

MÜLLER-BBM

BAU | UMWELT | TECHNIK

Luftmessbericht Wuppertal 2018

Luftmessbericht Wuppertal 2018

Auftraggeber:	Stadt Wuppertal Ressort Umweltschutz
Bearbeitung:	Müller-BBM GmbH Fritz-Schupp-Straße 4 45899 Gelsenkirchen Dipl.-Landsch.-ökol. Henning Beuck Dr. Alexander Ropertz M. Sc. Christian Peitzmeier
Bericht-Nr.:	M139 597/03
Datum:	04. Oktober 2019 <i>ersetzt die Versionen vom 27.08.2019 und 27.09.2019</i>
Berichtsumfang:	66 Seiten, davon 51 Seiten Textteil und 15 Seiten Anhang.

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	3
2	Untersuchungsgebiet	4
3	Messorte und Messumfang	5
4	Mess- und Analysenverfahren	8
4.1	Stickstoffdioxid NO ₂ (Passivsammler)	8
4.2	Meteorologische Größen	9
4.3	Qualitätsmanagement, Akkreditierungen, qualitätssichernde Maßnahmen	10
5	Meteorologie im Messzeitraum	12
5.1	Witterungsverlauf 2018	12
5.2	Windrichtung und Windgeschwindigkeit	16
6	Ergebnisse der Messungen und Bewertung	21
6.1	Stickstoffoxide	21
6.2	Feinstaub PM ₁₀ und PM _{2,5}	36
7	Entwicklung des NO₂-Messnetzes in Wuppertal	41
8	Zusammenfassung und Fazit	44
9	Grundlagen und Literatur	47
Anhang A	Beschreibung und fotografische Dokumentation der Messstellen	
Anhang B	Einzelmessergebnisse – Stickstoffdioxid	
Anhang C	Ergebniskalender der meteorologischen Messgrößen Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit an der Messstation Wuppertal Bundesallee für das Jahr 2018	

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadt Wuppertal führt seit vielen Jahren Messungen und Kartierungen durch, um Aufschlüsse über die Luftbelastungssituation im Wuppertaler Stadtgebiet zu erhalten und um diese Erkenntnisse für Maßnahmen zur Luftreinhaltung und die Stadtentwicklung zu nutzen. Ergänzt wird das kommunale Luftmessprogramm durch die Messungen des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW.

Nach wie vor stehen insbesondere die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM₁₀) im Fokus der Diskussion. Auf der Basis der in Wuppertal durchgeführten Luftschadstoffmessungen des LANUV NRW wurde zunächst im Jahr 2008 unter Federführung der Bezirksregierung Düsseldorf ein gesamtstädtischer Luftreinhalteplan für die Stadt Wuppertal erstellt. Dieser Luftreinhalteplan wurde seitdem einmal fortgeschrieben und dient aktuell in der Fassung von 2013 als Instrument zur weiteren Verbesserung der Luftqualität in Wuppertal. Vor dem Hintergrund des anhaltenden Handlungsdrucks steht eine zweite Fortschreibung des Luftreinhalteplans bevor (voraussichtliches Inkrafttreten im Jahr 2020).

Um insgesamt auf räumlich differenzierte, aktuelle und belastbare Messdaten zur Luftqualität zurückgreifen zu können, werden im Stadtgebiet von Wuppertal **neben den kontinuierlichen Messungen des LANUV NRW auch kommunale Messungen von Stickstoffdioxid (NO₂) mittels Passivsammlern** an einer großen Anzahl von Messpunkten durchgeführt. Da die Ausbreitungsbedingungen der bodennahen Atmosphäre neben den Emissionen maßgeblich für die Immissionssituation verantwortlich sind, werden neben den Spurenstoffmessungen auch meteorologischen Daten in Wuppertal erfasst.

Der rechtliche Rahmen der Immissionsmessungen wird durch die 39. BImSchV¹ als nationale Umsetzung verschiedener EU-Richtlinien zur Luftqualität vorgegeben [3]. Die NO₂-Messungen an über 20 Messorten sowie die meteorologischen Messungen werden seit dem Jahr 2009 von der Müller-BBM GmbH durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse sowohl der meteorologischen Messungen als auch der NO₂-Messungen werden nach einer Qualitätsprüfung und nach Abstimmung mit der Stadt Wuppertal unter www.no2-wuppertal.de veröffentlicht. Die Ergebnisse der NO₂-Messungen (Passivsammler) werden aufgrund des Messverfahrens dabei monatlich, die Ergebnisse der meteorologischen Messungen täglich aktualisiert.

Im vorliegenden Luftmessbericht Wuppertal 2018 werden die Beschreibung des Untersuchungsgebietes, die Darstellung der aktuellen Messumfänge und Messorte, die eingesetzten Messverfahren sowie die Messergebnisse und deren Bewertung für das Jahr 2018 detailliert zusammengestellt. Abschließend erfolgt eine Darstellung der insgesamt im Wuppertaler Stadtgebiet erfassten Luftschadstoffdaten für Stickstoffdioxid (NO₂) und Partikel (PM₁₀ und PM_{2,5}).

¹ 39. BImSchV - Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen).

2 Untersuchungsgebiet

Geographische Lage und Topographie

Die Stadt Wuppertal im Bergischen Land zählt mit etwa 360.000 Einwohnern und einer flächenhaften Ausdehnung von 168 km² zum Regierungsbezirk Düsseldorf. Südlich des Ruhrgebietes befindet sich Wuppertal etwa in der geographischen Mitte der Metropolregion Rhein-Ruhr, etwa 30 Kilometer östlich von Düsseldorf, 40 Kilometer nordöstlich von Köln und etwa 23 Kilometer südöstlich von Essen (Abbildung 1).

Wuppertal liegt in einem Bogen der Wupper entlang der Grenze zum Niederbergischen im Norden und den oberbergischen Hochflächen im Süden. Der südöstliche Teil des Stadtgebietes gehört zur Bergischen Hochfläche mit Höhen von bis zu ca. 350 m, die durch tiefe Kerbtäler der Gewässer- und Bachläufe durchschnitten wird. Der nordwestliche Bereich des Stadtgebietes ist Teil des Niederbergischen Hügellandes, das Geländehöhen von bis zu 322 m aufweist. Die Höhe Wuppertals über dem Meeresspiegel beträgt zwischen 101 und 350 Metern.

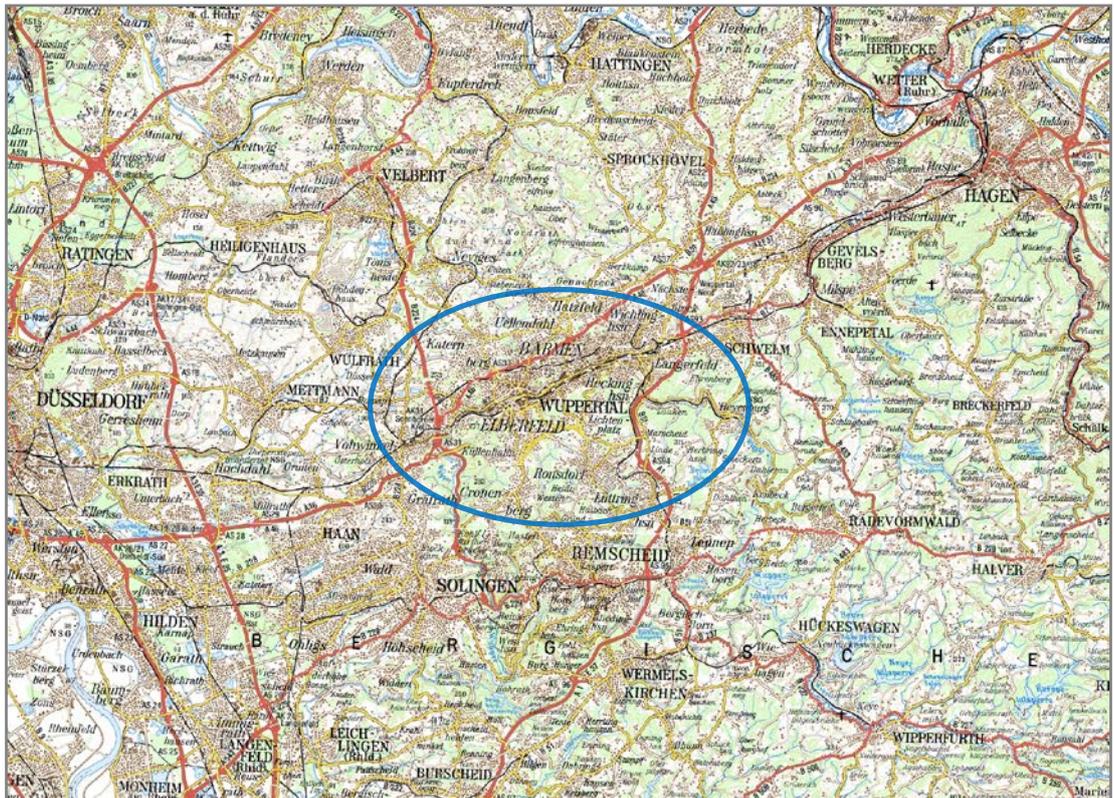


Abbildung 1 Räumliche Lage der Stadt Wuppertal im Bergischen Land [24].

Das Tal der Wupper erstreckt sich im Stadtgebiet mit einer Länge von 33,9 Kilometern überwiegend von Osten nach Westen und weist Aufweitungen mit Breiten von bis zu zwei Kilometern auf, in denen die Stadtzentren Barmen und Elberfeld liegen.

3 Messorte und Messumfang

Zielsetzung/Methodik

Die NO₂-Messungen mittels Passivsammlern werden in Wuppertal seit dem Jahr 1999 durchgeführt, wobei die Anzahl der Messpunkte je nach konkretem Messkonzept variierte (von 2009 bis 2012 an 23, seit 2013 an 24 Messorten). Die kommunalen NO₂-Messungen ermöglichen parallel und in Ergänzung zu den vom LANUV NRW im Wuppertaler Stadtgebiet durchgeführten Immissionsmessungen eine **flächenhafte Bewertung der Luftschadstoffbelastung in Wuppertal** sowie deren zeitliche Entwicklung. Als Messstandorte wurden bislang insbesondere emissionsseitige **Belastungsschwerpunkte** mit teilweise ungünstigen lokalen Austauschbedingungen ausgewählt. Die lufthygienischen Messungen im Stadtgebiet Wuppertal werden ergänzt durch die Erfassung der meteorologischen Grundgrößen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und Windgeschwindigkeit.

Festlegung der Messorte

Die Auswahl und Festlegung der 24 Messstandorte für die NO₂-Passivsammlermessungen im Jahr 2018 erfolgte durch das Ressort Umweltschutz der Stadt Wuppertal in Abstimmung mit dem LANUV NRW und Müller-BBM. Die aktuell beprobten Standorte der NO₂-Messungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1 Aktuell beprobte Standorte für NO₂-Messungen in Wuppertal.

MP-Nr.	Messort / Adresse		Höhe	Beginn	Rechtswert	Hochwert
	Straße / Hausnummer	Stadtteil	m über NN	Jahr	m	m
MP 01	Navigeser Straße 98	Katernberg	214	2006	25 78 552	56 82 417
MP 02	Briller Straße 28	Elberfeld	147	2006	25 79 011	56 80 700
MP 04	Steinbeck 92	Elberfeld	181	2006	25 79 875	56 79 586
MP 05	Hochstraße 63	Elberfeld	171	2006	25 79 680	56 81 311
MP 07	Uellendahler Straße 198	Elberfeld	181	2006	25 80 419	56 82 837
MP 08	Hofkamp 86	Elberfeld	146	2006	25 80 606	56 80 992
MP 09	Friedrich-Engels-Allee 184	Barmen	149	2006	25 81 936	56 81 400
MP 13	Rudolfstraße 149	Barmen	154	2006	25 82 402	56 82 118
MP 14	Schönebecker Straße 81	Barmen	188	2006	25 82 428	56 82 953
MP 16	Steinweg 25	Barmen	159	2006	25 83 358	56 82 617
MP 17	Westkotter Straße 111	Barmen	193	2006	25 84 225	56 83 672
MP 20	Wichlinghauser Straße 70	Barmen	179	2006	25 85 084	56 83 487
MP 21	Berliner Straße 159	Barmen	160	2006	25 85 123	56 82 988
MP 22	Heckinghauser Straße 159	Barmen	166	2006	25 85 196	56 82 547
MP 24	Staasstraße 51	Ronsdorf	274	2006	25 83 808	56 77 532
MP 27	Bundesallee 30	Elberfeld	142	2007	25 79 293	56 80 403
MP 28	Schwarzbach 78	Barmen	171	2007	25 85 587	56 83 482
MP 33	Kaiserstraße 32	Vohwinkel	162	2007	25 74 963	56 78 028
MP 34	Haeseler Strasse 94	Vohwinkel	140	2007	25 76 023	56 78 403
MP 38	Friedrich-Engels-Allee 308	Barmen	155	2008	25 82 670	56 81 806
MP 43	Eugen-Langen-Straße 23	Vohwinkel	137	2014	25 76 225	56 78 643
MP 45	Varresbeckerstraße 122	Elberfeld	154	2016	25 77 121	56 80 230
MP 46	Schützenstraße 74	Barmen	188	2016	25 83 157	56 83 417
MP 47	Gewerbeschulstraße 54	Barmen	172	2016	25 83 981	56 82 201

Die nicht fortlaufende Nummerierung der derzeit realisierten Messstellen ist auf die seit mehreren Jahren kontinuierliche Fortschreibung des NO₂-Messprogramms in Wuppertal zurückzuführen. Um eine eindeutige Zuordnung der Messergebnisse auch in der langjährigen Entwicklung zu gewährleisten, wurden die Nummern der Messpunkte, die nicht mehr beprobt wurden, nicht wiederverwendet.

Gegenüber dem Messjahr 2017 wurde das Messnetz in 2018 nicht verändert. Die im Jahr 2016 neu in Betrieb genommenen Messpunkte MP 45 (Varresbeckerstraße 122), MP 46 (Schützenstraße 74) und MP 47 (Gewerbeschulstraße 54) waren auch in 2018 weiterhin Bestandteil des Messnetzes.

Die folgende Abbildung 2 zeigt die räumliche Verteilung der in Tabelle 1 aufgeführten Messorte im Jahr 2018 im Stadtgebiet von Wuppertal.

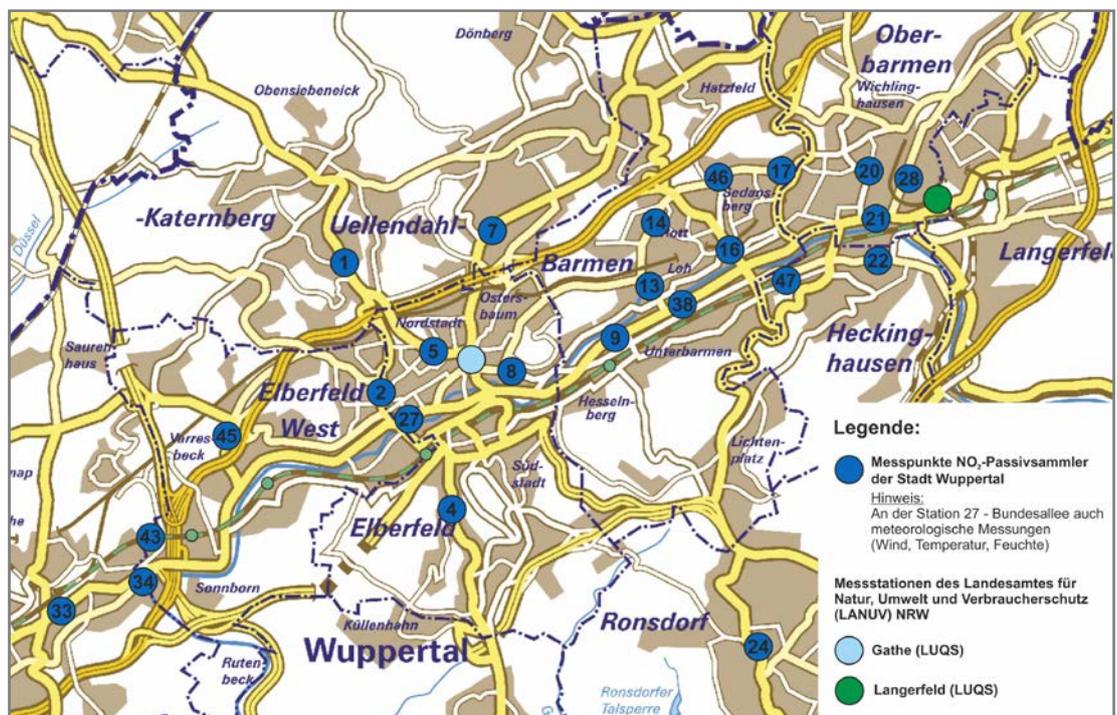


Abbildung 2 Räumliche Verteilung der kommunalen Messorte MP 1 bis MP 47 sowie der LANUV Messstandorte (LUQS) im Stadtgebiet von Wuppertal im Jahr 2018.

Die Messstation an der Bundesallee (MP 27) nimmt in dem in Tabelle 1 dargestellten Messprogramm eine gewisse Sonderrolle ein. Während alle anderen 23 Messorte mehr oder weniger stark ausgeprägte Belastungsschwerpunkte repräsentieren, handelt es sich bei der Station Bundesallee um eine Überdachstation in 30 m Höhe zur Erfassung des innerstädtischen Hintergrundes für NO₂ in Wuppertal.

Ergänzend enthält der Anhang A die Beschreibung und fotografische Dokumentation der aktuell in Betrieb befindlichen Messorte MP 01 bis MP 47 im Stadtgebiet. Zudem ist in Abschnitt 7 die gesamte Entwicklung des NO₂-Messnetzes in Wuppertal seit dem Jahr 2006 dargestellt und beschrieben.

Messumfang

An den in Tabelle 1 aufgeführten Messorten MP 1 bis MP 47 in Wuppertal wurde, in Anlehnung an die Aufgabenstellung und Zielsetzung der Messungen, die folgende Komponente messtechnisch bestimmt:

Tabelle 2 Messumfang an den Messpunkten MP 1 bis MP 47.

Nr.	Schadstoffe/Komponenten	Zeitliche Auflösung
1	Stickstoffdioxid NO ₂	Monatswerte

Zur Erfassung der meteorologischen Daten in einer zeitlichen Auflösung von Halbstundenmittelwerten wird an der Bundesallee (MP 27) eine Überdachstation an der katholischen Hauptschule Wuppertal-West betrieben. Zudem wird dort auch NO₂ erfasst. Die Station repräsentiert den innerstädtischen Hintergrund für NO₂ in Wuppertal.

Messzeitraum

Die NO₂-Messungen und die meteorologischen Messungen werden in Wuppertal kontinuierlich durchgeführt. Im Rahmen des vorliegenden Luftmessberichtes 2018 werden die **Ergebnisse für das Messjahr 2018** dargestellt und bewertet. Die konkreten Probenahmezeiträume für die NO₂-Messungen der jeweiligen Einzelmonate können Tabelle 10 in Anhang B entnommen werden. In Anhang C befindet sich der Ergebniskalender der meteorologischen Messgrößen (Tabelle 11 bis Tabelle 13).

4 Mess- und Analysenverfahren

4.1 Stickstoffdioxid NO₂ (Passivsammler)

Die Messungen von Stickstoffdioxid (NO₂) werden an den aktuell 24 Messorten in Wuppertal mit sogenannten Passivsammlern durchgeführt. Der Einsatz von Passivsammlern erlaubt aufgrund des Messverfahrens eine einfache und kostengünstige, aber dennoch belastbare Erfassung der NO₂-Konzentrationen zeitgleich an einer großen Anzahl von Messstellen bei vergleichsweise geringem Aufwand.

Die Funktionsweise der Passivsammler basiert auf der Anreicherung von Stickstoffdioxid (NO₂) an einem geeigneten Adsorbens ohne aktive Probenahme. Das Probenahmesystem besteht aus einem Kunststoffröhrchen, an dessen einen Ende sich ein mit Triethanolamin imprägniertes Edelstahl-Drahtsieb als Adsorbens befindet. Das in der Außenluft enthaltene Stickstoffdioxid wird durch Diffusion zu diesem Adsorbens transportiert und dort adsorbiert. Anschließend wird die Stickstoffdioxidmenge im Labor als Nitrit, z. B. mittels Fotometrie, analysiert. Aus der Analytmenge, dem Expositionszeitraum und der Sammelrate wird die mittlere Konzentration im Expositionszeitraum berechnet. Typische Expositionszeiträume liegen im Bereich von zwei bis sechs Wochen. Für die in Wuppertal durchgeführten Messungen wurden Messzeiträume von etwa vier Wochen realisiert, um eine Auswertung auf Monatsmittelwertbasis zu ermöglichen. Zur Verringerung von wind- und turbulenzbedingten Einflüssen befindet sich an der offenen Seite des Probenahmeröhrchens eine Glasfritte. Zum Schutz vor Witterungseinflüssen werden die Sammler in einem nach unten geöffneten Gehäuse eingehängt und exponiert.

Gegenüber dem Referenzverfahren zur Bestimmung von Stickstoffdioxid weisen die Ergebnisse der Passivsammlermessungen eine erhöhte Unsicherheit auf. Nach Untersuchungen des LANUV-NRW sowie auf der Basis eigener Untersuchungen von Müller-BBM können für Jahresmittelwerte die Anforderungen der EU an die Datenqualität für ortsfeste, kontinuierliche Messungen jedoch eingehalten werden [33], [34].

Richtlinien:

DIN EN 16339 (2013-11): Außenluft – Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid mittels Passivsammler

DIN EN 13528 1-3 (2002-12): Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen - Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 1 - 3

Probenahme

Adsorptionseinrichtungen:	Sammelröhrchen NO ₂ (passam ag) - Komplexierung mit Triethanolamin - Diffusionsbarriere (gesintertes Glas, Typ Vitrapor, ROBU, Porositätsklasse 0, Porenweite 160 – 250 µm)
Expositionsdauer:	etwa 30 Tage
Expositionshöhe:	2 – 4 m über Grund

Probentransfer:	verschlossene Sammelröhrchen
Zeitraum zwischen Ende der Probenahme und Probenaufarbeitung:	max. 2 Wochen
Probenlagerung:	lichtgeschützt, Temperatur < 20 °C

Analysenverfahren

Die Analyse erfolgt nach wässriger Extraktion und Umsetzung mit Farbreagenz nach DIN EN 16339 mittels Fotometrie.

UV-VIS-Fotometer:	Shimadzu/UV-Mini-1240/Perkin-Elmer L35 Prüfmittel-Nr. 7059/8075
Wellenlänge:	550 nm
Standards:	Nitritlösungen als externe Standards

Verfahrenskenngrößen

Querempfindlichkeiten:	keine
Sammelrate:	0,734 ml/min (gemäß [35])
Absolute Nachweisgrenze:	0,05 µg/Probe
Relative Nachweisgrenze:	1,7 µg/m ³ bei 30-tägiger Exposition
Messunsicherheit:	< 15% (erw. Messunsicherheit, bezogen auf 40 µg/m ³ , bei einem Vertrauensbereich von 95 % und einem Erweiterungsfaktor von k=2)

4.2 Meteorologische Größen

Die meteorologischen Größen Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit wurden mit einer automatischen Messstation an der Messstelle Bundesallee 30 (MP 27) erfasst und gespeichert. Die Überdachstation befindet sich in einer Höhe von 30 m über Grund sowie 6 m über Firstniveau.

Die Messdaten werden mit einem automatischen Datenlogger erfasst, zu Halbstundenmittelwerten verdichtet und täglich mittels GSM-Modem in einer Messnetzzentrale dokumentiert und gesichert. Einmal täglich erfolgt zudem eine Aktualisierung der meteorologischen Daten unter www.no2-wuppertal.de.

Innerstädtische meteorologische Messungen sind im Hinblick auf Messstandorte, die Zielsetzung der Messung sowie die Anwendbarkeit der Messdaten differenziert zu betrachten. Bodennahe Messungen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit innerhalb der Bebauungsstruktur (z. B. innerhalb einer Straßenschlucht) sind immer nur für eine sehr eingeschränkte räumliche Ausdehnung repräsentativ. Die an der Bundesallee erfassten meteorologischen Größen (insbesondere Windrichtung und -geschwindigkeit) in 30 m Höhe über Grund sind demgegenüber für eine deutlich größere Fläche repräsentativ.

Richtlinien:

VDI 3786, Blatt 1 (2013-08): Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen – Grundlagen

VDI 3786, Blatt 2 (2018-05): Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung – Wind

VDI 3786, Blatt 3 (2012-10): Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen – Lufttemperatur

VDI 3786, Blatt 4 (2013-06): Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen – Luftfeuchte

Messsystem:	Datalogger MeteoLOG TDL 14 Typ 9.1740.10.000 Adolf Thies GmbH & Co. KG Serien-Nr. 0209312 / PMV 7254
Windgeschwindigkeit:	Schalensternanemometer „compact“ Typ 4.3519.00.700 / Serien-Nr. 0612 0900
Windrichtung:	Windfahne „compact“ Typ 4.3129.60.700 / Serien-Nr. 0612 0179
Lufttemperatur:	Hygro-Thermogeber „compact“ Typ 1.1005.54.000 / Serien-Nr. 83175 Messelement: Pt 100 Klasse B
Luftfeuchte:	Hygro-Thermogeber „compact“ Typ 1.1005.54.000 / Serien-Nr. 83175 Messelement: Kapazitiv

4.3 Qualitätsmanagement, Akkreditierungen, qualitätssichernde Maßnahmen

Die Müller-BBM GmbH betreibt ein Qualitätsmanagementsystem und ein nach BS OHSAS 18001 zertifiziertes Arbeits- und Gesundheitsschutz-Managementsystem. Weitere Informationen finden Sie unter www.MuellerBBM.de.

