

# Luftgütebericht 2022





# Inhalt

<b>Luftgüte</b> .....	<b>8</b>
Emissionen im Flughafenumfeld .....	10
Überwachung von Immissionen in der Hauptstadtregion .....	11
<b>Luftgüteüberwachung</b> .....	<b>13</b>
Ergänzende Untersuchungen .....	16
<b>Messreihen</b> .....	<b>19</b>
Datenverfügbarkeit .....	19
Meteorologie .....	20
Stickoxide .....	22
Ozon .....	28
Kohlenmonoxid .....	30
Feinstaub PM <sub>10</sub> .....	32
Feinstaub PM <sub>2.5</sub> .....	34
Benzol .....	36
Benz[a]pyren .....	38
Ruß .....	40
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>43</b>
<b>Zusatzinformation</b> .....	<b>48</b>
Ultrafeinstaub - Allgemeine Informationen .....	48
Ultrafeinstaub-Messungen der FBB .....	49
Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl 2022 .....	53
Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl Jahresvergleich ..	55
Jahresmittelwerte weiterer VOC und PAK .....	59
Boxplot-Darstellung .....	60

# Abbildungen

1	Verortung Luftgütemessstellen in und um Berlin . . . . .	11
2	Verortung Luftgütemessstelle der FBB . . . . .	15
3	Häufigkeitsverteilung von Windgeschwindigkeit und -richtung am Standort BER . . . . .	15
4	Darstellung der meteorologischen Tagesmittel von Temperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Windrichtung . . . . .	21
5	Messdaten Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) . . . . .	23
6	Messdaten Stickstoffmonoxid (NO) . . . . .	25
7	Messdaten Stickoxide (NO <sub>x</sub> ) . . . . .	26
8	Messdaten Ozon (O <sub>3</sub> ) . . . . .	29
9	Messdaten Kohlenmonoxid (CO) . . . . .	31
10	Messdaten Feinstaub PM <sub>10</sub> . . . . .	33
11	Messdaten Feinstaub PM <sub>2.5</sub> . . . . .	35
12	Messdaten Benzol . . . . .	37
13	Messdaten Benz[a]pyren . . . . .	39
14	Messdaten Ruß (EC) . . . . .	41
15	Normierte Luftschadstoff-Konzentrationsniveaus . . . . .	43
16	Normierter Verlauf der Verkehrsentwicklung sowie Jahresmittel der Luftschadstoffe . . . . .	45
17	Partikelgrößenabhängige Massen- und Anzahlkonzentration eines Aerosols . . . . .	48
18	UFP-Messgerät im Betrieb . . . . .	50
19	Teilnahme am TROPOS-Kalibrierworkshop . . . . .	50
20	Messmodi des UFP-Messgeräts . . . . .	50
21	Darstellung UFP-Zeitreihen . . . . .	52
22	Windabhängige UFP-Anzahlkonzentration 2022 . . . . .	54
23	Windabhängige UFP-Anzahlkonzentration im Jahresvergleich, 2019-2022 . . . . .	56
24	Größenverteilung . . . . .	58
25	Erläuterung zur Boxplot-Darstellung . . . . .	60

# Tabellen

1	Beurteilungswerte für Luftschadstoffe . . . . .	9
2	Auswahl Luftgütemessstandorte für vergleichende Betrachtung	11
3	Gemessene Schadstoffkomponenten an den Standorten BER und BDF . . . . .	14
4	Prozentuale Verfügbarkeit der Messdaten bzw. Anzahl der gültigen Tage. . . . .	19
5	Messdaten Stickoxide (NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NO) . . . . .	22
6	Messdaten Ozon (O <sub>3</sub> ) . . . . .	28
7	Messdaten Kohlenmonoxid (CO) . . . . .	30
8	Messdaten Feinstaub PM <sub>10</sub> . . . . .	32
9	Messdaten Feinstaub PM <sub>2,5</sub> . . . . .	34
10	Messdaten Benzol . . . . .	36
11	Messdaten Benz[a]pyren . . . . .	38
12	Messdaten Ruß (EC) . . . . .	40
13	UFP-Messwerte @BER, BDF und BFM . . . . .	52
14	Messdaten volatile organische Kohlenwasserstoffe (VOC) . . .	59
15	Messdaten polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	59

# Abkürzungen

ACTRIS	Research Infrastructure for the observation of Aerosol, Clouds and Trace Gases
APU	Auxiliary Power Unit
BDF	Bohnsdorf (Messstandort der FBB)
BFM	Blankenfelde-Mahlow (Messstandort des LfU)
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
ccm	Kubikzentimeter ( $cm^3$ )
CO	Kohlenmonoxid
CPC	Condensation Particle Counter
DMA	Differential Mobility Analyzer (Größenklassierer)
EC	Elemental Carbon (Ruß)
FBB	Flughafen Berlin Brandenburg GmbH
ft	Fuß (Höhenangabe)
GMW	Gleitender Mittelwert
GUAN	German Ultrafine Aerosol Network (Ein Messnetz für ultrafeine Partikel)
GPU	Ground Power Unit
HHB	Hasenholz-Buckow (Messstandort des LfU)
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg
LTO	Landing-Take-Off Zyklus
Max	Maximum
Min	Minimum
MW	Mittelwert
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
O <sub>3</sub>	Ozon
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PM <sub>10</sub>	Particulate Matter (aerodynamische Durchmesser $\leq 10 \mu m$ )
PM <sub>2,5</sub>	Particulate Matter (aerodynamische Durchmesser $\leq 2.5 \mu m$ )
PGS	Potsdam-Großbeerenstraße (Messstandort des LfU)
PZS	Potsdam-Zeppelinstraße (Messstandort des LfU)
SLB	Start- und Landebahn
SMW	Stundenmittelwert
SO <sub>x</sub>	Schwefeloxide
SW	Windrichtung: Südwest
BER	Flughafen BER (Messstandort der FBB)
TMW	Tagesmittelwert
VOC	volatile (flüchtige) organische Kohlenwasserstoffe
WCCAP	World Calibration Centre for Aerosol Physics



↑  **Abflug**  
Departure 

 **Ankunft 1**  
Arrival 1 →

← **Ankunft 2**   
Arrival 2

**Terminal T2** →  
↑ 400 m

↖   **Gepäckermittlung**  
Baggage Tracing

↑ **P1**

←    →

Willkommen  
im Terminal 1  
Welcome to Terminal 1  
**T1**

↑ **Abflug**  
Departure

↓ **Gate**  
Platz 3-4



# Luftgüte

## Allgemeine Informationen

### Luftgüte

Die Güte oder auch Qualität der Luft ist maßgeblich durch den Gehalt an Schadstoffen sowie meteorologische Einflüsse bestimmt. Als Luftschadstoffe oder auch Luftverunreinigung wird dabei jede Abweichung von der natürlichen Luftzusammensetzung aufgefasst. Für viele Luftschadstoffe gibt es durch Gesetze oder Verordnungen festgelegte Grenz- oder Richtwerte. Eine Aussage bzw. Bewertung der Luftgüte wird durch den Bezug der gemessenen Schadstoffkonzentrationen zu gültigen Grenz- oder Richtwerten möglich.

### Rechtsgrundlagen der Luftreinhaltung

Die Europäische Union hat für ihre Mitgliedsstaaten mehrere Luftqualitätsrichtlinien mit dem Ziel

der Vermeidung oder Verringerung schädlicher Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt festgelegt. Maßgeblich für die Bewertung der Luftqualität ist die Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (kurz: Luftqualitätsrichtlinie). Danach wird die Luftqualität in den Staaten der EU nach einheitlichen Methoden und Kriterien beurteilt. In der Bundesrepublik Deutschland wurden diese Richtlinien u.a. durch die Novellierung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sowie durch die Einführung der 39. Verordnung zum BImSchG (39. BImSchV) in deutsches Recht umgesetzt. **Tabelle 1** führt die aktuell geltenden Grenz- bzw. Richtwerte auf.

### Luftschadstoffquellen

Für den Gehalt an Schadstoffen in der Luft gibt es sowohl natürliche als auch anthropogene, also vom Menschen beeinflusste, Ursachen.

Zu den natürlichen Ursachen zählen z.B. Vulkanausbrüche, Waldbrände sowie Sandstürme. Die Luftverunreinigungen aufgrund solcher Ereignisse sind auch in großer Entfernung messbar. Wesentliche anthropogene Quellen stellen Verbrennungsprozesse jedweder Art dar (Heizkraftwerke, Hausbrand, Verkehr, Luftfahrt). Weitere Verursacher sind Landwirtschaft, Industrieprozesse sowie der Verkehr, die nicht nur durch Verbrennungsprozesse, sondern auch durch Aufwirbelung von Partikeln, Brems- und Reifenabrieb zur Luftverschmutzung beitragen.

Tabelle 1: Beurteilungswerte der gemessenen Luftschadstoffe.

Komponente	Beurteilungswert	Höhe des Beurteilungswertes	Zulässige Überschreitungen
<b>Kohlenmonoxid (CO)</b>			
Achtstundenwert	Grenzwert	10 mg/m <sup>3</sup>	
<b>Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)</b>			
Jahresmittel	Grenzwert	40 µg/m <sup>3</sup>	
Stundenmittel	Grenzwert	200 µg/m <sup>3</sup>	18 mal im Jahr
Stundenmittel (3h)	Alarmwert	400 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Ozon (O<sub>3</sub>)</b>			
Achtstundenwert	Zielwert	120 µg/m <sup>3</sup>	an 25 Tagen
Einstundenwert	Informationsschwelle	180 µg/m <sup>3</sup>	
Einstundenwert	Alarmschwelle	240 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Feinstaub (PM<sub>10</sub>)</b>			
Jahresmittel	Grenzwert	40 µg/m <sup>3</sup>	
Tagesmittel	Grenzwert	50 µg/m <sup>3</sup>	an 35 Tagen
<b>Feinstaub (PM<sub>2.5</sub>)</b>			
Jahresmittel	Grenzwert	25 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Benzol</b>			
Jahresmittel	Grenzwert	5 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Benz[a]pyren</b>			
Jahresmittel	Grenzwert	1 ng/m <sup>3</sup>	

## Emissionen im Flughafenumfeld

Flughäfen sind stark frequentierte Verkehrsknotenpunkte, an denen verschiedene Verkehrsträger (Luft, Straße, Schiene) zusammenwirken. Der Schadstoffeintrag an und um Flughäfen ist daher durch eine Vielzahl verschiedener Emittenten geprägt, die einer der folgenden Kategorien zugehörig sind.

### Flugverkehr

Eine wesentliche Emissionsquelle stellen Verbrennungsprozesse in den Triebwerken und Hilfstriebwerken (APU) der Luftfahrzeuge dar. Als Verbrennungsprodukt entstehen  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  und  $\text{N}_2$ . Weitere Nebenprodukte der Verbrennung sind  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  sowie  $\text{HC}$  (unverbrannte Kohlenwasserstoffe), Feinstaub und ultrafeine Partikel. Emissionen werden bei Start und Landung sowie während des Rollens (Taxiing) und der Abfertigung der Luftfahrzeuge freigesetzt. Dabei ist die Menge der Triebwerksemissionen von Triebwerkstyp und gesetzter Leistungsstufe der Triebwerke abhängig. Die verschiedenen Triebwerksleistungsstufen während der Anflug-, Roll-, Start- sowie Steigflugphase werden durch den ICAO Landing-Take-Off-Cycle (LTO-Zyklus) vereinfacht abgebildet. Der LTO-Zyklus bilanziert dabei Triebwerksemissionen bis zu

einer Höhe von 3.000 ft (ca. 914 m). Aufgrund der stabilen Schichtungsverhältnisse der Atmosphäre tragen Triebwerksemissionen, die oberhalb einer Höhe von 400 m freigesetzt werden, nur unwesentlich zu bodennahen Immissionen bei.

### Vorfeldaktivität

Die Aktivitäten auf dem Vorfeld konzentrieren sich vor allem an den Parkpositionen der Luftfahrzeuge. Vorfeldemissionen sind maßgeblich durch die Abläufe der Flugzeugabfertigung bedingt. Hierzu zählen in erster Linie die Bereitstellung von Energie für die Luftfahrzeuge, die u. a. für den Betrieb der Bordelektrik, die Klimatisierung der Flugzeugkabine sowie das Starten der Triebwerke erforderlich ist. Dies wird durch die Bereitstellung von Bodenstrom, den Betrieb von Bodenstromgeneratoren (Ground Power Units, GPU) sowie im Bedarfsfall der Hilfstriebwerke (Auxiliary Power Units, APU) erreicht. Weiterhin werden technisches Gerät sowie Spezialfahrzeuge für Be- und Entladung, Betankung und Enteisung von den Bodenverkehrsdiensten eingesetzt. Ferner finden Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten von Luftfahrzeugen sowie Triebwerken auf dem Flughafengelände statt, die u. a. Triebwerks-

probeläufe zur Funktionsüberprüfung nach sich ziehen.

### Landseitiger Verkehr

Auf der Landseite bedingt ein Flughafen ein erhöhtes Verkehrsaufkommen durch das An- und Abreisen der Passagiere. Dieses erfolgt sowohl über motorisierten Individualverkehr, wofür der Flughafen eine Vielzahl an Parkmöglichkeiten vorhält, als auch über den öffentlichen Personennahverkehr mit Bus und Bahn. Ferner tragen auch Besucher des Flughafens, Mitarbeiter und Beschäftigte sowie Dienstleister und Lieferanten zum flughafeninduzierten Verkehrsaufkommen bei.

### Infrastruktur

Der Betrieb eines Blockheizkraftwerkes für die Energieversorgung des Flughafens ist mit weiteren Emissionen verbunden. Ebenso kann das Umschlagen von Treibstoff am Tanklager als auch an der Betriebstanksstelle mit Emissionen leicht flüchtiger organischer Kohlenwasserstoffe assoziiert werden. Bauaktivitäten auf dem Flughafengelände tragen ebenfalls zu einer Belastung der Luftqualität, vorwiegend durch den Betrieb der Baumaschinen, aber auch durch Staubemissionen bei Abriss- und Erdbauarbeiten bei.

## Überwachung von Immissionen in der Hauptstadtregion

Die Überwachung der Luftqualität ist im fünften Teil des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) geregelt. Demnach sind die Bundesländer ermächtigt und verpflichtet die Untersuchungsgebiete festzulegen, die Einhaltung der Grenzwerte für festgelegte Luftschadstoffe zu überwachen und ggf. Maßnahmen zur Reduzierung der Luftverunreinigung einzuleiten.

Abbildung 1 zeigt die Messstellen des Berliner Messnetzes, das Messnetz des Landesamtes für Umwelt

Brandenburg sowie die von der FBB betriebenen Messstellen BER und BDF.

Für eine bessere Einordnung der Messergebnisse an den FBB-Standorten SXF und BDF werden, soweit möglich, die Messungen von vier Messstationen des Brandenburger Messnetzes vergleichsweise herangezogen. Dabei handelt es sich um die Messstellen BFM, PZS, HHB und PGS. Der Standort PGS wird seit diesem Jahr für die Betrachtung der VOC-Werte ersatzweise für den

Standort PZS herangezogen, da diese Parameter dort seit diesem Jahr nicht mehr erfasst werden.

Die Vergleichsstandorte liegen in unterschiedlicher Entfernung zum Flughafen und repräsentieren verschiedene räumliche Belastungskategorien. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die betrachteten Messstandorte, deren Lage und Kategorie. Nachfolgend werden in Abbildungen und Text die abgekürzten Standortbezeichnungen verwendet.

