

**Luftqualität an der
BAB A4
im Jahr 2019**

**Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

bast

Luftqualität an der BAB A4 im Jahr 2019



Luftqualität an der BAB A4 im Jahr 2019

Sergej Metzger, Rickmar Seldschopf, Bentje Frerkes

Bundesanstalt für Straßenwesen

Abkürzungen

BAB	Bundesautobahn
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr (Kfz/24h)
KFZ	Kraftfahrzeug
Lkw-Anteil	Schwerverkehr-Anteil
N	Stickstoff
NO	Stickstoffoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxide
Nsch	Niederschlagsmenge in mm (l/m ²)
O	Sauerstoff
O ₃	Ozon
p	Luftdruck in hPa
PM _x	Partikel
PM _{2,5}	Partikel mit aerodynamischen Durchmesser kleiner 2,5 µm
PM ₁₀	Partikel mit aerodynamischen Durchmesser kleiner 10 µm
rh	Relative Luftfeuchte in %
SMGW	Stundenmittelgrenzwert der 39. BImSchV
strg	Globalstrahlung in W/m ²
T	Lufttemperatur in °C
TMGW	Tagesmittelgrenzwert der 39. BImSchV
wd	Wind direction (Windrichtung) in °
wv	Wind velocity (Windgeschwindigkeit) in m/s

Definitionen

Aerodynamischer Durchmesser	Durchmesser einer Referenzkugel mit der Dichte 1 g cm ⁻³ , die die gleiche Sinkgeschwindigkeit wie das Aerosol besitzt.	Messstelle	Ansaugstelle/Messfühler für eine Schadstoffkomponente (NO _x , O ₃ , PM _x) oder für meteorologische Parameter in einer bestimmten Entfernung zur Fahrbahn.
Anthropogene Quelle	Ort der Freisetzung von Emissionen anthropogenen Ursprungs in die Atmosphäre. Anthropogene Emissionsquellen sind u.a. Verkehr, Industrie und Landwirtschaft.	Messquerschnitt	Gesamtheit aller Stationen zur Messwertaufnahme an einem Autobahnabschnitt. 2019 wurde ein Messquerschnitt an der BAB A4 betrieben.
Emission	Freisetzung von festen, flüssigen oder gasförmigen Luftschadstoffen in die Atmosphäre. Die freigesetzten Luftschadstoffe können natürlichen oder anthropogenen Ursprungs sein.	Natürliche Quelle	Ort der Freisetzung von Emissionen natürlichen Ursprungs in die Atmosphäre. Natürliche Emissionsquellen sind bspw. Waldbrände, Vulkanausbrüche, Sandstürme oder auch biogene Aerosole wie Pollen oder Meersalz.
Immission	Einwirkung der freigesetzten Luftschadstoffe auf Umwelt und Mensch.	International gültige Referenzperiode	Seitens WMO (Weltorganisation für Meteorologie) gilt derzeit der Zeitraum zwischen 1961 bis 1990 als international gültige klimatologische Referenzperiode. Eine Mittelung der klimatologischen Parameter über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren ist notwendig, um eine ausreichende Genauigkeit der statistischen Kenngrößen zu erlangen.
Jahresmittelwert	Mittelwert der über ein Kalenderjahr aufgenommenen Konzentrationswerte der Luftschadstoffbelastung.		
Kondensationskern	Kleine Partikel (Aerosole), an denen bei Wasserdampfsättigung überschüssiger Wasserdampf kondensieren kann.		
Messstation	Raum, in dem die Messgeräte zur Aufnahme der Luftschadstoffkonzentrationen oder der meteorologischen Parameter untergebracht sind. Am Messquerschnitt der BAB A4 waren im Jahr 2019 zwei Messstationen in einem Abstand von 5 bzw. 15 m vom äußeren Fahrstreifen sowie 2 meteorologische Stationen auf dem Gelände der BAST (eine auf dem Dach und eine auf der rückwärtigen Freifläche des BAST-Geländes) in Be-	Stundenmittelwert	Mittelwert der über eine Stunde aufgenommenen Konzentrationswerte der Luftschadstoffbelastung.
		Tagesganglinie	Kurve aller zu einer jeweiligen Tageszeit über ein Kalenderjahr gemittelten Messwerte des dargestellten Parameters.
		Tagesmittelwert	Mittelwert der über einen betrachteten Tag aufgenommenen Konzentrationswerte der Luftschadstoffbelastung.

Inhalt

1	Luftqualität an BAB	6
1.1	Ziel	6
1.2	Rechtlicher Hintergrund.....	6
1.3	Betrachtete Schadstoffe	7
2	Allgemeine Angaben zu den Messungen	8
2.1	Messstandorte	8
2.2	Messparameter	11
2.3	Messverfahren	11
2.4	Vorläufiger DTV und Lkw-Anteil 2019.....	12
3	Datenqualität.....	14
3.1	Anforderungen der 39. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und der EU-Richtlinie 2008/50/EG	14
4	Messergebnisse	15
4.1	Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO ₂	15
4.2	Ozon O ₃	16
4.3	Partikel PM _x	16
5	Beurteilung der Luftqualität an BAB im Jahr 2019	17
5.1	Meteorologie.....	17
5.2	Saisonale Entwicklung der Luftschadstoffe	18
5.3	Zeitliche Entwicklung der Luftqualität	29
	Literaturverzeichnis	30

1 Luftqualität an BAB

1.1 Ziel

Auch im Jahr 2019 zeigen Luftschadstoffmessungen im gesamten Bundesgebiet, dass die in der „Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa“ [1] festgelegten und durch die „39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV)“ [2] in deutsches Recht umgesetzten Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid NO₂ wieder an einigen Verkehrsmessstationen überschritten wurden [3]. Der Grenzwert für Feinstaub PM₁₀ wurde 2019 erstmals an allen bundesweiten Messstationen eingehalten [3].

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) betreibt einen Messquerschnitt an einem hochfrequentierten Autobahnquerschnitt an der BAB A4 und beobachtet an diesem Standort die zeitliche Entwicklung von Stickstoffdioxid NO₂, von Partikeln PM_x und von Ozon O₃. In diesem Bericht werden die an der BAB A4 im Kalenderjahr 2019 aufgenommenen Messdaten dargestellt und analysiert.

1.2 Rechtlicher Hintergrund

Im April 2008 wurde von der EU die neue Luftqualitäts-Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa beschlossen, die die Luftqualitätsrahmenrichtlinie von 1996 [4] sowie ihre erste bis dritte Tochterrichtlinien aus den Jahren 1999 [5], 2000 [6] und 2002 [7] zusammenfasst und mit überarbeiteten sowie neuen Regelungen an ihre Stelle tritt. Im August 2010 erfolgte mit Einführung der 39. BImSchV die Umsetzung der EU-Richtlinie 2008/50/EG in nationales Recht.

Die in der 39. BImSchV genannten Anforderungen für die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid NO₂, Feinstaub PM₁₀ und PM_{2,5} und Ozon O₃ sind in der Tabelle 1 und der Tabelle 2 zusammengefasst. Für Stickstoffdioxid NO₂ gilt demnach ein Jahresmit-

telgrenzwert von 40 µg/m³ sowie ein Stundenmittelgrenzwert von 200 µg/m³. Letzterer darf an höchstens 18 Stunden pro Kalenderjahr überschritten werden.

Bei Partikeln PM₁₀ gilt ein Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³. Der Tagesmittelgrenzwert von 50 µg/m³ für PM₁₀ darf an höchstens 35 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden.

Für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser < 2,5 µm (PM_{2,5}) gilt ein Jahresmittelgrenzwert von 25 µg/m³.

Tabelle 1: Grenzwerte der 39. BImSchV für die Luftschadstoffe NO₂, PM₁₀ und PM_{2,5}

	Stunde	200	18
	Kalenderjahr	40	–
	Tag	50	35
	Kalenderjahr	40	–
	Kalenderjahr	25	–

Tabelle 2: Ziel- und Schwellenwerte der 39. BImSchV für O₃

	Mittelungszeitraum	Ozon O ₃	
		Ziel-/Schwellenwert in µg/m ³	Erlaubte Überschreitungen
Zielwert seit 2010	höchster 8-h-Mittelwert pro Tag*	120	25, gemittelt über 3 Jahre
Langfristiges Ziel	höchster 8-h-Mittelwert pro Tag*	120	–
Informationsschwelle	Stunde	180	–
Alarmschwelle	Stunde in drei hintereinander folgenden Stunden	240	–

*Der höchste 8-Stunden-Mittelwert der Konzentration eines Tages wird ermittelt, indem die gleitenden 8-Stunden-Mittelwerte untersucht werden, welche aus 1-Stunden-Mittelwerten berechnet und stündlich aktualisiert werden.

Jeder auf diese Weise errechnete 8-Stunden-Mittelwert gilt für den Tag, an dem dieser Zeitraum endet, d. h. der erste Berechnungszeitraum für jeden einzelnen Tag umfasst die Zeitspanne von 17:00 Uhr des vergangenen Tages bis 1:00 Uhr des betroffenen Tages, während für den letzten Berechnungszeitraum jeweils die Stunden von 16:00 Uhr bis 24:00 Uhr des betroffenen Tages zugrunde gelegt werden.

Für Ozon O_3 wurden Ziel- und Schwellenwerte in der 39.BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit definiert. Bei Überschreitung der Informationsschwelle (Stundenmittelwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wird die Bevölkerung über die Medien über die hohen Ozonwerte informiert und es werden Verhaltensempfehlungen für empfindliche Bevölkerungsgruppen bekanntgegeben. Wird die Alarmschwelle (Stundenmittelwert von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an drei aufeinander folgenden Stunden) überschritten, so wird aufgrund des bestehenden Gesundheitsrisikos die Gesamtbevölkerung (nicht nur empfindliche Bevölkerungsgruppen) über entsprechende Verhaltensempfehlungen informiert.

1.3 Betrachtete Schadstoffe

Stickstoffoxid

Als Stickstoffoxide (NO_x) werden all diejenigen chemischen Verbindungen bezeichnet, die sich aus Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) zusammensetzen. Somit zählen auch Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2) zu den Stickstoffoxiden.

Stickstoffoxide entstehen überwiegend bei Verbrennungsprozessen beispielsweise in Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen oder in Feuerungsanlagen.

Stickstoffoxid-Expositionen können beim Menschen u.a. Atemwegsreizungen bis hin zu Herz-Kreislauf-Problemen hervorrufen. Negative Einflüsse von Stickstoffoxiden lassen sich auch auf die Umwelt beobachten. Pflanzenschäden, Überdüngung oder Versauerung von Böden können die Folge sein [8] [9].

Partikel

Partikel PM_x werden nach der Größe ihres aerodynamischen Durchmessers in verschiedene Größenkategorien eingeteilt. Mit der Bezeichnung Partikel PM_{10} ($\text{PM}_{2,5}$) werden somit alle Partikel zusammengefasst, die einen aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 ($2,5$) μm besitzen. Partikel entstehen unter anderem bei Verbrennungsprozessen (Industrie, Verkehr, Hausbrand), bei landwirtschaftlichen Aktivitäten oder auch bei Abrieb und Aufwirbelung durch den Kfz-Verkehr. Neben diesen sogenannten *primären* Partikeln, die von der Quelle aus direkt in die Atmosphäre emittiert werden, können Partikel auch erst *sekundär* in Verbindung mit Vorläuferstoffen wie beispielsweise Stickstoffoxid in der Atmosphäre gebildet werden.

Neben anthropogen gebildeten Partikeln können Partikel auch einen natürlichen Ursprung (Vulkanausbruch, Waldbrand, Meer, Viren, Sporen, etc.) haben [10].

Die zeitliche Verweildauer der Partikel in der Atmosphäre sowie die räumliche Entfernung zur Partikelquelle sind v.a. von der Größe, Form und chemischen Eigenschaft der Partikel sowie den meteorologischen Bedingungen abhängig.

Die Lungengängigkeit von Feinstaub-Partikeln PM_{10} hängt von der Größe sowie der geometrischen Form ab. Kleinere Partikel können tiefer in die Lunge eindringen und dort je nach chemischer Zusammensetzung gesundheitsschädliche Wirkungen hervorrufen.

Ozon

Das Maximum der Ozonkonzentration befindet sich in der Stratosphäre in etwa 25 km Höhe. Dieses sogenannte stratosphärische Ozon absorbiert kurzweilige ultraviolette Sonnenstrahlung mit Wellenlängen kleiner $0,3 \mu\text{m}$ und ist unschädlich.

Bodennahes Ozon hingegen kann bereits in geringen Konzentrationen gesundheitsschädlich sein und beispielsweise zu Atemwegsbeschwerden führen. Zur Ozon-Bildung kommt es v.a. an Tagen

mit intensiver Sonneneinstrahlung, wenn gleichzeitig hohe Stickstoffoxid-, Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoff-Konzentrationen vorhanden sind. Diese sogenannten Vorläuferstoffe von Ozon entstammen überwiegend anthropogenen Quellen wie dem Straßenverkehr oder Feuerungsanlagen. Hohe NO-Konzentrationen in städtischen Gebieten sorgen dafür, dass durch chemische Reaktionen Ozon abgebaut wird. Damit einhergehend ist die Ozon-Konzentration in ländlichen Gebieten in den strahlungsintensiven Sommermonaten auch meist höher als im Innenstadtbereich.

Gesundheitliche Folgen hoher Ozon-Exposition können neben Atemwegsbeschwerden auch Entzündungen im Bereich des Lungengewebes sein, welche beispielsweise durch tiefe Inhalation bei sportlichen Leistungen hervorgerufen werden können [9].