Müller-BBM ist gemäß § 29b des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in Verbindung mit der Bekanntgabeverordnung (41. BImSchV) als sachverständige Stelle bekannt gegeben. Die Bekanntgabe umfasst die Ermittlung der Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen, Geräuschen und Erschütterungen, die Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus und der Funktion sowie die Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Emissionsmesseinrichtungen und die Überprüfung von Verbrennungsbedingungen. Detaillierte Informationen hinsichtlich der Stoff- und Tätigkeitsbereiche gemäß der Gruppeneinteilung der 41. BImSchV sind im Recherche-system Messstellen und Sachverständige unter www.resymesa.de veröffentlicht.

Die Prüflaboratorien für Schall, Schwingungen, elektromagnetische Felder und Licht, für Immissionsschutz, Gefahrstoffmessungen und chemische Analytik und das akustische Prüflaboratorium für Materialien, Bauteile und Geräte sowie das Kalibrierlaboratorium für Beschleunigung und akustische Messgrößen sind nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert. Die Akkreditierungsurkunden können unter www.MuellerBBM.de heruntergeladen werden.

Neben den allgemeinen, im Qualitätsmanagement der Firma Müller-BBM beschriebenen Maßnahmen, werden folgende spezifische Vorgehensweisen berücksichtigt:

Für alle Messparameter wurden über den Messzeitraum hinweg wiederholt Leerwerte (Blindproben) mitanalysiert, aus deren Ergebnissen die Nachweisgrenze des jeweiligen Verfahrens ermittelt werden kann. Alle Messungen mittels Passivsammlern erfolgen grundsätzlich als Doppelbeprobung. Im Rahmen der Qualitätssicherung der Passivsammlermessungen werden zusätzlich kontinuierliche Vergleichsmessungen zwischen NO₂-Passivsammlern und eignungsgeprüften, kontinuierlichen NO₂-Messsystemen (Referenzverfahren Chemilumineszenz) durchgeführt.

5 Meteorologie im Messzeitraum

Zusätzlich zu den lufthygienischen Messkomponenten werden an der Station Wuppertal-Bundesallee die meteorologischen Größen Lufttemperatur, relative Luftfeuchte sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit kontinuierlich erfasst. Die Aufzeichnungen liegen für den Zeitraum vom 01. Januar bis zum 31. Dezember 2018 als Halbstundenmittelwerte vor; für jedes Halbstundenintervall und jede Messgröße wurden ferner jeweils die höchsten und die niedrigsten Einzelmesswerte festgehalten (Extremwerte; siehe Anhang C). Die Datenverfügbarkeit für den Messzeitraum beträgt 100 %. Die meteorologischen Größen dienen u. a. der Beurteilung der Immissionssituation.

Im Jahresverlauf kann es in Abhängigkeit der Witterungs- und Ausbreitungsbedingungen zu einer Akkumulation von Luftschadstoffen in der bodennahen Atmosphäre kommen. Insbesondere stabile Hochdruckwetterlagen sind oftmals mit geringen horizontalen Windgeschwindigkeiten und somit einer eingeschränkten Durchmischung der Grenzschicht verbunden. Bei niedrigen Tagesmittelwerten der Windgeschwindigkeit ist die Austauschfähigkeit der Atmosphäre eingeschränkt. In den Wintermonaten können sich unter Hochdruckeinfluss über Tage andauernde stabile Ausbreitungsbedingungen in Verbindung mit Inversionen ausprägen. Dies führt im Allgemeinen zu einer Anreicherung von Luftschadstoffen und damit unter anderem zu einem starken Anstieg der Konzentration von Stickstoffdioxid NO_2 und Feinstaub PM_{10} . In den Sommermonaten sind stabile Hochdruckwetterlagen mit sonniger heißer Witterung verbunden. Hier können sich nächtliche Inversionen mit eingeschränkten Austauschbedingungen ausbilden; tagesperiodische Lokalwinde, wie Talwindssysteme, können entstehen. An vielbefahrenen Straßen kann es besonders abends zu einem Anstieg von Stickstoffdioxid kommen.

5.1 Witterungsverlauf 2018

Der Jahresbeginn 2018 war geprägt von einer milden westlichen Strömung. Tiefdruckgebiete sorgten im Januar für reichlich Niederschlag. Unter dem Einfluss stabiler Hochdruckwetterlagen kam es im Februar 2018 zu einem deutlichen Wetterumschwung. Die Temperaturen kühlten sich merklich ab und sanken insbesondere nachts deutlich unter den Gefrierpunkt.

Die winterliche Witterung wurde ab Mitte April, unter dem Einfluss von hohem Luftdruck, rasch durch frühlingshafte bis sommerliche Temperaturen abgelöst. Bereits Ende Mai 2018 wurde vielerorts die 30 °C Marke erreicht. Das gesamte Frühjahr ist bundesweit im Jahr 2018 sehr trocken ausgefallen.

An das trockene und warme Frühjahr schloss sich ein heißer Sommer an. Unter dem Einfluss eines sehr stabilen Hochs über Osteuropa wurde kontinuierlich trockene Luft aus Südeuropa nach Deutschland gefördert, was landesweit zu einer ausgedehnten Dürre führte. Die sommerlichen Temperaturen konnten sich bis weit in den Herbst fortsetzen. Auch die Trockenheit verschärfte sich im Herbst 2018 noch einmal. Im landesweiten Durchschnitt wurden im Herbst weniger als 100 l/m² Niederschlag registriert. Das ist gegenüber dem langjährigen Mittel weniger als die Hälfte.

Erst im Dezember wurden die stabilen Hochdruckgebiete durch atlantische Tiefausläufer mit reichlich Niederschlag abgelöst. Im Einfluss der Tiefdruckgebiete war der Dezember 2018 sehr mild gegenüber den langjährigen Wetteraufzeichnungen [7]

Lufttemperaturen in Wuppertal

Die Messergebnisse an der Station Wuppertal-Bundesallee (30 m ü. Gr.) für das Jahr 2018 sind in Abbildung 3 sowie in Tabelle 3 den langjährigen Mittelwerten der Referenzperiode 1981-2010 der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen (2 m ü. Gr.) gegenübergestellt [8].

Die an der Station Wuppertal-Bundesallee gemessenen Temperaturen lagen im Mittel bei 12,3 °C und damit um 0,9 °C höher als im Vorjahr 2017. Der langjährige Mittelwert der Referenzperiode an der Station Wuppertal-Buchenhofen (10,1 °C) wurde um 2,2 °C übertroffen (Vorjahr: + 1,3 °C). Deutschlandweit war 2018 das wärmste und sonnigste Jahr seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen. Auch gehörte es zu den niederschlagsärmsten Jahren seit 1881 [7]. Der bundesweit erkennbare Trend in 2018 spiegelt sich demnach auch lokal in Wuppertal wieder (siehe Tabelle 3).

Der Jahresverlauf der Monatsmitteltemperaturen ist in Abbildung 3 dargestellt und verdeutlicht die Temperaturtrends in 2018: Nur im Februar war es deutlich kälter, als im langjährigen Mittel üblich. Mit -0,2 °C im Monatsmittel lag die Temperatur 3,1 °C unterhalb der Vergleichsperiode. Im März und November wurden in etwa die langjährigen Mittelwerte erreicht. In allen anderen Monaten war es wärmer als üblich. Besonders von April bis August gab es Abweichung von +3 °C bis +5 °C im Vergleich zum im langjährigen Mittel.

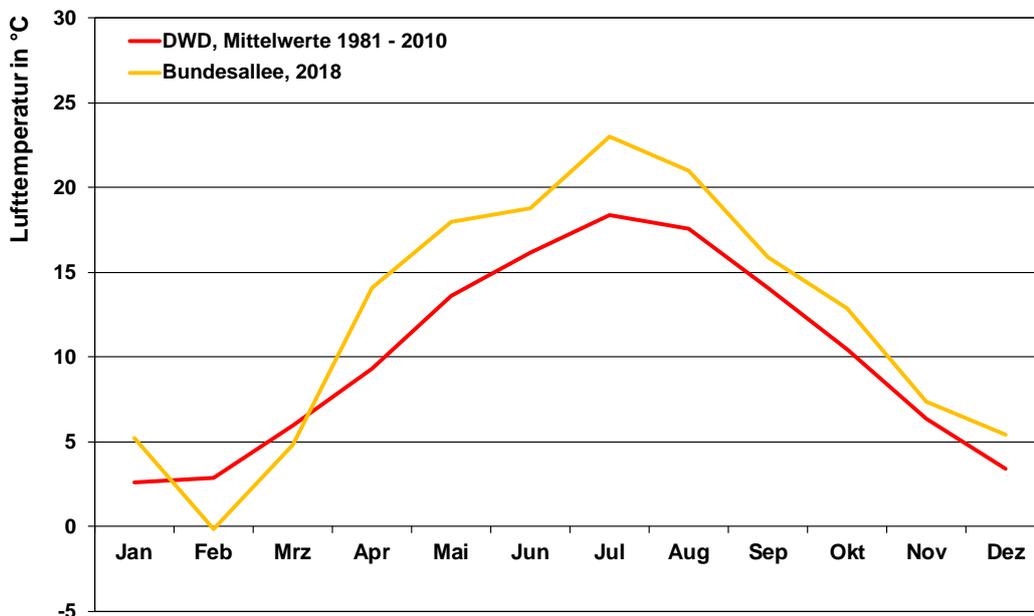


Abbildung 3 Monatsmittel der Lufttemperatur an der Messstation Wuppertal-Bundesallee (30 m ü. Gr.) für den Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2018 im Vergleich mit dem langjährigen Mittel 1981-2010 an der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen (2 m ü. Gr.).

Mit dem insgesamt milden Temperaturverlauf geht auch eine niedrige Anzahl sog. „Frosttage“ ($T_{\min} < 0\text{ °C}$) einher (vgl. Abbildung 4 und Tabelle 3). Im Januar gab es keinen Frosttag und auch im November und Dezember gab es verhältnismäßig wenige Tage mit einem Tagesminimum unter 0 °C in Wuppertal. Allerdings war es im Februar mit insgesamt 24 Frosttagen besonders häufig kalt. Sogenannte „Eistage“, an denen auch das Tagesmaximum der Lufttemperatur unter 0 °C lag, wurden im Vorjahr 2017 an vier Tagen erfasst. Im Jahr 2018 brachte der Februar drei Eistage. Der kälteste Tag 2018 war in Wuppertal der 28. Februar mit $-6,7\text{ °C}$ im Tagesdurchschnitt.

Die größte monatliche Anzahl von Sommertagen ($T_{\max} > 25\text{ °C}$) wurde 2018 im Juli mit 28 Tagen erreicht. Das sind 16 Tage mehr als im langjährigen Mittel. Auch im Mai, Juni und August gab es viele Sommertage. Insgesamt gab es mit 97 Sommertagen im Jahr 2018 54 Tage mehr als im langjährigen Mittel 1981–2010 (vgl. Abbildung 5 und Tabelle 3).

Der heißeste Tag des Jahres in Wuppertal war der 07. August 2018 mit $30,0\text{ °C}$ im Tagesmittel. In den Nachmittagsstunden wurden Maximaltemperaturen von $36,0\text{ °C}$ erreicht. Sog. „Heiße Tage“ mit Höchsttemperaturen über 30 °C traten in diesem Jahr insgesamt 19 Mal auf, langjährig sind acht Tage üblich. In neun sogenannten „Tropischen Nächten“ fiel die niedrigste Lufttemperatur nicht unter 20 °C . Hierzu wird im langjährigen Vergleich keine Statistik geführt.

Tabelle 3. Monats- und Jahresmittelwerte der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte sowie monatliche Häufigkeiten von Sommertagen, Heißen Tagen, Frosttagen und Eistagen an der Messstation Wuppertal-Bundesallee (30 m ü. Gr.) im Jahr 2018 im Vergleich mit den langjährigen Mittelwerten an der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen (2 m ü. Gr.).

Messgröße	Zeitraum	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Temperatur (°C)														
DWD	1981-2010	2,6	2,9	6,0	9,3	13,6	16,2	18,4	17,6	14,1	10,5	6,4	3,4	10,1
Bundesallee	2018	5,2	-0,2	4,8	14,1	18,0	18,8	23,0	21,0	15,9	12,9	7,4	5,4	12,3
relative Feuchte (%)														
Bundesallee	2013-2017	87	83	74	68	70	70	71	73	79	84	87	88	78
Bundesallee	2018	88	75	74	66	60	71	54	62	75	71	79	85	72
Sommertage ($T_{\max} > 25\text{ °C}$)														
DWD	1981-2010	0	0	0	1	4	7	12	10	3	0	0	0	37
Bundesallee	2018	0	0	0	5	14	12	28	17	8	7	0	0	91
Heiße Tage ($T_{\max} > 30\text{ °C}$)														
DWD	1981-2010	0	0	0	0	0	1	4	3	0	0	0	0	8
Bundesallee	2018	0	0	0	1	2	0	8	7	1	0	0	0	19
Frosttage ($T_{\min} < 0\text{ °C}$)														
DWD	1981-2010	14	13	8	3	0	0	0	0	0	1	5	11	55
Bundesallee	2018	0	24	8	0	0	0	0	0	0	0	1	6	39
Eistage ($T_{\max} < 0\text{ °C}$)														
DWD	1981-2010	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8
Bundesallee	2018	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

* Für einen unmittelbaren Vergleich erfolgt die Darstellung der Monatskennwerte aus den mehrjährigen Statistiken des DWD hier auf "ganze Tage" gerundet. Daraus ergeben sich im Einzelfall rundungsbedingte Differenzen zum Mittelwert.

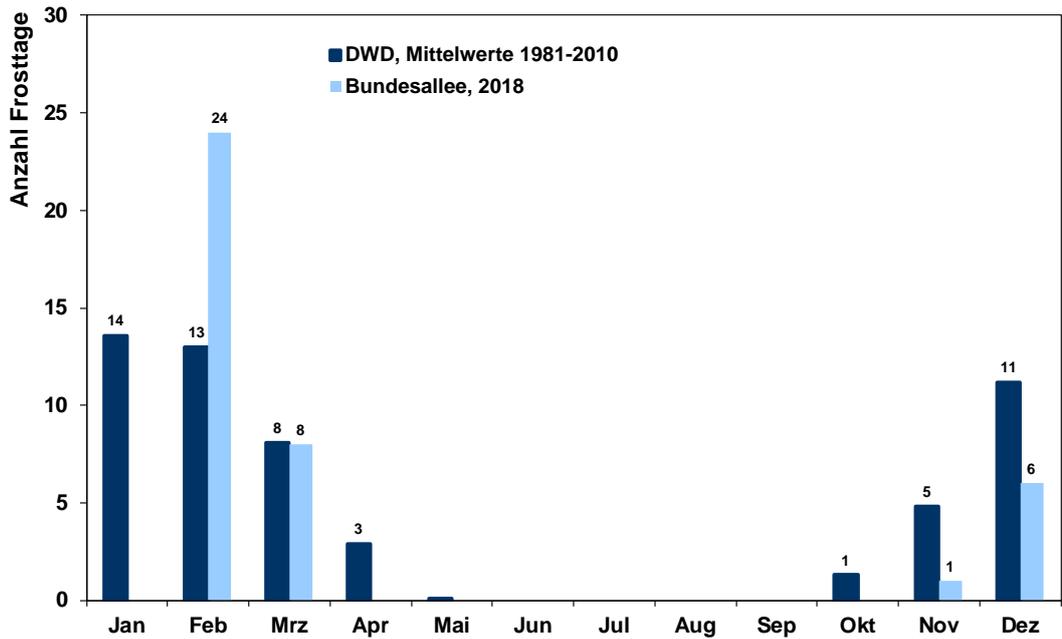


Abbildung 4 Monatliche Anzahl der Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$) an der Station Bundesallee (30 m ü. Gr.) im Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2018 im Vergleich mit dem langjährigen Mittel 1981-2010 an der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen (2 m ü. Gr.).

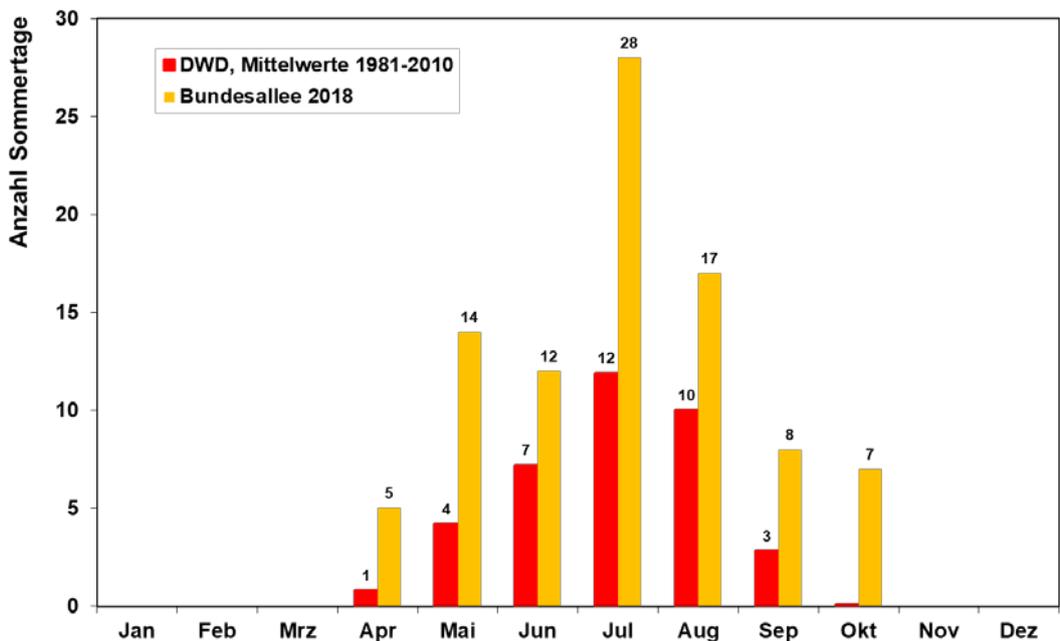


Abbildung 5 Monatliche Anzahl der Sommertage ($T_{\max} > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$) an der Station Bundesallee (30 m ü. Gr.) in 2018 im Vergleich mit dem langjährigen Mittel 1981-2010 an der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen (2 m ü. Gr.).

5.2 Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsmessungen an der Station Wuppertal-Bundesallee für das Jahr 2018 zusammengefasst. In Tabelle 4 sind zunächst die Monatsmittelwerte sowie das Gesamtmittel der Windgeschwindigkeit im Beobachtungszeitraum 2018 dargestellt.

Tabelle 4 Monats- und Gesamtmittelwerte der Windgeschwindigkeit an der Messstation Wuppertal-Bundesallee für das Jahr 2018 (Messhöhe: 30 m ü. Gr.) im Vergleich zum Zeitraum 2013-2017.

Messgröße	Zeitraum	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Windgeschwindigkeit (m/s)														
Bundesallee	2013 - 2017	2,7	3,0	2,6	2,3	2,2	2,3	2,1	2,0	1,9	2,2	2,5	2,8	2,4
Bundesallee	2018	3,1	2,7	2,5	2,1	2,1	2,2	1,8	2,0	1,7	2,2	2,3	2,7	2,3

Die Monats- und Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeiten zeigen im Jahr 2018 lediglich eine schwach ausgeprägte jahreszeitliche Dynamik von niedrigen Windgeschwindigkeiten in den Sommermonaten und höheren Windgeschwindigkeiten im Winter. Bedingt durch einen hohen Anteil von Tiefdruckgebieten bzw. Sturmtiefs (u.a. „Burglinde“ vom 03. Januar und „Frederike“ vom 18. Januar 2018) war insbesondere der Januar 2018 durch eine, im Vergleich zum mehrjährigen Mittel, höhere mittlere Windgeschwindigkeit geprägt. Die niedrigsten Windgeschwindigkeiten wurden im Monatsmittel im Oktober gemessen (1,7 m/s).

Die in Abbildung 6 dargestellte Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit im Jahr 2018 weist ein primäres Maximum aus südwestlichen Richtungen auf. Ein dominant ausgeprägtes sekundäres Maximum besteht in den nordöstlichen Anströmungen. Die Spitzenwerte der Windgeschwindigkeiten waren an beide Maxima gebunden. Schwachwinde (< 1,4 m/s) waren etwas häufiger an nordöstliche Windrichtung gekoppelt.

Abbildung 7 gibt die Häufigkeitsverteilung der zu Klassen zusammengefassten Windgeschwindigkeiten wieder. Auch diese Verteilung entspricht im Wesentlichen den langjährigen Mittelwerten, wobei insbesondere die Witterungssituationen mit geringen Windgeschwindigkeiten (WG < 1,4 m/s) sowie die Windgeschwindigkeitsklasse 4 (gemäß TA Luft: WG 2,4 bis 3,8 m/s) mit 20 % bzw. 29 % besonders häufig auftraten. Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug über den Messzeitraum vom 01.01.2018 bis 31.12.2018 etwa 2,3 m/s (siehe Tabelle 4).

Für eine detaillierte Beurteilung der monatsbezogenen Immissionskenngrößen sind in den Abbildungen 9 und 10, analog zum gesamten Messzeitraum, die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen und -geschwindigkeiten in den einzelnen Messmonaten dargestellt. Die südwestliche Hauptwindrichtung war vor allem im Januar, März, April, August, September und Dezember dominant. Nordöstliche Windrichtungen waren im Februar und insbesondere im Mai prägend.

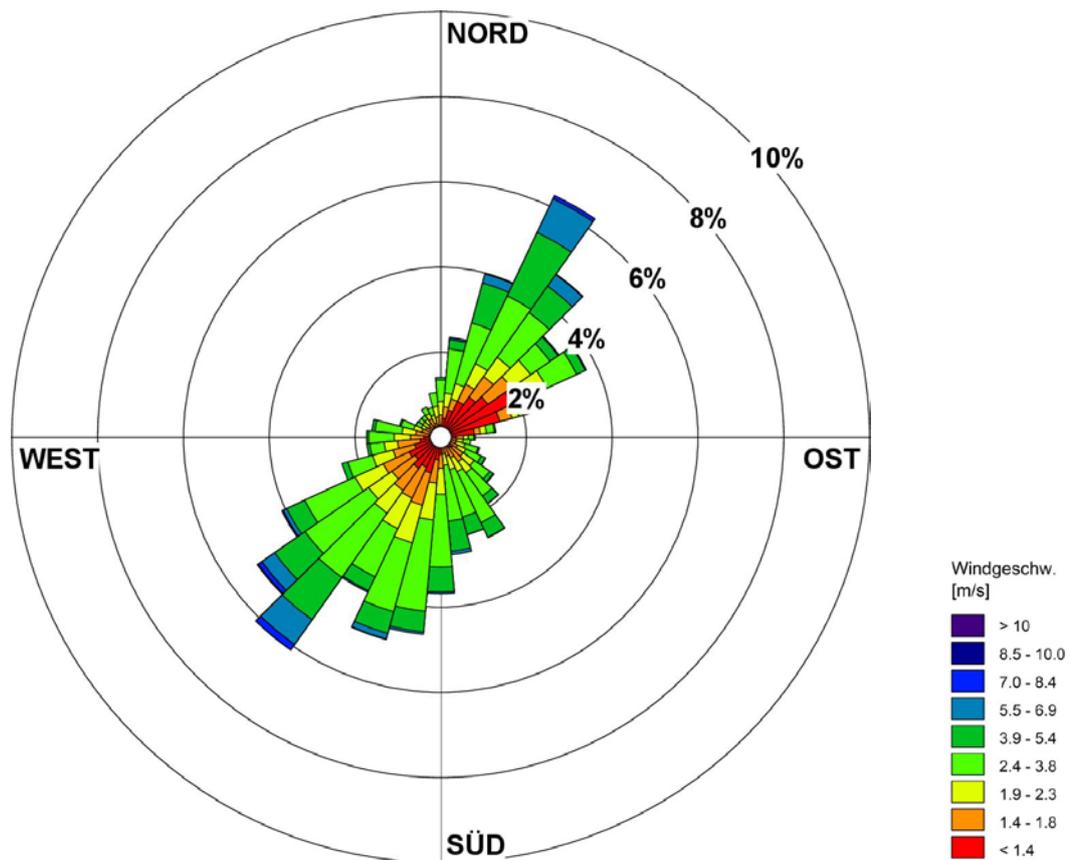


Abbildung 6 Stärkewindrose (Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen) in Abhängigkeit der mittleren Windgeschwindigkeit an der Messstation Wuppertal-Bundesallee (Messhöhe: 30 m ü. Gr.) im Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2018.

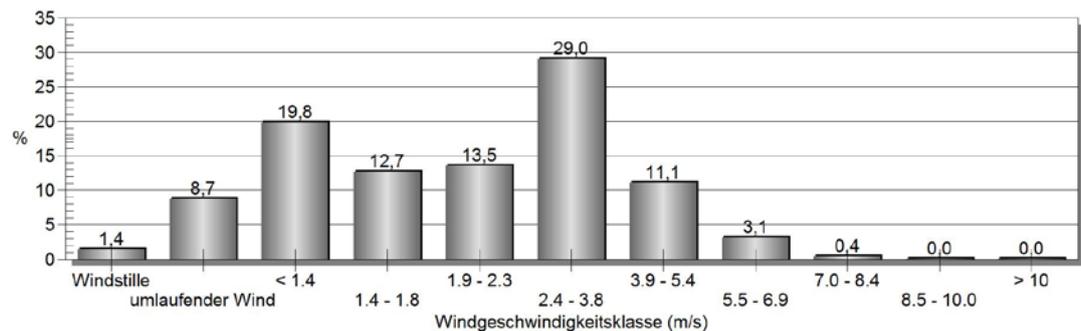


Abbildung 7 Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeitsklassen (30-min-Mittelwerte) an der Station Bundesallee im Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2018.

