

MÜLLER-BBM

BAU | UMWELT | TECHNIK

Luftmessbericht Wuppertal 2011

Luftmessbericht Wuppertal 2011

Auftraggeber:	Stadt Wuppertal Ressort Umweltschutz
Bearbeitung:	Müller-BBM GmbH Am Bugapark 1 45899 Gelsenkirchen Dr. Alexander Ropertz Dipl.-Landsch.-ökol. Henning Beuck Dipl.-Ing. (FH) Marcus Paewinsky Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein
Bericht-Nr.:	M78 750/3
Datum:	Mai 2012
Berichtsumfang:	53 Seiten, davon 38 Seiten Textteil und 15 Seiten Anhang.

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	3
2	Untersuchungsgebiet	4
3	Messorte und Messumfang	5
4	Mess- und Analysenverfahren	7
4.1	Stickstoffdioxid NO ₂ (Passivsammler)	7
4.2	Meteorologische Größen	9
4.3	Qualitätsmanagement, Akkreditierungen, qualitätssichernde Maßnahmen	10
5	Meteorologie im Messzeitraum	11
5.1	Lufttemperatur – Witterungsverlauf	11
5.2	Windrichtung und Windgeschwindigkeit	15
6	Ergebnisse der Messungen und Bewertung	21
6.1	Stickstoffoxide	21
6.2	Feinstaub PM ₁₀ und PM _{2,5}	32
7	Grundlagen und Literatur	37
Anhang A	Beschreibung und fotografische Dokumentation der Messstellen	
Anhang B	Einzelmessergebnisse	
Anhang C	Ergebniskalender der meteorologischen Messgrößen Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit an der Messstation Wuppertal Bundesallee für das Jahr 2011.	

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadt Wuppertal führt seit vielen Jahren Messungen und Kartierungen durch, um Aufschlüsse über die Luftbelastungssituation in Wuppertal 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.

Die derzeit am meisten diskutierten Luftschadstoffe sind Feinstaub (PM_{10}) und Stickstoffdioxid (NO_2). Auf der Basis der in Wuppertal durchgeführten Luftschadstoffmessungen des LANUV NRW wurde im Jahr 2008 unter Federführung der Bezirksregierung Düsseldorf ein gesamtstädtischer Luftreinhalteplan für die Stadt Wuppertal erstellt. 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 (NO_2) 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 NO_2 -Messungen an 23 Messorten sowie die meteorologischen Messungen werden seit dem Jahr 2009 von Müller-BBM durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse sowohl der meteorologischen Messungen als auch der NO_2 -Messungen werden nach einer Qualitätsprüfung und nach Abstimmung mit der Stadt Wuppertal unter www.no2-wuppertal.de veröffentlicht. Die Ergebnisse der NO_2 -Messungen (Passivsammler) werden aufgrund des Messverfahrens dabei monatlich, die Ergebnisse der meteorologischen Messungen täglich aktualisiert.

Im vorliegenden Luftmessbericht Wuppertal 2011 werden die Beschreibung des Untersuchungsgebietes, die Darstellung der Messumfänge und Messorte, die eingesetzten Messverfahren sowie die Messergebnisse dieser Messungen und deren Bewertung für das Jahr 2011 detailliert zusammengestellt. Abschließend erfolgt eine Darstellung der insgesamt im Wuppertaler Stadtgebiet erfassten Luftschadstoffdaten für Stickstoffdioxid (NO_2) und Partikel (PM_{10} 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 350.000 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.

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 bis zu ca. 350 m, die durch tiefe Kerbtäler von Gewässer- und Bachläufen durchschnitten wird. Der nordwestliche Bereich des Stadtgebietes ist Teil des Niederbergischen Hügellandes, das Geländehöhen bis zu ca. 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 [17].

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 in diesen Zeitraum variierte (in 2009, 2010 und 2011 an 23 Messorten). Die NO₂-Messungen ermöglichen parallel und in Ergänzung zu den vom LANUV NRW in Wuppertal 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 23 Messstandorte für die NO₂-Passivsammlermessungen im Jahr 2011 erfolgte durch das Ressort Umweltschutz der Stadt Wuppertal in Abstimmung mit dem LANUV NRW. Die folgenden Messstandorte wurden festgelegt:

Tabelle 1 Messstandorte für NO₂-Messungen in Wuppertal.

MP-Nr.	Messort / Adresse		Rechtswert m	Hochwert m
	Straße / Hausnummer	Stadtteil		
MP 01	Nevigeseer Straße 98	42113 Wuppertal	25 78 552	56 82 417
MP 02	Briller Straße 28	42105 Wuppertal	25 79 011	56 80 700
MP 03	Neviantstraße 44	42117 Wuppertal	25 79 383	56 79 643
MP 04	Steinbeck 92	42119 Wuppertal	25 79 875	56 79 586
MP 05	Hochstraße 63	42105 Wuppertal	25 79 680	56 81 311
MP 07	Uellendahler Straße 198	42109 Wuppertal	25 80 419	56 82 837
MP 08	Hofkamp 86	42103 Wuppertal	25 80 606	56 80 992
MP 09	Friedrich-Engels-Allee 184	42285 Wuppertal	25 81 936	56 81 400
MP 13	Rudolfstraße 149	42285 Wuppertal	25 82 402	56 82 118
MP 14	Schönebecker Straße 81	42283 Wuppertal	25 82 428	56 82 953
MP 16	Steinweg 25	42275 Wuppertal	25 83 358	56 82 617
MP 17	Westkotter Straße 111	42277 Wuppertal	25 84 225	56 83 672
MP 19	Ostersbaum 72	42107 Wuppertal	25 80 846	56 81 767
MP 20	Wichlinghauser Straße 70	42277 Wuppertal	25 85 084	56 83 487
MP 21	Berliner Straße 159	42277 Wuppertal	25 85 123	56 82 988
MP 22	Heckinghauser Straße 159	42289 Wuppertal	25 85 196	56 82 547
MP 24	Staastraße 51	42369 Wuppertal	25 83 808	56 77 532
MP 27	Bundesallee 30	42103 Wuppertal	25 79 293	56 80 403
MP 28	Schwarzbach 78	42277 Wuppertal	25 85 587	56 83 482
MP 30	Uellendahler Straße 428	42109 Wuppertal	25 81 354	56 83 360
MP 33	Kaiserstraße 32	42329 Wuppertal	25 74 963	56 78 028
MP 34	Haeseler Strasse 94	42329 Wuppertal	25 76 023	56 78 403
MP 38	Friedrich-Engels-Allee 308	42283 Wuppertal	25 82 670	56 81 806

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 wieder verwendet.

Die Messstation an der Bundesallee (MP 27) nimmt in dem in Tabelle 1 dargestellten Messprogramm eine gewisse Sonderrolle ein. Während alle anderen 22 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.

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

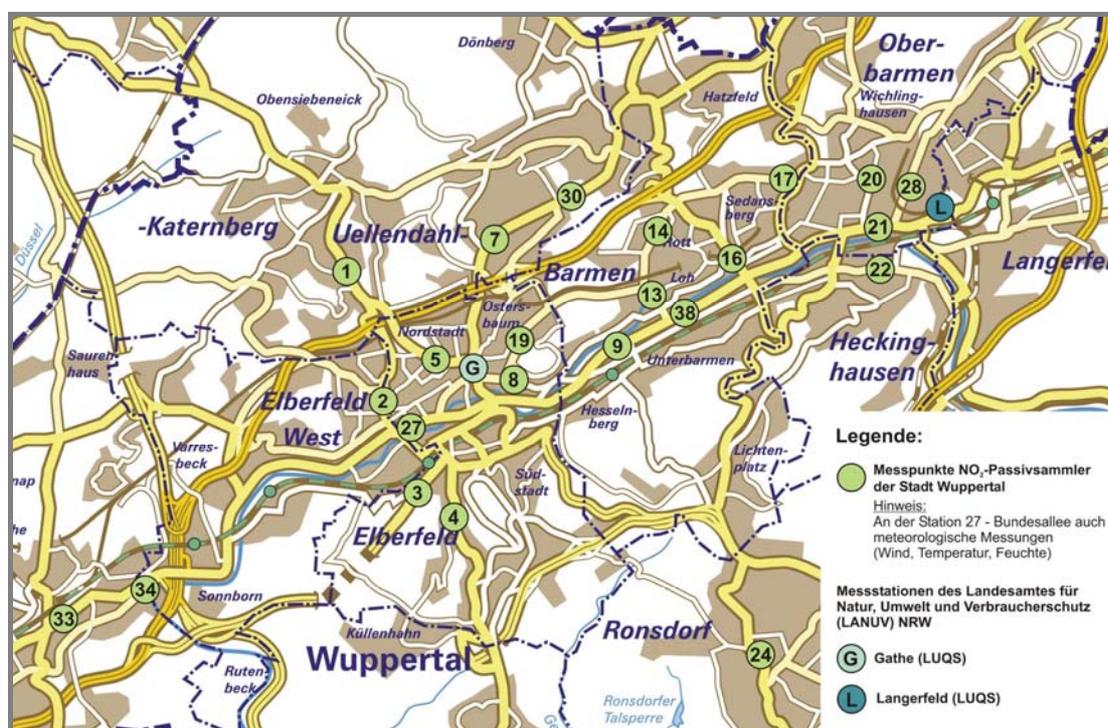


Abbildung 2 Räumlicher Verteilung der Messorte MP 1 bis MP 38 sowie der LANUV-NRW Messstandorte im Stadtgebiet von Wuppertal.

Ergänzend enthält der Anhang A die Beschreibung und fotografische Dokumentation der Messstellen MP 01 bis MP 38 im Stadtgebiet von Wuppertal.

Messumfang

An den in Tabelle 1 aufgeführten Messorten MP 1 bis MP 38 in Wuppertal wurden, in Anlehnung an die Aufgabenstellung und Zielsetzung der Messungen, die folgende Komponente messtechnisch bestimmt:

Tabelle 2 Messumfang an Messpunkten MP 1 bis MP 38.

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

Zur Erfassung der meteorologischen Daten wird an der Bundesallee (MP 27) eine Überdachstation an der katholischen Hauptschule Wuppertal-West betrieben. Die Station repräsentiert somit den innerstädtischen Hintergrund für NO₂ in Wuppertal.

Messzeitraum

Die NO₂-Messungen und meteorologischen Messungen werden in Wuppertal kontinuierlich durchgeführt. Im Rahmen des vorliegenden Luftmessberichtes 2011 werden die Ergebnisse für das Jahr 2011 dargestellt und bewertet. Die konkreten Probenahmezeiträume der jeweiligen Einzelmonate können Tabelle 10 in Anhang B entnommen werden.

4 Mess- und Analysenverfahren

4.1 Stickstoffdioxid NO₂ (Passivsammler)

Die Messungen von Stickstoffdioxid (NO₂) werden an den 23 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 einem Ende sich ein mit Triethanolamin imprägniertes Edelstahl-Drahtsieb als Adsorbens befindet. Das in der Außenluft enthaltene Stickstoffdioxid (NO₂) 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 2 bis 6 Wochen. Für die in Wuppertal durchgeführten Messungen wurden Messzeiträume von etwa 4 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 Referenzverfahren zur Bestimmung von Stickstoffdioxid (NO₂) weisen die Ergebnisse der Passivsammlermessungen eine erhöhte Unsicherheit auf. Nach Untersuchungen des LANUV-NRW können für Jahresmittelwerte die Anforderungen der EU an die Datenqualität für ortsfeste, kontinuierliche Messungen jedoch eingehalten werden [22].

Richtlinien:

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

Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Teil 2: Spezifische Anforderungen und Prüfverfahren

Teil 3: Anleitung zur Auswahl, Anwendung und Handhabung

VDI-Richtlinie 2453, Blatt1 (1990-10): Messen gasförmiger Immissionen, Messen der Stickstoffdioxid-Konzentration - Manuelles photometrisches Basis-Verfahren (Saltzman)

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 VDI 2453 mittels Fotometrie (Saltzman).

UV-VIS-Fotometer:	Shimadzu / UV-Mini-1240 SN: A109346 37817 CS Prüfmittel-Nr. 7059
Wellenlänge:	550 nm
Standards:	Nitritlösungen als externe Standards

Verfahrenskenngrößen

Querempfindlichkeiten:	keine
Sammelrate:	0,734 ml/min (gemäß [23])
Absolute Nachweisgrenze:	0,03 µg/Probe
Relative Nachweisgrenze:	1,5 µg/m ³ bei 30tägiger Exposition
Messunsicherheit:	< 25%

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 1/2h-Mittelwerten 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 als Überdachstation sind demgegenüber für eine deutlich größere Fläche repräsentativ.

Richtlinien:

VDI 3786, Blatt 2 (2000-12): Umweltmeteorologie - Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung – Wind

VDI 3786, Blatt 3 (1985-7): Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung – Lufttemperatur

VDI 3786, Blatt 4 (1985-7): Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung – 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 4.3519.00.200 / Serien-Nr. 0209081
Windrichtung:	Windfahne „compact“ Typ 4.3129.60.000 / Serien-Nr. 0209030
Lufttemperatur:	Hygro-Thermogeber „compact“ Typ 1.1005.54.000 / Serien-Nr. 75412 Messelement: Pt 100 Klasse B
Luftfeuchte:	Hygro-Thermogeber „compact“ Typ 1.1005.54.000 / Serien-Nr. 75412 Messelement: Kapazitiv

4.3 Qualitätsmanagement, Akkreditierungen, qualitätssichernde Maßnahmen

Müller-BBM betreibt ein Managementsystem, das Qualität, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz umfasst. Es ist auf Grundlage der Normen DIN EN ISO 9001 und BS OHSAS 18001 zertifiziert. Die Zertifikate können unter www.MuellerBBM.de heruntergeladen werden.

Müller-BBM ist eine von der zuständigen Landesbehörde bekanntgegebene Messstelle zur Ermittlung von Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen, Geräuschen und Erschütterungen nach den §§ 26, 28 Bundes-Immissionsschutzgesetz sowie zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus, der Funktion und Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Messgeräte nach § 14 der 13. BImSchV, Nr. 5.3 der TA Luft, § 12 Abs. 7 der 2. BImSchV sowie § 10 der 17. BImSchV.

Die Bereiche Schall und Schwingungen, Immissionsschutz, Gefahrstoffmessungen und Elektromagnetische Umweltverträglichkeit sind akkreditierte Prüflaboratorien gemäß DIN EN ISO/IEC 17025. 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 2011 als Halbstundenmittelwerte vor; für jedes Halbstundenintervall und jede Messgröße wurden ferner jeweils die höchsten und die niedrigsten Einzelmesswerte festgehalten (Extremwerte). Die Datenverfügbarkeit für den Messzeitraum beträgt 99 %. 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 NO_2 kommen.

5.1 Lufttemperatur – Witterungsverlauf

Witterungsverlauf 2011: warm, trocken und überaus sonnenscheinreich

Nach einem sehr kalten Dezember 2010 hielt sich die Frostperiode nur noch bis zu den ersten Januartagen des Jahres 2011. Anschließend brachten Tiefausläufer aus Südwesten mildes Tauwetter in die Region. Die vorfrühlingshaften Temperaturen führten in weiten Teilen des Landes zu angespannten Hochwasserlagen. Ab Ende Januar setzte wieder Hochdruckwetter ein, das Kaltluft aus Osteuropa brachte.

Nur von einem skandinavischen Kältehoch unterbrochen, folgte dem insgesamt milden Februar ein durchweg warmer Frühling: Die im März unter Hochdruckeinfluss begonnene Serie mit viel Sonnenschein, warmen Tagen aber sehr kalten Nächten wurde durch weitere Hochdruckwetterlagen bis in den April fortgesetzt. Das Frühjahr 2011 zählt zu den Top 10 der trockensten und sonnigsten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahre 1893. Und nur im Jahr 2007 war das Frühjahr noch wärmer als im Jahr 2011.

Hartnäckige Tiefdruckgebiete führten zu einem enttäuschenden Sommer, der wechselhaft, und im Juli unterdurchschnittlich kühl ausfiel. Schönwetterperioden blieben im „Schaukelsommer 2011“ selten und beschränkten sich meist nur auf wenige Tage. Erst im letzten Drittel des Augustes wurde der Sommer mit viel Sonnenschein wieder seinem Namen gerecht.

Noch sonniger als das Frühjahr wurden die Herbstmonate 2011, allen voran der wohl außergewöhnlichste Monat des Jahres 2011, der "goldene" November". Permanenter Hochdruckeinfluss über Mitteleuropa führte zu viel Sonne und so wenig Regen wie noch nie. Im Dezember gab es in Verbindung mit sehr markant ausgeprägten Westwetterlagen nicht nur viel Regen, sondern auch viele Tage mit Sturm- und Orkanböen. Damit einher ging das Jahr mit verhältnismäßig milden Temperaturen zu Ende [6].