2 Allgemeine Angaben zu den Messungen

2.1 Messstandorte

Die Bundesanstalt für Straßenwesen unterhält zurzeit an einem Standort einen Messquerschnitt zur Untersuchung der Luftqualität an Bundesautobahnen. Dieser befindet sich an der Bundesautobahn A4 zwischen der Autobahnabfahrt 19 - Bergisch Gladbach-Bensberg und der Abfahrt 20 - Bergisch Gladbach-Moitzfeld. Der Messquerschnitt an der von West nach Ost verlaufenden Bundesautobahn A4 befindet sich bei Streckenkilometer 92,7. Nördlich der Autobahntrasse liegt eine mäßig befahrene Gemeindestraße sowie das Gebäude der Bundesanstalt für Straßenwesen; südlich schließt sich das Waldgebiet Königsforst an. Im Jahr 1997 wurde auf der Trassennordseite der BAB A4 eine etwa 5 m hohe Lärmschutzwand errichtet.

Die ersten Stickstoffoxid- und Ozon-Messungen wurden an diesem Messquerschnitt im Jahr 1987 durchgeführt. Die NO-, NO₂- und O₃-Messungen

wurden ab 1987 kontinuierlich bis zum Jahr 2015 fortgeführt. Ab 2001 lieferten zusätzliche Partikel-Messgeräte Daten über die Partikelfraktion PM₁₀. Zwischen 2015 und 2017 fand eine umfangreiche Umgestaltung und Erneuerung des Messquerschnittes an der BAB A4 statt.

Am 28.06.2017 wurde die Messstation an der BAB A4 in Fahrtrichtung Olpe (im Folgenden mit „A4_OI_2“ gekennzeichnet) wieder in Betrieb genommen. Die Messung der Luftschadstoffe im Bereich der Messstation A4_OI_2 wird seitdem durch die Messung von meteorologischen Parametern auf dem Gelände der Bundesanstalt für Straßenwesen ergänzt. Die Meteorologie-Messstationen auf dem Dach und auf der rückwärtigen Freifläche der BAST liefern seit dem 17.01.2018 entsprechende Daten.

Seit dem 30.11.2018 ist ein weiterer Messcontainer an der BAB A4 („A4_OI_1“) in Betrieb. Der Messcontainer ist direkt neben der Schutzplanke des Seitenstreifens in Fahrtrichtung Olpe oberhalb der Messstation A4_OI_2 lokalisiert. Die Messwerte der neuen Messstation A4_OI_1 werden innerhalb dieses Auswertebereiches zusätzlich zu den Messergebnissen der Messstation A4_OI_2 berücksichtigt und analysiert.

Schematische Darstellungen des Messquerschnittes sowie Fotos der Messstation A4_OI_2 und der Meteorologie-Messstationen sind in der Abbildung 1 bis Abbildung 6 dargestellt. Fotos der neuen Messstation A4_OI_1 können der Abbildung 7 und der Abbildung 8 entnommen werden.

Im Herbst des Jahres 2019 wurden zudem zwei weitere Messcontainer der BAST an der Bundesautobahn A555 zwischen Wesseling und Bornheim installiert („A555_We_1“ und „A555_Bo_1“). Der neue Messquerschnitt ist größtenteils von landwirtschaftlichen Nutzflächen umgeben. An der BAB A555 wurden bis 2015 bereits NO-, NO₂-, O₃- und Partikelmessungen bei Streckenkilometer 13,53 durchgeführt. Der neue Messquerschnitt befindet sich bei Streckenkilometer 12,45. Die Verlegung des Messquerschnittes resultierte aus

der Reaktivierung des Parkplatzes auf Höhe der TÜV Rheinland Akademie in Fahrtrichtung Bornheim. Seit dem 26.05.2020 ist zudem die Meteorologie-Messstation in ca. 100 m Abstand zur Fahrbahn der BAB A555 in Betrieb. Die Messergebnisse der beiden neuen Messcontainer an der

BAB A555 werden in den kommenden Auswertebereich für das Jahr 2020 integriert. Ein Vergleich mit den Meteorologie-Messdaten wird an der BAB A555 jedoch nur für das 2. Halbjahr 2020 möglich sein.

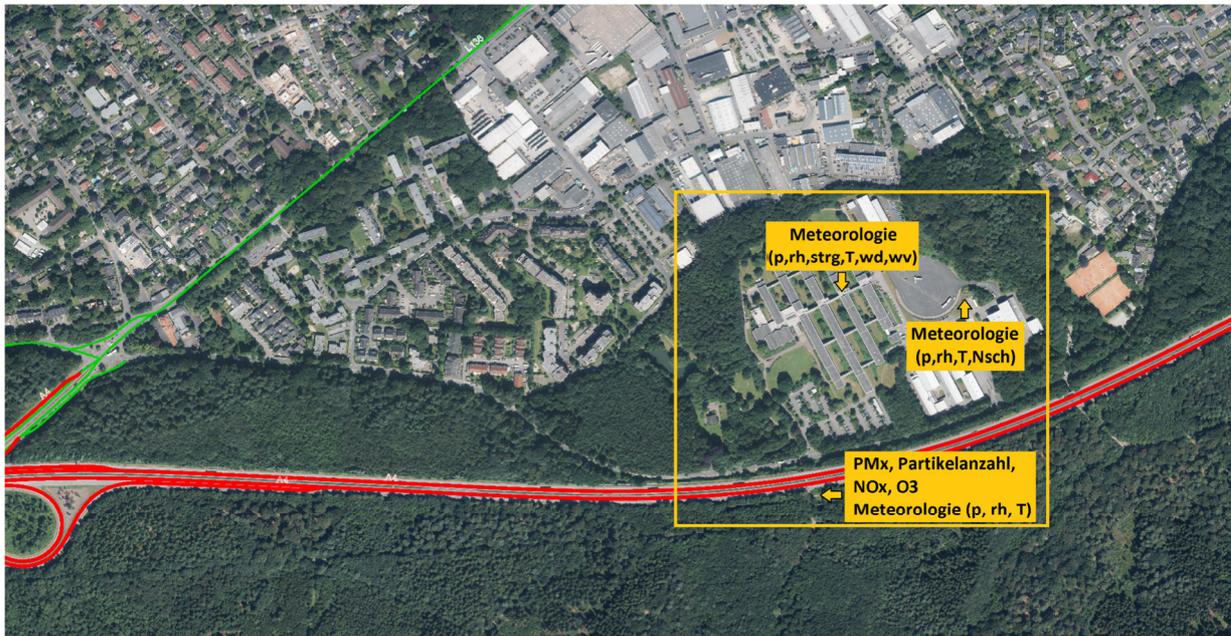


Abbildung 1: Lage des Messquerschnittes an der Bundesautobahn A4. In der Karte ist die Autobahn rot und die Landstraße grün markiert. Quelle: Land NRW (2019) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0) - modifiziert

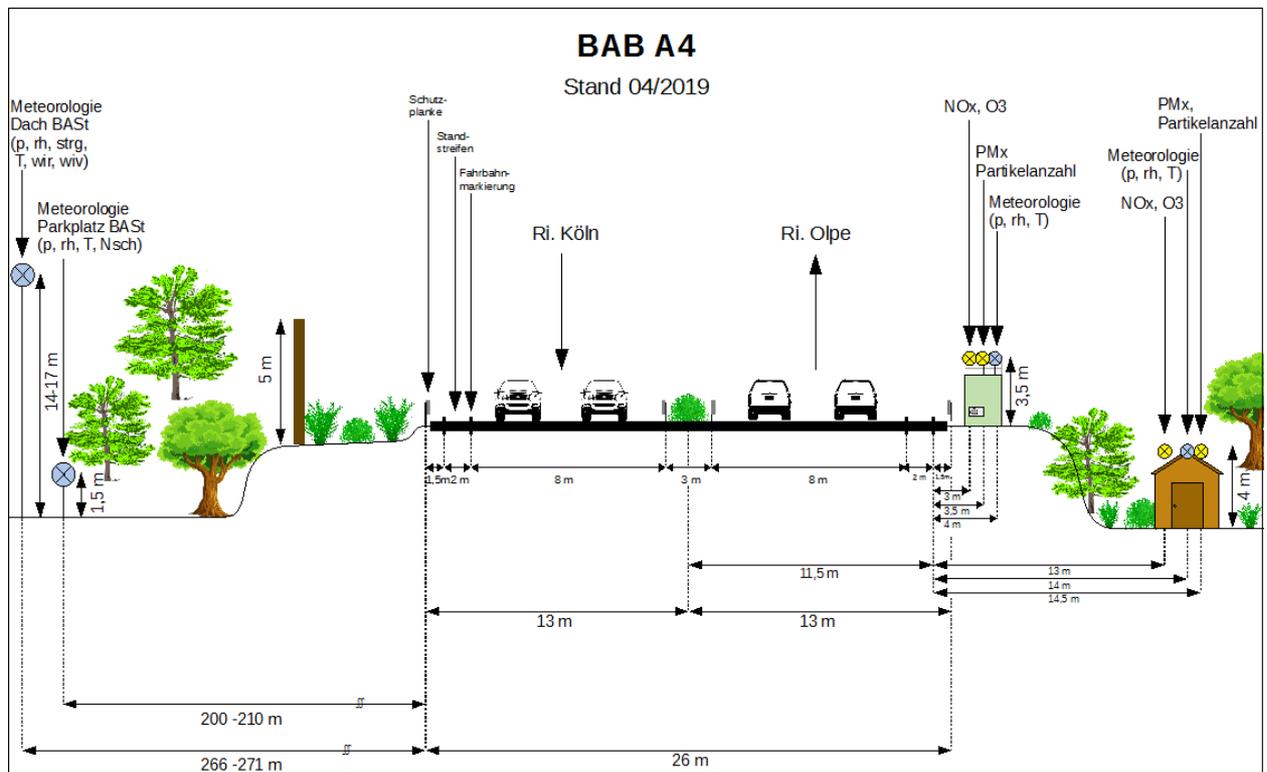


Abbildung 2: Schematische Darstellung des an der Bundesautobahn A4 sowie auf dem Gelände der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) gelegenen Messquerschnittes.



Abbildung 3: Messstation A4_OI_2 an der BAB A4 in Fahrtrichtung Olpe – Außenansicht der Messhütte. Abstand zum äußeren Fahrstreifen: 15 bis 16,5 m.



Abbildung 4: Messquerschnitt „A4_OI_2“ der BAB A4 in Fahrtrichtung Olpe – Innenansicht der Messhütte. Messparameter: NO_x, PM_x, Partikelanzahl, O₃.



Abbildung 5: Meteorologie-Messstation auf dem Dach der BAST. Messparameter: p, rh, Strg, T, wd und vv.



Abbildung 6: Meteorologie-Messstation auf dem rückwärtigen BAST-Parkplatz. Messparameter: p, rh, T, Nsch. Dargestellt ist hier die Nsch-Messung.



Abbildung 7: Messstation A4_OI_1 an der BAB A4 in Fahrtrichtung Olpe – Seitenansicht des neuen Messcontainers. Abstand zum äußeren Fahrstreifen: 5 bis 6 m.



Abbildung 8: Messstation A4_OI_1 an der BAB A4 in Fahrtrichtung Olpe – Innenansicht des neuen Messcontainers. Messparameter: NO_x, PM_x, Partikelanzahl, O₃, p, rh und T.

2.2 Messparameter

An den Messquerschnitten „A4_OI_1“ und „A4_OI_2“ an der BAB A4 werden die Schadstoffgruppen Stickoxide NO_x, Ozon O₃ und Partikel (Feinstaub PM_x) gemessen, datentechnisch erfasst und ausgewertet (siehe Abbildung 4 und Abbildung 8).

Auf dem Dach der BAST werden neben dem Luftdruck (p), der Temperatur (T) und der relativen Feuchte (rh) auch noch die meteorologischen Parameter Windgeschwindigkeit (wv), Windrichtung (wd) und Globalstrahlung (strg) in 17 m Höhe (siehe Abbildung 5) gemessen.

Auf der rückwärtigen Freifläche des BAST-Gebäudes wird zusätzlich zu dem Luftdruck, der Temperatur und der relativen Feuchte die Niederschlagsmenge (Nsch) in 1,5 m Höhe erfasst (siehe Abbildung 6).

2.3 Messverfahren

NO_x-Analysegerät

Die Bestimmung der Konzentration von NO_x erfolgt mit dem Gerät T200 Nitrogen Oxide Analyzer nach dem Chemilumineszenz-Prinzip.

Zu dem NO_x-haltigen Probegas wird Ozon hinzugefügt. Bei der chemischen Reaktion von NO und O₃ entsteht neben Sauerstoff auch Stickstoffdioxid. Ca. 20 % des entstandenen NO₂ befindet sich nach der Reaktion in einem angeregten Zustand und kehrt durch Abgabe eines Lichtquantums mit Wellenlängen zwischen 600 und 3000 nm (Maximum bei etwa 1200 nm) wieder in den Grundzustand zurück. Gemessen wird im NO_x-Analysegerät die NO- und NO_x-Konzentration. Die NO₂-Konzentration ergibt sich aus der Differenz zwischen der NO_x- und der NO-Konzentration [11].

O₃-Analysegerät

Für die Bestimmung der Ozon-Konzentration in der Umgebungsluft nutzt das Gerät T400 Photo-metric Ozone Analyzer die Minderung von UV-

Strahlung durch das wirkungsvolle Absorptionsvermögen von O_3 bei einer Wellenlänge von 254 nm.

Mittels Quecksilberdampflampe wird ein UV-Lichtstrahl entsprechender Wellenlänge erzeugt und durch den ozonhaltigen Probegasstrom in einem Absorptionsröhrchen geleitet. Nach Durchgang durch den 42 cm langen Absorptionpfad wird der UV-Lichtstrahl von einer Vakuumdiode gemessen. Je höher die O_3 -Konzentration im Probegasstrom ist, desto geringer fällt die gemessene Strahlungsintensität aus.