Die in Abbildung 8 dargestellte Zeitreihe der Windgeschwindigkeit dokumentiert die typische, deutlich stärkere Streuung der täglichen Maximalwerte der Windgeschwindigkeit gegenüber den Tagesmittelwerten. Die stärksten Windböen wurden an der Station Bundesallee mit 18,2 m/s (59 km/h) am 18.01.2018 während des Sturmtiefs „Frederike“ erreicht.

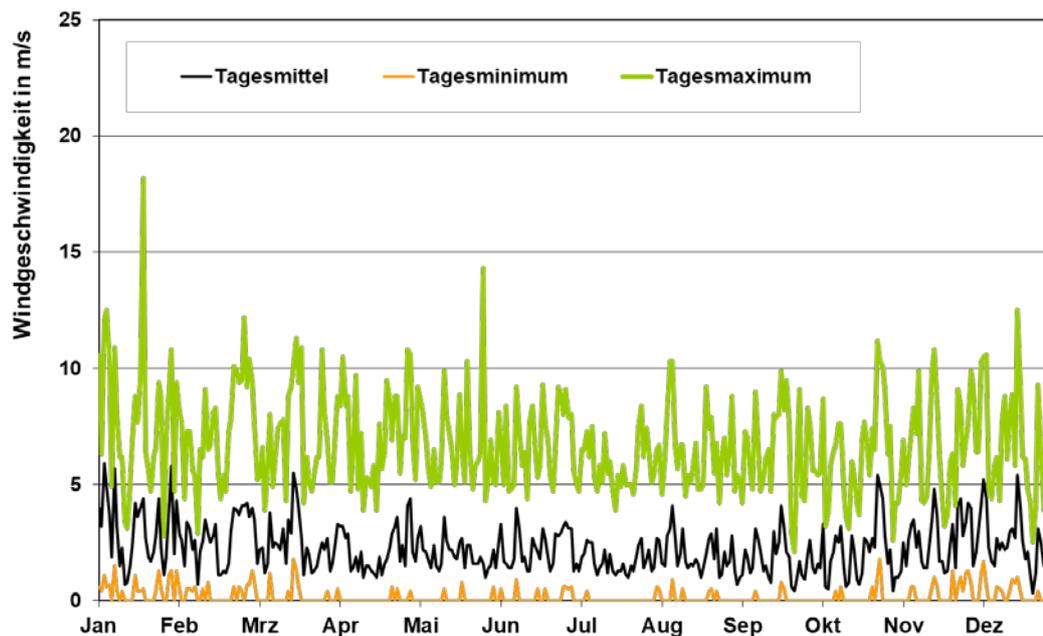
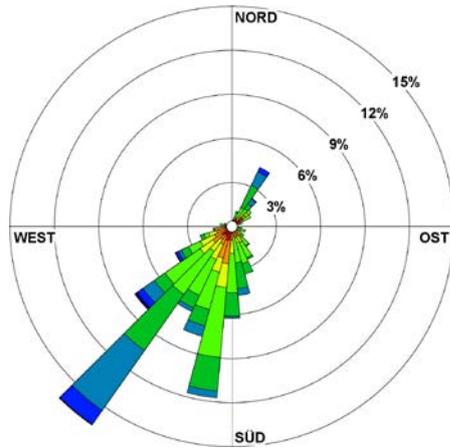


Abbildung 8 Zeitreihe der Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeiten sowie der täglichen Extremwerte (Min/Max) an der Station Bundesallee im Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2018.

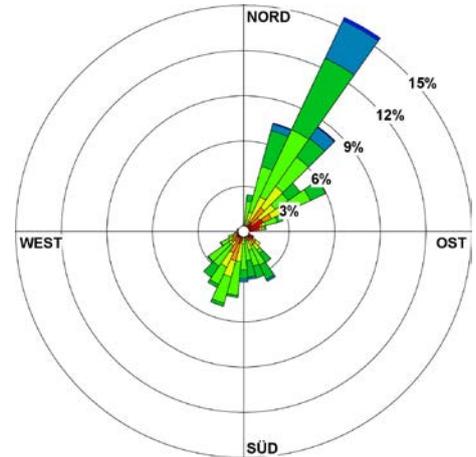
Der Verlauf der Tagesminima der horizontalen Windgeschwindigkeit (orangefarbene Kurve in Abbildung 8) weist Werte zwischen 0 und 1,9 m/s auf. Die Verteilung entspricht insgesamt einem durchaus typischen Jahresgang mit tendenziell häufigeren Windstillen in den Sommermonaten.

Die Tagesmaxima (grüne Kurve in Abbildung 8) traten im Allgemeinen während der Tagstunden sowie die Minima während der Nachtstunden auf. Diese Verteilung der Extremwerte der Windgeschwindigkeit im Tagesgang ist typisch und dokumentiert u. a. die eher labileren, das heißt austauschreichen Verhältnisse der bodennahen Atmosphäre während der Tagstunden gegenüber den meist deutlich stabileren und somit austauschärmeren Zuständen während der Nachtstunden ohne solare Einstrahlung.

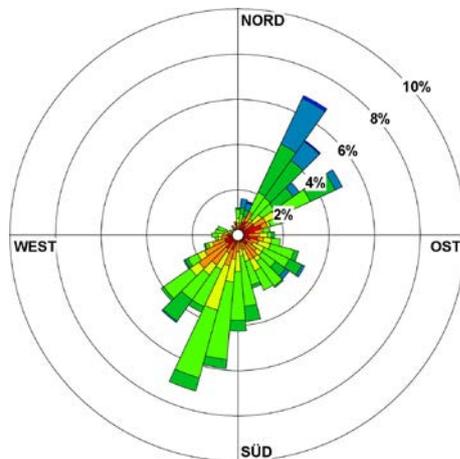
Eine abschließende Bewertung der lokalen Austauschbedingungen der bodennahen Atmosphäre in Wuppertal ist zusätzlich von weiteren Kriterien abhängig. Neben der Stärke der Windgeschwindigkeit hat auch der zeitliche Verlauf der Windgeschwindigkeit in Verbindung mit der vertikalen Stabilität der bodennahen Atmosphäre einen wesentlichen Einfluss auf die Austauschbedingungen insgesamt. Die resultierende Luftschadstoffbelastung, insbesondere Partikel PM₁₀, wird außerdem durch die Menge und räumliche Verteilung von Niederschlägen beeinflusst.



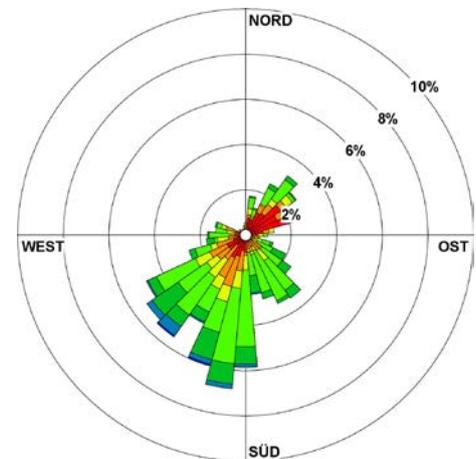
Januar 2018 (Skalierung 15 %)



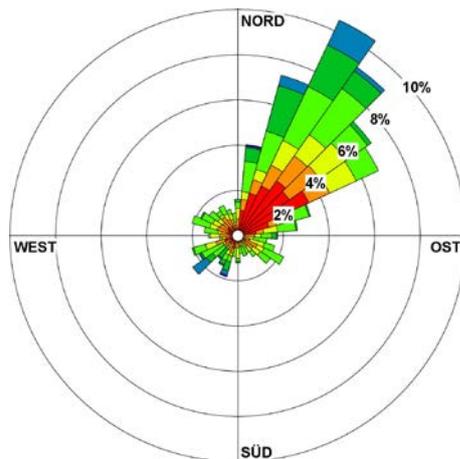
Februar 2018 (Skalierung 15 %)



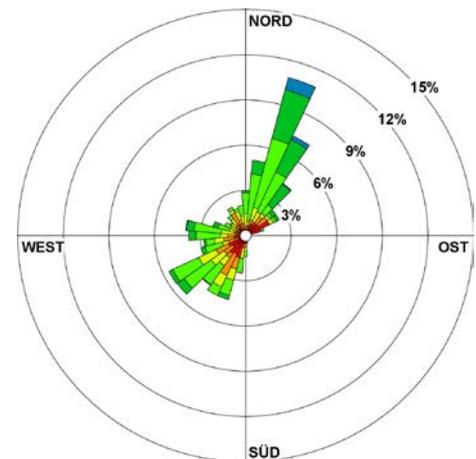
März 2018



April 2018

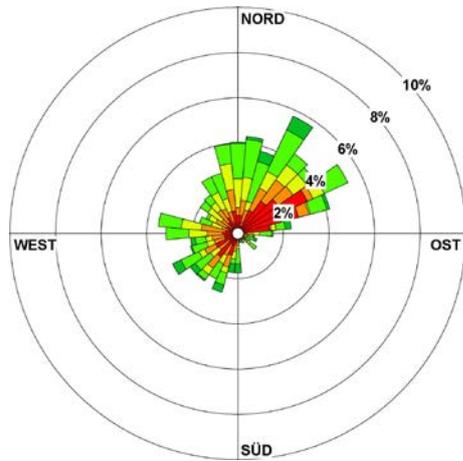


Mai 2018

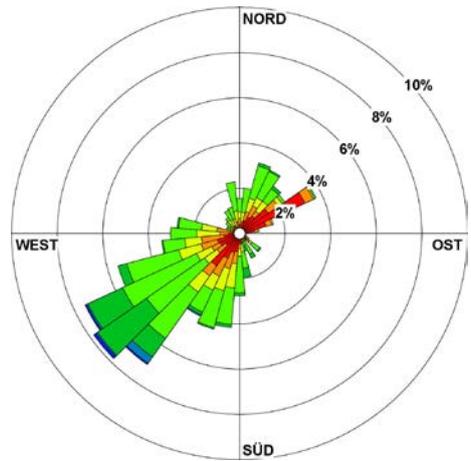


Juni 2018 (Skalierung 15 %)

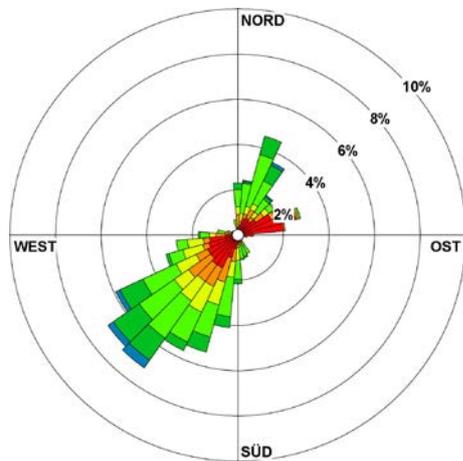
Abbildung 9 Stärkewindrosen für die Monate Januar 2018 bis Juni 2018 an der Messstation Wuppertal-Bundesallee in 30 m ü.Gr. (Legende siehe Abbildung 6).



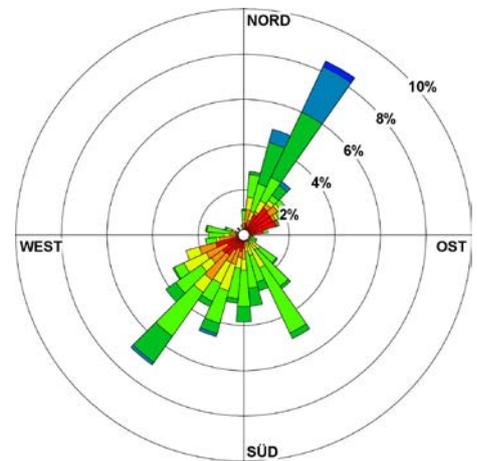
Juli 2018



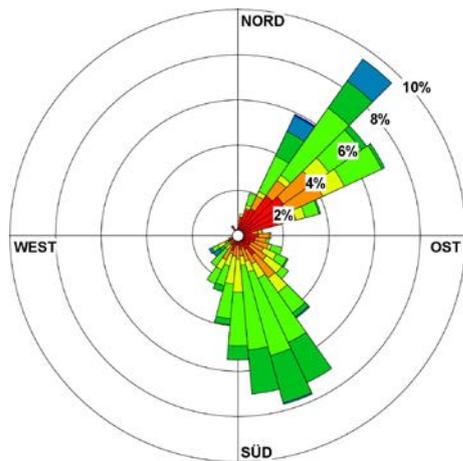
August 2018



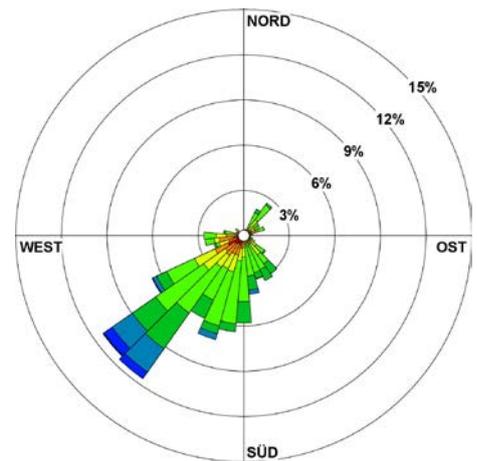
September 2018



Oktober 2018



November 2018



Dezember 2017 (Skalierung 15 %)

Abbildung 10 Stärkewindrosen für die Monate Juli 2018 bis Dezember 2018 an der Messstation Wuppertal-Bundesallee in 30 m ü.Gr. (Legende siehe Abbildung 6).

6 Ergebnisse der Messungen und Bewertung

6.1 Stickstoffoxide

Entstehung und Wirkung von Stickstoffoxiden

Stickstoffoxide entstehen u. a. durch Verbrennungsprozesse bei hohen Temperaturen, durch Oxidation des Luftstickstoffs und des im Brennstoff gebundenen Stickstoffs. Die Menge an Stickstoffoxiden, die bei der Verbrennung entsteht, hängt nicht nur von der im Brennstoff vorhandenen Menge an Stickstoffverbindungen, sondern auch von den Verbrennungsbedingungen ab. **Der Hauptverursacher für NO_x-Emissionen (NO + NO₂) ist der Verkehr.** Primär wird überwiegend Stickstoffmonoxid (NO) emittiert, das u. a. durch die Reaktion mit Ozon (O₃) in der Atmosphäre zu Stickstoffdioxid (NO₂) aufoxidiert wird.

Durch Stickstoffverbindungen wird zusätzlich Stickstoff in die Ökosysteme eingetragen, welcher das Pflanzenwachstum fördert, jedoch gemeinsam mit Schwefelverbindungen zur Versauerung von Böden und Gewässern beiträgt.

Für den Menschen ist insbesondere Stickstoffdioxid (NO₂) von Bedeutung. NO₂ wird als Reizgas mit stechend-stickigem Geruch bereits in geringen Konzentrationen wahrgenommen. Die Inhalation ist für den Menschen der einzig relevante Aufnahmeweg. Die relativ geringe Wasserlöslichkeit des NO₂ bedingt, dass der Schadstoff nicht in den oberen Atemwegen gebunden wird, sondern auch in tiefere Bereiche des Atemtrakts (Bronchialen, Alveolen) eindringt. Bei längerer Einwirkung relevanter Konzentrationen an NO₂ kann es vermehrt zu Atemwegserkrankungen kommen, wobei besonders empfindliche Personengruppen, vor allem Asthmatiker und Kinder, bereits auf niedrige NO₂-Konzentrationen reagieren. Für NO₂ kann nach aktuellem Kenntnisstand kein Schwellenwert benannt werden, bei dessen Unterschreiten langfristige Wirkungen auf den Menschen ausgeschlossen werden können.

Neben den direkten Wirkungen auf den Menschen sowie auf Ökosysteme wirkt Stickstoffdioxid auch in relevantem Umfang bei photochemischen Prozessen mit, die zur Bildung von Ozon und weiteren sogenannten Photooxidantien führen. Diese Photooxidantien stellen ihrerseits zum Teil Reizstoffe dar, die sowohl auf den Menschen als auch auf die Vegetation einwirken. Speziell im verkehrsnahen Bereich kommt es durch einen komplizierten Rückkopplungsmechanismus zwischen den beteiligten Luftschadstoffen teilweise auch wieder zu einem Abbau von Reaktionspartnern (u.a. für Ozon; hohe Ozonwerte werden häufiger auf dem Land registriert, wo eher Nachschub an Ozon abbauenden Partnern fehlt).

Beurteilungsmaßstäbe für Stickstoffdioxid (NO₂)

Die Europäische Union hat für ihre Mitgliedsstaaten mit mehreren Luftqualitätsrichtlinien verbindliche Luftqualitätsziele zur Vermeidung oder Verringerung schädlicher Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt festgelegt. Danach wird die **Luftqualität** in den Staaten der EU **nach einheitlichen Methoden und Kriterien beurteilt**. In der Bundesrepublik Deutschland wurden diese Richtlinien durch die Novellierung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sowie durch die Einführung der 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) in deutsches Recht umgesetzt [1], [3].

Als Beurteilungswert zum Schutz der menschlichen Gesundheit gilt für Stickstoffdioxid seit dem 01.01.2010 ein **Jahresmittelwert von 40 µg/m³** (gemittelt über das Kalenderjahr) gemäß 39. BImSchV (Langzeitbelastung) [3]. Darüber hinaus gilt gemäß 39. BImSchV seit dem 01.01.2010 für NO₂ ein maximaler Stundenmittelwert von 200 µg/m³ bei 18 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr (Kurzzeitbelastung). Diese Beurteilungsmaßstäbe sind neben der flächenhaften Beurteilung der Luftqualität über die 39. BImSchV auch im Rahmen der Anlagengenehmigung gemäß TA Luft festgeschrieben [2].

6.1.1 Passivsammlermessungen von NO₂ an 24 Messorten in Wuppertal

Im Folgenden werden die Messergebnisse der NO₂-Messungen an den Messpunkten MP 1 bis MP 47 für den Messzeitraum von Januar bis Dezember 2018 zusammenfassend dargestellt und bewertet. Die Bezeichnung der Messzeiträume in den Tabellen resultiert dabei aus den jeweiligen Expositions- bzw. Messzeiträumen. Die vierwöchigen Zeiträume sind beispielsweise mit Jan 18 bezeichnet. Die exakten Probenahmezeiträume können Tabelle 10 im Anhang B entnommen werden.

Die Verfügbarkeit der NO₂-Messdaten für das Jahr 2018 betrug 100 % an allen 24 Messpunkten, womit die **Mindestdatenerfassung** gemäß Anlage 1 A der 39. BImSchV (Datenverfügbarkeit von > 90 %) an allen Messpunkten **eingehalten** wurde.

In Tabelle 5 sind zunächst die Ergebnisse der NO₂-Messungen (Monatsmittelwerte und Jahresmittelwerte) für die Messpunkte MP 1 bis MP 47 und das Jahr 2018 zusammenfassend dargestellt. Alle einzelnen Monatswerte sowie die Einzelergebnisse der Doppelbeprobung sind in Tabelle 10 im Anhang B enthalten. Abbildung 11 zeigt zudem die räumliche Verteilung der Messorte im Stadtgebiet von Wuppertal sowie eine Klassifizierung der NO₂-Jahresmittelwerte für 2018.

Die höchsten NO₂-Belastungen für das Jahr 2018 wurden, wie bereits in den Jahren zuvor, an der Briller Straße (MP 02) mit 51 µg/m³ gemessen. An acht weiteren Messpunkten wurden Jahresmittelwerte > 40 µg/m³ registriert. Der über ein Kalenderjahr gemittelte Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid beträgt 40 µg/m³ [3]. Neben der Briller Straße wurden besonders hohe Belastungen auch am Steinweg gemessen (MP 16, 48 µg/m³ im Jahresmittel). Mit jeweils 42 µg/m³ NO₂ im Jahresmittel wurde der Immissionsgrenzwert an den Messpunkten MP 09 (Friedrich-Engels-Allee) und MP 45 (Varresbeckerstraße) nur knapp überschritten. Am Messpunkt Steinbeck (MP 04), in der Hochstraße (MP 05), der Rudolfstraße (MP 13), der Westkottnerstraße (MP 17) und der Haeseler Straße (MP 34) lagen die Jahresmittelwerte innerhalb der Belastungsspanne von 43 µg/m³ bis 45 µg/m³.

Mit Jahresmittelwerten von 40 µg/m³ bis 38 µg/m³ wurde der Immissionsgrenzwert in der Berliner Straße (MP 21) voll ausgeschöpft und in der Kaiserstraße (MP 33), der Friedrich-Engels-Allee (MP 38) und der Eugen-Langen-Straße (MP 43) nahezu erreicht. Die niedrigsten Messwerte wurden mit einem Jahresmittelwert von 24 µg/m³ an der Überdachmessstation an der Bundesallee (MP 27) gemessen. Sie repräsentiert aufgrund der Messhöhe sowie im Vergleich mit der LUQS-Station Wuppertal-Langerfeld (WULA) den innerstädtischen Hintergrund. Mit dieser Ausnahme wurden an allen weiteren Messorten NO₂-Konzentrationen zwischen 31 µg/m³ und 37 µg/m³ im Jahresmittel 2018 erfasst.

Tabelle 5 Monatsmittelwerte und Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) an den Messpunkten MP 1 bis MP 47 in Wuppertal für den Messzeitraum Januar bis Dezember 2018.

Stickstoffdioxid NO ₂ in µg/m ³		Jan 18	Feb 18	März 18	Apr 18	Mai 18	Jun 18	Jul 18	Aug 18	Sep 18	Okt 18	Nov 18	Dez 18	Mittel 2018
MP-Nr.	Messort	Jan 18	Feb 18	März 18	Apr 18	Mai 18	Jun 18	Jul 18	Aug 18	Sep 18	Okt 18	Nov 18	Dez 18	Mittel 2018
MP 01	Nevigser Straße 98	29	36	34	30	31	28	31	27	35	35	32	29	31
MP 02	Briller Straße 28	42	54	52	51	56	49	55	53	53	52	46	45	51
MP 04	Steinbeck 92	37	46	43	43	42	44	50	48	46	47	40	40	44
MP 05	Hochstraße 63	31	47	41	42	53	48	49	42	48	45	39	36	43
MP 07	Uellendahler Straße 198	33	40	36	34	35	31	35	33	41	36	35	32	35
MP 08	Hofkamp 86	30	37	32	30	32	30	32	30	39	35	32	30	32
MP 09	Friedrich-Engels-Allee 184	41	48	42	44	45	36	44	39	44	45	39	42	42
MP 13	Rudolfstraße 149	36	46	42	43	49	43	45	44	48	44	39	37	43
MP 14	Schönebecker Straße 81	27	37	30	33	32	31	35	34	41	39	31	32	33
MP 16	Steinweg 25	46	47	48	50	46	46	49	49	51	51	42	46	48
MP 17	Westkötter Straße 111	43	43	43	51	45	42	50	46	50	48	40	42	45
MP 20	Wichlinghauser Straße 70	30	39	35	40	37	31	39	35	41	39	35	36	36
MP 21	Berliner Straße 159	32	46	35	41	46	42	49	38	42	41	34	36	40
MP 22	Heckinghauser Straße 159	33	38	35	37	38	33	36	33	37	39	35	36	36
MP 24	Staasstraße 51	29	36	33	35	33	30	35	31	36	36	33	32	33
MP 27	Bundesallee 30	23	27	23	26	20	17	22	19	29	29	26	26	24
MP 28	Schwarzbach 78	35	37	34	36	34	37	43	41	42	38	30	37	37
MP 33	Kaiserstraße 32	36	41	40	38	37	34	39	36	41	41	35	38	38
MP 34	Haeseler Strasse 94	37	43	42	49	45	38	46	39	45	46	43	43	43
MP 38	Friedrich-Engels-Allee 308	36	37	34	39	38	35	38	36	43	42	37	44	38
MP 43	Eugen-Langen-Straße 23	38	39	41	46	43	37	34	41	40	41	34	36	39
MP 45	Varresbeckerstraße 122	37	44	39	45	46	35	50	42	43	43	42	37	42
MP 46	Schützenstraße 74	34	34	33	34	27	25	27	28	34	38	32	34	32
MP 47	Gewerbeschulstraße 54	30	35	31	36	28	24	30	27	35	37	33	34	32
VWEL ¹⁾	Wuppertal Gathe	45	45	44	50	41	43	50	46	51	46	38	43	45
WULA ¹⁾	Wuppertal Langerfeld	24	28	22	22	19	15	19	18	24	24	24	23	22
Beurteilungswert 39. BImSchV / TA Luft (Jahresmittelwert)														
40														

¹⁾ Quelle: Monatsberichte des LANUV-NRW für die LUQS-Station Wuppertal Gathe (VWEL) und Wuppertal Langerfeld (WULA)

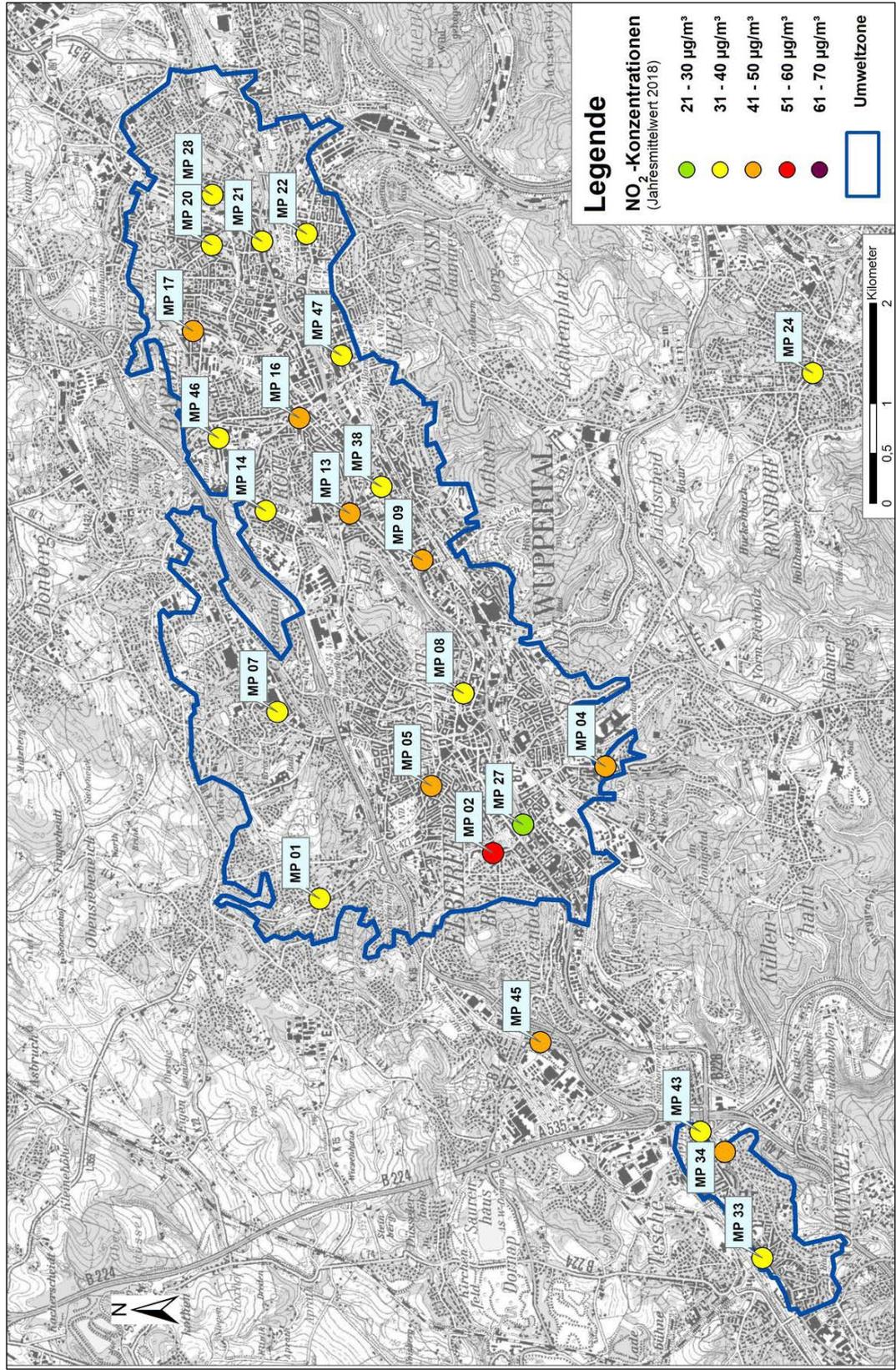


Abbildung 11 Räumliche Verteilung der Messorte MP 1 bis MP 47 sowie Klassifizierung der NO₂-Jahresmittelwerte 2018.