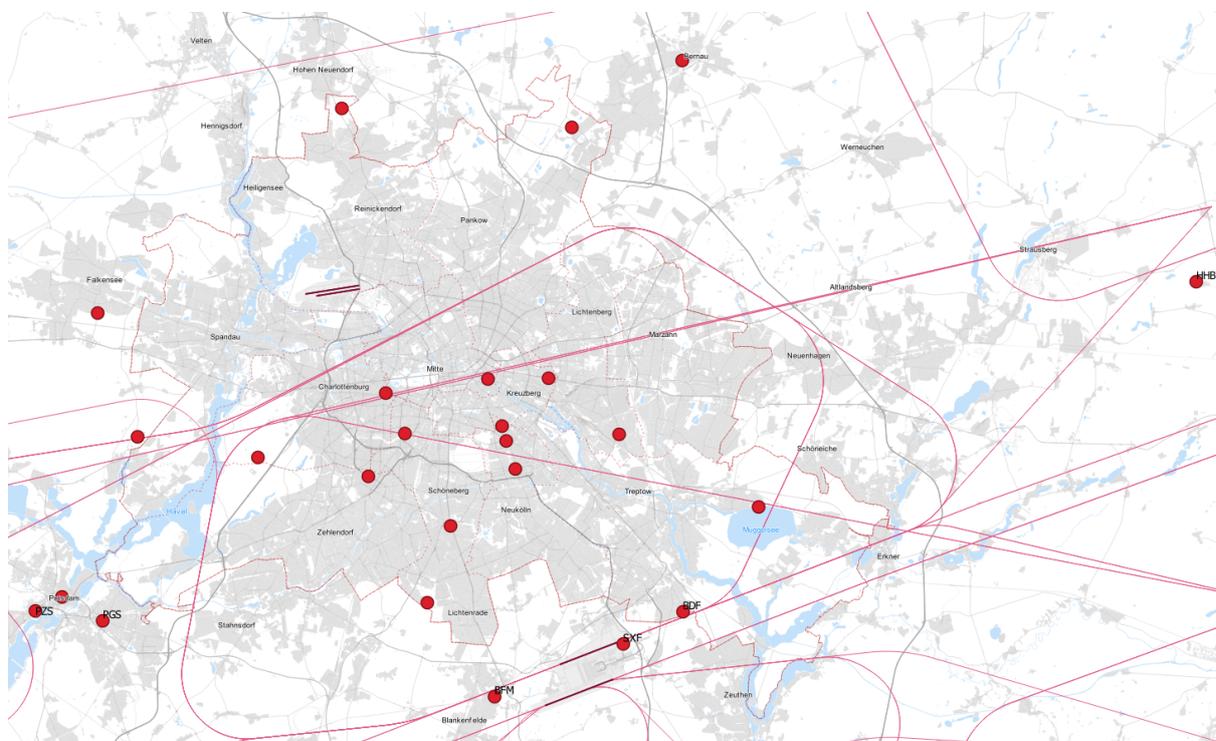


Abbildung 1: Standorte der Luftgütemessstellen der Landesmessnetze Berlin und Brandenburg (teilweise) sowie der Luftgütemessstellen der FBB (BER und BDF)

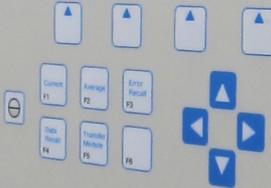
Tabelle 2: Auswahl von Luftgütemessstandorten für eine vergleichende Betrachtung der Messwerte

Messstandort	Abkürzung	Entfernung zum Flughafen	Betreiber	Kategorie
Flughafen BER	BER	0	FBB	Verkehr
Bohnsdorf	BDF	4 km	FBB	städtischer Hintergrund
Blankenfelde-Mahlow	BFM	3 km	LfU	städtischer Hintergrund
Potsdam, Zeppelinstraße	PZS	34 km	LfU	Verkehr
Potsdam, Großbeerenstraße	PGS	30 km	LfU	Verkehr
Hasenholz-Buckow	HHB	>50 km	LfU	ländlicher Hintergrund



Feinstaub (PM10)

**HORIBA**  
APDA-371  
Feinstaub (PM10)



**PUSH  
OPEN**

Governmental Dust Monitor

SAPS-C

# Luftgüteüberwachung

## Messprogramm der FBB

### Messgrundlage

Die Messaktivitäten der FBB im Hinblick auf die Luftgüteüberwachung fußen auf dem Planfeststellungsbeschluss zum Ausbau des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld zum zukünftigen Verkehrsflughafen Berlin-Brandenburg BER. Darin ist u. a. festgesetzt, dass spätestens mit Inbetriebnahme der neuen Start- und Landebahn 07R/25L im Flughafenbereich eine Messstelle zur Erfassung der Immissionen zu errichten und dauerhaft zu betreiben ist. Die FBB erfüllt diese Anforderung seit Juli 2011 durch die Inbetriebnahme einer eigenen Luftgütemessstation im Sicherheitsbereich des Flughafens und die fortwährende Sicherstellung der Luftgüteüberwachung.

### Messumfang

Der Umfang der zu überwachenden Luftschadstoffe wird ebenfalls durch den Planfeststellungsbeschluss vorgegeben. Hierzu zählt eine kontinuierliche Überwachung von Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) so-

wie Stickstoffmonoxid (NO) zur Ermittlung der Stickoxide (NO<sub>x</sub>) sowie eine diskontinuierliche Erfassung von Benzol als Leitkomponente der BTEX sowie Feinstaub PM<sub>10</sub>, Benz[a]pyren als Leitsubstanz polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) als auch Ruß. Über diese Vorgaben hinaus werden zusätzlich die Parameter Feinstaub PM<sub>2,5</sub> seit Messbeginn sowie Ozon (O<sub>3</sub>) seit 2013 an der Messstation ermittelt.

Die Immission von Luftschadstoffen unterliegt dem Einfluss von Meteorologie und Witterungsbedingungen. Deshalb werden an der Luftgütemessstelle des Flughafens Schönefeld auch meteorologische Daten kontinuierlich erfasst. Zu diesen zählen die Richtung und Geschwindigkeit des Windes, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte sowie Globalstrahlung. Die Windmessungen werden in einer Messhöhe von 10 m über Grund erfasst. Die Messgeber für Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und Globalstrahlung sind eben-

falls am meteorologischen Mast der Luftgütemessstation angebracht. Sie befinden sich etwa 1 m über Dachniveau des Messcontainers.

### Qualitätssicherung

Die Daten der kontinuierlich messenden Geräte werden online direkt an das LfU übertragen. Hier erfolgt die Qualitätskontrolle nach EU-Vorgaben. Die Messdaten durchlaufen den gleichen Validierungsprozess wie die Messdaten des automatischen Luftgütemessnetzes des LfU. Ebenso ist die Überwachung der Messgeräte durch die Online-Übertragung der Statuswerte in den Routineablauf des LfU integriert. Die Untersuchung der diskontinuierlichen bzw. quasikontinuierlichen Proben erfolgt im Landeslabor Berlin-Brandenburg. Die Kalibrierung der Gasmonitore erfolgt jährlich durch das LfU. Die enge Kooperation mit dem LfU sichert ein höchstmögliches Maß an Transparenz und Vergleichbarkeit der Daten bei Einhaltung aller gesetzlichen Vorgaben.

## Messstandorte

Die FBB betreibt zwei Luftgüte-Standorte:

Seit 2011 wird ein Messcontainer auf dem Vorfeld (SXF/BER) betrieben. Der Messcontainer befindet sich, wie in **Abbildung 2** dargestellt, auf dem Flughafengelände am östlichen Ende der nördlichen Start- und Landebahn (SLB). Die Standortauswahl wurde in gemeinsamer Abstimmung mit dem Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU) und im Hinblick auf die Inbetriebnahme des BER getroffen. Die **Abbildung 3** zeigt die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit und -richtung an der Luftgütemessstelle. Der Standort an der Betriebsgeländegrenze ist geeignet, um bei Betriebsrichtung West (ca. 2/3 des Jahres) mit Winden aus Südwest und Westsüdwest die Emissionen sowohl von den Vorfeldflächen

als auch der beiden Start- und Landebahnen zu erfassen. Ebenso können bei Betriebsrichtung Ost (ca. 1/3 des Jahres) Emissionen außerhalb des Flughafengeländes erfasst und charakterisiert werden.

Seit März 2018 wird zusätzlich die Luftgüte in Bohnsdorf auf dem Eichbuschplatz gemessen (BDF). Dazu dient ein mobiler Messanhänger mit gleicher technischer Ausstattung wie am Standort SXF (siehe **Abbildung 2**).

**Seit 2022 wird für den Standort auf dem Vorfeld anstelle des Kürzels SXF das Kürzel BER verwendet.**

## Messmethodik

Sämtliche eingesetzten Messgeräte entsprechen den technischen Anforderungen an die Immissionsüberwachung und weisen eine Eignungsprüfung vor. Die Messmetho-

dik für gasförmige und partikuläre Inhaltsstoffe unterscheidet sich dabei grundlegend. Die Konzentrationen gasförmiger Komponenten wie Stickoxide, Ozon oder Kohlenmonoxid werden mithilfe der Absorption unterschiedlicher Wellenlängen im sichtbaren, ultravioletten bzw. infraroten Bereich des Lichtspektrums erfasst. Die Massenkonzentration partikulärer Stoffe wie PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> wird erhoben, indem die Feinstaubmasse auf Filterpapieren abgeschieden und anschließend indirekt mittels Absorption von Betastrahlung oder direkt durch Wägung im Labor ermittelt wird. Hier erfolgt auch die Analytik von am Feinstaub angelegerten Stoffen wie Benz[a]pyren. Leicht flüchtige organische Stoffe wie Benzol werden vor Ort durch Adsorption an Aktivkohle angereichert und ebenfalls zur Analyse ins Labor gegeben.

Tabelle 3: Gemessene Schadstoffkomponenten an den Standorten BER und BDF

Komponente	Zustand	Messgerät	Messprinzip	Zeitliche Auflösung
CO	gasförmig	Horiba APMA-370	NDIR	3-sekündlich
NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	gasförmig	Horiba APMA-370	Chemielumineszenz	3-sekündlich
O <sub>3</sub>	gasförmig	Horiba APMA-370	UV-Absorption	3-sekündlich
Feinstaub (PM <sub>2.5</sub> )	partikulär	Horiba APDA-371	β-Absorption	stündlich
Feinstaub (PM <sub>10</sub> )	partikulär	Horiba APDA-371	β-Absorption	stündlich
		Derenda LVS16	Filtergravimetrie	täglich
Benzol, weitere VOC	gasförmig	Horiba GPS5-8D	Anreicherung an Adsorbens mit anschließender Gaschromatographie	Wochenprobe
Ruß (EC)	partikulär	Derenda LVS16 (Massenanteil des PM <sub>10</sub> )	Thermogravimetrie	Wochen(misch)probe
Ruß (BC)	partikulär	Aethalometer AE33	optische Absorption	1-sekündlich
Benz[a]pyren, weitere PAK	partikulär	Derenda LVS16 (Massenanteil des PM <sub>10</sub> )	HPLC	Wochen(misch)probe

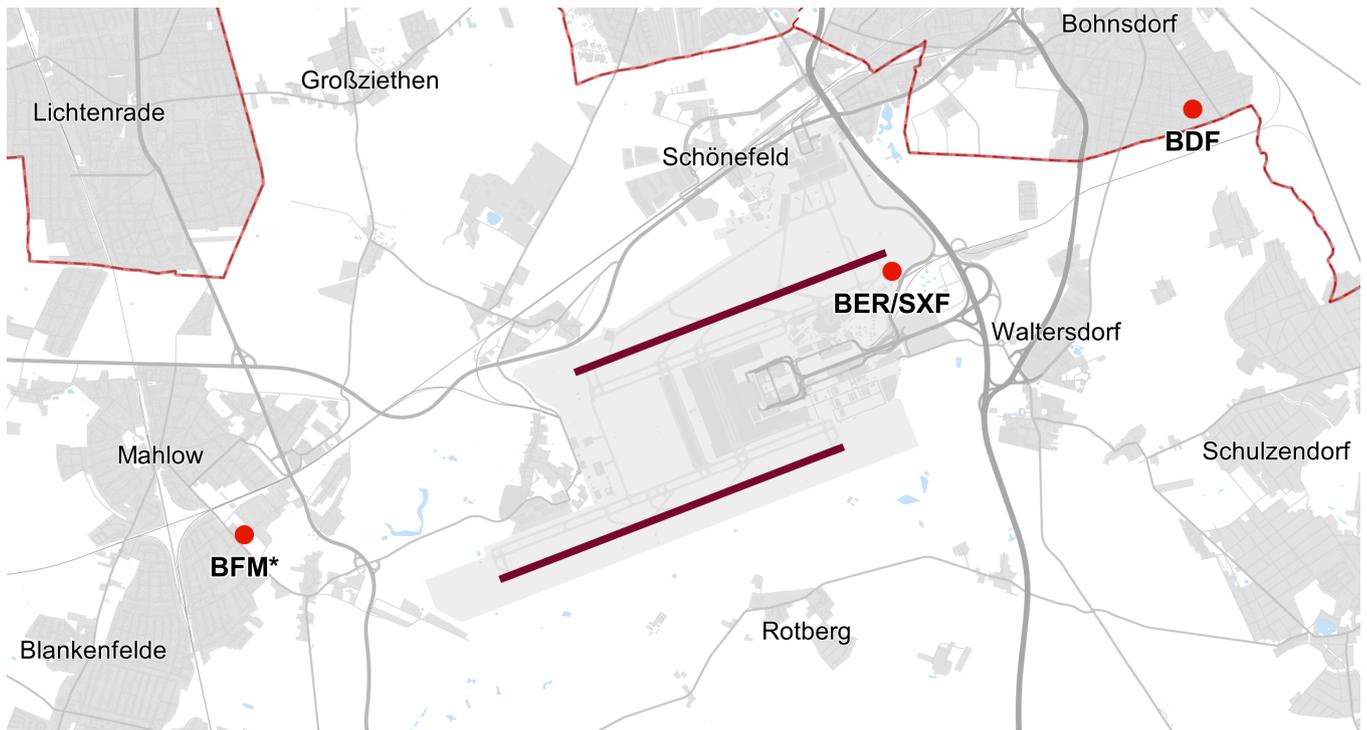


Abbildung 2: Lage der FBB -Luftgütemessstellen BER und BDF sowie BFM (\*flughafennahe Luftgütemessstelle des LfU)

### Windrichtungsverteilung [%], 2022

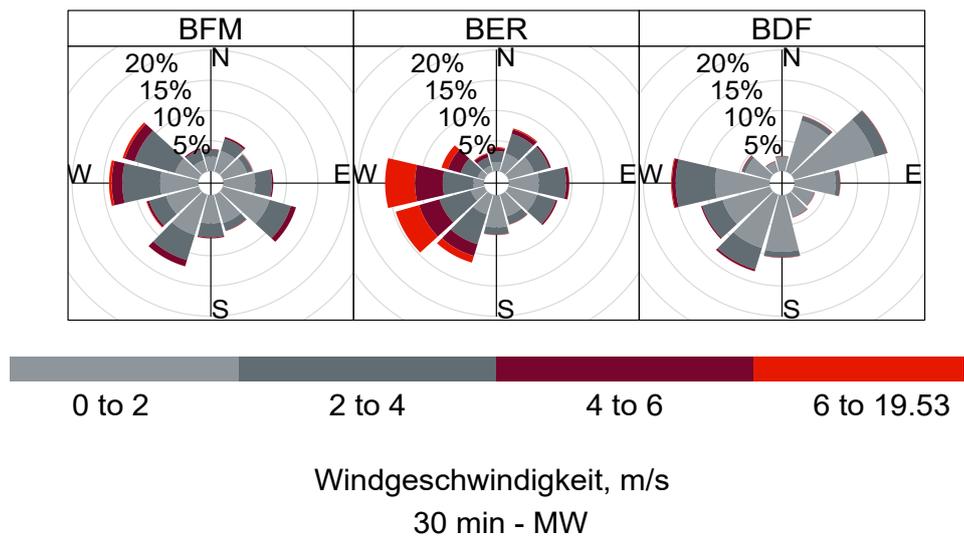


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung von Windgeschwindigkeit und -richtung an den FBB-Luftgütemessstellen BER und BDF sowie an der LfU-Luftgütemessstelle BFM

## Ergänzende Untersuchungen

### Bienenmonitoring

Die FBB führt seit 2011 im Rahmen des Umwelt-Untersuchungsprogramms ein Bienenmonitoring durch. Damit wird der Frage nachgegangen, ob Honig und andere Bienenprodukte aus regionaler Produktion im Flughafenumfeld unbelastet ist.

Es werden Pollen, Wachs und Honig auf Rückstände von Schadstof-

fen analysiert, die über die Luft und die Umwelt in die Nahrung gelangen können. Hierzu werden Bienenvölker an vier Standorten untersucht. Zwei Standorte befinden sich in unmittelbarer Nähe des Flughafens Schönefeld/BER, ein Standort am Flughafen Tegel und ein Referenzstandort fernab von Flug- und Straßenverkehr in der Schorfheide.

Die Analyse der Schadstoffgehalte hat bisher jedes Mal gezeigt, dass der

Flughafenbetrieb keinen Einfluss auf die Qualität des Lebensmittels Honig hat. Honig, Pollen und Wachs sind von den untersuchten Luftschadstoffen nicht belastet. Der genaue Umfang des Bienenmonitorings sowie die Ergebnisse können im aktuellen Bienenmonitoringbericht nachgelesen werden.

Weitere Informationen sind unter [bienen.berlin-airport.de](http://bienen.berlin-airport.de) abrufbar.