Lufttemperatur

Die Messergebnisse an der Station Wuppertal-Bundesallee für das Jahr 2011 sind in Tabelle 3 den langjährigen Mittelwerten (1961-1990) der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen gegenübergestellt [7].

Die an der Station Wuppertal-Bundesallee gemessenen Temperaturen lagen im Mittel bei 11,3°C und mit +1,8°C erheblich höher als der langjährige Mittelwert an der Station Wuppertal-Buchenhofen (9,5°C). Auch deutschlandweit fiel das Jahr 2011 etwa 1,4°C wärmer aus als im Mittel der Klimareferenzperiode 1961 bis 1990. Der bundesweit erkennbare Trend in 2011 spiegelt sich demnach auch lokal in Wuppertal wieder (siehe Tabelle 3). Ein Vergleich der Monatsmitteltemperaturen in der Abbildung 3 zeigt, dass mit 16,1°C ausschließlich der Juli unterdurchschnittlich kühl ausfiel. Ganz im Gegensatz zum Jahr 2010, in dem im Juli noch 21,5°C erreicht wurden.

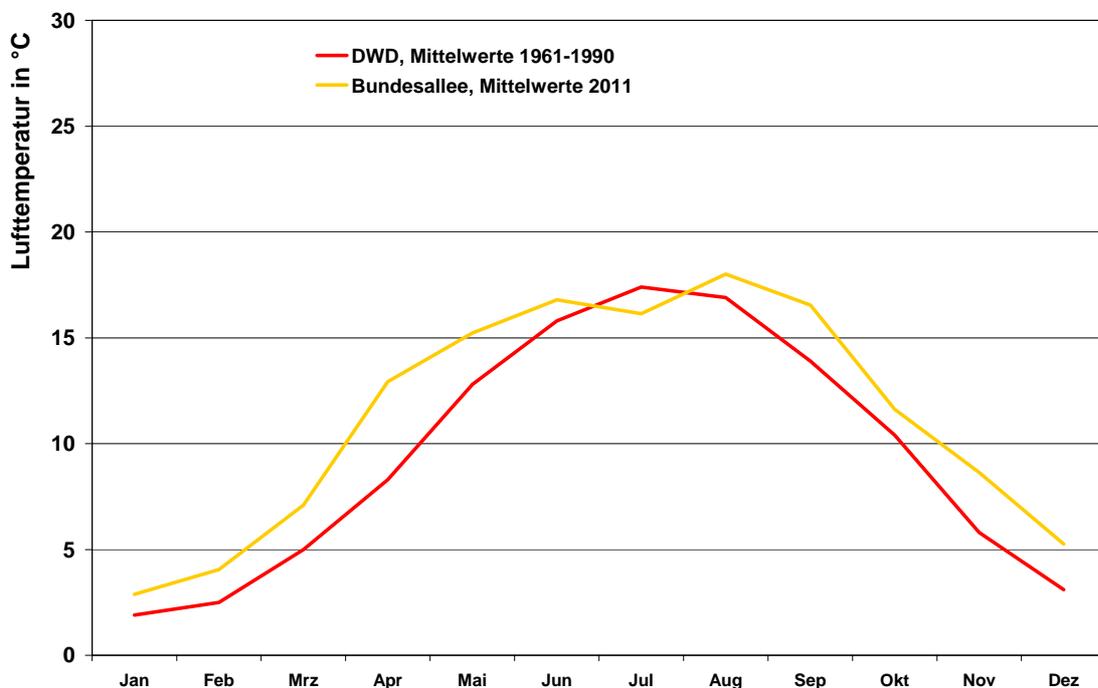


Abbildung 3 Monatsmittel der Lufttemperatur an der Messstation Wuppertal-Bundesallee für den Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2011 im Vergleich mit dem langjährigen Mittel 1961-1990 an der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen

Nach dem ausgeprägten und kalten Winter 2010 lagen die Temperaturen im Januar 2011 um 1,0°C höher als im langjährigen Mittel, was sich jedoch nicht auf die Anzahl sog. „Frosttage“ ($T_{\min} < 0\text{ °C}$) auswirkte (vgl. Abbildung 4). Im Februar und März hingegen sanken die Temperaturen an insgesamt nur 15 Tagen, und damit ungewöhnlich selten zeitweilig unter den Gefrierpunkt. Im gesamten Jahr kletterte das Thermometer an nur 2 Tagen nicht über die Null-Grad-Grenze hinaus („Eistage“). In 2010 wurden noch 34 Eistage registriert.

Die Frühlingsmonate März bis Mai 2011 erwiesen sich im vergangenen Jahr als warm, trocken und überaus sonnenscheinreich. Der Frühling wurde vom zweitwärmsten April seit Beginn der Aufzeichnungen gekrönt, in dem die Temperaturen in Wuppertal um 4,6°C höher lagen als im langjährigen Mittel. Bereits an 5 Tagen wurden Temperaturen über 25°C erreicht (sog. „Sommertage“, vgl. Abbildung 5).

Einem durchschnittlichen Juni folgte ein selten kühler Hochsommermonat Juli, an dem nur an 3 Tagen Höchsttemperaturen $> 25\text{ °C}$ (sog. Sommertage) erreicht wurden. Üblich sind mehr als 8 Sommertage. Das Defizit wurde durch mehrere, aber kurze Schönwetterperioden im August ausgeglichen. Beständige Hochdruckwetterlagen im Herbst sorgten für überdurchschnittliche Temperaturen mit vielen Sommertagen bis in den Oktober (vgl. Abbildung 5). Im Dezember transportierten beständige Westwetterlagen neben viel Regen auch warme Luftmassen in die Region; es wurde lediglich ein Frosttag registriert.

Die relative Luftfeuchte zeigt einen ungewöhnlichen Jahrgang mit den niedrigsten Werten bereits im Mai und relativ feuchten Sommermonaten.

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 im Jahr 2011 im Vergleich mit den langjährigen Mittelwerten an der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen.

Messgröße	Zeitraum	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Temperatur (°C)														
DWD	1961-1990	1,9	2,5	5,0	8,3	12,8	15,8	17,4	16,9	13,9	10,4	5,8	3,1	9,5
Bundesallee	2011	2,9	4,0	7,1	12,9	15,2	16,8	16,1	18,0	16,5	11,6	8,6	5,3	11,3
Sommertage ($T_{\max} > 25\text{ °C}$)														
DWD	1961-1990	0,0	0,0	0,0	0,2	2,6	5,7	8,2	7,3	1,9	0,1	0,0	0,0	26
Bundesallee	2011	0	0	0	1	5	6	3	11	6	3	0	0	35
Heiße Tage ($T_{\max} > 30\text{ °C}$)														
Bundesallee	2011	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	3
Frosttage ($T_{\min} < 0\text{ °C}$)														
DWD	1961-1990	14	13,8	9,9	0,3	0	0	0	0	0	1,2	6,4	11,9	58
Bundesallee	2011	15	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	31
Eistage ($T_{\max} < 0\text{ °C}$)														
Bundesallee	2011	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
relative Feuchte (%)														
Bundesallee	2011	92	83	70	64	57	73	75	77	78	79	81	90	76

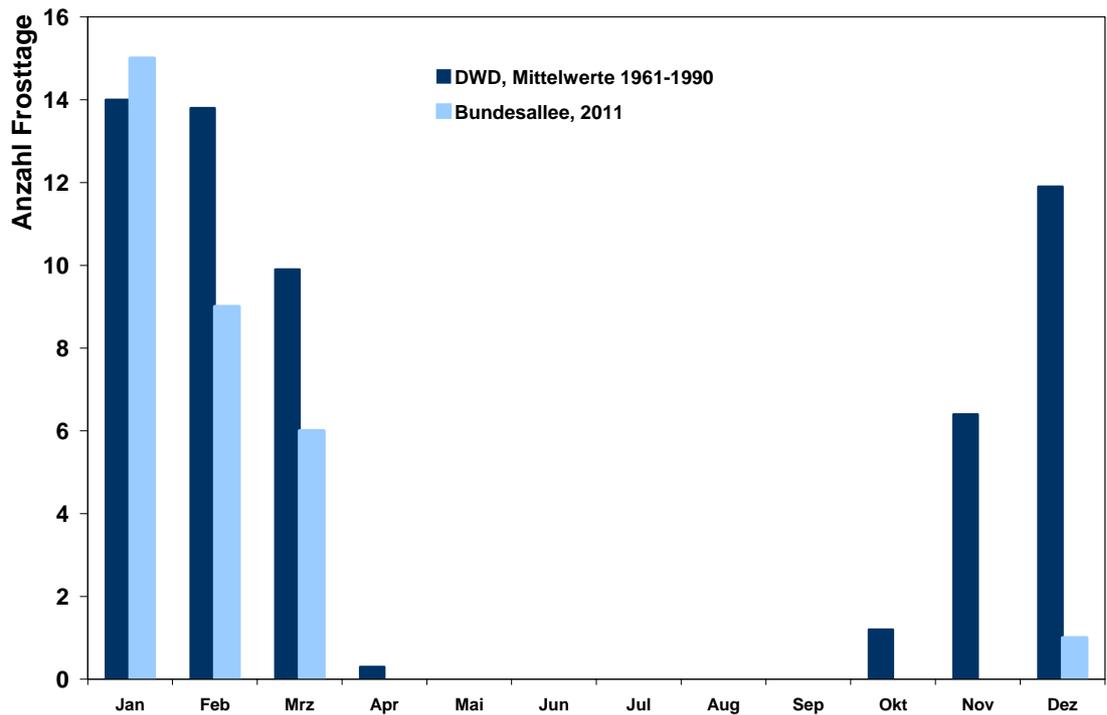


Abbildung 4 Monatliche Anzahl der Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ }^\circ\text{C}$) an der Station Bundesallee im Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2011 im Vergleich mit dem langjährigen Mittel 1961-1990 an der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen.

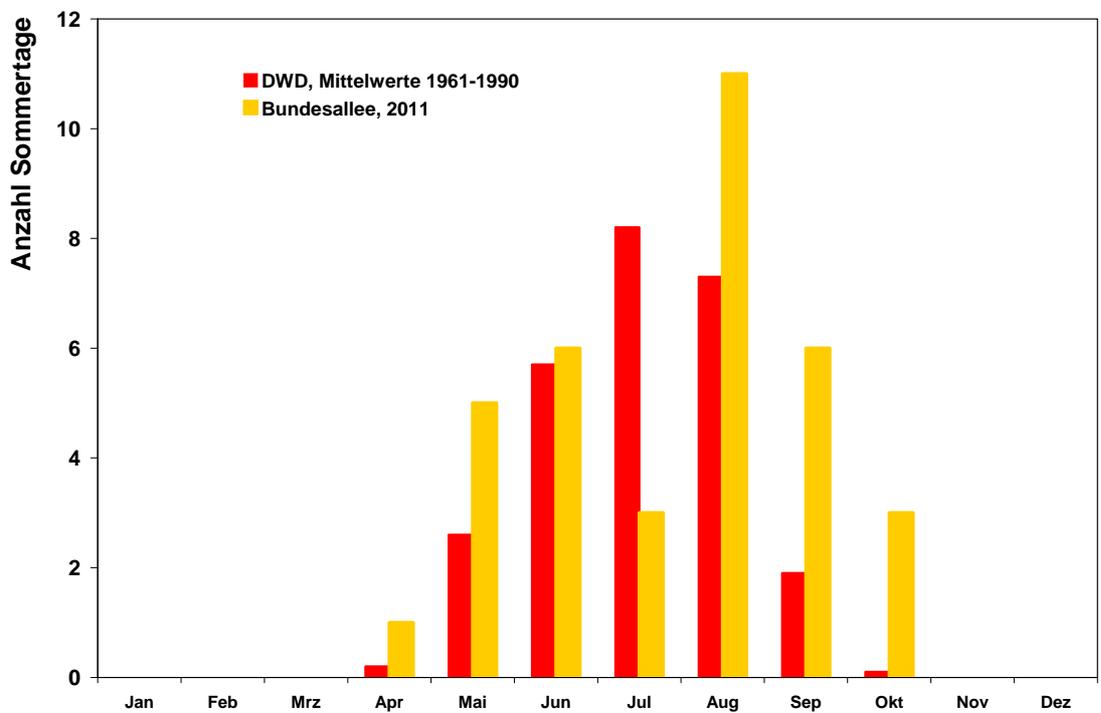


Abbildung 5 Monatliche Anzahl der Sommertage ($T_{\max} > 25 \text{ }^\circ\text{C}$) an der Station Bundesallee in 2011 im Vergleich mit dem langjährigen Mittel 1961-1990 an der DWD-Station Wuppertal-Buchenhofen.

5.2 Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsmessungen an der Station Wuppertal-Bundesallee für das Jahr 2011 zusammengefasst. In Tabelle 4 sind zunächst die Monatsmittelwerte sowie das Gesamtmittel der Windgeschwindigkeit im Beobachtungszeitraum 2011 dargestellt.

Tabelle 4 Monats- und Gesamtmittelwerte der Windgeschwindigkeit an der Messstation Wuppertal-Bundesallee für das Jahr 2011.

Messgröße	Zeitraum	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Windgeschwindigkeit (m/s)														
Bundesallee	1997 - 2010	3,4	3,4	3,1	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,4	2,8	3,2	3,3	2,9
Bundesallee	2011	2,5	2,8	2,6	2,1	2,5	2,6	2,2	2,2	2,4	2,4	1,9	3,5	2,5

Die Monats- und Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeiten zeigen lediglich eine schwach ausgeprägte jahreszeitliche Dynamik. Entgegen den üblicherweise (1997 – 2010) geringeren Windgeschwindigkeiten in den Sommermonaten von Juni bis September (2,3 – 2,5 m/s) wurden in 2011 aufgrund eines permanenten Hochdruckeinflusses im November in diesem Monat mit 1,9 m/s die geringsten Windgeschwindigkeiten verzeichnet. Im Dezember führten ausgeprägte Westwetterlagen zu vielen Tagen mit Sturm- und Orkanböen (siehe auch Abbildung 8).

Die in Abbildung 6 dargestellte Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit weist ein primäres Maximum aus südwestlichen bis südsüdwestlichen Richtungen auf. Ein sekundäres Maximum besteht in den nordöstlichen bis nordnordöstlichen Anströmungen. Die Spitzenwerte der Windgeschwindigkeiten sind etwa gleichermaßen an das Primär- und Sekundärmaximum gebunden, was sich ebenso für schwächere Windgeschwindigkeiten festhalten lässt. Die für das Jahr 2011 ermittelte Windrichtungsverteilung ist typisch für den Messstandort und weicht nur geringfügig von den langjährig erfassten Daten ab.

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 inkl. Windstillen) sowie die Windgeschwindigkeitsklasse 4 (gemäß TA Luft: WG 2,4 bis 3,8 m/s) mit 22 % bzw. 33 % besonders häufig auftraten. Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug über den Messzeitraum vom 01.01.2011 bis 31.12.2011 etwa 2,5 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 12 Messmonaten dargestellt. Als besonders gegensätzlich erweisen sich die beiden letzten Monate des Jahres: Permanenter Hochdruckeinfluss aus vorwiegend östlichen Richtungen führte im November zu häufigen Windstillen (9 %), während im Dezember ausgeprägte Westwetterlagen mit vergleichsweise hohen Windgeschwindigkeiten dominierten.