Das LANUV betreibt darüber hinaus im Rahmen der flächendeckenden Überwachung der Luftqualität in NRW mit der Verkehrsmessstation Gathe und der Hintergrundmessstation Langerfeld aktuell zwei kontinuierliche Messstationen im Stadtgebiet von Wuppertal (vgl. auch 6.1.2). Hier ist zusätzlich zu den Jahresmittelwerten auch eine Beurteilung der Überschreitungshäufigkeit des Stundenmittelwertes von 200 µg/m³ möglich. Solche Immissionssituationen wurden 2018 nicht registriert [37].

Zusammenfassend können die über das Wuppertaler Stadtgebiet verteilten Messorte mehrheitlich als potenzielle Belastungsschwerpunkte für die Komponente NO₂ charakterisiert werden. Dies bezieht sich sowohl auf die Emissionssituation an den jeweiligen Messorten als auch auf die lokalen Austauschbedingungen (z. B. eingeschränkte Belüftung innerhalb einer Straßenschlucht).

NO₂-Immissionen im Jahresverlauf 2018

In Tabelle 6 sind neben den Jahresmittelwerten 2018 auch die Monatsextreme dargestellt (minimale und maximale Monatsmittelwerte in 2018). Daraus lässt sich ein Max/Min-Faktor berechnen, also das Verhältnis aus dem Monat mit der höchsten NO₂-Konzentration zu demjenigen mit den geringsten Belastungen.

Tabelle 6 NO₂-Jahresmittelwerte sowie NO₂-Monatsextreme für das Jahr 2018.

MP-Nr.	Messort / Adresse Straße / Hausnummer	NO ₂ (2018)	NO ₂ - Minimum		NO ₂ - Maximum		Max/Min Faktor
		µg/m ³	µg/m ³	Monat	µg/m ³	Monat	
MP 01	Nevigeser Straße 98	31	27	Aug 18	36	Feb 18	1,4
MP 02	Briller Straße 28	51	42	Jan 18	56	Mai 18	1,3
MP 04	Steinbeck 92	44	37	Jan 18	50	Jul 18	1,3
MP 05	Hochstraße 63	43	31	Jan 18	53	Mai 18	1,7
MP 07	Uellendahler Straße 198	35	31	Jun 18	41	Sep 18	1,3
MP 08	Hofkamp 86	32	30	Dez 18	39	Sep 18	1,3
MP 09	Friedrich-Engels-Allee 184	42	36	Jun 18	48	Feb 18	1,3
MP 13	Rudolfstraße 149	43	36	Jan 18	49	Mai 18	1,3
MP 14	Schönebecker Straße 81	33	27	Jan 18	41	Sep 18	1,5
MP 16	Steinweg 25	48	42	Nov 18	51	Okt 18	1,2
MP 17	Westkotter Straße 111	45	40	Nov 18	51	Apr 18	1,3
MP 20	Wichlinghauser Straße 70	36	30	Jan 18	41	Sep 18	1,3
MP 21	Berliner Straße 159	40	32	Jan 18	49	Jul 18	1,5
MP 22	Heckinghauser Straße 159	36	33	Aug 18	39	Okt 18	1,2
MP 24	Staasstraße 51	33	29	Jan 18	36	Okt 18	1,3
MP 27	Bundesallee 30	24	17	Jun 18	29	Sep 18	1,7
MP 28	Schwarzbach 78	37	30	Nov 18	43	Jul 18	1,4
MP 33	Kaiserstraße 32	38	34	Jun 18	41	Feb 18	1,2
MP 34	Haeseler Strasse 94	43	37	Jan 18	49	Apr 18	1,3
MP 38	Friedrich-Engels-Allee 308	38	34	Mrz 18	44	Dez 18	1,3
MP 43	Eugen-Langen-Straße 23	39	34	Nov 18	46	Apr 18	1,4
MP 45	Varresbeckerstraße 122	42	35	Jun 18	50	Jul 18	1,4
MP 46	Schützenstraße 74	32	25	Jun 18	38	Okt 18	1,5
MP 47	Gewerbeschulstraße 54	32	24	Jun 18	37	Okt 18	1,5

Grundsätzlich ist der Verlauf der NO₂-Belastung auf eine Überlagerung von Emissionssituation und Witterungsverlauf zurückzuführen. Typische Jahrgänge von NO₂-Immissionen zeigen an Hintergrundmessstellen oft deutlich höhere Belastungen in

den Wintermonaten. Im Verhältnis zum Konzentrationsniveau ist der Einfluss der Jahreszeit dort in der Regel größer, als an verkehrsnahen Stationen. Dort werden Jahreshöchstwerte teilweise auch im Sommer gemessen, wenn stabile Hochdruckwetterlagen mit sonniger und heißer Witterung vorherrschen (vgl. Abschnitt 5).

Für die Mehrheit der Messpunkte zeigte sich in 2018 **kein ausgeprägter Jahresgang** und kein dominanter Monat, an dem besonders häufig minimale oder maximale Monatsmittelwerte vorlagen. Unter anderem waren Jahresbeginn und Jahresende 2018 jeweils von milden atlantischen Tiefausläufern geprägt, die zu einer entsprechend guten Austauschsituation der bodennahen Atmosphäre führten. Die höchsten Belastungen waren 2018 auf sieben unterschiedliche Kalendermonate verteilt. Davon sind am ehesten der September und Oktober hervorzuheben. Die niedrigsten Belastungen wurden am häufigsten im Januar und Juni gemessen. Im Vorjahr 2017 war der Januar noch der lufthygienisch ungünstigste Monat (mit Jahreshöchstwerten an 23 von 24 Messpunkten [17]).

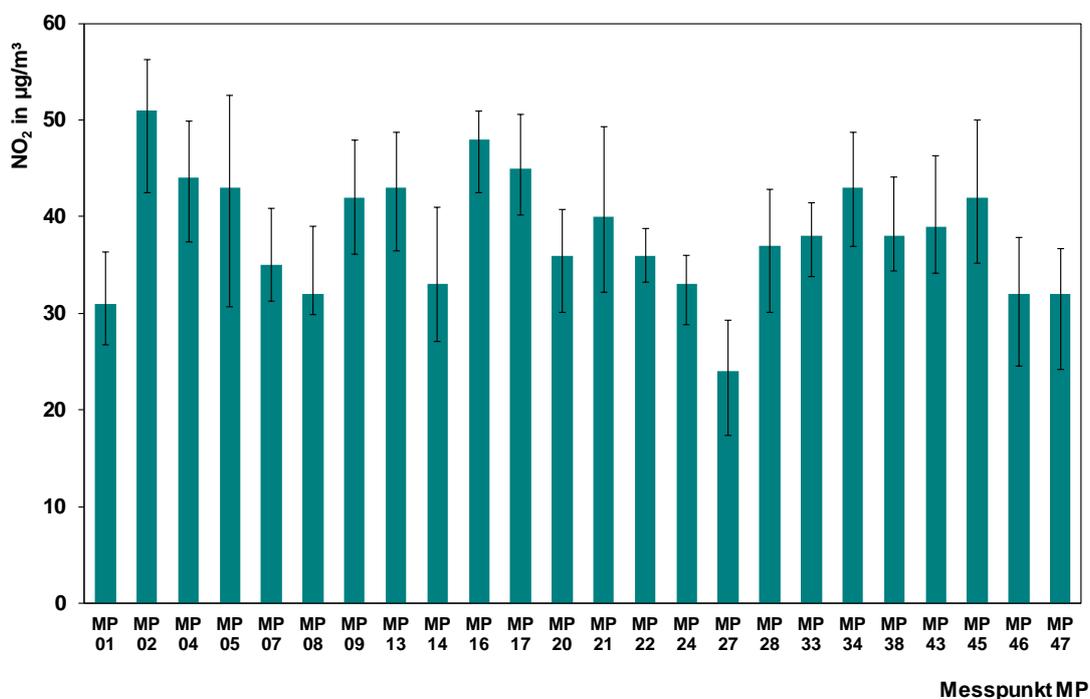


Abbildung 12. Jahresmittelwert der NO₂-Konzentrationen im Jahr 2018 an den MP 01 bis MP 47. Fehlerbalken indizieren den Schwankungsbereich zwischen höchstem und niedrigsten Monatsmittelwert.

Der Schwankungsbereich zwischen höchstem und niedrigstem Monatsmittelwert variiert von mindestens 6 µg/m³ am MP 22 (Heckinghauser Straße, Belastungsspanne von 33 µg/m³ bis 39 µg/m³) bis zu 22 µg/m³ am MP 5 (Hochstraße, Belastungsspanne von 31 µg/m³ bis 53 µg/m³). Im Mittel über alle Messpunkte beträgt der Schwankungsbereich zwischen höchstem und niedrigstem Monatsmittelwert 12 µg/m³ (bzw. ± 6 µg/m³ um den jeweiligen Mittelwert).

NO₂-Immissionen im Vergleich zum Vorjahr 2017

Da das Messnetz zum Jahr 2018 nicht verändert wurde, stehen für einen Vergleich der Immissionssituation mit dem Vorjahr 2017 alle 24 Messpunkte zur Verfügung.

An allen 24 Messpunkten wurden in 2018 erfreulicherweise **niedrigere NO₂-Konzentrationen als im Vorjahr** registriert. Eine Zunahme der NO₂-Konzentrationen gab es im Umkehrschluss an keinem der Messpunkte. Der Belastungsrückgang beträgt an der überwiegenden Mehrheit der Messpunkte 1-4 µg/m³. Im Mittel über alle Messpunkte resultiert eine **Abnahme der NO₂-Belastung von durchschnittlich 3 µg/m³**.

Deutlichere Abnahmen von 5-6 µg/m³ sind an den vier Messpunkten MP 02, MP 16, MP 17 und MP 28 zu verzeichnen (in gleicher Reihenfolge: Briller Straße, Steinweg, Westkotter Straße, Schwarzbach). Bei diesen Messpunkten handelt es sich bei genauerer Betrachtung um besondere Belastungsschwerpunkte: An den MP 02, MP 16 und MP 17 wurden in 2017 die höchsten Jahresmittelwerte > 50 µg/m³ gemessen. An Messpunkten mit besonders hohen NO₂-Belastungen war die Abnahme der Konzentrationen im Vergleich zum Vorjahr also größer, als an weniger belasteten Standorten.

Eine Auswertung mit Fokus auf die Anzahl von Messpunkten mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 40 µg/m³ ergibt im Vergleich zum Vorjahr ebenfalls ein sehr positives Bild. Im Jahr 2018 wurde der Beurteilungswert an neun Messstandorten überschritten. In 2017 waren es mit 12 Standorten drei Messpunkte mehr, als im aktuellen Berichtsjahr. Es handelt sich dabei um die Messpunkte MP 21 (Berliner Straße 159), MP 28 (Schwarzbach 78) und MP 43 (Eugen-Langen-Straße 23). Am MP 21 wurde der Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ in 2018 genau erreicht und damit gerade noch eingehalten.

An den Messpunkten MP 21 und MP 28 finden NO₂-Messungen schon seit über 10 Jahren statt. Der Beurteilungswert wird dort erstmalig seit Messbeginn eingehalten. Das gilt auch für den MP 43, dort werden Messungen allerdings erst seit 2014 realisiert.

Insgesamt dokumentieren die Ergebnisse der NO₂-Messungen in Wuppertal ein **nach wie vor hohes innerstädtisches Belastungsniveau**, das gut mit den Ergebnissen der NO₂-Messungen in Wuppertal aus den Vorjahren korrespondiert.

6.1.2 Langjährige Messungen von Stickstoffdioxid in Wuppertal

Von der Stadt Wuppertal wurden von 1997 bis Ende 2006 an der Messstation Wuppertal-Bundesallee kontinuierliche und zeitlich hochaufgelöste NO₂-Messungen durchgeführt. Nach Beendigung der kontinuierlichen Messungen wurden die NO₂-Messungen an der Bundesallee seit 2007 mit Passivsammlern fortgeführt. Seit 1999 werden von der Stadt Wuppertal zusätzlich an einer variierenden Anzahl von Messorten NO₂-Messungen mit Passivsammlern durchgeführt (von 2009 bis 2012 an 23, seit 2013 an 24 Messorten). Sie ermöglichen eine flächenhafte Erfassung der NO₂-Belastung.

Vom LANUV NRW wurde vom Jahr 2000 bis einschließlich 2007 im Rahmen des Luftqualitätsüberwachungssystems (LUQS) eine Messstation an der Friedrich-Engels-Allee 308 (LUQS-Stationskürzel: VWUP) betrieben. Diese Station ist als Verkehrsmessstation eingestuft. Seit dem Jahr 2008 wird diese Messstelle von der Bergischen Universität Wuppertal betrieben. Ergänzend werden an dieser Messstelle seit dem Jahr 2008 NO₂-Messungen mittels Passivsammlern durch die Stadt Wuppertal realisiert.

In den Jahren 2005 und 2006 wurden zeitlich befristete, kontinuierliche NO₂-Messungen an der Messstelle Wuppertal-Steinweg (LUQS-Stationskürzel: VWBA) durchgeführt. Auch diese Station ist als Verkehrsmessstation bzw. „Hot-Spot“-Messung charakterisiert. Die NO₂-Messungen werden seit dem Jahr 2007 auch an dieser Messstelle von der Stadt Wuppertal mit Passivsammlern fortgeführt.

Seit dem Jahr 2006 wird vom LANUV NRW die Messstation Wuppertal-Gathe (LUQS-Stationskürzel: VWEL) betrieben, die ebenfalls als städtische Verkehrsmessstation eingestuft ist. Ergänzend hierzu wurden in den Jahren 2008 und 2009 durch das LANUV NRW auch NO₂-Passivsammlermessungen an der Messstation Wuppertal-Langerfeld (LUQS-Stationskürzel: WULA) durchgeführt, die als Hintergrundmessstation für das Bergische Städtedreieck (Wuppertal, Remscheid, Solingen) charakterisiert ist. Kontinuierliche Messungen der Stickstoffoxide erfolgen an dieser Station (WULA) erst seit dem Jahr 2013 (bis 2012 wurden an dieser Station nur Schwefeldioxid SO₂, Ozon O₃ und Schwebstaub PM₁₀ erfasst). In Abbildung 13 ist die Entwicklung der NO₂-Belastung an den o.g. Messstationen seit dem Jahr 2000 dargestellt.

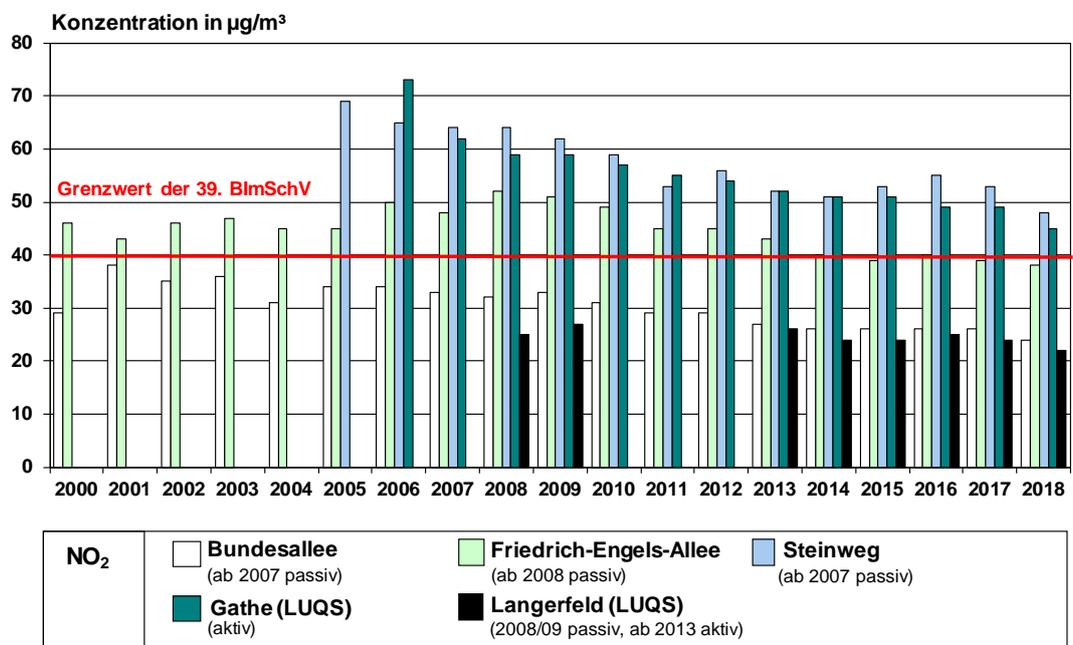


Abbildung 13 Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) an ausgewählten Messstellen in Wuppertal von 2000 bis 2018 sowie Darstellung des Grenzwertes (gültig seit 01.01.2010).

Nach einem leicht rückläufigen Trend an der Messstelle Bundesallee bis zum Jahr 2004 stagnierte das NO₂-Konzentrationsniveau von 2005 bis 2009 bei etwa 33 µg/m³. In den darauffolgenden Jahren ging die NO₂-Belastung an der Station Bundesallee kontinuierlich zurück: Zunächst auf 31 µg/m³ (2010), dann auf 27 µg/m³ (von 2011 bis 2013). Nachdem das Niveau seit 2014 konstant bei 26 µg/m³ stagnierte, sank es im Jahr 2018 auf 24 µg/m³.

Die Messstelle Bundesallee nimmt aufgrund der Messhöhe von 30 m über Grund bei gleichzeitiger Lage im stark verdichteten und verkehrsbeeinflussten Innenstadtbereich eine Sonderrolle ein, insbesondere im Hinblick auf die Bewertung der dort ermittelten NO₂-Konzentrationen. Der langjährige Vergleich der NO₂-Immissionen an dieser Station mit den Ergebnissen an Hintergrundmessstellen zeigt, dass die NO₂-Ergebnisse der Überdachstation an der Bundesallee mit denen aus dem städtischen Hintergrund vergleichbar sind. Die potentiell höheren Immissionen aufgrund der räumlichen Lage im Bereich eines verkehrsbedingten Belastungsschwerpunktes werden an der Messstelle Bundesallee durch den vertikalen NO₂-Gradienten in Verbindung mit der Messhöhe von 30 m weitestgehend kompensiert.

Die Messergebnisse an der Station Wuppertal-Langerfeld (WULA) lagen im Vergleich zur Bundesallee in den Jahren 2008 und 2009 mit im Mittel 26 µg/m³ nochmals um etwa 3 bis 5 µg/m³ niedriger. Die NO₂-Messungen dort wurden ab dem Jahr 2010 durch das LANUV NRW unterbrochen und mit Messbeginn im Dezember 2012 wieder fortgeführt. In 2018 lag der Jahresmittelwert für NO₂ bei 22 µg/m³. Die Immissionssituation zeigte dort einen ähnlichen Verlauf wie an der Bundesallee. Nach einer Stagnation des regionalen NO₂-Hintergrundniveaus im Bergischen Städtedreieck (Wuppertal, Remscheid, Solingen) ohne den unmittelbaren Einfluss lokaler Emissionen zeigt sich auch in diesen Messdaten wieder eine Abnahme der Immissionsbelastung.

An der Friedrich-Engels-Allee 308 liegt das NO₂-Konzentrationsniveau um rund 10 - 15 µg/m³ höher als an den o. g. Hintergrundstationen. Der seit dem 01.01.2010 gemäß 39. BImSchV geltende Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ wurde seit dem Jahr 2014 nicht mehr überschritten. Dieses positive Ergebnis wurde auch im Jahr 2018 mit 38 µg/m³ wieder erreicht. Ausgehend von den Spitzenbelastungen im Jahr 2008 (52 µg/m³) haben sich die Belastungen an dieser Messstelle zunächst kontinuierlich verringert. Von 2014 bis 2017 stagnierte die Belastungshöhe auf einem Niveau von 39 - 40 µg/m³. Auch hier deutet sich mit 38 µg/m³ in 2018 wieder ein langsam abnehmender Trend an.

Die Messungen an den Belastungsschwerpunkten Steinweg und Wuppertal-Gathe ergaben seit Messbeginn NO₂-Jahresmittelwerte von zunächst etwa 60 - 70 µg/m³ („Hot-Spots“) mit abnehmender Tendenz bis 2013. Der Trend moderater Abnahmen setzte sich an der Station Gathe auch in den folgenden Jahren weiter fort. Im Vergleich zum Vorjahr 2017 sank die NO₂-Konzentration um 4 µg/m³ (auf 45 µg/m³). Im Gegensatz zu den Ergebnissen an der Gathe wiesen die Jahresmittelwerte am Steinweg in den Jahren 2013 bis 2016 mit einer Spannweite von 51 - 55 µg/m³ keinen eindeutigen Trend auf. Seitdem kann mit Abnahmen von 2 µg/m³ (2016/2017) bzw. 5 µg/m³ (2017/2018) auch dort wieder eine Verbesserung beobachtet werden.

In Tabelle 7 ist ergänzend zu Abbildung 13 die zeitliche Entwicklung der NO₂-Konzentrationen an den von der Stadt Wuppertal durchgeführten Messstellen für den 10-jährigen Zeitraum von 2009 bis 2018 zusammengefasst. Die nicht fortlaufende Nummerierung der aktuell realisierten Messstellen in Tabelle 7 ist auf die unterschiedlichen NO₂-Messprogramme der Stadt Wuppertal in den letzten Jahren zurückzuführen. Neue Messstellen wurden fortlaufend nummeriert und die Nummern nicht mehr beprobter Messstellen wurden nicht erneut verwendet, um die Messdaten eindeutig einer konkreten Messstelle zuordnen zu können (vgl. auch Abschnitt 7, Entwicklung des NO₂-Messnetzes).

Tabelle 7 Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid für die Jahre 2009 bis 2018.

