2004/107/EG: RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft

Die gültigen EU-Grenzwerte für Feinstaub PM_{10} und $PM_{2,5}$ wurden 2020 deutschlandweit eingehalten. Vor allem verkehrs- und industrienah lagen die Konzentrationen in Bezug auf die langfristige Belastung (Jahresmittelwerte) jedoch oberhalb des WHO-Richtwerts von 2005, Überschreitungen der Kurzzeit-Richtwerte wurden zudem auch in städtischen Wohngebieten festgestellt. Mit der Verschärfung der WHO-Richtwerte ist für $PM_{2,5}$ sowohl die Kurzzeit- als auch die Langzeitbelastung nahezu flächendeckend in Deutschland unabhängig vom Belastungsregime als zu hoch einzustufen.

Überschreitungen des seit 2010 geltenden Grenzwertes für das NO_2 -Jahresmittel traten in Deutschland maßgeblich an verkehrsnahen Stationen auf und waren in den letzten 10 Jahren stark rückläufig. 2020 überschritten nur noch 1 % aller Stationen den Grenzwert und den identischen Richtwert der WHO von 2005. Für NO_2 führt die enorme Absenkung des Richtwertes für das Jahresmittel von $40 \mu g/m^3$ auf $10 \mu g/m^3$ zu einer signifikant veränderten Überschreitungssituation: Der Überschreitungsanteil steigt von 3 % auf 100 % im verkehrsnahen Bereich und von 0 % auf 88 % im städtischen Hintergrund bzw. industrienah. Selbst im ländlichen Hintergrund sind die NO_2 -Werte an 9 % der Stationen zu hoch. Problematisch ist die Belastung auch bezüglich der neuen Bewertungsgrundlage des Tagesmittels für NO_2 .

Beim Schadstoff Ozon ist die Situation gleichermaßen schlecht geblieben: Die Messwerte liegen nahezu ausnahmslos über den alten und neuen Bewertungsmaßstäben.

Entgegen der sonstigen Verschärfung der WHO-Richtwerte, wird das SO_2 -Tagesmittel nach den neuen WHO-Luftgüteleitlinien weniger streng beurteilt. Deswegen sinkt der Anteil von industrienahen Stationen mit Überschreitung von 43 % auf 14 %. Für alle weiteren geregelten Schadstoffe hat sich die Bewertung mit den neuen WHO-Richtwerten nicht geändert (siehe Anhang).

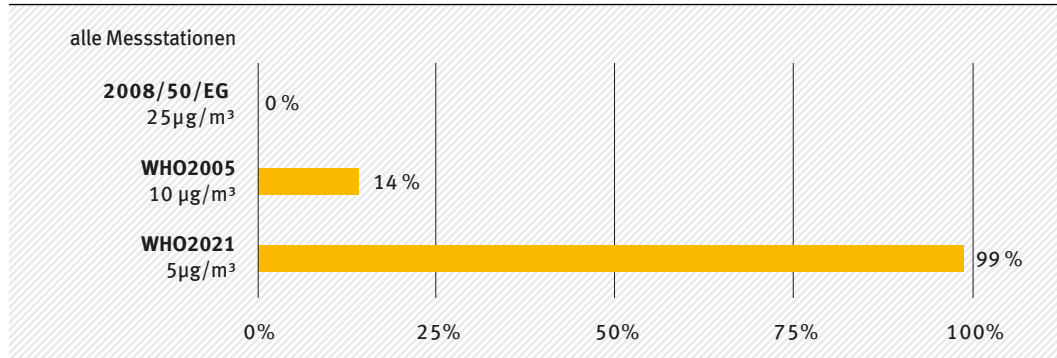
Die Ergebnisse zeigen: Zum Schutz der Gesundheit muss die Luftschadstoffbelastung durch Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon in Deutschland großräumig verringert werden.