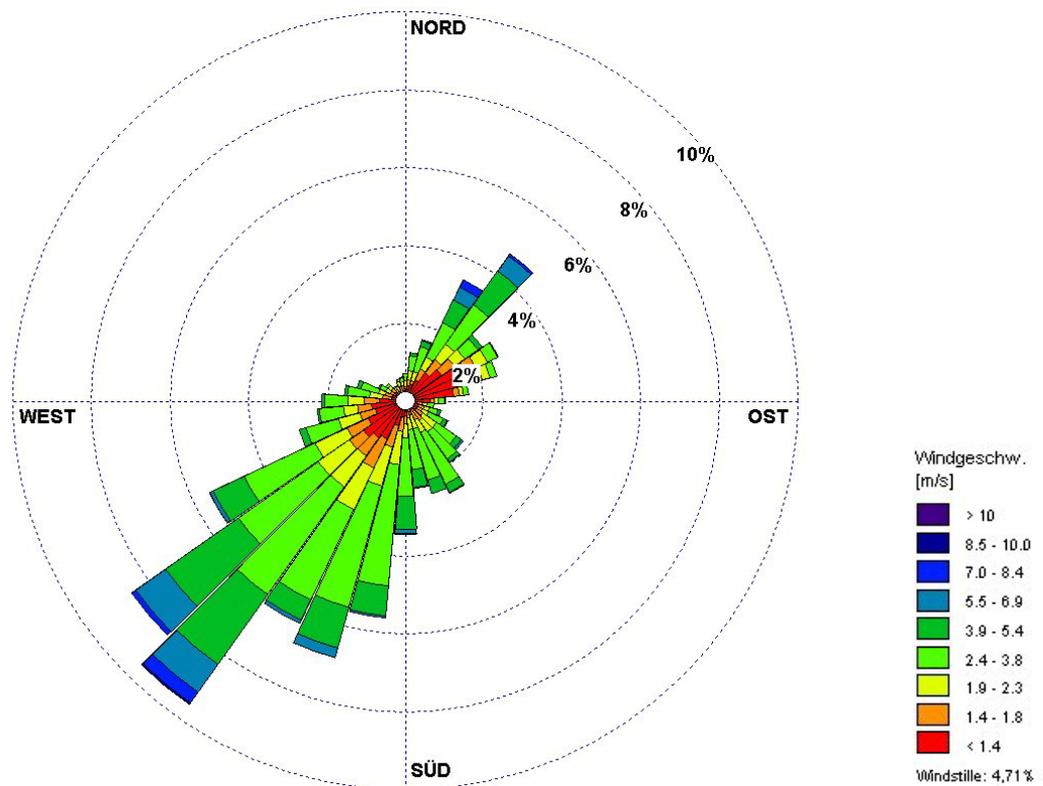


Abbildung 6 Stärkewindrose (Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen) in Abhängigkeit der mittleren Windgeschwindigkeit) an der Messstation Wuppertal-Bundesallee im Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2011.

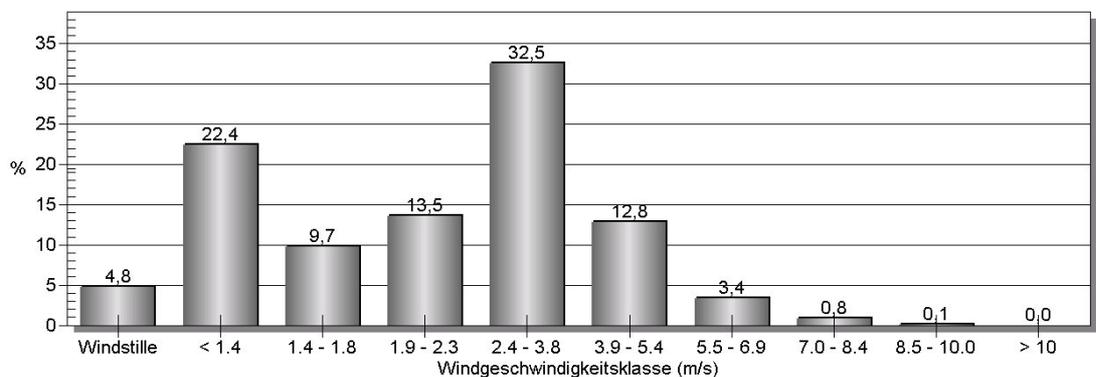


Abbildung 7 Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeitsklassen (30-min-Mittelwerte) an der Station Bundesallee im Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2010.

Die in Abbildung 8 dargestellte Zeitreihe der Windgeschwindigkeit dokumentiert die typische, deutlich stärkere Streuung der täglichen Maximalwerte der Windgeschwindigkeit gegenüber den Tagesmittelwerten. Am 18.08.2011 wurden gegen Mitternacht die höchsten Windgeschwindigkeiten des Jahres registriert. In dieser Nacht zog ein Unwetter über Nordrhein-Westfalen und sorgte für Blitzeinschläge, überflutete Autobahnen, umgestürzte Bäume und überschwemmte Keller. Die stärkste Windböe wurde in Unna mit 107 Stundenkilometern gemessen. In Wuppertal an der Station Bundesallee wurden „nur“ 21,8 m/s (78 km/h) erreicht.

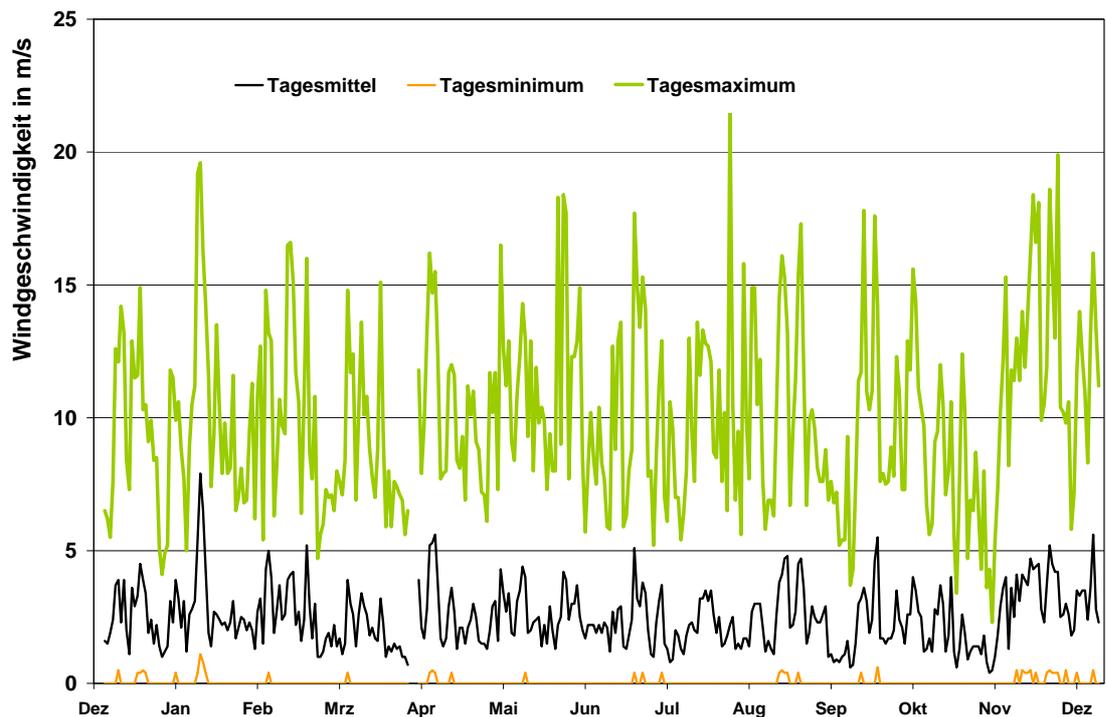


Abbildung 8 Zeitreihe der Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeiten sowie der täglichen Extremwerte (Min/Max) an der Station Bundesallee im Messzeitraum 01.01. bis 31.12.2011 (Mittelwerte).

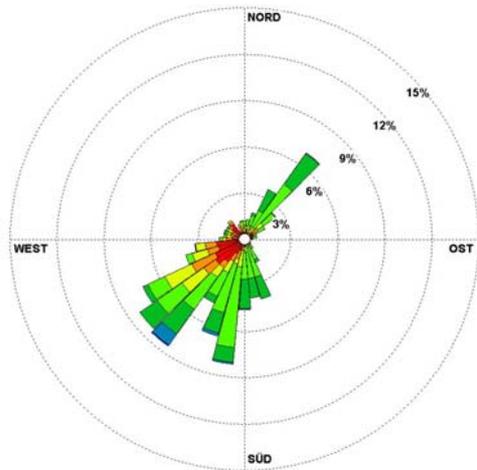
Der Verlauf der Tagesminima der horizontalen Windgeschwindigkeit (unterste Kurve in Abbildung 8) weist lediglich Werte zwischen 0 und 1,1 m/s auf. Als besonders gegensätzlich erwiesen sich die Perioden Oktober/November und Dezember. Während in der erstgenannten an der Station Bundesallee jeden Tag, zumindest kurzzeitig, eine Windstille erfasst wurde, flachte der Wind im Dezember häufig nicht unter 0,4 m/s ab.

Die Tagesmaxima 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 austauschreicheren Verhältnisse der bodennahen Atmosphäre während der Tagstunden gegenüber den meist deutlich stabileren und somit austauschärmeren Zuständen während der Nachtstunden ohne solare Einstrahlung.

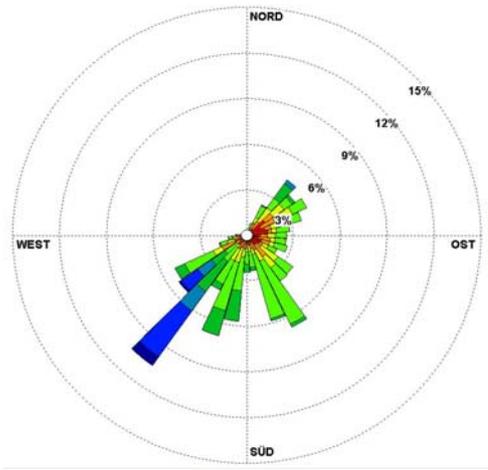
Wie bereits in den zurückliegenden Jahren 2008 bis 2010 lag somit die mittlere Windgeschwindigkeit auch im Jahr 2011 geringfügig niedriger als im Zeitraum 1997 bis 2007. Auf der Basis der horizontalen Windgeschwindigkeit als einziges Kriterium für die lokale Durchlüftungssituation wäre demnach in Wuppertal in 2011 von eher ungünstigen Bedingungen auszugehen.

Eine abschließende Bewertung der lokalen Austauschbedingungen der bodennahen Atmosphäre in Wuppertal ist zusätzlich von weiteren Kriterien abhängig. Neben der Windgeschwindigkeit haben 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.

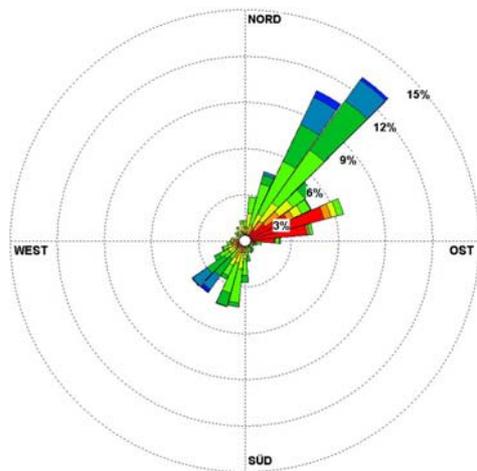
Aus lufthygienischer Sicht waren laut Umweltbundesamt (UBA) im Jahr 2011 insbesondere mehrere Episoden kalten Hochdruckwetters von Ende Januar bis März und im November, vor allem für die Feinstaubbelastung, prägend [8].



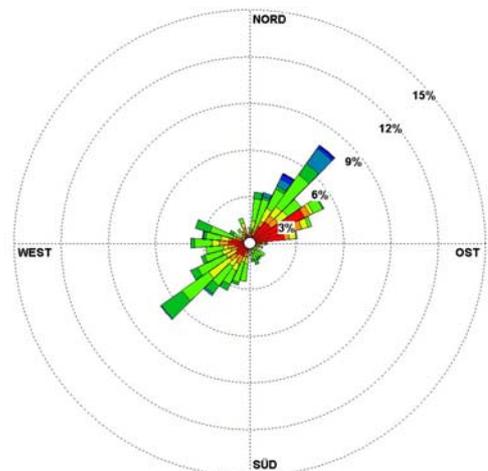
Januar 2011



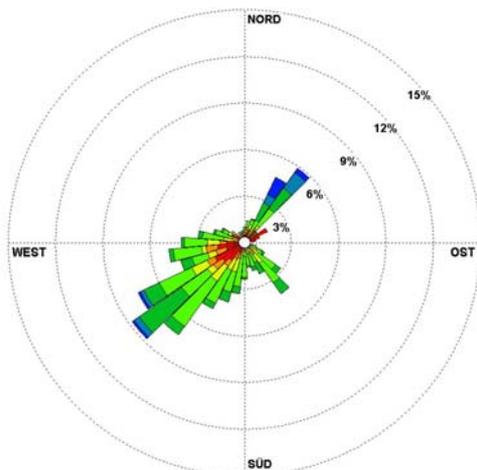
Februar 2011



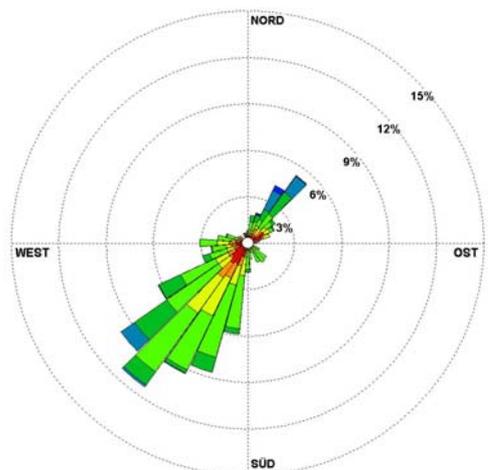
März 2011



April 2011

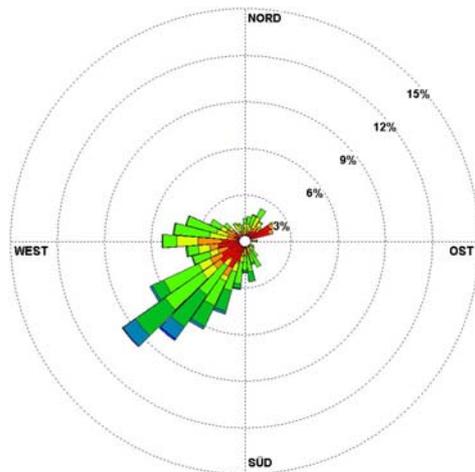


Mai 2011

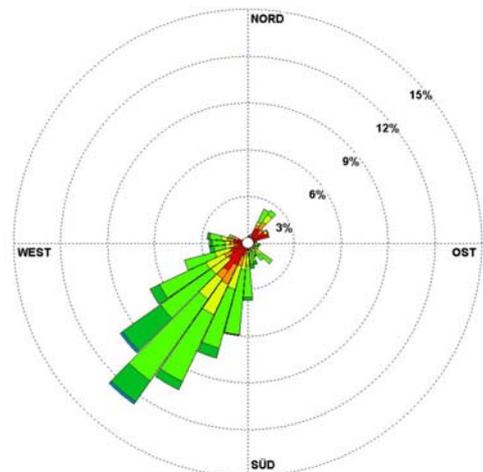


Juni 2011

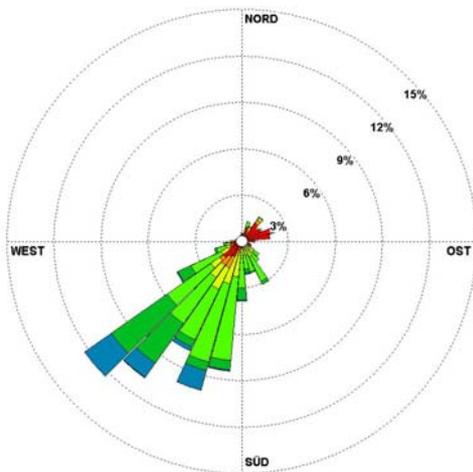
Abbildung 9 Stärkewindrosen für die Monate Januar 2011 bis Juni 2011 an der Messstation Wuppertal-Bundesallee.