MP-Nr.	NO ₂ (2009)	NO ₂ (2010)	NO ₂ (2011)	NO ₂ (2012)	NO ₂ (2013)	NO ₂ (2014)	NO ₂ (2015)	NO ₂ (2016)	NO ₂ (2017)	NO ₂ (2018)
	µg/m ³									
MP 01	47	46	41	40	39	38	38	38	34	31
MP 02	69	67	59	64	63	61	66	64	57	51
MP 03	45	44	41	38	-	-	-	-	-	-
MP 04	58	56	49	51	49	49	49	48	46	44
MP 05	56	55	48	49	50	44	48	50	45	43
MP 07	52	48	45	46	42	41	39	41	38	35
MP 08	43	40	38	39	38	35	36	36	35	32
MP 09	63	60	50	51	48	45	45	44	44	42
MP 13	50	52	47	48	46	44	47	48	46	43
MP 14	47	43	41	42	39	37	38	38	37	33
MP 16	62	59	53	56	52	51	53	55	53	48
MP 17	63	59	54	53	51	49	52	52	51	45
MP 19	47	44	41	39	-	-	-	-	-	-
MP 20	47	45	43	42	41	37	39	41	38	36
MP 21	52	51	46	45	47	42	43	43	41	40
MP 22	47	44	39	41	42	37	38	38	38	36
MP 24	47	45	41	41	40	37	33	35	34	33
MP 27	33	31	29	29	27	26	26	26	26	24
MP 28	53	55	49	48	48	45	47	44	42	37
MP 30	50	48	34	32	-	-	-	-	-	-
MP 33	51	51	45	47	43	38	41	41	40	38
MP 34	56	53	48	50	49	47	48	48	46	43
MP 38	51	49	45	45	43	40	39	40	39	38
MP 39	-	-	-	-	35	31	33	-	-	-
MP 40	-	-	-	-	39	35	36	-	-	-
MP 43	-	-	-	-	-	44	43	44	43	39
MP 44	-	-	-	-	-	29	32	-	-	-
MP 45	-	-	-	-	-	-	-	44	44	42
MP 46	-	-	-	-	-	-	-	32	34	32
MP 47	-	-	-	-	-	-	-	35	34	32

An den Messstellen gemäß Tabelle 7 ist **seit 2009** bis einschließlich 2018 ein deutlich **rückläufiger Trend der NO₂-Belastungen** zu beobachten. Für den hier dargestellten 10-jährigen Zeitraum von 2009 bis einschließlich 2018 gilt dieser insgesamt abnehmende Trend sowohl für das Gesamtmittel über alle Messstellen als auch für jeden einzelnen Messort. Maßgeblichen Einfluss auf dieses Ergebnis hatte zunächst vor allem die über lange Jahre positive Entwicklung bis 2014, in der sich die Situation jährlich um durchschnittlich etwa 2 µg/m³ verbessert hat. In den beiden Folgejahren war daraufhin eine Stagnation bzw. leichte Zunahme der Belastungen zu verzeichnen [15], [16]. Mit den Ergebnissen für die Jahre 2017 und 2018 (Verbesserung um 2 µg/m³ bzw. 3 µg/m³ im Vergleich zum jeweiligen Vorjahr) scheint sich der langjährige Trend möglicherweise wieder fortzusetzen.

In Abbildung 14 ist die Entwicklung der NO₂-Konzentrationen von 2009 bis 2018 an denjenigen Passivsammlermessstellen aus Tabelle 7 zusätzlich auch graphisch dargestellt, an denen dieser mehrjährige Vergleich möglich ist. Dabei handelt es sich um 20 der seitdem insgesamt beprobten Messstellen. Die Bezeichnung der Messpunkte findet sich in Abbildung 14 jeweils unterhalb der Balkendiagramme wieder. Die Höhe des NO₂-Rückgangs kann über die Achsenbeschriftung links abgelesen werden.

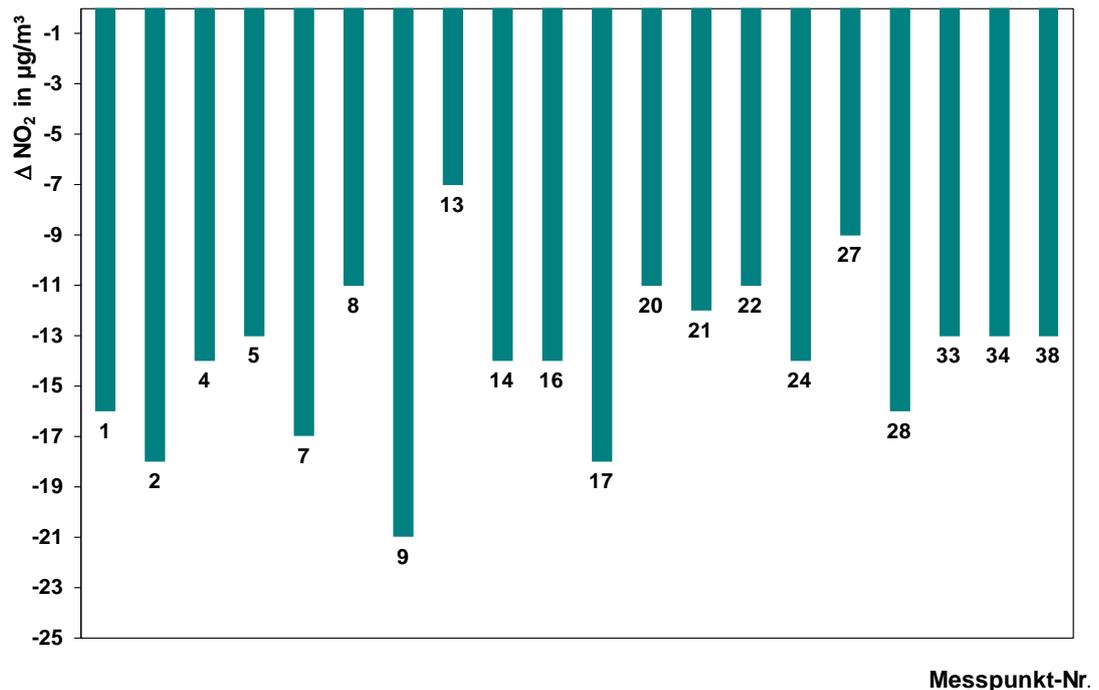


Abbildung 14 Rückgang der NO₂-Konzentrationen im Zeitraum von 2009 bis 2018 an 20 Passivsammlermessstellen in Wuppertal (Angaben in µg/m³).

6.1.3 Vergleich der Ergebnisse in Wuppertal mit der landes- und bundesweiten Immissions-situation

Die für das Wuppertaler Stadtgebiet festgestellte **rückläufige Belastung lässt sich sowohl bundes- als auch landesweit beobachten**. Sie liegt in der Tendenz sogar etwas höher. Bundesweite Zahlen wurden am 17.06.2018 vom Umweltbundesamt (UBA) veröffentlicht [58], [59]. Für Nordrhein-Westfalen liegt der Bericht über die Luftqualität im Jahr 2018 vom 30.04.2019 vor [61], [62]

Die vom UBA veröffentlichten Messdaten von über 500 Messstationen dokumentieren insgesamt eine Abnahme von im Mittel etwa 1 µg/m³ im Vergleich zum Vorjahr [59]. Für verkehrsnahen Messstellen wurde eine Abnahme von durchschnittlich 1,5 µg/m³ berichtet. Grenzwertüberschreitungen wurden an 37 % der verkehrsnahen Stationen registriert [58]. An Hintergrundstationen stagnierte das Belastungsniveau

im Vergleich zum Vorjahr. In NRW betrug die durchschnittliche Abnahme an verkehrsnahen Stationen $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei einer Schwankungsbreite der Differenzen zwischen Zunahmen von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis Abnahmen von maximal $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [61]².

Die Beobachtung, dass sich an verkehrsnahen Messpunkten deutlichere Abnahmen abzeichnen, als im städtischen und regionalen Hintergrund, lässt den Schluss zu, dass über die meteorologische Variabilität hinaus mittlerweile wohl die verschiedenen Minderungsmaßnahmen zumindest in Teilen wirken. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt lässt sich jedoch nicht abschließend bewerten, ob sich dieser Trend fortsetzt und in welchem Zeitraum er im Falle eines Fortbestehens zu einer hinreichenden Entlastung führt. Nicht zuletzt aufgrund der derzeitigen politischen Aktualität (vgl. 6.1.4 zur Luftreinhalteplanung) und dem damit verbundenen Handlungsdruck darf hier in den nächsten Jahren mit entsprechendem Erkenntnisgewinn gerechnet werden.

Eine belastbare Gegenüberstellung des Anteils der Stationen mit Grenzwertüberschreitungen im Verhältnis zu landes- und bundesweiten Ergebnissen ist ohne eine vergleichbare Grundlage in der Messplanung jedoch nur eingeschränkt möglich. Dies gilt nicht zuletzt auch aufgrund der relativ ungünstigen Ausbreitungsbedingungen der bodennahen Atmosphäre in Wuppertal aufgrund der ausgeprägten Tallage im Vergleich zu landesweiten Verhältnissen.

Der Anteil der Messstandorte mit Überschreitungen des Jahresmittelwertes an der Gesamtanzahl der Messpunkte ist in erster Linie von der Messplanung und somit von der konkreten räumlichen Lage der Messorte abhängig. Der Fokus des Messprogramms in Wuppertal zielt darauf ab, potentielle Belastungsschwerpunkte im Einflussbereich hoher Emissionen bzw. Verkehrsbelastungen zu identifizieren und die Maßnahmen zur Reduktion der Belastung an diesen Standorten zu untersuchen. In diesem Kontext werden diejenigen Messstellen, an denen der Beurteilungswert für NO_2 eingehalten wird, zugunsten von Messungen an weiteren potentiellen Belastungsschwerpunkten, eingestellt (siehe auch Abschnitt 7 zur langfristigen Entwicklung des NO_2 -Messnetzes in Wuppertal). Aus diesem Grund lag der Anteil der Messstandorte mit Überschreitungen des NO_2 -Jahresmittelwertes in Wuppertal gegenüber dem NRW-Landesdurchschnitt vergleichsweise hoch.

Insgesamt weisen nach wie vor die aktuellen NO_2 -Messergebnisse mit den zahlreichen Grenzwertüberschreitungen auf den **großen Handlungsbedarf** hin, den Schadstoffausstoß der Stickstoffoxide insbesondere des Verkehrs als maßgeblicher lokaler Emittent weiter zu vermindern. Zur Senkung der hohen Hintergrundbelastung sind zusätzlich aber auch weitere Emissionsminderungsmaßnahmen in anderen Bereichen wie beispielsweise Industrie, Hausbrand und Baumaschinen erforderlich.

² In Nordrhein-Westfalen wurden Zunahmen an 19 (von 88) verkehrsnahen Messstellen des LANUV NRW gemessen. Das entspricht einem Anteil von ca. 22 %.

6.1.4 Luftreinhalteplanung, NO₂-Überschreitungen, Stand Notifizierungsverfahren

Die flächendeckende Überwachung der Luftqualität ist Aufgabe der Landesbehörden. Für die Informationspflicht an die EU-Kommission werden Luftmessnetze betrieben. **Wo und wie die Luftqualität zu beurteilen ist, mit welchen Methoden gemessen wird und welche Anforderungen an die Datenqualität sowie an die Mindestanzahl und die Lage von Messstationen bestehen, ist europaweit standardisiert.** Die Ergebnisse der Landesbehörden werden vom Umweltbundesamt zusammengeführt und an die EU berichtet³.

Werden Grenzwerte für Luftschadstoffe überschritten, so müssen die Landesbehörden einen Luftreinhalteplan aufstellen. Mit diesem soll die Überschreitung und deren Ausmaß so kurz wie möglich gehalten werden.

Im Jahr 2018 wurde neben Wuppertal bundesweit in **56 weiteren Städten** der Luftqualitätsgrenzwert von 40 µg/m³ NO₂ im Jahresmittel nicht eingehalten. Die Belastung zeigt im mehrjährigen Trend insgesamt einen kontinuierlichen Rückgang: Im Jahr 2017 waren noch 65 Städte betroffen, in 2016 und 2015 waren es 90 bzw. 93 Städte [57], [58]. Die langjährige Entwicklung speziell in Wuppertal wurde in Abschnitt 6.1.2 thematisiert.

Der Grenzwert für NO₂ ist seit dem 01. Januar 2010 einzuhalten. Diese Anforderung wurde in mehreren Ländern der EU verfehlt. Gemäß einem Passus der EU-Richtlinie 2008/50/EG konnten die Fristen für die Einhaltung des NO₂-Grenzwertes unter bestimmten Voraussetzungen um fünf Jahre verlängert werden (sog. „Notifizierung“). Für 37 Städte in Nordrhein-Westfalen, u. a. auch für die Stadt Wuppertal, wurde eine solche Fristverlängerung im Februar 2013 an die EU weitergeleitet [39].

Nach Prüfung dieser Anträge hat die Europäische Kommission verschiedene Einwände in Bezug auf die Anträge nahezu aller nordrhein-westfälischen Städte zu Fristverlängerungen erhoben und formuliert [39]. Als ein maßgeblicher Grund hierfür wurde genannt, dass trotz der in den entsprechenden Luftreinhalteplänen aufgeführten Maßnahmen der NO₂-Jahresmittelwert in diesen Gebieten voraussichtlich auch im Jahr 2015 weiterhin über dem zulässigen Jahresmittelwert von 40 µg/m³ für NO₂ liegen würden. Diese Prognose hat sich inzwischen bestätigt. Die Kommission hielt es deshalb für erforderlich, zunächst strengere Minderungsmaßnahmen in die Luftqualitätspläne aufzunehmen, um die Einhaltung der Grenzwerte potentiell erreichen zu können [39]. Sie formulierte daher im Juni 2015 ein Aufforderungsschreiben, womit ein formelles Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland eingeleitet wurde [45].

In einer Stellungnahme reagierte die Regierung der Bundesrepublik auf die Vorwürfe mangelnder Maßnahmenkonsequenz. Sie spielte den Ball an die EU zurück, indem sie argumentierte, dass der wesentliche Grund für die lediglich eingeschränkte Wirkung der ergriffenen Maßnahmen darin liege, dass die tatsächlichen NO_x-Emissionen von Diesel-Fahrzeugen nicht in dem Maße abgenommen haben, wie es durch die

³ Ausführliche Informationen sind aktuell in zwei Publikationen des Umweltbundesamtes erhältlich [60], [63].

stufenweise verschärften Abgasgrenzwerte auf Ebene der Europäischen Union zu erwarten gewesen wäre. Maßgeblich hierfür sei die Tatsache, dass es auf europäischer Ebene nicht zu einer frühzeitigen Begrenzung der Schadstoffemissionen im realen Fahrbetrieb gekommen sei. Hierdurch werde die Wirksamkeit der von den zuständigen Behörden ergriffenen Maßnahmen stark eingeschränkt [46].

Im Februar 2017 wurde daraufhin eine mit Gründen versehene Stellungnahme seitens der Kommission verfasst. Auch Frankreich, Spanien, Italien und das Vereinigte Königreich wurden gleichzeitig mit einem letzten Mahnschreiben adressiert. Für Deutschland wurde dieses mit anhaltendem Verstoß gegen die NO₂-Grenzwerte in insgesamt 28 Luftqualitätsgebieten begründet. Demnach seien „auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene deutlich mehr Anstrengungen erforderlich, um die EU-Vorschriften einzuhalten und die menschliche Gesundheit zu schützen“ [49].

Im Mai 2018 hat die Kommission letztlich beim Gerichtshof der Europäischen Union ihre **Klage gegen Deutschland** und fünf weitere Mitgliedsstaaten eingereicht. Insgesamt sind aktuell 13 Vertragsverletzungsverfahren gegen Mitgliedstaaten anhängig.

Klagewelle der Umweltverbände auf Fahrverbote

Aktuell haben sich deutsche Verwaltungsgerichte mit einer Vielzahl von Klagen auseinanderzusetzen, seitdem höchstrichterlich entschieden wurde, dass Einzelne und Umweltverbände im Fall einer Überschreitung der Grenzwerte für Stickstoffdioxid einen Rechtsanspruch auf die sachgerechte Erstellung von Luftreinhalteplänen geltend machen können. Demnach können die zuständigen Behörden gegebenenfalls verpflichtet werden, z. B. durch eine Anordnung, erforderliche Maßnahmen zur schnellstmöglichen Einhaltung von Grenzwerten zu treffen [47], [48]. Verwaltungsgerichte schlossen dabei in erster Instanz nicht aus, dass Fahrverbote für Dieselfahrzeuge aufgrund bereits bestehender Rechtsgrundlagen angeordnet werden können.

Auch für die Stadt Wuppertal hat die Deutsche Umwelthilfe (DUH) im Dezember 2018 Klage gegen das Land NRW wegen nicht eingehaltener NO₂-Grenzwerte erhoben. **Damit gehört Wuppertal zu einem Kreis von mittlerweile 36 deutschen Städten, für die der Umweltverband Klage eingereicht hat** [56].

Das erste zonale Fahrverbot für Dieselfahrzeuge in Deutschland wurde zum 01. Juni 2018 in Hamburg eingeführt. Dort sind Kraftfahrzeuge der Diesel-Abgasnorm Euro 1/I bis 5/V nicht mehr erlaubt (Anwohner und Gewerbetreibende ausgenommen) [63]. In Stuttgart gilt seit dem 1. Januar 2019 im gesamten Stadtgebiet ein Verkehrsverbot für alle Dieselfahrzeuge bis zur Klasse Euro 4/IV (für Anwohner seit 01. April 2019) [64].

Auch für einige Städte in Nordrhein-Westfalen wurden durch Verwaltungsgerichte bereits Fahrverbote angeordnet. Allerdings ging das Land in Berufung, wodurch sich für einige bereits terminierte Verbote eine aufschiebende Wirkung ergibt. Entscheidungen werden derzeit beim Oberverwaltungsgericht Münster verhandelt. Ein erstes Urteil fiel Ende Juli 2019 für Aachen. Mit dem Urteil wurden auch allgemeine Anforderungen an Luftreinhaltepläne konkretisiert. Das Land NRW, vertreten durch die Bezirksregierung Köln, wurde verpflichtet, den beklagten Luftreinhalteplan fortzuschreiben. Diese müssen nach Auffassung des Gerichtes vorsorglich Maßnahmen wie etwa Fahrverbote für den Fall bereithalten, dass die Grenzwerte mit den bisherigen Maßnahmen nicht schnellstmöglich eingehalten werden [65]. Ob und wann es in

Aachen tatsächlich zu Fahrverboten für Dieselfahrzeuge kommen wird, ist derzeit jedoch noch offen.

Green City Plan Wuppertal

Die Bundesregierung hat auf die anhaltende NO₂-Problematik reagiert und im Herbst 2017 das **Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020** aufgelegt. Im Rahmen des Programms stehen für die besonders von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Kommunen und Regionen Fördergelder für Luftreinhaltemaßnahmen bereit. Inhaltliche Schwerpunkte des Programms sind Maßnahmen für die Elektrifizierung des Verkehrs, Maßnahmen zur Digitalisierung des Verkehrs sowie Maßnahmen zur Nachrüstung von Abgasbehandlungssystemen in Diesel-Bussen des ÖPNV. Als Grundlage für zukünftige Förderentscheidungen rief der Bund alle von einer Überschreitung des gesetzlichen NO₂-Grenzwertes betroffenen Städte auf, individuelle Green City Pläne zu erstellen, in denen die geplanten Maßnahmen dargestellt und hinsichtlich ihres Reduktionspotentials bezüglich Stickstoffdioxidemissionen quantifiziert sind [66].

Der Masterplan der Stadt weist in diesem Zusammenhang vier Handlungsfelder mit 19 Maßnahmenbündeln auf. Allen Maßnahmen ist gemein, dass bereits Vorarbeiten geleistet wurden, aber eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Ausgestaltung notwendig ist. Der Plan bzw. die darin enthaltenen Maßnahmen werden auch Berücksichtigung bei der vorgesehenen Neuaufstellung des Luftreinhalteplans der Stadt Wuppertal durch die Bezirksregierung Düsseldorf finden. Neben dem Potenzial der NO₂-Minderung haben viele Maßnahmen auch einen positiven Einfluss auf den Klimaschutz und tragen zur Verbesserung der allgemeinen Luftschadstoff- und Lärmsituation im Wuppertaler Stadtgebiet bei [66].

Der Green-City-Plan aus Wuppertal gehört zu den fünf besten, richtungsweisenden Plänen zur Luftreinhaltung Deutschlandweit. Dieser kann auf der Homepage der Stadt unter dem Link: <https://www.wuppertal.de/presse/meldungen/meldungen-2018/september/greencityplan.php> eingesehen werden.

6.2 Feinstaub PM₁₀ und PM_{2,5}

Entstehung und Wirkung von Feinstäuben

Stäube stammen sowohl aus natürlichen als auch aus anthropogenen Quellen. Natürliche Quellen von Feinstaub sind überwiegend Verwehungen und Aufwirbelungen von Erosionen, Pollen und Sporen, Vulkanausbrüche, Seesalz und in Abhängigkeit der Wetterlagen auch Saharastaub. Stäube anthropogenen Ursprungs stammen aus industriellen Quellen (z. B. Feuerungsanlagen, Hütten- und Metallwerke, Energieerzeugung, Zementherstellung und -verarbeitung), Kleinfeuerungsanlagen (z. B. Hausbrand), dem Straßenverkehr und der Landwirtschaft.

Feinstäube der Fraktion PM₁₀⁴ und kleiner sind luftgetragen und besitzen im Allgemeinen keine relevante Sedimentationsgeschwindigkeit. Die typischerweise vorliegende Turbulenz der bodennahen Atmosphäre reicht in Verbindung mit der mittleren Partikelgröße aus, um ein gravitationsbedingtes Absinken der Partikel zu verhindern. In der TA Luft wird die Partikelfraktion PM₁₀ daher auch Schwebstaub genannt.

Luftgetragene Partikel der Fraktion PM₁₀ können durch Nase und Mund in die Lunge gelangen, wo sie je nach Größe bis in die Hauptbronchien oder Lungenbläschen transportiert werden können [40]. Ultrafeine Partikel (PM_{0,1}) als Bestandteil von PM₁₀ können von den Lungenbläschen (Alveolen) in die Blutbahn übertreten und so im Körper verteilt werden und andere Organe erreichen.

Aus epidemiologischen Untersuchungen liegen deutliche Hinweise für den Zusammenhang zwischen kurzen Episoden mit hoher PM₁₀-Exposition und Auswirkungen auf die Sterblichkeit (Mortalität) und Erkrankungsrate (Morbidität) vor. PM₁₀ oder eine oder mehrere der PM₁₀-Komponenten leisten nach derzeitigem wissenschaftlichem Kenntnisstand einen Beitrag zu schädlichen Gesundheitseffekten beim Menschen. Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen sind dabei am häufigsten [40].

Eine Langzeit-Exposition über Jahrzehnte kann ebenso mit ernsten gesundheitlichen Auswirkungen verbunden sein. So wurde insbesondere eine erhöhte Rate von Atemwegserkrankungen und Störungen des Lungenwachstums bei Kindern festgestellt. Auch ist eine Erhöhung der PM₁₀-Konzentration mit einem Anstieg der Gesamtsterblichkeit und der Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Sterblichkeit verbunden. Darüber hinaus gibt es Hinweise für eine erhöhte Lungenkrebssterblichkeit [40].

Insgesamt ist davon auszugehen, dass PM₁₀ bzw. seine Bestandteile einen relevanten Beitrag zu schädlichen Gesundheitseffekten beim Menschen leisten. Ein Schwellenwert, unterhalb dessen nicht mehr mit gesundheitsschädlichen Wirkungen zu rechnen ist, kann für PM₁₀ nach aktuellem Kenntnisstand nicht angegeben werden.

⁴ Definition Partikel PM₁₀ gemäß 39. BImSchV: Partikel, die einen gröÙenselektierenden Luftreinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm einen Abscheidungsgrad von 50 % aufweist.

Beurteilungsmaßstäbe für Feinstäube PM₁₀ und PM_{2,5}

Analog zu den Immissionsgrenzwerten für Stickstoffdioxid (NO₂) gehen auch die derzeit in Deutschland geltenden Beurteilungswerte für Feinstaub auf Luftqualitätsrichtlinien der Europäischen Union zurück, die durch die Novellierung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sowie durch die Einführung der 39. BImSchV zum BImSchG in deutsches Recht umgesetzt worden sind.

Als Beurteilungswert zum Schutz der menschlichen Gesundheit gilt für Partikel PM₁₀ ein **Jahresmittelwert von 40 µg/m³** (Kalenderjahr) gemäß 39. BImSchV [3]. Darüber hinaus gilt für Partikel PM₁₀ ein maximaler Tagesmittelwert von 50 µg/m³ bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr. Gegenüber dem Jahresmittelwert von 40 µg/m³ ist der Kurzzeit-Beurteilungswert (50 µg/m³ als Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen im Kalenderjahr) als der strengere Beurteilungswert anzusehen. Aus einer statistischen Auswertung einer Vielzahl von PM₁₀-Messreihen über mehrere Jahre kann abgeleitet werden, dass 35 Überschreitungen des PM₁₀-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ mit Jahresmittelwerten von etwa 29 bis 32 µg/m³ für PM₁₀ korrespondieren.

Für Partikel PM_{2,5} galt gemäß EU-Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa sowie gemäß 39. BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit zunächst ein Zielwert von 25 µg/m³ für den Jahresmittelwert. Seit dem 01.01.2015 ist dieser Wert als Immissionsgrenzwert verbindlich einzuhalten [4].