Das O_3 -Analysegerät misst zusätzlich die Strahlungsintensität ohne Berücksichtigung der O_3 -Konzentration, sowie die Probentemperatur und den Probendruck.

In Kombination mit der Länge des Absorptionpfades im Absorptionsröhrchen sowie dem Absorptionskoeffizienten kann die O_3 -Konzentration im Probegas gemäß Lambert-Beer'schen Gesetz berechnet werden [12].

PM_x-Analysegerät

Die Partikelmessung wird mit Hilfe eines optischen Aerosolspektrometers (Fidas 200 E) durchgeführt. Mittels Streulichtanalyse kann die Partikelgröße einzelner Partikel bestimmt werden.

Die Partikel werden hierbei „durch ein optisch abgegrenztes Messvolumen“ geführt, „dass mit einer polychromatischen Lichtquelle homogen ausgeleuchtet“ wird [13]. Jedes Partikel führt zu einem Streulichtimpuls. Anhand der Amplitude des Streulichtimpulses können Informationen über die Größe jedes einzelnen Partikels gewonnen werden. Die Partikelanzahl lässt sich aus der Signallänge des Streulichtimpulses bestimmen.

Neben Partikeln der Größenfraktion PM₁₀ und PM_{2,5} werden mit dem verwendeten PM_x-Analysegerät auch die Größenfraktionen PM₁ und PM₄ sowie die Gesamtmassen- und die Partikelanzahlkonzentration gemessen.

2.4 Vorläufiger DTV und Lkw-Anteil 2019

Der Messquerschnitt an der Bundesautobahn A4 weist für das Bezugsjahr 2019 im Bereich der automatischen Zählstelle 5008 5015 Bensberg Frankenforst einen vorläufigen durchschnittlichen Verkehr von 76.023 Kfz/24h mit einem Schwerverkehrsanteil von 8,2 % auf.

Gegenüber dem Bezugsjahr 2018 wurde bei dem Schwerverkehrsanteil eine Zunahme um 0,8 % und beim Gesamtverkehr eine geringfügige Zunahme um 0,2 % registriert.

Wie in der Abbildung 9 dargestellt, ist der durchschnittliche tägliche Verkehr zwischen 2015 und 2019 um 3,8 % und der Schwerverkehrsanteil um 7,2 % gestiegen.

In der Abbildung 10 und der Abbildung 11 sind zusätzlich die wochentagabhängigen Tagesganglinien des Gesamtverkehrs für das Jahr 2019 im Bereich der Zählstelle 5008 5015 Bensberg Frankenforst dargestellt. An den Wochentagen Montag bis Donnerstag sowie Freitag werden zur Morgen- und Nachmittagsspitze deutlich höhere DTV-Werte erreicht als samstags und sonntags. Zudem ist der Berufsverkehrspendler bedingte typische Verlauf der Tagesganglinie mit stärker ausgeprägter Morgenspitze in Fahrtrichtung Köln und stärker ausgeprägter Nachmittagsspitze in Fahrtrichtung Olpe gut zu erkennen.

Während die Morgenspitze in Fahrtrichtung Köln montags bis freitags zwischen 6 und 10 Uhr beobachtet werden kann (siehe obere Grafik in Abbildung 11), tritt die Nachmittagsspitze in Fahrtrichtung Olpe montags bis donnerstags zwischen 15 und 19 Uhr und freitags zwischen 13 und 19 Uhr auf (siehe untere Grafik in Abbildung 11).

Samstags und sonntags liegen zwischen 11 und 19 Uhr in beide Fahrrichtungen nahezu konstante DTV-Werte vor.

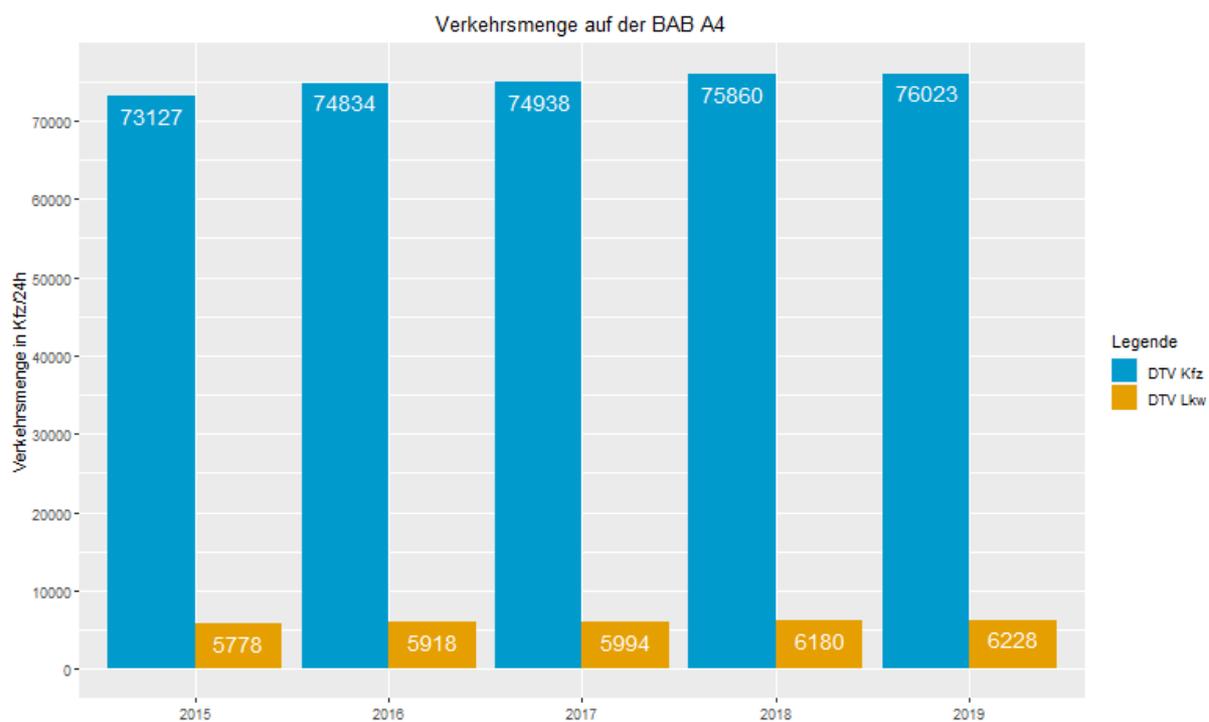


Abbildung 9: Verkehrsmenge auf der Bundesautobahn A4 im Bereich der automatischen Zählstelle 5008 5015 Bensberg Frankenforst zwischen 2015 und 2019. Für 2019 liegen bisher nur vorläufige Werte vor.

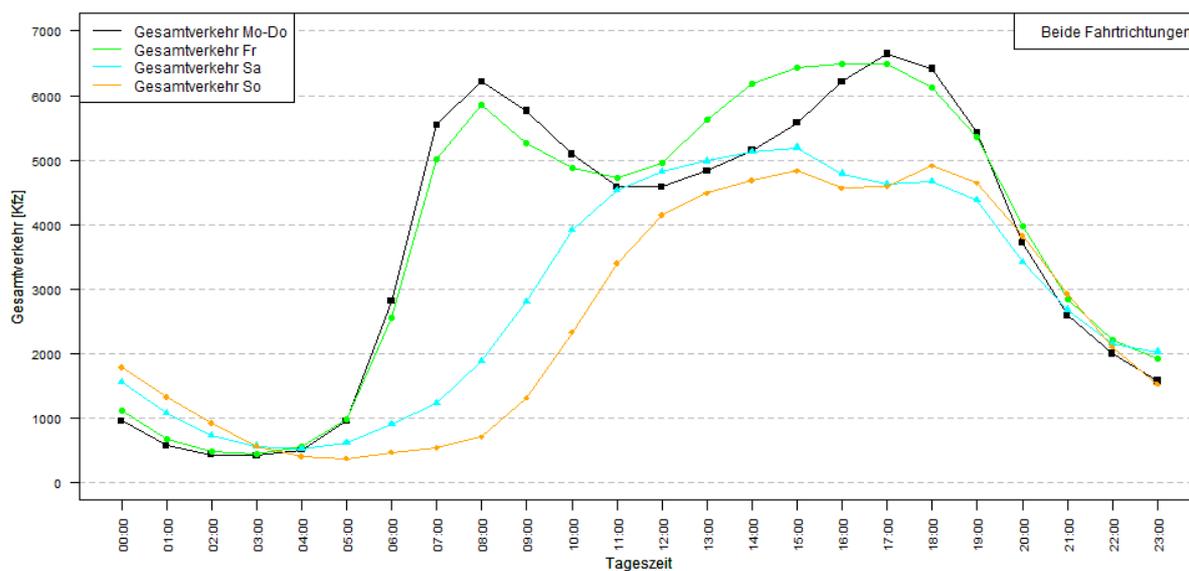


Abbildung 10: Wochentagabhängige Tagesganglinien des Gesamtverkehrs für beide Fahrrichtungen im Bereich der automatischen Zählstelle 5008 5015 Bensberg Frankenforst der BAB A4 für das Jahr 2019 auf Basis vorläufiger Stundenraten.

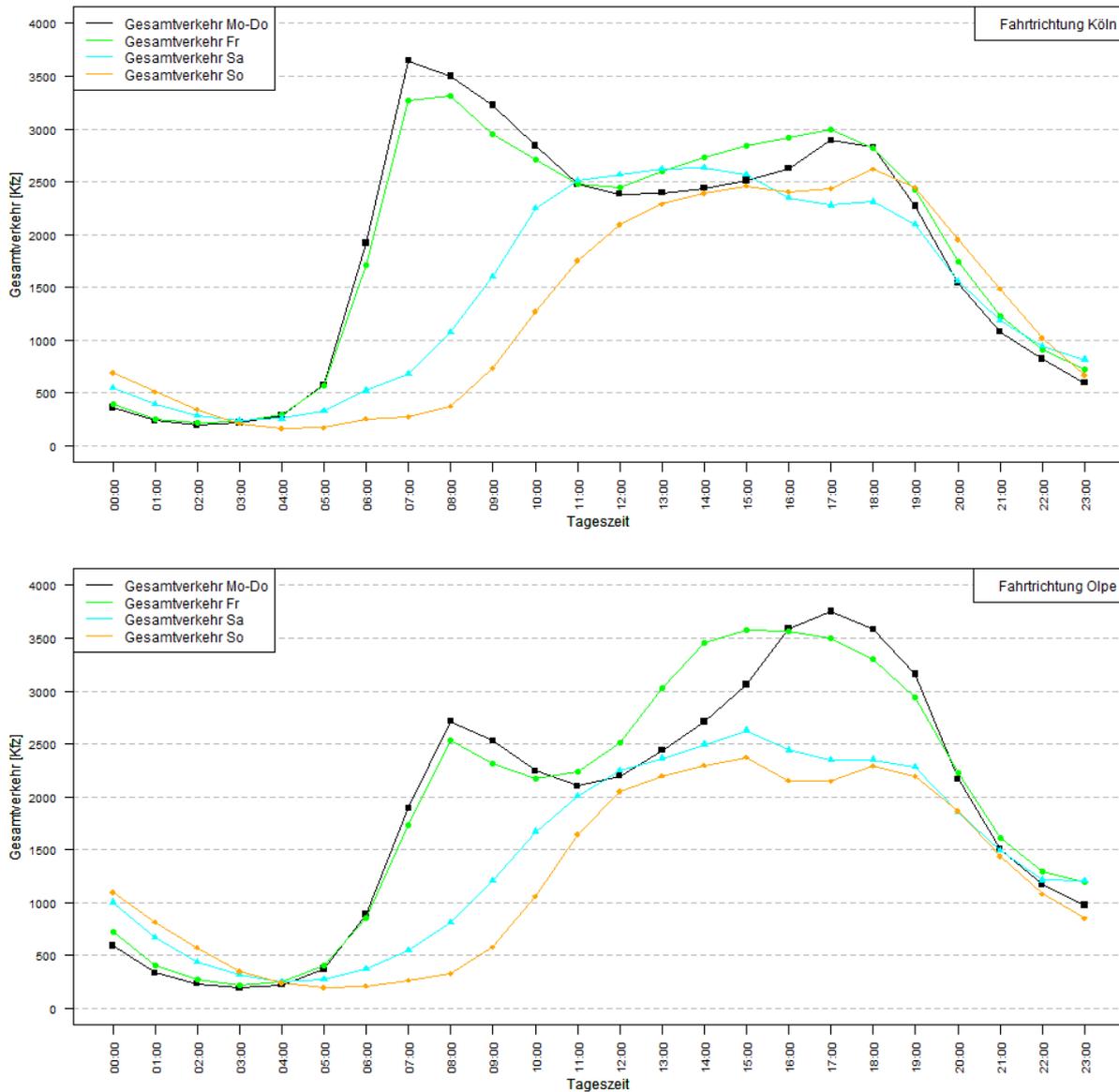


Abbildung 11: Wochentagabhängige Tagesganglinien des Gesamtverkehrs in Fahrtrichtung Köln (oben) und in Fahrtrichtung Olpe (unten) im Bereich der automatischen Zählstelle 5008 5015 Bensberg Frankenforst der BAB A4 für das Jahr 2019 auf Basis vorläufiger Stundendaten.

3 Datenqualität

3.1 Anforderungen der 39. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und der EU-Richtlinie 2008/50/EG

Datenqualitätsziele gemäß Anlage 1 der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes:

Die Datenqualitätsziele für die Luftqualitätsbeurteilung legen eine Mindestdatenerfassung fest.

