

20.02.2024

Änderungsvermerk

In der EU-Kenngrößentabelle und im Jahresbericht 2021 hat sich ein Fehler eingeschlichen. Bei PM2.5 wurde KREF mit KRHA vertauscht. Dies wurde nun korrigiert.



Bericht über die Luftqualität im Jahr 2021

27.04.2022



Inhalt

1	Überblick über die Ergebnisse der Luftqualitätsmessungen 2021.....	3
2	Rechtliche Grundlagen.....	6
3	Aktuelle Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation	7
4	Meteorologie 2021.....	9
5	Konzeption und Änderungen des Messnetzes.....	10
6	Stickstoffdioxid und Feinstaub.....	12
6.1	Stickstoffdioxid	12
6.2	Feinstaub und Staub-Inhaltsstoffe	15
6.2.1	PM ₁₀	15
6.2.2	Saharastaubepisoden	19
6.2.3	Messungen von Ultrafeinen Partikeln	21
6.2.4	Ruß EC/BC	22
6.2.5	Inhaltsstoffe in PM ₁₀	24
6.2.6	PM _{2,5}	29
7	Weitere Luftschadstoffe.....	31
7.1	Schwefeldioxid	31
7.2	Benzol.....	31
7.3	Ozon	32
8	Qualitätssicherung.....	34
8.1	Datenverfügbarkeit.....	34
8.2	Ringversuche	34
8.3	Referenzverfahren/Äquivalenzbericht.....	34

1 Überblick über die Ergebnisse der Luftqualitätsmessungen 2021

Im Jahr 2021 konnten die Grenzwerte für den Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid (NO₂) an fast allen Probenahmestellen eingehalten werden. Der Grenzwert für den Jahresmittelwert wurde nur an einer autobahnnahen Probenahmestelle in Essen überschritten. Beim Feinstaub (PM₁₀) gab es weiterhin keine Grenzwertüberschreitungen. Die Jahresmittelwerte liegen auf dem Niveau des Vorjahres.

Eine Übersicht der Anzahl der Probenahmestellen, der hier betrachteten Luftschadstoffe sowie einen zusammenfassenden Vergleich mit Ziel- und Grenzwerten der 39. BImSchV zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Anzahl der Probenahmestellen und Überschreitungen 2021 gemäß EU-Richtlinien.

Komponente	Anzahl der Probenahmestellen	Überschreitungen von Ziel- und Grenzwerten im Jahr 2021
NO₂	135	eine Überschreitung des Jahresmittelwertes von 40 µg/m ³ , keine Überschreitung der zulässigen Anzahl an Stundenmittelwerten über 200 µg/m ³ an den 56 Probenahmestellen mit automatischer Messung
PM₁₀	66	keine Überschreitung der zulässigen Anzahl von Tagesmittelwerten über 50 µg/m ³ , keine Überschreitung des Jahresmittelwertes von 40 µg/m ³
PM₁₀-Inhaltsstoffe (Pb,As,Cd,Ni,BaP)	15 x Metalle 20 x BaP	keine Überschreitung der Grenz- (Pb) oder Zielwerte (As, Cd, Ni) keine Überschreitung des Zielwertes für BaP
PM_{2,5}	33	keine Überschreitung des Grenzwertes (Jahresmittel von 25 µg/m ³)
SO₂	6	keine Überschreitung der Kurz- und Langzeitgrenzwerte
Benzol	31	keine Überschreitung des Jahresmittelwertes von 5 µg/m ³
Ozon	27	3 Überschreitungen des Informationsschwellenwertes von 180 µg/m ³ , keine Überschreitungen des Alarmschwellenwertes von 240 µg/m ³

Eine Übersicht über alle Kenngrößen an den verschiedenen Probenahmestellen für das aktuelle Jahr und die Vorjahre sind unter <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/immissionen/berichte-und-trends/jahreskenngroessen-und-jahresberichte> zu finden.

Stickstoffdioxid (NO₂)

Nach einem bereits abnehmenden Trend in den Vorjahren war es in den Jahren 2019 und 2020 zu einem verhältnismäßig starken Rückgang der Belastung durch Stickstoffdioxid (NO₂) gekommen. Dieser Trend setzte sich im Jahr 2021 nicht fort. Die Werte blieben auf einem vergleichbaren Niveau wie im Vorjahr.

Um den relativen Vergleich wie im Jahresbericht 2020 sowie den Bericht zum Einfluss der Corona-Pandemie fortführen zu können, wird auch in diesem Jahresbericht der Vergleich mit dem Mittelwert des Bezugszeitraums 2015 bis 2019 durchgeführt. Im Vergleich zu diesem Wert nahm der verkehrsbedingte NO₂-Beitrag um 36% ab. Er hat damit im Vergleich zum Vorjahr (Abnahme um 33%) um lediglich 3% gegenüber dem Mittelwert des Bezugszeitraums abgenommen.

Während 2019 noch 16 Probenahmestellen einen Jahresmittelwert von mehr als 40 µg/m³ aufzeigten, lagen in 2020 alle Probenahmestellen unterhalb von 40 µg/m³. Im Jahr 2021 wurde der Grenzwert an einer autobahnnahen Probenahmestelle, welche erst im Sommer 2020 eingerichtet wurde, überschritten.

Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}) und PM₁₀-Inhaltsstoffe Blei, Arsen, Kadmium, Nickel und BaP im industriellen Umfeld

Der EU-Grenzwert für den Jahresmittelwert (40 µg/m³) für PM₁₀ wird seit vielen Jahren eingehalten. Im Vergleich zum Jahr 2020 zeigt sich im Jahr 2021 eine etwa gleichbleibende Belastung deutlich unterhalb der Grenzwerte. Im Jahr 2021 wurde auch die zulässige Zahl von 35 Tagesmittelwerten über 50 µg/m³ an allen Probenahmestellen eingehalten.

Die Spannweite der landesweiten PM₁₀-Belastung reicht von 8 - 10 µg/m³ an den beiden Waldstationen in der Eifel und im Rothaargebirge bis zu 21 - 27 µg/m³ an den am höchsten belasteten Verkehrs- (Gelsenkirchen, Essen, Oberhausen, Hagen) und Industriestandorten (Lünen, Duisburg, Krefeld, Warstein).

Die europaweiten Grenz- und Zielwerte für die gesundheitsrelevanten PM₁₀-Inhaltsstoffe (Verbindungen von Blei, Arsen, Kadmium und Nickel) wurden landesweit eingehalten. Dabei sind an Probenahmestellen im ländlichen und städtischen Hintergrund insgesamt die Konzentrationen von Metallen im PM₁₀ in NRW als gering einzustufen. Im Umfeld von Industrieanlagen kommt es weiterhin zu erhöhten Konzentrationen im Vergleich zum Hintergrundniveau.

An der Messstation Bottrop-Welheim, in der Nähe einer Kokerei, wurde der Zielwert von 1 ng/m³ für den PM₁₀-Inhaltsstoff Benzo[a]pyren (BaP), der als Leitkomponente für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) dient, in 2021 nach Überschreitungen in den Jahren 2015 bis 2019 erneut eingehalten. Dabei war eine Reduktion auf 0,6 ng/m³ in 2021 zu verzeichnen. An den Hintergrundstandorten sowie an den Verkehrsstandorten lagen die Werte zwischen 0,1 – 0,3 ng/m³.

Im Jahr 2021 wurde der Grenzwert von 25 µg/m³ PM_{2,5} an allen NRW-Probenahmestellen mit Jahresmittelwerten zwischen 6 und 14 µg/m³ sicher eingehalten. Die Jahresmittelwerte sind auf einem vergleichbaren Niveau wie die des Vorjahres.

Schwefeldioxid, Benzol und Ozon

Die EU-Grenzwerte für Schwefeldioxid (SO₂) und Benzol (C₆H₆) wurden landesweit eingehalten.

Beim bodennahen Ozon wurde an den 27 Probenahmestellen an 3 Tagen der Informationsschwellenwert von 180 µg/m³ (1-Stunden-Mittelwert an mindestens einer Station pro Tag) überschritten (Vorjahr 14 Tage). Der Alarmwert von 240 µg/m³ (1-h-Wert) für bodennahes Ozon wurde an keinem Tag überschritten.

2 Rechtliche Grundlagen

Die systematische landesweite Messung und Beurteilung der Luftqualität in NRW ist eine zentrale Aufgabe des LANUV. Dazu werden die im Jahr 2021 ermittelten Immissionsbelastungen nach europaweit einheitlich festgelegten Verfahren mit den Immissionsgrenzwerten (s. Tabelle 2) der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ([39. BImSchV](#)) verglichen und bewertet. Die Bewertung enthält auch eine Beurteilung der Trends der Luftqualitätsentwicklung.

Tabelle 2: Immissionsgrenzwerte, -zielwerte und Schwellenwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach der 39. BImSchV.

Schadstoff	Mittelungszeitraum	Wert	Zulässige Überschreitungen	Art des Werts
Stickstoffdioxid (NO₂) in µg/m³	1 Stunde	200	18 Stunden / Jahr	Grenzwert
	1 Jahr	40	-	Grenzwert
Feinstaub PM₁₀ in µg/m³	24 Stunden	50	35 Tage / Jahr	Grenzwert
	1 Jahr	40	-	Grenzwert
Feinstaub PM_{2,5} in µg/m³	1 Jahr	25	-	Grenzwert
Schwefeldioxid (SO₂) in µg/m³	1 Stunde	350	24 Stunden / Jahr	Grenzwert
	24 Stunden	125	3 Tage / Jahr	Grenzwert
Blei (Pb) in µg/m³	1 Jahr	0,5	-	Grenzwert
Benzol (C₆H₆) in µg/m³	1 Jahr	5	-	Grenzwert
Kohlenmonoxid (CO) in mg/m³	8 Stunden	10	-	Grenzwert
	8 Stunden	120	25 Tage / Jahr	Zielwert
Ozon (O₃) in µg/m³	1 Stunde	180	-	Informationsschwelle
	1 Stunde	240	-	Alarmschwelle
Arsen (As) in ng/m³	1 Jahr	6	-	Zielwert
Cadmium (Cd) in ng/m³	1 Jahr	5	-	Zielwert
Nickel (Ni) in ng/m³	1 Jahr	20	-	Zielwert
Benzo[a]-pyren (C₂₀H₁₂) in ng/m³	1 Jahr	1	-	Zielwert

3 Aktuelle Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation

Im September 2021 hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) ihre Empfehlungen für Grenzwerte für die Konzentrationen von Luftschadstoffen novelliert. Hintergrund der WHO Empfehlungen sind Untersuchungen zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Luftschadstoffen in der Umgebungsluft. Diese novellierten Empfehlungen der WHO sind deutlich ambitionierter als die bisher geltenden gesetzlichen Grenzwerte. Sie haben allerdings reinen Empfehlungscharakter und sind nicht rechtlich bindend. Allerdings befindet sich die Europäische Luftqualitätsrichtlinie derzeit in der Revision und die EU-Kommission hat angekündigt, die dort enthaltenen Grenzwerte stärker an den Empfehlungen der WHO auszurichten. In welchem Umfang und mit welchem Zeitplan dies erfolgen wird, ist derzeit noch nicht bekannt.

In Tabelle 3 sind die geltenden Grenzwerte den empfohlenen Endzielen der WHO gegenübergestellt.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der geltenden, rechtlich verbindlichen Grenzwerte aus der europäischen Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG und der 39. BImSchV mit den WHO 2021 Empfehlungen.

Schadstoff	Mittelungszeitraum	2008/50/EG (39. BImSchV)	WHO Empfehlungen (Ziel)
Stickstoffdioxid (NO₂) in µg/m³	1 Jahr	40	10
	24 Stunden	-	25
Feinstaub PM₁₀ in µg/m³	1 Jahr	40	15
	24 Stunden	50	45
	Erlaubte Überschreitung	35 Tage / Jahr	3 - 4 Tage / Jahr
Feinstaub PM_{2,5} in µg/m³	1 Jahr	25	5
	24 Stunden	-	15
	Erlaubte Überschreitung	-	3 - 4 Tage / Jahr
Schwefeldioxid (SO₂) in µg/m³	24 Stunden	125	40
	Erlaubte Überschreitung	3 Tage / Jahr	3 - 4 Tage / Jahr
Ozon (O₃) in µg/m³	Spitzenwert (Saison)	-	60
	8 Stunden	120	100
	Erlaubte Überschreitung	25 Tage / Jahr	3 - 4 Tage / Jahr
Kohlenmonoxid (CO) in mg/m³	24 Stunden	10	4

^a Durchschnitt der maximalen 8-Stunden-Mittelwerte der O₃-Konzentration in den sechs aufeinanderfolgenden Monaten mit der höchsten O₃-Konzentration im Sechsmonatsdurchschnitt.

In Tabelle 3 ist deutlich zu erkennen, dass die Empfehlungen der WHO deutlich niedriger sind als die aktuell gültigen Grenzwerte. Eine stärkere Ausrichtung an die WHO-Empfehlungen würde verstärkte Anstrengungen in der Luftreinhalteplanung erfordern, um die Grenzwerte einzuhalten. Das wäre insbesondere bei Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) sowie bei Stickstoffdioxid der Fall.