Anhang

Abbildungen: Überschreitungssituation 2020 auf Basis bisheriger Richt-/Grenz-/Zielwerte für alle Luftschadstoffe im Detail

Abbildung a

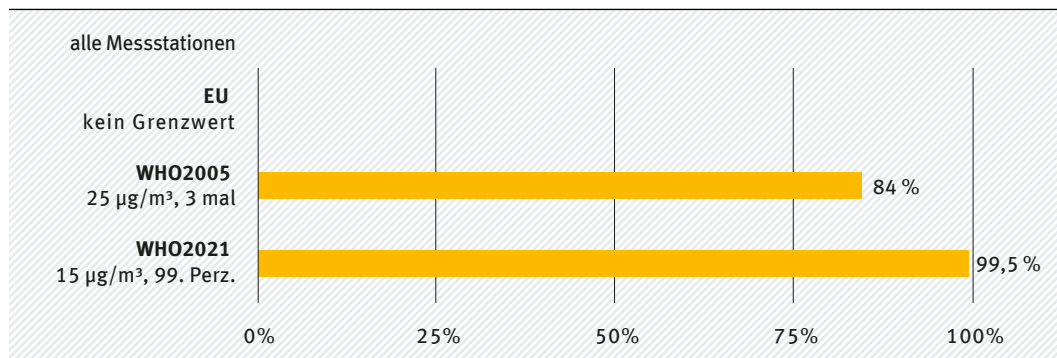
Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis des PM_{2,5}-Jahresmittels



Quelle: Umweltbundesamt 2022

Abbildung b

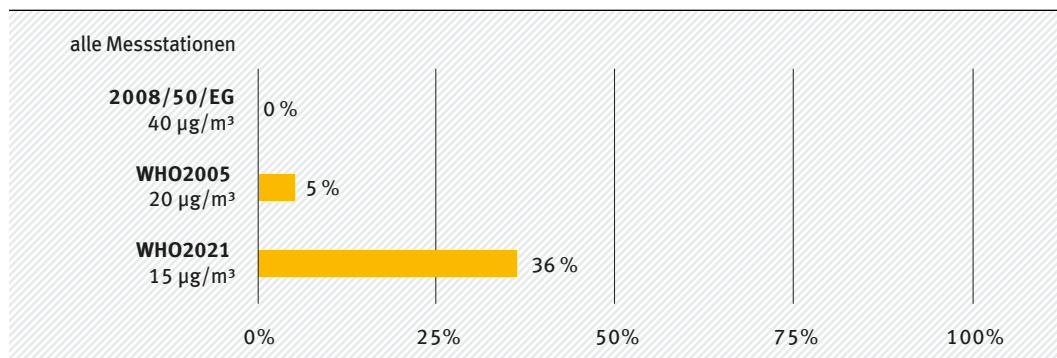
Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis des PM_{2,5}-Tagesmittels