Für die bei den Messungen der Bundesanstalt für Straßenwesen betrachteten Schadstoffe liegt die vorgegebene Mindestdatenerfassung bei:

Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide	90 %
Partikel (PM ₁₀ /PM _{2,5})	90 %
Ozon	90 % im Sommer 75 % im Winter

Lokale Standortkriterien für Probenahmestellen gemäß Anlage 3 und 8 der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes:

In den Richtlinien und der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes sind Anforderungen an die Probenahmestellen und deren Umgebungsbedingungen aufgeführt. Insbesondere wird für Probenahmestellen für den Verkehr gefordert, dass sie

- in Bezug auf alle Schadstoffe mindestens 25 m von verkehrsreichen Kreuzungen und höchstens 10 m vom Fahrbahnrand entfernt sind.
- Der Ort der Probenahme ist so zu wählen, dass die Luftproben soweit möglich für die Luftqualität eines Straßenabschnitts von nicht weniger als 100 m repräsentativ sind.
- Für die Ozonmessung wird ein Abstand zur Straße von mehr als 10 m gewählt.

Diese Anforderungen werden für die Messstelle A4_OI_2 der Bundesanstalt für Straßenwesen an dem Standort **Bundesautobahn A4** Ri. Olpe für Ozon erfüllt. Im Bereich der Messstation A4_OI_1 ist der Abstand zur Autobahn kleiner als 10 m. Die Anforderung für die Ozonmessung der 39. BImSchV wird somit an der Messstation A4_OI_1 nicht erfüllt.

Bei den Probenahmen von NO_x und PM_x wird der Abstand von höchstens 10 m zum Fahrbahnrand am Standort A4_OI_2 nicht eingehalten. Im Bereich des Messcontainers am Standort A4_OI_1 in 5 m Abstand zum Fahrbahnrand wird jedoch auch diese Anforderung für die NO_x- und PM_x-Messungen erfüllt.

4 Messergebnisse

4.1 Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO₂

In der Tabelle 3 sind die Messergebnisse des Messquerschnitts an der BAB A4 in Fahrtrichtung Olpe für das Jahr 2019 im Hinblick auf die gasförmigen Komponenten Stickstoffmonoxid NO, Stickstoffoxide NO_x und Stickstoffdioxid NO₂ aufgeführt.

Tabelle 3: Messergebnisse des Messquerschnittes an der Bundesautobahn A4 in Fahrtrichtung Olpe (Messstation A4_OI_1 in 5 m Abstand und Messstation A4_OI_2 in 15 m Abstand zum äußeren Fahrstreifen) im Hinblick auf NO, NO_x und NO₂

Stickstoffmonoxid NO		
	A4_OI_1	A4_OI_2
Datenerfassung in %	97,3	97,7
Jahresmittelwert in µg/m ³	37,7	10,5
Max. Stundenmittelwert in µg/m ³	240,7	142,1
Stickstoffoxid NO _x		
	A4_OI_1	A4_OI_2
Datenerfassung in %	97,3	97,7
Jahresmittelwert in µg/m ³	99,3	40,6
Max. Stundenmittelwert in µg/m ³	452,3	271,7
Stickstoffdioxid NO ₂		
	A4_OI_1	A4_OI_2
Datenerfassung in %	97,3	97,7
Jahresmittelwert in µg/m ³	41,6	24,5
Max. Stundenmittelwert in µg/m ³	137,3	106,6
Anzahl der Stunden mit Überschreitung des Grenzwertes	-	-

Wie die Messergebnisse zeigen, lag für Stickstoffdioxid im Jahr 2019 ein Jahresmittelwert von 41,6 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_1 und ein Jahresmittelwert von 24,5 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_2 vor. Der höchste

Stundenmittelwert für Stickstoffdioxid lag im Jahr 2019 bei 137,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 5 m bzw. bei 106,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 15 m Abstand zum Fahrbahnrand. Ein Vergleich mit dem Immissionsgrenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. dem Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV (maximal an 18 Stunden eines Kalenderjahres NO_2 -Konzentrationen $>200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wird aufgrund des zu großen Abstandes der NO_x -Probenahme zum Fahrbahnrand im Bereich der Messstation A4_OI_2 nicht vorgenommen.

Im Bereich der Messstation A4_OI_1 wird der Immissionsgrenzwert der 39. BImSchV von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2019 um 1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten. Das Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV für NO_2 wird im Jahr 2019 eingehalten.

4.2 Ozon O_3

In der Tabelle 4 sind die Messergebnisse des Messquerschnittes an der BAB A4 in Fahrtrichtung Olpe für das Jahr 2019 im Hinblick auf die gasförmige Komponente Ozon O_3 dargestellt.

Tabelle 4: Messergebnisse des Messquerschnittes an der Bundesautobahn A4 in Fahrtrichtung Olpe (Messstation A4_OI_1 in 5 m Abstand und Messstation A4_OI_2 in 15 m Abstand zum äußeren Fahrstreifen) im Hinblick auf O_3

Ozon O_3		
	A4_OI_1	A4_OI_2
Datenerfassung in %	97,2	97,5
Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30,6	35,5
Max. 1h-Mittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	139,1	167,1
Max. 8h-Mittelwert pro Tag in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	119,4	138,9
Anzahl der Tage mit Überschreitung des Zielwertes von 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	6

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ darf gemäß 39. BImSchV an maximal 25 Tagen im Kalenderjahr, gemittelt über drei Jahre, überschritten werden. Die erforderliche Mittelung über drei Jahre kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorgenommen werden, da

aufgrund der Umgestaltung des Messquerschnittes an der BAB A4 für das Kalenderjahr 2017 keine Messwerte für die Messstation A4_OI_1 bzw. nur unvollständige Messwerte für die Messstation A4_OI_2 vorliegen. Für das Jahr 2018 liegen allein für die Messstation A4_OI_2 Messwerte vor.

Hiernach wurde 2018 der Zielwert von 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Bereich der Messstation A4_OI_2 mit einem maximalen 8h-Mittelwert von 131,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an sieben der zulässigen 25 Tage um maximal 11,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten. 2019 wurde der Zielwert von 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Bereich der Messstation A4_OI_2 mit einem maximalen 8h-Mittelwert von 138,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an sechs der zulässigen 25 Tage um maximal 18,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten. An der Messstation A4_OI_1 lag der maximale 8h-Mittelwert im Jahr 2019 bei 119,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Zielwert von 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde somit eingehalten. Eine Mittelung über drei Jahre kann im Bereich der Messstation A4_OI_2 im nächsten Auswertebereich für das Jahr 2020 und im Bereich der Messstation A4_OI_1 im übernächsten Bericht für das Jahr 2021 vorgenommen werden.

Im Hinblick auf die Informationsschwelle von 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lag im Jahr 2019 mit einem maximalen 1h-Mittelwert von 139,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Bereich der Messstation A4_OI_1 bzw. von 167,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Bereich der Messstation A4_OI_2 keine Überschreitung vor.

4.3 Partikel PM_x

In der Tabelle 5 sind die Messergebnisse des Messquerschnittes an der BAB A4 in Fahrtrichtung Olpe für das Jahr 2019 im Hinblick auf Partikel der Fraktionen $\text{PM}_{2,5}$ und PM_{10} dargestellt.

Für Partikel PM_{10} lagen im Jahr 2019 ein Jahresmittelwert von 13,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie ein maximaler Tagesmittelwert von 48,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Bereich der Messstation A4_OI_2 an der BAB A4 vor.

Tabelle 5: Messergebnisse des Messquerschnittes an der Bundesautobahn A4 in Fahrtrichtung Olpe (Messstation A4_OI_1 in 5,5 m Abstand und Messstation A4_OI_2 in 16,5 m Abstand zum äußeren Fahrstreifen) im Hinblick auf Partikel PM_{2,5} und PM₁₀

Partikel PM _{2,5}		
	A4_OI_1	A4_OI_2
Datenerfassung in %	97,5	99,8
Jahresmittelwert in µg/m ³	8,8	8,8
Max. Tagesmittelwert (TMW) in µg/m ³	40,8	43,6
Partikel PM ₁₀		
	A4_OI_1	A4_OI_2
Datenerfassung in %	97,5	99,8
Jahresmittelwert in µg/m ³	13,5	13,3
Max. Tagesmittelwert (TMW) in µg/m ³	54,5	48,3
Anzahl der Tage mit Überschreitung des TMGW	1	-

Aufgrund des geringeren Abstandes zum äußeren Fahrstreifen lag der Jahresmittelwert für Partikel PM₁₀ bei 13,5 µg/m³ sowie der maximale Tagesmittelwert bei 54,5 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_1.

Ein Vergleich mit dem Immissionsgrenzwert für PM₁₀ sowie dem Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV (maximal an 35 Tagen innerhalb eines Kalenderjahres Tagesmittelwerte > 50 µg/m³) wird aufgrund des zu großen Abstandes der Partikel-Probenahme zum Fahrbahnrand im Bereich der Messstation A4_OI_2 nicht vorgenommen.

Im Bereich der Messstation A4_OI_1 wird der Immissionsgrenzwert der 39. BImSchV von 40 µg/m³ im Jahr 2019 eingehalten und um 26,5 µg/m³ unterschritten. Das Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV für PM₁₀ wird im Jahr 2019 ebenfalls eingehalten.

Der Jahresmittelwert für Partikel PM_{2,5} lag im Jahr 2019 sowohl im Bereich der Messstation A4_OI_1, als auch im Bereich der Messstation A4_OI_2 bei 8,8 µg/m³ in 5,5 bzw. 16,5 m Abstand zum äußeren Fahrstreifen.

5 Beurteilung der Luftqualität an BAB im Jahr 2019

5.1 Meteorologie

Das Jahr 2019 wird vom Deutschen Wetterdienst als „das drittwärmste Jahr seit dem Beginn von regelmäßigen Messungen 1881“ bezeichnet [14]. 2019 war jedoch, wie bereits 2018, nicht nur zu warm, sondern auch zu trocken.

Im Bereich der Messstation an der BAB A4 lag die mittlere Lufttemperatur im Jahr 2019 mit 11,1 °C um 0,4 °C oberhalb des im Jahr 2019 seitens des DWD ermittelten Durchschnittwertes für NRW und damit insgesamt um 2,1 °C oberhalb des vieljährigen Mittelwertes der international gültigen Referenzperiode von 1961 bis 1990 für Nordrhein-Westfalen. Die höchste Lufttemperatur mit einem Wert von 39,4 °C wurde am Nachmittag des 25.07.2019 gemessen. Am Morgen des 21.01.2019 lag die niedrigste Lufttemperatur des Jahres bei -8,6 °C.

Im Bereich des Messquerschnittes an der BAB A4 lag der Jahresniederschlag mit einem Wert von 833 l/m² um 3,5 % oberhalb des 2019 vorliegenden Durchschnittwertes für Nordrhein-Westfalen (805 l/m²). 2019 wurden im Hinblick auf den Jahresniederschlag an der BAB A4 somit 95 % des vieljährigen Mittelwertes der international gültigen Referenzperiode für Nordrhein-Westfalen (875 l/m²) erreicht.

Die vorherrschende Windrichtung im Bereich des Messquerschnittes an der BAB A4 lag 2019 zwischen 100 und 140 ° (siehe Abbildung 12). Diese eher unübliche bodennahe SO-Strömung wird vor allem bei schwachen Winden durch die orographischen Gegebenheiten der Kölner Bucht hervorgerufen und ist typisch für den Bereich östlich der Ville [15]. Kanalisationseffekte sorgen zu diesen Zeiträumen dafür, dass der bodennahe Wind nicht, wie im flachen Gelände ohne orographische Hindernisse üblich, aus Südwest weht, sondern dem von SSO nach NNW ausgerichteten Verlauf des Rheins folgt [15].

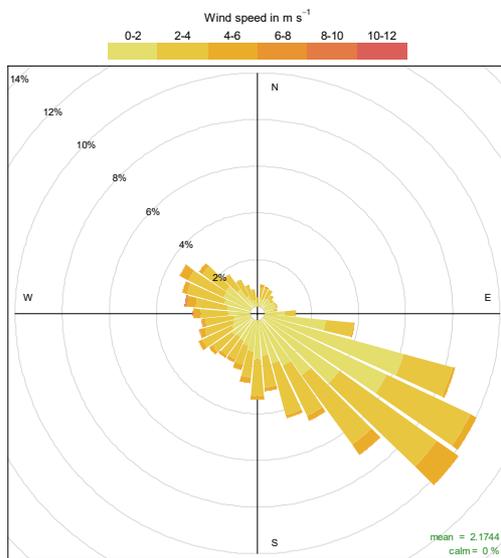


Abbildung 12: Windrose mit Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der Messstation auf dem Dach der BAST für das Jahr 2019

Die Windrose in Abbildung 12 weist daher in den Bereichen 280 bis 310 ° auch ein weiteres, jedoch nicht so stark ausgeprägtes Maximum in der Häufigkeit der vorherrschenden Windrichtung auf.

Die mittlere Windgeschwindigkeit lag im Jahr 2019 bei rund 2,2 m/s. Das Sturmtief „Eberhard“ sorgte am 10.03.2019 für die höchste Windgeschwindigkeit von 10,2 m/s.

Da die Luftqualität im Bereich der Autobahn nicht nur von den lokalen Verkehrsemissionen, sondern u.a. auch von den vorliegenden meteorologischen

Bedingungen abhängig ist, können jahreszeitliche Schwankungen der Luftschadstoffe beobachtet werden.