In den Empfehlungen der WHO sind des Weiteren auch Stoffe genannt, für die es in der aktuell gültigen europäischen Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG) keine Grenzwerte gibt. Es handelt sich um die beiden Kohlenstoffverbindungen BC/EC (siehe Kapitel 6.2.4), um Ultrafeine Partikel (UFP) und um Krustenmaterial aus Sand- und Staubstürmen. Ultrafeine Partikel sind Partikel mit einem Äquivalentdurchmesser von weniger als $0,1 \mu\text{m}$.

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) misst bereits BC/EC und erprobt UFP Messgeräte. Des Weiteren wurde ein Verfahren zur frühzeitigen Erkennung von Saharastaubepisoden in NRW entwickelt.

4 Meteorologie 2021

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) klassifiziert das Wetterjahr 2021 in Deutschland zwar als das elfte zu warme Jahr in Folge, jedoch als insgesamt eher durchschnittlich mit einigen außergewöhnlichen Wetterextremen¹. Das Wetter im Jahr 2021 war weder besonders günstig noch besonders ungünstig für die Luftqualität. Es trat auch keine Häufung von Inversionswetterlagen auf.

In Nordrhein-Westfalen (NRW) betrug die mittlere Temperatur 9,8 °C. Der mittlere Jahresniederschlag lag mit etwa 840 l/m² etwas niedriger als das langjährige Mittel (875 l/m², Zeitraum 1961-1990) in NRW. Das Jahr war in NRW mit gut 1500 Sonnenstunden etwas sonniger als das langjährige Mittel.

Im Februar wurden in NRW Tiefstwerte von bis zu -23°C gemessen; beim Blick auf den gesamten Monat war der Februar mit 3,2 °C wärmer als im langjährigen Mittel. Die Monate April und Mai waren dagegen kälter als im langjährigen Mittel. Der April war mit 6,2 °C der kälteste Aprilmonat seit 1977 und der frostreichste seit Beginn der Messungen durch den DWD. Auch der Mai war kälter als im langjährigen Mittel.

Der Juni war der zweitwärmste Juni seit Beginn der Messungen. Im Juli traten extreme Regenfälle auf. Das Tief Bernd brachte am 13.07.2021 in der Mitte Nordrhein-Westfalens historisch große Niederschläge, die sich am 14.07.2021 verstärkten und südwärts in Richtung Eifel zogen. Von der Kölner Bucht bis zur Eifel fielen allein am 14.07.2021 Rekordniederschlagssummen von über 100 l/m². Zahlreiche Pegel registrierten Abflussmengen in einer bis dato noch nicht gemessenen Höhe. Unter anderem traten starke Überschwemmungen in Euskirchen, Rheinbach, Swisttal, Stolberg und Erftstadt auf. Mit etwas über 540 Sonnenstunden war NRW im Sommer (Juni bis August) die sonnenscheinärmste Region Deutschlands, dieser Wert liegt nur etwas unter dem langjährigen Mittelwert.

Der Herbst (September bis November) war in NRW sehr trocken. Die Niederschlagsmenge erreichte mit knapp 135 l/m² nicht einmal 65 % des langjährigen Mittels. Sonnenscheindauer und mittlere Temperatur lagen in dem Zeitraum über dem Wert des langjährigen Mittels.

Im Dezember war NRW mit im Mittel 4,2 °C das wärmste Bundesland. Zum Vergleich: Der Temperaturmittelwert lag im Dezember in Deutschland bei 2,6 °C, das langjährige Mittel für NRW im Dezember bei 2,2 °C.

¹ Klimastatusbericht 2021: https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2021.html

5 Konzeption und Änderungen des Messnetzes

Nach Anlage 3D der 39. BImSchV ist das LANUV verpflichtet, grundlegende Informationen zum Messnetz (Auswahlkriterien, Messnetzplanung und Messstandorte) zu dokumentieren. Diese Dokumentation wird mindestens alle 5 Jahre aktualisiert. Die 2019 erstellte Dokumentation² beschreibt die Entwicklung und die damit verbundenen Anpassungen des Messnetzes bis zum heutigen Stand. Die Grundsätze der Wahl der Standorte und der Messnetzplanung wie auch eine Beschreibung der angewandten Modellrechnungen und Messverfahren sind Bestandteil der Dokumentation. Diese wurde 2019 vom TÜV Rheinland geprüft und die Vorgehensweise des LANUV bestätigt.

Das LANUV unterscheidet in seinem Messnetz dabei zwischen Basismessnetz und Sondermessnetz. Das Basismessnetz dient der Ermittlung der großräumigen Immissionsbelastung in Ballungsräumen, Waldgebieten und außerhalb von Ballungsräumen sowie der Belastung durch Verkehr und industrielle Einflüsse. Es umfasst derzeit 52 Stationen. Das Basismessnetz dient dazu, die Anforderungen der Luftqualitätsrichtlinien zu erfüllen und langfristige Entwicklungen zu beobachten. Das Basismessnetz liefert die Datenbasis für Trendauswertungen, da es möglichst wenigen Veränderungen unterliegt.

Daneben erfolgen zusätzliche Messungen an Orten mit Verkehrseinfluss, Industrieinfluss oder im Rahmen von Sondermessprogrammen. Die Standorte dieser Messungen werden im Rahmen der jährlichen Messplanung festgelegt. Dabei werden Anforderungen der Kommunen und Bezirksregierungen sowie Auswertungen des LANUV berücksichtigt.

Das komplette Luftqualitäts-Messprogramm 2021 findet sich unter https://www.lanuv.nrw.de/lugs/messorte/Messplan_2021.xlsx. Eine ausführliche Beschreibung und Dokumentation zu den Probenahmestellen ist über eine interaktive Datenbank mittels Suchfunktion (<https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/immissionen/messorte-und-werte>) abrufbar.

Im Verlauf des Messjahres 2021 gab es folgende Änderungen im Messprogramm:

- Einrichtung von 7 Probenahmestellen mit Passivsammlern für Stickstoffdioxid (NO₂) in Düsseldorf, Duisburg und Köln
- Abbau eines Messcontainers in Gladbeck
- Abbau einer Probenahmestelle für PM₁₀ und Staubinhaltsstoffe in Duisburg Bruckhausen
- Abbau von 8 Probenahmestellen mit Passivsammlern für Stickstoffdioxid (NO₂) verteilt in Bergisch Gladbach, Dinslaken, Halle, Hamm, Gelsenkirchen, Gladbeck³, Mülheim und Neuss

Des Weiteren wurden in Stolberg drei zusätzliche Probenahmestellen für Inhaltsstoffe im Feinstaub eingerichtet, so dass dort insgesamt fünf Messorte im Messprogramm enthalten waren. Aufgrund der Überschwemmungen im Sommer 2021 mussten zwei dieser Messungen im Juli eingestellt werden.

² https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/2019_02_22_Messtellen_Dokumentation.pdf

³ Der Passivsammler GGRS2 in Gladbeck wurde am 21.12.2020 abgebaut.

Für Probenahmestellen, die im Laufe des Jahres 2021 aufgebaut bzw. abgebaut wurden, liegen nicht genügend Daten für ein komplettes Messjahr vor. In diesen Fällen können keine Jahresmittelwerte angegeben werden. Für ein komplettes Messjahr liegt die Mindestverfügbarkeit an Daten bei 90%.

6 Stickstoffdioxid und Feinstaub

6.1 Stickstoffdioxid

Im Jahr 2021 wurde die Immissionsbelastung durch Stickstoffdioxid an 135 Probenahmestellen in NRW ganzjährig gemessen. Dabei kamen an 56 Standorten automatische Messverfahren und an 79 Standorten Passivsammler zum Einsatz. An allen Probenahmestellen wurde die nach EU-Recht geforderte Datenverfügbarkeit erreicht. Somit liegt für alle ganzjährig betriebenen Probenahmestellen in NRW ein Jahresmittelwert vor. Abbildung 1 zeigt das Messnetz zur Bestimmung von Stickstoffdioxid.

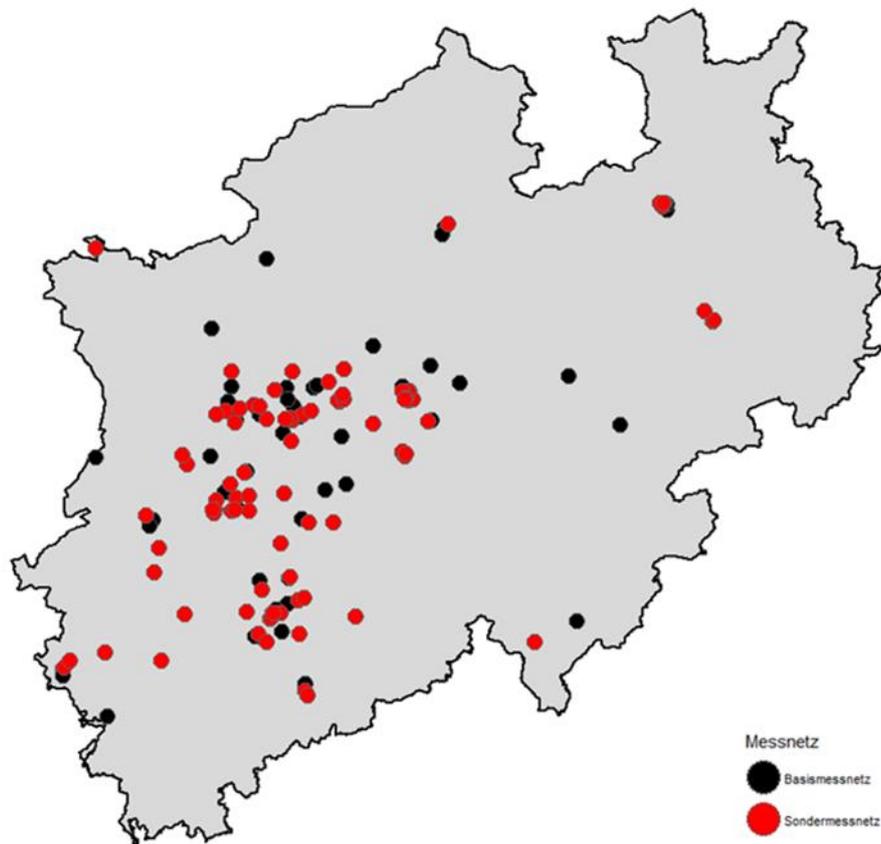


Abbildung 1: Messnetz für NO₂ 2021: Probenahmestellen für Stickstoffdioxid verteilt in NRW

Der Kurzzeitgrenzwert mit pro Jahr 18 erlaubten Überschreitungen des 1-Stunden-Mittelwertes mit über 200 µg/m³ NO₂, wurde erneut im gesamten NRW-Messnetz eingehalten.

Die Abbildung 2 zeigt die Jahresmittelwerte der landesweit durchgeführten NO₂-Messungen.

Während im Vorjahr erstmals an allen Probenahmestellen der NO₂-Jahresmittelgrenzwert eingehalten werden konnte, wurde 2021 an einer im Sommer 2020 neu eingerichteten Probenahmestelle in Essen ein Jahresmittelwert von 43 µg/m³ ermittelt.

NO₂ Jahresmittelwerte 2021

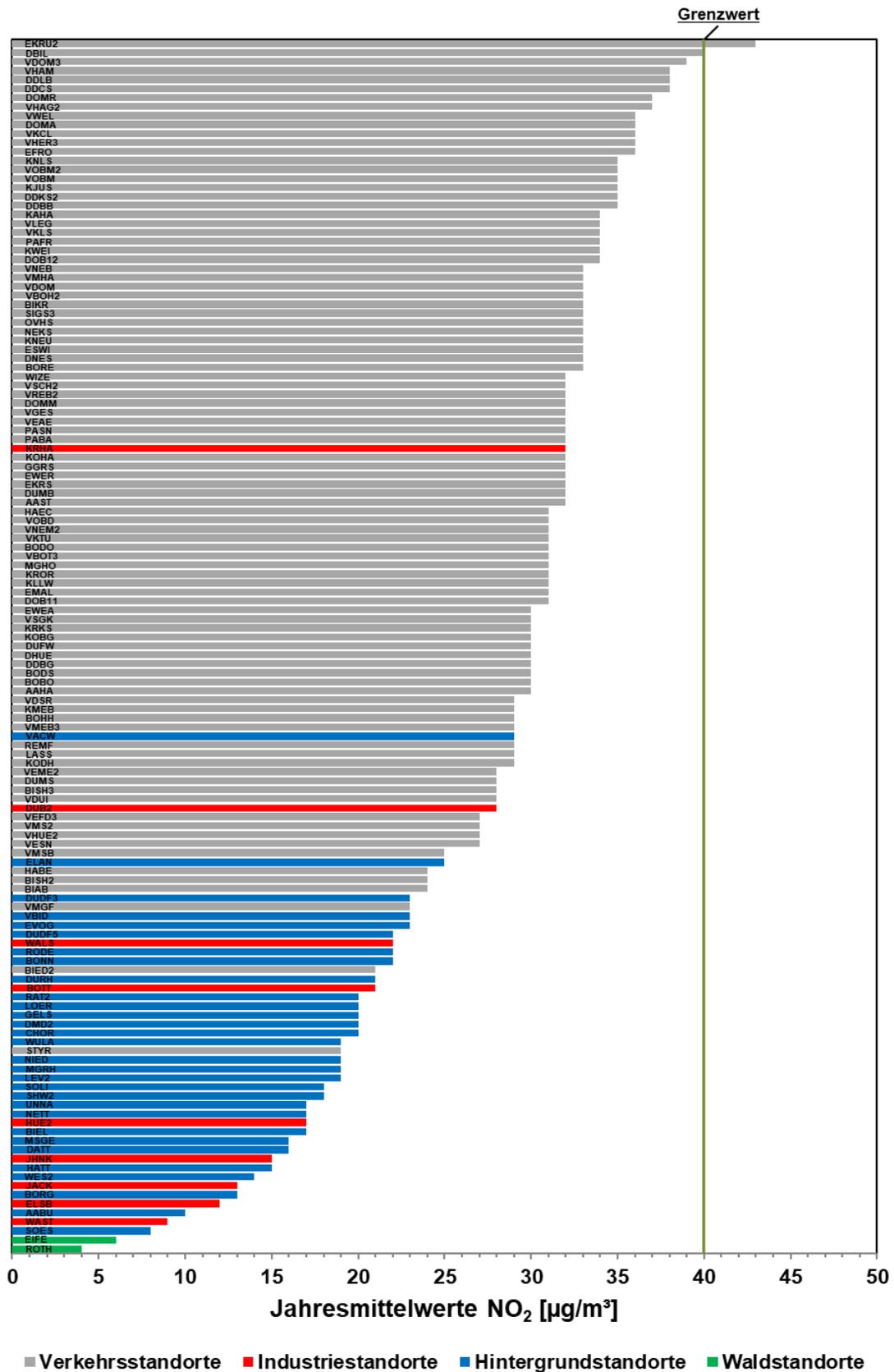


Abbildung 2: NO₂-Jahresmittelwerte an allen Probenahmestellen in NRW 2021. Der gültige Grenzwert als senkrechte Linie.