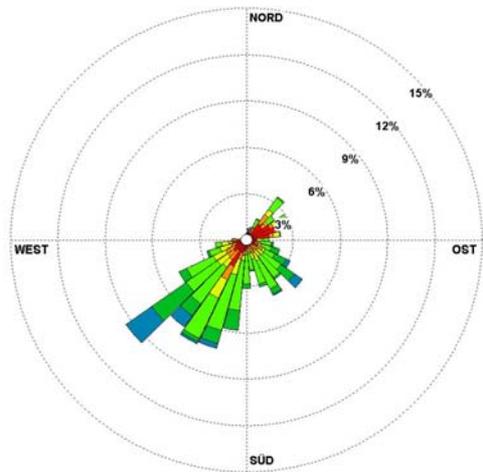
Juli 2011



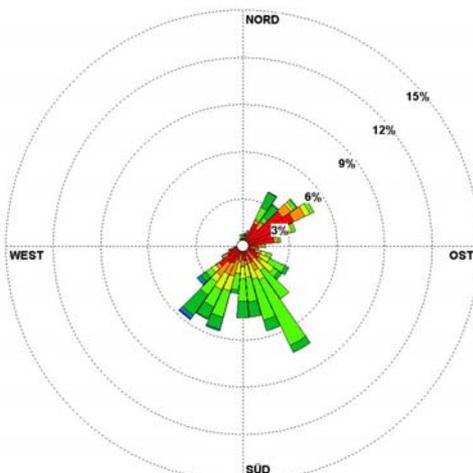
August 2011



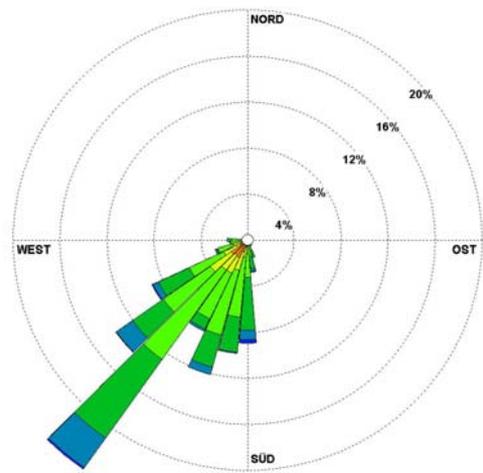
September 2011



Oktober 2011



November 2011



Dezember 2011 (Skala bis 20%)

Abbildung 10 Stärkewindrosen für die Monate Juli 2011 bis Dezember 2011 an der Messstation Wuppertal-Bundesallee

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 ist der Verkehr. Primär wird überwiegend Stickstoffmonoxid (NO) emittiert, der u.a. durch die Reaktion mit Ozon (O_3) in Stickstoffdioxid (NO_2) aufoxidiert wird.

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

Für den Menschen ist insbesondere Stickstoffdioxid (NO_2) von Bedeutung. NO_2 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 NO_2 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 NO_2 kann es vermehrt zu Atemwegserkrankungen kommen, wobei besonders empfindliche Personengruppen, vor allem Asthmatiker und Kinder, bereits auf niedrige NO_2 -Konzentrationen reagieren. Für Stickstoffdioxid kann nach aktuellem Kenntnisstand kein Schwellenwert benannt werden, bei dessen Unterschreiten langfristige Wirkungen von NO_2 auf den Menschen ausgeschlossen werden können.

Neben den direkten Wirkungen auf den Menschen sowie Ökosysteme wirkt Stickstoffdioxid (NO_2) auch in relevantem Umfang bei photochemischen Prozessen mit, die zur Bildung von Ozon (O_3) und weiteren sogenannten Photooxidantien führen. Diese Photooxidantien stellen ihrerseits zum Teil Reizstoffe dar, die sowohl auf den Menschen als auch auf die Vegetation einwirken.

Beurteilungsmaßstäbe für Stickstoffdioxid (NO_2)

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. Verordnung zum BImSchG (39. BImSchV) in deutsches Recht umgesetzt.

Als Beurteilungswert zum Schutz der menschlichen Gesundheit gilt für Stickstoffdioxid (NO₂) seit dem 01.01.2010 ein Jahresmittelwert von 40 µg/m³ (gemittelt über das Kalenderjahr) gemäß 39. BImSchV [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.

Diese Beurteilungsmaßstäbe sind neben der flächenhaften Beurteilung der Luftqualität über die 39. BImSchV auch im Rahmen der Anlagengenehmigung gemäß TA Luft festgeschrieben.

6.1.1 Passivsammlermessungen von NO₂ an 23 Messorten in Wuppertal

Im Folgenden werden die Messergebnisse der NO₂-Messungen an den Messpunkten MP 1 bis MP 38 für den Messzeitraum von Januar bis Dezember 2011 zusammenfassend dargestellt und bewertet. Die Bezeichnung der Messzeiträume in den Tabellen resultiert dabei aus den jeweiligen Expositions- bzw. Messzeiträumen. Die 4-wöchigen Zeiträume sind beispielsweise mit Jan 11 bezeichnet. Die exakten Probenahmezeiträume können Tabelle 10 im Anhang B entnommen werden.

Die Verfügbarkeit der NO₂-Messdaten für das Jahr 2011 betrug 100 % an allen 23 Messpunkten in Wuppertal.

In Tabelle 5 sind zunächst die Ergebnisse der NO₂-Messungen (Monatsmittelwerte und Jahresmittelwerte) für die Messpunkte MP 1 bis MP 38 und das Jahr 2011 zusammenfassend dargestellt. Alle einzelnen Monatswerte sowie die Einzelergebnisse der Doppelbeprobung sind in Tabelle 10 im Anhang B enthalten. Abbildung 9 zeigt zudem die räumliche Verteilung der Messorte im Stadtgebiet von Wuppertal sowie eine Klassifizierung der NO₂-Jahresmittelwerte für 2011.

Die höchsten NO₂-Belastungen (Jahresmittelwerte > 50 µg/m³) für das Jahr 2011 wurden an der Briller Straße (MP 02) mit 59 µg/m³, an der Westkotter Straße (MP 17) mit 54 µg/m³ sowie am Steinweg (MP 16) mit 53 µg/m³ ermittelt. Mit Ausnahme der Überdachstation an der Bundesallee wurden an allen weiteren Messorten NO₂-Konzentrationen zwischen 34 und 50 µg/m³ im Jahresmittel 2011 erfasst. Die geringste NO₂-Belastung wurde an der Station Wuppertal-Bundesallee ermittelt. Im Gegensatz zum Messpunkt MP 27 an der Bundesallee (Überdachstation, innerstädtische Hintergrundmessung) können alle Messorte 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).

Gleichwohl ist die räumliche Verteilung der NO₂-Belastung innerhalb des Wuppertaler Stadtgebietes differenziert zu bewerten. Während an den emissionsseitig hoch belasteten Messorten in Verbindung mit ungünstigen Austauschbedingungen hohe NO₂-Belastungen im Jahresmittel erreicht werden, liegen die entsprechenden Mittelwerte abseits dieser Belastungsschwerpunkte z. T. deutlich niedriger. An der Überdachmessstation an der Bundesallee (MP 27), die aufgrund der Messhöhe den innerstädtischen Hintergrund charakterisiert, wurde ein NO₂-Jahresmittelwert für 2011 von 29 µg/m³ ermittelt.

Tabelle 5 Monatsmittelwerte und Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid NO₂ an den Messpunkten MP 1 bis MP 38 in Wuppertal für den Messzeitraum Januar bis Dezember 2011.

Stickstoffdioxid NO ₂ in µg/m ³														
MP-Nr.	Messort	Jan 11	Feb 11	Mrz 11	Apr 11	Mai 11	Jun 11	Jul 11	Aug 11	Sep 11	Okt 11	Nov 11	Dez 11	Mittel 2011
MP 01	Nevigeser Straße 98	48	41	47	48	44	38	36	37	35	42	45	29	41
MP 02	Briller Straße 28	68	58	57	76	66	58	51	53	54	62	56	45	59
MP 03	Nevandtstraße 44	46	36	47	48	41	35	40	39	36	53	48	26	41
MP 04	Steinbeck 92	56	51	49	57	58	48	50	50	45	40	46	38	49
MP 05	Hochstraße 63	54	47	54	62	48	43	51	43	39	49	52	28	48
MP 07	Uellendahler Straße 198	53	47	47	52	45	40	40	41	41	49	48	36	45
MP 08	Hofkamp 86	40	38	45	49	38	34	36	35	37	40	41	28	38
MP 09	Friedrich-Engels-Allee 184	56	50	51	58	53	45	48	50	47	58	51	38	50
MP 13	Rudolfstraße 149	54	47	60	58	49	42	44	43	42	47	48	31	47
MP 14	Schönebecker Straße 81	46	38	53	46	43	36	38	36	39	47	42	32	41
MP 16	Steinweg 25	63	53	57	59	57	45	48	55	54	51	52	43	53
MP 17	Westkoffer Straße 111	59	53	60	64	60	56	52	55	49	52	48	45	54
MP 19	Ostersbaum 72	44	40	51	48	42	35	36	37	36	40	48	31	41
MP 20	Wichlinghauser Straße 70	49	41	56	56	43	38	39	33	38	42	45	33	43
MP 21	Berliner Straße 159	52	41	59	59	51	44	47	46	38	43	41	34	46
MP 22	Heckinghauser Straße 159	46	40	42	46	42	33	38	36	35	40	45	30	39
MP 24	Staasstraße 51	46	43	50	52	42	36	38	36	36	39	42	29	41
MP 27	Bundesallee 30	37	29	37	33	28	21	24	26	30	31	38	19	29
MP 28	Schwarzbach 78	54	46	58	56	57	50	47	48	45	45	49	36	49
MP 30	Uellendahler Straße 428	41	37	45	38	30	27	27	30	33	36	39	31	34
MP 33	Kaiserstraße 32	55	45	51	48	47	44	40	42	41	47	48	36	45
MP 34	Haeseler Strasse 94	52	50	55	51	54	45	45	45	47	44	53	39	48
MP 38	Friedrich-Engels-Allee 308	48	47	51	52	47	41	43	44	42	46	47	36	45
Beurteilungswert 39. BImSchV / TA Luft (Jahresmittelwert)														
40														

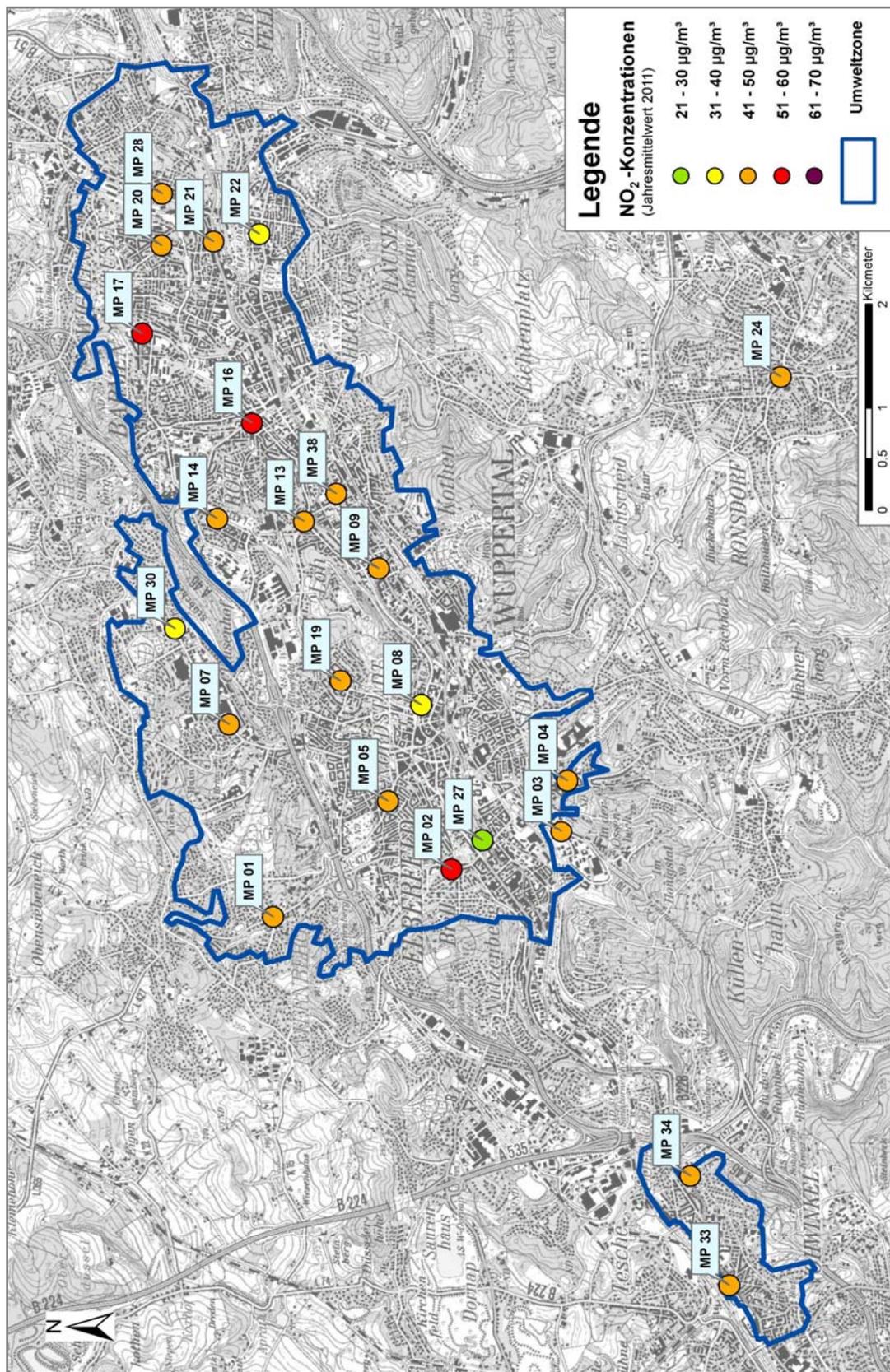


Abbildung 11 Räumlicher Verteilung der Messorte MP 1 bis MP 38 in Wuppertal sowie Klassifizierung der NO₂-Jahresmittelwerte 2011.

Die Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates „über Luftqualität und saubere Luft für Europa“ (2008/50/EG) vom 21. Mai 2008 regelt in Artikel 22 die Möglichkeit einer „Verlängerung der Fristen für die Erfüllung der Vorschriften und Ausnahmen von der vorgeschriebenen Anwendung bestimmter Grenzwerte“ [4]. Diese Regelungen sind seit 2010 auch national in der 39. BImSchV in § 21 umgesetzt [3]. Danach können die Fristen für die Einhaltung des NO₂-Grenzwertes unter bestimmten Voraussetzung um fünf Jahre verlängert werden. Während der Fristverlängerung muss jedoch u. a. sichergestellt werden, dass der Jahresmittelwert von NO₂ den Grenzwert um nicht mehr als die gesamte Toleranzmarge (20 µg/m³) überschreitet; d.h. der Jahresmittelwert darf während der Übergangsfrist nicht über 60 µg/m³ liegen.

Dieser Jahresmittelwert von 60 µg/m³ wurde im Kalenderjahr 2011, nach Überschreitungen in den letzten Jahren, an keiner Messstation in Wuppertal überschritten. Während dieser Wert im Jahr 2009 noch an 4 Messorten und im Jahr 2010 noch an einem Messort überschritten wurde, dokumentieren auch die NO₂-Jahresmittelwerte an diesen Belastungsschwerpunkten den kontinuierlichen Rückgang der NO₂-Belastung in Wuppertal. Unabhängig von diesem positiven Trend stellen die Messorte mit den höchsten NO₂-Konzentrationen (NO₂ > 50 µg/m³, MP 02, MP 16, MP 17) aber nach wie vor lokale Belastungsschwerpunkte dar, die durch hohe emissionsseitige Belastungen in Verbindung mit besonders ungünstigen lokalen Austauschbedingungen gekennzeichnet sind.

In Tabelle 6 sind neben den Jahresmittelwerten 2011 zusätzlich die Monatsextreme (minimale und maximale Monatsmittelwerte in 2011) dargestellt.

Tabelle 6 NO₂-Jahresmittelwerte sowie NO₂-Monatsextreme für das Jahr 2011.