Ergebnisse der Feinstaubmessungen in Wuppertal

In Wuppertal wurden im Jahr 2018 vom LANUV NRW im Rahmen des Luftqualitätsüberwachungssystems (LUQS) PM₁₀-Messungen an den Stationen Wuppertal-Langerfeld (WULA) und Wuppertal-Gathe (VWEL) durchgeführt. Wie in Abschnitt 6.1 bereits dargestellt, handelt es sich bei der Station Langerfeld um eine städtische Hintergrundstation und bei der Messstelle Gathe um einen Belastungsschwerpunkt („Hot-Spot“). Seit dem Jahr 2009 werden an der städtischen Hintergrund-Messstation Langerfeld zusätzlich Messungen von Feinstaub PM_{2,5} durchgeführt. In Tabelle 8 sind die statistischen Kenngrößen für die PM₁₀- und PM_{2,5}-Messungen an diesen Messstellen für das Jahr 2018 dargestellt und dem Beurteilungswert gem. 39 BImSchV gegenübergestellt.

Tabelle 8 Statistische Kenngrößen für Feinstaub PM₁₀ und PM_{2,5} im Jahr 2018 an den Stationen Wuppertal-Gathe (VWEL) und Wuppertal-Langerfeld (WULA).

Messstation	Partikel PM ₁₀		Partikel PM _{2,5}
	Jahresmittel µg/m ³	Anzahl Tage > 50 µg/m ³	Jahresmittel µg/m ³
Gathe	21	5	---
Langerfeld	17	2	12
Immissionsgrenzwert gemäß 39. BImSchV	40	35	25

In den Abbildungen 15 und 16 ist die Entwicklung der PM₁₀-Immissionssituation an den PM₁₀-Messstationen Friedrich-Engels-Allee (LUQS), Steinweg, Langerfeld (LUQS) und Gathe (LUQS) dargestellt.

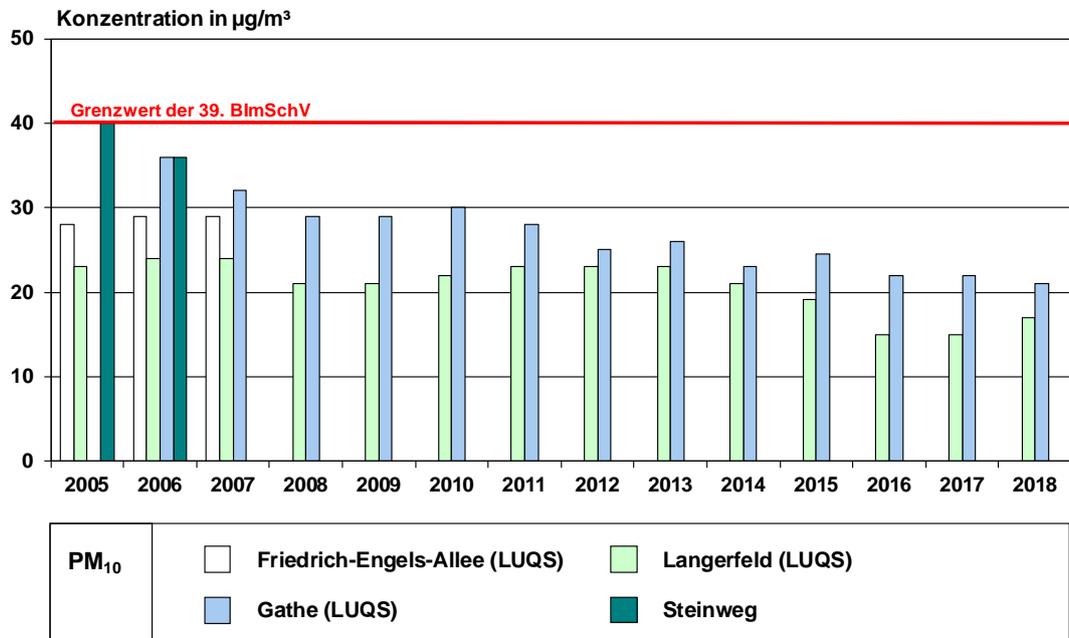


Abbildung 15 Entwicklung der PM₁₀-Jahresmittelwerte an den Messstellen Friedrich-Engels-Allee, Steinweg, Gathe und Langerfeld von 2005 bis 2018.

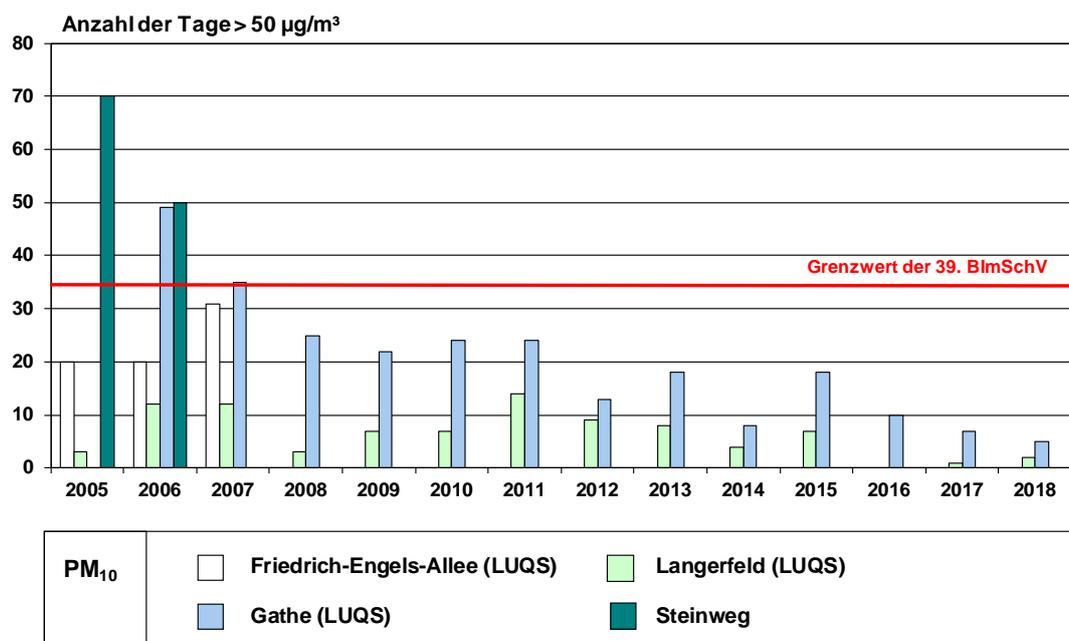


Abbildung 16 Anzahl der Tage mit PM₁₀-Mittelwerten > 50 µg/m³ an den Messstellen Friedrich-Engels-Allee, Steinweg, Gathe und Langerfeld von 2005 bis 2018.

Im Jahresmittel 2018 lagen an beiden Messstationen Gathe und Langerfeld sowohl die PM₁₀- als auch die PM_{2,5}-Konzentrationen deutlich unterhalb der jeweiligen Beurteilungswerte. An der Station Gathe wurde hierbei, wie schon in den letzten Jahren, aufgrund der lokalen Emissions- und Austauschbedingungen mit 21 µg/m³ eine höhere PM₁₀-Belastung ermittelt als an der Hintergrundstation Langerfeld mit 17 µg/m³.

Die Abbildung 15 verdeutlicht insbesondere für die innerstädtische Station Gathe im langjährigen Vergleich einen positiven **Trend mit kontinuierlich abnehmenden Jahresmittelwerten**. Im Vergleich zum Vorjahr lagen die Belastungen im Jahr 2018 mit 21 µg/m³ erfreulicherweise sogar noch einmal unter dem historisch niedrigen Niveau der beiden Vorjahre. An der Station Langerfeld im städtischen Hintergrund ist ebenfalls ein abnehmender Trend zu beobachten, der sich in seiner Ausprägung jedoch weniger kontinuierlich darstellt. Eine Verbesserung ist insbesondere für die Episode von 2013 bis 2016 festzuhalten. Seitdem stagnieren die Mittelwerte auf niedrigem Niveau.

Seit Beginn der Feinstaubmessungen in Wuppertal wurde der Immissionsgrenzwert der 39. BImSchV für den Jahresmittelwert von 40 µg/m³ (gültig seit 2005) noch an keiner Messstelle überschritten.

Die Anzahl der Überschreitungstage für Feinstaub PM₁₀ (Abbildung 16) ist deutlich variabler als der Jahresmittelwert für PM₁₀, da sie maßgeblich vom Verlauf der Witterungsbedingungen in den jeweiligen Jahren geprägt wird (vgl. Abschnitt 5.2). Die Überschreitungshäufigkeit des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ lag an der Station Gathe mit 5 Tagen in 2018 etwas höher, als an der Messstelle Langerfeld mit 2 Tagen. Diese Beobachtung ist plausibel auf die etwas höheren Jahresmittelwerte an der Station Gathe zurückzuführen⁵. Eine Überschreitung dieses Schwellenwertes ist an maximal 35 Tagen im Jahr zulässig. An den zwei Messstationen Wuppertal-Gathe und Wuppertal-Langerfeld ist ein langfristiger Trend mit einer abnehmenden Anzahl an Überschreitungstagen zu erkennen. Seit 2016 werden an keiner der beiden Stationen mehr als 10 Tage mit Tagesmittelwerten > 50 µg/m³ registriert. Im Zeitraum 2010 bis 2015 wurden an der Station Gathe noch bis zu 24 Überschreitungstage gemessen.

Nach Auswertungen des Umweltbundesamtes (UBA) traten in 2018, bedingt durch Kaltlufteinbrüche, bundesweit die meisten Überschreitungstage im Februar und März auf. In Bezug auf die Jahresmittelwerte war jedoch eher die besonders langanhaltende, zehnmonatigen Trockenheit von Februar bis November prägend. In dieser Episode wurden dauerhaft erhöhte PM₁₀-Werte gemessen (ohne zu Überschreitungstagen zu führen) [57]. In NRW führte diese Witterung laut LANUV NRW auch zu insgesamt leicht angestiegenen Jahresmittelwerten gegenüber dem Vorjahr [61].

⁵ Zwischen Jahresmittelwert und Anzahl von Überschreitungstagen existiert eine funktionale Abhängigkeit. Höhere Jahresmittelwerte stehen oft in Verbindung mit einer größeren Anzahl an Überschreitungstagen. Nach Untersuchungen des LANUV NRW wird im Allgemeinen ab einem PM₁₀ Jahresmittelwert zwischen 29 µg/m³ und 32 µg/m³ die zulässige Anzahl von Überschreitungen des Tagesmittelwertes möglicherweise nicht eingehalten.

In den Luftmessberichten der zurückliegenden Jahre wurde an dieser Stelle der Beitrag des städtischen und überregionalen Hintergrundes zur PM₁₀-Belastung an der LUQS-Station Gathe mit Hilfe einer Quellenzuordnung nach dem Ansatz von Lenschow et al. (2001) abgeschätzt. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Höhe der verkehrsbedingten Zusatzbelastung durch Schwebstaub PM₁₀ an der Messstation Gathe seit 2011 in einer Größenordnung von etwa 10 bis 20 % schwankt (Ø 15 %). Der Anteil des regionalen und überregionalen Hintergrundes (v. a. Hausbrand, Industrie, großräumige Belastung durch Straßenverkehr, Landwirtschaft) macht konstant bereits ca. 80 % der Ergebnisse an der Messstation Gathe aus. In den letzten Jahren war im städtischen Hintergrund in Wuppertal (WULA) quasi kein Unterschied zum regionalen Hintergrund festzustellen. Auch für das Jahr 2018 kann die verkehrsbedingte Zusatzbelastung durch Schwebstaub PM₁₀ an der Messstation Gathe nach diesem Vorgehen mit etwa 15 % abgeschätzt werden. Für weitere Ausführungen wird an dieser Stelle auf die entsprechende Literatur verwiesen [14] – [16].

Insgesamt kann die **Luftbelastungssituation in Wuppertal im Hinblick auf Feinstaub** PM₁₀ und PM_{2,5} und in Bezug auf die aktuellen Beurteilungswerte als **unkritisch** bezeichnet werden. Sowohl die Langzeit- als auch die Kurzzeitwerte liegen seit dem Jahr 2008 sicher unterhalb der jeweiligen Beurteilungswerte. Die Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation WHO von 20 µg/m³ als Jahresmittelwert für Feinstaub PM₁₀ (mit nicht mehr als 3 Tagesmittelwerten > 50 µg/m³) und 10 µg/m³ als Jahresmittelwert für Feinstaub PM_{2,5} (mit nicht mehr als 3 Tagesmittelwerten > 25 µg/m³) stellen in diesem Zusammenhang jedoch nach wie vor ambitionierte Ziele dar, die noch nicht flächendeckend eingehalten werden können.

7 Entwicklung des NO₂-Messnetzes in Wuppertal

Die Stadt Wuppertal führt bereits **seit den 1990er Jahren** umfangreiche lufthygienische und meteorologische Messungen durch. Auf die Ergebnisse dieser Messungen wurde sowohl in dem hier vorliegenden Luftmessbericht für das Jahr 2018 als auch in den Messberichten der letzten Jahre regelmäßig hingewiesen. Die aus diesen langjährigen Messungen resultierenden Ergebnisse sind unter anderem in den Abschnitten 6.1.2 und 6.1.3 sowie den zurückliegenden Messberichten dokumentiert. Im jeweils aktuellen Luftmessbericht werden dabei aber im Allgemeinen nur diejenigen Messpunkte aufgenommen, für die in dem jeweiligen Berichtsjahr auch NO₂-Messungen durchgeführt wurden. In den zurückliegenden Jahren wurde das NO₂-Messnetz stetig weiterentwickelt und den jeweils aktuellen Anforderungen angepasst. Insbesondere seit 2008 wurden diejenigen Messpunkte, an denen der Beurteilungswert für NO₂ eingehalten wurde, aus dem Messprogramm herausgenommen, um Untersuchungen an neuen Messorten bzw. potentiellen Belastungsschwerpunkten zu ermöglichen.

Ein Gesamtüberblick über die bislang im NO₂-Messnetz in Wuppertal realisierten Messorte für NO₂ wurde erstmalig im Luftmessbericht für das Jahr 2013 aufgegriffen.

In Abbildung 17 ist hierzu, analog zur Darstellungsmethodik in Abbildung 11, die räumliche Verteilung sowohl der aktuellen als auch der mittlerweile nicht mehr beprobten Messorte im Stadtgebiet von Wuppertal dargestellt. In blau sind hierbei die aktiven Messpunkte des aktuellen NO₂-Messnetzes markiert, die nicht mehr beprobten Messpunkte sind grün dargestellt. Zum Jahr 2018 gab es aber keine Veränderungen des Messnetzes gegenüber dem Vorjahr.

Während die graphische Darstellung des aktuellen Messnetzes in Abbildung 11 noch eine zum Teil heterogene räumliche Verteilung der Messpunkte zeigt, führt die **Überlagerung aller bislang untersuchten Messorte** in Abbildung 17 zu einer deutlich **homogeneren Verteilung** über das Wuppertaler Stadtgebiet, wobei jedoch immer potenzielle NO₂-Belastungsschwerpunkte beprobt wurden. Insgesamt wurden demnach seit 2006 NO₂-Messungen an 20 Messorten durchgeführt, die aktuell (2018) nicht mehr Bestandteil des Wuppertaler Messnetzes sind. In Tabelle 9 sind ergänzend zu Abbildung 17 diese „historischen“ Messpunkte inkl. Messpunkt-Nr., Adresse und Höhe über NN sowie der Angabe des Messzeitraumes und des letzten NO₂-Jahresmittelwertes ausgewiesen.

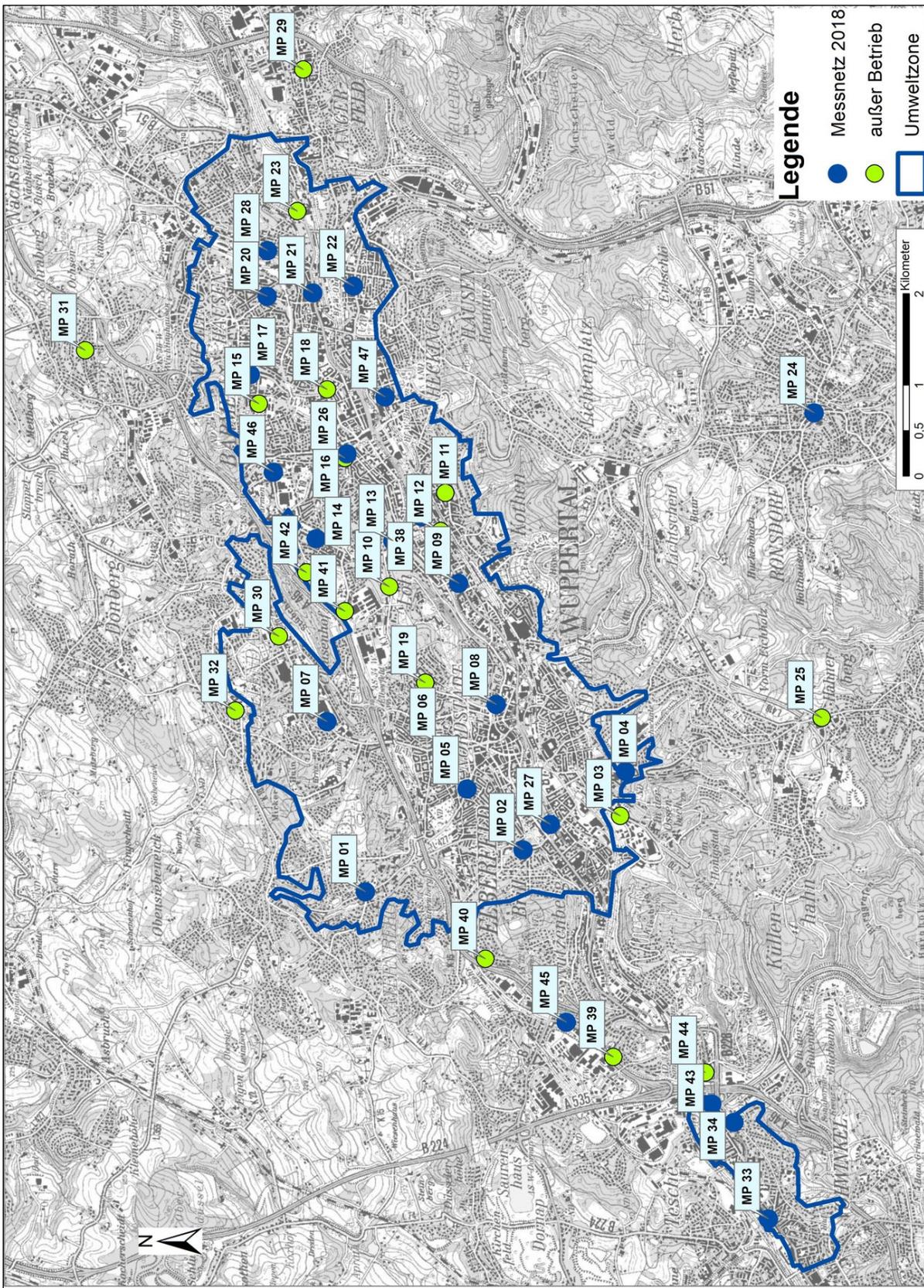


Abbildung 17 Räumliche Verteilung der bis 2018 aktiven sowie der nicht mehr beprobten NO₂-Messorte in Wuppertal.

Tabelle 9 Messorte aus dem NO₂-Messnetz in Wuppertal, die nicht mehr beprobt werden.

Lfd.-Nr.	MP-Nr.	Messort / Adresse		Höhe m über NN	Messung		JMW NO ₂ in µg/m ³
		Straße / Hausnummer	Stadtteil		ab	bis	
3	MP 03	Neviantstraße 44	Elberfeld	176	2006	2012	38
6	MP 06	Gathe 35	Elberfeld	151	2006	2006	70
10	MP 10	Rudolfstraße 109	Barmen	181	2006	2006	45
11	MP 11	Meckelstraße 60	Barmen	188	2006	2006	43
12	MP 12	Wittensteinstraße	Barmen	160	2006	2006	44
15	MP 15	Klingelholl 96	Barmen	197	2006	2006	42
18	MP 18	Bachstraße 26	Barmen	156	2006	2006	47
19	MP 19	Ostersbaum 72	Elberfeld	164	2006	2012	39
23	MP 23	Am Buchenloh	Langerfeld	170	2006	2006	32
25	MP 25	Hahnerberger Straße 51	Cronenberg	330	2006	2006	43
26	MP 26	Steinweg 25 (Garten)	Barmen	182	2006	2008	34
29	MP 29	Schwelmer Straße 104b	Langerfeld	208	2007	2008	46
30	MP 30	Uellendahler Straße 428	Elberfeld	200	2007	2012	32
31	MP 31	Schraberg 10	Oberbarmen	268	2007	2008	35
32	MP 32	Hans-Böckler-Straße 171	Elberfeld	277	2007	2008	27
39	MP 39	Sillerstraße 6	Vohwinkel	171	2013	2015	33
40	MP 40	Am Dorpweiher 22 / 24	Elberfeld	199	2013	2015	36
44	MP 44	Sonnbornerstraße 158	Vohwinkel	133	2014	2015	32

JMW: Letzter Jahresmittelwert

Die ehemaligen Messpunkte MP 06 Gathe sowie MP 23 Am Buchenloh nehmen in dieser Übersicht eine Sonderrolle ein, da an diesen Messstandorten seit 2005 (Gathe) und seit 2002 (Am Buchenloh) Messstationen aus dem LUQS-Messnetz des LANUV NRW betrieben werden, sodass auch für diese Messorte eine kontinuierliche Erfassung mehrerer Spurenstoffe einschließlich NO₂ sichergestellt ist.

Insgesamt dokumentiert diese Entwicklung das Engagement sowie die aktive Rolle der Stadt Wuppertal im Bereich der flächenhaften Erfassung und Bewertung der Luftqualität im Wuppertaler Stadtgebiet. Die langjährige Erfassung und Bewertung der NO₂-Immissionen bildet eine **gute Entscheidungsgrundlage**, auf deren Basis wirksame Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden können. Ziel dieser Aktivitäten ist die kontinuierliche Verbesserung der Luftqualität und somit der Gesundheitsschutz und die Erhöhung der Lebensqualität der Wuppertaler Bevölkerung.

8 Zusammenfassung und Fazit

Die Stadt Wuppertal führt seit vielen Jahren Immissionsmessungen von Luftschadstoffen durch, um die aktuelle Belastung in Wuppertal zu ermitteln und zu bewerten. Die flächenhaft erfassten Messdaten dienen dazu, verschiedenste Planungsprozesse nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ begleiten zu können. Darüber hinaus ermöglicht diese Datenbasis eine Versachlichung der Diskussion zu den Themen Luftreinhaltung und Gesundheitsschutz und bietet eine fundierte Grundlage für Abstimmungsgespräche mit übergeordneten und beteiligten Behörden.

Auf der Basis der Messergebnisse können Maßnahmen zur Reduzierung der Luftschadstoffbelastungen abgeleitet sowie deren Wirksamkeit bewertet werden. Hierbei ist es das vorrangige Ziel, die Luftqualität zu verbessern und somit langfristig den Gesundheitsschutz für die Wuppertaler Bevölkerung sicherzustellen.

Aufgrund des bereits seit vielen Jahren kontinuierlich durchgeführten Messprogramms kann neben der aktuellen Luftgüte auch der langjährige Trend beschrieben und bewertet werden. Ergänzt wird das kommunale Luftmessprogramm durch die Messungen des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW. Auf der Basis der in Wuppertal durchgeführten Luftschadstoffmessungen des LANUV NRW wurde zunächst im Jahr 2008 unter Federführung der Bezirksregierung Düsseldorf ein gesamtstädtischer Luftreinhalteplan für die Stadt Wuppertal erstellt. Dieser Luftreinhalteplan wurde, auch unter Berücksichtigung der kommunalen Luftschadstoffmessungen, fortgeschrieben und dient in der Fassung von 2013 als ein Instrument zur weiteren Verbesserung der Luftqualität in Wuppertal. Vor dem Hintergrund des anhaltenden Handlungsdrucks wird der Luftreinhalteplan im Sinne einer Planfortschreibung derzeit aktualisiert. Die Messdaten aus dem Luftmessnetz der Stadt Wuppertal sollen hierzu eine zusätzliche und belastbare Grundlage schaffen. Die Fortschreibung des Luftreinhalteplanes ist gegenwärtig in Arbeit. Er soll voraussichtlich Anfang 2020 Inkrafttreten. Nach aktuellem Wissensstand ist für den Ballungsraum Wuppertal erst nach 2020 mit einer Einhaltung der Grenzwerte zu rechnen⁶ [48].

Messorte und Messumfang

Messungen erfolgten zeitgleich an 24 Messpunkten im Stadtgebiet. Das Messnetz wurde gegenüber dem Vorjahr 2018 nicht verändert.

Ergebnisse 2018

Im Fokus der Messungen in Wuppertal stehen unverändert die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) sowie meteorologische Messungen.

⁶ Ähnliche Prognosen gelten für Köln, Hagen, Essen, Dortmund, Düsseldorf, Aachen, Grevenbroich und die Region Duisburg/Oberhausen/Mülheim. In besonders hoch belasteten Gebieten wie Stuttgart und München wird eine Einhaltung der Grenzwerte nicht vor dem Jahr 2030 erwartet.

Von den hier ausgewerteten 24 Messstandorten im Wuppertaler Stadtgebiet, die sich größtenteils an innerstädtischen Standorten mit potenziell hoher Belastung befinden, wurde im Jahr 2018 an 9 Messstandorten der Beurteilungswert für Stickstoffdioxid von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert überschritten. In 2017 waren es mit 12 Standorten drei Messpunkte mehr als im aktuellen Berichtsjahr. Es handelt sich dabei um die Messpunkte MP 21 (Berliner Straße 159), MP 28 (Schwarzbach 78) und MP 43 (Eugen-Langen-Straße 23).