### Biomonitoring

Beim Biomonitoring steht die tatsächliche Einwirkung von Immissionen auf die belebte Umwelt im Mittelpunkt. Ein Biomonitoring ermöglicht Aussagen, in welchem Maße Schadstoffe auf Gras als Futtermittel und Grünkohl als Lebensmittel einwirken und welchen Anteil daran der Luftverkehr hat. Zu diesem Zweck wurden genormte Grünkohlkulturen bereits im Herbst 2011 und 2012 bzw. genormte Graskulturen im Sommer 2012, 2013 und 2015 als Bioindikatoren im Untersuchungsgebiet aufgestellt. Die Bioindikatoren wurden unmittelbar am

Flughafen Schönefeld/BER, an der Autobahn, in und an Siedlungen und im landwirtschaftlichen Raum platziert. Zwei Messpunkte wurden in ausreichendem Abstand zum Flughafen, zu Siedlungen und Straßen aufgestellt, um die allgemeine Schadstoffbelastung in der Region (Hintergrundbelastung) zu messen. Die Grünkohlkulturen werden nach acht Wochen geerntet und im Labor analysiert, bei Graskulturen erfolgt dies mehrfach nach jeweils vier Wochen über einen Zeitraum von drei aufeinander folgenden Monaten. Durch den Vergleich mit weiteren aktuellen nationalen Untersuchungen sowie mittels Beurteilungs- und Prüfwerten für

Nahrungsmittel können die Ergebnisse der Analysen bewertet werden. Aus den Ergebnissen des Biomonitorings können auch gesundheitliche Risiken für den Menschen abgeleitet werden.

im Jahr 2022 wurden die Untersuchungen mit Graskulturen fortgesetzt. Eine Wiederholung der Untersuchungen erfolgt im Dreijahresrhythmus.

Den genauen Umfang der Untersuchungen sowie die Ergebnisse können im aktuellen Biomonitoringbericht nachgelesen werden ([luft/airport-berlin.de](http://luft/airport-berlin.de) → "Bienen- & Biomonitoring").





# Messreihen 2022

## Datenverfügbarkeit

Die Parameter NO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> werden kontinuierlich erfasst. Die Messgeräte liefern 3-Sekunden-Werte, welche bereits durch den Datalogger zu 3-Minuten-Mittelwerten und 30-Minuten-Mittelwerten aggregiert werden. Diese Werte bilden nach Va-

lidierung durch das LfU die Basis für die Berechnung der Stundenmittelwerte und Tagesmittelwerte.

Für die hier dargestellten Luftgüteparameter wurden im §36 A BImSch Datenqualitätsziele für die Luftqualitätsbeurteilung definiert. Demnach sind als Mindestda-

tenerfassung 90 % anzustreben. Die **Tabelle 4** gibt einen Überblick über die Datenverfügbarkeit der in diesem Bericht dargestellten Messgrößen. An allen Standorten wurden für alle Messungen die gesetzlich vorgeschriebene Datenverfügbarkeit erreicht.

Tabelle 4: Prozentuale Verfügbarkeit der Messdaten bzw. Anzahl der gültigen Tage.

Luftgüteparameter	BER	BDF	BFM	PZS	HHB
NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	99,2	100	100	98,9	98,9
NO	98,6	100	100	98,9	98,9
CO	99,5	97,8	100	98,9	-
O <sub>3</sub>	96,2	99,5	99,2	-	98,9
PM <sub>10</sub>	94,8*	99,7*	100*	99,2*	98,9
PM <sub>2,5</sub>	92,3	99,5	100	98,6	98,9

\*Gravimetrische Messung: Probenahme mittels Low-Volume-Sampler mit PM10-Messkopf = Referenzverfahren

## Meteorologie

Die Meteorologie hat einen wesentlichen Einfluss auf die Immission von Luftschadstoffen. Hohe Windgeschwindigkeiten bewirken im Allgemeinen eine Verteilung der Luftschadstoffe und führen damit zu niedrigeren Konzentrationen, während niedrige Windgeschwindigkeiten und Windstille eine Anreicherung der Luftschadstoffe begünstigen. An Küstenregionen und offenen, unbebauten Gebieten liegen oft stärkere Winde vor, weshalb diese Gebiete weniger mit Luftschadstoffen belastet sind.

Die Windrichtung beeinflusst ebenfalls den Gehalt an Luftschadstoffen. Weht Wind aus Richtung eines Industriegebietes in Richtung eines Stadtgebietes, sind hier höhere

Schadstoffgehalte zu erwarten, als wenn der Wind aus Richtung eines landwirtschaftlich genutzten Gebietes kommt.

Eine weitere meteorologische Einflussgröße auf die Luftschadstoffe ist die Sonnenstrahlung. An heißen Sommertagen können durch den Straßenverkehr bedingte Schadstoffe, wie Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) in Gegenwart von Sonnenstrahlung zu Ozon reagieren. Gleichzeitig stellt der Primärschadstoff Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) eine Senke für Ozon ( $\text{O}_3$ ) dar, da  $\text{NO}$  durch  $\text{O}_3$  zu  $\text{NO}_2$  oxidiert wird. Somit können mitunter in Stadtrandlagen höhere Ozongehalte auftreten als in der Innenstadt mit höherem Verkehrsaufkommen.

Auch der Luftdruck beeinflusst die

Luftqualität. Hochdruckwetterlagen gehen meist einher mit geringen Windgeschwindigkeiten bzw. Windstille und begünstigen damit eine Anreicherung an Luftschadstoffen. Während Tiefdruckwetterlagen werden hingegen niedrigere Luftschadstoffe gemessen. Gründe dafür sind zum einen starke Winde, die Luftschadstoffe verteilen und somit auch verdünnen sowie zum anderen der bei Tiefdruckwetterlagen häufig auftretende Regen, durch den Schadstoffe aus der Luft gewaschen werden.

**Abbildung 4** zeigt die Tagesmittelwerte von Temperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit sowie -richtung im Jahresverlauf am Messstandort BER.

## Tagesmittelwerte 2022 @ BER

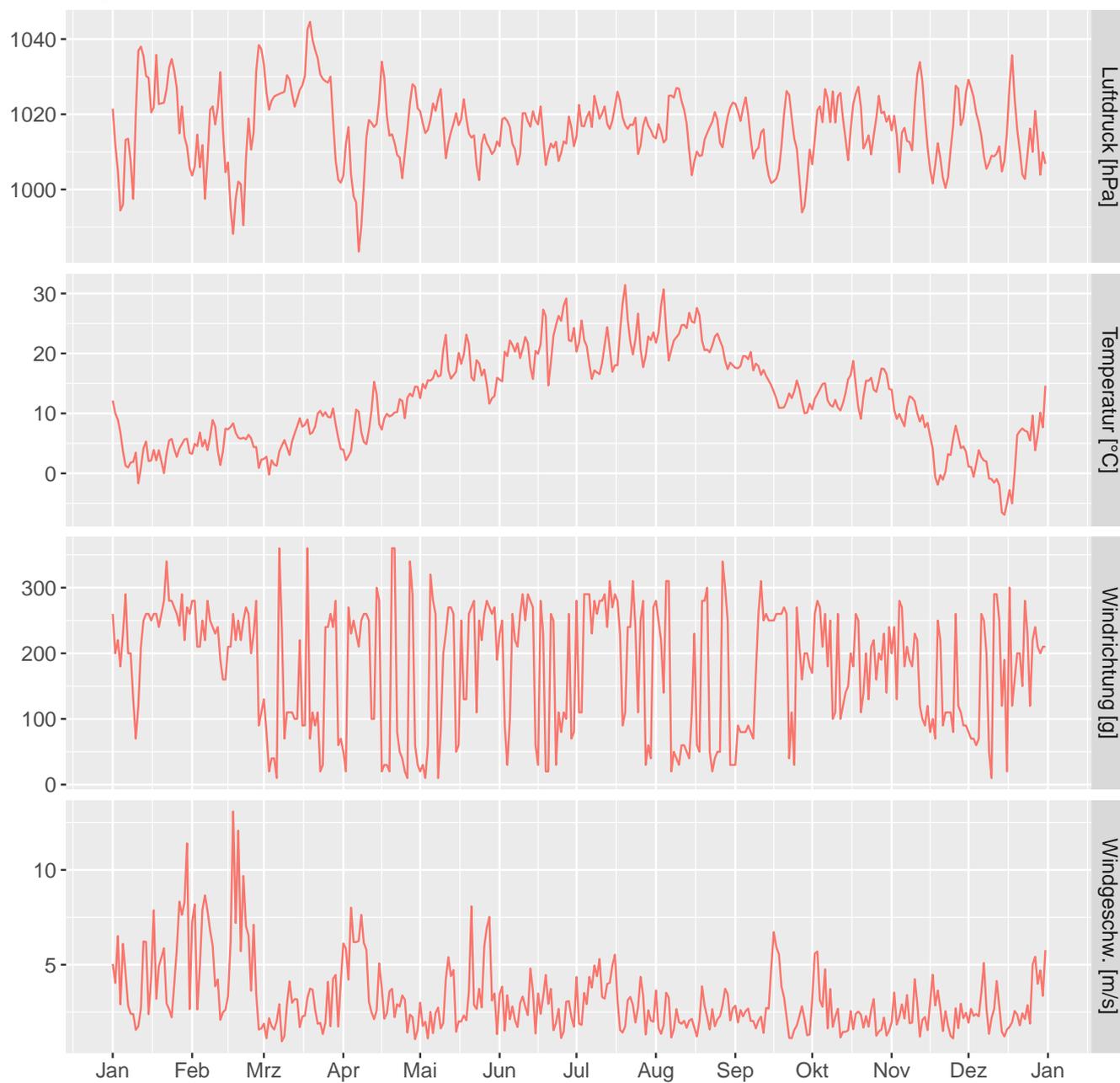


Abbildung 4: Darstellung der meteorologischen Tagesmittel von Temperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Windrichtung für das Jahr 2022 am Standort BER.

## Stickoxide

### Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

Der Jahresgrenzwert für Stickstoffdioxid in Höhe von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde an der Luftgütemessstelle BER mit  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auch im Jahr 2022 sicher eingehalten. Der Ein-Stunden-Grenzwert von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde zu keiner Zeit überschritten. Dies gilt ebenso für den Standort BDF und die Vergleichsmessstellen des LfU (siehe **Tabelle 5**).

Die **Abbildung 5 A** zeigt den zeitlichen Verlauf der NO<sub>2</sub>-Tagesmittelwerte an den FBB-Luftgütemessstationen BER und BDF sowie vergleichend die NO<sub>2</sub>-Tagesmittelwerte an den Luftgütemessstationen BFM, PZS und HHB des LfU. Die NO<sub>2</sub>-Tagesmittelwerte an der Messstelle PZS liegen deutlich höher als an den anderen Stationen. Die Konzentrationen an den Stationen BDF und

BFM liegen dicht beieinander. An der Messstation BER liegen die Werte etwas höher als an den Messstationen BDF und BFM. An der ländlich gelegenen Messstation HHB wurden die geringsten NO<sub>2</sub>-Werte gemessen. Unabhängig von der Höhe der Konzentration weisen die Verläufe der Kurven eine hohe Ähnlichkeit auf. Maxima und Minima liegen direkt übereinander. Diese parallelen Verläufe verdeutlichen den Einfluss von meteorologischen Bedingungen.

Die Darstellung der Boxplots<sup>1</sup> in **Abbildung 5 B** bietet die Möglichkeit des vereinfachten Vergleiches der Belastung an NO<sub>2</sub> zwischen den Luftgütemessstationen und gibt einen Überblick über die statistische Verteilung der Messwerte. Das 25-Perzentil des Standortes PZS liegt oberhalb der 75-Perzentile der anderen Standorte bzw. in Höhe des 75-Perzentil-Niveaus des Standortes

BER. Der Einfluss des Straßenverkehrs als Quelle von NO, der Vorläufersubstanz von NO<sub>2</sub>, wird beim Vergleich dieser Standorte deutlich.

Die **Abbildung 5 C** zeigt die Entwicklung der Jahresmittelwerte am Standort BER und den LfU-Standorten BFM, PZS und HHB seit 2018. Am Standort PZS wurden jedes Jahr die höchsten Werte und am Standort HHB die niedrigsten Werte gemessen. Am Standort PZS zeigt sich ein anhaltender rückläufiger Trend. Für den Standort BER ist kein Trend erkennbar, wobei die höchsten Werte des Fünf-Jahres-Vergleichszeitraumes in 2018 lagen. Am Standort BDF steigen die Messwerte von 2019-2021 an und liegen dieses Jahr auf dem Niveau des Vorjahres. Am Standort BFM ist ebenfalls ein schwacher rückläufiger Trend zu beobachten.

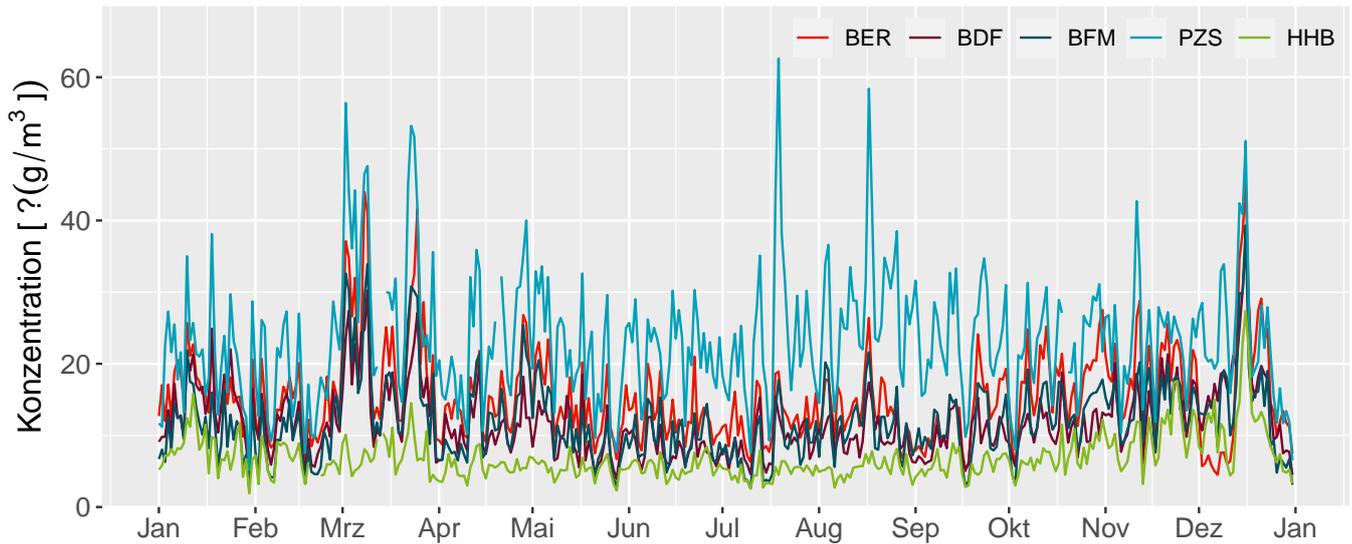
Tabelle 5: Statistische Kenngrößen für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und Stickstoffmonoxid (NO) an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS	HHB
Mittelwert, NO <sub>2</sub>	15	12	12	23	7
Max. SMW	77	72	71	113	53
Max. TMW	45	36	39	63	27
Stunden > 200	0	0	0	0	0
Stunden > 400	0	0	0	0	0
Mittelwert, NO <sub>x</sub>	18	16	18	43	8
Mittelwert, NO	2	3	4	13	1

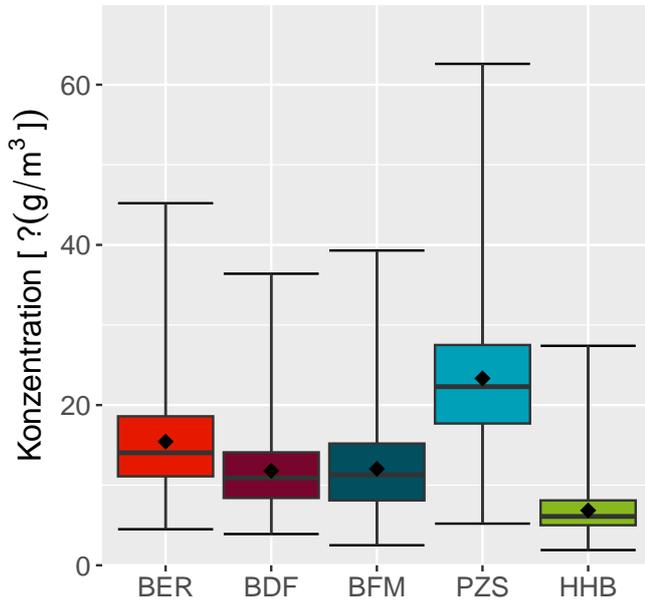
<sup>1</sup>Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 25**, Seite 60

## Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) @ BER, BDF, BFM, PZS, HHB

### A Tagesmittelwerte 2022



### B Boxplot 2022



### C Jahresmittelwerte 2018 – 2022

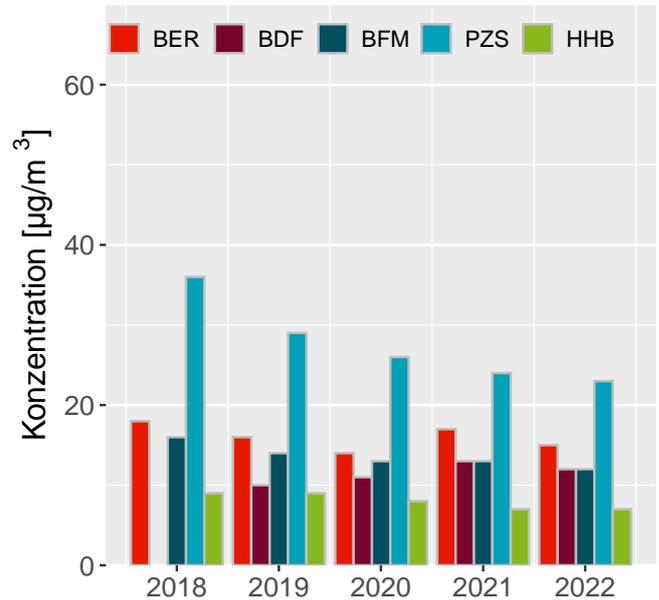


Abbildung 5: Darstellung der NO<sub>2</sub>-Tagesmittelwerte 2022 für die Standorte BER, BDF, BFM, PZS und HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich).