An den 79 verkehrsnahen Probenahmestellen zeigte sich im Vergleich zum Vorjahr kein eindeutiger Trend. An 40% der Probenahmestellen stieg die NO₂-Belastung. An nur 12 % der Stationen konnte eine Abnahme der NO₂-Konzentration (maximal minus 6 µg/m³ in Bielefeld-Innenstadt, BIED2) erfasst werden und an 35 % der Stationen kam es zur Stagnation der jährlich gemittelten NO₂-Konzentration. Die Spannweite der landesweiten NO₂-Belastung reicht von 4 - 6 µg/m³ an den beiden Waldstationen in Eifel und Rothaargebirge bis zu 40 - 43 µg/m³ an den am höchsten belasteten Verkehrsstandorten (Düsseldorf und Essen).

In den letzten Jahren zeigte die NO₂-Belastung einen generellen Rückgang, von 2019 auf 2020 allerdings vergleichsweise stärker als in den Vorjahren. Dieser Trend setzte sich im Jahr 2021 nicht fort. Die Werte blieben auf einem vergleichbaren Niveau wie im Vorjahr. Die Werte anderer Bundesländer verhalten sich ähnlich. Abbildung 3 gibt einen Überblick über den Trend der NO₂-Belastung an den Verkehrs- und Hintergrundstationen in NRW. Die Trendauswertung basiert auf den Daten der Stationen im Basismessnetz, welche bereits die Grundlage des Jahresberichts 2020 bildeten.

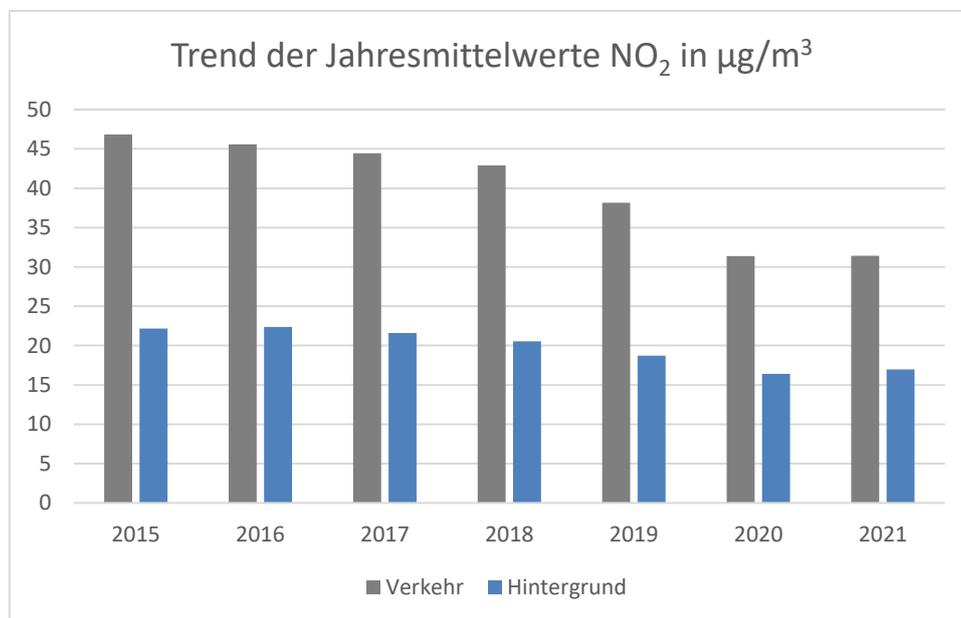


Abbildung 3: Trend der NO₂-Jahresmittel in µg/m³ für die Stationstypen Verkehr und Hintergrund im Basismessnetz⁴.

In Abbildung 4 ist die relative Änderung des verkehrsbedingten NO₂-Zusatzbeitrags an den Verkehrsstationen für die einzelnen Jahre im Vergleich zum Bezugszeitraum 2015 bis 2019 dargestellt. Es wurde die Differenz der Konzentrationen an Verkehrs- und Hintergrundstationen für das jeweilige Jahr mit der Differenz der Konzentrationen an Verkehrs- und Hintergrundstationen im Zeitraum 2015 bis 2019 ins Verhältnis gesetzt. Daran lässt sich die Änderung des Beitrags des Straßenverkehrs der einzelnen Jahre zur NO₂ Belastung im Vergleich zum Bezugszeitraum ablesen.

⁴ https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/2019_02_22_Messtellen_Dokumentation.pdf (nrw.de)

Wie bereits im Jahresbericht 2020 sowie den Untersuchungen zum Einfluss der Corona-Pandemie⁵ ausgeführt, war die Auswirkung der starken Verkehrsreduktion während des Corona-Lockdowns auf den Jahresmittelwert nur gering.

Im Jahr 2021 gab es keinen strengen Lockdown mehr. Die verkehrsbedingte Zusatzbelastung durch NO₂ hat im Vergleich zum mehrjährigen Mittel (2015-2019) nochmal weiter abgenommen, jedoch deutlich weniger als in den beiden Vorjahren.

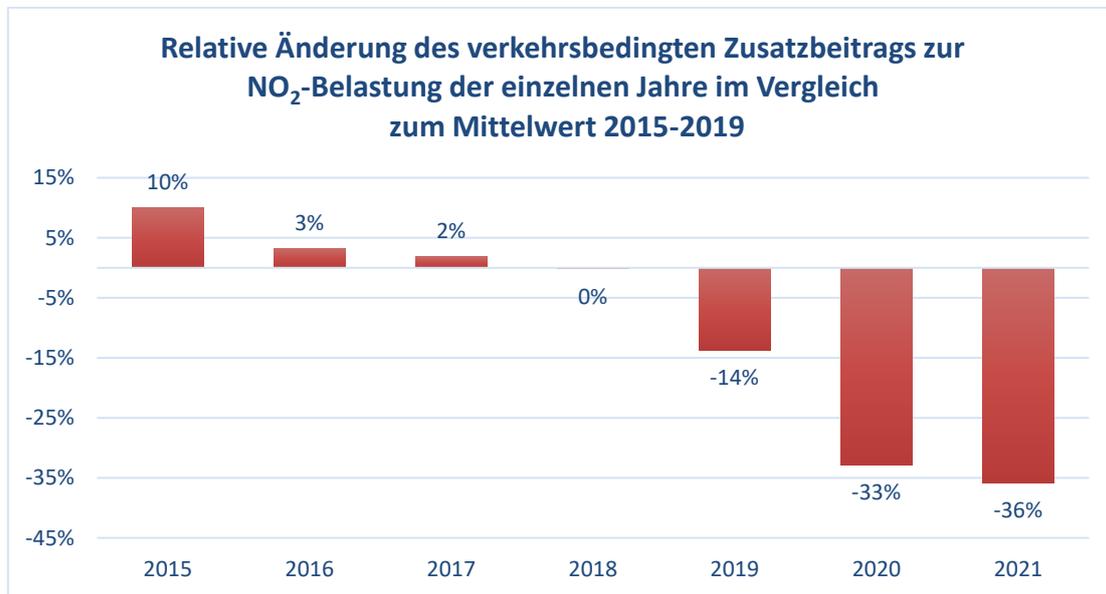


Abbildung 4: Relative Änderung des verkehrsbedingten Zusatzbeitrags zu der NO₂-Belastung an den Verkehrsstationen für die einzelnen Jahre im Vergleich zum Mittelwert für den Bezugszeitraum 2015 bis 2019 (Datengrundlage: Stationen im Basismessnetz)

6.2 Feinstaub und Staub-Inhaltsstoffe

6.2.1 PM₁₀

Im Luftqualitätsmessnetz NRW wurde die Feinstaubfraktion PM₁₀⁶ im Jahr 2021 an 66 Probenahmestellen gemessen. Der Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m³ wird seit langer Zeit durchgehend an allen Probenahmestellen in NRW eingehalten. Die Spannweite der landesweiten PM₁₀-Belastung reicht von 8 - 10 µg/m³ an den beiden Waldstationen in Eifel und Rothaargebirge bis zu 21 - 27 µg/m³ an den am höchsten belasteten Verkehrs- (Gelsenkirchen, Essen, Oberhausen und Hagen) und Industriestandorten (Lünen, Duisburg, Krefeld und Warstein). Gegenüber dem Vorjahr sind in 53 % der Fälle die Jahresmittelwerte leicht gesunken oder gleichgeblieben.

Abbildung 5 stellt das Messnetz in NRW zur Bestimmung von PM₁₀ dar.

⁵https://www.lanuv.nrw.de/publikationen/details?tx_cartproducts_products%5Bproduct%5D=1060&cHash=6fd2b972041ca3f51120f28819df8423

⁶ Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 10 µm (genauer Partikel, die einen Einlass mit einer 50% Abscheideeffizienz bei 10 µm aerodynamischem Durchmesser passieren).

Auch die Anzahl der Überschreitungstage (Tagesmittelwert $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) blieb deutlich unter der Begrenzung von 35 Tagen. Die häufigsten Überschreitungstage ergaben sich an den Stationen Gladbecker Straße in Essen (21x), Kurt-Schumacher-Straße in Gelsenkirchen (20x) und Frydagstraße in Lünen (17x). Abbildung 7 zeigt die Anzahl der Tagesüberschreitungen für $\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für die 5 Probenahmestellen mit den höchsten Tagesüberschreitungen sind zusätzlich die Anzahl der Tage angegeben.

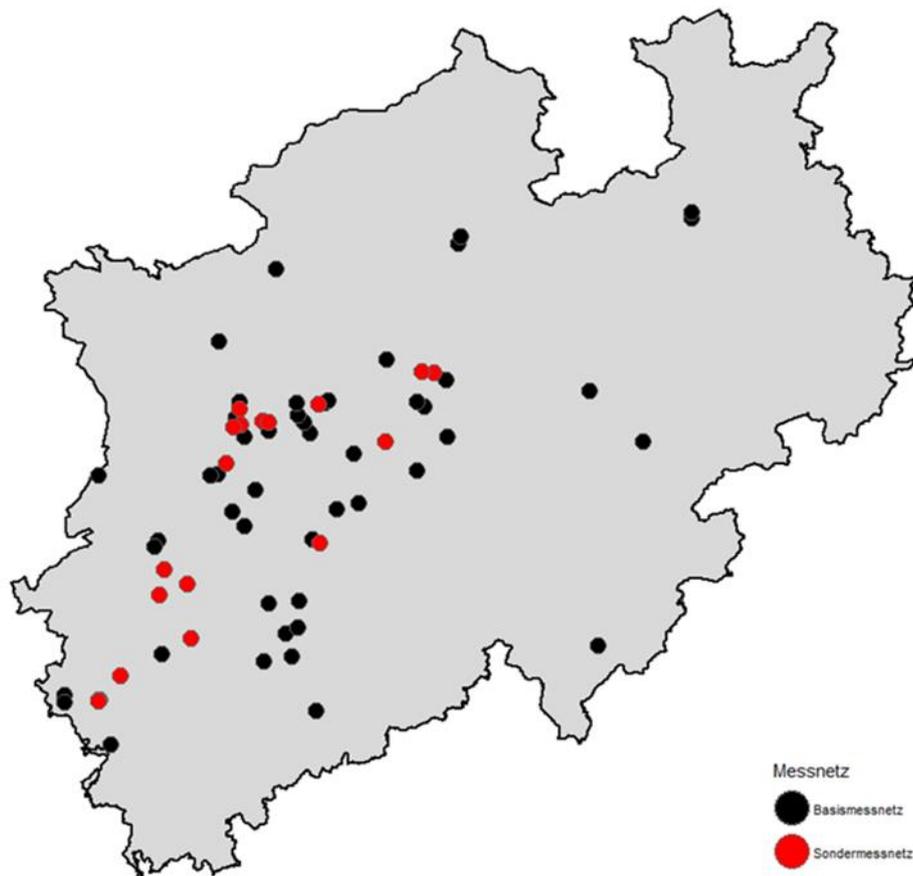


Abbildung 5: Messnetz für PM_{10} 2021: Probenahmestellen für Feinstaub (PM_{10}) verteilt in NRW

Die Erfahrungen haben gezeigt, dass der Grenzwert für die Tageswertüberschreitungen anspruchsvoller ist als der Grenzwert für den Jahresmittelwert und daher höhere Anstrengungen zur Einhaltung erfordert.