MP-Nr.	Messort / Adresse Straße / Hausnummer	NO ₂ (2011)	NO ₂ - Minimum		NO ₂ - Maximum		Max/Min Faktor
		µg/m ³	µg/m ³	Monat	µg/m ³	Monat	
MP 01	Navigeser Straße 98	41	29	Dez 11	48	Apr 11	1,7
MP 02	Briller Straße 28	59	45	Dez 11	76	Apr 11	1,7
MP 03	Neviantstraße 44	41	26	Dez 11	53	Okt 11	2,0
MP 04	Steinbeck 92	49	38	Dez 11	58	Mai 11	1,5
MP 05	Hochstraße 63	48	28	Dez 11	62	Apr 11	2,2
MP 07	Uellendahler Straße 198	45	36	Dez 11	53	Jan 11	1,5
MP 08	Hofkamp 86	38	28	Dez 11	49	Apr 11	1,7
MP 09	Friedrich-Engels-Allee 184	50	38	Dez 11	58	Apr 11	1,5
MP 13	Rudolfstraße 149	47	31	Dez 11	60	Mrz 11	1,9
MP 14	Schönebecker Straße 81	41	32	Dez 11	53	Mrz 11	1,7
MP 16	Steinweg 25	53	43	Dez 11	63	Jan 11	1,5
MP 17	Westkotter Straße 111	54	45	Dez 11	64	Apr 11	1,4
MP 19	Ostersbaum 72	41	31	Dez 11	51	Mrz 11	1,6
MP 20	Wichlinghauser Straße 70	43	33	Dez 11	56	Apr 11	1,7
MP 21	Berliner Straße 159	46	34	Dez 11	59	Mrz 11	1,7
MP 22	Heckinghauser Straße 159	39	30	Dez 11	46	Apr 11	1,5
MP 24	Staasstraße 51	41	29	Dez 11	52	Apr 11	1,8
MP 27	Bundesallee 30	29	19	Dez 11	38	Nov 11	2,0
MP 28	Schwarzbach 78	49	36	Dez 11	58	Mrz 11	1,6
MP 30	Uellendahler Straße 428	34	27	Jul 11	45	Mrz 11	1,7
MP 33	Kaiserstraße 32	45	36	Dez 11	55	Jan 11	1,5
MP 34	Haeseler Strasse 94	48	39	Dez 11	55	Mrz 11	1,4
MP 38	Friedrich-Engels-Allee 308	45	36	Dez 11	52	Apr 11	1,5

Die Verteilung der Monatsextreme dokumentiert im Allgemeinen in Verbindung mit den Ergebnissen der Einzelmonate (Tabelle 10 im Anhang B) die typische jahreszeitliche Variation gasförmiger Spurenstoffe in der bodennahen Atmosphäre. Die maximalen NO₂-Belastungen variieren zwischen den meist durch ungünstige Austauschbedingungen gekennzeichneten Wintermonaten und den eher austauschreichen Sommermonaten im Mittel um den Faktor 1,4 bis 2,2. Im Jahr 2011 wurden diese Verhältnisse durch den extrem austauschreichen Dezember überlagert (siehe hierzu auch Monatswindrosen in Abb. 20 auf Seite 20 unten). Im Dezember 2011 wurden in Wuppertal, bezogen auf das gesamte Jahr 2011 die niedrigsten NO₂-Belastungen ermittelt. In den letzten Jahren sind hingegen die niedrigsten NO₂-Belastungen immer in den Sommermonaten aufgetreten.

Insgesamt dokumentieren die Ergebnisse der NO₂-Messungen in Wuppertal ein nach wie vor im Vergleich hohes innerstädtisches Belastungsniveau, das gut mit den Ergebnissen der NO₂-Messungen in Wuppertal aus den Jahren 2007 bis 2010, bei einem abnehmenden Trend der NO₂-Belastung, korrespondiert. Unter Berücksichtigung eines regionalen Hintergrundniveaus von etwa 20 µg/m³ sowie eines Gesamthintergrundniveaus von etwa 25 µg/m³ (gemäß Luftreinhalteplan Wuppertal [5]) wird insbesondere an verkehrsbelasteten Standorten in Abhängigkeit der konkreten lokalen Emissionssituation und Luftaustauschbedingungen der Beurteilungswert von 40 µg/m³ als Jahresmittelwert (Beurteilungswert ab dem 01.01.2010) überschritten. Von den hier ausgewerteten 23 Messstandorten im Wuppertaler Stadtgebiet wurde im Jahr 2011 an 19 Messstandorten der Wert von 40 µg/m³ überschritten.

6.1.2 Langjährige Messungen von Stickstoffdioxid NO₂ 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 (in 2009, 2010 und 2011 an 23 Messorten), die eine flächenhafte Erfassung der NO₂-Belastung ermöglicht (siehe auch Tabelle 8).

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 Wuppertal Friedrich-Engels-Allee 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 Passivsammler 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.

In Tabelle 7 ist zunächst der Jahresmittelwert an der Station Wuppertal-Gathe (VWEL) für NO₂ und das Jahr 2011 aufgeführt und dem entsprechenden Beurteilungswert gegenübergestellt. Da derzeit in Wuppertal nur noch an der Station Gathe kontinuierliche NO₂-Messungen durchgeführt werden, sind in Tabelle 7 vergleichend zusätzlich die NO₂-Jahresmittelwerte der Stationen Steinweg, Friedrich-Engels-Allee 308 sowie Bundesallee dargestellt, für die mehrjährige Messreihen für NO₂ vorliegen (siehe auch Abbildung 12).

Tabelle 7 NO₂-Jahresmittelwerte (2011) an den Stationen Gathe (VWEL) sowie zum Vergleich an den Messorten Steinweg, Friedrich-Engels-Allee 308 und Bundesallee.

Messstation	Messverfahren	NO ₂ -Jahresmittel in µg/m ³
Gathe	aktiv	55
Steinweg	passiv	53
Friedrich-Engels-Allee 308	passiv	45
Bundesallee	passiv	29
Beurteilungswert		40¹⁾

¹⁾ Immissionsgrenzwert gemäß 39. BImSchV (Jahresmittel)

Während an allen Messorten (aktive und passive Messverfahren) der Jahres-Immissionsgrenzwert gemäß der 39. BImSchV beurteilt werden kann, ist eine Beurteilung des Kurzzeit-Immissionsgrenzwertes gemäß 39. BImSchV (Überschreitungshäufigkeit des Stundenmittelwertes) nur an der Station Wuppertal-Gathe möglich.

Die kontinuierliche Messstation Wuppertal Gathe zeigte mit 55 µg/m³ im Jahresmittel 2011 nach wie vor eine deutliche Überschreitung des Jahres-Immissionsgrenzwertes für NO₂. Diese hohe Belastung korrespondiert gut mit den Ergebnissen an den von der Stadt Wuppertal durchgeführten NO₂-Messungen an entsprechenden Belastungsschwerpunkten (siehe auch Tabelle 5 und Abbildung 11). Der Kurzzeit-Immissionsgrenzwert von 200 µg/m³ als Stundenmittel wurde an der Station Wuppertal-Gathe im Jahr 2011 nicht überschritten.

Im Vergleich zu den NO₂-Messungen an den Belastungsschwerpunkten lagen die NO₂-Jahresmittelwerte an der städtischen Hintergrundmessstationen Bundesallee mit 29 µg/m³ erwartungsgemäß deutlich niedriger.

In Abbildung 12 ist die Entwicklung NO₂-Belastung seit dem Jahr 2000 dargestellt. 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 letzten beiden Jahren ging die NO₂-Belastung an der Station Bundesallee zunächst auf 31 µg/m³ (2010) und schließlich auf 29 µg/m³ (2011) zurück.

Aufgrund der Messhöhe von 30 m über Grund ist dieses NO₂-Niveau als aktueller innerstädtischer Hintergrund zu bezeichnen, der jedoch durch die räumliche Nähe zu emissionsseitigen Belastungsschwerpunkten beeinflusst ist.

Die Station Wuppertal-Langerfeld (WULA) lag im Vergleich zur Bundesallee mit im Mittel 26 µg/m³ in den Jahren 2008 und 2009 nochmals um etwa 3 bis 5 µg/m³ niedriger und beschreibt somit ein charakteristisches NO₂-Hintergrundniveau im Bergischen Städtedreieck (Wuppertal, Remscheid, Solingen) ohne den maßgeblichen Einfluss lokaler Emissionen. Die NO₂-Messungen an der Station Wuppertal-Langerfeld (WULA) wurden seit dem Jahr 2010 durch das LANUV-NRW nicht fortgeführt.

An der Friedrich-Engels-Allee 308 liegt das NO₂-Konzentrationsniveau um rund 10 - 20 µg/m³ höher als an der Bundesallee bei insgesamt leicht rückläufigen Belastungen. Damit wird der seit dem 01.01.2010 gemäß 39. BImSchV geltenden Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ seit Beginn der Messungen im Jahr 2000 überschritten.

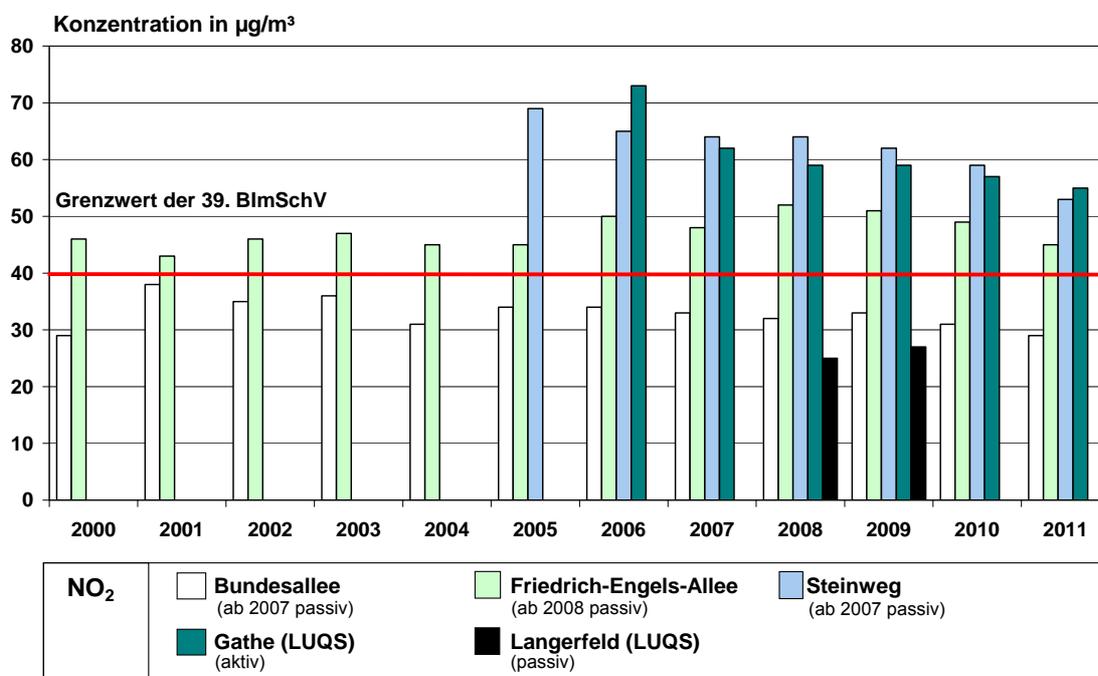


Abbildung 12 Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid NO₂ an ausgewählten Messstellen in Wuppertal von 2000 bis 2011.

Die Messungen an den Belastungsschwerpunkten Steinweg und Wuppertal-Gathe ergaben seit Messbeginn an diesen Messstellen NO₂-Jahresmittelwerte von zunächst etwa 60 – 70 µg/m³ mit abnehmender Tendenz in den letzten Jahren. Derzeit liegt das NO₂-Konzentrationsniveau an diesen Belastungsschwerpunkten („Hot-Spots“) bei 53 bis 55 µg/m³ und korrespondiert somit gut mit den Ergebnissen der weiteren NO₂-Messungen im Wuppertaler Stadtgebiet an vergleichbaren Messstandorten (siehe auch Tabelle 5, Abbildung 11 und Tabelle 8).

In Tabelle 8 ist ergänzend zu Abbildung 12 die zeitliche Entwicklung der NO₂-Konzentrationen an den von der Stadt Wuppertal durchgeführten Messstellen von 2007 bis 2011 zusammengefasst. Die nicht fortlaufende Nummerierung der aktuell realisierten Messstellen in Tabelle 8 ist auf die unterschiedlichen NO₂-Messprogramme der Stadt Wuppertal in den letzten Jahren (insbesondere vor 2007) zurückzuführen – neue Messstellen wurden fortlaufend nummeriert und die Nummern nicht mehr beprobter Messstellen wurden nicht erneut verwendet, um die Messdaten eindeutig einer konkreten Messtelle zuordnen zu können.

In Abbildung 13 ist zudem die Entwicklung der NO₂-Konzentrationen von 2007 bis 2011 an den in Tabelle 8 genannten Passivsammlermessstellen in Wuppertal sowie an der LUQS-Station Wuppertal-Gathe (VWEL) grafisch dargestellt.

Tabelle 8 Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid NO₂ für die Jahre 2007 bis 2011.

MP-Nr.	Messort / Adresse Straße / Hausnummer	NO ₂ (2007)	NO ₂ (2008)	NO ₂ (2009)	NO ₂ (2010)	NO ₂ (2011)
		µg/m ³				
MP 01	Nevigeser Straße 98	50	49	47	46	41
MP 02	Briller Straße 28	73	71	69	67	59
MP 03	Neviantstraße 44	47	46	45	44	41
MP 04	Steinbeck 92	62	60	58	56	49
MP 05	Hochstraße 63	59	58	56	55	48
MP 07	Uellendahler Straße 198	50	51	52	48	45
MP 08	Hofkamp 86	49	49	43	40	38
MP 09	Friedrich-Engels-Allee 184	60	58	63	60	50
MP 13	Rudolfstraße 149	56	56	50	52	47
MP 14	Schönebecker Straße 81	47	47	47	43	41
MP 16	Steinweg 25	64	64	62	59	53
MP 17	Westkötter Straße 111	63	63	63	59	54
MP 19	Ostersbaum 72	48	46	47	44	41
MP 20	Wichlinghauser Straße 70	49	49	47	45	43
MP 21	Berliner Straße 159	57	54	52	51	46
MP 22	Heckinghauser Straße 159	48	47	47	44	39
MP 24	Staastraße 51	48	47	47	45	41
MP 27	Bundesallee 30	33	32	33	31	29
MP 28	Schwarzbach 78	54	55	53	55	49
MP 30	Uellendahler Straße 428	49	51	50	48	34
MP 33	Kaiserstraße 32	54	53	51	51	45
MP 34	Haeseler Strasse 94	62	61	56	53	48
MP 38	Friedrich-Engels-Allee 308	48	52	51	49	45

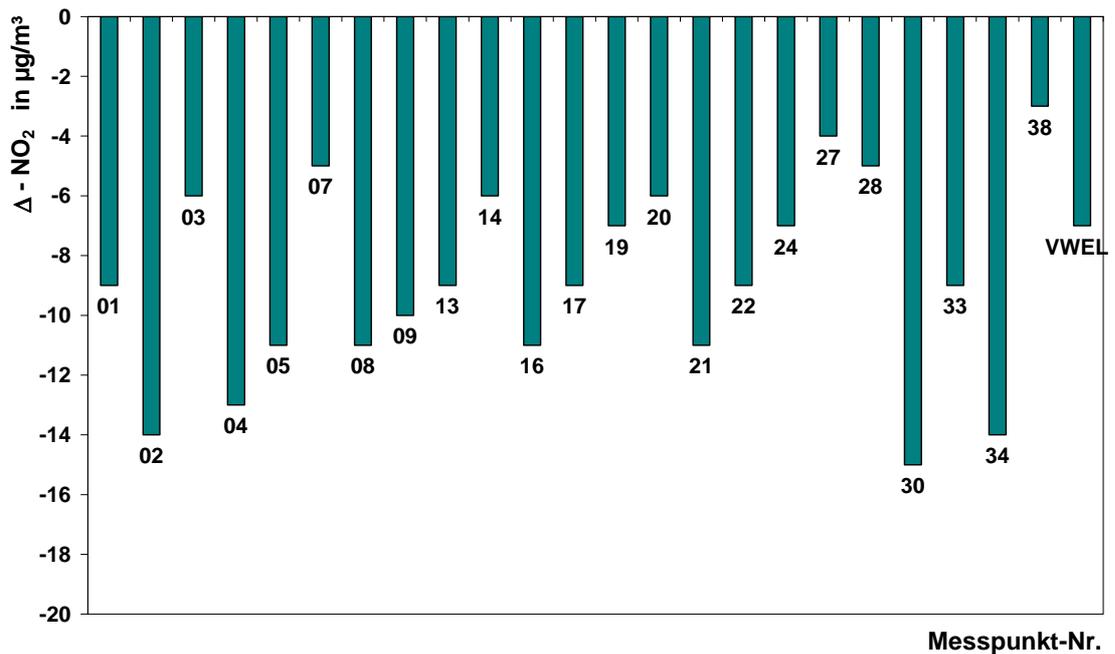


Abbildung 13 Rückgang der NO₂-Konzentrationen im Zeitraum von 2007 bis 2011 an den 23 Passivsammlermessstellen in Wuppertal sowie an der LUQS-Station Wuppertal-Gathe (VWEL) des LANUV-NRW in µg/m³.

An den Messstellen gemäß Tabelle 8 ist seit 2007 ein nahezu stetig rückläufiger Trend der NO₂-Belastungen zu beobachten. Die Reduktion der NO₂-Belastung reicht dabei von wenigen µg/m³ (z. B. an den Messpunkten MP 07, MP 27 und MP 38) bis hin zu Reduktionen von > 10 µg/m³ an den Messpunkten MP 02, MP 4, MP 05 MP 08, MP 09, MP 16, MP 21, MP 30 und MP 33. Im Mittel über alle Messstationen in Wuppertal wurde über den Zeitraum von 2007 bis 2011 ein Rückgang der NO₂-Immissionen von 9 µg/m³ registriert. Eine Zunahme der NO₂-Immissionen wird derzeit an keiner der innerstädtischen Messstellen beobachtet.