Im nachfolgenden Kapitel 5.2 wird daher die saisonale Entwicklung der Luftschadstoffe NO_2 , O_3 und PM_{10} im Bereich der beiden Messstationen an der BAB A4 betrachtet und erläutert.

5.2 Saisonale Entwicklung der Luftschadstoffe

In Abbildung 13 ist die saisonale Entwicklung der mittleren Stickstoffdioxid-Konzentration in Abhängigkeit von der Windrichtung sowie der Windgeschwindigkeit in Form sogenannter Polarplots im Bereich der beiden Messstationen an der A4 dargestellt.

Bei der Erstellung der Polarplots wurde die betrachtete Zeitreihe zuerst in einzelne Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsintervalle eingeteilt und im Anschluss daran die mittlere Konzentration pro Intervall berechnet.

Im Jahresverlauf liegen im Bereich der Messstation A4_OI_2 die höchsten NO_2 -Konzentrationen bei Wind aus West bis Nordost und Windgeschwindigkeiten zwischen 1 und 6 m/s vor.

Grund hierfür könnte die Lage der Messstation südlich der von West nach Nordost verlaufenden BAB A4 sein.

Während vor allem im Bereich der Messstation A4_OI_2 daher bei Wind aus Nordost bis West überwiegend Hintergrundkonzentrationen von NO_2 gemessen werden (im Jahr 2019 zu 69 % der Zeit der Fall), kann bei Wind aus West bis Nordost der Einfluss des lokalen Straßenverkehrs auf der BAB A4 sowie eventuell auch der Einfluss des nördlich des BAST-Geländes gelegenen Industriegebietes beobachtet werden (im Jahr 2019 zu 30 % der Zeit der Fall). Die restliche Zeit (1 %) handelte es sich im Jahr 2019 um Fehlwerte von NO_2 .

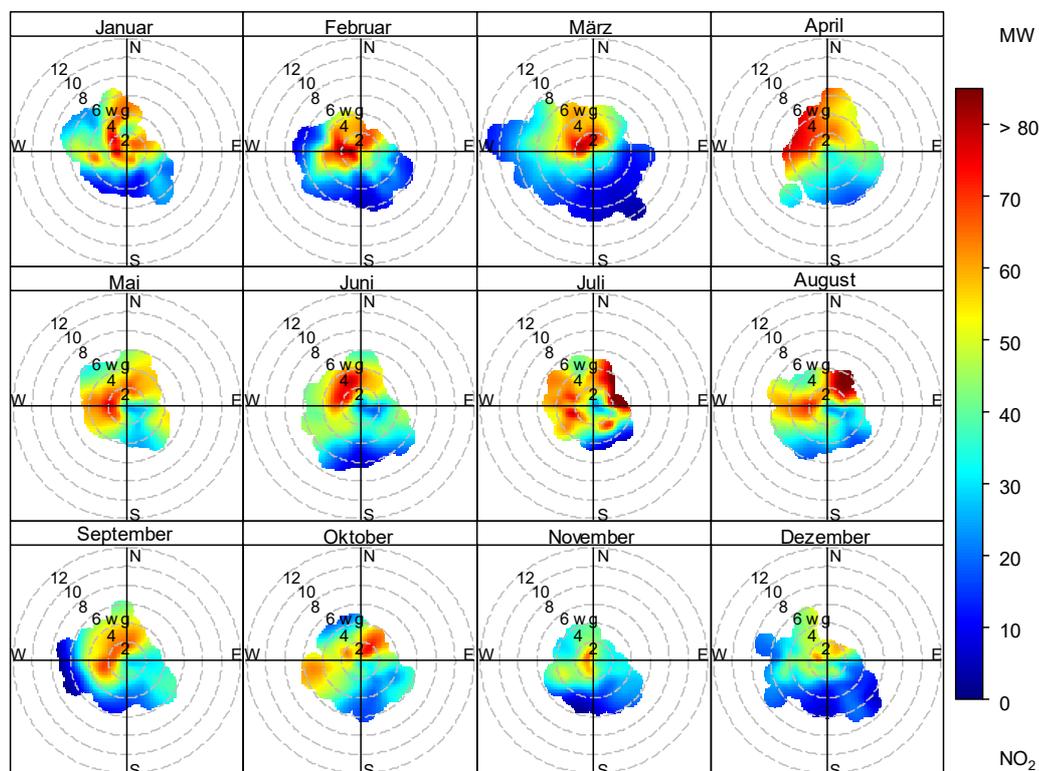
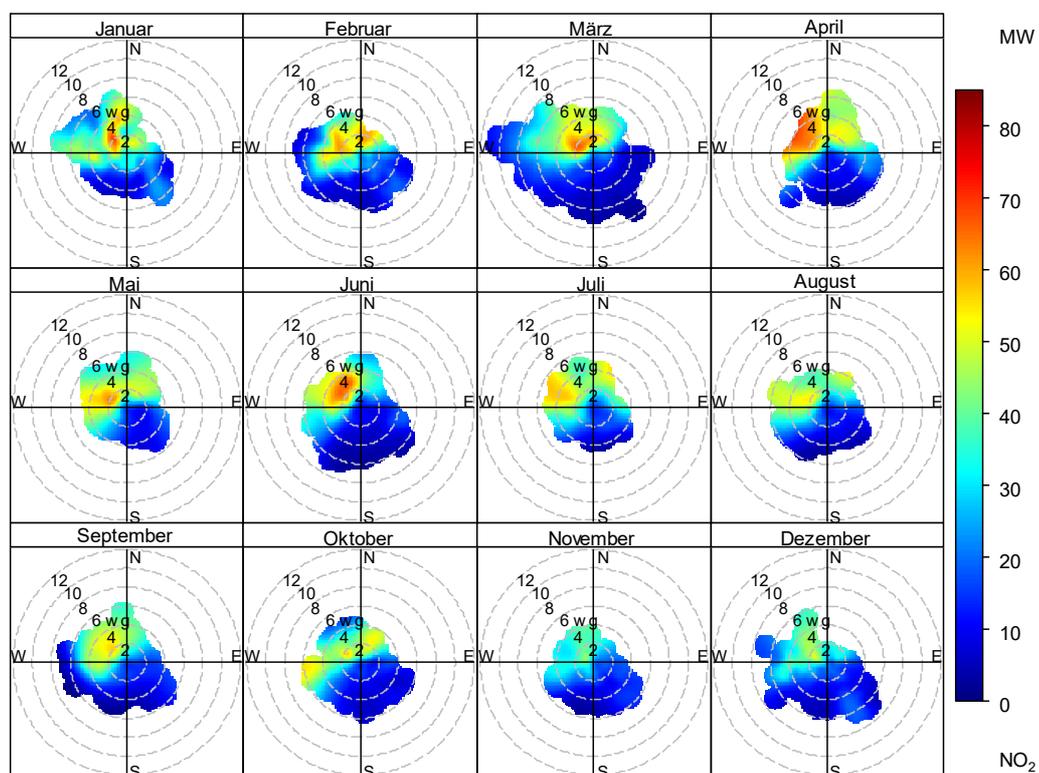
Polarplots der mittleren NO₂-Konzentration - Messstation A4 OI 1Polarplots der mittleren NO₂-Konzentration - Messstation A4 OI 2

Abbildung 13: Monatliche Polarplots mit Darstellung der mittleren Stickstoffdioxid-Konzentration in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit für das Jahr 2019 im Bereich der Messstation A4_OI_1 (obere Grafik) und der Messstation A4_OI_2 (untere Grafik) (erstellt mit R-Package: openair auf Basis von 30 Min.-Werten).

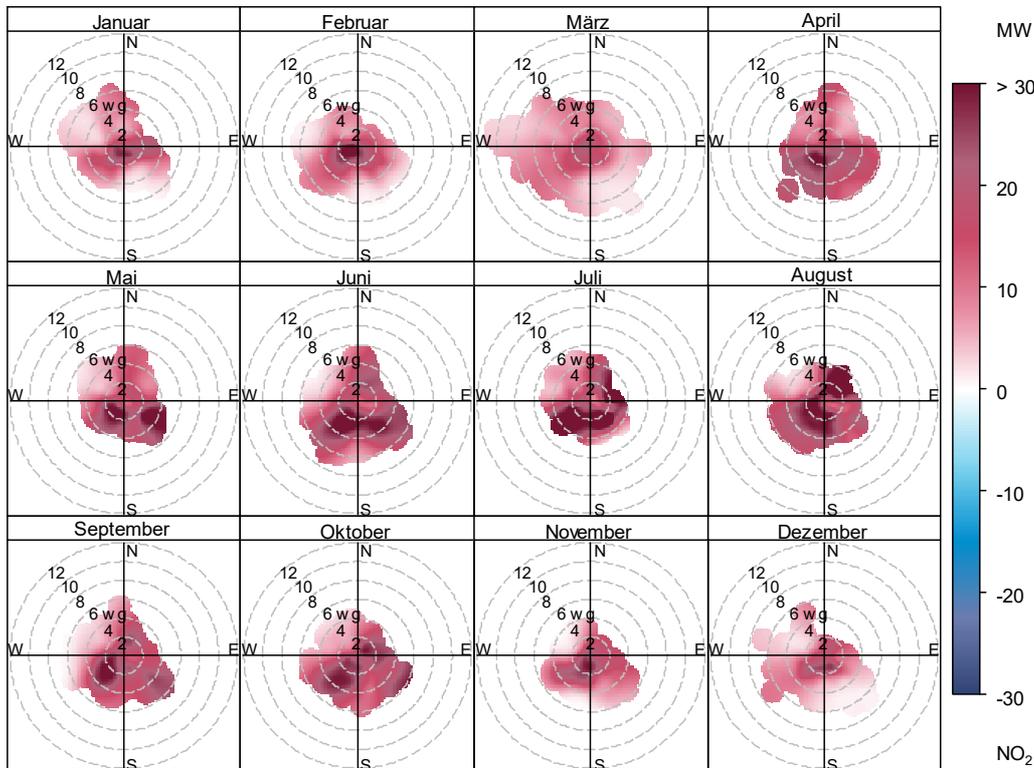
Polarplots der mittleren NO₂-Konzentration - Differenz A4_OI_1 und A4_OI_2

Abbildung 14: Monatliche Polarplots mit Darstellung der mittleren Differenz-Stickstoffdioxid-Konzentration in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit für das Jahr 2019 (erstellt mit R-Package: openair auf Basis von 30 Min.-Werten)

Im Bereich der Messstation A4_OI_1 liegen die höchsten NO₂-Konzentrationen ebenfalls bei Wind aus Südwest bis Nordost vor, jedoch sind hier auch bei Wind aus Nordost bis Südwest höhere NO₂-Konzentrationen als im Bereich der Messstation A4_OI_2 erkennbar. Durch den geringeren Abstand zum äußeren Fahrstreifen sind die mittleren NO₂-Konzentrationen im Bereich der Messstation A4_OI_1 zu 94 % der Zeit höher als im Bereich der Messstation an der A4_OI_2 (Abbildung 14).

Auf Grundlage der Kalenderplots in Abbildung 15 und Abbildung 16 mit Darstellung des jeweils höchsten täglichen Stundenmittelwertes von NO₂ wird deutlich, dass in saisonaler Hinsicht die höchsten NO₂-Konzentrationen in den Sommermonaten vorliegen.

Zurückzuführen ist dies auf photochemische Prozesse, die durch intensive Sonneneinstrahlung in den Sommermonaten eine vermehrte Bildung von NO₂ hervorrufen. Die beiden Kalenderplots zeigen jedoch, dass im Jahr 2019 auch in den Frühlingsmonaten bereits hohe Konzentrationen von NO₂ vorhanden waren. Hier wird deutlich, dass die photochemischen Prozesse vor allem auch durch meteorologische Parameter wie beispielsweise Windrichtung, Windgeschwindigkeit oder Globalstrahlung beeinflusst werden.

Darstellung der höchsten SMW von NO₂ - Messstation A4_OI 1

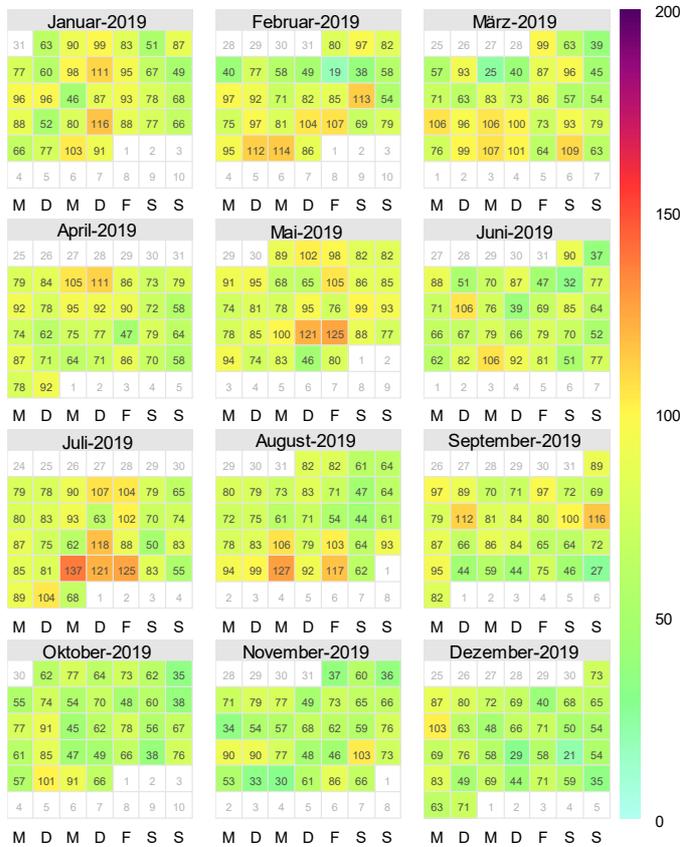


Abbildung 15: Kalenderplot mit Darstellung des höchsten, täglichen Stickstoffdioxid-Stundenmittelwertes für das Jahr 2019 im Bereich der Messstation A4_OI_1 (erstellt mit R-Package: openair).