PM₁₀ Jahresmittelwerte 2021

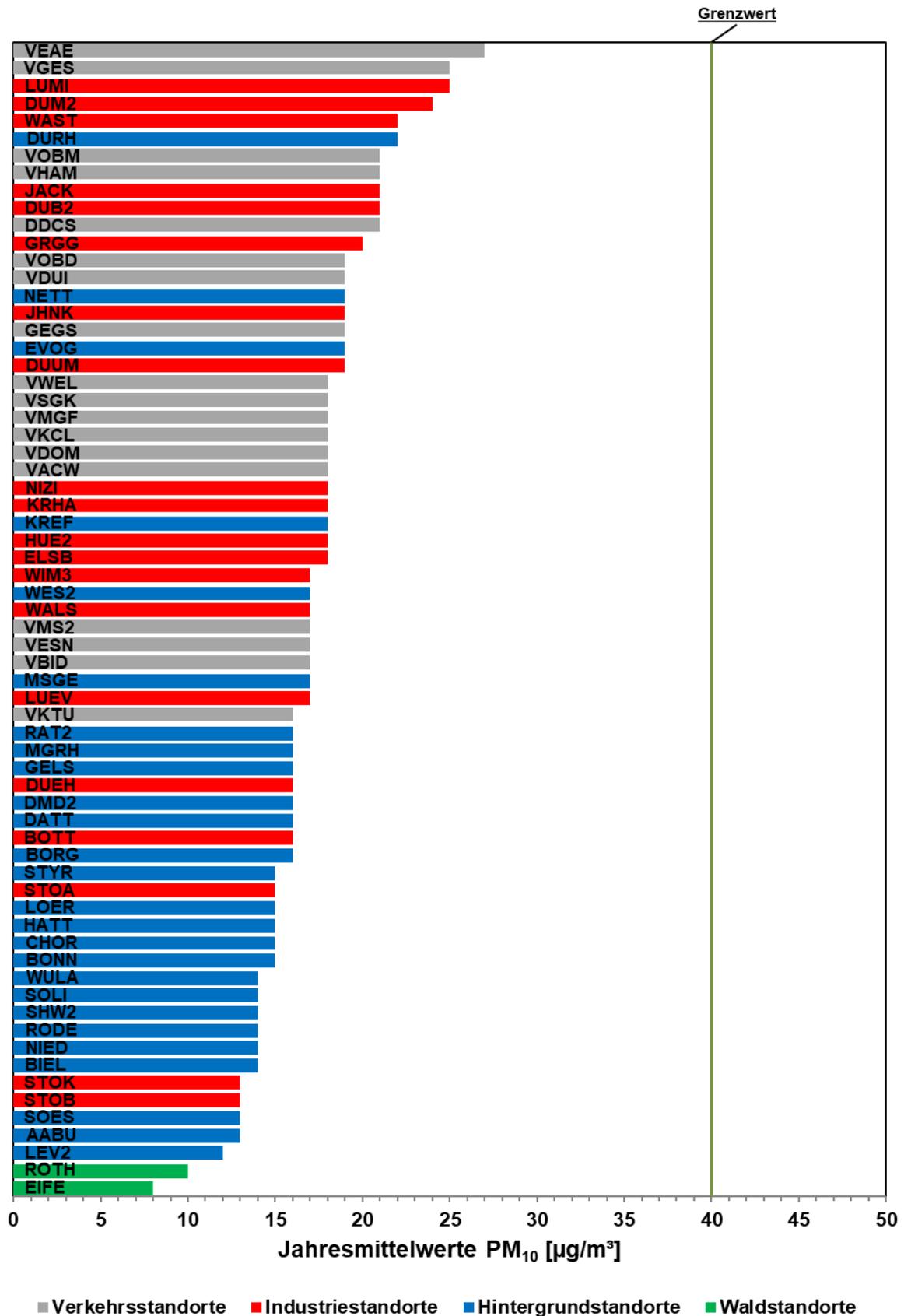


Abbildung 6: PM₁₀-Jahresmittelwerte in NRW 2021, der gültige Grenzwert als senkrechte Linie.

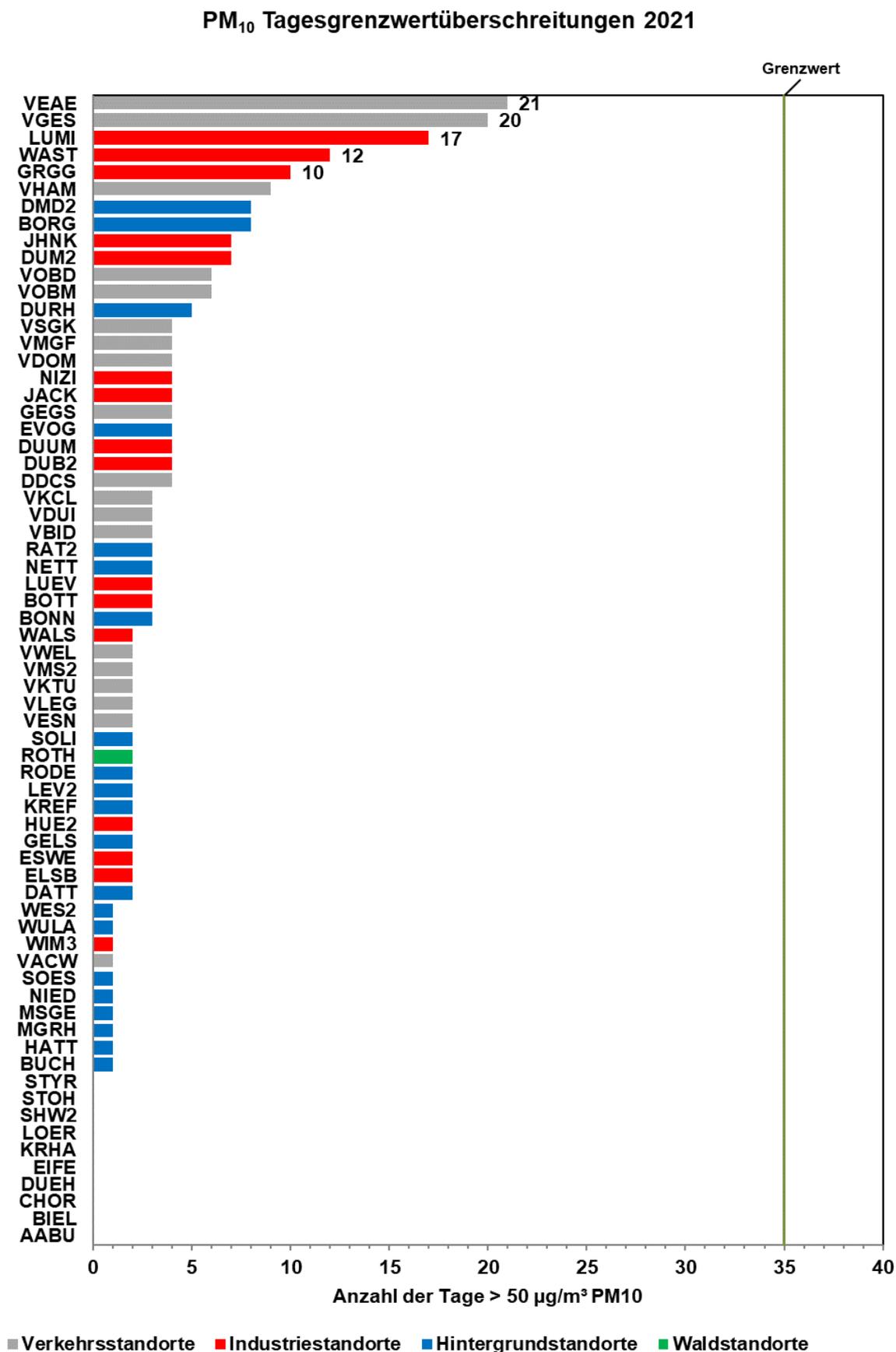


Abbildung 7: Anzahl der PM₁₀-Tagesmittelwerte > 50 µg/m³ in NRW 2021, der gültige Grenzwert als senkrechte Linie.

Nach einem Rückgang von 2018 bis 2020 nahm der über die Stationen des Basismessnetzes gemittelte Feinstaub-Jahresmittelwert im Jahr 2021 leicht zu (siehe Abbildung 8). Insbesondere hat die Hintergrundbelastung wieder das Niveau von 2019 erreicht. Die Grenzwerte wurden jedoch eingehalten. Dieser Trend zeigt sich auch in anderen Bundesländern. Im Jahr 2021 hat die verkehrliche Zusatzbelastung auch beim PM₁₀ Jahresmittelwert weiter abgenommen. Insgesamt ist der Beitrag des Straßenverkehrs zur PM₁₀ Belastung gering.

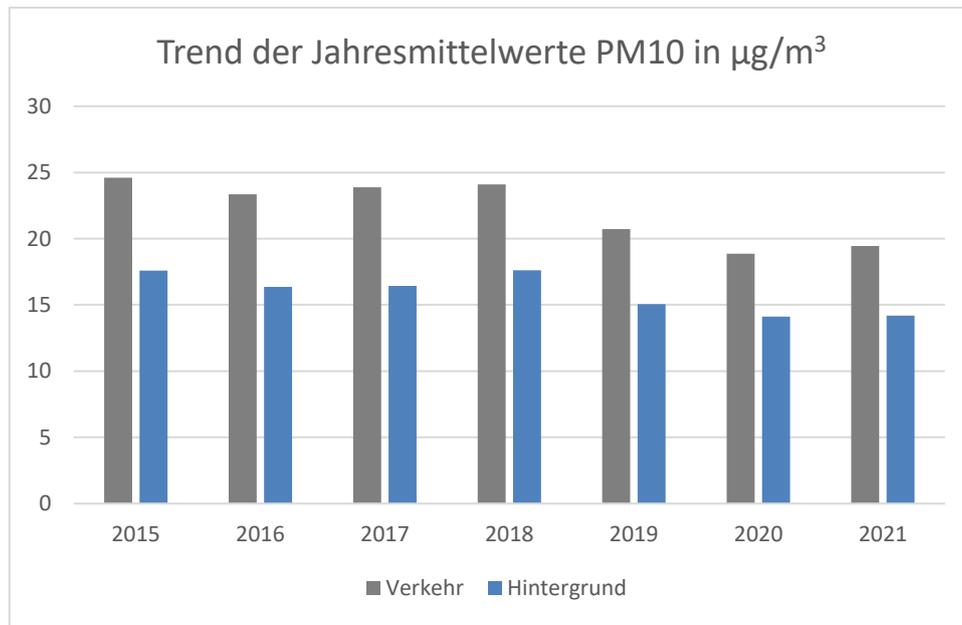


Abbildung 8: Trend der PM₁₀-Jahresmittel in µg/m³ für die Stationstypen Verkehr und Hintergrund im Basismessnetz⁷.

6.2.2 Saharastaubepisoden

Das LANUV hat im Jahr 2021 eine neue Methode zur frühzeitigen Erkennung von Saharastaubepisoden entwickelt und diese seit November 2021 in den Messnetzbetrieb übernommen.

Bei diesem automatisierten Verfahren werden täglich die PM₁₀ – Konzentrationen sowie die Verhältnisse von PM_{2,5} zu PM₁₀ an sechs ausgewählten Messstationen untersucht. Diese Messstellen befinden sich am Rande des Messnetzgebiets, um den Einfluss von Saharastaubepisoden möglichst frühzeitig zu erkennen. Zum anderen gehören diese Messstellen zu den städtischen und ländlichen Hintergrundstationen, an denen sich eine plötzliche Erhöhung der Feinstaub – Fraktionen durch zusätzlichen Saharastaub im Gegensatz zu Verkehrsstationen am besten zeigt.

Als erster Indikator zur Früherkennung von Saharastaubepisoden dienen ungewöhnlich hohe – für Wüstenstaub typische - PM₁₀ – Konzentrationen ≥ 75 µg/m. Wird dieser Wert an mindestens einer der sechs Messstationen über einen Zeitraum von 3 Stunden überschritten, erfolgt die automatische Überprüfung des Verhältnisses von PM_{2,5} zu PM₁₀.

⁷ https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/2019_02_22_Messstellen_Dokumentation.pdf (nrw.de)

Forschungen haben gezeigt, dass der Großteil dieser Wüsten-Feinstaubpartikel im PM_{10} -Bereich zu finden ist. Für das Verhältnis von $PM_{2,5}$ zu PM_{10} ergibt sich daraus in der Regel ein für Nordrhein-Westfalen untypisch geringer Wert zwischen 0,1 und 0,5 während einer Saharastaubepisode. Zur automatischen Früherkennung von Saharastaub wird deshalb ein $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis von $< 0,5$ als zweiter Indikator benutzt.

Zusätzlich werden nach Auslösen einer automatischen Saharastaub-Warnung Modellierungsergebnisse und filterbasierte Feinstaubmessungen herangezogen. Dabei werden Rückwärtstrajektorien⁸ berechnet und die Ergebnisse des Chemietransportmodells EURAD-IM⁹ sowie Satellitenbeobachtungen und Modellrechnungen aus dem ESA Projekt Copernicus¹⁰ ausgewertet (siehe Abbildung 9). Damit lässt sich bestimmen, ob die Luftmassen Saharastaub enthalten können.