Die lokalen Messergebnisse für NO₂ in Wuppertal sind darüber hinaus plausibel im Vergleich zur großräumigen Entwicklung der NO₂-Belastung. Die Messungen des LANUV-NRW ergaben für Nordrhein-Westfalen im Jahr 2011 an insgesamt 79 von 121 Messstationen (das entspricht etwa 65 %) Überschreitungen des Immissionswertes von 40 µg/m³ im Jahresmittel [27]. Analog zur Situation in Wuppertal wurden Überschreitungen insbesondere an dicht bebauten Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen beobachtet. Im Vergleich zum Jahr 2010 ist die NO₂-Belastung landesweit in NRW geringfügig gesunken, wobei die Anzahl der Stationen mit Grenzwertüberschreitungen nahezu konstant geblieben ist [27]. Die Anzahl der besonders hoch belasteten Messstationen (Jahresmittel > 60 µg/m³) ist mit 6 im Jahr 2011 gegenüber 12 im Jahr 2010 deutlich zurückgegangen. Auch bundesweit wurden im Jahr 2011 entsprechende NO₂-Belastungen beobachtet. Insgesamt wurden in Deutschland 2011 an 57 % der verkehrsnahen Messstationen Überschreitungen des Jahresmittelwertes für NO₂ registriert, wobei die Ergebnisse gegenüber dem Jahr 2010 (korrigiert auf 73 %) auf der Basis der bislang vorläufigen Auswertungen deutlich geringer ausgefallen sind [8].

Der besonders hohe Anteil der Messstandorte mit Überschreitungen des Jahresmittelwertes in Wuppertal (19 von 23 Messstationen, siehe auch Abschnitt 6.1.1) ist dabei insbesondere auf zwei Ursachen zurückzuführen. Zunächst betreibt die Stadt Wuppertal, im Gegensatz zum LUQS-Messnetz des LANUV-NRW, mit Ausnahme der Überdachstation an der Bundesallee keine Hintergrundmessstellen, sondern ausschließlich verkehrsbezogene Messstandorte und damit Belastungsschwerpunkte. Bei einer nachhaltigen Unterschreitung des Immissionswertes werden diese Messstellen nicht fortgeführt. Darüber hinaus sind die Ausbreitungsbedingungen der bodennahen Atmosphäre in Wuppertal aufgrund der ausgeprägten Tallage insgesamt relativ ungünstig. Ein einfacher Vergleich des Anteils der Stationen mit Grenzwertüberschreitungen ist daher nicht möglich.

Insgesamt weisen alle aktuellen NO₂-Messergebnisse mit den zahlreichen Grenzwertüberschreitungen auf den großen Handlungsbedarf hin, den Schadstoffausstoß der Stickstoffoxide insbesondere des Verkehrs als maßgeblicher lokaler Emittent weiter zu vermindern [27]. Zur Senkung der hohen Hintergrundbelastung sind zusätzlich aber auch weitere Emissionsminderungsmaßnahmen in anderen Bereichen wie beispielsweise Industrie, Hausbrand und Baumaschinen erforderlich.

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 PM₁₀⁽²⁾ 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 [26]. 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 wichtigsten [26].

Eine Langzeit-Exposition über Jahrzehnte kann ebenso mit ernsten gesundheitlichen Auswirkungen verbunden sein. So wurden 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 [26].

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

⁽²⁾ 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. BImSchV³ 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 27 bis 33 µg/m³ für PM₁₀ korrespondieren. Ebenso wie für NO₂ sind diese Beurteilungsmaßstäbe neben der flächenhaften Beurteilung der Luftqualität über die 39. BImSchV auch im Rahmen der Anlageneignung gemäß TA Luft festgeschrieben.

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

Ergebnisse der Feinstaubmessungen in Wuppertal

In Wuppertal wurden im Jahr 2011 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 Partikeln PM_{2,5} durchgeführt. In Tabelle 9 sind statistischen Kenngrößen für die PM₁₀- und PM_{2,5}-Messungen an diesen Messstellen für das Jahr 2011 dargestellt und den Beurteilungsmaßstäben gegenübergestellt.

Tabelle 9 Statistische Kenngrößen für Partikel PM₁₀ und PM_{2,5} im Jahr 2011 an den Stationen Wuppertal-Gathe (VWEL) und Wuppertal-Langerfeld (WULA).

Messstation	Partikel PM ₁₀		Partikel PM _{2,5}
	Jahresmittel	Anzahl Tage > 50 µg/m ³	Jahresmittel
Gathe	28	24	---
Langerfeld	23	14	16
Beurteilungswert	40 ¹⁾	35 ¹⁾	25 ²⁾

¹⁾ Immissionsgrenzwert gemäß 39. BImSchV

²⁾ Zielwert gemäß 39. BImSchV

⁽³⁾ Die 39. BImSchV ersetzt seit August 2010 die bis zu diesem Zeitpunkt gültige 22. BImSchV.

In den Abbildungen 14 und 15 ist die Entwicklung der PM₁₀-Immissionssituation an den PM₁₀-Messstationen Friedrich-Engels-Allee (LUQS), Steinweg, Langerfeld (LUQS) und Gathe (LUQS) dargestellt.

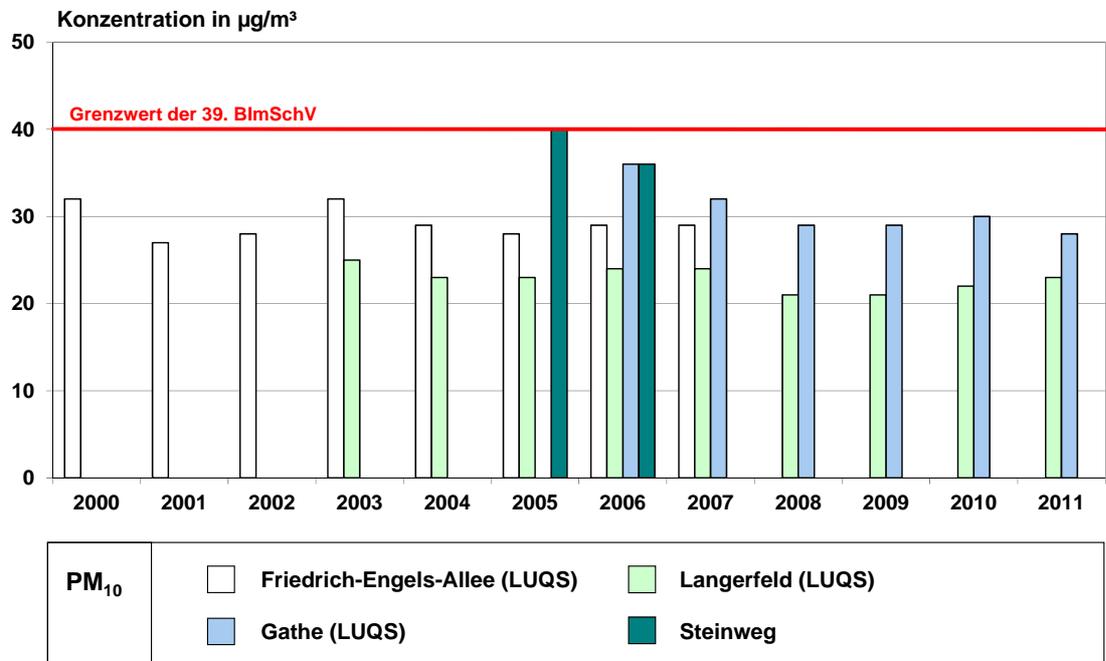


Abbildung 14 Entwicklung der PM₁₀-Jahresmittelwerte an den Messstellen Friedrich-Engels-Allee, Steinweg, Gathe und Langerfeld von 2000 bis 2011.

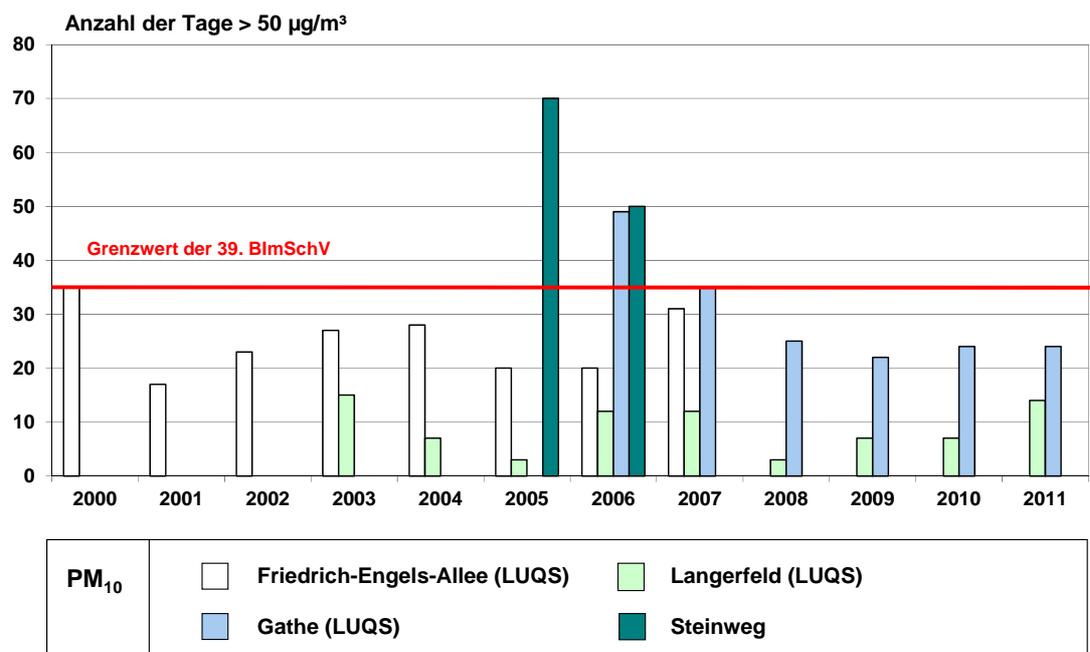


Abbildung 15 Anzahl der Tage mit PM₁₀-Mittelwerten $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an den Messstellen Friedrich-Engels-Allee, Steinweg, Gathe und Langerfeld von 2000 bis 2011.

Im Jahresmittel 2011 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 wurden hierbei, wie bereits in den letzten Jahren, aufgrund der lokalen Emissions- und Austauschbedingungen mit 28 µg/m³ eine um etwa 20 % höhere PM₁₀-Belastung ermittelt als an der Hintergrundstation Langerfeld mit 23 µg/m³. Auch die Überschreitungshäufigkeit des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ lag an der Station Gathe mit 24 Tagen in 2011 entsprechend höher als an der Messstelle Langerfeld mit 14 Tagen.

Die Jahresmittelwerte für PM₁₀ an den Stationen Friedrich-Engels-Allee (Messzeitraum 2000 bis 2007), Wuppertal Langerfeld (Messzeitraum 2003 bis 2011, aktuell) und Wuppertal Gathe (Messzeitraum 2006 bis 2011, aktuell) weisen nur eine geringe Variation in den jeweiligen Messzeiträumen von Jahr zu Jahr auf. Die verbleibenden, geringfügigen Änderungen der mittleren PM₁₀-Belastung von Jahr zu Jahr können durch den Einfluss der jährlichen Variation der Witterungsbedingungen auf die lokalen Austauschverhältnisse erklärt werden. Nach einem leichten Rückgang der PM₁₀-Belastung in den Jahren 2006 und 2007 stagnieren die mittleren PM₁₀-Konzentrationen in Wuppertal. 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 seit dem Jahr 2009 durchgeführten PM_{2,5}-Messungen liegen mit 19 µg/m³ im Jahr 2009 und 16 µg/m³ in den Jahren 2010 und 2011 deutlich und sicher unterhalb des Beurteilungswertes von 25 µg/m³ im Jahresmittel als Zielwert gemäß 39. BImSchV. Nach dem Rückgang der PM_{2,5}-Konzentrationen in den Jahren 2009 und 2010 von 19 µg/m³ auf 16 µg/m³ stagniert auch die PM_{2,5}-Belastung auf diesem moderaten Niveau unterhalb des gültigen Grenzwertes.

Die Anzahl der Überschreitungstage (Abbildung 15) ist deutlich variabler als der Jahresmittelwert für PM₁₀, da sie maßgeblich vom Verlauf der Witterungsbedingungen in den jeweiligen Jahren geprägt wird.

An den zwei Messstationen Wuppertal-Gathe und Wuppertal-Langerfeld ist ein Trend mit einer abnehmenden Anzahl an Überschreitungstagen bis 2008 zu erkennen. Seit dem Jahr 2008 bis einschließlich 2011 stagniert die Anzahl der Überschreitungstage an der Station Gathe bei etwa 24 pro Jahr. An der Station Langerfeld hingegen ist die Anzahl der Überschreitungstage im Jahr 2011 auf 14 Tage gegenüber 7 Tagen in den Vorjahren 2009 und 2010 angestiegen. Die in der Tendenz höhere Anzahl an Überschreitungstagen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ im Jahr 2011 wurde auch landesweit in NRW beobachtet. In NRW traten im Jahr 2011 großräumig witterungsbedingte Häufungen von PM₁₀-Grenzwertüberschreitungen von Ende Januar bis Mitte April und sehr ausgeprägt im November auf. Diese Episoden sind durch flächendeckende Überschreitungen des PM₁₀-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ gekennzeichnet, und das auch in Gebieten, in denen die Luftqualität weitgehend unbeeinflusst von lokalen Emissionen ist (ländlicher bzw. regionaler Hintergrund).

Insgesamt kann die Luftbelastungssituation in Wuppertal im Hinblick auf Feinstaub PM₁₀ und PM_{2,5} als unkritisch bezeichnet werden. Sowohl die Langzeit- als auch die Kurzzeitwerte liegen seit dem Jahr 2007 sicher unterhalb der jeweiligen Beurteilungswerte. Diese Entwicklung in Wuppertal entspricht grundsätzlich auch dem großräumigen Trend der PM₁₀-Belastung in Nordrhein-Westfalen.

Während sich die durchschnittliche Feinstaubbelastung im Jahr 2011 in NRW gegenüber den Vorjahren nicht verändert hat, lag die Anzahl der Überschreitungstage in 2011 jedoch insgesamt höher als im Jahr 2010.

Der Grenzwert für das Tagesmittel ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 35 zulässigen Überschreitungen pro Jahr) wurde in 2011 an 21 von von 66 Messstationen des LANUV NRW überschritten, in 2010 sowie im Mittel der Jahre 2008 bis 2010 traten diese Überschreitungen lediglich an 5 Stationen auf [27]. Auch die Ergebnisse der bundesweiten PM_{10} -Messungen bestätigen diesen Trend. Während die mittlere PM_{10} -Belastung stagniert, lag der Anteil der Messstationen, an denen der Tagesmittelwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an mehr als 35 Tagen überschritten wurde, mit etwa 20 % aller Messstationen höher als in den vergangenen Jahren [8].

Abschließend lässt sich für Wuppertal, sowohl in Bezug auf Stickstoffdioxid NO_2 - als auch für Partikel PM_{10} , insgesamt ein nach wie vor abnehmender Trend der Luftschadstoffbelastungen erkennen. Hierzu werden auch die mittlerweile ergriffenen Maßnahmen aus der Luftreinhalteplanung einen Beitrag leisten.

