

MONITORING DER LUFTQUALITÄT AM FLUGHAFEN FINDEL

ABSCHLUSSBERICHT 2019

Projektzeitraum: 06/2018 – 06/2019

Berichtszeitraum: 06/2018 – 06/2019

VERTRAGSPARTNER:

Ministère de
l'Environnement, du
Climat et du
Développement durable

Administration de
l'Environnement

Unité surveillance et
évaluation de
l'environnement

AUTOREN:

Jürgen JUNK

Andreas KREIN

Belvaux, Dezember 2019

Inhaltsverzeichnis

	Seitenzahl
1. Kontext der Untersuchung	3
2. Arbeitsbeschreibung und Lage der Messpunkte	3
3. Ergebnisse	5
3.1 Ergebnisse der Stickoxid und Schwefeldioxid Passivsammler Beprobungen um den Flughafen Findel	5
3.2 Ergebnisse der Feinstaub Immissionskonzentrationen aus dem optischen Partikelzähler in Cents (PM10, PM2.5)	6
3.3 Messungen mit dem Umweltmesswagen am Birelerhaff am südlichen Rand des Flughafens	7
3.4 Ergebnisse der Passivsammler zur Bestimmung der volatilen organischen Kohlenwasserstoffe um den Flughafen	18
3.5 Messungen von Schwermetallen und von Polyzyklisch Aromatischen Kohlenwasserstoffen am Birelerhaff durch die Umweltverwaltung	20
4. Fazit	23
Literatur	

1. Kontext der Untersuchung

Der zivile Luftverkehr wächst kontinuierlich seit Mitte des letzten Jahrhunderts und hat in den vorangehenden Jahren konstante Zuwachsraten von ca. 5 % per anno zu verzeichnen (Lee et al., 2009). Die Aktivitäten auf Flughäfen und der dazugehörige Luftverkehr haben mit ihren Emissionen schädliche Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit (Harrison et al., 2015). Es handelt sich primär um Emissionen von Luftschadstoffen, Lärm, aber auch die Flächenversiegelung durch den Flughafen selbst führt häufig zu Umweltbelastungen. Oft sind Flughäfen mit einem engen Straßennetz verbunden, was wiederum zu einer Intensivierung der lokalen Umweltbelastung führt. Von Flughäfen wird eine Vielzahl von Luftschadstoffen und von Partikeln freigesetzt, die eine direkte Wirkung auf die im Umfeld lebende Bevölkerung haben können. Als Quellen dieser Schadstoffe kommen neben den Emissionen von Flugzeugen, der Versorgungsverkehr am Flugplatz und auf dem Rollfeld, kraftstoffbetriebene Stromgeneratoren, Abgase aus den Heizsystemen der Gebäude, sowie dem Zubringerverkehr in Frage (Masiol et al., 2016). Ziel dieser Studie ist es, die Schadstoffbelastung im direkten Umfeld des Flughafen Findels (Luxemburg) messtechnisch zu erfassen und zu bewerten.

2. Arbeitsbeschreibung und Lage der Messpunkte

Die Bewertung der Luftqualität im Bereich des Flughafens Findel basiert auf permanenten Messungen über den Zeitraum eines Jahres (Juni 2018 bis Juni 2019), sowie auf zwei Intensivmesskampagnen mit dem Umweltmesswagen des LIST im Sommer 2018 (Juni, Juli, August und September) und im Winter 2019 (Februar, März und April).

Da allein aufgrund der Intensivmesskampagnen mit dem Umweltmesswagen nur eine eingeschränkte Beurteilung der Schadstoffkonzentrationen hinsichtlich geltender EU Grenzwerte möglich ist, wurden zusätzlich Dauermessungen ausgewählter Komponenten (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂, volatile organische Kohlenwasserstoffe (VOC)) mit einem optischen Partikelzähler (PM₁₀, PM_{2.5}, GRIMM Aerosoltechnik EDM 164; Cents, Rue Camille Polfer), sowie mit Passivsammlern (NO₂, SO₂, VOC, vgl. Abbildung 1) durchgeführt. Die Messung der Stickstoffdioxidkonzentrationen (NO₂), der Schwefeldioxidkonzentrationen (SO₂), sowie der Konzentrationen von 40 volatilen organischen Kohlenwasserstoffen (Kapitel 3.4) erfolgte auf Basis mittlerer monatlicher Konzentrationen mit Passivsammlern, sogenannten Palmes Diffusionsröhrchen. Diffusionsröhren arbeiten nach einem Verfahren, das als molekulare Diffusion bezeichnet wird. Die Verbindungen in der Umgebungsluft haben eine höhere Konzentration als die Luft in der Röhre, so dass die Verbindungen in die Röhre diffundieren und auf dem Adsorber am Ende der Röhre gesammelt werden. Da die Verbindungen absorbiert werden, wird die niedrigere Konzentration in der Röhre beibehalten und die Diffusion geht kontinuierlich weiter. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Verbindungen in die Röhre bewegen wird als Aufnahmezeit bezeichnet. Dies ist eine bekannte Rate und wird in den Berechnungen der Konzentrationen pro Volumen verwendet. Die Diffusionsröhrchen sind für eine Langzeitüberwachung vorgesehen. Das jeweilige Röhrchen wird an der erforderlichen Überwachungsstelle platziert und dort für zwei bis vier Wochen exponiert. Nach Ablauf dieser Sammelzeit wird der Adsorber entnommen, im Labor extrahiert, analysiert, und die Konzentration in der Luft mit Hilfe der Adsorptionsrate bestimmt.

Die Passivsammler wurden in 3 m Höhe an geeigneten Befestigungen angebracht; auf eine ausreichende Durchlüftung wurde geachtet.

Der optische Partikelzähler EDM 164 (GRIMM Aerosoltechnik) wurde im Garten des Gebäudes in der Rue Camille Polfer Nr. 23 mit einem Stromanschluss versehen und am 28. Juni 2018 in Betrieb genommen und ein Jahr lang betrieben. Die Messstelle ist gut anströmbar und repräsentiert eine Messung der urbanen Hintergrundkonzentrationen von PM₁₀, PM_{2.5} sowie PM₁ in der Wohnbebauung in der Nähe des Flughafens.

Der Umweltmesswagen wurde im Zeitraum vom 25. Juni 2018 bis zum 5. September 2018, sowie vom 25. Februar 2019 bis zum 5. Mai 2019 an der Messstelle Findel Süd (am Birelerhaff), in direkter Nähe zum Rollfeld platziert (200 m zum Flughafenzaun, 330 m zum Rollfeld). Der Umweltmesswagen wurde extern mit Strom versorgt und konnte PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ (EDM 180, Grimm Aerosoltechnik) und NO_x (HORIBA, APNA-370), sowie meteorologische Parameter (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Lufttemperatur und Luftfeuchte) kontinuierlich über jeweils mehr als zwei Monate mit einer minütlichen Auflösung gemessen. Gleichzeitig wurde ein GRIMM SMPC+C Model 5420 zur Messung der Partikelfraktion von 5 nm bis 340 nm in 116 Größenfraktionen (Ultrafeine Partikel und Nanopartikel) im Umweltmesswagen betrieben (zweiminütliche Auflösung).

Abbildung 1 illustriert die Position der Luftqualitätsmessstellen um den Flughafen Findel. Parallel dazu wurden durch die Umweltverwaltung im Oktober/November 2018, sowie vom 6. April bis zum 6. Mai 2019 Tagesproben am Birelerhaff mit einem High-volume Sammler (Digitel, DH80) zur Bestimmung ausgewählter Schwermetalle und von 16 Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (die sogenannten EPA PAK) genommen (HVS-Filter, 150 mm, Quarzfaser Macherey-Nagel, DIN EN12341).

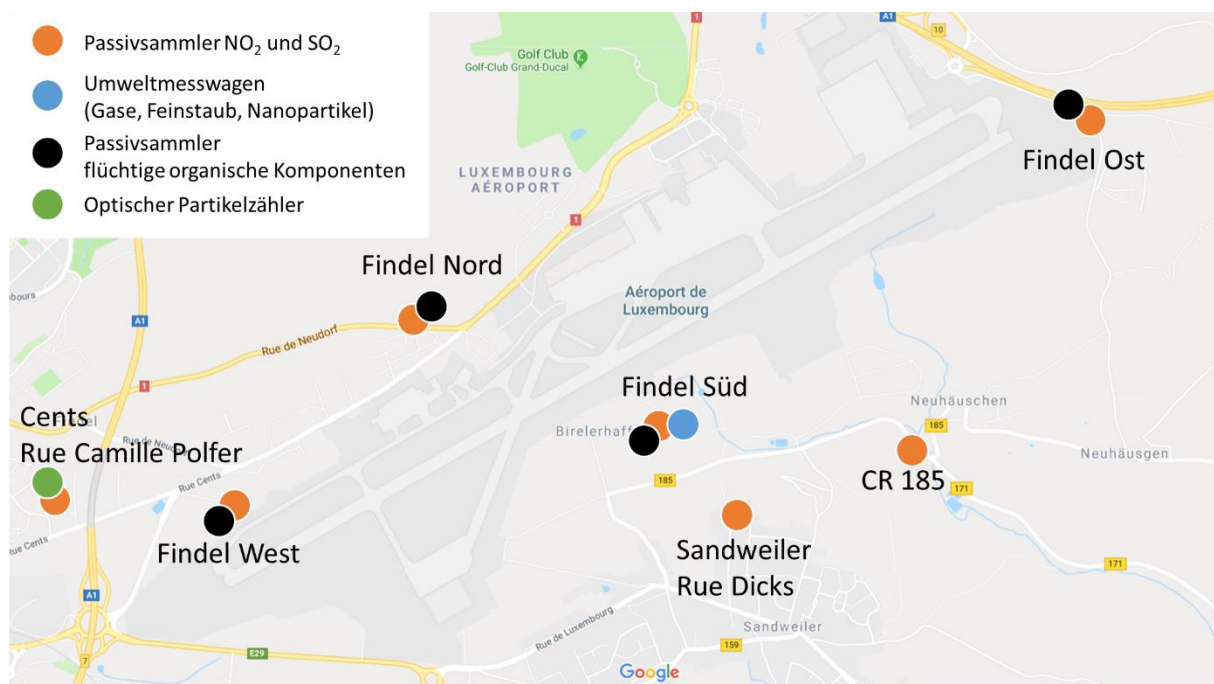


Abbildung 1: Position der Luftqualitätsmessstellen um den Flughafen Findel

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Stickoxid- und Schwefeldioxid-Passivsammlerbeprobungen um den Flughafen

Alle mittleren monatlichen SO_2 -Konzentrationen liegen unterhalb der Nachweisgrenze von $1 \mu\text{g m}^{-3}$. SO_2 ist demnach im Untersuchungsgebiet ohne Bedeutung. Die Konzentrationen von NO_2 zeigen um den Flughafen ebenfalls keine erhöhten Konzentrationen (Abbildung 2). Die Stickstoffdioxid-Konzentration darf im Jahresmittel $40 \mu\text{g m}^{-3}$ nicht überschreiten. Leicht erhöhte Werte mit einem Jahresmittelwert von ca. $16 \mu\text{g m}^{-3}$ werden am Messpunkt Findel Ost ermittelt. Dies ist auf die Verkehrsimmissionen der Autobahn A1 zurückzuführen, die sich nur ca. 30 m von der Messstelle entfernt befindet. Alle anderen Standorte liegen ebenfalls unter $20 \mu\text{g m}^{-3}$. Die entsprechenden Jahresmittelwerte können den einzelnen Abbildungen entnommen werden.