## Stickstoffmonoxid (NO)

Für NO sieht der Gesetzgeber keine Grenzwerte vor. Dennoch werden hier die Jahresmittelwerte von 2022 in **Tabelle 5** sowie die zeitlichen Verläufe, Boxplots und Entwicklung der Jahresmittelwerte seit 2018 in den **Abbildungen 6 A-C** dargestellt.

Der Jahresmittelwert an der Verkehrsstation PZS ist um das drei- bis sechsfache höher als die Konzentration an den Standorten BER, BSF und BFM. Die niedrigsten Konzentrationen wurden am Standort HHB gemessen.

Die **Abbildungen 6 A und B** zeigen den zeitlichen Verlauf der Tagesmittelwerte sowie die statistische

Verteilung in Form von Boxplots für die einzelnen Stationen. Die deutlich höheren Werte am Standort PZS gegenüber den anderen Standorten zeigen den unmittelbaren Einfluss des Straßenverkehrs als Emissionsquelle von NO. Der parallele Verlauf der Kurven weist darauf hin, dass neben dem Einfluss der lokalen Quellsituation auch meteorologische Parameter einen Effekt auf die NO-Konzentration haben, wobei die Werte während der Sommermonate tendenziell niedriger liegen als während der Wintermonate. Auffallend sind die drastisch erhöhten Werte zu Silvester (mit Ausnahme des Standortes HHB).

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte von NO seit 2018 wird in

der **Abbildung 6 C** dargestellt. Am Standort PZS ist seit 2018 ein kontinuierlicher Rückgang des Jahresmittelwertes von NO zu beobachten. Gleiches gilt für den Standort BER. An den Standorten BDF, BFM und HHB ist kein Trend erkennbar.

## Stickstoffmonoxid (NO<sub>x</sub>)

Für NO<sub>x</sub> sind ebenfalls die zeitlichen Verläufe, Boxplots und Entwicklungen der Jahresmittelwerte seit 2018 (siehe **Abbildungen 7 A-C**) dargestellt. Die zeitlichen Verläufe und räumlichen Unterschiede verhalten sich ähnlich wie bei NO, allerdings sind die räumlichen Unterschiede der Konzentrationen für NO<sub>x</sub> nicht so stark ausgeprägt wie für NO.

### Stickstoffmonoxid (NO) @ BER, BDF, BFM, PZS, HHB

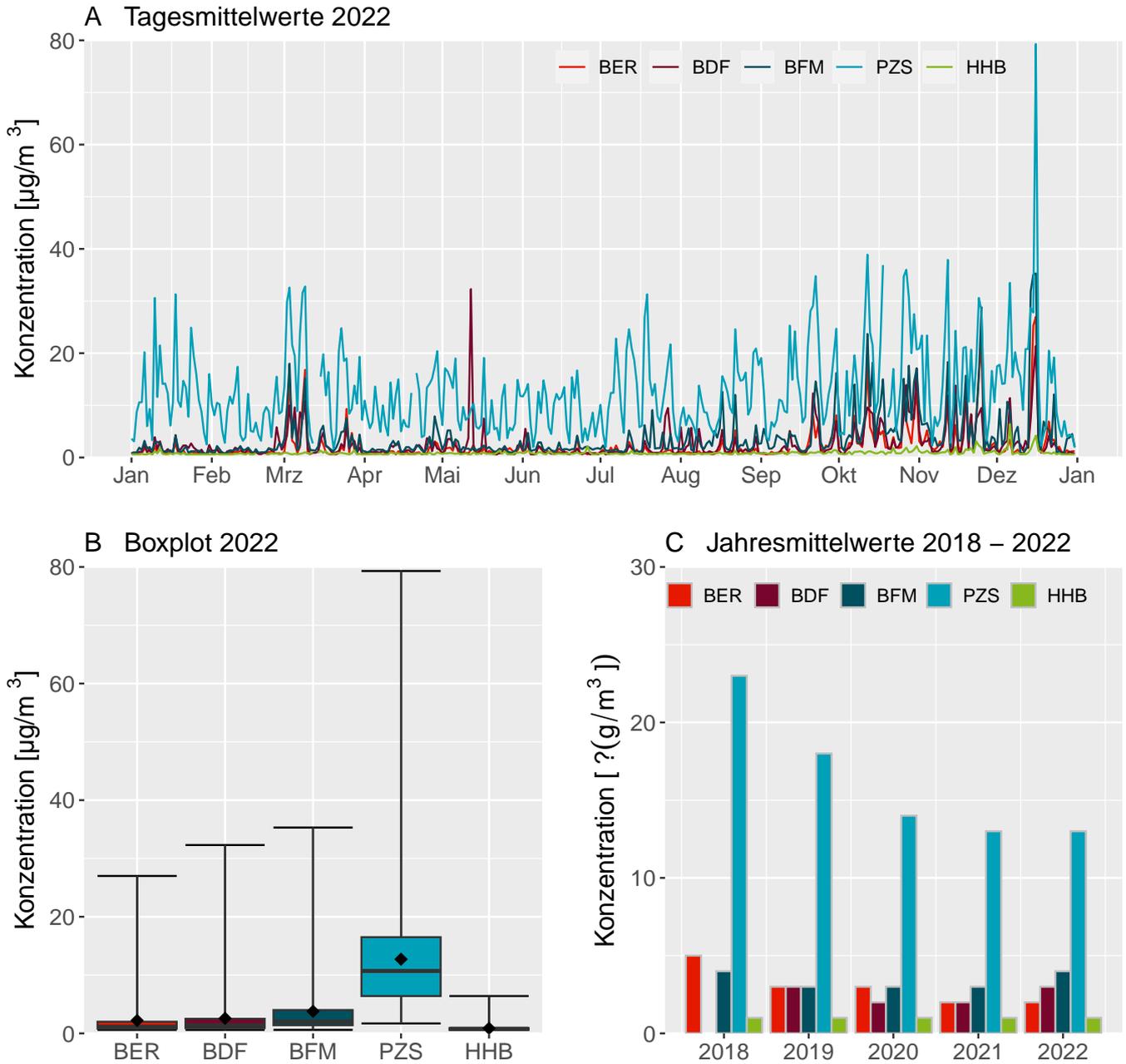
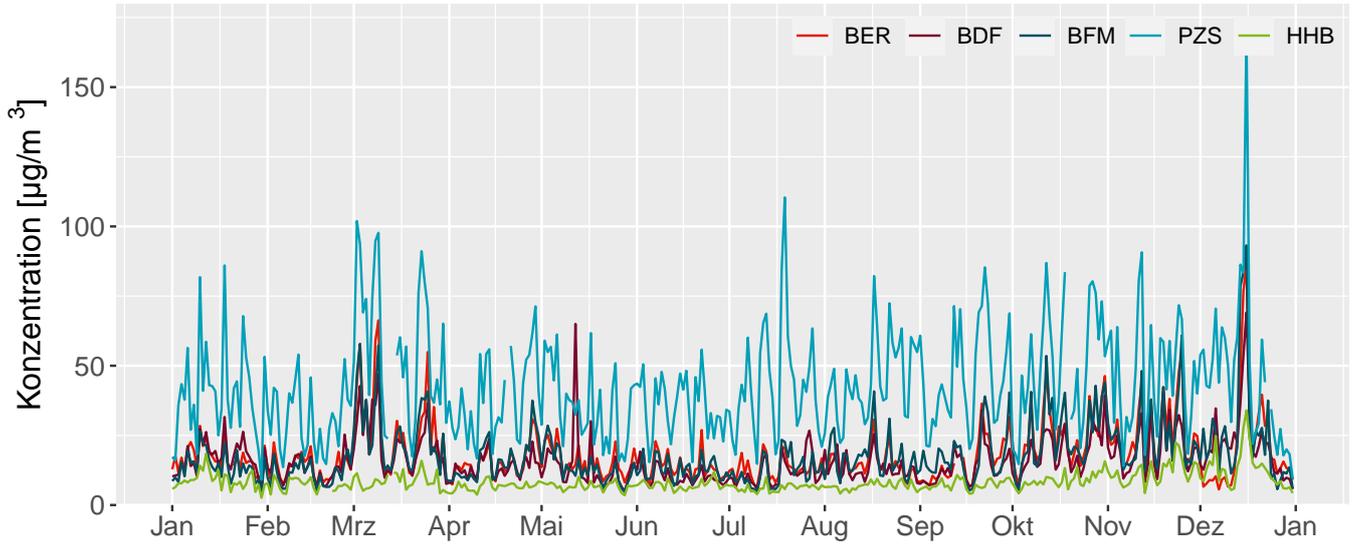


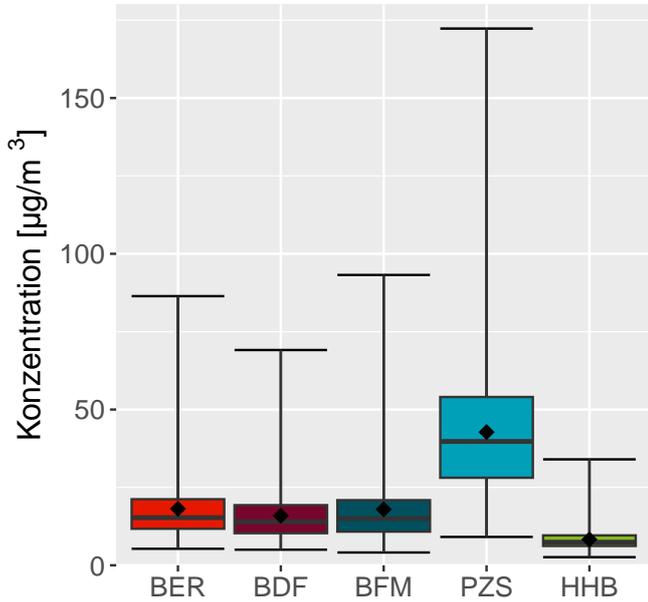
Abbildung 6: Darstellung der NO-Tagesmittelwerte 2022 für die Standorte BER, BFM, PZS und HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte

## Stickoxide (NO<sub>x</sub>) @ BER, BDF, BFM, PZS, HHB

### A Tagesmittelwerte 2022



### B Boxplot 2022



### C Jahresmittelwerte 2018 – 2022

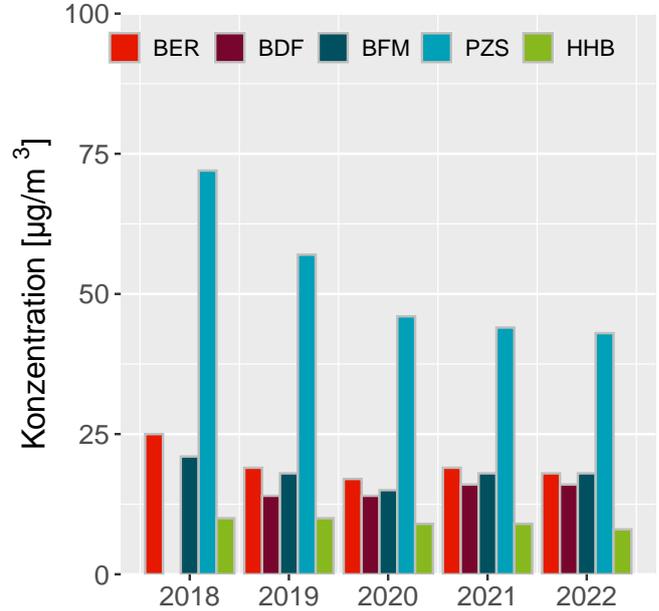


Abbildung 7: Darstellung der NO<sub>x</sub>-Tagesmittelwerte 2022 für die Standorte BER, BDF, BFM, PZS und HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)



## Ozon

Die Jahresmittelwerte 2022 sowie weitere statistische Kenngrößen von Ozon, ermittelt aus den kontinuierlichen Messdaten der FBB-Luftgütemessstation BER und BDF, sind in der **Tabelle 6** aufgeführt. Ergänzend dazu werden die Ergebnisse der Messstationen BFM und HHB des LfU dargestellt.

Der Informationsschwellenwert in Höhe von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde im Jahr 2022 an der Messstation BER zweimal überschritten. Der maximale Acht-Stunden-Mittelwert in Höhe von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde, gemittelt über die letzten drei Jahre, an den Messstellen BER, BDF, BFM und HHB 15mal, 12mal, 16mal und 18mal überschritten. Als Zielwert definiert sind maximal 25 Überschreitungen pro Jahr, gemittelt über drei Jahre (§ 9 (1), 39. BImSchV).

Die **Abbildung 8 A** zeigt die Tagesmaximalwerte der gleitenden Acht-

Stunden-Mittelwerte für die vier Standorte BER, BDF, BFM und HHB. Alle vier Standorte weisen den für Ozon typischen saisonalen Verlauf mit höheren Werten im Sommer und niedrigeren Werten im Winter auf. Die Kurven verlaufen nahezu parallel. Ozon ist ein sekundär gebildeter Luftschadstoff, dessen Bildung eine photochemische Reaktion zugrunde liegt. Dies erklärt die höheren Werte während der Sommermonate mit einhergehender höherer Globalstrahlung im Vergleich zu den Wintermonaten, aber auch die starken Schwankungen innerhalb einer Saison.

Die **Abbildung 8 B**<sup>2</sup> zeigt die statistische Verteilung der in **Abbildung 8 A** dargestellten Tagesmaxima.

Bei der Betrachtung der **Abbildungen 8 A bis C** und der **Tabelle 6** wird deutlich, dass die Standorte untereinander zwar nur geringe Unterschiede aufweisen, in HHB jedoch der

Jahresmittelwert am höchsten liegt. Ohne Einwirkung von Licht (z.B. nachts) wird Ozon durch die Reaktion mit NO verbraucht. So sind in Quellnähe von NO (Straßenverkehr) im Mittel geringere Konzentrationen an Ozon vorzufinden als in quellfernen Gebieten (z.B. in ländlichen Regionen). Ein Vergleich mit den NO-Werten (**Abbildungen 6 A und B**) zeigt für NO einen umgekehrten Trend, mit höheren Werten am Standort BER und geringeren am Standort HHB.

Die Entwicklung der Ozonwerte seit 2018 ist in **Abbildung 8 C** dargestellt. Die Jahresmittelwerte unterliegen zwischen den Jahren leichten Schwankungen. Für die letzten drei Jahre ist ein Trend zu höheren Werten hin zu beobachten, während im Jahr 2019 die niedrigsten Werte gemessen worden. Die Ozonwerte am ländlich gelegenen Standort HHB liegen jedes Jahr am höchsten.