Quelle: Umweltbundesamt 2022

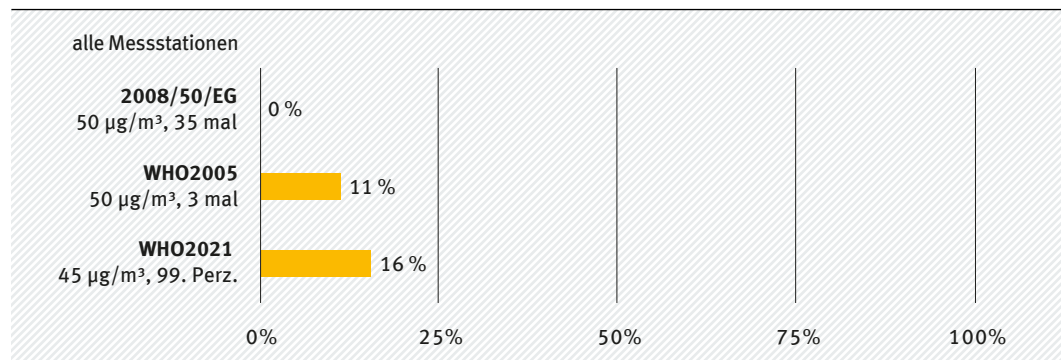
Abbildung c

Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis des PM₁₀-Jahresmittels



Quelle: Umweltbundesamt 2022

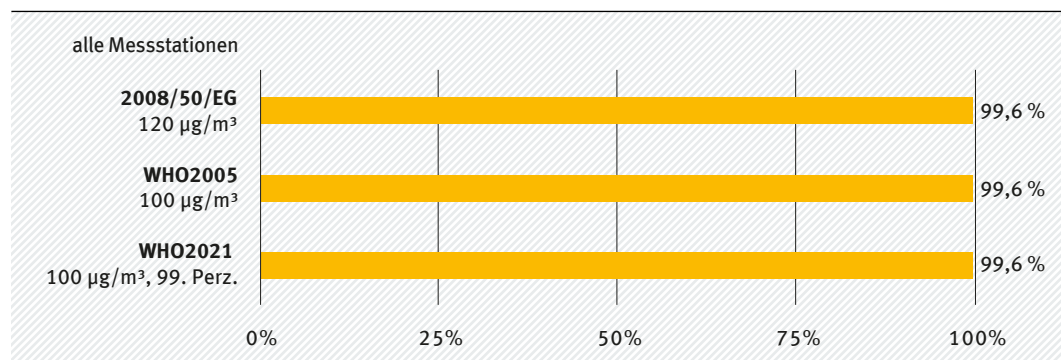
Abbildung d

Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis des PM₁₀-Tagesmittels

Quelle: Umweltbundesamt 2022

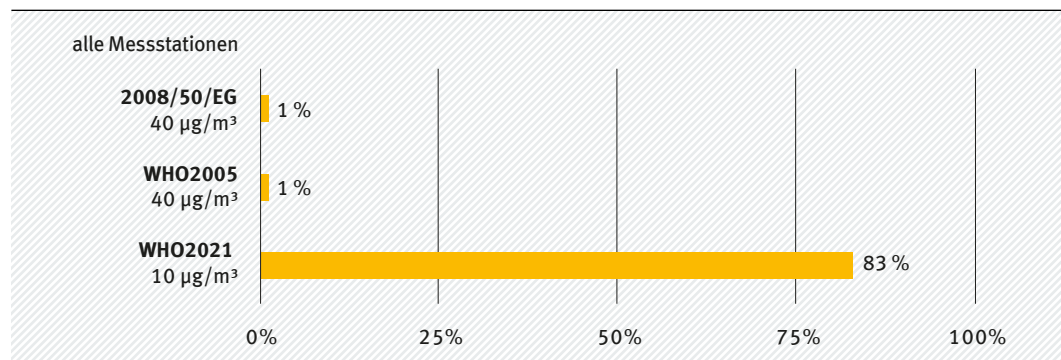
Abbildung e

Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis tägl. max. Ozon-8h-Mittels