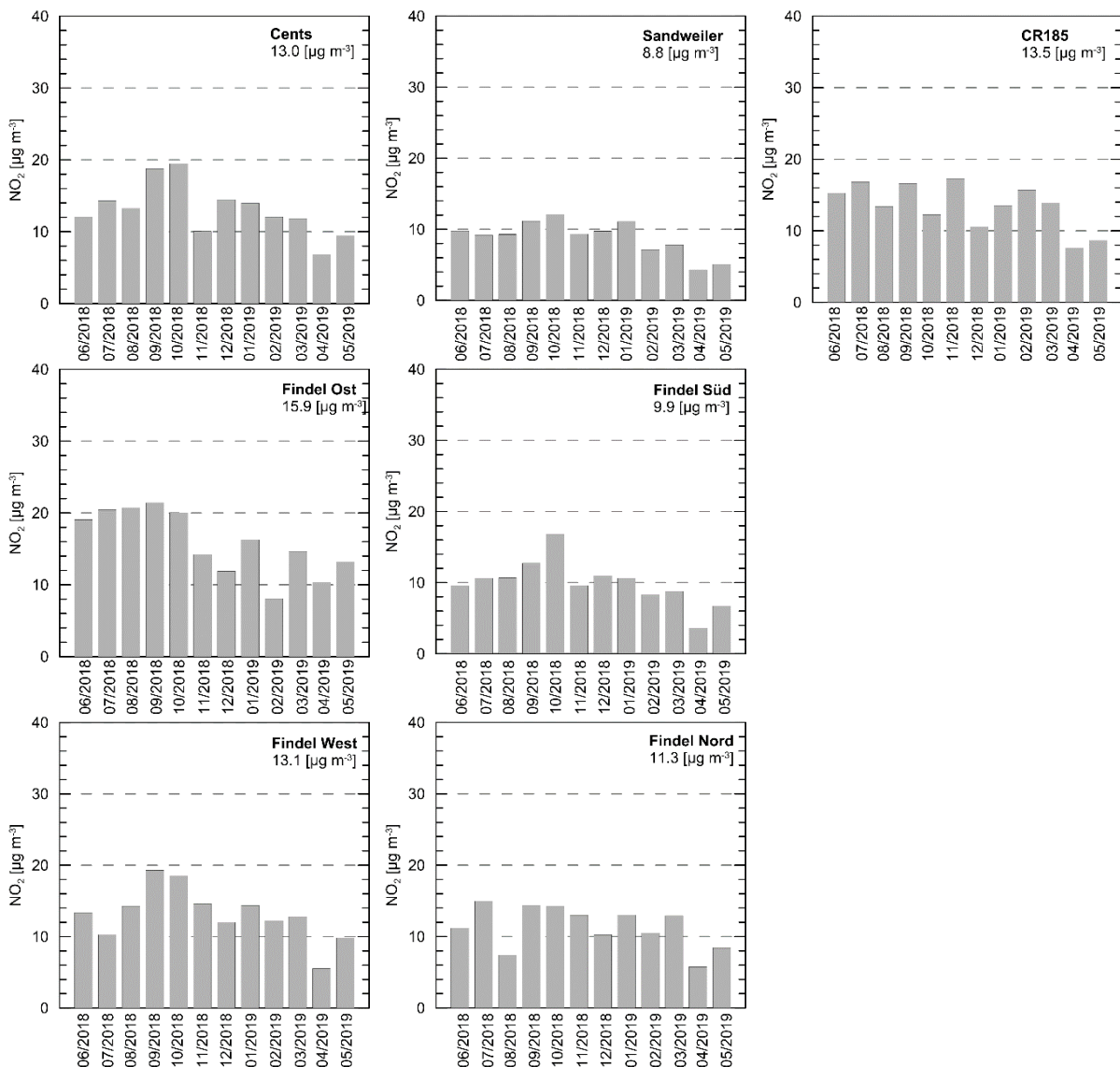


Abbildung 2: Immissionskonzentrationen der NO_2 -Passivsammlermessungen als Monatsmittelwerte, die entsprechenden Jahresmittelwerte sind in den einzelnen Abbildungen angegeben, Zeitraum 06/2018-05/2019

3.2 Ergebnisse der Feinstaub-Immissionskonzentrationen aus dem optischen Partikelzähler in Cents

Abbildung 3 zeigt über den einjährigen Messzeitraum vom Juli 2018 bis Juli 2019 am Standort Cents, Rue Camille Polfer 23 bezüglich des Kurzzeitgrenzwertes von PM10, drei Tageswertüberschreitungen von $50 \mu\text{g m}^{-3}$. Damit ist eine Verletzung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes (35 Überschreitungstage pro Kalenderjahr) sehr unwahrscheinlich. Auch eine Überschreitung des Jahresgrenzwertes von $40 \mu\text{g m}^{-3}$ (Kalenderjahr) ist mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht zu erwarten. PM10 weist in der gesamten Beobachtungsperiode einen Mittelwert von $13,6 \mu\text{g m}^{-3}$ auf.

Für PM2.5 wird ein Jahresmittelwert (Zeitjahr) von $9,5 \mu\text{g m}^{-3}$ gemessen. Mit einer Überschreitung des Jahresgrenzwertes von $25 \mu\text{g m}^{-3}$ (Kalenderjahr) ist ebenfalls nicht zu rechnen. Die entsprechenden Tagesmittelwerte beruhen auf halbstündigen Messungen, deren Betrachtung keinen Einfluss von Emissionen des Flughafens Findel erkennen lassen.

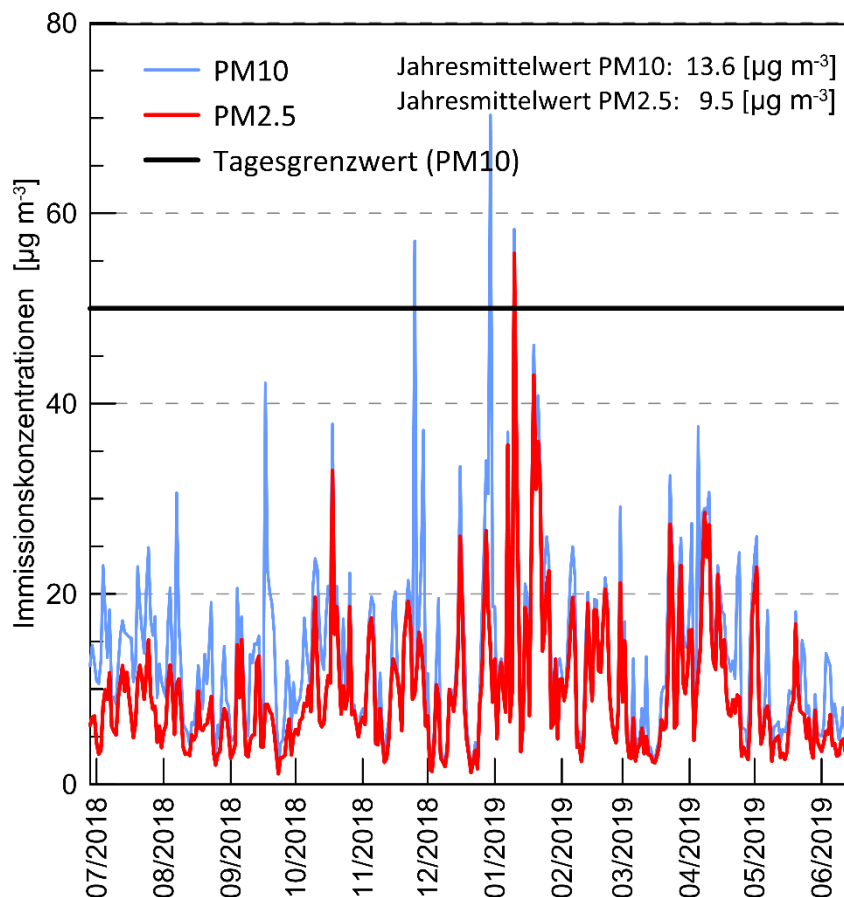


Abbildung 3: Ergebnisse der Feinstaubmessungen auf Tagesbasis mit dem optischen Partikelzähler am Standort Cents, Rue Camille Polfer 23, Zeitraum 07/2018-06/2019

3.3 Messungen mit dem Umweltmesswagen am Bierelerhaff am südlichen Rand des Flughafens

Die Messungen mit dem Umweltmesswagen verdeutlichen die als insgesamt sehr gering einzustufenden Konzentrationen der Luftschadstoffe im Bereich des Flughafens. Die Immissionskonzentrationen für die Stickoxide (Abbildungen 4 und 5 für den Sommer 2018 und Abbildung 6 und 7 für den Winter 2018/2019), sowie für den Feinstaub PM₁₀, PM_{2.5} und PM₁ (Abbildungen 8 und 9 für den Sommer 2018, 10 und 11 für den Winter 2018/2019) sind als gering einzustufen.

Die einzelnen Spitzen der PM₁₀ Konzentrationen sind primär auf lokale landwirtschaftliche Aktivitäten in der Nachbarschaft des Messpunktes zurückzuführen (Winderosion von trockenem, offenem Boden). Es handelt sich um ein standortspezifisches Phänomen. Diese kurzzeitigen PM₁₀ Konzentrationsspitzen tragen nur unwesentlich zur Erhöhung des PM₁₀ Tagesmittelwertes bei. Der entsprechende grenzwertrelevante Tagesmittelwert von 50 µg m⁻³ wird an keinem der Messtage am Standort erreicht.

Die vereinzelt Konzentrationsspitzen von NO und NO₂ sind auf direkt am Umweltmesswagen vorbeifahrende Kraftfahrzeuge der Mitarbeiter der Zollverwaltung zu erklären.