Die höchsten NO_2 -Belastungen für das Jahr 2018 wurden an der Briller Straße (MP 02) mit $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Jahresmittelwerte $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurden an keinem weiteren Messpunkt ermittelt.

An allen 24 Messpunkten wurden erfreulicherweise niedrigere NO_2 -Konzentrationen als im Vorjahr registriert. Der Belastungsrückgang beträgt an der überwiegenden Mehrheit der Messpunkte $1 - 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (bei einer Spannweite von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis zu $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). An Messpunkten mit besonders hohen NO_2 -Belastungen war die Abnahme der Konzentrationen im Vergleich zum Vorjahr größer, als an weniger belasteten Standorten. Im Mittel über alle Messpunkte resultiert eine Abnahme der NO_2 -Belastung von durchschnittlich $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Vergleich 2017/2018.

Die für das Wuppertaler Stadtgebiet festzuhaltende rückläufige Belastung lässt sich sowohl bundes- als auch landesweit beobachten. Sie liegt in der Tendenz sogar etwas höher. In NRW betrug die durchschnittliche Abnahme an verkehrsnahen Stationen $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei einer Schwankungsbreite der Differenzen zwischen Zunahmen von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis Abnahmen von maximal $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In Bezug auf Feinstaub lagen an beiden Messstationen Gathe und Langerfeld im Jahresmittel 2018 sowohl die PM_{10} - als auch die $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen deutlich unterhalb der jeweiligen Beurteilungswerte (die Messung von Feinstaub PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ erfolgt durch das LANUV NRW). An der Station Gathe wurde hierbei, wie schon in den letzten Jahren, aufgrund der lokalen Emissions- und Austauschbedingungen mit $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine höhere PM_{10} -Belastung ermittelt als an der Hintergrundstation Langerfeld mit $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Langjähriger Trend der Luftqualität in Wuppertal

Insgesamt kann in Wuppertal ein beträchtlicher Rückgang der NO_2 -Belastung festgestellt werden. Die Verbesserung der lufthygienischen Situation wird insbesondere im langjährigen Vergleich deutlich: Im Mittel über alle Messstationen in Wuppertal wurde über den Zeitraum von 2009 bis 2018 ein Rückgang der NO_2 -Immissionen von mittlerweile $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registriert (Differenz der Mittelwerte jeweils über 20 Messstationen, an denen sowohl im Jahr 2009 als auch im Jahr 2018 NO_2 -Messungen realisiert wurden). Eine Zunahme der NO_2 -Immissionen wurde über diesen Vergleichszeitraum an keiner der innerstädtischen Messstellen beobachtet.

Maßgeblichen Einfluss auf dieses Ergebnis hatte zunächst vor allem die über viele Jahre positive Entwicklung bis 2014, in der sich die Situation jährlich um durchschnittlich etwa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verbessert hat. Zeitweilig waren daraufhin eine Stagnation bzw. leichte Zunahme der Belastungen zu verzeichnen. Mit den Ergebnissen für die Jahre 2017 und 2018 (Verbesserung um $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Vergleich zum jeweiligen Vorjahr) scheint sich der langjährige Trend möglicherweise wieder fortzusetzen.

Der Trend der Feinstaubbelastung für PM₁₀ in Wuppertal muss aufgrund der im Vergleich zum NO₂ geringeren Messstellendichte differenziert betrachtet werden. Insbesondere für den innerstädtischen Belastungsschwerpunkt Gathe zeigt sich im mehrjährigen Vergleich ein positiver Trend mit kontinuierlich abnehmenden Jahresmittelwerten. Der Anteil der verkehrsbedingten Zusatzbelastung durch Schwebstaub PM₁₀ hat sich an der Messstation Gathe seit 2011 in einer Größenordnung von etwa 15 % eingependelt.

Insgesamt muss in Bezug auf die Feinstaubbelastung (PM₁₀ und PM_{2,5}) in Wuppertal betont werden, dass seit 2008 an den Wuppertaler Messstellen alle relevanten Beurteilungswerte kontinuierlich und sicher eingehalten werden. Mit Bezug auf den allgemeinen Trend in NRW und bundesweit ist davon auszugehen, dass aller Voraussicht nach auch in Wuppertal die Beurteilungsmaßstäbe für Partikel nicht nur aktuell, sondern auch zukünftig eingehalten werden. Die strengeren Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation WHO stellen in diesem Zusammenhang jedoch nach wie vor ambitionierte Ziele dar, die noch nicht flächendeckend eingehalten werden können.

Abschließend lässt sich für Wuppertal, sowohl in Bezug auf Stickstoffdioxid NO₂ als auch für Partikel PM₁₀ insgesamt ein nach wie vor langfristig abnehmender Trend der Luftschadstoffbelastung erkennen. Hierzu werden auch die bislang ergriffenen und weitere geplante Maßnahmen aus der Luftreinhalteplanung weiterhin einen Beitrag leisten.

9 Grundlagen und Literatur

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432) geändert worden ist
- [2] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBl. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511)
- [3] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065)
- [4] RL 2008/50/EG: Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa; Amtsblatt der europäischen Union vom 11.06.2008; L152
- [5] Bezirksregierung Düsseldorf (2008): Luftreinhalteplan Wuppertal, Bezirksregierung Düsseldorf, Cecilienallee 2, 40474 Düsseldorf
- [6] Bezirksregierung Düsseldorf (2013): Luftreinhalteplan Wuppertal 2013 (in der Fassung der Bekanntmachung vom 18.04.2013), Bezirksregierung Düsseldorf, Cecilienallee 2, 40474 Düsseldorf
- [7] DWD (2018): Pressemitteilungen zum Deutschlandwetter im Jahr 2018; Deutscher Wetterdienst (DWD), Offenbach
- [8] DWD (2015): Mittelwerte der Lufttemperatur für den Zeitraum 1981-2010; Deutscher Wetterdienst (DWD), Offenbach
- [9] Müller-BBM (2010): Luftmessbericht Wuppertal 2009; Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen; 45899 Gelsenkirchen
- [10] Müller-BBM (2011): Luftmessbericht Wuppertal 2010; Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen; 45899 Gelsenkirchen
- [11] Müller-BBM (2012): Luftmessbericht Wuppertal 2011; Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen; 45899 Gelsenkirchen
- [12] Müller-BBM (2013): Luftmessbericht Wuppertal 2012; Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen; 45899 Gelsenkirchen
- [13] Müller-BBM (2014): Luftmessbericht Wuppertal 2013; Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen; 45899 Gelsenkirchen
- [14] Müller-BBM (2015): Luftmessbericht Wuppertal 2014; Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen; 45899 Gelsenkirchen
- [15] Müller-BBM (2016): Luftmessbericht Wuppertal 2015; Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen; 45899 Gelsenkirchen
- [16] Müller-BBM (2017): Luftmessbericht Wuppertal 2016; Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen; 45899 Gelsenkirchen

- [17] Müller-BBM (2018): Luftmessbericht Wuppertal 2017; Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen; 45899 Gelsenkirchen
- [18] LUBW (2009): Luftmessbericht Wuppertal 2008; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- [19] LUBW (2008): Luftmessbericht Wuppertal 2007; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- [20] LUBW (2007): Luftmessbericht Wuppertal 2006; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- [21] LUBW (2006): Luftmessbericht Wuppertal 2005; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- [22] GEObasis NRW: Topographische Karte Nordrhein Westfalen, M 1 : 25 000 (DTK25), Bezirksregierung Köln, Abteilung 07 – GEObasis NRW
- [23] GEObasis NRW: Topographische Karte Nordrhein Westfalen, M 1 : 50 000 (DTK50), Bezirksregierung Köln, Abteilung 07 – GEObasis NRW
- [24] GEObasis NRW: Übersichtskarte Nordrhein Westfalen, M 1 : 200 000 (TÜK200), Bezirksregierung Köln, Abteilung 07 – GEObasis NRW
- [25] DIN EN 13528-1 (2002-12): Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [26] DIN EN 13528-2 (2002-12): Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 2: Spezifische Anforderungen und Prüfverfahren
- [27] DIN EN 13528-3 (2004-04): Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 3: Anleitung zur Auswahl, Anwendung und Handhabung
- [28] DIN EN 16339 (2013-11): Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid mittels Passivsammler
- [29] VDI-Richtlinie 3786, Blatt 1 (2013-08): Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen – Grundlagen
- [30] VDI-Richtlinie 3786, Blatt 2 (2018-05): Umweltmeteorologie - Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung – Wind
- [31] VDI-Richtlinie 3786, Blatt 3 (2012-10): Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen - Lufttemperatur
- [32] VDI-Richtlinie 3786, Blatt 4 (2013-06): Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen – Luftfeuchte
- [33] Müller-BBM (2014): Gleichwertigkeitsnachweis NO₂-Passivsammler zum Referenzverfahren (DIN EN 14211 – Chemilumineszenz); Notiz Nr. M94843/N05 vom 04.09.2017
- [34] Pfeffer, U., Beier, R., Zang, T. (2006): Measurements of nitrogen dioxide with diffusive samplers at traffic-related sites in North-Rhine Westphalia (Germany); Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft, Vol. 66 (2006), Nr. 1/2; S. 38-44

- [35] LANUV-NRW (2010): Kalibrierung von Passivsammlern zur Messung von Stickstoffdioxid (NO₂), Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, 2010
- [36] Pfeffer, U., Zang, T., Breuer, L., Rumpf, E., Beier, R. (2009): Long-term validation and robustness of uptake rates of diffusive samplers for NO₂ and benzene, International Conference 'Measuring Air Pollutants by Diffusive Sampling and Other Low Cost Monitoring Techniques, Krakow, 15th – 17th September 2009
- [37] LANUV NRW (2019): Messdaten der LUQS-Stationen Wuppertal Gathe (VWEL) und Wuppertal Langerfeld (WULA); Monatsberichte 2018 und EU-Jahreskenngößen 2018 des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, 2019
- [38] UBA (2016): Regelungen und Strategien / Luftreinhaltung in der EU, Umweltbundesamt, Dessau <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/luftreinhaltung-in-der-eu>
- [39] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (2012): Gesundheitsschutz im Mittelpunkt. Die Luftreinhaltepläne in Nordrhein-Westfalen, Januar 2012
- [40] LANUV NRW (2012): Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub und Stickstoffdioxid im Zusammenhang mit der Luftreinhalteplanung, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, Januar 2012
- [41] LANUV NRW (2019): Pressemitteilung - Luftqualität hat sich im vergangenen Jahr 2018 leicht verbessert (Stand 20.05.2019): <https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/pressemitteilungen/>
- [42] Lenschow, P., H.-J. Abraham, K. Kutzner, M. Lutz, J.D. Preuß, W. Reichenbacher (2001): Some ideas about the sources of PM10, Atmos. Env. 35/1001, pp23-33, 2001.
- [43] LANUV NRW (2013): Fristverlängerungen bis 2015 zur Einhaltung des Grenzwertes für Stickstoffdioxid (Notifizierung). Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, März 2013
- [44] Müller-BBM (2015): Flächenhafte NO₂-Messungen mit Hilfe von Passivsammlern. A. Ropertz, Beuck, H., Bücken, U., Bornkessel, H. Tagungsband zum Kolloquium "Luftqualität an Straßen" 2015. Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach (Hrsg).
- [45] Europäische Kommission (2015) Aufforderungsschreiben -Vertragsverletzung Nr. 2015/2073 vom 18.06.2015. Commission européenne, B-1049 Bruxelles.
- [46] BR (2015): Mitteilung der Regierung der Bundesrepublik Deutschland an die Europäische Kommission vom 18.08.2015 - Verfahren Nr. 2015/2073. Vertragsverletzungsverfahren der Europäischen Kommission zur Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG.
- [47] Gerichtshof der Europäischen Union (2014): Pressemitteilung Nr. 153/14.
- [48] LAI (2016): Handlungsbedarf und –empfehlungen zur Einhaltung der NO₂-Grenzwerte. erarbeitet durch den LAI-Ausschuss „Luftqualität / Wirkungsfragen / Verkehr“, 16. Februar 2016

- [49] Europäische Kommission (2017): Kommission droht Deutschland, Frankreich, Spanien, Italien und dem Vereinigten Königreich mit Klage wegen anhaltender übermäßiger Luftverschmutzung. Europäische Kommission – Pressemitteilung vom 15. Februar 2017 http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-238_de.htm
- [50] Stadt Wuppertal (2018): Luftreinhalteplan Wuppertal 2013 – Sachstandsbericht 2017 Maßnahmen-Umsetzung; Stand: 31.12.2017
- [51] Bundesverwaltungsgericht (2018): Pressemitteilung - Luftreinhaltepläne Düsseldorf und Stuttgart: Diesel-Verkehrsverbote ausnahmsweise möglich (Stand: 27.02.2018) <http://www.bverwg.de/pm/2018/9>
- [52] Bundesverwaltungsgericht (2018): (Beschränkte) Verkehrsverbote für (bestimmte) Dieselfahrzeuge - Luftreinhalteplan Düsseldorf - Urteil vom 27.02.2018, schriftliche Begründung vom 22.05.2018 <https://www.bverwg.de/de/270218U7C26.16.0>
- [53] Bundesverwaltungsgericht (2018): Verkehrsverbot (u.a.) für Dieselfahrzeuge in der Umweltzone Stuttgart - Urteil vom 27.02.2018, schriftliche Begründung vom 22.05.2018 <https://www.bverwg.de/de/270218U7C30.17.0>
- [54] Justizportal Nordrhein-Westfalen (2018): Verwaltungsgericht Düsseldorf: Erörterungstermin in dem Vollstreckungsverfahren zur Fortschreibung des Luftreinhalteplans Düsseldorf – Pressemitteilung vom 21.08.2018
- [55] DU (2018): Deutsche Umwelthilfe reicht vier weitere Klagen für die "Saubere Luft" in Nordrhein-Westfalen ein. Presseportal Deutsche Umwelthilfe e. V. (Stand 17.12.2018)
- [56] DU (2019): Klagen für Saubere Luft. Deutsche Umwelthilfe e. V. (Stand: 01.04.2019) https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Verkehr/Feinstaub/Right-to-Clean-Air_Hintergrundpapier_D_Juli_2019.pdf
- [57] UBA (2019): Luftqualität 2018 Vorläufige Auswertung; Umweltbundesamt (UBA); Fachgebiet II 4.2 „Beurteilung der Luftqualität“, Dessau
- [58] UBA (2019): Daten zur Luftqualität 2018: 57 Städte über dem NO₂-Grenzwert – Pressemitteilung vom 17.06.2019
- [59] UBA (2019): Messdaten NO₂ 2015-2018 (Excel-Version, Stand 20.06.2019)
- [60] UBA (2019): Schwerpunkt Gesunde Luft. Magazin des Umweltbundesamtes 1/2019. Umweltbundesamt (UBA), Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-1-2019-gesunde-luft>
- [61] LANUV NRW (2019): Bericht über die Luftqualität im Jahr 2018. Bericht vom 30.04.2019. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen
- [62] LANUV NRW (2019): Luftqualität hat sich im vergangenen Jahr 2018 leicht verbessert (Stand 23.04.2019): <https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/pressemitteilungen/>

- [63] BUE (2019): FAQ Dieseldurchfahrtsbeschränkungen. Behörde für Umwelt und Energie der Freien und Hansestadt Hamburg. <https://www.hamburg.de/durchfahrtsbeschaenkungen/11067546/dieseldurchfahrtsbeschaenkungen-faq/>
- [64] LH Stuttgart (2019). Diesel-Verkehrsverbot. Auf dieser Seite finden Sie alle wichtigen Informationen zum Diesel-Verkehrsverbot. Landeshauptstadt Stuttgart. <https://www.stuttgart.de/diesel-verkehrsverbot>
- [65] OVG Münster (2019): Luftreinhalteplan für die Stadt Aachen muss überarbeitet werden. Pressemitteilung vom 31.07.2019. Oberverwaltungsgericht für das Land Nordrhein-Westfalen, Münster
- [66] Stadt Wuppertal (2018): Green City Plan Wuppertal. Stadt Wuppertal – Ressort Umweltschutz, Johannes-Rau-Platz 1, 42275 Wuppertal, 31.08.2018

Anhang A

Beschreibung und fotografische Dokumentation der Messstellen

Messpunkt 01

Navigeser Straße 98
42113 Wuppertal

Rechtswert 25 78 552 m

Hochwert 56 82 417 m

Höhe 214 m ü. NN

Messzeitraum seit 2006



Messpunkt 02

Briller Straße 28
42105 Wuppertal

Rechtswert 25 79 011 m

Hochwert 56 80 700 m

Höhe 147 m ü. NN

Messzeitraum seit 2006



Messpunkt 04

Steinbeck 92
42119 Wuppertal

Rechtswert 25 79 875 m

Hochwert 56 79 586 m

Höhe 181 m ü. NN

Messzeitraum seit 2006



Messpunkt 05

Hochstraße 63
42105 Wuppertal

Rechtswert 25 79 680 m

Hochwert 56 81 311 m

Höhe 171 m ü. NN

Messzeitraum seit 2006



Messpunkt 07

Uellendahler Straße 198
42109 Wuppertal

Rechtswert 25 80 419 m
Hochwert 56 82 837 m
Höhe 181 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006

**Messpunkt 08**

Hofkamp 86
42103 Wuppertal

Rechtswert 25 80 606 m
Hochwert 56 80 992 m
Höhe 146 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006

**Messpunkt 09**

Friedrich-Engels-Allee 184
42285 Wuppertal

Rechtswert 25 81 936 m
Hochwert 56 81 400 m
Höhe 149 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006

**Messpunkt 13**

Rudolfstraße 149
42285 Wuppertal

Rechtswert 25 82 402 m
Hochwert 56 82 118 m
Höhe 154 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006



Messpunkt 14

Schönebecker Straße 81
42283 Wuppertal

Rechtswert 25 82 428 m
Hochwert 56 82 953 m
Höhe 188 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006

**Messpunkt 16**

Steinweg 25
42275 Wuppertal

Rechtswert 25 83 358 m
Hochwert 56 82 617 m
Höhe 159 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006

**Messpunkt 17**

Westkotter Straße 111
42277 Wuppertal

Rechtswert 25 84 225 m
Hochwert 56 83 672 m
Höhe 193 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006

**Messpunkt 20**

Wichlinghauser Straße 70
42277 Wuppertal

Rechtswert 25 85 084 m
Hochwert 56 83 487 m
Höhe 179 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006



Messpunkt 21

Berliner Straße 159
42277 Wuppertal

Rechtswert 25 85 123 m
Hochwert 56 82 988 m
Höhe 160 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006

**Messpunkt 22**

Heckinghauser Straße 159
42289 Wuppertal

Rechtswert 25 85 196 m
Hochwert 56 82 547 m
Höhe 166 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006

**Messpunkt 24**

Staasstraße 51
42369 Wuppertal

Rechtswert 25 83 808 m
Hochwert 56 77 532 m
Höhe 274 m ü. NN
Messzeitraum seit 2006

**Messpunkt 27**

Bundesallee 30
42103 Wuppertal

Rechtswert 25 79 293 m
Hochwert 56 80 403 m
Höhe 142 m ü. NN
Messzeitraum seit 1997



Messpunkt 28

Schwarzbach 78
42277 Wuppertal

Rechtswert 25 85 587 m

Hochwert 56 83 482 m

Höhe 171 m ü. NN

Messzeitraum seit 2007

**Messpunkt 33**

Kaiserstraße 32
42329 Wuppertal

Rechtswert 25 74 963 m

Hochwert 56 78 028 m

Höhe 162 m ü. NN

Messzeitraum seit 2007

**Messpunkt 34**

Haeseler Strasse 94
42329 Wuppertal

Rechtswert 25 76 023 m

Hochwert 56 78 403 m

Höhe 140 m ü. NN

Messzeitraum seit 2007

**Messpunkt 38**

Friedrich-Engels-Allee 308
42283 Wuppertal

Rechtswert 25 82 670 m

Hochwert 56 81 806 m

Höhe 155 m ü. NN

Messzeitraum seit 2008



Messpunkt 43

Eugen-Langen-Straße 23
42327 Wuppertal

Rechtswert 25 76 225 m

Hochwert 56 78 643 m

Höhe 137 m ü. NN

Messzeitraum seit 2014

**Messpunkt 45**

Varresbeckerstraße 122
42115 Wuppertal

Rechtswert 25 77 121 m

Hochwert 56 80 230 m

Höhe 154 m ü. NN

Messzeitraum seit 2016

**Messpunkt 46**

Schützenstraße 74
42281 Wuppertal

Rechtswert 25 83 157 m

Hochwert 56 83 417 m

Höhe 188 m ü. NN

Messzeitraum seit 2016

**Messpunkt 47**

Gewerbeschulstraße 54
42289 Wuppertal

Rechtswert 25 83 981 m

Hochwert 56 82 201 m

Höhe 172 m ü. NN

Messzeitraum seit 2016



Anhang B
Einzelmessergebnisse

Tabelle 10 Einzelmessergebnisse an den Messpunkten MP 1 bis MP 47 für den Messzeitraum 29.12.2017 bis 02.01.2019.

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 01 / 1	MP 01 / 2	MP 01	MP 02 / 1	MP 02 / 2	MP 02	MP 04 / 1	MP 04 / 2	MP 04	MP 05 / 1	MP 05 / 2	MP 05
			µg/m³											
Jan 2018	29.12.17 - 29.01.18	31	29	28	29	42	43	42	37	38	37	31	30	31
Feb 2018	29.01.18 - 28.02.18	30	35	38	36	54	54	54	46	46	46	45	48	47
Mrz 2018	28.02.18 - 29.03.18	29	34	35	34	55	50	52	43	44	43	41	42	41
Apr 2018	29.03.18 - 27.04.18	29	31	29	30	53	50	51	45	41	43	42	42	42
Mai 2018	27.04.18 - 29.05.18	32	30	32	31	57	56	56	41	44	42	51	54	53
Jun 2018	29.05.18 - 29.06.18	31	28	28	28	49	50	49	46	41	44	48	47	48
Jul 2018	29.06.18 - 30.07.18	31	30	31	31	54	55	55	53	47	50	49	49	49
Aug 2018	30.07.18 - 31.08.18	32	27	27	27	51	54	53	51	45	48	40	44	42
Sep 2018	31.08.18 - 02.10.18	32	34	35	35	55	50	53	44	48	46	49	48	48
Okt 2018	02.10.18 - 01.11.18	30	36	34	35	53	51	52	49	46	47	46	45	45
Nov 2018	01.11.18 - 01.12.18	30	32	32	32	45	47	46	43	38	40	39	40	39
Dez 2018	01.12.18 - 02.01.19	32	29	29	29	48	43	45	40	40	40	35	38	36
Mittelwert	29.12.17 - 02.01.19	369	31	32	31	51	50	51	45	43	44	43	44	43

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 07 / 1	MP 07 / 2	MP 07	MP 08 / 1	MP 08 / 2	MP 08	MP 09 / 1	MP 09 / 2	MP 09	MP 13 / 1	MP 13 / 2	MP 13
			µg/m³											
Jan 2018	29.12.17 - 29.01.18	31	31	34	33	30	30	30	42	40	41	37	36	36
Feb 2018	29.01.18 - 28.02.18	30	39	40	40	37	36	37	48	48	48	45	48	46
Mrz 2018	28.02.18 - 29.03.18	29	35	38	36	32	33	32	41	43	42	45	39	42
Apr 2018	29.03.18 - 27.04.18	29	32	37	34	30	30	30	43	44	44	43	44	43
Mai 2018	27.04.18 - 29.05.18	32	35	35	35	31	33	32	44	45	45	50	47	49
Jun 2018	29.05.18 - 29.06.18	31	32	31	31	28	33	30	36	36	36	42	45	43
Jul 2018	29.06.18 - 30.07.18	31	35	35	35	32	32	32	42	45	44	45	45	45
Aug 2018	30.07.18 - 31.08.18	32	32	33	33	29	31	30	39	40	39	43	44	44
Sep 2018	31.08.18 - 02.10.18	32	42	40	41	42	37	39	44	43	44	49	47	48
Okt 2018	02.10.18 - 01.11.18	30	36	36	36	34	36	35	48	43	45	47	42	44
Nov 2018	01.11.18 - 01.12.18	30	33	37	35	30	33	32	39	39	39	38	39	39
Dez 2018	01.12.18 - 02.01.19	32	32	32	32	30	30	30	42	41	42	37	38	37
Mittelwert	29.12.17 - 02.01.19	369	35	36	35	32	33	32	42	42	42	43	43	43

Tabelle 10 Einzelmessergebnisse an den Messpunkten MP 1 bis MP 47 für den Messzeitraum 29.12.2017 bis 02.01.2019 (Fortsetzung).