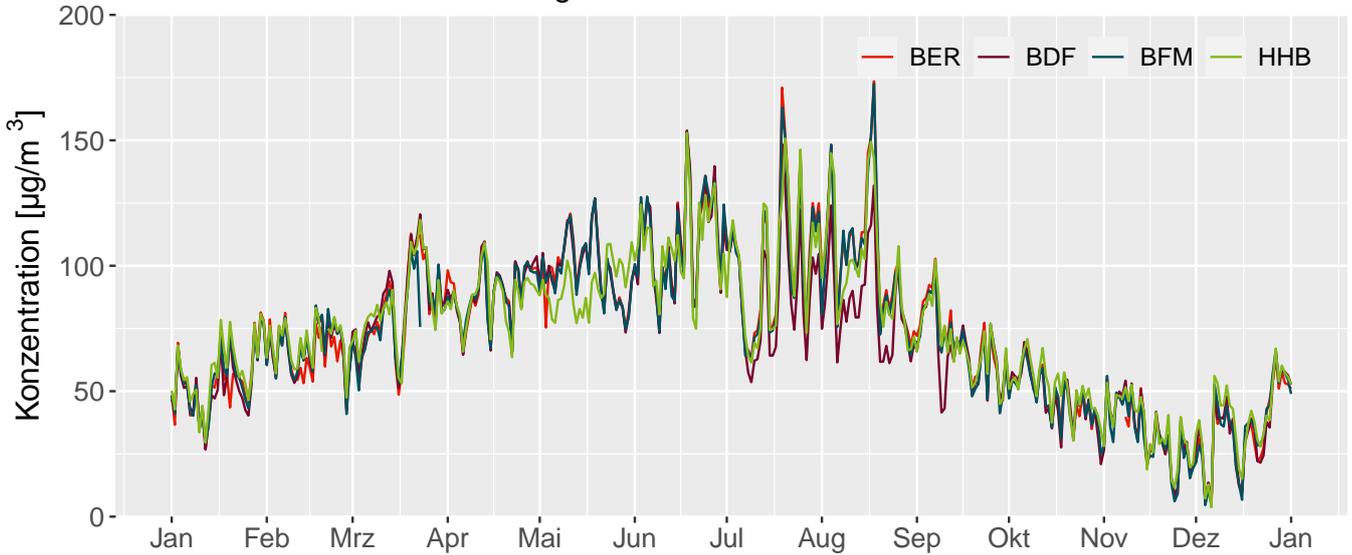
Tabelle 6: Statistische Kenngrößen für Ozon ( $\text{O}_3$ ) an der Luftgütemessstelle BER sowie an weiteren Standorten des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	HHB
Mittelwert, $\text{O}_3$	56	52	53	58
Max. SMW	209	167	200	167
Max. 8-h-Wert	173	154	172	153
8-h-MW > 120	25	23	24	18
8-h-MW > 120, gemittelt über drei Jahre	15	14	16	11
SMW > 180	2	0	0	0
SMW > 240	0	0	0	0

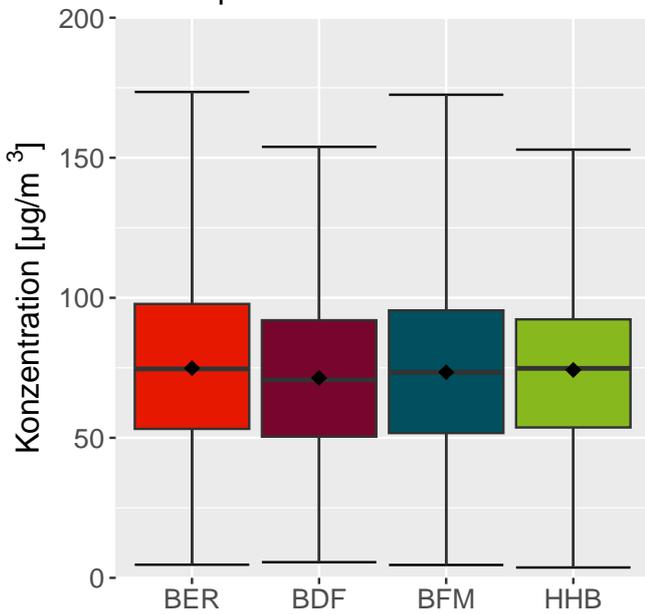
<sup>2</sup>Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 25**, Seite 60

### Ozon (O<sub>3</sub>) @ SXF, BDF, BFM, HHB

A Gleitende 8h-Mittelwert-Tagesmaxima Ozon 2022



B Boxplot 2022



C Jahresmittelwerte 2018 – 2022

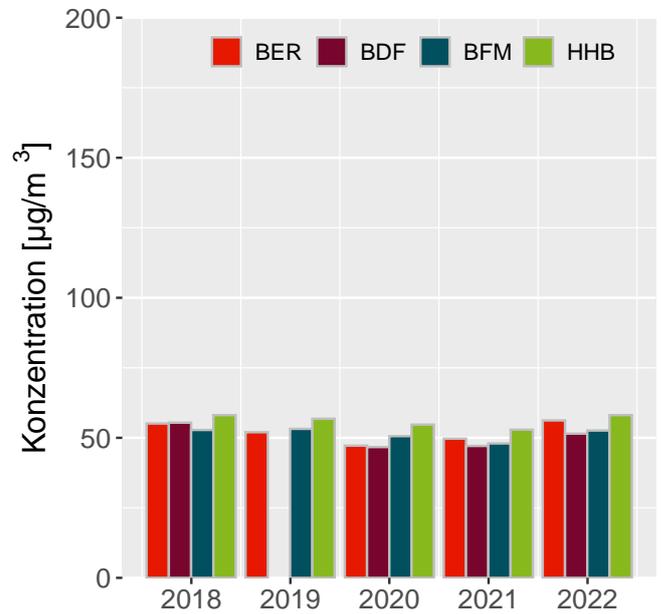


Abbildung 8: Darstellung der gleitenden 8h-Mittelwert-Tagesmaxima von O<sub>3</sub> in 2022 für die Standorte BER, BDF, BFM und HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)

## Kohlenmonoxid

Der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert in Höhe von  $10 \text{ mg/m}^3$  im Jahresmittel wurde auch im Jahr 2022 am Standort BER sowie den Vergleichsstandorten sicher eingehalten.

Die Jahresmittelwerte 2022 sowie weitere statistische Kenngrößen von Kohlenmonoxid (CO), ermittelt aus den kontinuierlichen Messdaten der FBB-Luftgütemessstationen BER und BDF, sind in der **Tabelle 7** aufgeführt. Ergänzend dazu werden die Ergebnisse der Messstationen BFM und PZS des Brandenburger Messnetzes dargestellt.

Die **Abbildung 9 A** zeigt die zeitlichen Verläufe der CO-Konzentration an den Messstellen BER, BDF, BFM sowie PZS. Die Kurven der Messstationen BER, BDF und BFM liegen nah beieinander, wobei die Messwerte am Standort BDF größeren Schwankungen unterliegen (siehe auch **Abbildung 9 B**). Die Kurve der Messwerte am verkehrsnahen Messpunkt PZS verläuft oberhalb der anderen. Die Kurven aller Standorte verlaufen

weitestgehend parallel, was auf den Einfluss meteorologischer Parameter schließen lässt. Auch zeigt sich ein saisonaler Verlauf. Die CO-Konzentrationen sind im Sommer an allen Stationen niedriger als im Winter. Dieser Effekt ist am Standort BDF ausgeprägter als an den anderen Standorten.

Die Darstellung der Boxplots<sup>3</sup> in **Abbildung 9 B** erleichtert den Vergleich der statistischen Kenngrößen bzw. der Streuung/Verteilung der Messwerte zwischen den Standorten. Vergleicht man die Maxima-Werte ergibt sich folgende Reihenfolge von den höchsten zu den niedrigsten Werten: PZS, BDF, BFM, BER. Vergleicht man das 75-Perzentil (oberer Rand der Box) ergibt sich die gleiche Reihenfolge. Die Mittelwerte hingegen ergeben ein anderes Bild. Hier liegen die Standorte BER, BDF und BFM auf gleichem Niveau, der Jahresmittelwert am Standort PZS ist höher. Obwohl an den Standorten BDF und BFM vereinzelt höhere Werte auftreten, sind die Jahres-

mittelwerte genauso hoch wie am Standort BER.

In **Abbildung 9 C** ist die Entwicklung der Jahresmittelwerte der CO-Konzentration der Standorte BER und BDF sowie der Vergleichsstandorte BFM und PZS seit 2018 dargestellt. Der Standort BER weist in 2018 die niedrigsten Messwerte und im Jahr 2019 die höchsten Messwerte auf. Am Standort PZS verhält es sich umgekehrt: Die Messwerte in 2018 liegen am höchsten und die Messwerte in 2019 am niedrigsten. Die Jahresmittelwerte von 2020 und 2021 liegen auf gleichem Niveau und sind leicht erhöht gegenüber 2019. Ähnlich verhält es sich am Standort BFM, hier liegen aber die Jahresmittelwerte von 2019 und 2020 am niedrigsten. Für den Standort BDF ist nur ein Vergleich zwischen den Jahren 2020 bis 2022 möglich, wobei die Messwerte dieses Jahr im Jahr 2020 am niedrigsten waren und in 2021 und 2022 auf gleichem Niveau liegen.

Tabelle 7: Statistische Kenngrößen für Kohlenmonoxid (CO) an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, $\text{mg/m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS
Mittelwert, CO	0,22	0,22	0,22	0,26
Max. SMW	0,86	1,91	1,44	1,33
Max. 8-h-GMWert	0,63	1,11	1,13	1,07
Max TMW	0,51	0,70	0,64	0,79

<sup>3</sup>Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 25**, Seite 60

## Kohlenmonoxid (CO) @ BER, BDF, BFM, PZS

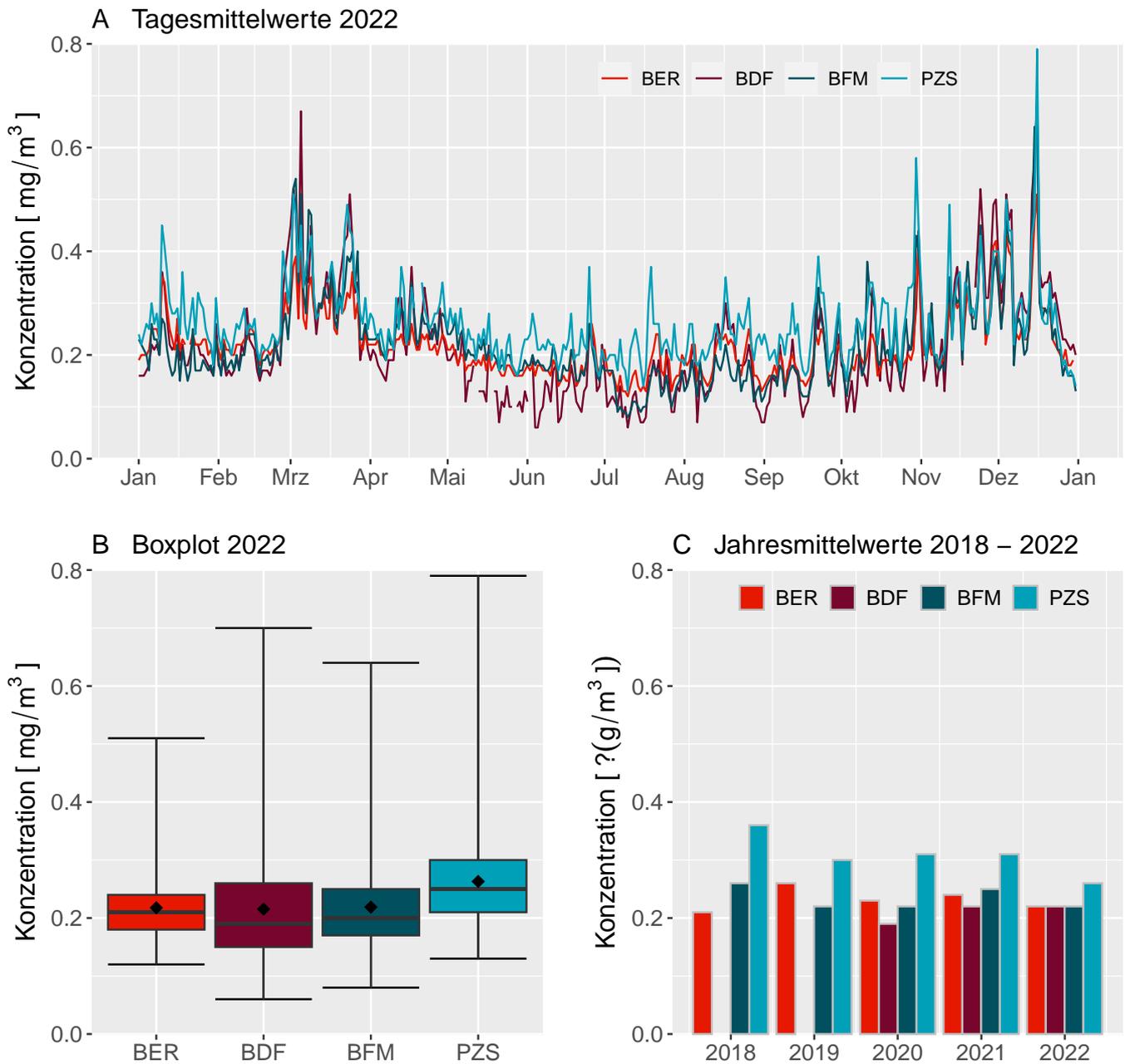


Abbildung 9: Darstellung der CO-Tagesmittelwerte 2022 für die Standorte BER, BFM, PZS als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)

## Feinstaub PM<sub>10</sub>

Die Jahresmittelwerte 2022 sowie weitere statistische Kenngrößen von Feinstaub (PM<sub>10</sub>), ermittelt aus den kontinuierlichen Messdaten der FBB-Luftgütemessstation BER und BDF, sind in der **Tabelle 8** aufgeführt. Ergänzend dazu werden die Ergebnisse der Messstationen BFM, PZS und HHB des brandenburger Messnetzes dargestellt.

Der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert in Höhe von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel wurde an den FBB-Standorten BER und BDF sowie an allen Vergleichsstandorten sicher eingehalten. Auch die gesetzlich zulässige Anzahl (35) an Überschreitungen von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Tagesmaximum wurde am Standort BER und allen anderen Vergleichsstandorten deutlich unterschritten.

Die zeitlichen Verläufe der PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerte werden in **Abbildung 10 A** dargestellt. Die Tagesmittelwerte der Standorte verlaufen parallel zueinander. Zudem sind die Konzentrationsunterschiede zwischen den Standorten relativ gering. Meteorologische Einflüsse haben demnach einen größeren Einfluss auf die PM<sub>10</sub>-Konzentration als räumliche. Saisonale Unterschiede sind nicht erkennbar.

Die Darstellung der Boxplots<sup>4</sup> in **Abbildung 10 B** erleichtert den Vergleich der statistischen Kenngrößen bzw. der Verteilung der Messwerte zwischen den Standorten. An der Vorfeldstation BER wurden die niedrigsten Werte gemessen. Die anderen Standorte liegen sehr nah beieinander, wobei der Standort BDF die

höchsten Maximalwerte aufweist.

Die Entwicklung der PM<sub>10</sub>-Belastung seit 2018 am Standort BER sowie der Vergleichsmessstationen ist in **Abbildung 10 C** dargestellt. Die höchsten Werte wurden im Jahr 2018 gemessen. In den beiden Folgejahren bis 2020 nehmen die Werte an allen Standorten ab. An der Vorfeldstation BER und der Verkehrsstation PZS bleiben die Werte auf diesem Niveau mit nur geringen Schwankungen zwischen den Jahren. Am Standort BDF werden in den Jahren 2021 und 2022 wieder höhere Werte gemessen. Ebenso verhält es sich am Standort BFM mit dem Unterschied, dass der Jahresmittelwert im Jahr 2022 etwas unterhalb des Vorjahres liegt.