7 Grundlagen und Literatur

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert am 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)
- [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] DWD (2011): Jahresrückblick: Deutschlandwetter im Jahr 2011; Deutscher Wetterdienst (DWD), Offenbach
- [7] DWD (2007): Mittelwerte der Lufttemperatur für den Zeitraum 1961-1990; Deutscher Wetterdienst (DWD), Offenbach
- [8] UBA (2012): Auswertung der Luftbelastungssituation 2011; Umweltbundesamt (UBA); Fachgebiet II 4.2 „Beurteilung der Luftqualität“, Dessau
- [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] LUBW (2009): Luftmessbericht Wuppertal 2008; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- [12] LUBW (2008): Luftmessbericht Wuppertal 2007; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- [13] LUBW (2007): Luftmessbericht Wuppertal 2006; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- [14] LUBW (2006): Luftmessbericht Wuppertal 2005; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- [15] GEObasis NRW: Topographische Karte Nordrhein Westfalen, M 1 : 25 000 (DTK25), Bezirksregierung Köln, Abteilung 07 – GEObasis NRW
- [16] GEObasis NRW: Topographische Karte Nordrhein Westfalen, M 1 : 50 000 (DTK50), Bezirksregierung Köln, Abteilung 07 – GEObasis NRW
- [17] GEObasis NRW: Übersichtskarte Nordrhein Westfalen, M 1 : 200 000 (TÜK200), Bezirksregierung Köln, Abteilung 07 – GEObasis NRW

- [18] DIN EN 13528-1 (2002-12): Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [19] 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
- [20] 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
- [21] VDI-Richtlinie 2453, Blatt 1 (1990-10): Messen gasförmiger Immissionen, Messen der Stickstoffdioxid-Konzentration - Manuelles photometrisches Basis-Verfahren (Saltzman)
- [22] 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
- [23] LANUV-NRW (2010): Kalibrierung von Passivsammlern zur Messung von Stickstoffdioxid (NO₂), Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, 2010
- [24] 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
- [25] LANUV-NRW (2012): Messdaten der LUQS-Stationen Wuppertal Gathe (VWEL) und Wuppertal Langerfeld (WULA); Monatsberichte 2011 und Jahresbericht 2011 des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, 2012
- [26] 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
- [27] LANUV-NRW (2012): Beurteilung der Luftqualität in Nordrhein-Westfalen für das Jahr 2011, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, 30.03.2012

Anhang A

Beschreibung und fotografische Dokumentation der Messstellen

Messpunkt 01

Nevigeser 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 03**

Nevianttstraße 44
42117 Wuppertal

Rechtswert 25 79 383 m

Hochwert 56 79 643 m

Höhe 176 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 19

Ostersbaum 72
42107 Wuppertal

Rechtswert 25 80 846 m

Hochwert 56 81 767 m

Höhe 164 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 30**

Uellendahler Straße 428
42109 Wuppertal

Rechtswert 25 81 354 m

Hochwert 56 83 360 m

Höhe 200 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



Anhang B
Einzelmessergebnisse

Tabelle 10 Einzelmessergebnisse an den Messpunkten MP 1 bis MP 38 für den Messzeitraum 30.12.2010 bis 29.12.2011.

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 1 / 1	MP 1 / 2	MP 1	MP 2 / 1	MP 2 / 2	MP 2	MP 3 / 1	MP 3 / 2	MP 3	MP 4 / 1	MP 4 / 2	MP 4
			µg/m ³											
Jan 2011	30.12.10 - 01.02.11	33	47	48	48	70	67	68	48	44	46	54	57	56
Feb 2011	01.02.11 - 01.03.11	28	43	40	41	59	57	58	35	37	36	52	50	51
Mrz 2011	01.03.11 - 30.03.11	29	46	48	47	56	57	57	49	46	47	52	47	49
Apr 2011	30.03.11 - 29.04.11	30	47	50	48	78	75	76	47	48	48	56	59	57
Mai 2011	29.04.11 - 31.05.11	32	45	44	44	67	64	66	42	41	41	57	58	58
Jun 2011	31.05.11 - 30.06.11	30	37	38	38	58	58	58	38	33	35	52	43	48
Jul 2011	30.06.11 - 01.08.11	32	38	35	36	52	50	51	39	41	40	51	48	50
Aug 2011	01.08.11 - 01.09.11	31	37	37	37	54	53	53	39	38	39	48	51	50
Sep 2011	01.09.11 - 29.09.11	28	32	38	35	53	55	54	36	36	36	42	49	45
Okt 2011	29.09.11 - 02.11.11	34	41	44	42	58	65	62	49	56	53	38	41	40
Nov 2011	02.11.11 - 30.11.11	28	46	45	45	55	58	56	45	52	48	45	46	46
Dez 2011	30.11.11 - 29.12.11	29	29	29	29	46	44	45	24	28	26	38	38	38
Mittel	30.12.10 - 29.12.11	364	41	41	41	59	59	59	41	42	41	49	49	49

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 5 / 1	MP 5 / 2	MP 5	MP 7 / 1	MP 7 / 2	MP 7	MP 8 / 1	MP 8 / 2	MP 8	MP 9 / 1	MP 9 / 2	MP 9
			µg/m ³											
Jan 2011	30.12.10 - 01.02.11	33	56	52	54	51	55	53	43	37	40	56	57	56
Feb 2011	01.02.11 - 01.03.11	28	44	49	47	47	47	47	37	38	38	50	49	50
Mrz 2011	01.03.11 - 30.03.11	29	53	55	54	48	46	47	46	45	45	50	53	51
Apr 2011	30.03.11 - 29.04.11	30	61	64	62	50	54	52	48	50	49	61	55	58
Mai 2011	29.04.11 - 31.05.11	32	48	48	48	45	45	45	40	37	38	55	52	53
Jun 2011	31.05.11 - 30.06.11	30	45	42	43	39	41	40	35	33	34	41	48	45
Jul 2011	30.06.11 - 01.08.11	32	50	52	51	42	39	40	35	36	36	51	46	48
Aug 2011	01.08.11 - 01.09.11	31	43	n.a.	43	39	43	41	36	34	35	51	49	50
Sep 2011	01.09.11 - 29.09.11	28	40	38	39	41	41	41	36	37	37	44	49	47
Okt 2011	29.09.11 - 02.11.11	34	47	51	49	47	51	49	39	41	40	54	61	58
Nov 2011	02.11.11 - 30.11.11	28	50	54	52	45	51	48	38	44	41	48	53	51
Dez 2011	30.11.11 - 29.12.11	29	26	29	28	36	35	36	27	29	28	36	39	38
Mittel	30.12.10 - 29.12.11	364	47	49	48	44	46	45	38	39	38	50	51	50

Tabelle 10 Einzelmessergebnisse an den Messpunkten MP 1 bis MP 38 für den Messzeitraum 30.12.2010 bis 29.12.2011 (Fortsetzung).

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 13 / 1	MP 13 / 2	MP 13	MP 14 / 1	MP 14 / 2	MP 14	MP 16 / 1	MP 16 / 2	MP 16	MP 17 / 1	MP 17 / 2	MP 17
			µg/m ³											
Jan 2011	30.12.10 - 01.02.11	33	54	54	54	47	46	46	65	62	63	59	60	59
Feb 2011	01.02.11 - 01.03.11	28	47	47	47	39	37	38	52	53	53	50	55	53
Mrz 2011	01.03.11 - 30.03.11	29	57	62	60	55	51	53	54	60	57	60	61	60
Apr 2011	30.03.11 - 29.04.11	30	58	58	58	47	45	46	60	58	59	60	67	64
Mai 2011	29.04.11 - 31.05.11	32	49	49	49	45	42	43	59	55	57	57	62	60
Jun 2011	31.05.11 - 30.06.11	30	42	42	42	38	33	36	46	43	45	54	58	56
Jul 2011	30.06.11 - 01.08.11	32	46	42	44	38	38	38	47	49	48	50	54	52
Aug 2011	01.08.11 - 01.09.11	31	44	43	43	39	32	36	53	57	55	57	54	55
Sep 2011	01.09.11 - 29.09.11	28	41	43	42	37	41	39	57	52	54	48	49	49
Okt 2011	29.09.11 - 02.11.11	34	46	48	47	44	50	47	51	51	51	49	56	52
Nov 2011	02.11.11 - 30.11.11	28	46	49	48	42	41	42	50	53	52	50	46	48
Dez 2011	30.11.11 - 29.12.11	29	28	34	31	31	33	32	41	44	43	44	46	45
Mittel	30.12.10 - 29.12.11	364	47	48	47	42	41	41	53	53	53	53	56	54

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 19 / 1	MP 19 / 2	MP 19	MP 20 / 1	MP 20 / 2	MP 20	MP 21 / 1	MP 21 / 2	MP 21	MP 22 / 1	MP 22 / 2	MP 22
			µg/m ³											
Jan 2011	30.12.10 - 01.02.11	33	44	n.a.	44	47	52	49	54	50	52	47	46	46
Feb 2011	01.02.11 - 01.03.11	28	40	41	40	41	41	41	41	42	41	43	37	40
Mrz 2011	01.03.11 - 30.03.11	29	50	51	51	51	61	56	58	60	59	40	43	42
Apr 2011	30.03.11 - 29.04.11	30	49	46	48	56	56	56	60	57	59	47	45	46
Mai 2011	29.04.11 - 31.05.11	32	41	42	42	42	44	43	52	49	51	42	41	42
Jun 2011	31.05.11 - 30.06.11	30	34	37	35	39	37	38	43	45	44	35	32	33
Jul 2011	30.06.11 - 01.08.11	32	35	38	36	39	38	39	45	49	47	37	39	38
Aug 2011	01.08.11 - 01.09.11	31	37	38	37	33	32	33	45	46	46	35	36	36
Sep 2011	01.09.11 - 29.09.11	28	37	35	36	36	39	38	37	38	38	35	35	35
Okt 2011	29.09.11 - 02.11.11	34	40	41	40	42	43	42	43	43	43	41	38	40
Nov 2011	02.11.11 - 30.11.11	28	51	46	48	47	43	45	41	40	41	48	42	45
Dez 2011	30.11.11 - 29.12.11	29	29	33	31	33	33	33	33	34	34	30	30	30
Mittel	30.12.10 - 29.12.11	364	41	41	41	42	43	43	46	46	46	40	39	39

Tabelle 10 Einzelmessergebnisse an den Messpunkten MP 1 bis MP 38 für den Messzeitraum 30.12.2010 bis 29.12.2011 (Fortsetzung).

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 24 / 1	MP 24 / 2	MP 24	MP 27 / 1	MP 27 / 2	MP 27	MP 28 / 1	MP 28 / 2	MP 28	MP 30 / 1	MP 30 / 2	MP 30
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$											
Jan 2011	30.12.10 - 01.02.11	33	47	45	46	36	38	37	54	54	54	40	42	41
Feb 2011	01.02.11 - 01.03.11	28	44	42	43	28	31	29	46	46	46	39	36	37
Mrz 2011	01.03.11 - 30.03.11	29	49	51	50	37	37	37	57	59	58	43	47	45
Apr 2011	30.03.11 - 29.04.11	30	54	51	52	32	33	33	56	55	56	36	39	38
Mai 2011	29.04.11 - 31.05.11	32	44	41	42	29	27	28	57	57	57	31	30	30
Jun 2011	31.05.11 - 30.06.11	30	38	35	36	21	21	21	52	48	50	27	27	27
Jul 2011	30.06.11 - 01.08.11	32	37	39	38	23	25	24	47	48	47	27	28	27
Aug 2011	01.08.11 - 01.09.11	31	36	36	36	26	25	26	49	46	48	30	30	30
Sep 2011	01.09.11 - 29.09.11	28	36	35	36	29	31	30	43	47	45	34	31	33
Okt 2011	29.09.11 - 02.11.11	34	40	38	39	32	31	31	44	45	45	36	36	36
Nov 2011	02.11.11 - 30.11.11	28	43	42	42	35	41	38	51	47	49	40	39	39
Dez 2011	30.11.11 - 29.12.11	29	28	31	29	17	21	19	35	36	36	30	33	31
Mittel	30.12.10 - 29.12.11	364	41	41	41	29	30	29	49	49	49	34	35	34

Monat	Zeitraum	Anzahl Tage	MP 33 / 1	MP 33 / 2	MP 33	MP 34 / 1	MP 34 / 2	MP 34	MP 38 / 1	MP 38 / 2	MP 38
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$								
Jan 2011	30.12.10 - 01.02.11	33	58	53	55	53	51	52	52	44	48
Feb 2011	01.02.11 - 01.03.11	28	46	45	45	50	49	50	48	45	47
Mrz 2011	01.03.11 - 30.03.11	29	51	51	51	52	58	55	51	51	51
Apr 2011	30.03.11 - 29.04.11	30	51	46	48	52	51	51	52	51	52
Mai 2011	29.04.11 - 31.05.11	32	49	45	47	53	54	54	46	48	47
Jun 2011	31.05.11 - 30.06.11	30	41	46	44	47	43	45	42	41	41
Jul 2011	30.06.11 - 01.08.11	32	41	39	40	44	47	45	45	41	43
Aug 2011	01.08.11 - 01.09.11	31	42	43	42	47	44	45	44	44	44
Sep 2011	01.09.11 - 29.09.11	28	42	40	41	48	47	47	42	41	42
Okt 2011	29.09.11 - 02.11.11	34	48	46	47	44	45	44	47	45	46
Nov 2011	02.11.11 - 30.11.11	28	51	45	48	52	54	53	49	44	47
Dez 2011	30.11.11 - 29.12.11	29	36	36	36	41	36	39	40	31	36
Mittel	30.12.10 - 29.12.11	364	46	45	45	48	48	48	46	44	45

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 2011.