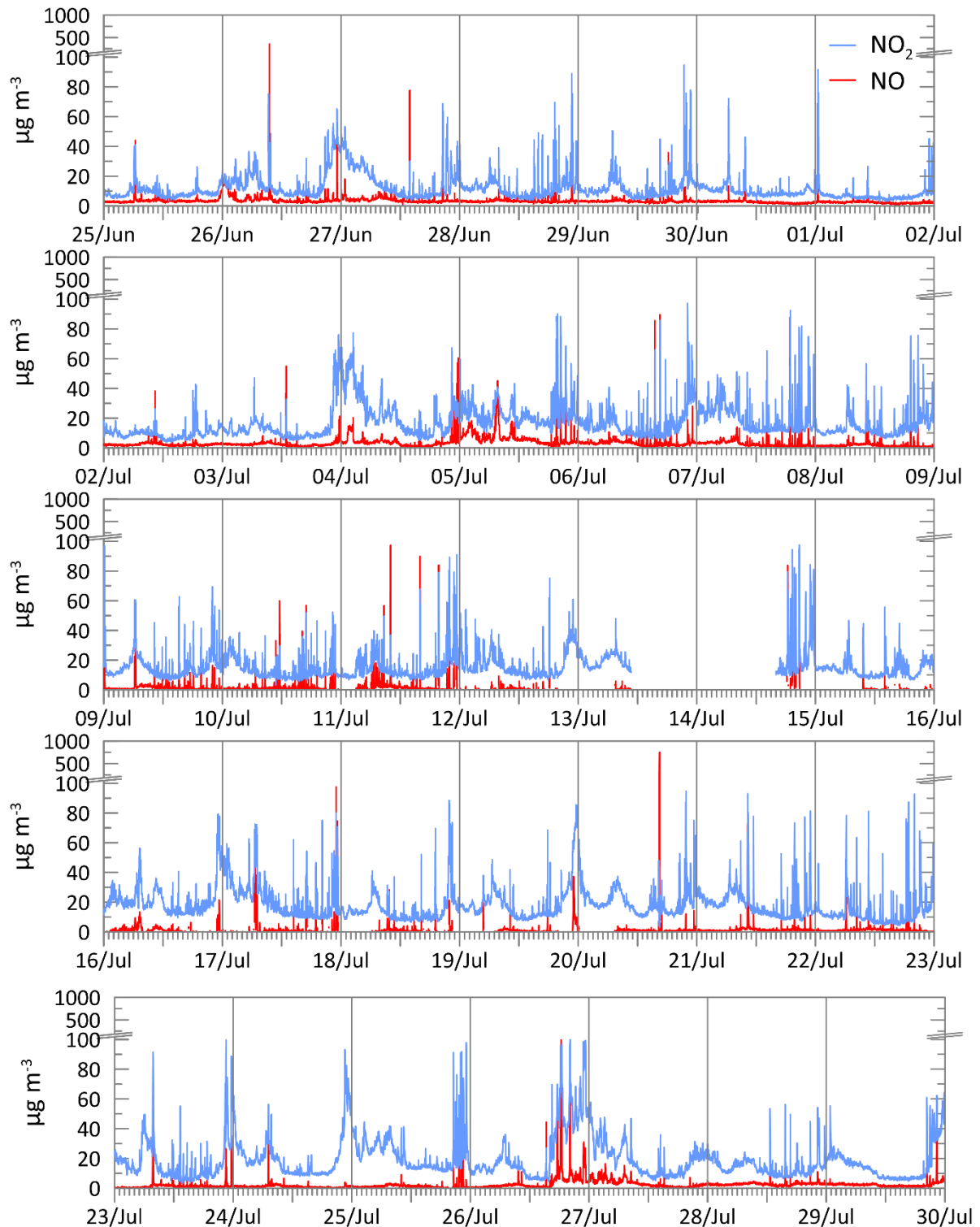


Abbildung 4: Ergebnisse der Stickoxidmessungen am Standort Birelerhaff im Juli 2018, Messwertausfälle sind auf die hohen Lufttemperaturen zurückzuführen

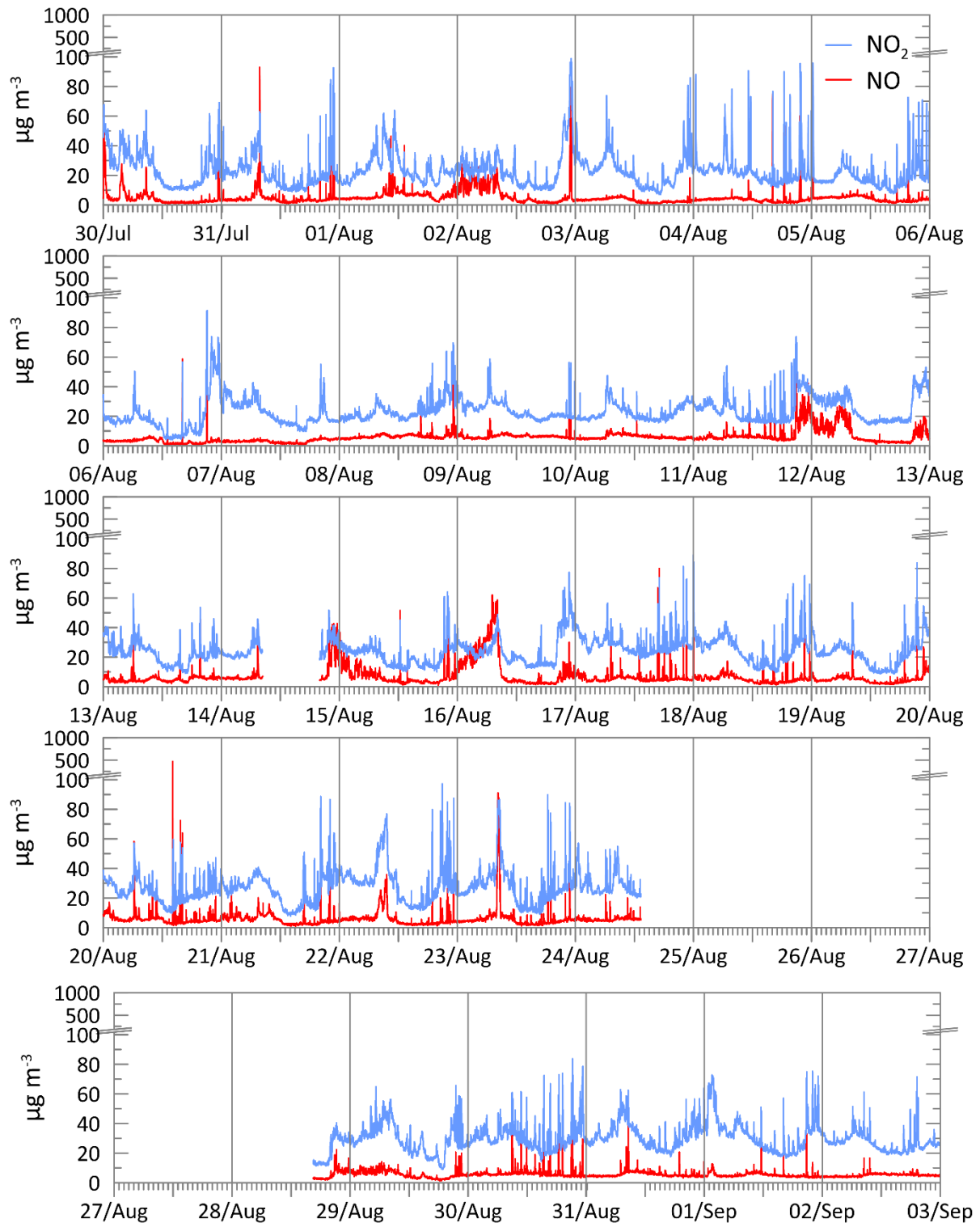


Abbildung 5: Ergebnisse der Stickoxidmessungen am Standort Birelerhaff im August 2018, Messwertausfälle sind auf die hohen Lufttemperaturen zurückzuführen

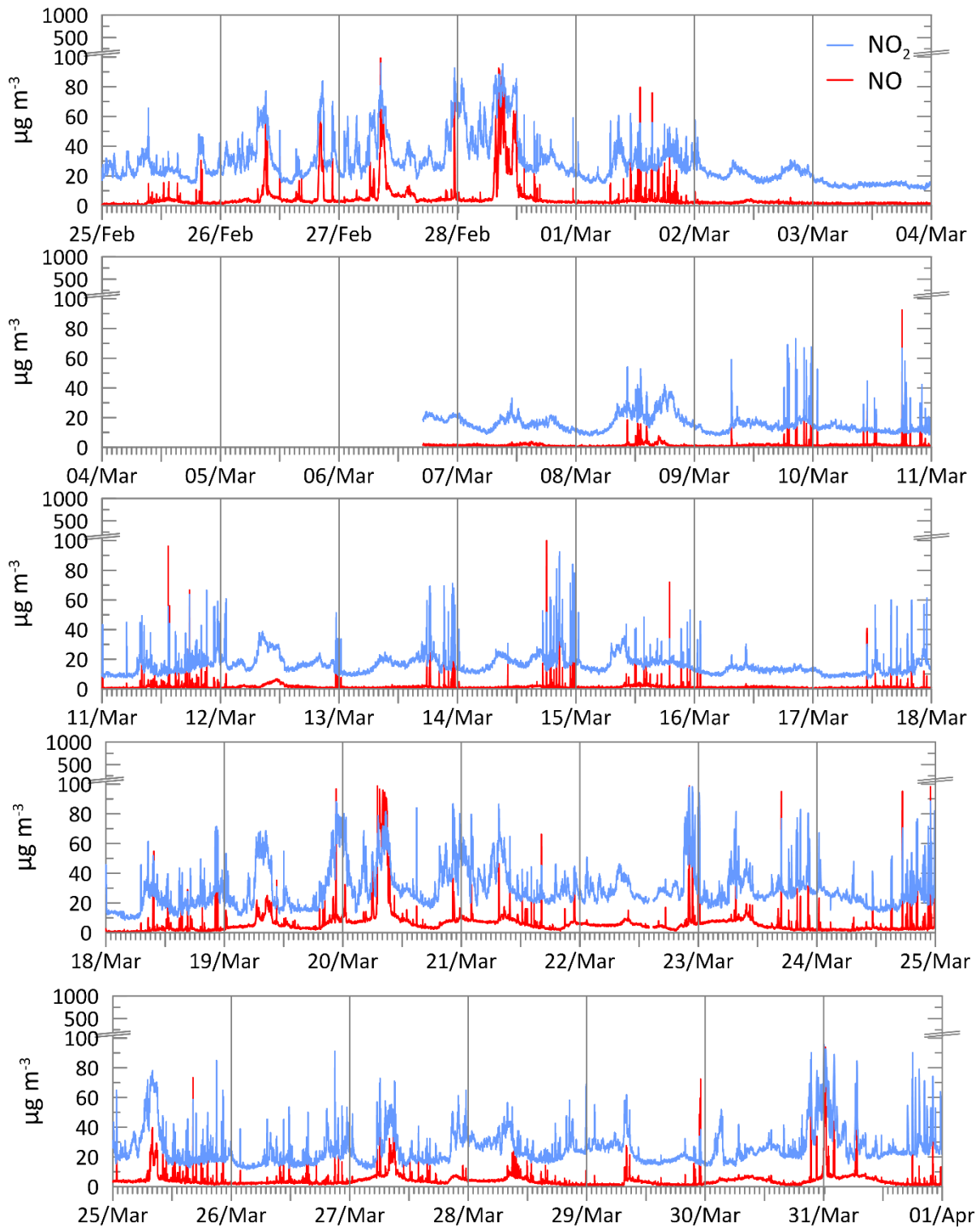


Abbildung 6: Ergebnisse der Stickoxidmessungen am Standort Birelerhaff im März 2019, Messwertausfälle sind auf Unterbrechungen der Stromversorgung zurückzuführen