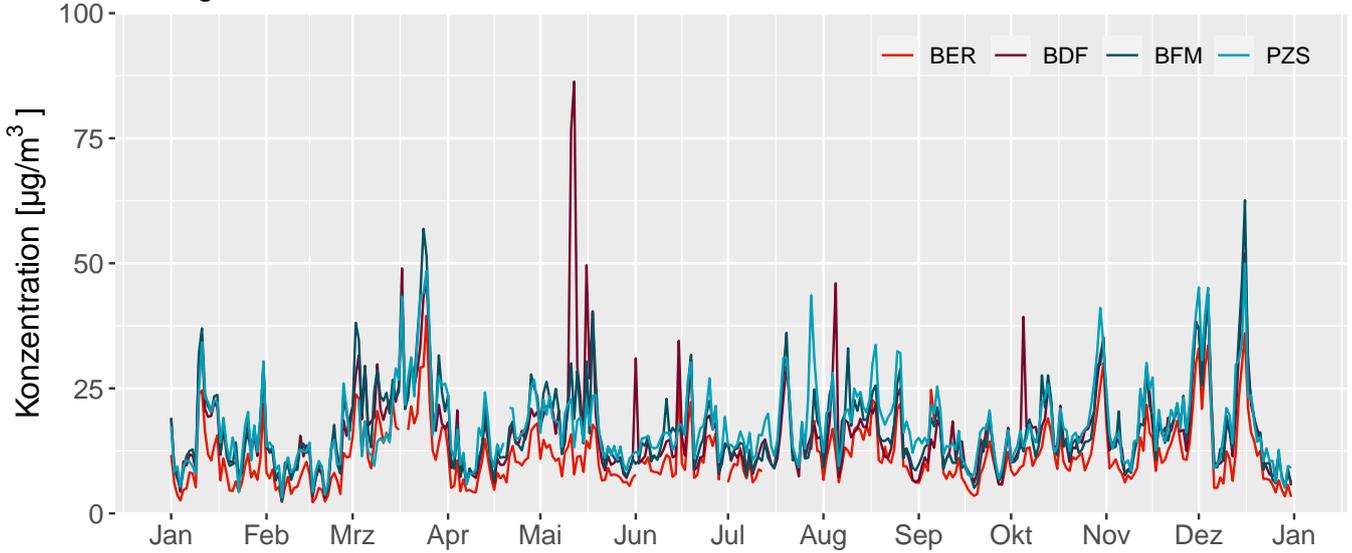
Tabelle 8: Statistische Kenngrößen für Schwebstaub (PM<sub>10</sub>) an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg (Messungen mit Referenzverfahren)

stat. Kenngröße, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS
Mittelwert, PM <sub>10</sub>	12	17	17	18
Max. TMW	40	86	63	50
50-Perzentil	10	14	14	16
98-Perzentil	29	43	40	43
Tage $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	1	2	1

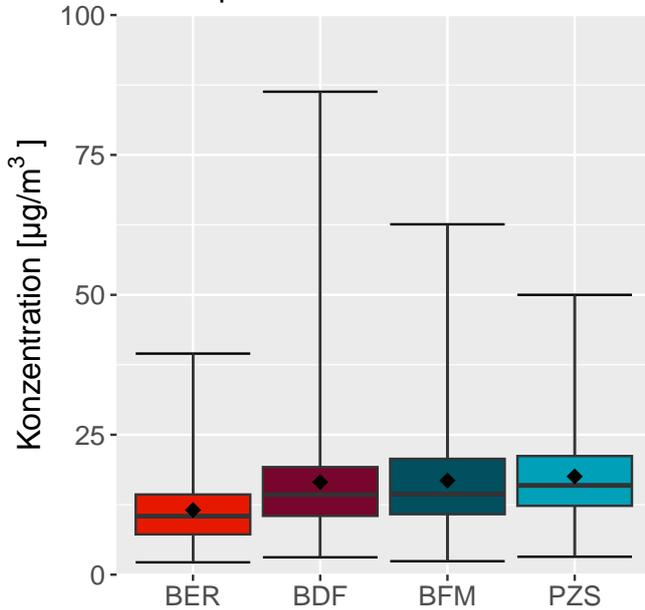
<sup>4</sup>Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 25**, Seite 60

### Feinstaub (PM<sub>10</sub>) @ BER, BDF, BFM, PZS

A Tagesmittelwerte 2022



B Boxplot 2022



C Jahresmittelwerte 2018 – 2022

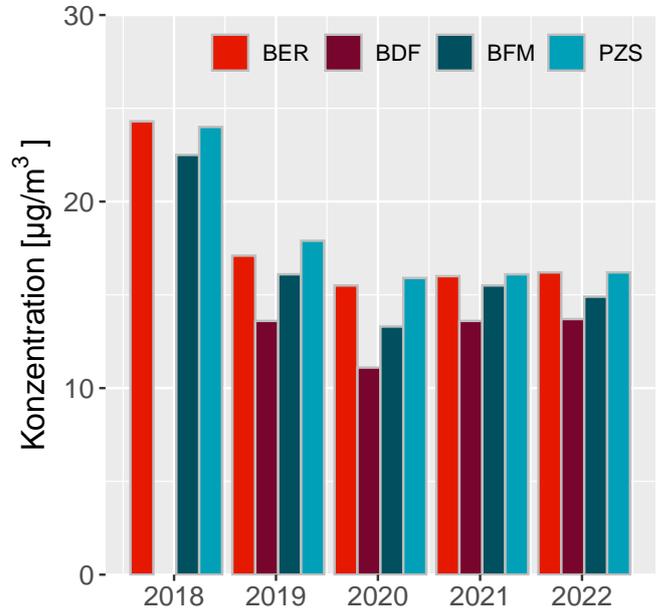


Abbildung 10: Darstellung der PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerte 2022 für die Standorte BER, BFM, PZS, HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)

## Feinstaub PM<sub>2.5</sub>

Die Jahresmittelwerte 2022 sowie weitere statistische Kenngrößen von Feinstaub (PM<sub>2.5</sub>), ermittelt aus den kontinuierlichen Messdaten der FBB-Luftgütemessstationen SXF und BDF, sind in der **Tabelle 9** aufgeführt. Ergänzend dazu werden die Ergebnisse der Messstationen BFM, PZS und HHB des Brandenburger Messnetzes dargestellt. Die Werte der verschiedenen Stationen liegen nah beieinander.

Der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert für PM<sub>2.5</sub> von 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel wurde an allen Standorten sicher eingehalten.

Die **Abbildung 11 A** zeigt die zeitlichen Verläufe der PM<sub>2.5</sub>-

Konzentration an den Standorten BER, BDF, BFM, PZS und HHB. Die Kurven liegen nah beieinander und verlaufen weitestgehend parallel. Meteorologische Bedingungen sowie Ferntransport beeinflussen die Konzentrationen an PM<sub>2.5</sub> stärker als lokale Quellen.

Die Darstellung der Boxplots<sup>5</sup> in **Abbildung 11 B** erleichtert den Vergleich der statistischen Kenngrößen und der Verteilung der Messwerte zwischen den Standorten. Die höchsten Maxima weist der Standort BFM auf, die niedrigsten der Standort BER. Die Mediane sind an den Standorten BER und HHB am niedrigsten, am höchsten ist der Median

am Standort BFM. Die Jahresmittelwerte sind an den Standorten BFM und PZS am höchsten, gefolgt von dem Standort HHB. Die niedrigsten Jahresmittelwerte weisen die Standorte BER und BDF auf.

Die Entwicklung der PM<sub>2.5</sub>-Belastung seit 2018 am Standort BER sowie der Vergleichsstandorte ist in **Abbildung 11 C** dargestellt. Im Jahr 2018 wurden die höchsten, im Jahr 2020 die niedrigsten Werte gemessen. Das Jahr 2022 weist geringere PM<sub>2.5</sub>-Konzentrationen auf als die meisten Vorjahre (mit Ausnahme von 2020).

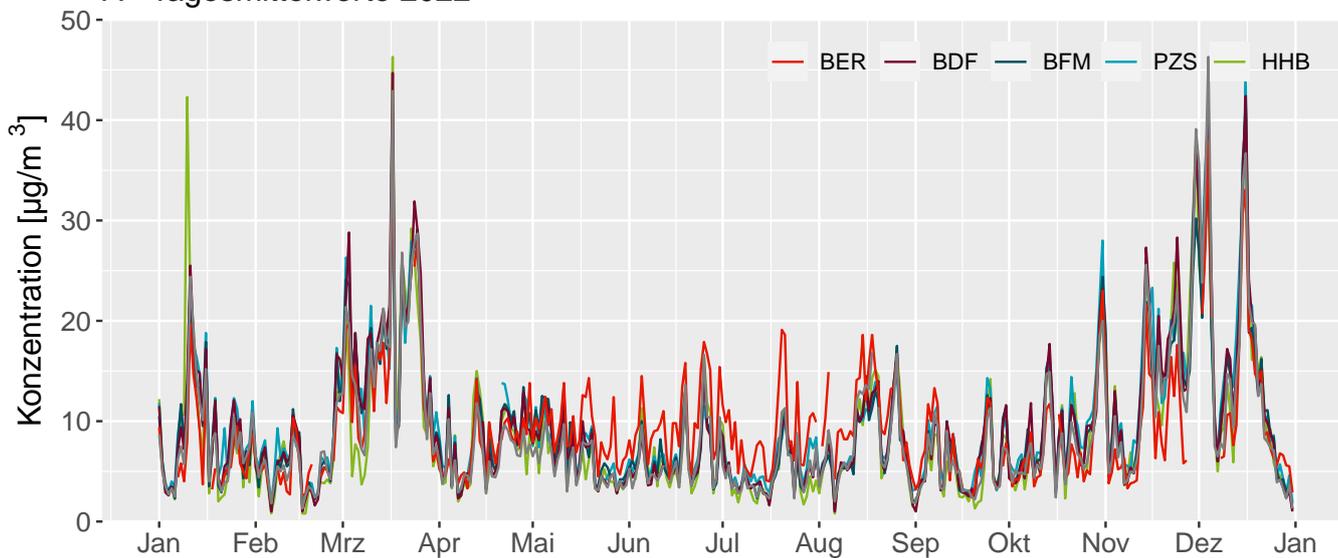
Tabelle 9: Statistische Kenngrößen für Feinstaub (PM<sub>2.5</sub>) an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS	HHB
Mittelwert, PM <sub>2.5</sub>	10	11	12	11	11
Max. TMW	37	37	47	39	40
50-Perzentil	8	9	10	10	9
98-Perzentil	29	30	32	30	29

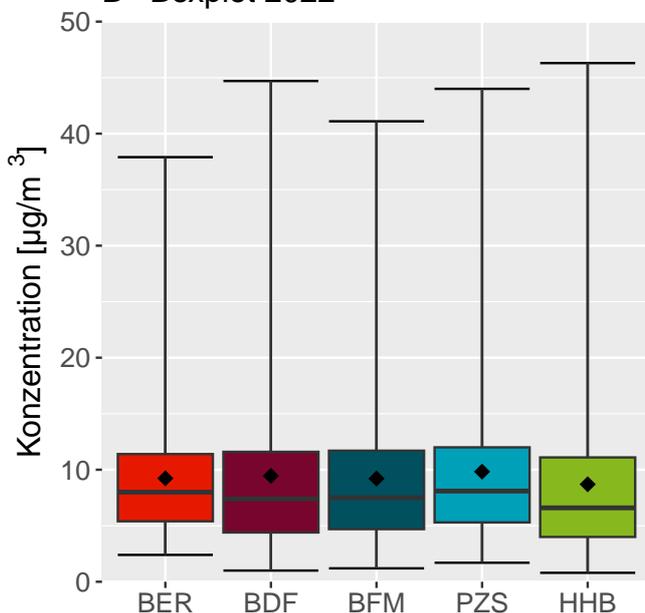
<sup>5</sup>Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 25**, Seite 60

## Feinstaub (PM<sub>2.5</sub>) @ BER, BDF, BFM, PZS, HHB

### A Tagesmittelwerte 2022



### B Boxplot 2022



### C Jahresmittelwerte 2018 – 2022

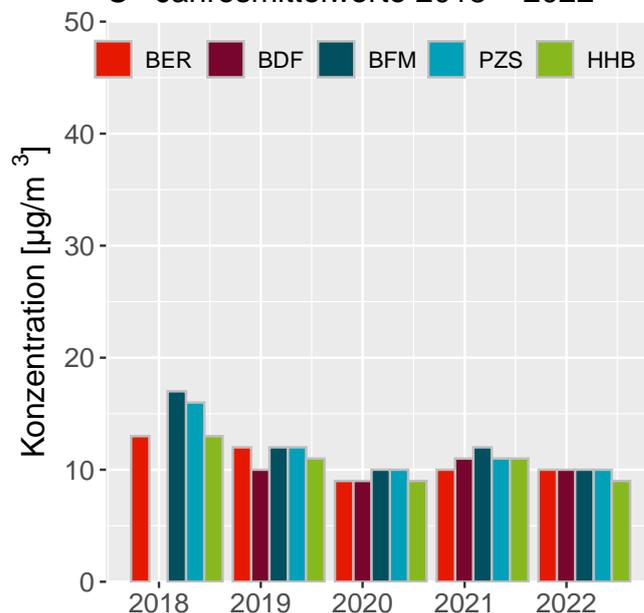


Abbildung 11: Darstellung der PM<sub>2.5</sub>-Tagesmittelwerte 2022 für die Standorte BER, BFM, PZS, HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)

## Benzol

Die Jahresmittelwerte 2022 sowie weitere statistische Kenngrößen der gemessenen Benzolkonzentration, ermittelt anhand der Messdaten der FBB-Luftgütemessstationen BER und BDF sowie der LfU-Messstandorte BFM und PZS, sind in **Tabelle 10** aufgeführt.

Der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert für Benzol in Höhe von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel wurde an allen Messstellen sicher eingehalten.

Die **Abbildung 12 A** zeigt den zeitlichen Verlauf der Benzol-Wochenmittelwerte der FBB-Luftgütemessstellen BER und BDF sowie Vergleichsstandorte. Es zeigt sich ein saisonaler Verlauf mit niedrigeren Werten im Sommer und höheren Werten im Winter. Haus-

brand stellt eine wesentliche Quelle für Benzol dar und bewirkt diesen saisonalen Verlauf. Die Meteorologie hat auch einen unmittelbaren Einfluss auf den Gehalt an Benzol in der Luft. Dies erklärt die Schwankungen der gemessenen Konzentrationen, insbesondere während der Wintermonate. Auffällig sind die erheblich erhöhten Werte von Juli bis August an der Messtation BDF. Eine mögliche Erklärung dafür ist eine Baustelle, die sich während dieses Zeitraumes in unmittelbarer Nähe der Messstation befand.

Die Darstellung der Boxplots<sup>6</sup> in **Abbildung 12 B** ermöglicht einen Vergleich der statistischen Kenngrößen und Verteilung der Messwerte. Der Standort BDF ragt hier deutlich her-

aus aufgrund der sechs erhöhten Wochenmittelwerte im Juli und August. Am Standort PZS ist die Streuung der Messwerte geringer als an den Standorten BER und BFM. Die **Abbildung 12 A** zeigt, dass hier der saisonale Verlauf deutlich geringer ausgeprägt ist, als an den anderen Standorten. Hier spielt der Straßenverkehr als jahreszeitunabhängige Quelle eine entscheidende Rolle.

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte von Benzol seit 2018 an den Standorten BER, BFM und PZS ist in **Abbildung 12 C** dargestellt. Seit 2018 zeigt sich für alle Messstellen ein Abwärtstrend, wobei hier natürlich auch der Standort BDF herausfällt aufgrund der erhöhten Werte im Sommer.