Darstellung der höchsten SMW von NO₂ - Messstation A4_OI 2

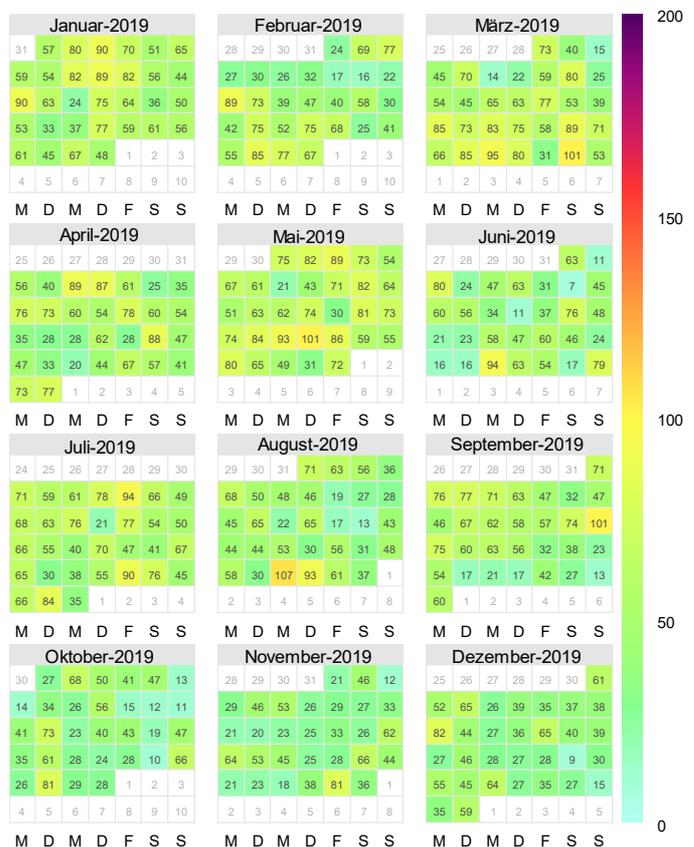


Abbildung 16: Kalenderplots mit Darstellung des höchsten, täglichen Stickstoffdioxid-Stundenmittelwertes für das Jahr 2019 für die Messstation A4_OI_2 (erstellt mit R-Package: openair).

Im Bereich der Messstation A4_OI_1 an der BAB A4 lag der höchste NO₂-Stundenmittelwert von 137,3 µg/m³ am Spätnachmittag des 24.07.2019 bei geringer Bedeckung sowie schwachem Wind mit 1.8 m/s aus Ost (95 °) vor. Im Bereich der Messstation A4_OI_2 lag der höchste NO₂-Stundenmittelwert von 106,6 µg/m³ am Spätnachmittag des 28.08.2019 sowie schwachem Wind mit 2.1 m/s aus West (285 °) vor.

Die in Abbildung 17 dargestellten Polarplots zeigen die mittlere Ozon-Konzentration im Bereich der beiden Messstationen A4_OI_1 und A4_OI_2 im Verlauf des Jahres 2019. In Abbildung 18 ist zusätzlich die Differenz der mittleren Ozon-Konzentration beider Messstationen dargestellt. Bei dem Vergleich der mittleren O₃-Konzentrationen beider Stationen fällt auf, dass im Bereich der Messstation A4_OI_2 im Verlaufe des Jahres 2019 überwiegend höhere Werte als im Bereich der Messstation A4_OI_1 registriert wurden. Möglicherweise werden die höheren O₃-Konzentrationen im Bereich der Station A4_OI_2 durch den größeren Abstand zur Autobahn A4 und die damit verbundenen geringeren NO-Konzentrationen sowie den langsameren und verringerten O₃-Abbau hervorgerufen.

Allein im Februar 2019 zeigen die Polarplots im Bereich der Station A4_OI_1 höhere Messwerte. Dies ist jedoch auf einen Messgeräteausfall im Bereich der Messstation A4_OI_1 zwischen dem 03.02.2019 und 13.02.2019 zurückzuführen.

Gut zu erkennen sind die an beiden Messstationen unterschiedlich hohen Konzentrationen im Vergleich der Sommer- und Wintermonate (siehe Abbildung 17). Bereits in den Frühlingsmonaten März und April konnten im Jahr 2019 hohe O₃-Konzentrationen mit maximalen 1h-Mittelwerten von bis zu 113,2 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_1 und von bis zu 133,1 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_2 beobachtet werden.

Auffällig ist, dass vor allem in den Sommermonaten auch bei Wind aus ESE bis W hohe O₃-Konzentrationen gemessen wurden. Möglicherweise lässt sich hieraus der Einfluss des südlich der Messstation gelegenen Königsforstes (Waldgebiet) auf die photochemischen Prozesse erkennen. Geringere NO-Konzentrationen im Wald im Vergleich zu den höheren NO-Konzentrationen entlang der BAB A4 könnten zu einem verringerten und langsameren Abbau der O₃-Konzentrationen geführt haben.

Hohe Ozonkonzentrationen lagen im Jahr 2019 vorwiegend bei stabilen Hochdruckwetterlagen mit viel Sonneneinstrahlung, hohen Lufttemperaturen und wenig Niederschlag in den Monaten Juni und Juli vor. Der höchste O₃-1h-Mittelwert von 167,1 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_2 wurde am 25.07.2019 gemessen.

Im Bereich der Messstation A4_OI_1 wurde der gleitende 8-SMW auch in den Sommermonaten eingehalten (siehe Abbildung 19).

Die Tage, an denen der gleitende 8-SMW von 120 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_2 überschritten wurde, sind in der Abbildung 20 zu erkennen. Überschreitungen des gleitenden 8-SMW gab es im Juni und Juli 2019 im Bereich der Messstation A4_OI_2 an 6 Tagen. Der höchste 8-SMW von 138,9 µg/m³ lag hiernach am 25.07.2019 unter Hochdruckeinfluss mit einer Sonnenscheindauer von ca. 13 Stunden und einer Lufttemperatur von bis zu 39,4 °C vor.

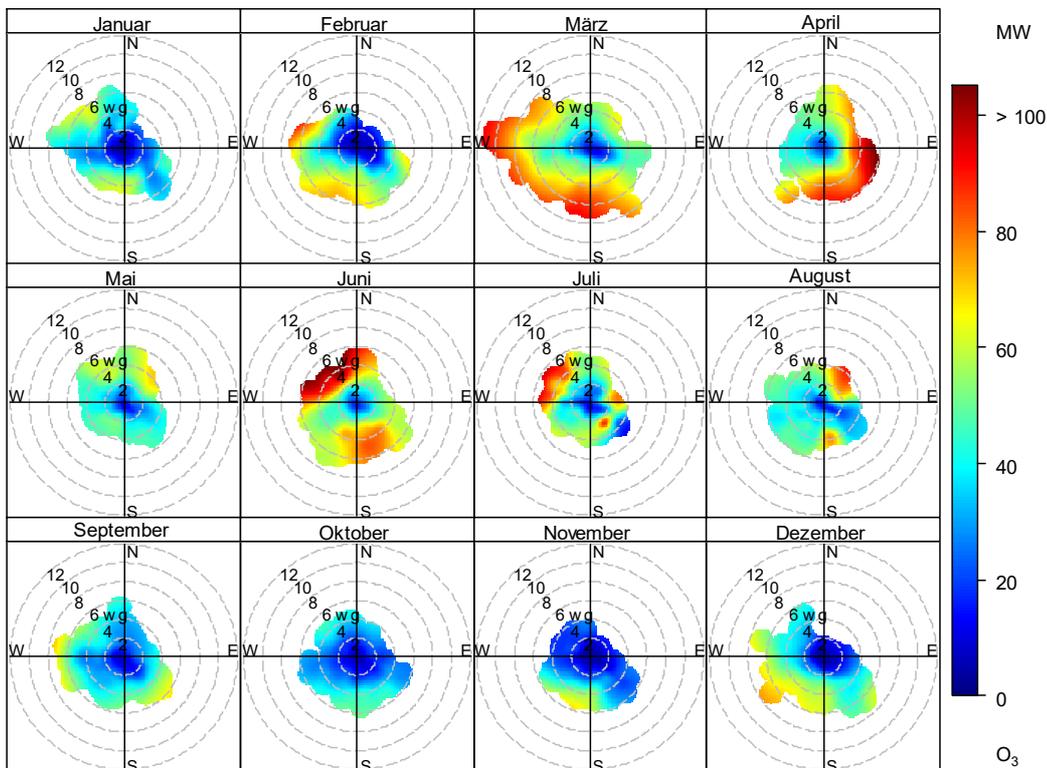
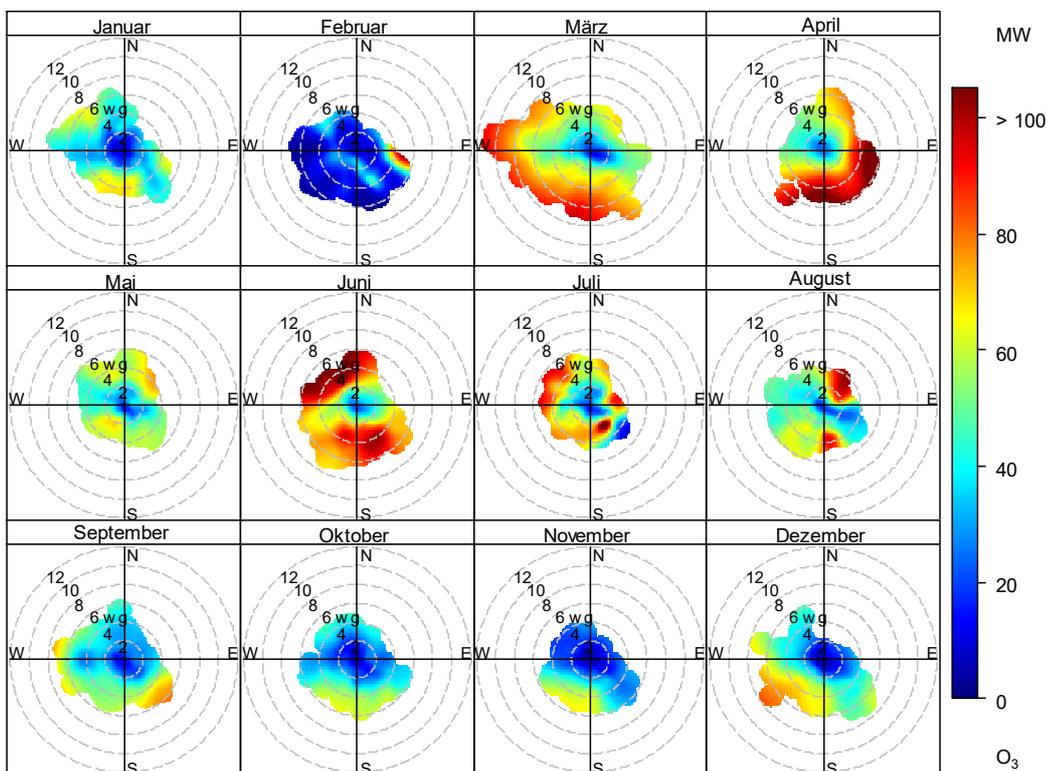
Polarplots der mittleren O₃-Konzentration - Messstation A4 OI 1Polarplots der mittleren O₃-Konzentration - Messstation A4 OI 2

Abbildung 17: Monatliche Polarplots mit Darstellung der mittleren Ozon-Konzentration in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit für das Jahr 2019 im Bereich der Messstation A4_OI_1 (obere Grafik) und der Messstation A4_OI_2 (untere Grafik) (erstellt mit R-Package: openair auf Basis von 30-Min-Mittelwerten).