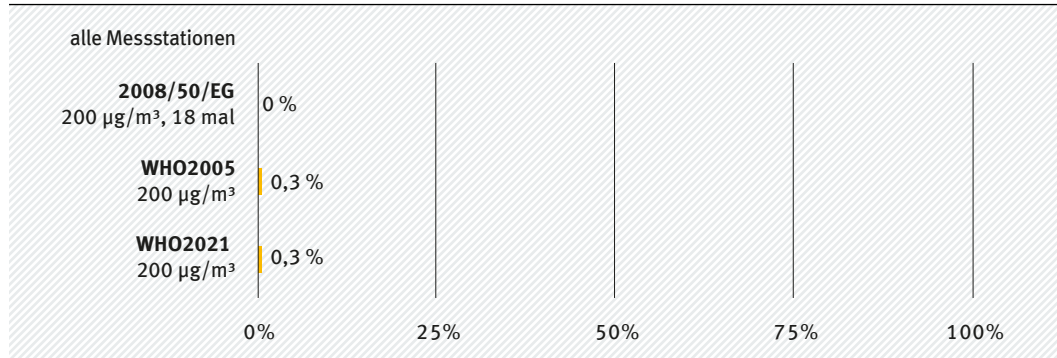
Quelle: Umweltbundesamt 2022

Abbildung f

Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis des NO₂-Jahresmittels

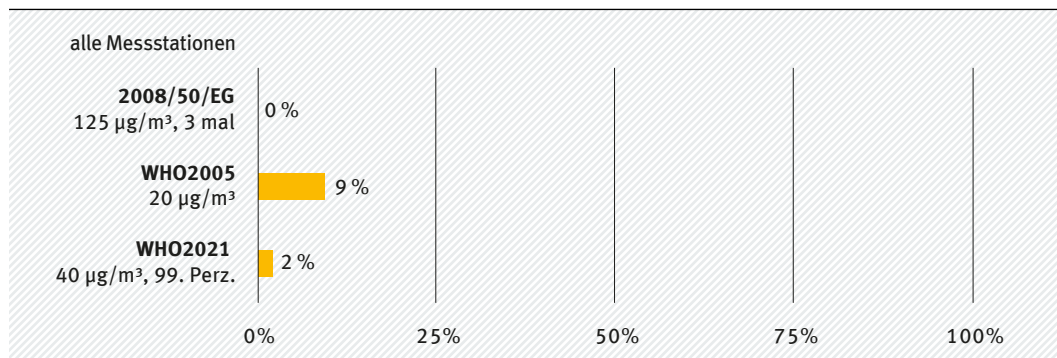
Quelle: Umweltbundesamt 2022

Abbildung g

Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis des NO₂-Stundenmittels

Quelle: Umweltbundesamt 2022

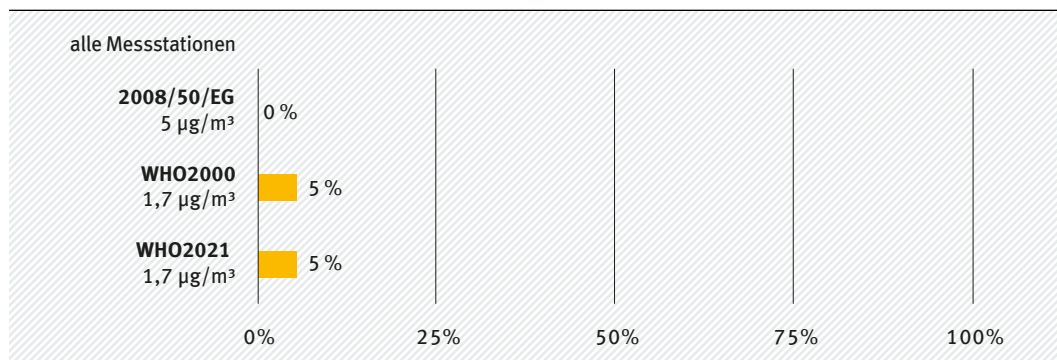
Abbildung h

Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis des SO₂-Tagesmittels

Quelle: Umweltbundesamt 2022

Abbildung i

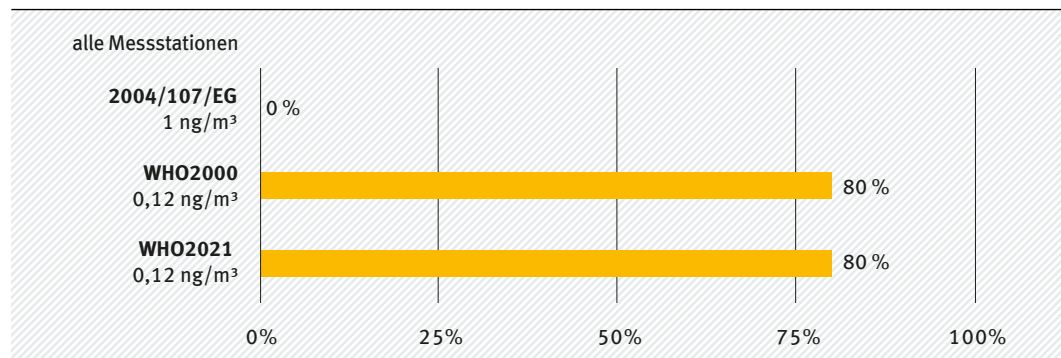
Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis des Benzol-Jahresmittels



Quelle: Umweltbundesamt 2022

Abbildung j

Vergleich der Überschreitungssituation 2020 auf Basis des B(a)P-Jahresmittels



Quelle: Umweltbundesamt 2022

Weitere Informationen zum Thema

Aktuelle Luftqualitätsdaten:

<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>

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

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/