Im letzten Schritt werden Filterproben auf metallische Inhaltsstoffe analysiert. Saharastaub enthält im Vergleich zu anderen Stäuben vor allem hohe Anteil der Erdkrustenmetalle Eisen und Calcium. Aus dem Verhältnis von PM_{10} zu $PM_{2,5}$ sowie aus den Anteilen von Eisen und Calcium im Feinstaub kann auf den Beitrag des Saharastaubs zur PM_{10} -Belastung geschlossen werden.

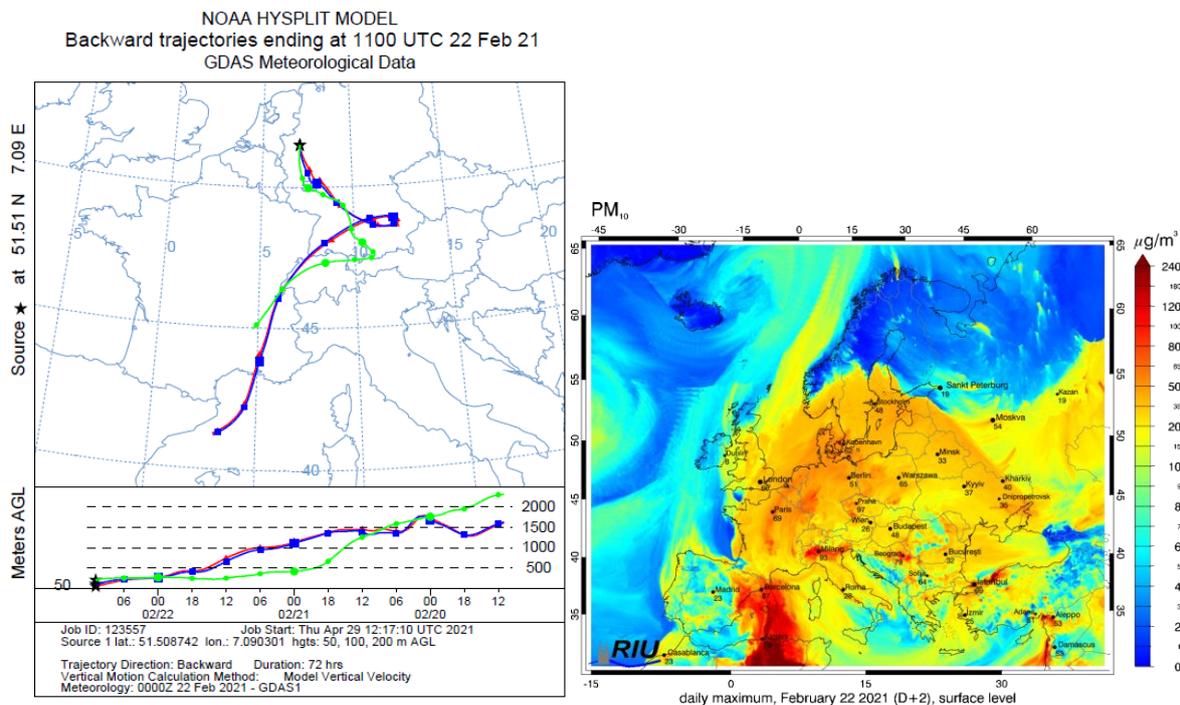


Abbildung 9: Rückwärtstrajektorien⁸ und Feinstaubkonzentration über Europa (Modellergebnisse EURAD-IM) am 22.02.2021

Im Jahr 2021 wurde an insgesamt sechs Tagen Saharastaub mit der Luftströmung nach Nordrhein-Westfalen transportiert. Der Zeitraum dieser Episoden war Ende Februar und Anfang März.

⁸ <https://www.ready.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl?runtype=archive>

⁹ https://www.fz-juelich.de/iek/iek-8/DE/Leistungen/Infrastruktur/Luftqualitaetsvorhersagen/Luftqualitaetsvorhersagen_node.html

¹⁰ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus

6.2.3 Messungen von Ultrafeinen Partikeln

Als Ultrafeinstaub oder ultrafeine Partikel (UFP) werden alle festen und flüssigen luftgetragenen Teilchen mit einem Durchmesser kleiner als 100 Nanometer (nm) bezeichnet, die aufgrund ihrer geringen Größe und somit verschwindend kleinen Masse kaum zum Budget der Feinstaub-Fraktionen $PM_{2,5}$ und PM_{10} beitragen. Im Gegensatz dazu sind sie aber für die Gesamtpartikelanzahlkonzentration der in der Luft getragenen Partikel bestimmend.

Da es bisher keine gesetzlichen Regelungen zu UFP gibt und internationale Standards gerade in der Überarbeitung sind, werden in NRW regelmäßige UFP-Messungen derzeit nur im Auftrag des LANUV durch das Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) an einer städtischen Hintergrundstation in Mülheim-Styrum durchgeführt. Diese Messungen erfolgen mit einem Mobilitätsspektrometer, welches Partikel durch größenspezifische Zählung in einem Bereich von 10 bis 500 nm, d. h. sowohl aus dem Ultrafein- als auch Feinstaubbereich, erfasst. Daraus resultierende Anzahlgrößenverteilungen werden üblicherweise in einer ‚normierten‘ Darstellungsform präsentiert, bei der die Partikelanzahlkonzentration N pro Kubikzentimeter (cm^3) auf die logarithmische Breite des jeweiligen Größenkanals D_p (Partikeldurchmesser) normiert wird. Abbildung 10 veranschaulicht dieses Verfahren für Jahresmittelwerte der Jahre 2018 bis 2020. Die Anzahlgrößenverteilung für 2021 wird nicht angezeigt, da für die Berechnung aufgrund eines technischen Fehlers am Mobilitätsspektrometer nicht genügend Daten vorliegen.

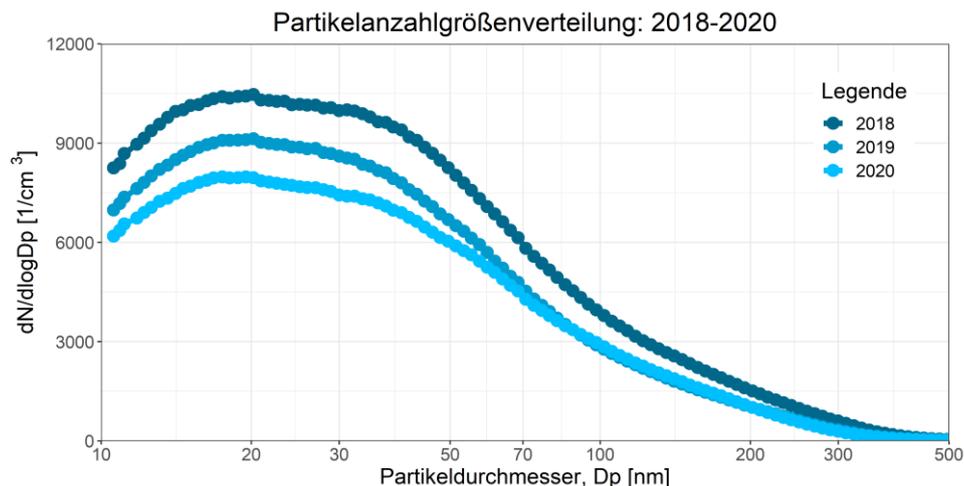


Abbildung 10: Vergleich der über das Jahr gemittelten Anzahlgrößenverteilungen (Median) für die Jahre 2018 bis 2020 an der Station Mülheim-Styrum.

Die mittlere Anzahlgrößenverteilung am Standort Mülheim-Styrum ergibt sich aus der Überlagerung mehrerer Partikelquellen. Dabei weisen UFP die höchsten Konzentrationen auf und sind in urbanen Regionen über das Jahr gemittelt hauptsächlich auf anthropogene Verbrennungsquellen zurückzuführen (z. B. Straßenverkehr, Industrieabgase). Größere Partikel mit Durchmessern ab ca. 100 nm stammen zwar ebenfalls zu einem Großteil aus anthropogenen Verbrennungsquellen, werden dabei aber entweder direkt emittiert oder stellen über die Zeit gealterte und im Durchmesser (durch Ablagerungen auf der Partikeloberfläche) angewachsene Partikel dar.

Aus den Jahresmittelwerten der Anzahlgrößenverteilungen der Jahre 2018 – 2020 lässt sich zum einen ablesen, dass sich die Zusammensetzung dieser Partikelquellen im untersuchten Zeitraum kaum verändert hat, da die Form der Verteilung (unabhängig von der Konzentration)

in etwa gleichbleibend ist. Zum anderen zeigen die Messdaten aber auch eine größere Fluktuation der Gesamtpartikelanzahlkonzentration über die Jahre hinweg, wie in Tabelle 4 verdeutlicht (zum Ablesen der Partikelanzahlkonzentration ist Abbildung 10 nur bedingt geeignet, da es sich um eine normierte Darstellungsform handelt).

Tabelle 4: Jahresmittelwerte der in Mülheim-Styrum gemessenen Partikelanzahlkonzentrationen für die Jahre 2018 bis 2020 für verschiedene Größenbereiche.

Jahr	Partikelanzahlkonzentration, (1/cm ³)		
	10 – 100 nm	100 – 500 nm	10 – 500 nm
2018	9780	1165	10945
2019	8855	960	9815
2020	7075	800	7875

6.2.4 Ruß EC/BC

Ruß in PM₁₀

Ruß entsteht unter anderem durch unvollständige Verbrennungsprozesse. Als Quellen sind beispielsweise das Heizen mit Kohle oder Holz, aber auch die Verbrennung von Diesel in Dieselmotoren zu benennen. Durch seine geringe Größe leistet Ruß allerdings einen eher niedrigen Massebeitrag von maximal 10 % in PM₁₀. Ein erhöhter Anteil von ca. 75 % liegt dagegen bei der Fraktion des PM₁ vor¹¹.

Ruß besteht vor allem aus elementarem Kohlenstoff und absorbiert aufgrund seiner schwarzen Farbe sehr gut Licht. Diese beiden Eigenschaften machen sich die zwei vom LANUV verwendeten Messverfahren zur Bestimmung von Ruß zu Nutze. Beruht die Messung auf Lichtabsorption, so spricht man bei der ermittelten Messgröße von black carbon (BC) oder schwarzem Kohlenstoff. Wird Ruß dagegen über ein thermooptisches Verfahren bestimmt, wird die Messgröße als elementarer Kohlenstoff (EC) angegeben. Bei dieser thermooptischen Analyse steht die chemische Zusammensetzung von Ruß im Vordergrund. Für die Bestimmung von EC gibt es ein europaweit genormtes Verfahren (DIN EN 16909). Bei diesem Verfahren wird neben der Konzentration von EC auch die Konzentration von OC (organischer Kohlenstoff) gemessen. Dieser organische Kohlenstoff besteht aus sehr unterschiedlichen Komponenten, die sich je nach Quelle stark unterscheiden können.

EC und BC sind die wichtigen Größen in der Rußbestimmung. Sie sind nicht identisch. Es ist daher wichtig, bei der Angabe von Ruß zu berücksichtigen, wie dieser ermittelt wurde und was genau gemeint ist.

¹¹ [VDI-Statusreport Ruß in luftgetragener Feinstaub - 2016-09; <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/vdi-statusreport-russ-in-luftgetragener-feinstaub>]

Die aktuellen Empfehlungen der WHO enthalten die Messungen von Ruß als EC und BC. Ein Grenz- oder Zielwert ist nicht definiert. Mit Entscheidung der WHO aus dem Jahr 2012 ist Dieselruß als Karzinogen der Klasse 1 einzustufen¹².

Im LANUV kommen sowohl das Referenzverfahren für die Bestimmung von EC und OC als auch Verfahren zur Bestimmung von BC zum Einsatz.

Ruß bestimmt als EC

Seit 2016 wird im LANUV elementarer Kohlenstoff (EC) nach dem europaweit genormten Verfahren DIN EN 16909 bestimmt. Es handelt sich um ein sehr aufwändiges Verfahren. In 2016 wurde zunächst an vier Stationen mit den Messungen begonnen, hierunter eine Industriestation, eine Hintergrundstation und zwei Verkehrsstationen. Das Programm wurde sukzessive ausgeweitet auf aktuell acht Stationen. Um den Jahresmittelwert zu bestimmen, ist es ausreichend, die Messung an jedem 6. Tag aus PM₁₀ durchzuführen.

Die Messergebnisse für EC finden sich in Tabelle 5.

Tabelle 5: EC Jahresmittelwerte 2016 – 2021.

Stationen	Stationsart	Kürzel	EC (µg/m³)					
			2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bottrop-Welheim	Industrie	BOTT	1,2	1,2	1,1			
Bielefeld-Ost	Hintergrund	BIEL				0,6	0,5	0,5
Köln-Chorweiler	Hintergrund	CHOR					0,5	0,5
Soest-Ost	Hintergrund	SOES					0,3	0,3
Mülheim-Styrum	Hintergrund	STYR	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5
Düsseldorf Corneliusstraße	Verkehr	DDCS	1,6	1,5	1,3	1,1	0,8	0,9
Aachen Wilhelmstraße	Verkehr	VACW			1,1	1,0	0,8	0,8
Duisburg Kardinal-Galen-Straße	Verkehr	VDUI	1,0	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7
Köln Turiner Straße	Verkehr	VKTU					0,6	0,6

An Verkehrsmessstellen sind die EC-Konzentrationen deutlich höher als im Hintergrund, z. B. lag 2021 die EC-Konzentration an den Verkehrsstationen zwischen 0,6 und 0,9 µg/m³; an den Hintergrundstationen hingegen zwischen 0,3 und 0,5 µg/m³. Die Konzentrationen haben in den letzten Jahren abgenommen, in 2021 stagnierten die Werte.