Polarplots der mittleren O₃-Konzentration - Differenz A4 OI 1 und A4 OI 2

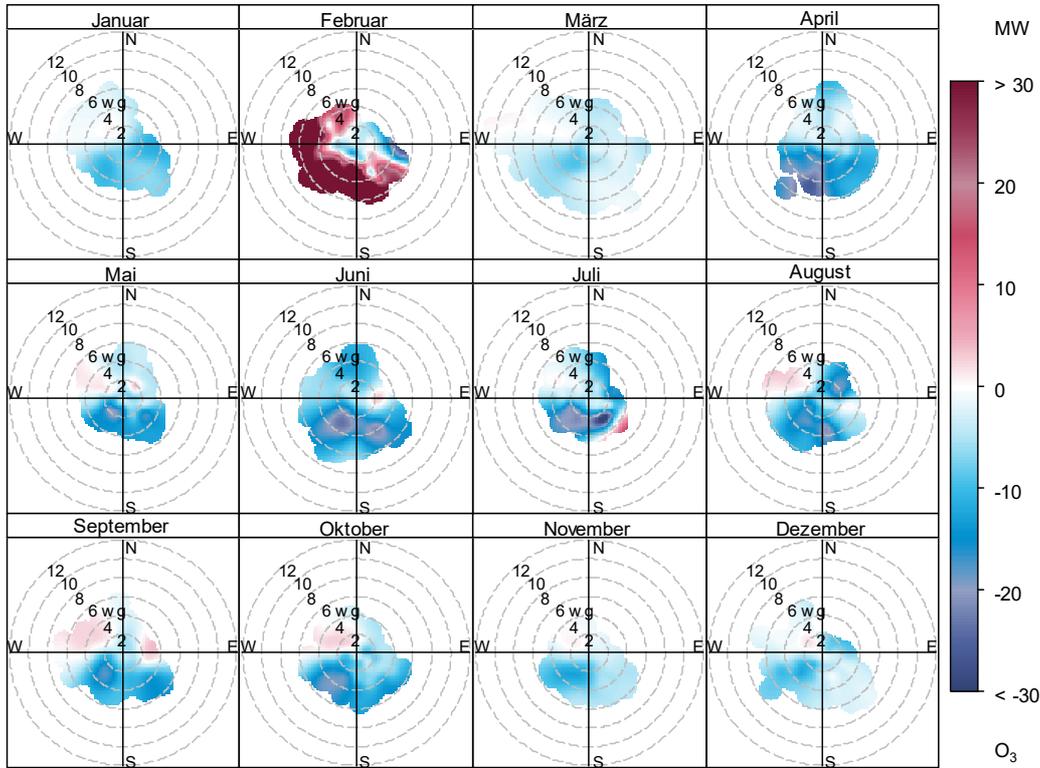


Abbildung 18: Monatliche Polarplots mit Darstellung der mittleren Differenz-Ozon-Konzentration in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit für das Jahr 2019 (erstellt mit R-Package: openair auf Basis von 30 Min. Werten)

Darstellung des höchsten täglichen 8-SMW von O₃ - A4 OI 1

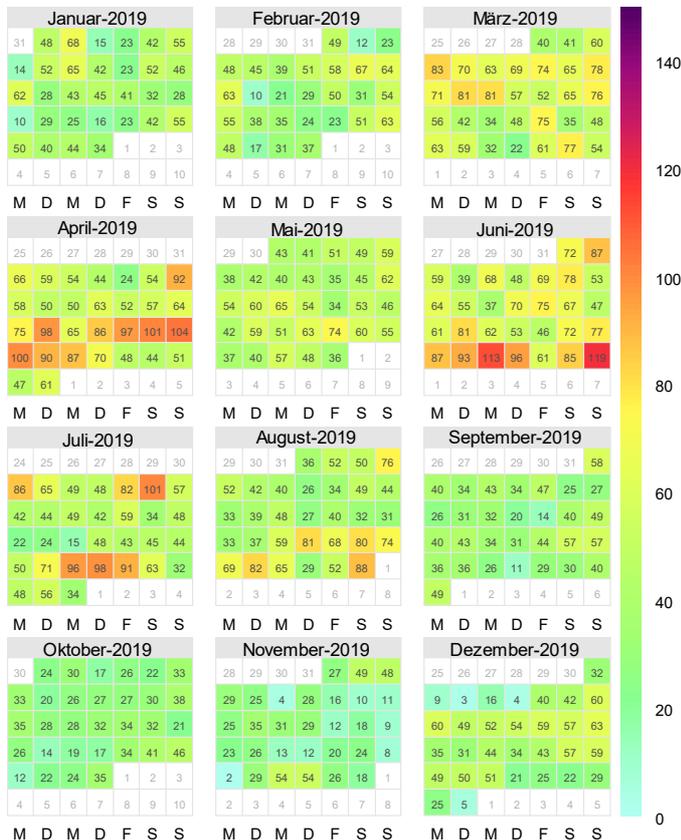


Abbildung 19: Kalenderplots mit Darstellung des höchsten, täglichen 8-Stundenmittelwertes von Ozon für das Jahr 2019 im Bereich der Messstation A4_OI_1 (erstellt mit R-Package: openair).

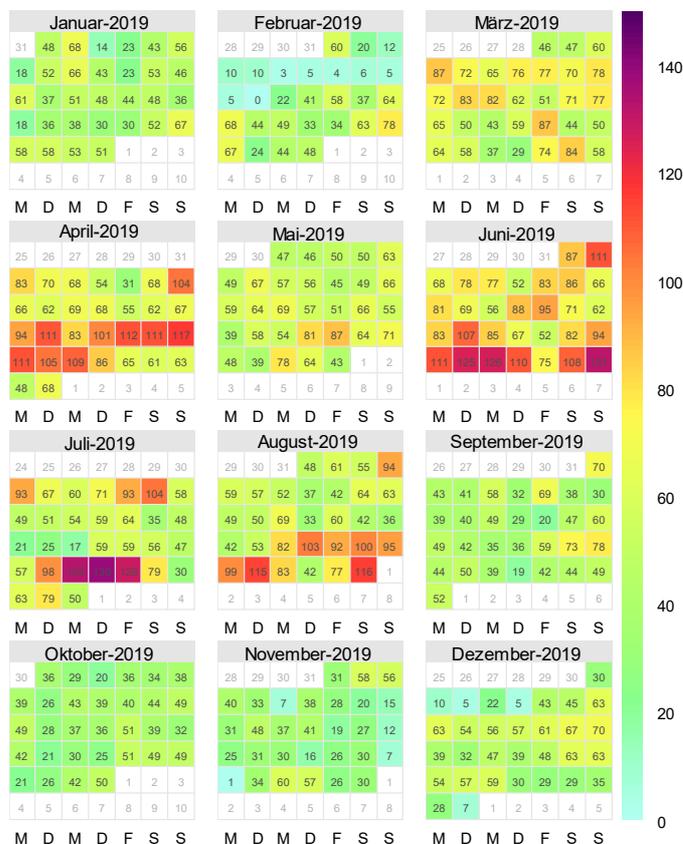
Darstellung des höchsten täglichen 8-SMW von O₃ - A4_OI_2

Abbildung 20: Kalenderplots mit Darstellung des höchsten, täglichen 8-Stundenmittelwertes von Ozon für das Jahr 2019 im Bereich der Mess station A4_OI_2 (erstellt mit R-Package: openair).

In der Abbildung 21 ist der jahreszeitliche Verlauf der mittleren Partikel PM₁₀-Konzentration im Bereich der Messstation A4_OI_1 (obere Grafik) und im Bereich der Messstation A4_OI_2 (untere Grafik) dargestellt. In beiden Polarplots wird keine direkte Abhängigkeit hoher PM₁₀-Konzentrationen von der Windrichtung deutlich. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass neben dem Straßenverkehr auch weitere Quellen wie beispielsweise die Landwirtschaft für hohe PM₁₀-Konzentrationen sorgen können. In kalten und trockenen Wintermonaten kann zudem eine vermehrte Nutzung von Öfen oder Heizungen in Wohnhäusern zu hohen Feinstaub-Konzentrationen beitragen.

Die monatlichen Polarplots an den beiden Messstationen zeigen, dass in den Wintermonaten hohe PM₁₀-Konzentrationen meist bei geringen Windgeschwindigkeiten (< 4 m/s) ohne bzw. mit geringer vertikaler Durchmischung vorliegen.

In den Frühlings-, Sommer- und Herbstmonaten werden dahingegen vor allem bei höheren Wind-

geschwindigkeiten (> 4 m/s) und möglicherweise vorhandenem Ferntransport hohe PM₁₀-Konzentrationen erreicht.

Die Differenzen der mittleren PM₁₀-Konzentration beider Messstationen (siehe Abbildung 22) zeigen ebenfalls keine eindeutige Abhängigkeit von dem Abstand der Messstation zur BAB A4. Während in den Wintermonaten daher überwiegend im Bereich der näher zur BAB A4 gelegenen Messstation A4_OI_1 höhere PM₁₀-Konzentrationen registriert werden, liegen in den Frühlings- und Sommermonaten vor allem im Bereich der Messstation A4_OI_2 höhere PM₁₀-Konzentrationen vor.

Für die Höhe der PM₁₀-Konzentration spielen daher neben der Entfernung zur Emissionsquelle in erster Linie auch meteorologische Parameter wie beispielsweise Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag oder die atmosphärische Schichtung eine entscheidende Rolle.

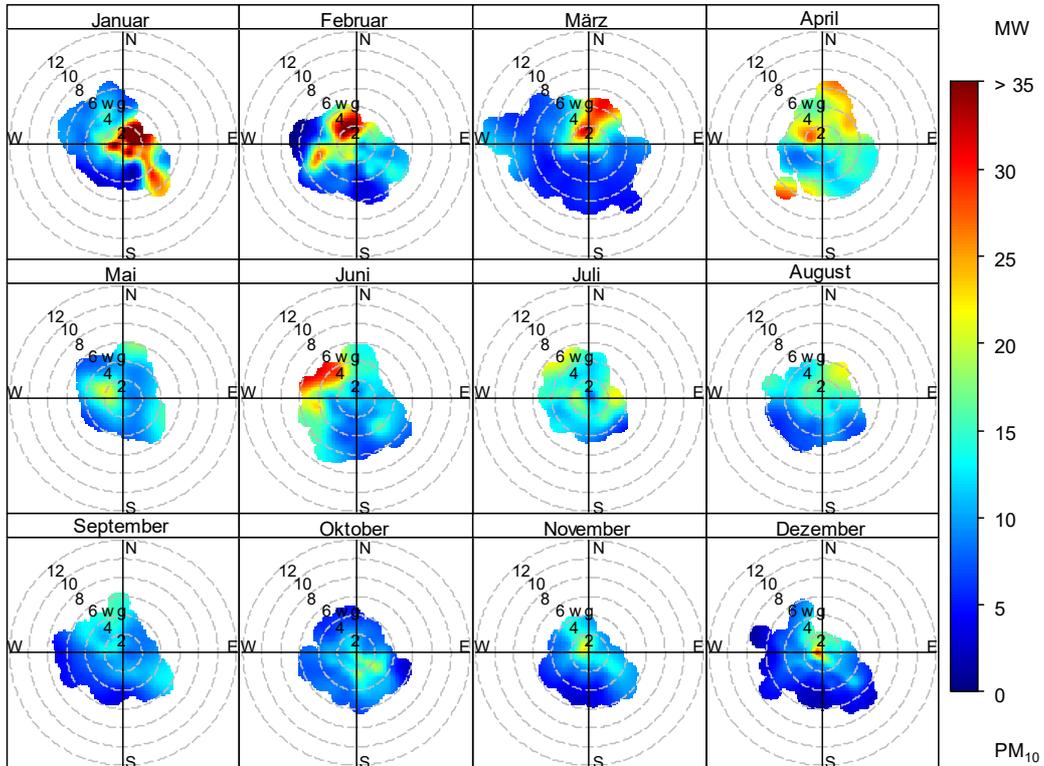
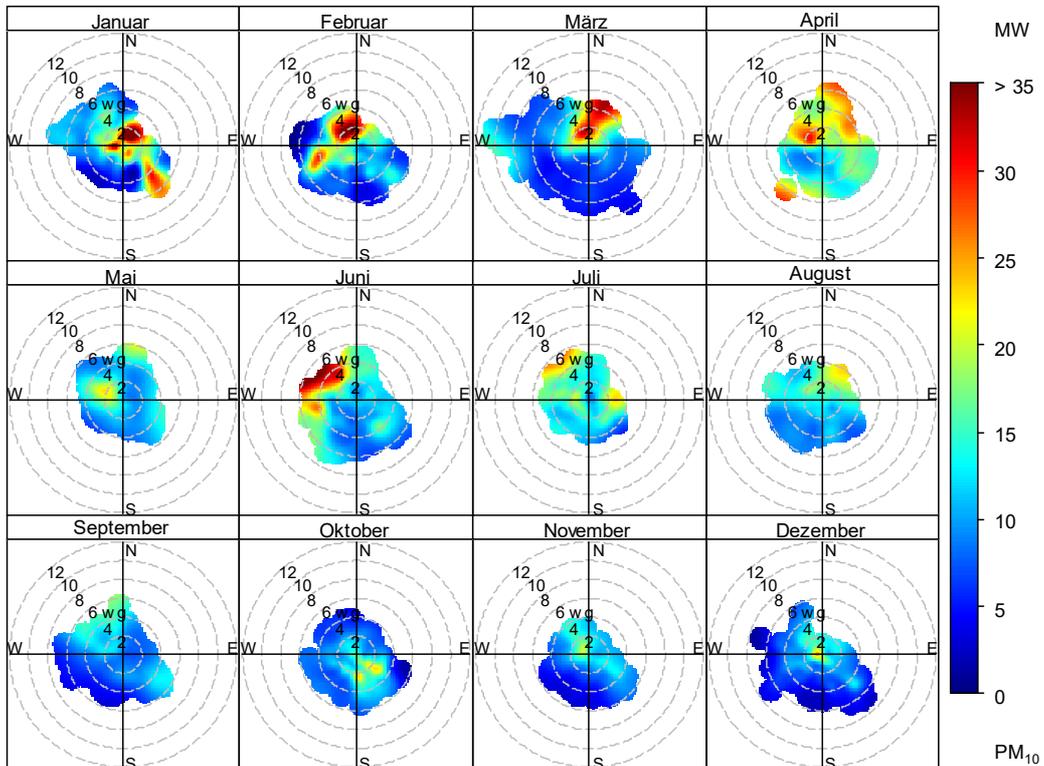
Polarplots der mittleren PM₁₀-Konzentration - Messstation A4 OI 1Polarplots der mittleren PM₁₀-Konzentration - Messstation A4 OI 2

Abbildung 21: Monatliche Polarplots mit Darstellung der mittleren PM₁₀-Konzentration in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit für das Jahr 2019 im Bereich der Messstation A4_OI_1 (obere Grafik) und der Messstation A4_OI_2 (untere Grafik) (erstellt mit R-Package: openair auf Basis von 30 Min.-Werten).