	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	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
	1,4	0,5	0,0	-0,3	-2,6	4,7	6,7	9,9	4,8	0,9	2,6	4,6	10,3	10,7	8,6	8,8	7,3	6,9	3,0	0,8	-1,0	0,5	2,0	2,9	3,2	1,8	0,0	-1,3	-1,3	-2,5	-4,5
	0,1	-0,6	-0,5	-2,7	-4,1	0,6	3,3	8,0	0,8	-0,7	-0,1	3,3	8,3	8,2	7,7	7,2	4,4	3,6	1,3	-1,3	-2,0	-0,2	0,5	1,6	2,1	-0,1	-1,5	-3,7	-4,9	-5,5	-5,9
	2,3	1,4	0,7	2,0	0,7	8,7	9,3	12,1	9,0	4,7	5,5	8,3	11,5	11,7	9,7	11,4	9,6	8,9	4,6	2,4	1,2	1,2	4,2	4,2	5,3	3,5	0,9	2,3	5,1	1,8	-2,7
Feb	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			
	4,4	-0,2	2,7	6,1	9,7	9,0	9,1	6,5	4,6	6,7	9,2	5,5	6,4	6,6	5,2	6,9	3,1	1,1	2,8	0,6	-1,6	-1,6	-0,3	1,4	4,6	6,1	4,1	3,4			
	-6,0	-2,3	-0,5	2,3	9,1	7,4	4,8	1,3	-0,8	5,3	6,5	4,4	5,0	4,8	3,7	4,6	0,6	0,4	1,6	-1,4	-4,6	-6,3	-4,1	-1,1	2,6	4,9	2,4	1,2			
	-2,2	0,9	4,7	9,7	10,4	10,4	13,7	10,3	11,0	8,9	10,0	7,3	8,5	9,1	7,6	11,8	8,1	2,1	4,4	2,7	2,4	5,5	3,7	2,7	7,1	9,5	5,8	5,8			
Mrz	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
	3,5	3,1	2,2	3,9	0,6	2,1	3,3	5,7	7,5	6,3	8,3	9,5	10,8	10,4	11,9	7,6	5,1	5,0	6,3	5,8	7,3	9,0	10,2	10,6	10,3	7,0	9,0	7,7	8,9	9,5	11,5
	0,8	-0,4	-1,9	-1,2	-3,0	0,1	-1,5	0,2	6,1	4,4	5,3	3,9	8,9	9,0	6,2	4,0	3,9	3,5	3,0	-0,7	0,1	1,2	3,2	3,2	4,9	4,9	3,6	2,6	1,5	3,5	8,8
	7,8	8,4	7,5	10,5	3,4	5,6	9,0	11,9	8,8	8,5	11,0	15,9	13,1	12,4	18,0	11,9	6,5	6,1	10,6	13,5	14,7	16,8	16,5	17,8	16,1	9,4	15,2	13,2	17,3	15,5	14,0
Apr	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
	13,5	17,0	12,7	10,3	9,4	14,7	14,9	11,9	11,7	13,4	15,4	8,6	7,8	9,1	9,9	11,2	13,0	13,4	16,6	16,9	18,0	13,7	--	--	--	--	10,5	12,3	15,2	14,9	13,9
	11,7	10,5	9,8	8,3	5,9	9,1	10,3	6,9	6,6	5,9	8,3	5,0	3,0	5,2	3,1	4,9	8,4	5,4	8,9	8,6	10,0	11,7	--	--	--	--	8,9	9,6	10,4	9,5	14,0
	16,0	23,2	18,5	14,2	13,6	21,4	19,1	17,7	17,9	20,9	22,9	13,5	12,2	12,7	16,0	17,6	20,3	24,3	24,4	25,8	24,2	--	--	--	--	14,4	18,2	22,3	20,6		
Mai	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
	12,4	9,2	8,0	8,6	11,5	16,2	21,1	22,1	21,3	19,4	17,8	14,8	13,8	13,0	11,2	11,3	13,5	15,1	16,4	17,3	18,4	17,2	16,1	15,1	15,2	17,5	12,7	13,4	16,5	22,0	13,9
	7,1	5,7	3,2	3,2	3,3	9,0	15,1	17,7	16,3	13,0	13,3	10,7	8,0	10,0	8,3	9,8	11,0	8,9	12,5	12,3	12,7	13,1	10,0	10,8	6,7	13,7	10,6	7,8	11,8	12,6	11,0
	17,4	13,1	13,2	13,7	18,3	22,9	26,9	26,8	27,5	25,8	22,6	19,3	19,8	17,0	15,5	12,9	18,2	22,3	20,9	22,6	25,0	21,8	22,7	18,3	24,3	16,0	18,1	23,7	30,0	22,4	
Jun	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	
	13,5	16,3	18,9	22,7	20,0	19,5	17,5	14,4	14,8	14,4	12,9	14,3	17,1	17,9	18,6	17,1	15,0	14,3	12,9	13,1	17,7	16,9	15,1	12,7	12,0	18,6	24,0	27,9	19,0	14,8	
	9,2	9,7	12,0	16,4	16,2	16,0	13,4	10,7	10,9	10,4	9,4	8,4	14,9	15,3	13,0	11,0	10,5	11,4	11,4	9,6	14,4	14,3	12,7	10,7	10,1	15,3	15,6	21,6	14,7	11,2	
	18,4	22,1	24,6	28,2	27,4	25,3	23,7	18,7	18,8	19,8	17,7	19,4	20,4	21,9	23,4	21,9	20,0	17,3	15,4	15,5	22,1	20,7	19,4	16,5	15,3	25,6	30,8	33,4	24,4	18,7	
Jul	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
	13,5	13,0	13,6	14,5	19,6	19,8	19,5	18,8	19,0	19,3	19,9	22,3	14,4	12,6	15,6	18,3	16,6	15,7	16,5	15,2	15,6	14,7	12,9	11,3	14,9	15,6	16,3	17,0	16,1	13,8	14,4
	10,7	9,4	11,4	11,9	10,3	16,0	15,2	14,1	16,2	15,9	13,8	16,1	11,8	11,3	11,3	12,9	13,1	13,6	12,6	12,8	14,2	11,8	10,8	9,7	10,2	13,6	14,1	14,2	14,5	12,1	12,3
	17,6	17,0	18,1	20,1	27,6	24,6	24,0	23,5	23,6	24,0	25,2	28,1	17,9	14,8	22,3	24,4	19,5	19,4	22,4	19,6	18,9	18,2	16,4	13,3	21,2	19,7	22,0	23,8	18,7	16,0	18,8
Aug	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
	17,6	21,9	20,9	20,8	18,8	19,7	16,7	14,5	14,2	15,2	19,9	17,1	17,6	17,3	16,7	17,1	20,4	21,5	17,9	18,5	21,5	19,3	21,8	21,1	20,2	20,9	14,5	14,1	13,4	13,1	14,1
	9,6	14,8	18,7	16,5	16,3	16,2	13,4	12,1	11,9	9,9	16,2	15,1	15,7	15,0	12,7	13,4	16,6	15,9	13,6	11,3	15,2	17,1	16,8	17,7	14,4	15,4	12,0	11,5	11,7	10,8	8,6
	25,5	28,1	24,4	27,4	23,4	24,0	20,9	17,3	17,3	20,3	24,5	20,2	21,6	19,1	21,9	22,6	25,3	30,2	20,3	26,9	29,2	22,6	27,8	26,0	26,0	28,1	18,0	17,3	16,5	16,2	20,0
Sep	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
	15,1	19,2	22,8	21,2	16,5	15,2	14,3	13,0	16,5	21,9	18,4	17,3	16,7	14,0	14,1	15,2	16,6	12,6	13,1	13,6	15,7	14,7	13,8	15,2	16,6	18,1	18,0	18,3	19,2	19,5	
	10,4	11,1	15,6	18,7	13,4	12,9	13,0	11,2	13,6	17,0	14,9	13,2	14,7	11,3	11,1	8,7	13,7	11,1	10,4	10,1	14,2	12,6	10,8	8,6	10,3	12,2	14,6	11,9	13,6	13,1	
	22,0	27,6	29,2	25,0	19,6	18,7	16,2	14,2	18,8	27,0	23,7	22,9	19,2	17,4	19,5	20,5	19,0	14,8	17,7	16,3	18,0	17,7	19,4	22,9	23,5	24,8	22,6	26,3	26,2	26,8	
Okt	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
	19,0	18,3	17,6	16,7	16,4	13,7	9,1	8,4	8,6	15,7	14,2	10,7	10,1	8,8	9,1	10,2	10,0	9,3	8,2	6,8	6,4	7,3	9,0	9,4	10,9	11,0	11,4	13,1	14,2	14,0	12,7
	11,4	11,8	10,6	15,7	15,3	9,2	7,0	7,3	4,4	11,0	13,6	8,8	6,3	3,8	5,6	6,6	6,0	7,2	6,3	5,0	1,7	3,4	5,6	5,3	9,9	9,1	7,5	9,8	11,2	12,5	8,2
	28,5	26,9	25,3	18,6	17,8	16,5	12,3	10,4	12,6	17,9	15,0	13,9	14,5	15,3	15,3	15,4	14,4	13,6	11,7	10,3	11,6	13,0	14,5	13,4	11,8	14,3	15,4	19,0	19,0	17,7	17,5
Nov	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
	12,6	12,3	14,9	15,2	14,2	10,4	7,2	9,6	10,6	7,5	7,6	7,1	6,3	7,9	5,6	4,9	5,2	8,9	9,9	8,7	8,1	7,7	7,6	8,7	6,3	7,4	7,9	5,3	5,5	8,1	
	10,8	11,1	12,7	12,5	9,7	7,1	6,3	4,5	5,8	4,3	4,6	3,9	2,7	2,9	0,3	0,5	0,4	7,8	7,9	4,9	4,3	2,7	3,8	7,5	3,6	5,2	4,8	1,6	3,4	5,7	
	16,5	14,3	17,4	20,3	19,1	16,7	8,5	17,1	18,9	15,7	11,4	13,3	15,8	16,1	15,1	11,2	11,1	10,2	13,6	15,2	15,5	15,7	10,9	10,5	8,0	10,0	10,3	10,0	9,1	10,8	
Dez	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
	8,8	7,6	6,5	7,9	3,5	3,7	5,5	6,0	6,1	3,3	2,6	6,3	6,3	5,6	5,2	3,8	3,1	1,4	1,1	2,1	3,9	6,8	8,2	5,0	6,6	8,5	7,9	6,2	4,8	3,5	5,1
	6,0	4,4	4,4	6,8	0,5	2,8	2,6	3,1	3,8	2,1	0,1	4,6	3,6	3,6	4,3	1,4	1,9	0,4	0,0	-0,4	3,0	4,3	6,3	4,2	4,5	7,8	6,4	5,2	2,7	1,5	2,0
	11,5	11,7	8,8	8,5	6,8	5,6	7,2	9,9	10,5	5,1	5,2	7,6	9,3	8,2	6,0																

Tabelle 12 Ergebniskalender der Messgröße Luftfeuchte an der Messstation Wuppertal Bundesallee für das Jahr 2011.

	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	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	
	100	99	100	93	84	97	98	87	94	91	92	97	100	94	85	82	85	93	95	92	88	99	100	98	92	89	84	77	81	85	98	
	98	97	96	77	71	87	94	67	85	69	83	90	100	78	74	75	73	87	84	79	73	96	97	91	68	73	69	62	49	57	91	
100	100	100	100	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	89	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96	90	95	97	100	
Feb	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	
	97	99	97	87	80	78	61	74	69	79	96	95	89	85	92	83	86	84	79	74	62	60	46	88	95	87	99	92				
	90	94	89	76	75	71	30	50	33	63	89	86	73	73	75	58	61	82	64	64	47	28	28	40	88	66	94	77				
100	100	100	95	88	85	79	92	96	100	100	100	100	100	97	100	93	100	87	91	82	76	81	66	100	100	100	100	100				
Mrz	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	
	88	68	62	60	88	68	42	36	74	83	74	64	74	88	74	83	97	97	67	56	52	58	69	66	69	70	60	55	59	72	87	
	68	37	35	39	78	41	17	28	54	68	51	41	63	75	42	66	92	88	27	26	22	26	44	42	48	59	37	26	30	48	80	
100	88	86	79	99	88	71	55	90	92	89	89	84	100	100	93	100	100	100	90	86	83	92	89	91	79	84	78	86	94	96		
Apr	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	
	86	65	85	78	65	74	72	70	58	52	55	74	66	59	54	47	45	47	42	47	47	57	--	--	--	--	85	92	75	60		
	79	38	54	49	40	50	42	44	21	32	29	40	40	36	28	27	27	22	21	21	24	--	--	--	--	53	67	35	43			
98	94	99	99	92	97	92	98	88	75	82	96	94	82	86	76	72	74	67	76	76	72	--	--	--	--	100	100	100	80			
Mai	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	
	48	55	54	58	55	39	35	28	31	48	59	60	57	57	66	84	79	71	75	70	60	63	52	50	43	40	68	64	62	50	86	
	32	37	24	38	29	22	25	19	11	29	34	38	33	31	43	68	53	44	55	46	38	19	29	28	21	28	50	40	39	21	45	
65	73	82	82	91	64	49	37	48	72	92	77	83	75	88	99	97	97	93	94	83	95	75	89	80	63	93	91	81	89	99		
Jun	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		
	65	47	58	55	78	80	78	76	59	69	74	66	65	78	76	83	65	77	82	85	83	83	72	81	96	85	61	47	84	72		
	36	22	41	38	51	46	49	44	38	36	43	38	49	50	57	61	42	50	69	56	60	57	39	58	83	51	36	32	62	44		
92	77	85	78	99	100	100	100	100	80	94	96	100	98	98	96	100	95	95	99	100	100	100	87	94	100	100	96	64	99	97		
Jul	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	
	75	74	74	77	60	55	58	64	59	58	54	99	90	76	62	74	72	65	71	72	93	92	74	77	94	80	88	90	83	86	74	
	49	50	60	57	31	36	35	35	44	37	40	31	92	72	34	39	46	49	44	65	74	49	56	78	48	54	59	56	60	72	53	
96	95	85	89	96	72	77	95	91	80	85	93	100	100	100	95	99	93	97	100	100	97	90	100	99	100	100	100	100	98	90		
Aug	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	
	69	62	74	77	82	86	75	81	80	68	49	91	90	93	79	72	65	71	80	69	75	83	79	78	78	78	90	79	78	77	78	
	45	40	54	42	57	68	47	66	54	44	35	73	65	77	53	36	49	40	49	37	53	55	57	53	58	45	64	58	57	57	48	
96	91	97	98	98	100	100	98	99	96	82	100	100	100	100	100	91	77	100	100	95	88	94	99	100	98	98	99	96	94	89	100	
Sep	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	
	75	71	70	83	70	74	81	93	97	83	87	80	71	71	80	73	72	84	82	84	82	84	73	79	82	76	78	79	84	79	72	64
	47	46	42	63	41	56	63	73	86	62	74	54	55	50	49	48	57	64	55	75	62	61	49	49	50	50	63	49	36	34		
98	93	99	96	94	97	98	100	100	100	100	100	96	84	88	97	96	86	98	98	95	100	84	93	98	98	100	100	99	100	97	88	
Okt	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	
	69	76	74	79	82	80	90	92	90	90	96	99	80	75	60	61	81	88	85	85	76	63	62	65	63	71	75	78	78	89	89	
	34	45	40	65	71	66	74	83	64	76	87	94	44	31	31	48	65	72	65	63	43	33	38	48	54	53	61	56	56	71	71	
95	97	100	98	94	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	84	82	95	99	93	97	100	83	75	84	72	84	87	91	96	99	100	
Nov	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	
	82	88	70	63	69	87	98	84	81	86	77	76	91	64	70	68	82	84	72	77	79	84	96	90	78	87	86	86	86	81		
	67	78	55	46	49	64	93	56	51	60	59	59	61	35	32	43	62	80	53	54	47	55	87	64	59	77	79	64	79	62		
90	99	85	78	93	100	100	100	98	99	90	98	100	97	89	90	94	89	88	92	98	98	98	100	100	100	100	96	98	100	99	100	
Dez	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	
	88	90	90	85	90	88	82	80	74	83	79	88	85	85	81	95	94	97	95	99	99	100	98	90	95	100	90	91	89	94	96	
	77	74	77	78	73	74	64	67	60	73	68	74	71	77	75	82	78	84	86	93	97	100	98	90	95	100	90	81	89	91	91	
98	98	99	93	100	96	99	96	98	95	92	99	98	97	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	100		

Sa Wochentag
 69 Tagesmittelwert (%)
 34 niedrigster Einzelmesswert (%)
 95 höchster Einzelmesswert (%)
 -- kein Wert vorhanden

Tabelle 13 Ergebniskalender der Messgröße Windgeschwindigkeit an der Messstation Wuppertal Bundesallee für das Jahr 2011.

	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	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
	1,6	1,5	1,9	2,4	3,7	3,9	2,3	3,9	2,0	1,1	3,6	2,9	3,3	4,5	3,9	3,4	1,9	2,4	1,5	2,2	1,4	1,0	1,2	1,4	3,1	2,3	3,9	3,2	2,1	3,1	1,2
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Feb	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
	2,6	2,8	3,1	5,4	7,9	6,5	4,3	1,9	1,4	2,7	2,6	2,4	2,2	2,3	2,0	2,3	3,1	1,7	2,1	2,5	2,4	2,0	2,3	2,0	1,3	2,7	3,2	1,5			
	0,0	0,0	0,0	0,4	1,1	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mrz	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
	4,3	5,0	4,0	1,9	2,7	3,7	2,4	2,6	3,9	4,1	4,2	2,2	2,7	1,6	2,4	5,2	2,9	1,7	3,0	1,0	1,0	1,2	1,7	1,9	1,4	2,2	1,4	1,7	1,1	1,5	3,9
	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Apr	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
	3,0	2,6	1,4	2,6	3,4	2,9	2,6	1,8	2,1	1,7	1,6	3,2	2,3	1,0	1,4	1,2	1,5	1,3	1,4	1,0	1,0	0,7	--	--	--	--	2,1	1,7	2,8	5,2	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Mai	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
	5,3	5,6	3,8	1,7	1,4	1,7	2,9	3,6	2,7	1,3	2,1	2,1	1,5	2,1	2,4	3,0	2,5	1,6	1,5	1,5	1,3	2,0	2,9	3,1	1,6	4,3	3,4	2,7	3,4	1,9	1,8
	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jun	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	
	3,1	3,5	4,4	4,0	1,9	2,0	2,3	2,4	2,5	1,4	2,2	1,5	2,9	2,0	1,3	2,2	2,5	4,2	3,9	2,4	3,0	3,0	3,7	2,5	2,0	1,7	2,2	2,2	2,2	1,9	
	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jul	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
	2,2	1,9	2,3	2,1	1,2	2,7	1,9	2,8	2,9	1,4	1,3	1,8	2,4	5,1	3,2	2,9	3,8	3,4	2,0	1,1	1,0	2,3	3,1	3,7	1,5	1,3	0,8	0,9	2,0	1,8	1,3
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aug	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
	1,1	1,8	2,2	2,3	2,0	1,9	3,2	3,2	3,5	3,1	3,5	2,6	1,9	2,5	1,4	1,5	1,8	2,2	2,5	1,3	1,5	1,3	1,7	1,7	1,4	2,7	3,0	3,0	3,0	2,1	1,2
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sep	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
	1,6	1,3	1,1	2,6	3,8	4,1	4,7	4,8	2,1	2,2	2,7	4,5	4,7	3,6	1,5	1,9	2,9	2,5	2,3	2,3	2,6	2,9	1,0	1,1	0,8	0,9	0,8	1,0	1,1	1,6	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Okt	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
	0,6	0,7	1,5	3,0	3,2	3,6	3,1	1,9	2,4	4,6	5,5	1,7	1,7	1,5	1,7	1,7	2,0	3,5	2,4	2,1	1,5	2,6	2,6	4,0	3,5	2,7	2,5	1,2	1,3	1,7	1,2
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nov	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
	2,8	2,6	3,7	3,0	1,2	1,8	4,0	1,2	0,6	1,3	2,6	1,9	0,9	1,2	1,4	1,4	1,4	1,1	1,8	0,8	0,4	0,5	1,0	1,8	2,9	3,6	4,0	1,3	3,6	2,5	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dez	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
	4,1	3,1	4,1	3,9	3,7	4,7	4,3	4,4	4,5	2,8	2,3	3,7	5,2	4,5	4,2	4,2	2,5	2,6	3,0	2,6	1,8	2,0	3,5	3,3	3,5	3,5	2,4	3,6	5,6	2,8	2,3
	0,5	0,0	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0

Sa Wochentag
 0,6 Tagesmittelwert (m/s)
 0,0 niedrigster Einzelmesswert (m/s)
 3,7 höchster Einzelmesswert (m/s)
 -- kein Wert vorhanden