Ruß bestimmt als BC

Bei der Bestimmung von Ruß als black carbon wird die starke Lichtabsorption in verschiedenen Wellenlängenbereichen genutzt. Im nachfolgenden sind die BC-Werte für den infraroten Bereich (880 nm) angegeben. Die Messungen erfolgen mit Hilfe eines Aethalometers. Hierfür stehen sowohl online-Geräte zur Verfügung, mit denen auch Stundenmittelwerte bestimmt

¹² [VDI-Statusreport Ruß in luftgetragendem Feinstaub - 2016-09; <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/vdi-statusreport-russ-in-luftgetragendem-feinstaub>]

werden können, als auch ein offline-Gerät, welches die Tagesmittelwerte aus den Filterproben bestimmt.

Im Jahr 2021 wurde an insgesamt vier Stellen black carbon (BC) online gemessen und an acht Stellen offline, siehe Tabelle 6. Parallele Messungen erfolgten an der Hintergrundstation in Mülheim-Styrum und an der Verkehrsstation in Duisburg Kardinal-Galen-Straße, mit guten Übereinstimmungen der Jahresmittelwerte.

Tabelle 6: BC (880 nm) Jahresmittelwerte 2021.

Stationen	Stationsart	Kürzel	BC (880 nm) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
			online	offline
Bottrop-Welheim	Industrie	BOTT	0,9	
Köln-Chorweiler	Hintergrund	CHOR		0,8
Duisburg (Rheinhafen)	Hintergrund	DURH	1,0	
Düsseldorf-Lohausen	Hintergrund	DLO2	0,8	
Soest-Ost	Hintergrund	SOES		0,5
Mülheim-Styrum	Hintergrund	STYR	0,8	0,8
Düsseldorf Corneliusstraße	Verkehr	DDCS		1,3
Aachen Wilhelmstraße	Verkehr	VACW		1,1
Duisburg Kardinal-Galen-Straße	Verkehr	VDUI	1,0	1,0
Köln Turiner Straße	Verkehr	VKTU		1,1

An Verkehrsmessstellen sind die BC-Konzentrationen höher als im Hintergrund, z. B. lag 2021 die BC-Konzentration an den Verkehrsstationen zwischen 1,0 und 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; an den Hintergrundstationen hingegen zwischen 0,5 und 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.2.5 Inhaltsstoffe in PM₁₀

Im Rahmen seiner Untersuchungen zur Luftqualität analysiert das LANUV Feinstäube auch auf gesundheitsschädliche Inhaltsstoffe. Dies erfolgte 2021 an 16 Standorten auf Schwermetalle und seine Verbindungen sowie an 20 Standorten auf Benzo[a]pyren.

Die Konzentrationen von **Metallen im PM₁₀** in NRW sind an Hintergrundmessstellen als gering einzustufen. Typische Konzentrationen im städtischen Hintergrund sind 0,01 bis 0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Blei, 0,3 bis 0,8 ng/m³ für Arsen, 0,1 bis 0,2 ng/m³ für Cadmium und 1 bis 2 ng/m³ für Nickel. Da NRW ein Zentrum der Metallindustrie in Deutschland ist, werden an industriell geprägten Messstellen verhältnismäßig hohe Konzentrationen der gesundheitsrelevanten Metalle gemessen:

Die höchsten Jahresmittelwerte für Arsen und Cadmium wurden 2021 in der Umgebung einer Bleihütte in Stolberg gemessen (siehe Tabelle 7). Arsen und Cadmium sind Begleitmetalle bei der Bleierzeugung. Aufgrund der hohen Werte an der in 2020 zusätzlich in Betrieb genommenen Probenahmestelle in der Brauereistraße (STOB) wurde in Stolberg im Januar 2021 ein umfassendes Messprogramm mit insgesamt fünf Probenahmestellen eingerichtet. Durch die

Lage im Tal der Vicht waren Ausbreitungsrechnungen in diesem Fall schwierig. Ziel des Messprogramms war zu klären, wie weit sich die hohen Messwerte in die Wohngebiete erstrecken. In der nachfolgenden Karte (Abbildung 11) sind die Probenahmestellen eingezeichnet.

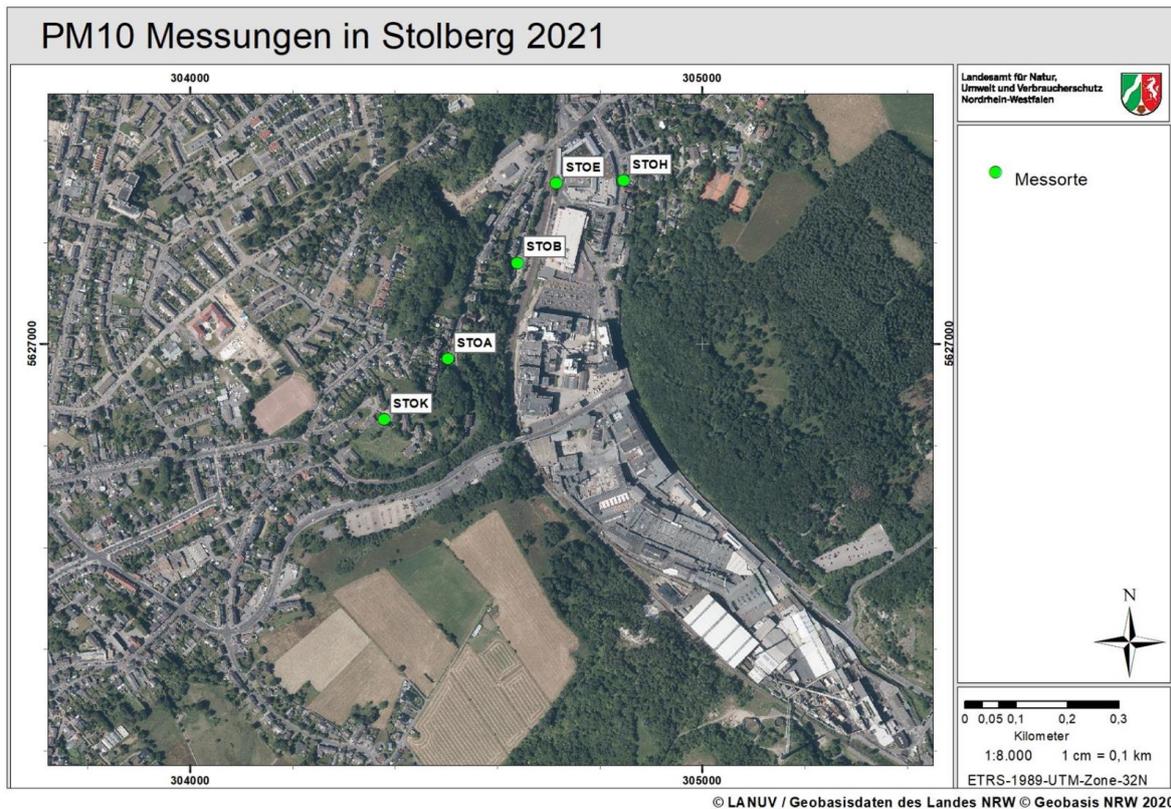


Abbildung 11: Lage der Probenahmestellen im Messprogramm in Stolberg: STOB (Brauereistraße), STOA (Aachener Straße), STOK (Am Kranensterz), STOE (Willi-Brandt-Platz), STOH (Heinrich-Böll-Platz)

In Abbildung 12 und Abbildung 13 ist der Verlauf der Tagesmittelwerte an den Probenahmestellen für die Metalle Arsen und Cadmium eingezeichnet. Nach dem Hochwasser im Juli 2021 war die Industrieanlage für etwa drei Monate außer Betrieb. Das ist an den Messwerten deutlich zu erkennen.

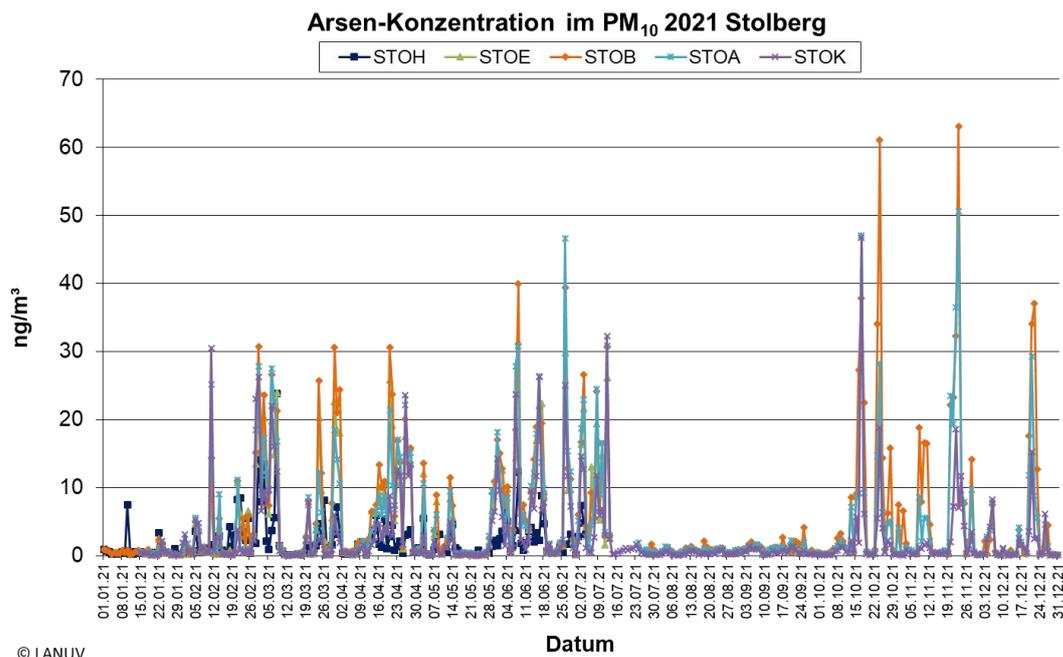


Abbildung 12: Arsen-Konzentration in PM₁₀ 2021 in Stolberg

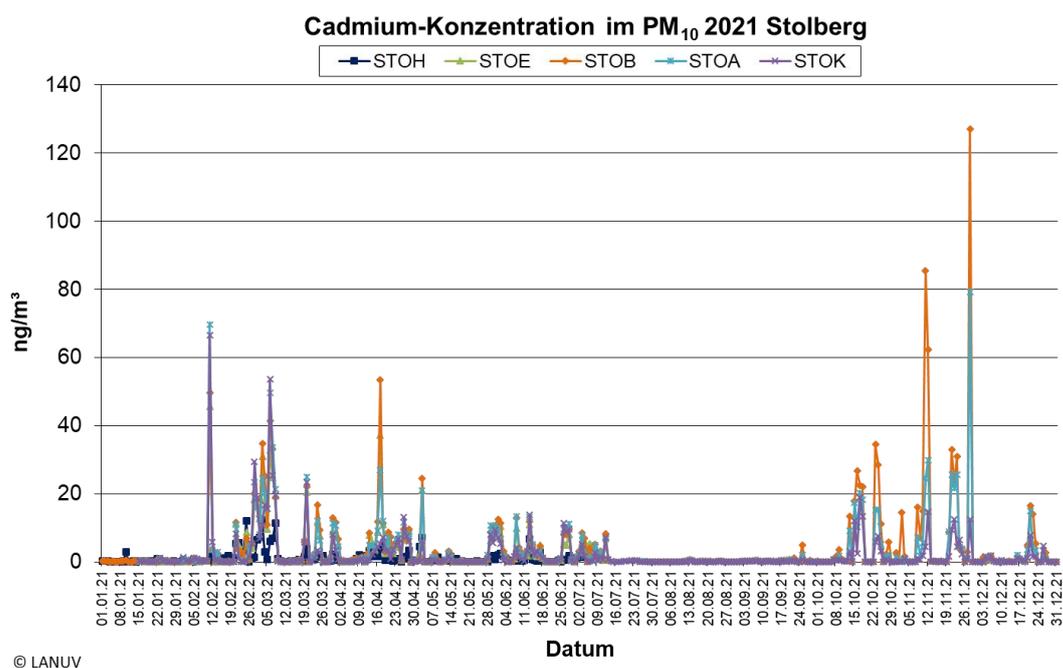


Abbildung 13: Cadmium-Konzentration in PM₁₀ 2021 in Stolberg

Durch das Hochwasser konnten die Messungen an zwei der Probenahmestellen (STOE und STOH) nicht fortgeführt werden. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Mittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen sowie der gemessenen Metallgehalte an allen Probenahmestellen bis zum Zeitpunkt des Hochwassers. Tabelle 8 zeigt den Vergleich für die drei Probenahmestellen, die weiterbetrieben werden konnten.