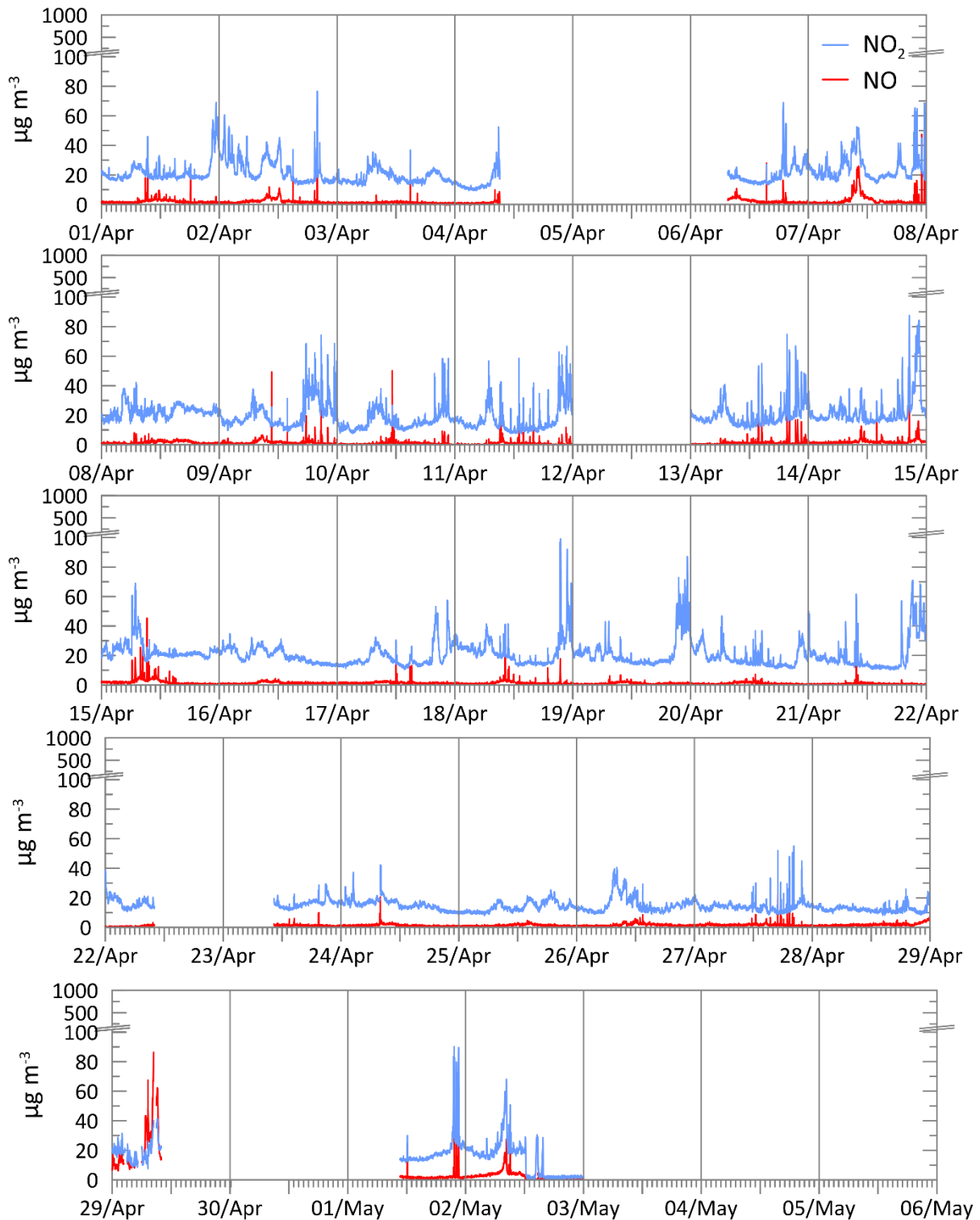


Abbildung 7: Ergebnisse der Stickoxidmessungen am Standort Birelerhaff im April 2019, Messwertausfälle sind auf Unterbrechungen der Stromversorgung zurückzuführen

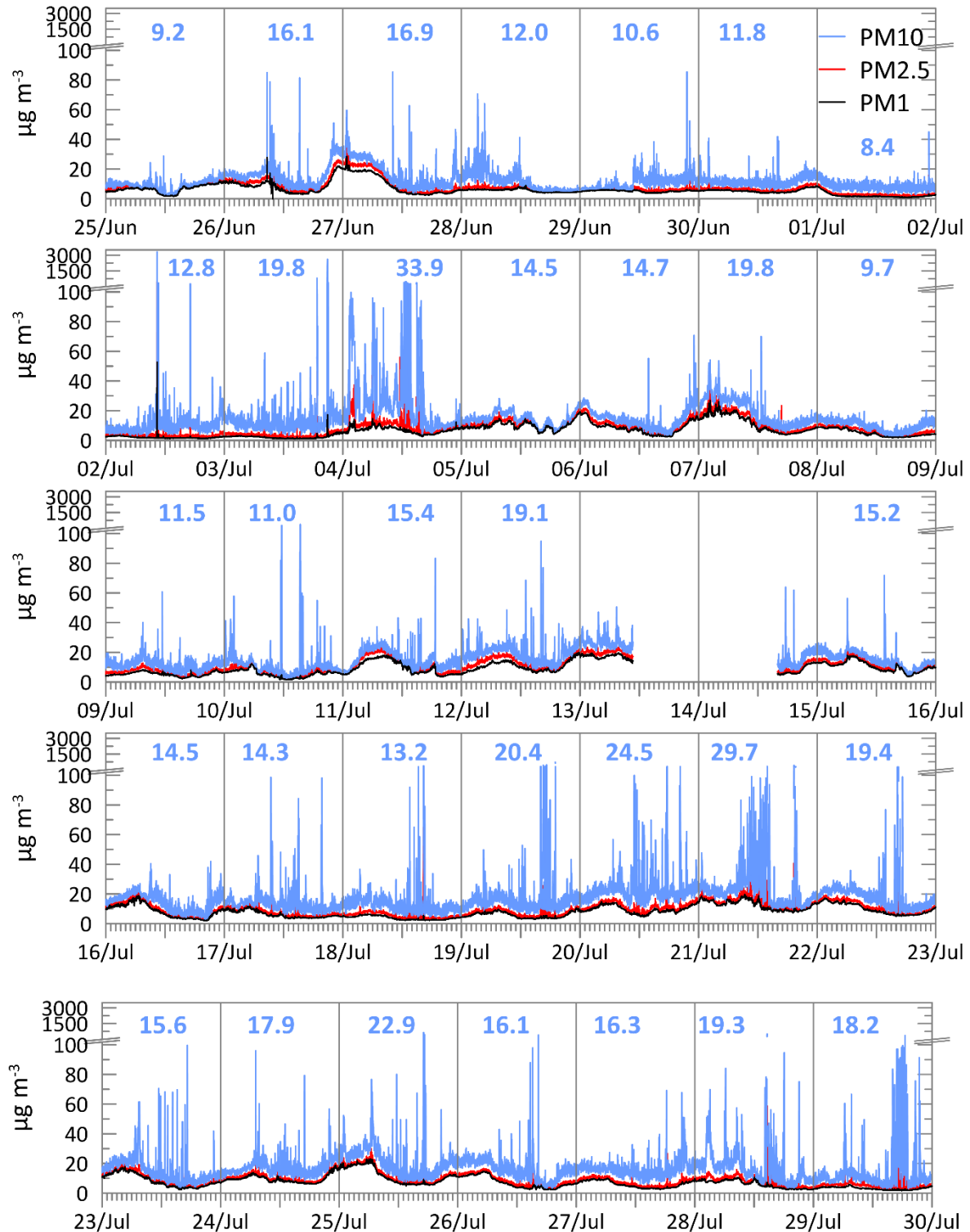


Abbildung 8: Ergebnisse der Feinstaubmessungen am Standort Birelerhaff im Juli 2018, Messwertausfälle sind auf die hohen Lufttemperaturen zurückzuführen, Tagesmittelwert PM10 in blau