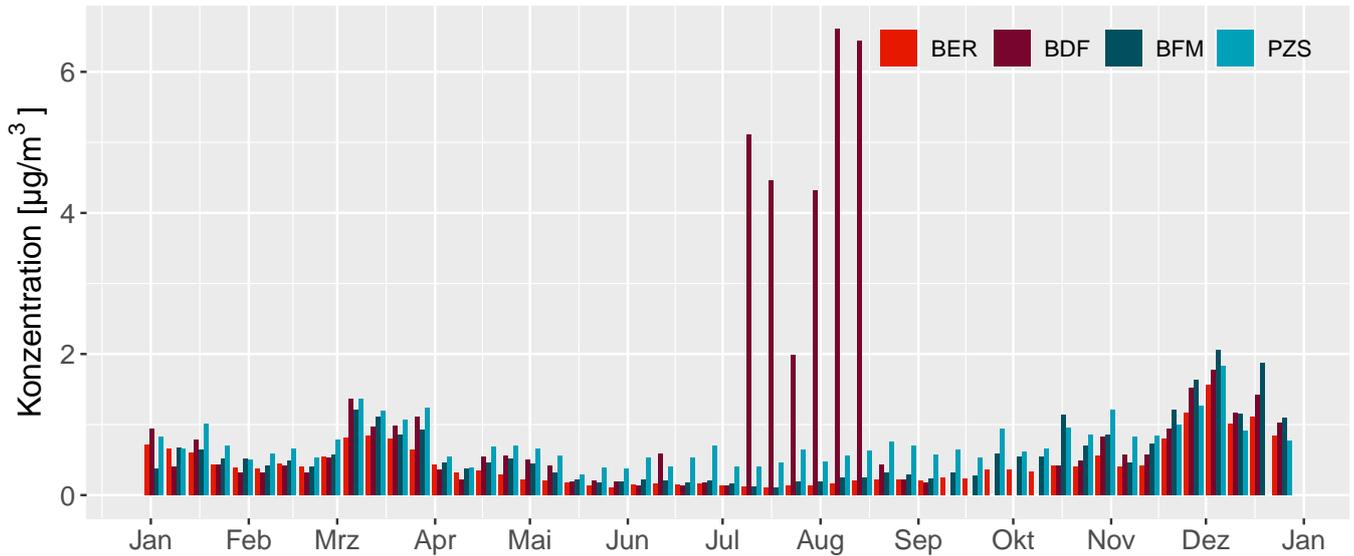
Tabelle 10: Statistische Kenngrößen für Benzol an der Luftgütemessstellen BER und BDF sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS
Mittelwert, Benzol	0,43	1,14	0,58	0,73
Max. WMW	1,57	6,61	2,1	1,83
50-Perzentil	0,36	0,54	0,46	0,66
98-Perzentil	1,16	6,45	1,87	1,37

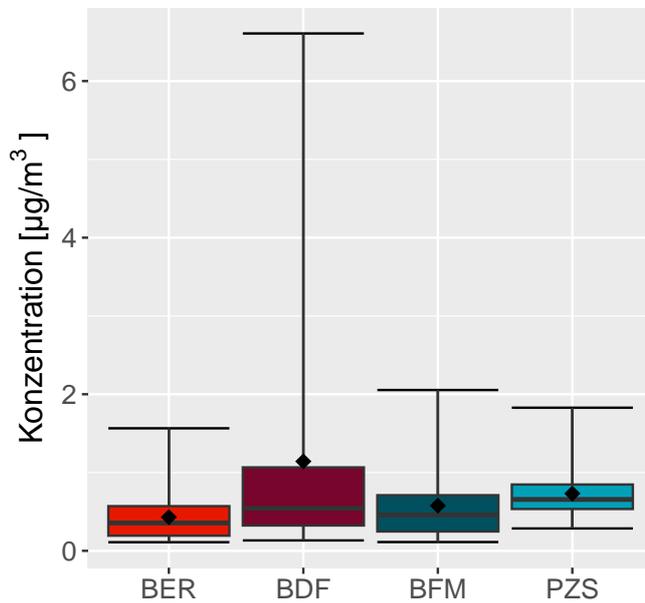
<sup>6</sup>Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 25**, Seite 60

## Benzol @ BER, BDF, BFM, PZS

## A Wochenmittelwerte 2022



## B Boxplot 2022



## C Jahresmittelwerte 2018 – 2022

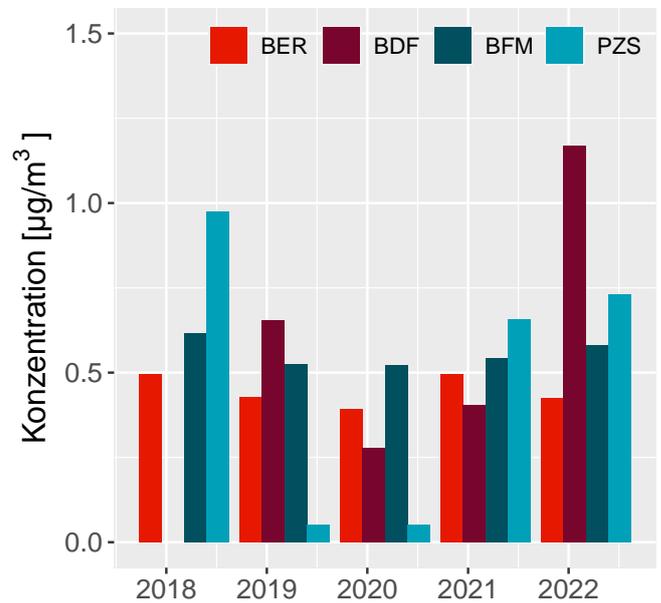


Abbildung 12: Darstellung der Benzol-Wochenmittelwerte 2022 für die Standorte BER, BFM, PZS als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung der aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte

## Benz[a]pyren

Die Jahresmittelwerte 2022 sowie weitere statistische Kenngrößen von Benz[a]pyren an den FBB-Luftgütemessstellen BER und BDF sowie vergleichend an den LfU-Standorten BFM und PZS, ermittelt aus den Messdaten der Luftgütemessstation der FBB und des LfU, sind in **Tabelle 11** aufgeführt.

Der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert für Benz[a]pyren in Höhe von  $1 \text{ ng/m}^3$  im Jahresmittel wurde am Standort BER und an den anderen Standorten sicher eingehalten (siehe **Abbildung 13 B u. C** und **Tabelle 11**).

Die Darstellung der Wochenmittelwerte im Jahresverlauf (**Abbildung 13 A**) zeigt für alle vier Standorte einen ausgeprägten saisonalen Verlauf mit hohen Werten im Winter und niedrigen Werten im Sommer. Im Sommer liegen die Werte überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenze. Während des Winterhalbjahres werden die höchsten Wochenmittelwerte gemessen.

Die Boxplot-Darstellung<sup>7</sup> in **Abbildung 13 B** ermöglicht einen unmittelbaren Vergleich der Standorte anhand der statistischen Verteilung der Messwerte. Aufgrund der teilweise hohen Werte im Winter und der niedrigen Werte im Sommer ist die

Streuung der Messwerte sehr hoch bei ungleichmäßiger Verteilung. So liegen die Mittelwerte deutlich über dem Median, am BER sogar oberhalb des 75-Perzentils. Ca. 1/4 der Wochenmittelwerte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze und werden somit auf 1/2 der Bestimmungsgrenze gesetzt. Dadurch ergibt sich für das Minimum und das 25-Perzentil der gleiche Wert.

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte von Benz[a]pyren seit 2018 an den Standorten BER, BFM und PZS (mit Ausnahme von 2018 und 2020) ist in **Abbildung 13 C** dargestellt. Es ist kein Trend erkennbar.

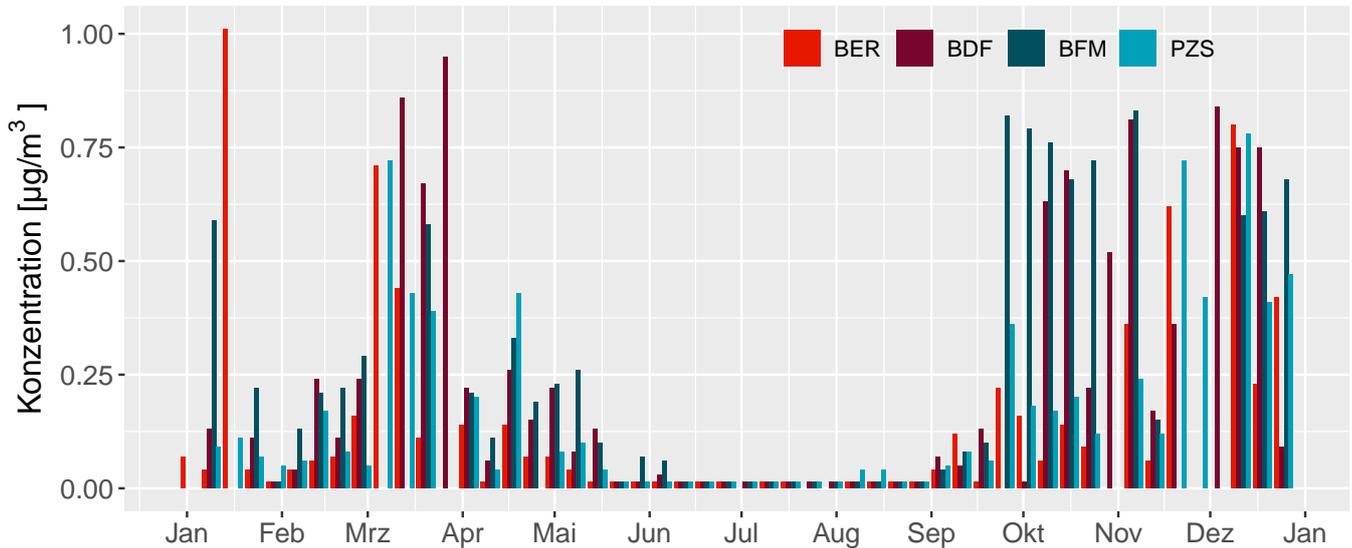
Tabelle 11: Statistische Kenngrößen für Benz[a]pyren an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, $\text{ng/m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS
Mittelwert, BaP	0,15	0,23	0,25	0,17
Max. WMW	1,01	0,95	0,83	0,78
50-Perzentil	0,06	0,11	0,13	0,08
98-Perzentil	0,83	0,87	0,83	0,73

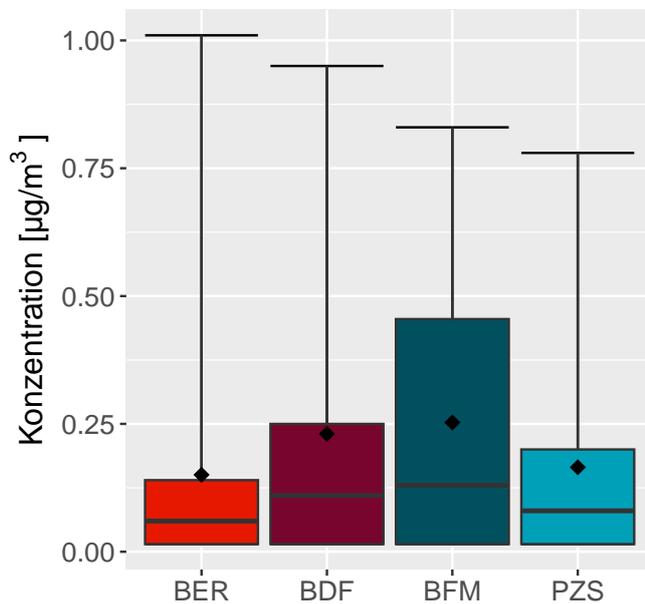
<sup>7</sup>Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 25**, Seite 60

## Benzo[a]pyren @ BER, BDF, BFM, PZS

## A Wochenmittelwerte 2022



## B Boxplot 2022



## C Jahresmittelwerte 2018 – 2022

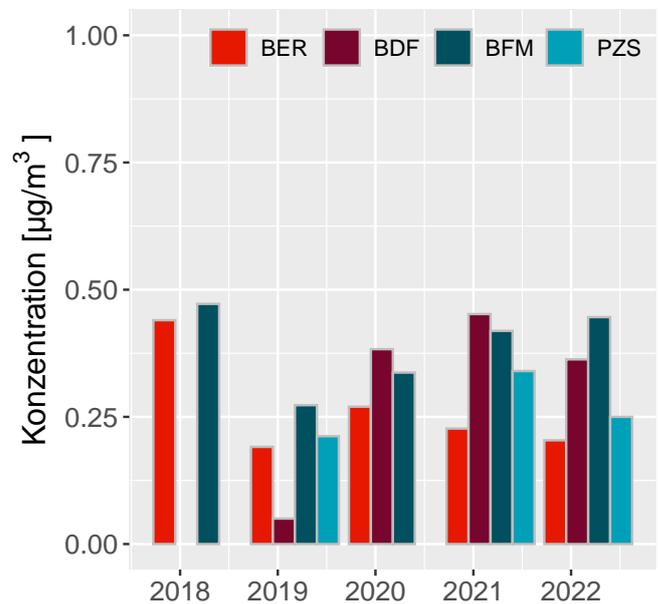


Abbildung 13: Darstellung der (A) Wochenmittelwerte 2022 der Benz[a]pyren-Konzentration sowie (B) der Messwertverteilung für die Standorte BER, BFM und PZS; (C) Darstellung der Jahresmittelwerte der letzten fünf Jahre

## Ruß

Die Jahresmittelwerte 2022 sowie statistische Kennzahlen der gemessenen Rußkonzentrationen an den FBB-Luftgütemessstationen BER und BDF sowie an den Standorten BFM und PZS des Luftgütemessnetzes Brandenburg sind in **Tabelle 12** aufgeführt. Die Komponente Ruß obliegt derzeit keiner Grenzwertregelung. Der in der aufgehobenen 23.BImSchV für Ruß verankerte Grenzwert betrug ehemals  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Jahresmittelwerte an allen vier Standorten liegen deutlich unter diesem ehemaligen Grenzwert.

Die **Abbildung 14 A** zeigt den zeitlichen Verlauf der Wochenmit-

telwerte der Rußkonzentration für das Jahr 2022 der Standorte BER, BDF, BFM und PZS. Die höchsten Werte wurden während der Monate November und Dezember sowie im März gemessen, die niedrigsten Werte überraschenderweise im Januar und Februar. Der hohe Wochenmittelwert am Standort PZS Anfang Januar spiegelt höchstwahrscheinlich Silvesteraktivitäten wider.

Die Unterschiede zwischen den Standorten sind relativ gering, wobei die Standorte BDF und BFM die höchsten Maximalwerte aufweisen, der Standort BER hingegen die niedrigsten (siehe auch **Abbil-**

**dung 14 B**). Mittelwert und Median liegen bei den Standorten BER, BFM und PZS nah beieinander aufgrund der geringen Streuung der Messwerte.<sup>8</sup>

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte der Rußkonzentration der letzten fünf Jahre an den Standorten BER, BDF, BFM und PZS/PGS kann **Abbildung 14 C** entnommen werden. Am Standort BER zeigt sich seit 2018 ein Abwärtstrend. Der Standort BDF hatte im Jahr 2020 den niedrigsten Jahresmittelwert, zeigt seitdem jedoch eine steigende Tendenz.

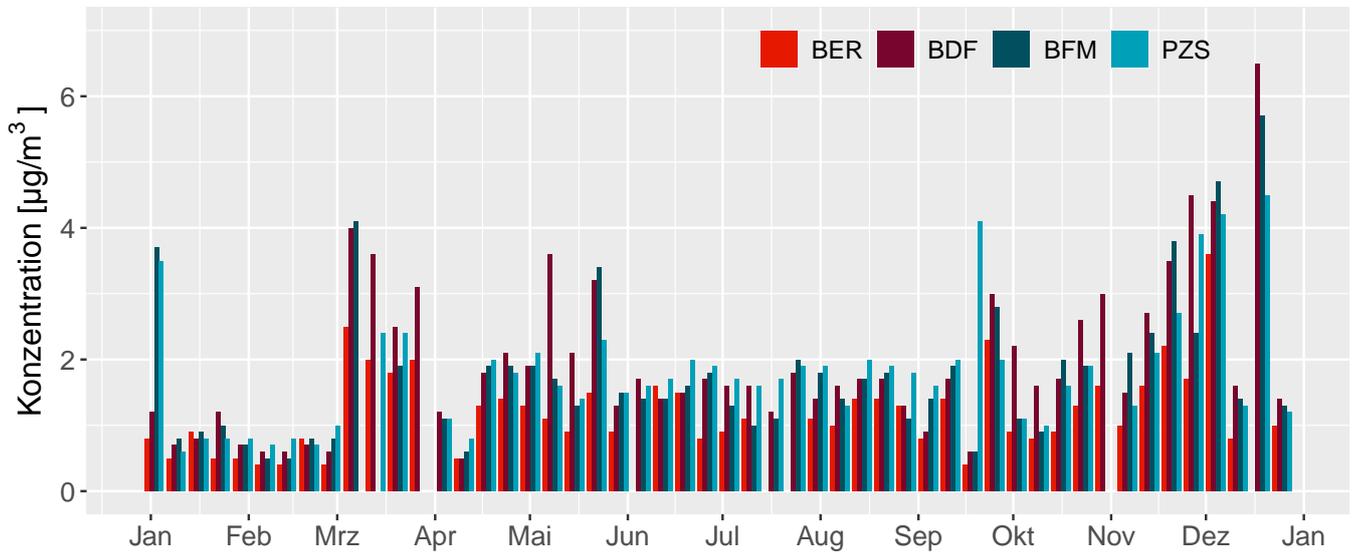
Tabelle 12: Statistische Kenngrößen für Ruß an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS
Mittelwert, Ruß	1,2	2,0	1,8	1,8
Max. WMW	3,6	6,5	5,7	4,5
50-Perzentil	1,1	1,7	1,5	1,7
98-Perzentil	2,6	4,5	4,7	4,2