Tabelle 7: Mittelwerte der Metallgehalte in PM₁₀ an den Probenahmestellen in Stolberg vom 01.01.2021 – 04.07.2021 (bis zum Hochwasser)

Station	PM10 µg/m ³	Blei µg/m ³	Cadmium ng/m ³	Nickel ng/m ³	Arsen ng/m ³
Aachener Straße STOA	16	0,08	4,3	0,9	5,5
Brauereistraße STOB	15	0,09	4,2	0,7	5,7
Am Kranensterz STOK	15	0,05	3,3	0,8	3,7
Willi-Brandt-Platz STOE	15	0,08	3,9	0,9	5,3
Heinrich-Böll- Platz STOH	15	0,03	1,2	0,7	2,1

Tabelle 8: Jahresmittelwerte der Metallgehalte in PM₁₀ an den Probenahmestellen in Stolberg

Station	PM10 µg/m ³	Blei µg/m ³	Cadmium ng/m ³	Nickel ng/m ³	Arsen ng/m ³
Grenz-/Zielwert	40	0,5	5	20	6
Aachener Straße STOA	15	0,07	3,4	1,0	4,5
Brauereistraße STOB	13	0,09	4,3	1,8	5,3
Am Kranensterz STOK	13	0,04	2,2	0,8	2,7

Wie Tabelle 7 und Tabelle 8 zeigen, konnten die beiden am höchsten belasteten Probenahmestellen (STOB und STOA) ganzjährig weiterbetrieben werden.

Die Grenz- und Zielwerte wurden in Stolberg im Jahr 2021 an allen Probenahmestellen eingehalten. Die Auswertung der Messergebnisse ergibt, dass die Metallgehalte westlich der Vicht deutlich höher sind als östlich. Erhöhte Metallgehalte erstrecken sich bis in die höher gelegenen Wohngebiete, wobei die Konzentrationen deutlich abnehmen. So sind die Jahresmittelwerte am Kranensterz schon deutlich niedriger als in der Aachener Straße. Die drei Probenahmestellen sind weiterhin in Betrieb. Die Messergebnisse für Stolberg können im Internetangebot des LANUV auf einer Sonderseite abgerufen werden¹³.

Die europaweit geltenden Grenz- und Zielwerte für metallische Inhaltsstoffe im Feinstaub PM₁₀ (Verbindungen von Blei, Arsen, Cadmium und Nickel) wurden wie im Vorjahr landesweit eingehalten.

Die Nickelkonzentrationen sind in der Umgebung des Edelstahlwerks in Witten (7,3 ng/m³, Messpunkt WIM3), mehrerer Betriebe für Metallrecycling in Lünen (7,8 ng/m³, Messpunkt LUMI) und in Duisburg Untermeiderich in der Nähe mehrerer Brammenschleifereien

¹³ <https://www.lanuv.nrw.de/sonderuntersuchungsprogramme/stolberg>

(9,7 ng/m³, Messpunkt DUUM) gegenüber der Hintergrundkonzentration erhöht. Hier wurde auch mit einem Jahresmittelwert von 0,22 µg/m³ die höchste Bleikonzentration in NRW gemessen. Ursache hierfür ist ein Stahlwerk, in dem bleihaltiger Stahl produziert wird.

In der Umgebung von Edelstahlwerken ist die Konzentration von Chrom erhöht; sie beträgt in der Umgebung des Edelstahlwerks in Witten 27,5 ng/m³. An einem Werk zur Herstellung von Ferrochrom in Eschweiler beträgt die Chromkonzentration 58,8 ng/m³. Auch an stark befahrenen Straßen sind die Konzentrationen von Chrom, wenn auch in geringerem Maß, erhöht (Düsseldorf-Corneliusstraße: 10,2 ng/m³). Für Chrom existiert kein Grenzwert; für das krebserregende Chromat VI (Verbindungen des „sechswertigen“ Chroms) existiert ein Orientierungswert von 1,7 ng/m³. Für Edelstahlwerke wurden Untersuchungen durchgeführt, nach denen dort weniger als 5 % des Gesamtchroms als Chromat VI vorliegen. Über den Anteil des sechswertigen Chroms am Gesamtchrom liegen für andere Anlagen keine Erfahrungen vor.

An der Messstation Bottrop-Welheim, in der Umgebung einer Kokerei, wurde der Zielwert (1 ng/m³) für **Benzo[a]pyren als Leitkomponente für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)** eingehalten. Hier war eine Reduktion auf 0,6 ng/m³ zu verzeichnen. Die von der Bezirksregierung Münster veranlassten Maßnahmen zur Minderung der PAK-Emissionen der Kokerei führten zu dieser weiteren Absenkung. Die Messergebnisse für Bottrop-Welheim können im Internetangebot des LANUV auf einer Sonderseite abgerufen werden.¹⁴

Neben der Kokerei in Bottrop gibt es in NRW zwei weitere Kokereien in Duisburg. Auch im Umfeld dieser beiden Kokereien wurden 2021 die Jahresmittelwerte für BaP erfasst. In Duisburg-Ehingen (DUEH) lag der BaP-Jahresmittelwert mit 0,5 ng/m³ nur wenig unter dem Wert in Bottrop. In Duisburg Marxloh (DUM2) lag die BaP-Konzentration mit 0,2 ng/m³ deutlich niedriger als an den beiden anderen Standorten.

An Probenahmestellen im städtischen Hintergrund waren die Konzentrationen von Benzo[a]pyren mit 0,1 bis 0,3 ng/m³ deutlich geringer, an der ländlichen Station in Simmerath war die Belastung durch Benzo[a]pyren mit 0,03 ng/m³ nochmals eine Größenordnung niedriger. Benzo[a]pyren wird abseits von industriellen Quellen vor allem durch Heizen mit Kohle und Holz, in geringerem Ausmaß durch den Straßenverkehr, hier vor allem durch Dieselfahrzeuge, freigesetzt.

Der europaweit geltende Zielwert für BaP im Feinstaub PM₁₀ wurde wie im Vorjahr landesweit eingehalten.

¹⁴ <https://www.lanuv.nrw.de/untersuchungsprogramme/bottrop>

6.2.6 PM_{2,5}

Die Konzentration der Feinstaubfraktion PM_{2,5}¹⁵ unterliegt ebenfalls europaweit gültigen Grenzwerten und wurde in NRW im Jahr 2021 an 27 Probenahmestellen gemessen. Abbildung 14 zeigt alle Probenahmestellen zur Bestimmung von Feinstaub-PM_{2,5}.

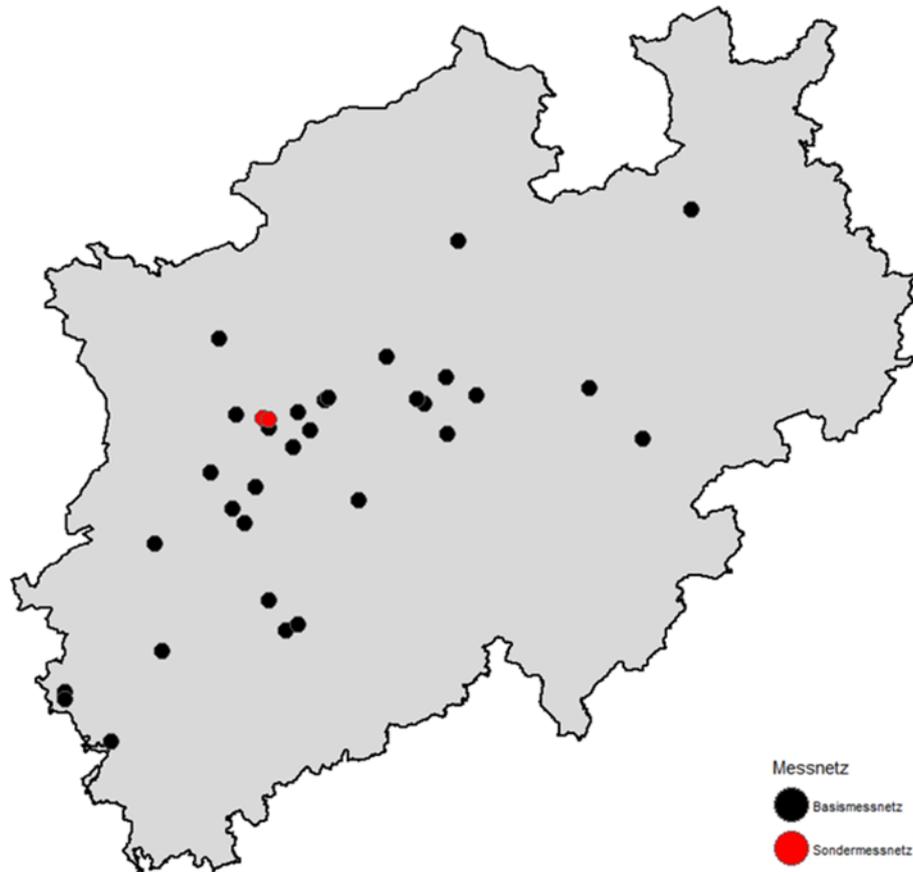


Abbildung 14: Messnetz für PM_{2,5} 2021: Probenahmestellen für Feinstaub PM_{2,5} verteilt in NRW

Im Jahr 2021 wurde der Grenzwert von 25 µg/m³ an allen NRW-Messstationen mit Jahresmittelwerten zwischen 7 (Simmerath) und 14 µg/m³ (Duisburg-Bruckhausen) sicher eingehalten (s. Abbildung 15). Ähnlich wie bei den PM₁₀-Jahresmittelwerten ist auch in der kleineren Feinstaubfraktion PM_{2,5} durchschnittlich keine Abnahme der Jahresmittelwerte im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen.

¹⁵ Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 2,5 µm (genauer Partikel, die einen Einlass mit einer 50% Abscheideeffizienz bei 2,5 µm aerodynamischem Durchmesser passieren).

PM_{2,5} Jahresmittelwerte 2021

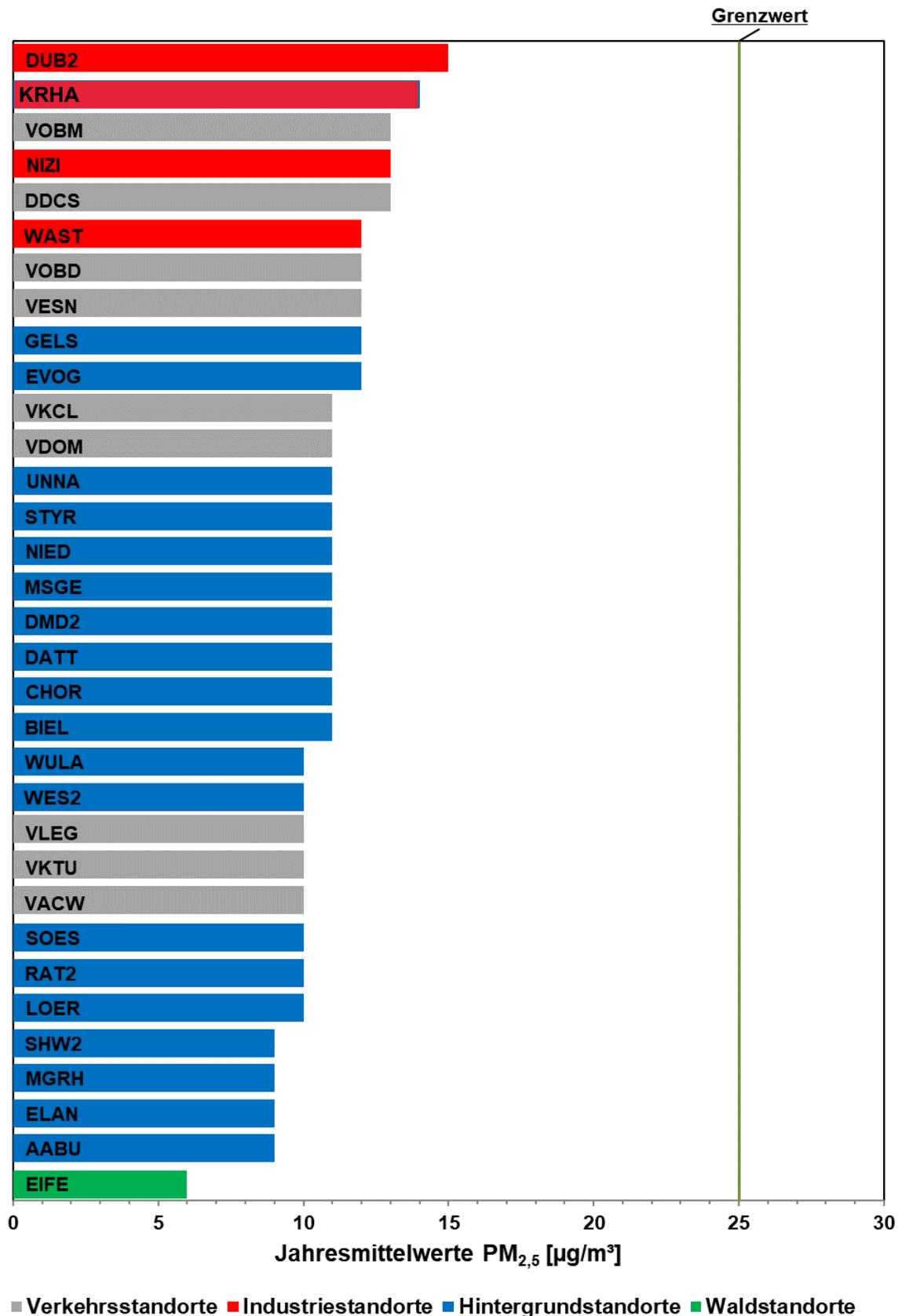


Abbildung 15: PM_{2,5}-Jahresmittelwerte in NRW 2021. Der Grenzwert nach EU Richtlinie als senkrechte Linie.