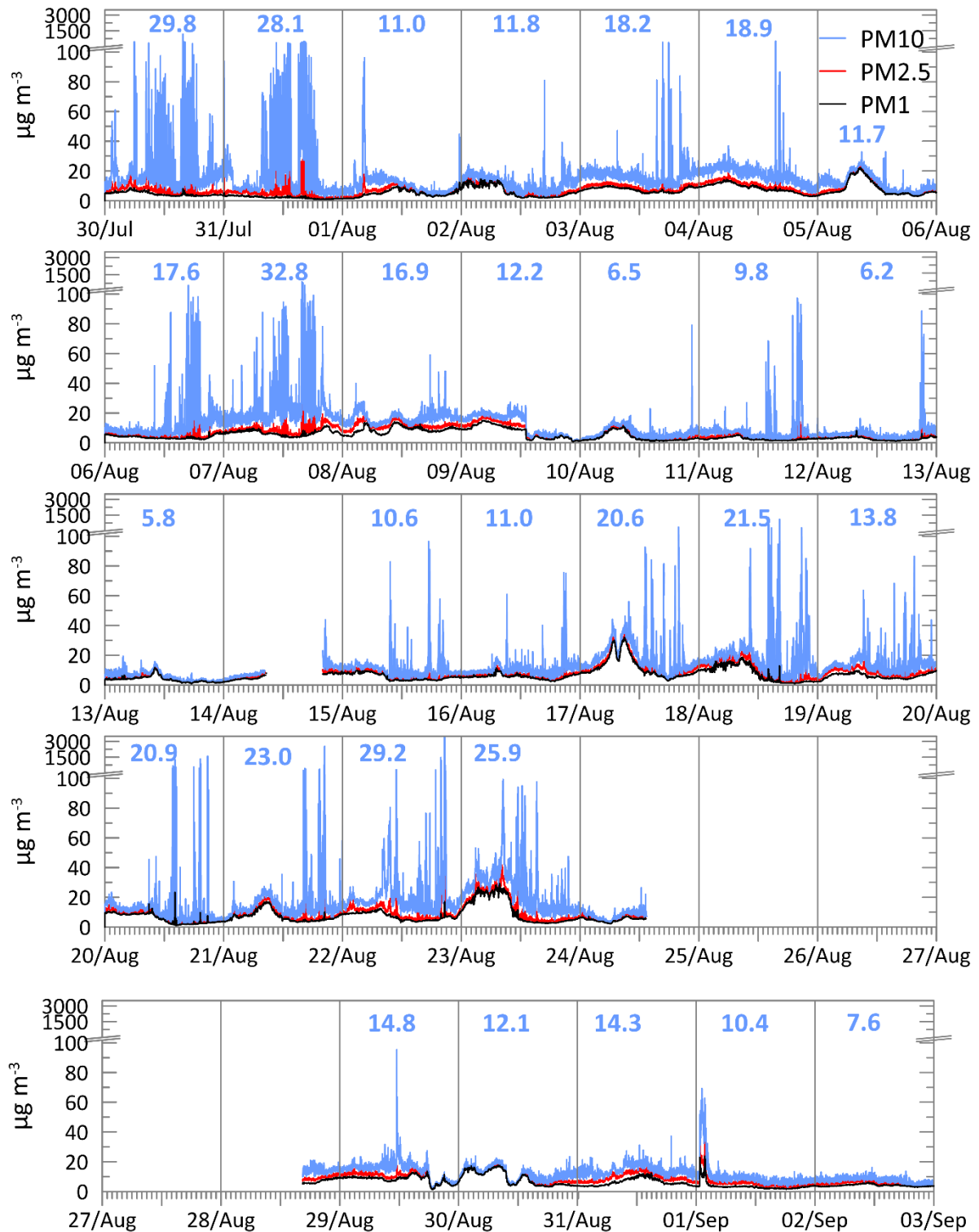


Abbildung 9: Ergebnisse der Feinstaubmessungen am Standort Birelerhaff im August 2018, Messwertausfälle sind auf die hohen Lufttemperaturen zurückzuführen, Tagesmittelwert PM10 in blau

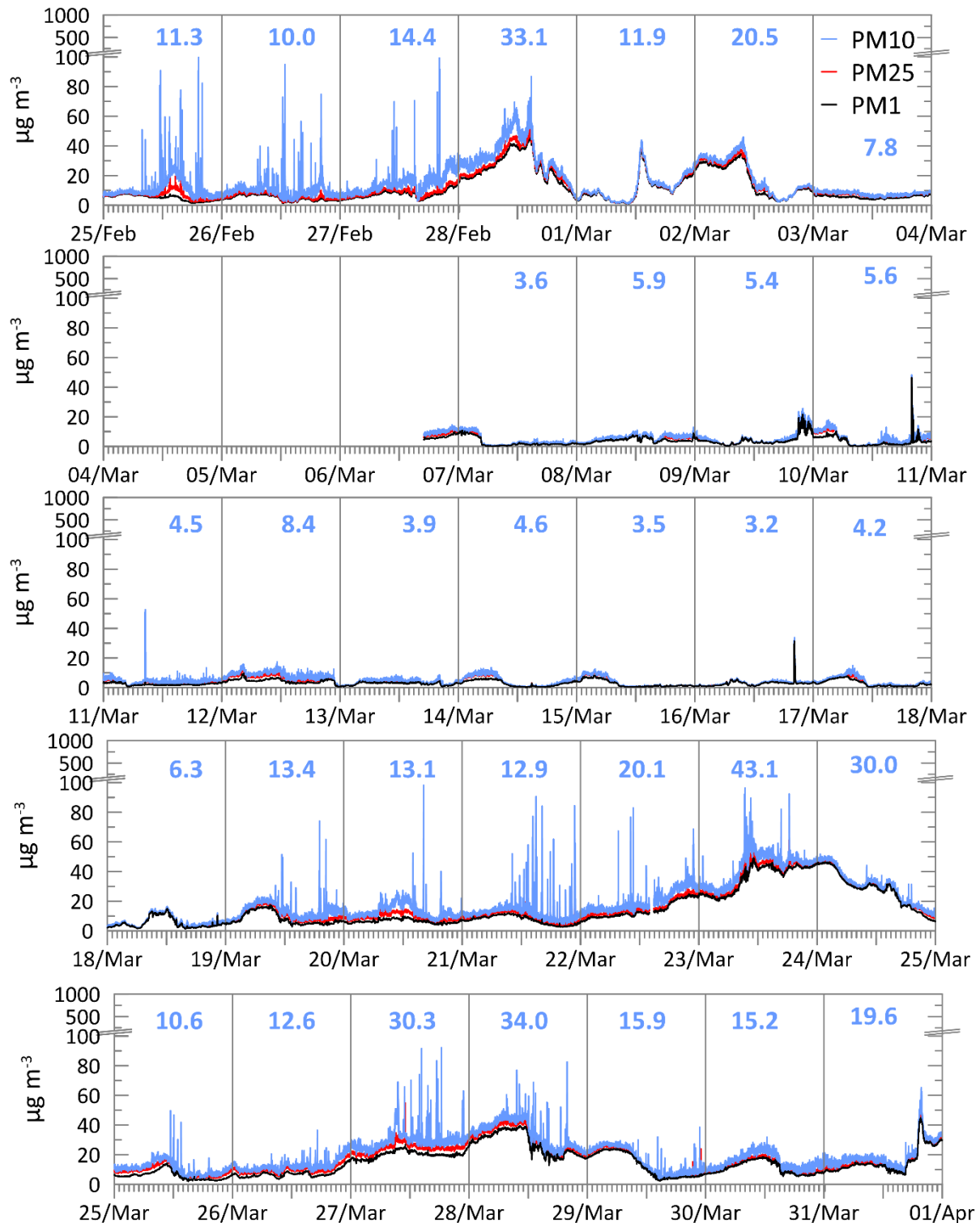


Abbildung 10: Ergebnisse der Feinstaubmessungen am Standort Birelerhaff im März 2019, Messwertausfälle sind auf eine Unterbrechung der Stromversorgung zurückzuführen, Tagesmittelwert PM10 in blau

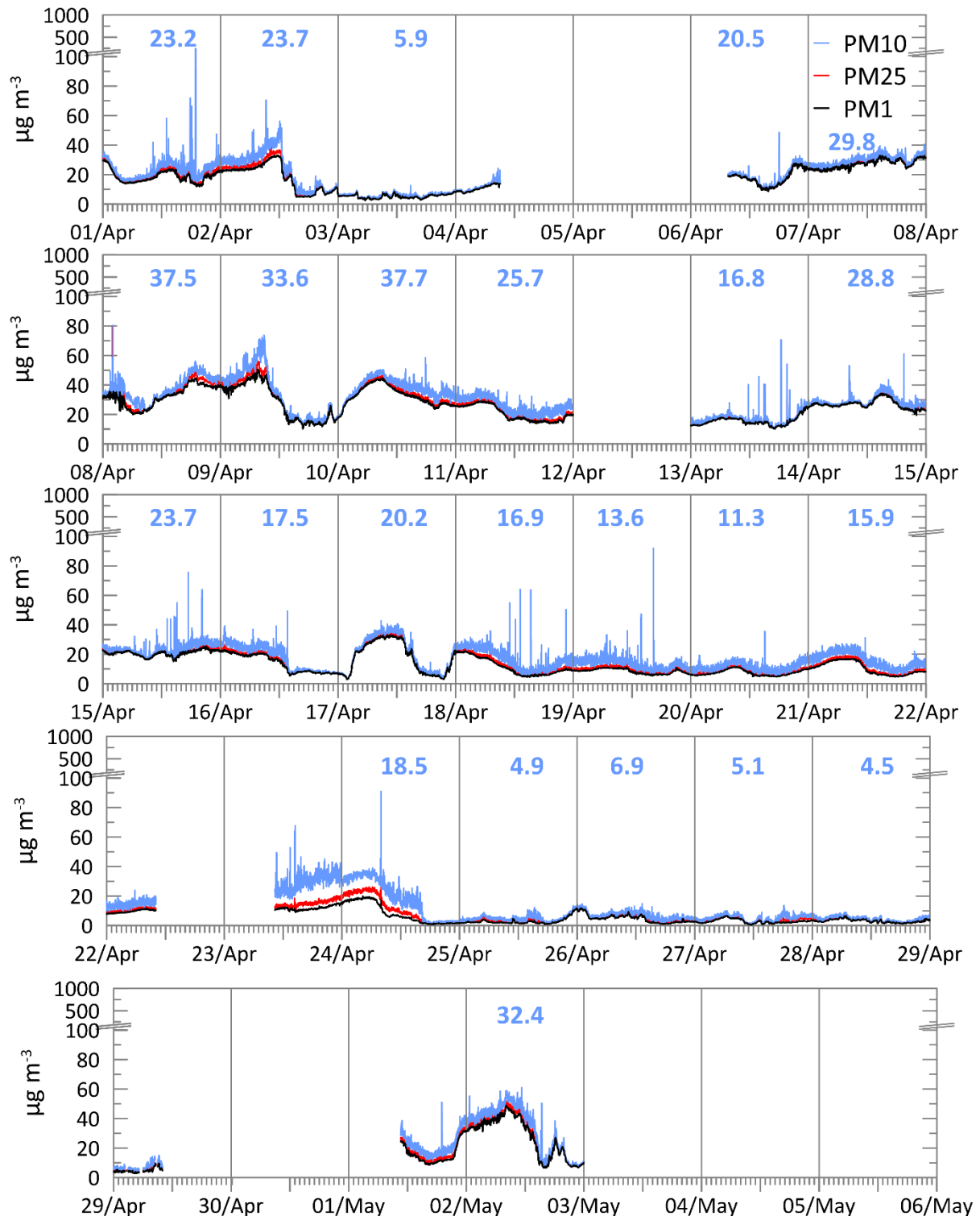


Abbildung 11: Ergebnisse der Feinstaubmessungen am Standort Birelerhaff im April 2019, Messwertausfälle sind auf eine Unterbrechung der Stromversorgung zurückzuführen, Tagesmittelwert PM10 in blau

Abbildung 12 zeigt die Schadstoffwindrosen für NO₂ und für PM10 am Standort Birelerhaff für den Zeitraum vom 25. Juni 2018 bis 5. September 2018. Es ist keine windrichtungsabhängige Quelle für PM10 oder für NO₂ festzustellen. Der Wind aus den nördlichen Sektoren – also vom Flughafenbereich

kommend – enthält nur geringe Konzentrationen der beiden Schadstoffe (Blautöne, Grüntöne) und unterscheidet sich nicht von anderen Windrichtungssektoren. Es bleibt allerdings festzustellen, dass während dieser Untersuchungsperiode der Wind überwiegend aus nördlichen Richtungen – also aus dem Bereich des Flughafens – an die Messstelle herangetragen wurde und somit ein direkter Vergleich mit Schadstoffen aus den südlichen Sektoren nicht möglich ist. Es lässt sich jedoch festhalten, dass die aus dem Bereich des Flughafens an den unmittelbar benachbarten Umweltmesswagen herangetragenen Luftschadstoffe nur geringe Konzentrationen an NO_2 oder an PM_{10} aufweisen. Der Einfluss des Flughafens auf den Bereich außerhalb des Flughafengeländes ist bezüglich Stickstoffdioxid und PM_{10} demnach sehr gering.