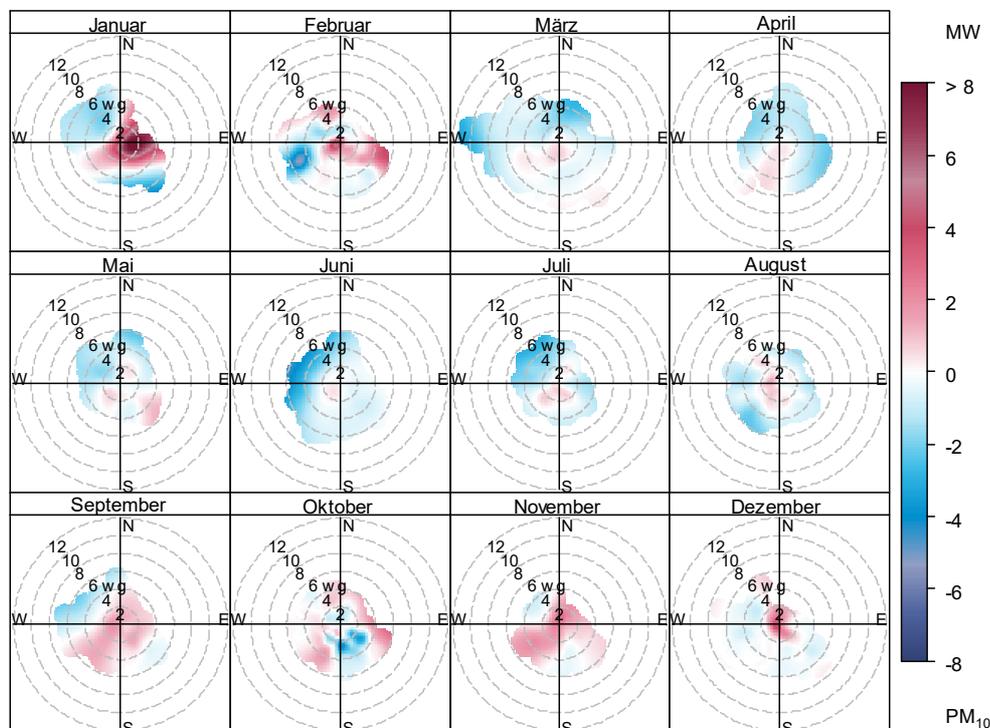
Polarplots der mittleren PM₁₀-Konzentration - Differenz A4 OI 1 und A4 OI 2

Abbildung 22: Monatliche Polarplots mit Darstellung der mittleren Differenz-PM₁₀-Konzentration in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit für das Jahr 2019 (erstellt mit R-Package: openair auf Basis von 30 Min.-Werten)

In der Abbildung 23 und der Abbildung 24 sind die PM₁₀-Tagesmittelwerte in Form von Kalenderplots im Bereich der beiden Messstationen an der BAB A4 dargestellt.

Gut zu erkennen ist, dass Ende Januar eine austauscharme Inversionswetterlage zwischen dem 19.01.2019 und dem 25.01.2019 zu einer Anreicherung von Feinstaub PM₁₀ führte. Als Folge hiervon wurde am 24.01.2019 der höchste PM₁₀-Tagesmittelwert von 54,5 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_1 und von bis zu 48,3 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_2 registriert.

Generell zeigen die Kalenderplots, dass in den niederschlagsreicheren Monaten Januar, März, Mai und September überwiegend niedrigere PM₁₀-Konzentrationen als in den trockeneren, wärmeren und sonnenscheinreicheren Monaten (April,

Juni bis August) vorhanden waren.

Während der Hitzewelle im Juli 2019, bei der am 25.07.2019 mit 39,4°C die höchste Lufttemperatur des Jahres 2019 erreicht wurde, sorgte die Hochdruckwetterlage mit geringer vertikaler Durchmischung für erhöhte PM₁₀-Tagesmittelwerte von bis zu 29 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_1 und von bis zu 31 µg/m³ im Bereich der Messstation A4_OI_2.

Darstellung der TMW von PM₁₀ - Messstation A4 OI 1



Abbildung 23: Kalenderplots mit Darstellung des Tagesmittelwertes von Partikeln PM₁₀ für das Jahr 2019 im Bereich der Messstation A4_OI_1 (erstellt mit R-Package: openair).

Darstellung der TMW von PM₁₀ - Messstation A4 OI 2

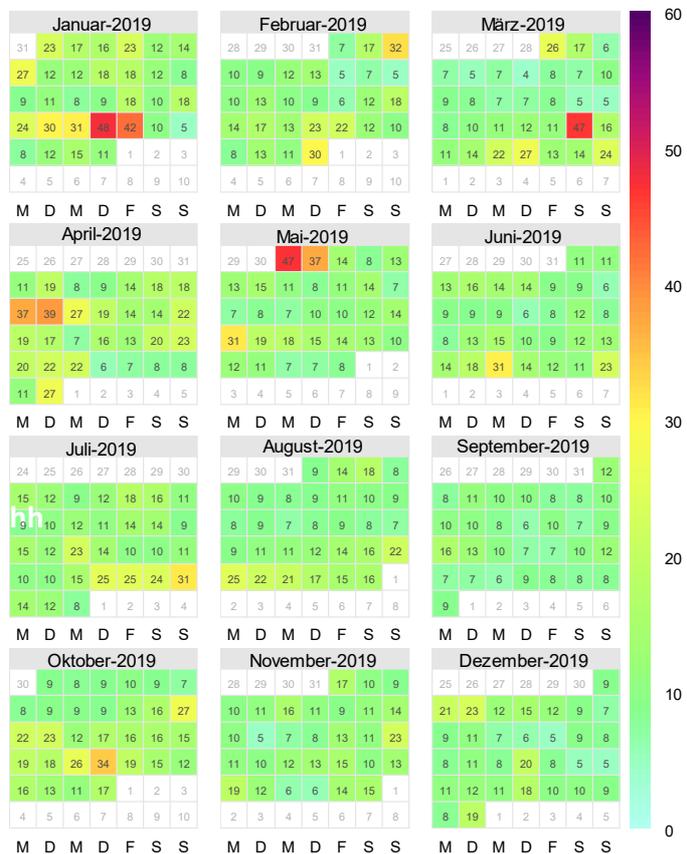


Abbildung 24: Kalenderplots mit Darstellung des Tagesmittelwertes von Partikeln PM₁₀ für das Jahr 2019 im Bereich der Messstation A4_OI_2 (erstellt mit R-Package: openair).

5.3 Zeitliche Entwicklung der Luftqualität

Aufgrund der Umgestaltung des Messquerschnittes an der BAB A4 konnten seit 2015 keine Messdaten erfasst werden. Im Nachfolgenden findet daher ein Vergleich der Messdaten im Bereich der Messstation A4_OI_2 der Jahre 2018 und 2019 statt. Ein Vergleich der Messdaten im Bereich der Messstation A4_OI_1 wird erst in den kommenden Berichten über die Luftqualität im Bereich der Bundesautobahn Berücksichtigung finden.

Wie in der oberen Grafik in Abbildung 25 dargestellt, lag der Jahresmittelwert von NO₂ im Bereich der Messstation A4_OI_2 im Jahr 2018 bei

28,9 µg/m³ und im Jahr 2019 bei 24,5 µg/m³. Im Hinblick auf die NO₂-Konzentration konnten im Vergleich der beiden Jahre somit rückläufige Werte verzeichnet werden.

In der unteren Grafik in Abbildung 25 ist die zeitliche Entwicklung von PM₁₀ und PM_{2,5} an der Messstation A4_OI_2 dargestellt. Sowohl bei PM₁₀ als auch bei PM_{2,5} sind geringfügig rückläufige Jahresmittelwerte im Vergleich der beiden Jahre 2018 und 2019 zu beobachten.

Auf Basis dieser geringen Anzahl an Messjahren lassen sich derzeit jedoch keine statistischen Aussagen im Hinblick auf die zeitliche Entwicklung der Luftschadstoffe an der BAB A4 treffen.

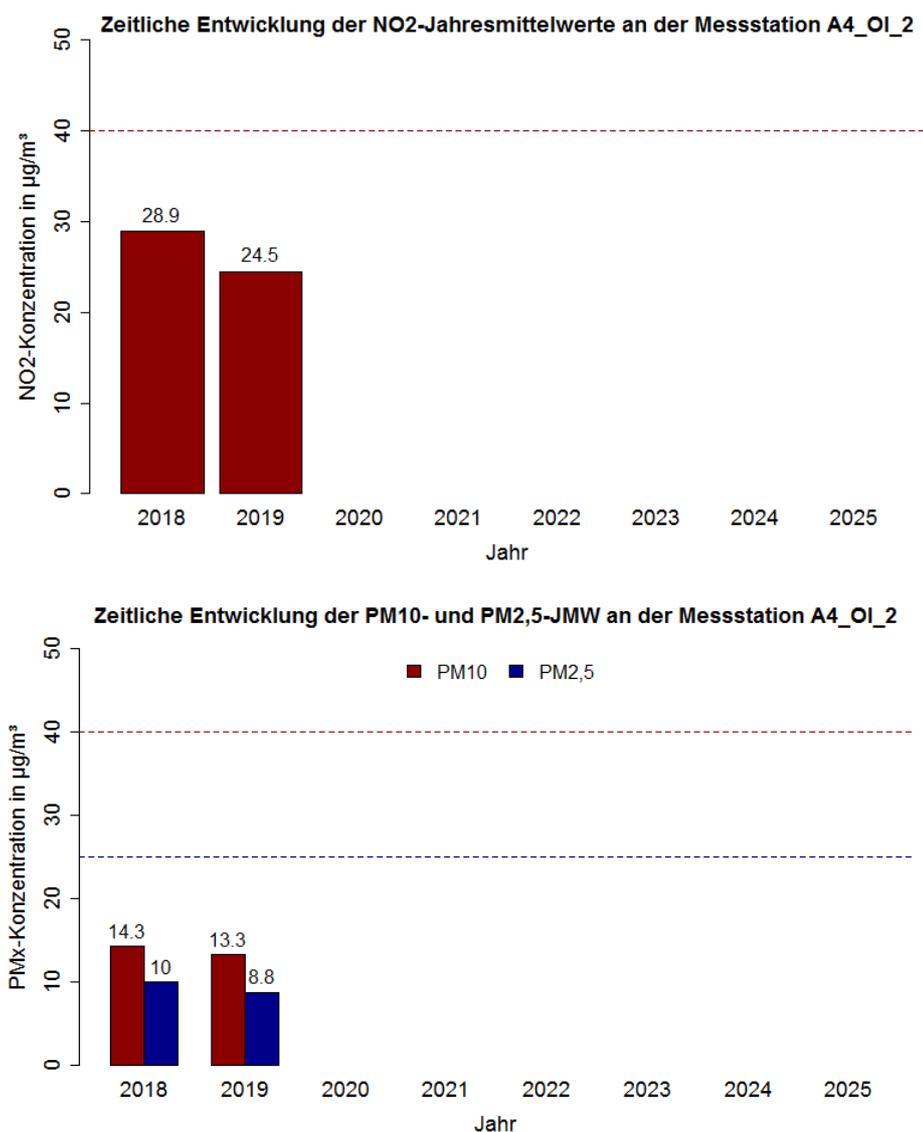


Abbildung 25: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration (obere Grafik) und der PM₁₀ sowie PM_{2,5}-Konzentration an der BAB A4 (Messstation A4_OI_2) in den Jahren 2018 und 2019.

Literaturverzeichnis

- [1] EG-Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa, Amtsblatt der europäischen Gemeinschaft Nr. L 152 vom 11. Juni 2008, 2008.
- [2] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39.BImSchV), Bundesgesetzblatt vom 2. August 2010, BGBl, Jahrgang 2010, Teil I. Nr. 40, 2010.
- [3] Umweltbundesamt, „Luftqualität 2019. Vorläufige Auswertung,“ 2020.
- [4] EG-Richtlinie 1996/62/EG über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität, Amtsblatt der europäischen Gemeinschaft Nr. L 296 vom 21.11.1996, Seite 55, 1996.
- [5] EG-Richtlinie 1999/30/EG über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1. Tochterrichtlinie), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 163 vom 29.06.1999, Änderung 2001/744/EG vom 17.10.2001, 1999.
- [6] EG-Richtlinie 2000/69/EG über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid (2. Tochterrichtlinie), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 313 vom 13.12.2000, Seite 12, 2000.
- [7] EG-Richtlinie 2002/3/EG über den Ozongehalt in der Luft (3. Tochterrichtlinie), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 67 vom 09.03.2002, Seite 14, 2002.
- [8] Umweltbundesamt. Stickstoffoxide, „<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/stickstoffoxide>,“ [Online].
- [9] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Luftqualität in Baden-Württemberg - Auswertung der Jahresdaten für 2017,“ p. 114, März 2019.
- [10] Umweltbundesamt. Feinstaub, „<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/feinstaub>,“ [Online].
- [11] A. P. I. Teledyne, „Operation Manual Model T200 Nitrogen Oxide Analyzer,“ 13 Februar 2012.
- [12] A. P. I. Teledyne, „Operation Manual Model T400 Photometric Ozone Analyzer,“ 18 März 2014.
- [13] PALAS, „Bedienungsanleitung Feinstaubmonitorsystem Fidas: Fidas 100, Fidas 200/200 S/200 E,“ 22 11 2016.
- [14] DWD, „Pressemitteilung: Deutschlandwetter im Jahr 2019. Drittwärmstes Jahr seit 1881 – Niederschlagsarm und sonnenscheinreich,“ 30 12 2019.
- [15] DWD, „Regionale Flugklimatologie (RFK) für die Allgemeine Luftfahrt in der Bundesrepublik Deutschland,“ Deutscher Wetterdienst, Abteilung Flugmeteorologie, Offenbach am Main, 2008.