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 14 / 1	MP 14 / 2	MP 14	MP 16 / 1	MP 16 / 2	MP 16	MP 17 / 1	MP 17 / 2	MP 17	MP 20 / 1	MP 20 / 2	MP 20
			µg/m ³											
Jan 2018	29.12.17 - 29.01.18	31	26	28	27	46	45	46	43	44	43	32	29	30
Feb 2018	29.01.18 - 28.02.18	30	37	37	37	47	46	47	44	42	43	41	38	39
Mrz 2018	28.02.18 - 29.03.18	29	30	30	30	50	45	48	43	44	43	35	35	35
Apr 2018	29.03.18 - 27.04.18	29	33	34	33	51	49	50	50	51	51	39	42	40
Mai 2018	27.04.18 - 29.05.18	32	32	32	32	50	42	46	46	45	45	37	37	37
Jun 2018	29.05.18 - 29.06.18	31	30	32	31	47	44	46	43	41	42	32	30	31
Jul 2018	29.06.18 - 30.07.18	31	33	37	35	49	50	49	51	49	50	40	37	39
Aug 2018	30.07.18 - 31.08.18	32	35	32	34	52	47	49	47	45	46	33	36	35
Sep 2018	31.08.18 - 02.10.18	32	42	40	41	51	50	51	50	49	50	42	39	41
Okt 2018	02.10.18 - 01.11.18	30	40	38	39	52	50	51	46	49	48	40	38	39
Nov 2018	01.11.18 - 01.12.18	30	33	29	31	41	44	42	38	43	40	35	35	35
Dez 2018	01.12.18 - 02.01.19	32	33	31	32	47	46	46	42	42	42	36	37	36
Mittelwert	29.12.17 - 02.01.19	369	34	33	33	49	46	48	45	45	45	37	36	36

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 21 / 1	MP 21 / 2	MP 21	MP 22 / 1	MP 22 / 2	MP 22	MP 24 / 1	MP 24 / 2	MP 24	MP 27 / 1	MP 27 / 2	MP 27
			µg/m ³											
Jan 2018	29.12.17 - 29.01.18	31	32	32	32	34	32	33	29	29	29	22	23	23
Feb 2018	29.01.18 - 28.02.18	30	44	47	46	40	36	38	34	38	36	26	28	27
Mrz 2018	28.02.18 - 29.03.18	29	37	34	35	34	36	35	31	35	33	25	22	23
Apr 2018	29.03.18 - 27.04.18	29	40	41	41	37	37	37	35	35	35	27	26	26
Mai 2018	27.04.18 - 29.05.18	32	45	46	46	41	36	38	33	34	33	19	20	20
Jun 2018	29.05.18 - 29.06.18	31	42	42	42	33	33	33	29	31	30	17	17	17
Jul 2018	29.06.18 - 30.07.18	31	49	50	49	37	35	36	34	36	35	21	22	22
Aug 2018	30.07.18 - 31.08.18	32	38	39	38	33	33	33	32	29	31	21	18	19
Sep 2018	31.08.18 - 02.10.18	32	41	43	42	36	37	37	37	34	36	30	29	29
Okt 2018	02.10.18 - 01.11.18	30	41	41	41	39	39	39	34	38	36	28	30	29
Nov 2018	01.11.18 - 01.12.18	30	34	34	34	33	37	35	34	32	33	26	26	26
Dez 2018	01.12.18 - 02.01.19	32	35	38	36	37	34	36	32	32	32	25	27	26
Mittelwert	29.12.17 - 02.01.19	369	40	41	40	36	35	36	33	34	33	24	24	24

Tabelle 10 Einzelmessergebnisse an den Messpunkten MP 1 bis MP 47 für den Messzeitraum 29.12.2017 bis 02.01.2019 (Fortsetzung).

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 28 / 1	MP 28 / 2	MP 28	MP 33 / 1	MP 33 / 2	MP 33	MP 34 / 1	MP 34 / 2	MP 34	MP 38 / 1	MP 38 / 2	MP 38
			µg/m ³											
Jan 2018	29.12.17 - 29.01.18	31	35	36	35	36	37	36	36	38	37	36	36	36
Feb 2018	29.01.18 - 28.02.18	30	35	40	37	41	42	41	44	42	43	36	39	37
Mrz 2018	28.02.18 - 29.03.18	29	33	34	34	41	38	40	42	41	42	35	34	34
Apr 2018	29.03.18 - 27.04.18	29	34	39	36	38	38	38	48	49	49	37	41	39
Mai 2018	27.04.18 - 29.05.18	32	35	34	34	38	36	37	45	46	45	37	39	38
Jun 2018	29.05.18 - 29.06.18	31	36	38	37	34	34	34	38	38	38	35	35	35
Jul 2018	29.06.18 - 30.07.18	31	42	43	43	38	39	39	49	42	46	40	37	38
Aug 2018	30.07.18 - 31.08.18	32	40	41	41	35	37	36	39	40	39	35	38	36
Sep 2018	31.08.18 - 02.10.18	32	43	42	42	43	38	41	44	46	45	42	43	43
Okt 2018	02.10.18 - 01.11.18	30	38	37	38	40	41	41	44	48	46	40	44	42
Nov 2018	01.11.18 - 01.12.18	30	29	31	30	37	32	35	42	45	43	37	37	37
Dez 2018	01.12.18 - 02.01.19	32	37	36	37	38	39	38	42	45	43	45	43	44
Mittelwert	29.12.17 - 02.01.19	369	36	38	37	38	38	38	43	43	43	38	39	38

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 39 / 1	MP 39 / 2	MP 43	MP 45 / 1	MP 45 / 2	MP 45	MP 43 / 1	MP 43 / 2	MP 43	MP 47 / 1	MP 47 / 2	MP 47
			µg/m ³											
Jan 2018	29.12.17 - 29.01.18	31	37	38	38	36	38	37	33	35	34	32	29	30
Feb 2018	29.01.18 - 28.02.18	30	38	41	39	45	44	44	34	33	34	37	34	35
Mrz 2018	28.02.18 - 29.03.18	29	39	42	41	39	38	39	34	33	33	30	33	31
Apr 2018	29.03.18 - 27.04.18	29	47	45	46	46	44	45	35	33	34	37	35	36
Mai 2018	27.04.18 - 29.05.18	32	41	45	43	45	47	46	29	24	27	29	28	28
Jun 2018	29.05.18 - 29.06.18	31	40	34	37	36	35	35	28	22	25	23	25	24
Jul 2018	29.06.18 - 30.07.18	31	34	34	34	49	51	50	28	26	27	31	29	30
Aug 2018	30.07.18 - 31.08.18	32	43	39	41	43	41	42	29	28	28	26	27	27
Sep 2018	31.08.18 - 02.10.18	32	40	41	40	44	42	43	34	34	34	34	35	35
Okt 2018	02.10.18 - 01.11.18	30	41	40	41	42	44	43	39	37	38	37	37	37
Nov 2018	01.11.18 - 01.12.18	30	34	34	34	43	41	42	31	32	32	33	34	33
Dez 2018	01.12.18 - 02.01.19	32	34	38	36	39	36	37	33	36	34	34	34	34
Mittelwert	29.12.17 - 02.01.19	369	39	39	39	42	42	42	32	31	32	32	32	32

Anhang C

Ergebniskalender der meteorologischen Messgrößen an der Messstation Wuppertal Bundesallee

Tabelle 11 Ergebniskalender der Messgröße Lufttemperatur an der Messstation Wuppertal Bundesallee für das Jahr 2018.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.		
Jan	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi		
	6,3	4,7	6,7	7,6	7,8	5,2	2,4	2,2	4,3	7,5	6,8	4,9	4,8	3,0	3,7	3,9	1,9	4,3	2,6	2,1	2,0	4,3	6,4	11,0	7,8	6,5	5,2	6,9	8,7	4,7	6,5		
	4,2	3,5	4,0	6,1	6,0	3,4	1,1	0,8	0,8	6,7	5,2	3,9	3,5	1,8	1,5	1,3	0,5	1,5	0,2	0,9	0,8	0,9	5,2	7,7	6,3	4,5	3,7	3,7	7,7	3,4	3,9		
Feb	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	
	2,5	2,7	2,1	-0,6	-0,5	-2,0	-0,9	-2,0	-1,6	0,8	1,7	1,4	1,2	1,2	2,1	2,7	1,5	2,0	1,5	1,5	0,8	-0,2	-0,7	-1,4	-3,3	-4,8	-5,3	-6,7					
	1,4	0,6	1,4	-1,8	-3,3	-4,3	-2,4	-5,7	-3,9	-0,1	-0,3	0,0	-1,0	-1,4	-0,7	-0,2	-1,0	-2,8	-0,5	-2,4	-1,6	-2,9	-3,1	-4,9	-6,6	-6,6	-8,9	-9,2					
Mrz	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa		
	-4,3	-3,4	-0,9	5,3	7,7	8,4	6,4	4,9	5,6	11,2	12,3	10,5	6,1	6,9	7,8	4,8	-2,4	-2,1	-1,3	1,2	0,6	3,3	5,1	6,3	7,1	7,5	6,2	6,7	5,0	8,8	8,5		
	-8,3	-7,3	-3,7	0,3	5,4	3,3	3,9	2,8	2,2	7,4	9,8	7,7	3,6	3,8	4,2	0,8	-3,5	-4,1	-5,0	-4,5	-3,0	0,8	3,9	0,9	0,0	4,5	1,9	3,0	2,1	5,2	2,9		
Apr	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	
	5,2	8,0	12,0	11,3	7,2	8,1	16,4	19,7	16,4	16,0	11,7	13,4	12,1	14,0	14,9	13,8	15,3	18,9	21,9	22,0	19,8	20,2	15,9	11,9	13,2	9,8	12,2	14,2	14,8	12,1			
	3,4	3,0	8,8	7,3	2,5	0,7	9,8	14,4	10,6	11,8	9,6	8,7	8,0	10,3	11,3	9,6	7,2	9,5	12,6	14,2	14,0	14,8	12,4	8,8	10,4	5,3	5,1	11,5	7,6	8,5			
Mai	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do		
	8,5	11,6	12,7	13,6	16,0	18,8	20,7	22,2	22,3	15,1	14,8	19,4	15,4	19,0	19,0	16,5	12,7	11,8	13,1	13,1	17,6	20,4	20,0	19,3	18,0	20,8	23,5	22,7	23,8	22,6	23,0	23,2	
	4,8	4,1	9,3	6,2	8,7	9,0	12,7	15,4	16,1	11,9	8,7	12,7	13,3	12,5	12,5	12,7	8,7	7,6	7,4	8,8	13,5	15,8	16,1	13,7	16,1	16,4	17,8	16,6	16,0	16,9	18,4		
Jun	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So		
	18,8	18,0	20,4	21,4	18,1	22,6	22,5	20,3	23,4	21,7	19,2	16,1	14,4	15,3	19,3	19,6	16,6	17,9	17,8	22,7	16,6	12,6	13,5	14,7	16,6	15,1	19,7	21,8	23,2	23,2			
	16,3	15,4	16,2	15,4	15,7	14,1	18,2	17,7	18,6	17,9	15,6	14,0	11,8	9,4	15,2	15,4	13,7	15,1	15,1	18,3	11,7	9,7	9,8	12,3	12,8	11,9	11,7	14,0	16,8	17,1			
Jul	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	
	21,7	21,9	23,4	24,0	22,5	20,2	21,5	19,7	19,5	15,0	16,2	20,0	21,8	22,1	22,5	24,0	23,2	21,8	22,8	23,6	22,5	22,6	23,7	26,9	27,3	28,9	30,0	25,5	23,9	27,4	26,5		
	16,8	15,8	14,9	19,8	19,4	15,6	17,3	13,3	14,5	13,1	12,2	14,6	15,8	16,1	15,6	15,8	17,3	14,9	16,1	16,3	22,5	17,3	17,4	16,8	18,5	21,0	20,7	22,5	21,1	19,0	20,4	21,3	
Aug	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr		
	24,9	27,1	29,1	27,5	23,4	26,3	29,4	24,1	22,0	18,6	17,8	20,5	18,6	19,5	19,9	21,8	19,2	19,0	20,5	20,2	22,7	24,4	22,3	17,4	13,9	14,6	16,3	18,8	19,8	16,6	15,5		
	19,8	19,4	21,3	22,8	19,4	18,0	20,0	19,8	18,3	14,2	13,5	11,9	16,6	16,2	17,1	15,0	16,5	12,9	14,4	18,1	18,7	18,5	17,6	14,6	11,2	8,4	12,2	14,1	13,8	14,1	12,5		
Sep	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi
	15,1	17,7	18,5	19,8	18,2	15,2	14,6	17,9	20,1	18,4	14,4	14,4	15,0	16,5	18,5	24,7	21,6	21,4	17,6	12,5	10,3	10,1	9,7	8,6	14,9	10,8	10,2	10,9					
	9,2	11,0	15,7	15,6	16,8	15,6	10,6	10,3	13,7	14,5	15,6	14,9	12,0	8,4	12,0	9,1	10,7	16,6	15,3	16,4	12,2	10,5	8,6	6,6	4,4	6,0	7,2	7,6	3,7	3,9			
Okt	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi		
	9,6	8,9	11,9	11,6	15,7	17,6	12,8	11,1	13,4	17,4	19,6	20,9	22,4	21,4	20,5	18,3	17,4	14,5	12,8	10,3	10,1	9,7	8,6	12,6	11,5	9,1	6,2	4,4	4,4	5,2	8,5		
	6,1	6,0	8,0	7,2	8,2	9,5	8,8	5,7	6,6	8,9	14,5	16,7	17,5	17,6	14,5	12,1	12,3	12,9	10,7	6,1	4,3	6,1	4,4	10,9	10,8	6,9	4,6	3,0	3,8	2,2	5,0		
Nov	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	
	10,5	8,4	5,0	7,4	9,5	14,1	13,0	11,2	11,4	12,5	11,8	12,0	10,6	9,2	6,6	7,1	5,1	2,5	3,3	2,8	3,0	3,6	5,4	3,6	3,3	4,3	2,8	3,8	7,5	9,3			
	8,7	3,2	0,7	2,1	5,2	8,2	10,3	7,7	7,0	11,4	10,8	10,3	8,8	6,3	4,0	3,7	0,4	-0,6	1,0	1,5	0,6	2,4	0,9	1,9	2,8	2,8	1,7	1,3	5,8	8,5			
Dez	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi
	7,8	10,2	11,9	6,5	4,8	9,4	9,8	7,2	7,1	4,1	3,5	2,6	1,4	0,7	-0,4	-0,2	4,4	5,3	6,9	6,7	9,2	8,9	7,4	4,2	3,3	1,1	0,1	1,9	4,2	6,6	7,9		
	6,8	7,4	10,5	2,3	1,8	6,8	6,5	5,4	4,6	2,9	2,5	1,0	-0,3	0,1	-1,2	-2,2	1,9	4,0	5,0	6,3	6,4	7,3	5,8	1,1	1,0	-0,8	-3,1	-1,2	2,3	5,9	6,9		
	9,7	13,1	12,9	10,7	7,2	11,6	11,9	9,7	9,8	5,7	5,4	5,1	3,4	1,4	0,0	2,3	6,3	7,8	9,3	7,5	13,0	10,3	8,3	6,1	4,9	3,4	8,4	6,8	7,9	8,5			

Mo 9,6 Wochentag
 6,1 Tagesmittelwert (°C)
 12,7 niedrigster Einzelmesswert (°C)
 höchster Einzelmesswert (°C)

-- kein Wert vorhanden

Tabelle 12 Ergebniskalender der Messgröße Luftfeuchte an der Messstation Wuppertal Bundesallee für das Jahr 2018.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.
Jan	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi
	83	92	87	86	80	87	89	86	87	82	90	96	82	73	83	91	90	84	90	92	93	94	90	83	92	92	90	95	88	89	93
	70	80	70	65	67	82	83	72	76	70	74	93	65	61	76	81	79	54	73	80	78	82	78	69	74	80	75	78	79	74	79
	98	98	99	100	95	93	95	93	97	91	97	99	98	79	95	97	98	97	100	98	100	100	98	95	99	98	99	100	98	100	99
Feb	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi			
	88	94	92	81	75	80	80	75	78	93	91	85	70	55	86	86	79	72	74	75	69	70	61	51	50	73	62	57			
	74	87	80	68	52	72	63	49	66	80	76	58	48	38	54	51	47	44	60	48	46	51	39	34	33	49	37	38			
	96	100	96	99	91	91	90	96	86	100	100	100	83	66	100	100	95	95	84	95	87	84	85	62	67	96	82	85			
Mrz	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa
	49	52	82	76	71	69	88	87	81	84	81	82	94	76	62	92	79	56	46	57	76	93	89	70	64	65	78	95	80	62	72
	25	40	65	53	46	52	71	70	57	68	64	61	80	48	43	88	66	43	39	28	57	74	78	46	37	36	41	87	46	39	41
	59	78	93	90	85	86	97	97	91	96	95	95	99	98	82	97	93	70	58	97	95	100	100	96	91	90	97	100	97	85	100
Apr	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	
	95	74	72	76	78	54	38	38	58	64	87	79	80	72	73	71	61	54	41	44	60	61	69	75	71	70	58	56	70	82	
	85	48	46	61	57	21	27	22	43	41	71	49	63	50	45	43	35	20	15	26	39	35	45	61	52	44	31	43	49	58	
	99	99	91	92	90	92	51	60	76	99	97	98	96	90	97	95	89	87	78	66	85	83	94	91	96	96	95	66	91	100	
Mai	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do
	67	57	57	54	51	46	44	38	45	69	63	50	81	70	50	70	66	64	63	58	45	60	66	72	71	57	60	62	74	69	69
	35	36	34	32	32	22	26	19	28	46	33	30	61	34	31	53	40	44	41	35	25	40	44	58	49	32	33	40	42	41	52
	92	88	86	86	76	75	67	58	64	83	90	77	98	100	79	90	87	82	85	87	63	83	84	95	90	89	75	92	99	99	91
Jun	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	
	92	84	73	68	78	61	69	86	72	78	70	75	71	74	71	71	70	74	82	66	67	70	74	75	76	77	62	52	50	49	
	81	57	52	47	61	35	44	70	47	57	45	58	51	46	44	42	53	64	71	37	39	51	51	48	46	63	30	34	30	23	
	100	99	95	93	92	93	94	95	95	100	91	88	86	94	96	95	96	92	96	89	96	89	94	88	97	90	94	81	77	77	
Jul	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di
	33	35	35	52	67	65	47	55	62	79	80	74	59	59	49	44	52	51	49	49	62	61	57	51	53	48	35	54	53	46	52
	21	25	21	28	42	43	34	33	47	64	49	38	35	36	29	23	33	33	30	30	38	36	40	28	30	24	20	36	30	32	35
	44	46	55	73	89	86	67	83	79	95	96	99	90	84	80	72	70	82	73	77	86	86	80	82	76	79	54	84	86	67	72
Aug	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr
	53	48	45	48	59	41	37	60	64	57	56	47	73	76	71	66	74	65	66	80	64	57	69	70	70	63	74	64	70	76	67
	39	29	31	32	36	21	19	38	43	31	34	27	46	49	61	39	50	39	42	69	42	69	42	44	41	54	36	43	41	39	45
	66	71	68	70	85	66	60	92	79	87	87	76	94	96	81	96	94	93	90	96	85	78	91	96	93	94	97	88	99	97	88
Sep	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	
	64	62	77	83	71	86	78	67	64	71	63	74	88	72	72	66	60	43	63	58	61	75	95	79	75	78	61	79	66	63	
	38	38	60	54	43	66	45	47	41	56	38	57	63	40	49	36	26	27	43	37	44	51	89	53	44	55	24	49	28	35	
	90	92	87	97	97	96	96	86	85	83	80	88	98	99	86	96	90	69	86	80	93	95	98	99	98	93	91	96	96	91	
Okt	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	
	78	92	79	82	64	67	72	71	78	67	60	60	53	50	50	62	69	84	81	77	72	80	87	93	88	86	87	82	88	92	74
	56	83	49	61	32	41	46	47	49	33	45	45	37	41	34	33	46	59	63	49	44	60	76	81	76	78	65	67	81	76	60
	91	98	97	95	95	95	96	92	95	97	77	73	71	61	76	81	87	95	92	96	91	96	96	99	100	94	95	95	97	100	87
Nov	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	
	70	81	82	85	87	68	71	75	76	81	82	88	80	79	82	72	68	61	79	69	76	78	76	90	97	90	81	79	82	79	
	49	59	48	75	70	40	50	44	62	63	68	68	65	62	62	43	41	34	66	63	61	71	51	79	94	84	69	69	71	72	
	94	94	97	95	98	95	81	85	87	92	92	94	93	93	91	90	89	80	94	77	87	84	88	97	99	97	93	92	89	84	
Dez	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	
	81	93	89	87	85	91	92	85	87	88	89	87	80	72	64	84	91	82	79	89	84	84	93	86	80	83	73	82	94	89	98
	64	83	80	68	77	83	78	73	79	82	80	66	52	53	57	64	88	71	62	81	65	76	88	65	72	71	47	65	79	80	95
	91	97	96	95	96	99	97	94	96	93	94	98	94	88	69	95	94	91	93	94	97	92	99	96	88	95	87	96	99	99	100

Mo Wochentag
 78 Tagesmittelwert (%)
 56 niedrigster Einzelmesswert (%)
 91 höchster Einzelmesswert (%)

-- kein Wert vorhanden

Tabelle 13 Ergebniskalender der Messgröße Windgeschwindigkeit an der Messstation Wuppertal Bundesallee für das Jahr 2018.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Jan	Mo 4,0 0,6 10,6	Di 3,2 0,4 6,3	Mi 5,9 1,1 12,1	Do 4,9 0,7 12,5	Fr 3,7 0,0 10,3	Sa 1,9 0,0 4,9	So 5,7 1,5 10,9	Mo 3,2 0,4 8,0	Di 1,5 0,0 6,2	Mi 2,3 0,4 6,2	Do 0,7 0,0 3,4	Fr 0,8 0,0 3,1	Sa 1,5 0,0 5,0	So 2,4 0,0 6,9	Mo 4,2 1,1 8,8	Di 3,6 0,4 7,7	Mi 4,0 0,5 9,5	Do 4,4 0,0 18,2	Fr 2,7 0,0 6,4	Sa 1,9 0,0 5,6	So 1,7 0,0 4,7	Mo 2,1 0,0 6,2	Di 2,8 0,4 6,6	Mi 4,4 1,3 9,4	Do 2,3 0,5 8,7	Fr 1,1 0,0 2,8	Sa 1,9 0,0 7,1	So 4,1 0,0 9,1	Mo 5,8 1,3 10,8	Di 2,0 0,0 4,7	Mi 4,3 0,0 9,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Feb	Do 2,9 0,5 8,1	Fr 2,6 0,0 7,7	Sa 1,5 0,0 4,4	So 3,4 0,5 7,3	Mo 3,1 0,5 7,3	Di 2,2 0,4 5,6	Mi 2,6 0,6 5,4	Do 0,7 0,0 2,9	Fr 2,1 0,0 6,5	Sa 3,5 0,5 6,2	So 2,9 0,8 9,1	Mo 2,5 0,0 6,7	Di 3,3 0,0 8,1	Do 3,3 0,0 8,3	Fr 1,1 0,0 5,4	Sa 1,3 0,0 4,4	So 1,2 0,0 5,4	Mo 1,6 0,0 4,7	Di 3,0 0,0 7,3	Mi 4,0 0,0 10,1	Do 3,9 0,6 10,1	Fr 2,7 0,0 9,9	Sa 3,7 0,6 9,4	So 4,1 0,4 9,5	Mo 4,1 0,0 12,2	Di 4,2 0,2 9,7	Mi 3,6 0,7 10,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Mrz	Do 4,0 1,3 9,4	Fr 3,5 0,8 7,6	Sa 1,6 0,0 5,2	So 2,2 0,0 5,3	Mo 2,3 0,0 6,6	Di 1,2 0,0 3,9	Mi 1,6 0,0 5,8	Do 3,8 1,2 8,0	Fr 2,3 0,0 4,9	Sa 2,5 0,0 6,1	So 2,4 0,0 7,4	Mo 2,2 0,0 7,6	Di 3,1 0,0 7,8	Mi 1,6 0,0 4,3	Do 3,5 0,4 8,8	Fr 2,9 0,0 9,2	Sa 5,5 1,8 10,1	So 4,8 1,3 11,3	Mo 4,0 0,6 9,4	Di 2,7 0,0 10,9	Mi 1,1 0,0 4,2	Do 2,3 0,0 6,2	Fr 2,0 0,0 5,1	Sa 1,2 0,0 4,7	So 1,3 0,0 5,4	Mo 1,5 0,0 6,2	Di 2,0 0,0 6,2	Mi 2,5 0,0 10,8	Do 2,2 0,0 8,1	Fr 2,7 0,0 6,9	Sa 1,3 0,0 5,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Apr	So 1,6 0,1 5,1	Mo 2,5 0,0 7,3	Di 3,3 0,5 8,8	Mi 3,2 0,0 8,4	Do 3,2 0,0 10,5	Fr 2,7 0,0 8,4	Sa 2,9 0,0 8,8	So 1,3 0,0 4,7	Mo 1,4 0,0 6,4	Di 1,9 0,0 9,7	Mi 1,3 0,0 4,8	Do 2,1 0,0 7,2	Fr 1,0 0,0 3,9	Sa 1,5 0,0 5,3	So 1,5 0,0 5,2	Mo 1,3 0,0 4,9	Di 1,2 0,0 5,8	Mi 1,0 0,0 3,9	Do 1,9 0,0 7,6	Fr 1,2 0,0 5,7	Sa 1,6 0,0 9,5	So 2,3 0,0 8,6	Mo 3,9 0,6 8,8	Di 3,7 0,6 8,8	Mi 4,1 0,0 8,8	Do 4,1 0,0 8,8	Fr 2,9 0,0 5,5	Sa 3,2 0,0 7,1	So 3,2 0,0 7,0	Mo 3,6 0,5 10,8	Di 1,7 0,0 4,1	Mi 2,4 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0 0,0	Di 4,1 0,0 0,0	Fr 2,7 0,0 0,0	Sa 1,3 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,2 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 4,1 0,0 0,0	Fr 1,3 0,0 0,0	Sa 2,2 0,0 0,0	So 1,5 0,0 0,0	Mo 4,1 0,0 0,0	Di 1,5 0,0 0,0	Mi 4,1 0,0 0,0	Do 1,5 0,0 0,0	Fr 4,1 0,0 0,0	Sa 1,5 0,0 0,0	So 2,2 0,0 0,0	Mo 2,7 0,0