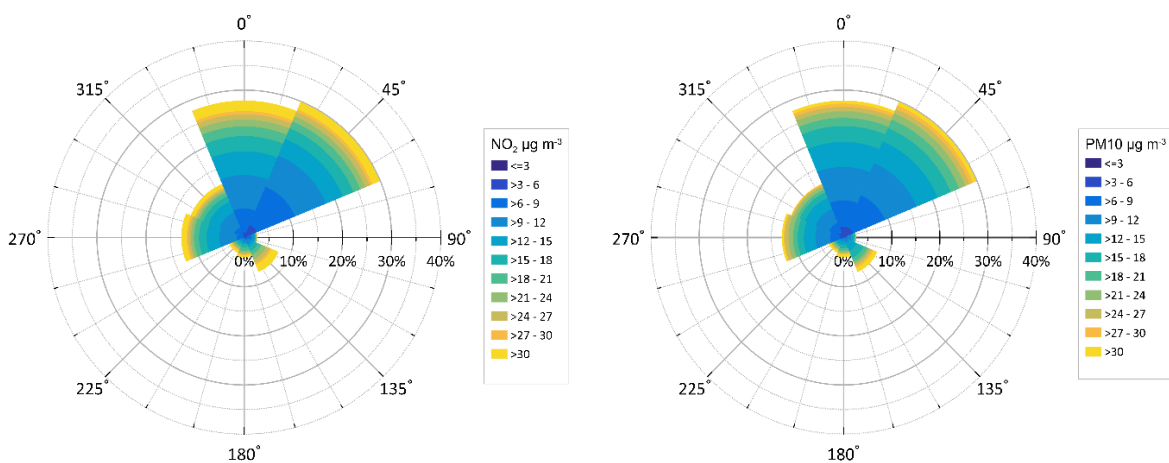


Abbildung 12: Schadstoffwindrosen der NO_2 (links) und PM_{10} (rechts) Minutenwerte über den gesamten Messzeitraum vom 25. Juni 2018 bis zum 5. September 2018

Abbildung 13 verdeutlicht die Schadstoffwindrosen für NO_2 und für PM_{10} am Standort Birelerhaff für den Zeitraum vom 25. Februar 2019 bis 5. Mai 2019. Dieser Beobachtungszeitraum eignet sich besser für eine Betrachtung windrichtungsabhängiger NO_2 - und PM_{10} -Quellen, da der Messpunkt am Birelerhaff in diesem Zeitraum sowohl aus südlichen Sektoren, als auch aus nördlichen Sektoren angeströmt wurde. NO_2 zeigt am Standort keine Konzentrationsunterschiede bezüglich der Anströmungsrichtung zum Messpunkt. Vom Flughafengelände kommen – wie schon bei der Messkampagne im Sommer - keine erhöhten NO_2 -Konzentrationen.

Die Schadstoffwindrose der PM_{10} -Immissionskonzentrationen zeigt im Gegenteil dazu, dass der Wind aus den nord- oder nordöstlichen Sektoren stärker mit Feinstaub belastet ist (insgesamt jedoch auf niedrigem Niveau), als während der Phasen, an denen südliche oder südwestliche Strömungen vorherrschen. Im Zeitraum vom 25. Februar 2019 bis 5. Mai 2019 ist die Luft, welche vom Flughafen an den Messpunkt Birelerhaff zuströmt demnach etwas höher mit Feinstaub belastet. Dieser Unterschied ist allerdings gering und vermutlich nicht nur auf den Flughafen selbst zurückzuführen. Einen Einfluss haben mit Sicherheit auch die nordöstlichen Strömungen mit generell trockeneren Witterungsverläufen und demnach höheren Feinstaubkonzentrationen (sogenannter Ferntransport; Buchholz et al., 2010). Die in Kapitel 3.5 gezeigten Untersuchungen der Umweltverwaltung – bei der während der hier gezeigten Untersuchungsperiode auch chemische Analysen des Feinstaubes durchgeführt wurden – zeigen sehr geringe Schwermetallkonzentrationen

oder Konzentrationen Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe am Feinstaub, was ebenfalls nicht auf den Flughafen Findel als eine wesentliche Quelle dieses Feinstaubs schließen lässt.

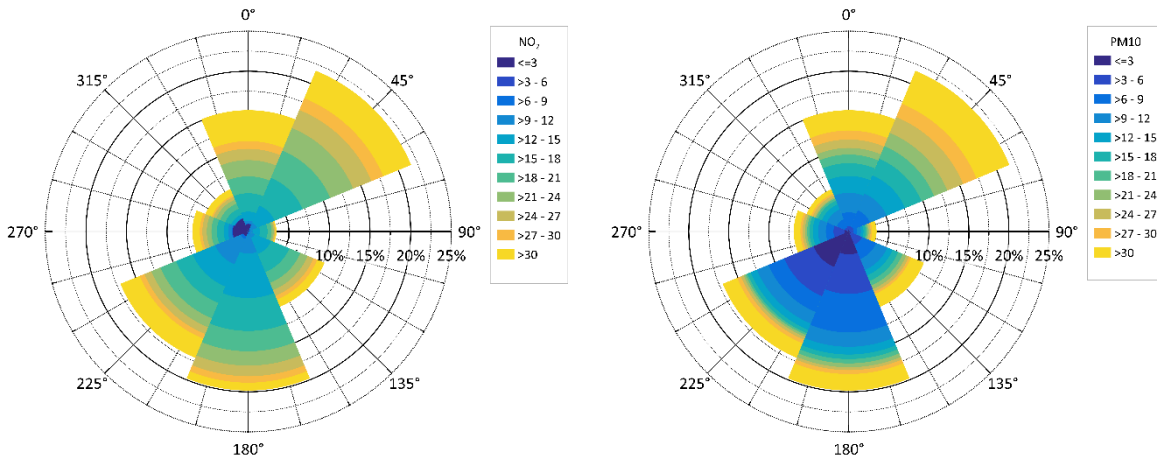


Abbildung 13: Schadstoffwindrosen der NO_2 (links) und PM_{10} (rechts) Minutenwerte über den gesamten Messzeitraum vom 25. Februar 2019 bis zum 5. Mai 2019

Untersuchungen an Flughäfen werden neuerdings bezüglich einer Analyse der ultrafeinen oder der sogenannten Nanopartikel durchgeführt. Im Gegensatz zu PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ wird bei Nanopartikeln nicht die Partikelmasse, sondern die Anzahlkonzentration betrachtet. Für derartige Parameter gibt es derzeit noch keine gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte. Nanopartikel sind aber von Bedeutung für die menschliche Gesundheit und geraten immer mehr in den Fokus entsprechender Untersuchungen, für die sich mittlerweile auch eine entsprechende Messtechnik etabliert hat. Typische Nanopartikelkonzentrationen im Bereich von 5 nm bis 300 nm liegen in Reinluftgebieten bei 10 bis 100 Partikeln pro cm^3 , bei marinen Gebieten bei 100 bis 1.500 Partikeln pro cm^3 , die Hintergrundbelastung (z.B. dünne Besiedlung im ländlichen Raum) bei 1.000 bis 10.000 Partikeln pro cm^3 und in urbanen Gebieten bei 5.000 bis 50.000 Partikeln pro cm^3 (Szymanski und Allmaier, 2007). Am Los Angeles International Airport mit ca. 87 Mio. Passagieren pro Jahr werden in direkter Umgebung der Startbahnen bis zu 150.000 Partikel cm^{-3} gemessen, in 250 m Entfernung zu den Startbahnen immer noch 17.000 Partikel cm^{-3} (Hu et al., 2009). Abbildung 14 zeigt die entsprechenden größten- und anteilsskalierten Zusammenstellungen der Messungen am Birelerhaff während der Winter- und der Sommermesskampagne von Partikeln im Größenbereich von 5 nm bis 340 nm. Die entsprechenden Perzentile sind ebenfalls in der Abbildung 14 in tabellarischer Form gelistet. Der Median liegt mit Werten von ca. 3.000 bzw. 5.000 Partikel cm^{-3} im unteren Bereich der in den oben genannten Studien als Hintergrundbelastung beschriebenen Konzentrationsbereiche. Selbst der P95-Wert liegt im unteren Bereich von dem, was in urbanen Räumen gemessen wird (5.000 - 50.000 Partikel pro cm^3). Die Belastung des flughafennahen Umfeldes außerhalb des Flughafengeländes mit Nanopartikeln ist demnach als eher gering zu beurteilen.

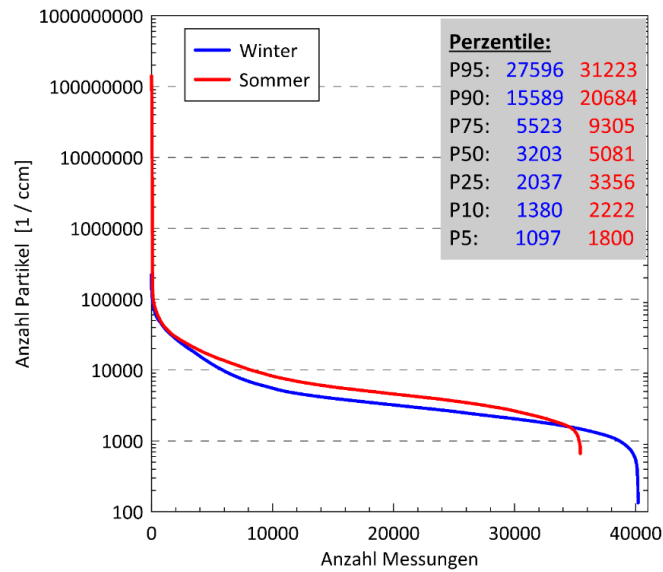


Abbildung 14: Größen- und anteilsskalierte Zusammenstellung der Messungen während der Winter- und der Sommermesskampagne von Partikeln im Größenbereich von 5 nm bis 340 nm

3.4 Ergebnisse der Passivsammler zur Bestimmung der volatilen organischen Kohlenwasserstoffe um den Flughafen

Abbildung 15 zeigt die, mit den um den Flughafen aufgestellten Passivsammlern gefundenen, volatilen organischen Kohlenwasserstoffe und die Häufigkeit ihres Auftretens in 44 Proben (jeweils elf Monatswerte an den vier Standorten) für den Untersuchungszeitraum von Juni 2018 bis Ende April 2019.