7 Weitere Luftschadstoffe

7.1 Schwefeldioxid

Die Schwefeldioxidbelastung in NRW wurde im Jahr 2021 an sechs Probenahmestellen erfasst. Die Belastung schwankt ähnlich den Vorjahren zwischen $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Datteln-Hagem und $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Duisburg-Bruckhausen und Duisburg-Walsum. Der Grenzwert für das Jahresmittel liegt nach der TA Luft bei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und wird seit Ende der 1980er Jahre sicher eingehalten.

Bei den kurzfristigen Spitzenwerten (Stundenmittelwerte und Tagesmittelwerte mit anzahlmäßig begrenzter Zulassung von Überschreitungen) wurden für das Jahr 2021 an keiner der Probenahmestellen eine Überschreitung des 1h-Wertes von $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt (24 sind zulässig, siehe Tabelle 2). Beim Tagesmittelwert wurde keine Grenzwertüberschreitung ermittelt.

7.2 Benzol

Die Belastung der Luft durch Benzol wurde im Jahr 2021 durch das LANUV an 31 Probenahmestellen in NRW gemessen. Die Mehrzahl der Messungen von Benzol erfolgt an Verkehrsstationen (18), daneben gibt es zwei Hintergrundstationen und eine Waldstation. Die restlichen 10 Messungen verteilen sich verursacherbezogen auf Bereiche im Umfeld von Raffinerien und Kokereien in Bottrop, Gelsenkirchen, Castrop-Rauxel und Köln. Der Grenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde mit Jahresmittelwerten in der Spanne zwischen $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (EIFE) bis $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bottrop) an keiner Probenahmestelle überschritten (s. Abbildung 16).

In Bottrop im Umfeld der Kokerei ist ein Rückgang der Benzolwerte im Vergleich zum Vorjahr von $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu verzeichnen. Dies könnte an den von der Bezirksregierung Münster veranlassten Maßnahmen zur Minderung der Emissionen der Kokerei liegen.

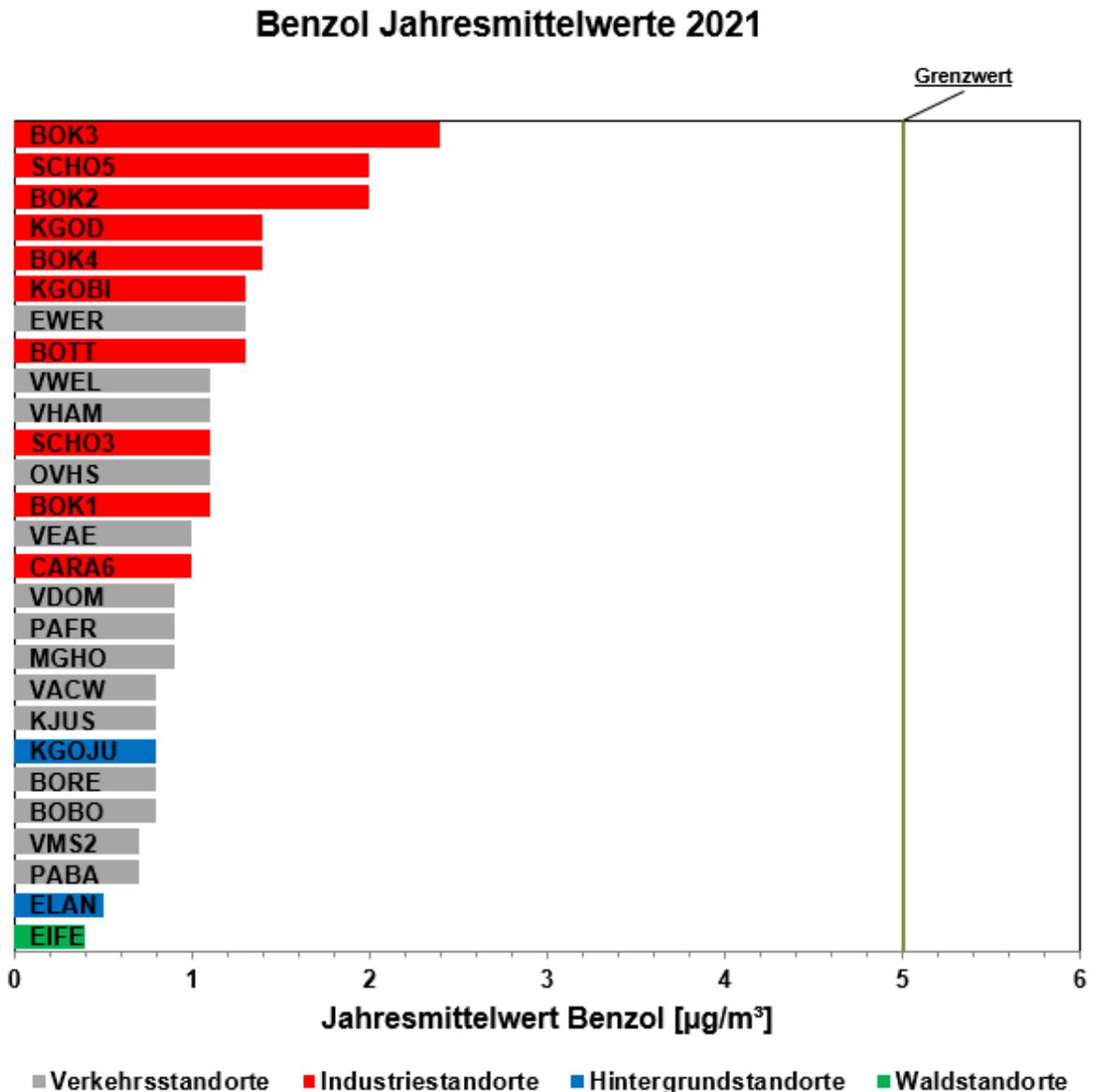


Abbildung 16: Benzol Jahresmittelwerte in NRW 2021. Der gültige EU Grenzwert als senkrechte Linie.

7.3 Ozon

Bei den Ozonmessungen 2021 wurde an den insgesamt 27 Probenahmestellen an 3 Tagen (Vorjahr: 9 Tage) der Informationsschwellenwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stunden-Mittelwert an mindestens einer Station pro Tag) überschritten. Der Alarmwert von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-h-Wert) für bodennahes Ozon wurde in 2021 wie im Vorjahr an keinem Tag überschritten.

An allen Probenahmestellen wurde der Wert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 8-Stunden-Mittelwert an mindestens einem Tag des Jahres überschritten, d.h. das langfristige Ziel zum Schutz der menschlichen Gesundheit vor Ozon wurde, wie auch in den Vorjahren, nicht eingehalten. An durchschnittlich 9 Tagen pro Station überschritt im Jahr 2021 der höchste 8-Stunden-Mittelwert eines Tages den Wert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Für den Zielwert zum Schutz der Gesundheit wird ein 3-Jahres-Zeitraum betrachtet: Im Mittel darf nur an 25 Tagen der Wert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im 8-Stundenmittel überschritten werden. Im LANUV NRW – Jahresbericht zur Luftqualität 2021

Mittelungszeitraum 2019 bis 2021 überschritt nur eine der 27 Stationen, sprich 4 % aller Stationen, diesen Wert an mehr als 25 Tagen. Das ist deutlich weniger als im Vorjahreszeitraum (19 Stationen bzw. 70 %).

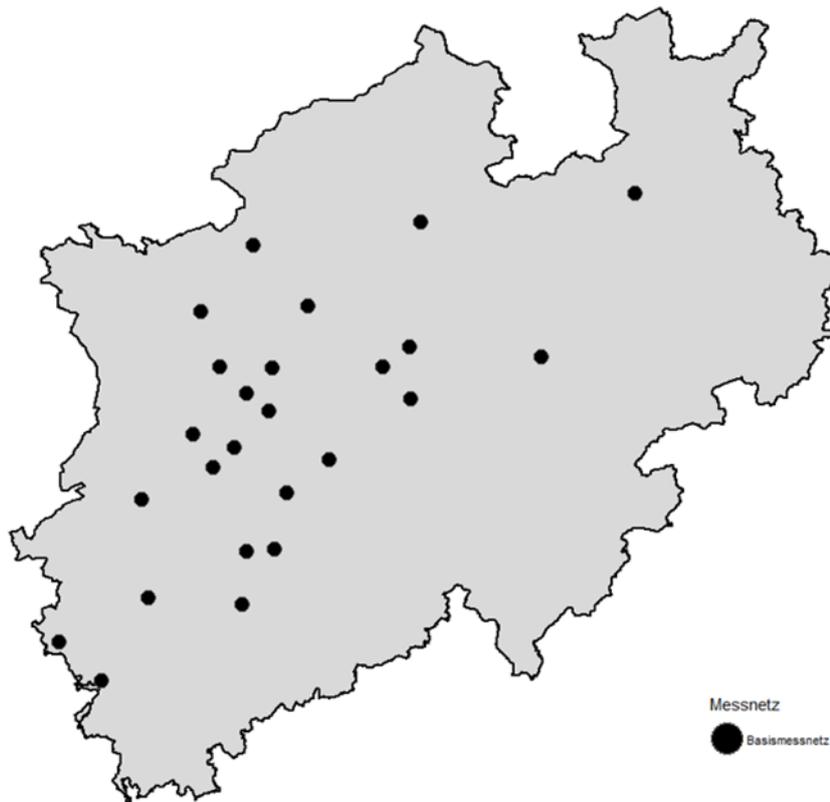


Abbildung 15: Messnetz für Ozon 2021: Probenahmestellen für Ozon verteilt in NRW

8 Qualitätssicherung

Im Jahr 2000 war das LANUV (ehemals LUA) eine der ersten Einrichtungen in Europa, die gemäß der neuen internationalen Norm "Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (DIN EN ISO/IEC 17025)" für Luft-Immissionsmessungen begutachtet und akkreditiert wurde.

Darüber hinaus verfügt das LANUV seit 2011 auch über eine Akkreditierung für die Durchführung von Eignungsprüfungen in Form von Ringversuchen im Bereich Luft nach der Norm DIN EN ISO/IEC 17043:2010.

Beide Akkreditierungen wurden bei einer mehrtägigen Überprüfung durch die Deutsche Akkreditierungsstelle DAkkS bestätigt.

8.1 Datenverfügbarkeit

Damit Messergebnisse verwendet werden können, sind in der Luftqualitätsrichtlinie für alle Schadstoffe auch Kriterien für die Datenverfügbarkeit festgelegt. Im Jahr 2021 war dieses Kriterium bei allen ganzjährig betriebenen Messergebnissen des LANUV erfüllt. Lediglich in Stolberg konnte aufgrund der Überschwemmung die Datenverfügbarkeit nicht an allen Stationen eingehalten werden.

8.2 Ringversuche

Bei den Immissionsmessungen sind ein hoher, gleichbleibender Qualitätsstandard sowie die Vergleichbarkeit der gemessenen Werte von großer Bedeutung. Zur Qualitätssicherung sind daher geeignete Verfahren und Messgeräte festgelegt worden. Ergänzende Maßnahmen sind laborinterne Kontrollen und die Teilnahme an Vergleichsmessungen (Ringversuchen).

Das LANUV ist im Rahmen der Umsetzung der EU-Luftqualitätsrichtlinien Nationales Referenzlabor und veranstaltet Ringversuche sowohl für die Messnetze der Bundesländer (mit internationaler Beteiligung aus den Niederlanden und Luxemburg) als auch für nach BImSchG bekannt gegebene Messstellen.

In 2021 fanden Ringversuche für die anorganischen Gase sowohl für die Messnetze der Bundesländer als auch für die nach BImSchG bekannt gegebene Messstellen statt.

8.3 Referenzverfahren/Äquivalenzbericht

In der Luftqualitätsrichtlinie sind für die Messung der Schadstoffe Referenzverfahren festgelegt. Gleichzeitig sind in der Richtlinie Ausnahmen vorgesehen. So fordert die Richtlinie z. B., dass über die Feinstaubkonzentration zeitnah, am besten stündlich aktualisiert, berichtet wird. Das ist mit dem Referenzverfahren aber gar nicht möglich, da dieses Verfahren Probenahme, Konditionierung der Filter und Wägung im Labor vorschreibt. Daher müssen in der Feinstaubmessung auch automatisierte Messverfahren eingesetzt werden.

Um auch für Nicht-Referenzverfahren eine Vergleichbarkeit zu schaffen, fordert die Richtlinie den Nachweis der Gleichwertigkeit. Hierzu gibt es einen Leitfaden. Gleichzeitig ist zum Beispiel in der Norm für die automatisierten PM-Messgeräte das Vorgehen festgelegt. Der Nachweis der Gleichwertigkeit ist in einem Äquivalenzbericht zu dokumentieren.

Im LANUV werden solche Äquivalenzberichte für die Passivsammlermessungen von Stickstoffdioxid¹⁶ sowie für die geforderte Bestimmung von Feinstaub mit automatisierten Messverfahren¹⁷ erstellt.

¹⁶ https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/publikationen/fachberichte?tx_cartproducts_products%5Bproduct%5D=1059&cHash=b47bc36674284ea7922d590a4bc1a1ad

¹⁷ https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/%C3%84quivalenztest_und_Faktorenbestimmung_2020.pdf