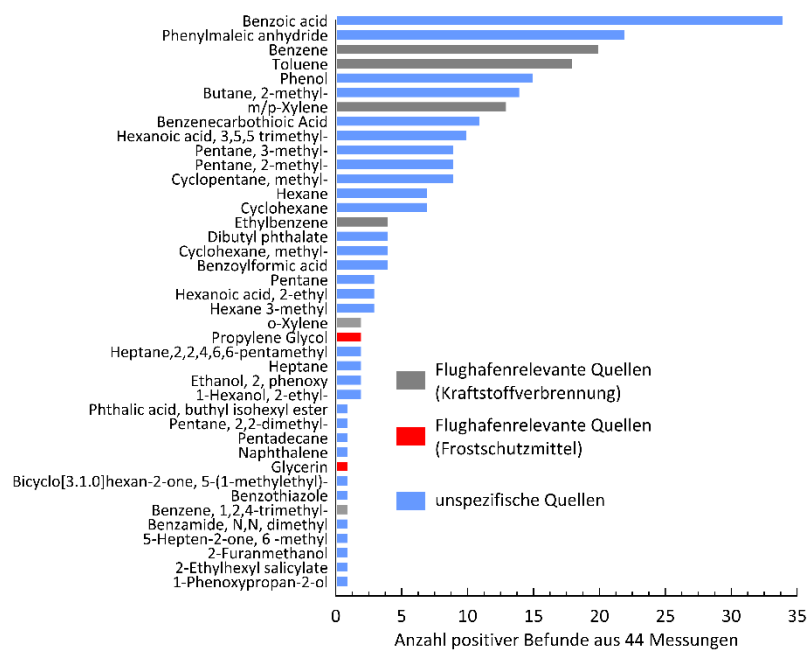


Abbildung 15: Anzahl nachgewiesener volatiler organischer Komponenten in 44 Proben um den Flughafen Findel über den Untersuchungszeitraum von Juni 2018 bis Ende April 2019

Es handelt sich bei der Abbildung um die reine Anzahl positiver Befunde, nicht um Konzentrationen. Die Betrachtung der Konzentrationen zeigt darüber hinaus bei allen 40 untersuchten Substanzen nur sehr geringe Werte. Die aus der vorausgegangenen Literaturstudie (Junk & Krein, 2018) als mit Bezug zum Flughafen als relevant identifizierten Substanzen sind in grau und in roter Farbe dargestellt. Es handelt sich vor allem um Benzol, Toluol, Xylol und Ethylenbenzol (Kraftstoffverbrennung), welche aber auch nur in maximal der Hälfte der Messungen am Findel gefunden werden. Die aus dem Bereich der Frostschutzmittel stammenden Substanzen Glykol oder Glycerin werden sehr selten detektiert. Für Benzol gilt seit dem 1. Januar 2010 europaweit ein Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit; $5 \mu\text{g m}^{-3}$ dürfen im Jahresmittel nicht überschritten werden. Insgesamt wurde in 44 Proben zwanzigmal Benzol über der Nachweisgrenze von $0,2 \mu\text{g m}^{-3}$ detektiert. Der Durchschnittswert aus den in dieser Studie gefundenen positiven Befunden (20 von 44 Proben) liegt unter $0,5 \mu\text{g m}^{-3}$ (Abbildung 16). Abbildung 16 lässt weiterhin erkennen, dass die höheren Benzol-Immissionskonzentrationen in der kalten Jahreszeit gemessen werden (blaue Balken). Gleichzeitig ist keiner der vier Standorte um den Flughafen herum stärker mit positiven Benzolbefunden charakterisiert (vgl. X-Achse). Das spricht gegen den Einfluss des Flughafens an der insgesamt geringen Grundbelastung von Benzol. An der offiziellen Messstation Luxemburg Bonnevoie liegen die C_6H_6 Jahresmittelkonzentrationen bei $0,5 \mu\text{g m}^{-3}$ und damit über denen an den Messstationen in unmittelbarer Nähe zum Flughafen. Damit kann die Studie nicht die Untersuchung von Jung et al. (2011) bestätigen, die zu dem Schluss kommen, dass Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol in einem Radius von 4 km um den Teterboro Airport (New Jersey) doppelt so hoch in ihrer Konzentration sind, als außerhalb dieser Zone.

Die Monatsmittelwerte der Kohlenwasserstoffe ermöglichen keine Aussage bezüglich des typischen „Flughafen Geruchs“.

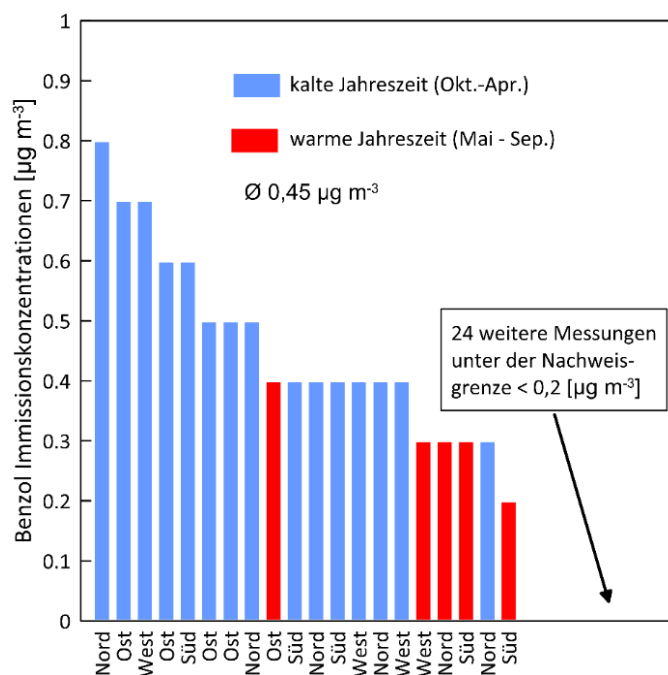


Abbildung 16: Konzentrationen der 20 positiven Befunde von Benzol sowie Zuordnung der jeweiligen Konzentration bezüglich des Standortes (X-Achse) und der Jahreszeit der Messung

3.5 Messungen von Schwermetallen und von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen am Birelerhaff durch die Umweltverwaltung

Um eine Abschätzung der grenzwertrelevanten Schwermetalle im Bereich des Flughafens zu erhalten, wurden am Birelerhaff im Zeitraum von 6. April 2019 bis zum 6. Mai 2019 Tagesproben mit einem High-volume Sammler genommen. Gemessen wurden von den grenzwertrelevanten Elementen partikelgebundenes Arsen (Jahresgrenzwert 6 ng m^{-3}), Cadmium (Jahresgrenzwert 5 ng m^{-3}), Nickel (Jahresgrenzwert 20 ng m^{-3}), Blei (Jahresgrenzwert 500 ng m^{-3}), sowie der polyzyklisch aromatische Kohlenwasserstoff Benzo(a)pyren (Jahresgrenzwert 1 ng m^{-3}). Arsen, Cadmium und Benzo(a)pyren liegen in jeder Probe unter der Nachweisgrenze und damit weit unter den Grenzwerten. Die Konzentrationsverläufe für Nickel und Blei sind in Abbildung 17 aufgeführt. Beide Schwermetalle liegen mit allen Konzentrationen unter den Grenzwerten. Weiterhin wurden von der Umweltverwaltung sechs Proben im Oktober und November 2018 genommen. Auch zu diesem Zeitpunkt sind die Konzentrationen weit unter den Grenzwerten.

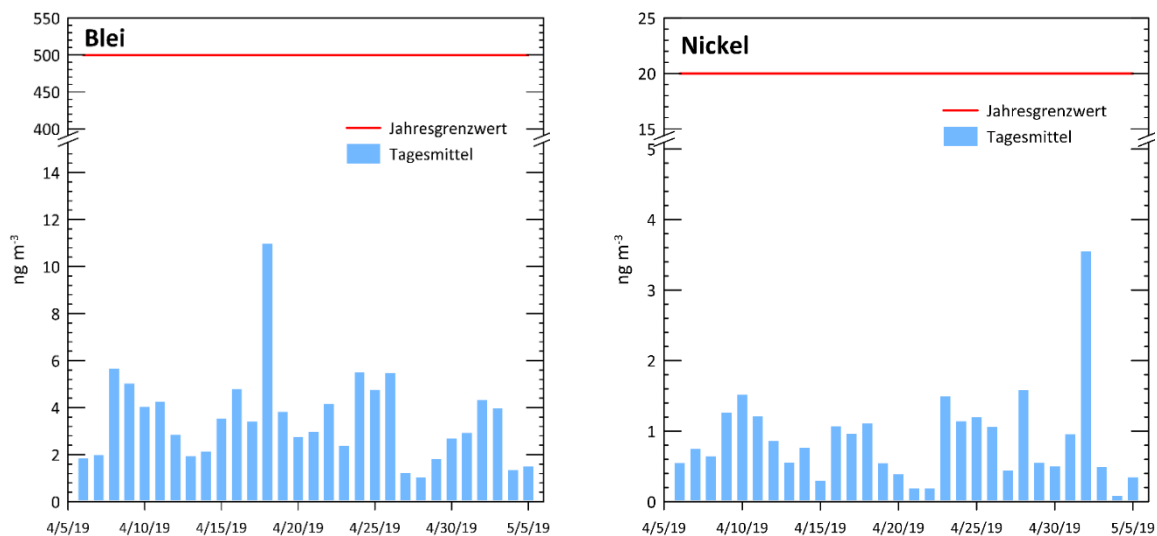


Abbildung 17: Konzentrationen von partikelgebundenem Nickel und Blei in der Luft am Birelerhaff vom 6. April 2019 bis zum 6. Mai 2019

Tabelle 1 gibt eine Übersicht aller Substanzen, die bei den durch die Umweltverwaltung durchgeführten Analysen der Tagesproben im Zeitraum vom 6. April bis zum 6. Mai 2019 am Birelerhaff erfasst wurden (Substanzen, die bei allen Analysen unterhalb der Nachweisgrenze liegen, stehen aufgelistet unterhalb der Tabelle).

Datum	Nickel [nm ³]	Blei [nm ³]	Mangan [nm ³]	Eisen [nm ³]	Zink [nm ³]	Aluminium [nm ³]	Kalium [nm ³]	Calcium [nm ³]	Schwefel [nm ³]	Fluoranthen [nm ³]	Pyren [nm ³]	Benzo(b)fluoranthen [nm ³]	Benzo(k)fluoranthen [nm ³]	Benzo(ghi)perylene [nm ³]	Indeno(1,2,3-cd)pyren [nm ³]
06/04/2019	0,6	1,9	6,2	163,3	11,1	30,8	43,6	51,3	315,8	0,17	0,11	0,16	0,15	0,10	0,10
07/04/2019	0,8	2,0	68,3	120,6	5,5	45,8	43,2	157,7	419,7	0,13	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05
08/04/2019	0,7	5,7	40,7	228,6	18,0	50,9	114,5	218,9	705,0	0,33	0,22	0,17	0,16	0,10	0,10
09/04/2019	1,3	5,1	174,2	257,6	25,1	56,3	105,0	138,3	1134,3	0,19	0,11	0,10	0,10	0,05	0,05
10/04/2019	1,5	4,1	206,9	217,5	20,4	40,9	109,8	214,5	1064,7	0,22	0,14	0,12	0,12	0,06	0,05
11/04/2019	1,2	4,3	216,6	273,0	15,8	153,9	156,5	215,5	1157,0	0,22	0,15	0,08	0,08	0,05	0,05
12/04/2019	0,9	2,9	20,7	285,7	13,5	206,6	116,2	263,4	674,1	0,23	0,16	0,09	0,09	0,05	0,05
13/04/2019	0,6	2,0	6,8	205,6	6,7	161,4	80,7	218,6	632,5	0,21	0,15	0,10	0,09	0,05	0,05
14/04/2019	0,8	2,2	8,0	136,2	8,8	52,2	140,9	78,3	623,4	0,19	0,14	0,10	0,10	0,05	0,05
15/04/2019	0,3	3,6	9,8	135,3	10,4	52,0	101,5	338,3	986,3	0,32	0,23	0,17	0,16	0,09	0,08
16/04/2019	1,1	4,8	68,1	221,6	21,1	97,9	121,1	324,7	894,3	0,45	0,33	0,20	0,19	0,10	0,10
17/04/2019	1,0	3,4	182,3	196,7	18,3	66,9	105,5	164,7	486,5	0,34	0,24	0,15	0,15	0,09	0,08
18/04/2019	1,1	11,0	140,6	223,9	26,0	66,6	69,2	517,5	594,4	0,20	0,14	0,09	0,09	0,06	0,06
19/04/2019	0,6	3,9	13,5	193,9	17,5	168,4	119,9	255,1	459,2	0,37	0,24	0,13	0,12	0,08	0,10
20/04/2019	0,4	2,8	5,8	144,4	11,6	158,1	104,6	199,0	469,3	0,26	0,18	0,09	0,08	0,06	0,07
21/04/2019	0,2	3,0	6,2	163,7	11,1	229,4	130,0	265,1	540,4	0,23	0,15	0,07	0,07	0,05	0,05
22/04/2019	0,2	4,2	8,0	202,3	14,1	243,4	157,2	273,9	502,1	0,27	0,19	0,10	0,09	0,05	0,06
23/04/2019	1,5	2,4	5,2	126,9	8,2	191,4	128,4	1727,4	372,7	0,25	0,15	0,07	0,07	0,05	0,05
24/04/2019	1,2	5,5	8,5	277,7	17,6	438,5	211,7	453,6	478,8	0,39	0,25	0,17	0,16	0,11	0,12
25/04/2019	1,2	4,8	42,1	318,4	19,6	486,0	194,9	546,7	384,7	0,25	0,15	0,10	0,10	0,06	0,06
26/04/2019	1,1	5,5	37,8	103,9	15,7	20,5	66,5	46,1	145,8	0,19	0,11	0,09	0,09	0,06	0,06
27/04/2019	0,5	1,3	40,2	82,4	8,5	46,1	74,2	102,4	197,1	0,15	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05
28/04/2019	1,6	1,1	60,0	86,1	6,8	51,5	90,2	30,9	195,9	0,12	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
29/04/2019	0,6	1,9	40,9	100,4	14,6	15,5	72,4	31,0	170,8	0,17	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05
30/04/2019	0,5	2,7	66,1	105,1	6,9	46,4	74,7	360,6	510,0	0,16	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05
01/05/2019	1,0	3,0	50,0	146,2	14,2	148,7	130,8	179,5	1430,9	0,15	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05
02/05/2019	3,6	4,4	8,0	183,3	22,3	183,3	160,4	157,9	1008,3	0,18	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05
03/05/2019	0,5	4,0	58,4	166,8	13,8	147,9	127,5	147,9	1122,4	0,21	0,11	0,06	0,06	0,05	0,05
04/05/2019	0,1	1,4	46,0	93,3	8,6	20,5	61,5	102,5	461,4	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
05/05/2019	0,4	1,5	15,0	55,2	5,1	46,4	69,7	20,6	307,0	0,13	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05

* folgende Stoffe sind unterhalb der Nachweisgrenze:

Arsen, Cadmium, Benzo(a)pyren, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Benz(a)anthracen, Chrysen, Dibenz(ah)anthracen, Naphthalin

Tabelle 1: Durch die Umweltverwaltung durchgeführte Analysen im Zeitraum vom 6. April bis zum 6. Mai 2019; Tagesproben am Birelerhaff mit einem High-volume Sammler zur Bestimmung ausgewählter Schwermetalle und von 16 Polyzyklisch Aromatischen Kohlenwasserstoffen (die sogenannten EPA PAK). Der jeweils höchste Wert ist in rot dargestellt

4. Fazit

Das Gebiet um den Flughafen Findel ist bezüglich Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid, volatilen organischen Verbindungen, Feinstaub, Nanopartikeln und partikelgebundenen Schwermetallen, sowie polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe gering belastet. Es zeigt sich kein wesentlicher Einfluss des Flughafens bezüglich dieser Stoffe auf die umgebenden Flächen.

Alle mittleren monatlichen Schwefeldioxidkonzentrationen liegen unterhalb der Nachweisgrenze von $1 \mu\text{g m}^{-3}$. Schwefeldioxid ist im Untersuchungsgebiet ohne Bedeutung und gültige Grenzwerte werden mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit eingehalten.

Stickstoffdioxid liegt weit unterhalb der Kurz- und Langzeitgrenzwerte. Leicht erhöhte Stickstoffdioxid-Immissionskonzentrationen treten in der Nähe der Autobahn (Findel Ost) auf. Gültige Grenzwerte für NO_2 werden mit einer hohen Wahrscheinlichkeit nicht überschritten.

Die Feinstaubfraktionen PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ liegen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit untersuchungsgebietsweit unterhalb der Kurz- und Langzeitgrenzwerte.

In der vorausgegangenen Literaturstudie (Junk & Krein, 2018) haben sich Nanopartikel als relevante Größe für Flughafenimmissionen herausgestellt. Der Median liegt am Findel jedoch mit Werten von ca. 4.000 Partikeln pro cm^3 im unteren Bereich des allgemein als Hintergrundbelastung angenommenen Konzentrationsbereiches. Der P_{90} -Wert liegt am Findel mit ca. 18.000 Partikeln pro cm^3 im unteren Bereich der üblicherweise in urbanen Räumen gemessenen Werte (5.000 – 50.000 Partikel pro cm^3). Die Belastung des flughafennahen Umfeldes außerhalb des Flughafengeländes mit Nanopartikeln ist demnach gering.

Insgesamt werden nur geringe Konzentrationen flüchtiger organischer Kohlenwasserstoffe gefunden. Alle haben unspezifische Quellen und sind nicht direkt dem Flughafen zuzuordnen. Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol treten häufiger auf, weisen aber ebenfalls geringe Werte auf. Benzol liegt weit unter dem derzeit gültigen Grenzwert (für die Mehrzahl der übrigen VOCs sind bisher keine Grenzwerte definiert).

Die von der Umweltverwaltung am Birelerhaff gemessenen, grenzwertrelevanten partikelgebundenen (PM_{10}) Elemente Arsen, Cadmium, sowie der polyzyklisch aromatische Kohlenwasserstoff Benzo(a)pyren liegen während der ausgewählten Probenahmekampagnen unterhalb der Nachweisgrenzen. Nickel und Blei liegen in dem Messzeitraum weit unter den Konzentrationen, die als Jahresmittelwert gelten.

Literatur

- Buchholz, S., J. Junk, A. Krein, G. Heinemann and L. Hoffmann (2010) "Air pollution characteristics associated with mesoscale atmospheric patterns in northwest continental Europe", *Atmospheric Environment*, 44(39), 5183-5190, doi:10.1016/j.atmosenv.2010.08.053
- Harrison, R. M., M. Masiol and S. Vardoulakis (2015): "Civil aviation, air pollution and human health." *Environmental Research Letters*, 10 (4)
- Hu, S., S. Fruin, K. Kozawa, S. Mara, A. Winer and S. Paulson (2009). "Aircraft Emission Impacts in a Neighbourhood Adjacent to a General Aviation Airport in Southern California" *Environmental Science & Technology*, 49, 8039-8045
- Jung, K.-H., F. Artigas and J. Y. Shin (2011): "Personal, indoor, and outdoor exposure to VOCs in the immediate vicinity of a local airport." *Environmental Monitoring and Assessment*, 173 (1), 555-567
- Junk, J., and Krein, A (2018): "Literaturstudie Schadstoffemissionen von Flughäfen" Abschlussbericht, Belvaux, Luxembourg, pp 18
- Lee, D. S., D. W. Fahey, P. M. Forster, P. J. Newton, R. C. N. Wit, L. L. Lim, B. Owen, and R. Sausen (2009): "Aviation and global climate change in the 21st century". *Atmospheric Environment*, 43 (22), 3520-3537
- Masiol, M., T. V. Vu, D. C. S. Beddows, and R. M. Harrison (2016): "Source apportionment of wide range particle size spectra and black carbon collected at the airport of Venice (Italy)". *Atmospheric Environment*, 139, 56-74
- Szymanski, W. W., and G. Allmaier (2007): "Nanopartikel und Nanoaerosole — Messmethoden", in *Nano: Chancen und Risiken aktueller Technologien*, edited by A. Gázsó, S. Greßler and F. Schiemer, 21-38, Springer, Vienna, doi:10.1007/978-3-211-49303-8_2