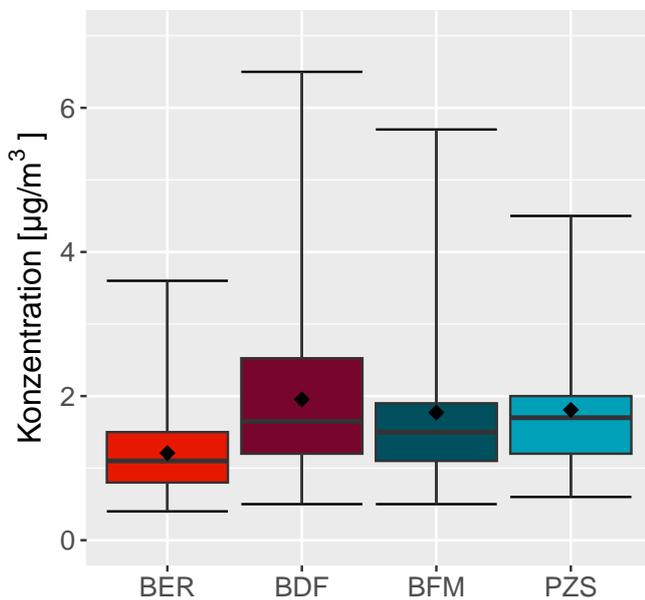
<sup>8</sup>Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 25**, Seite 60

## Ruß @ BER, BDF, BFM, PZS

### A Wochenmittelwerte 2022



### B Boxplot 2022



### C Jahresmittelwerte 2018 – 2022

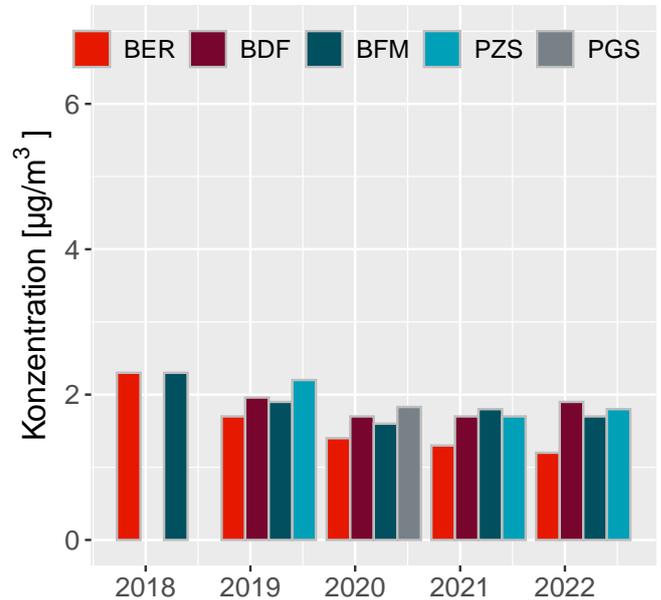


Abbildung 14: Darstellung der (A) Wochenmittelwerte der Ruß-Konzentration sowie (B) der Messwertverteilung für die Standorte BER, BDF, BFM und PZS; (C) Darstellung der Jahresmittelwerte der letzten fünf Jahre



# Zusammenfassung

Die gesetzlichen Grenz- und Zielwerte wurden im Jahr 2022 für alle gemessenen Parameter an den FFB-Luftgütestandorten sicher eingehalten.

Die **Abbildung 15 A** zeigt zusammenfassend die Jahresmittelwerte der relevanten Schadstoffe als

prozentualen Anteil zum jeweiligen Grenzwert. In der **Abbildung 15 B** wird die Anzahl der gemessenen Überschreitungen als prozentualer Anteil der jeweils zulässigen Anzahl an Überschreitungen für Ozon und PM<sub>10</sub> dargestellt. Bei Ozon handelt es sich um einen Zielwert, wo-

bei die Zahl der Überschreitungstage pro Kalenderjahr, gemittelt über drei Jahre, maßgeblich ist. In beiden Abbildungen werden die FFB-Luftgütestandorte BER und BDF sowie die Vergleichsstandorte des Luftgütemessnetzes des Landesamtes für Umwelt (LfU) dargestellt.

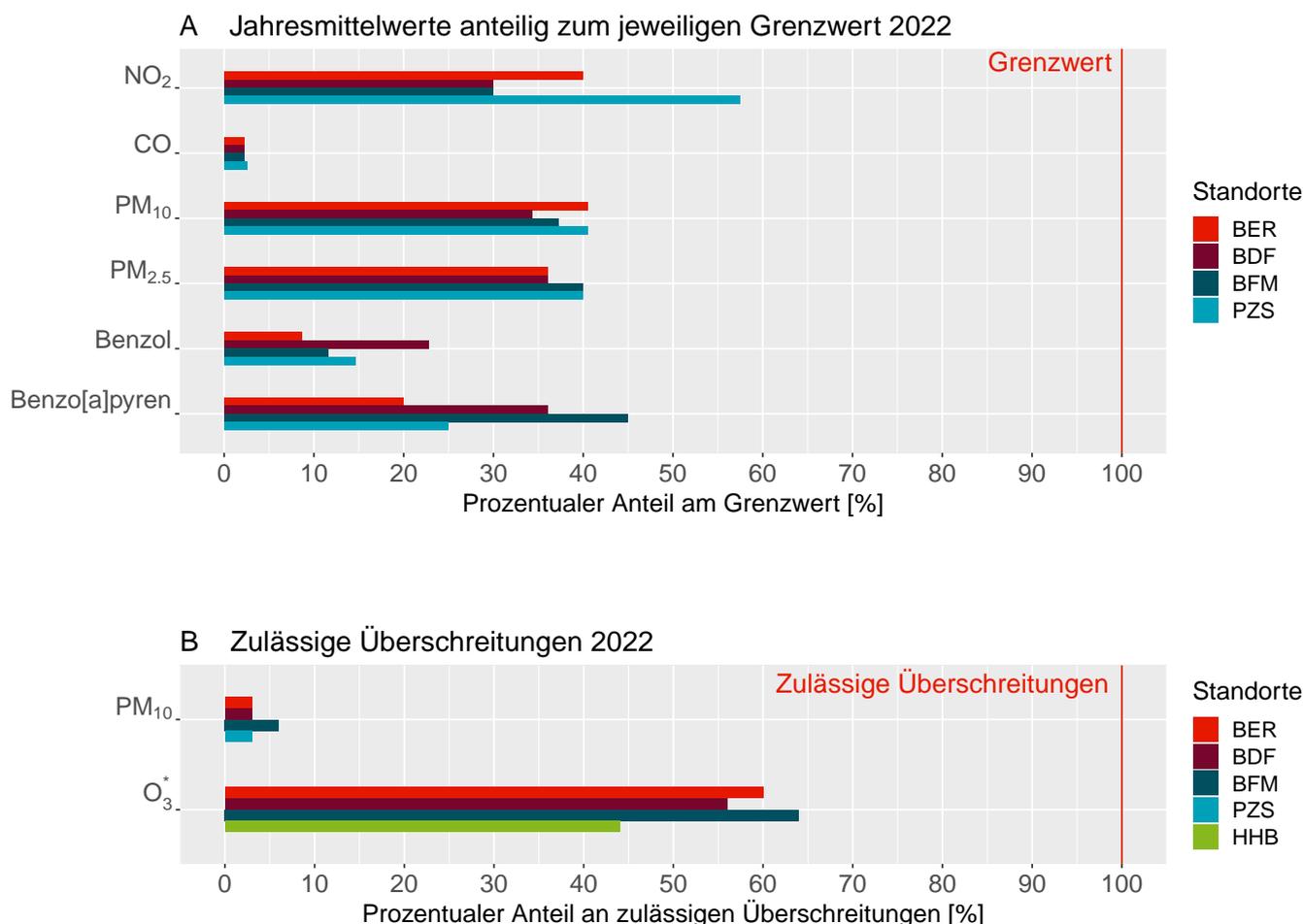


Abbildung 15: Relation der an den Standorten BER, BDF, BFM, PZS, PGS und HHB ermittelten Jahresmittelwerten in 2022 zum jeweiligen Grenzwert bzw. \*Zielwert (Ozon, Dreijahresmittel)

Die **Abbildung 16 A und B** zeigen die Entwicklung der Verkehrszahlen (Anzahl der Passagiere und Anzahl der Flugbewegungen) sowie die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen am Standort SXF/BER seit 2012. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Luftschadstoffen untereinander und mit den Verkehrszahlen zu gewährleisten, wurden sowohl die Anzahl der Verkehrszahlen als auch die Konzentrationen auf das Jahr 2012 genormt.

Von 2013 bis 2018 stiegen die Flugbewegungen am Standort SXF/BER kontinuierlich an. Bei den Passagierzahlen ist ein leichter Rückgang seit 2017 zu verzeichnen, die Flugbewegungen sind seit 2018 rückläufig. Beide Parameter liegen in 2019 wieder auf dem Niveau von 2016. Im Jahr 2020 sanken die Flugbewegungen und die Passagierzahlen auf ca.

50% des Niveaus von 2012. In Jahre 2022 erreichte die Anzahl der Flugbewegungen und Passagiere den bisher höchsten Stand.

Die Entwicklung der Flugbewegungen ist nicht im zeitlichen Verlauf der Luftschadstoff-Konzentrationen erkennbar. Mit Ausnahme von  $\text{NO}_2$  und Benzol weisen die Schadstoffe ein Maximum im Jahr 2014 auf. Im Jahr 2017 lagen die Jahresmittelwerte von Ruß und  $\text{PM}_{2.5}$  leicht über denen von 2012.  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  sind auf dem Niveau von 2012 während Benz[a]pyren, Kohlenmonoxid und Benzol deutlich niedriger als 2012 liegen. In 2018 liegen die Messwerte von Ruß, Benz[a]pyren und  $\text{PM}_{10}$  höher als in den letzten drei Jahren.  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{2.5}$  liegen auf gleichem Niveau wie in den Vorjahren. Im Jahr 2019 erreichten die Jahresmittelwerte von Benzol und Benz[a]pyren ein Minimum, während die anderen

Schadstoffe nur wenig vom Jahresmittelwert aus 2012 abwichen. **Im aktuellen Messjahrjahr 2022 liegen sämtliche Luftschadstoffe unterhalb des Niveaus von 2012 während die Anzahl an Flugbewegungen und Passagieren um das 2,5 bis 3fache im Vergleich zu 2012 angestiegen ist.**

Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt, dass eine Erhöhung der Verkehrszahlen nicht unmittelbar zu einer Erhöhung der Immission von Schadstoffen führen muss. Umgekehrt hat auch der drastische Rückgang der Verkehrszahlen im Jahr 2020 nur zu einem leichten Rückgang der Immission geführt. Diese Untersuchung wird in den Folgejahren fortgeführt.

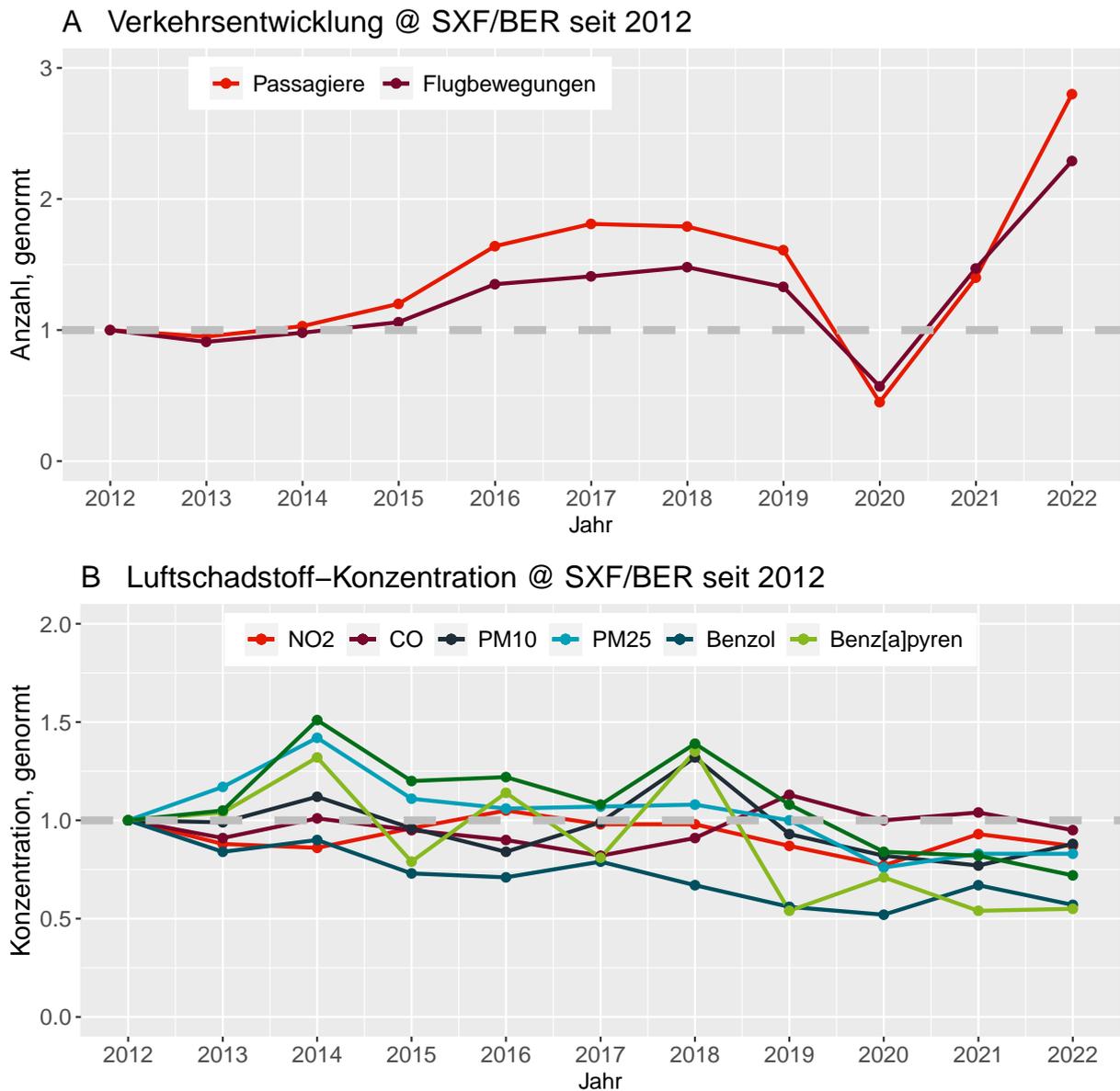


Abbildung 16: Normierte Darstellung der (A) Verkehrsentwicklung sowie der (B) Jahresmittelwerte am Standort BER seit 2012





# Zusatzinformation

## Ultrafeinstaub - Allgemeine Informationen

Ultrafeinstaub (UFP) bezeichnet zusammenfassend Aerosole und Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 100 nm. Aufgrund ihrer geringen Größe und der damit verbundenen geringen Masse der Partikel, ist eine Massenbestimmung von UFP nicht möglich. Stattdessen werden die Partikel gezählt. Die folgende Abbildung zeigt schematisch die partikelgrößenabhängige Massenkonzentration (schwarze Kurve) und Anzahlkonzentration (rote Kurve) eines typischen Aerosols.

Es gibt derzeit keine gesetzlichen Regelungen hinsichtlich eines Grenz-, Schwellen- oder Informationswertes. Deshalb ist die Messung von UFP auch nicht Teil einer verpflichtend und routinemäßig durchgeführten

Immissionsüberwachung. Vielmehr ist UFP fortlaufend Thema von Forschung und Wissenschaft. Toxikologische Studien geben zwar Hinweise auf eine gesundheitliche Relevanz von UFP. Aber es gibt derzeit noch keine Ergebnisse zu einer Dosis-Wirkungs-Beziehung und somit auch keinen Grenzwert. Hierzu besteht weiterhin Forschungsbedarf.

In den letzten Jahren ist das Thema UFP zunehmend in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Dieses Interesse unterstützt die FBB und möchte mit ihren UFP-Messungen einen aktiven Beitrag zur Charakterisierung der Außenluft im Flughafenumfeld leisten. Seit Oktober 2016 misst die FBB als erster deutscher Flughafen UFP an der sta-

tionären Luftgütemessstation am Standort BER. Die Messungen erfolgen weitestgehend kontinuierlich, wobei es Unterbrechungen für Qualitätskontrollen (siehe Qualitätssicherung, S. 49) bzw. notwendige Reparaturen geben kann. Die Messtechnik sowie erste Ergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

Seit März 2018 hat die FBB darüber hinaus eine mobile Luftgütemessstation in Bohnsdorf aufgestellt. Hier wird neben den klassischen Luftgüteparametern ebenfalls UFP gemessen. Darüberhinaus misst das LfU seit Mai 2020 an der Messstelle Blankenfelde-Mahlow (BFM) ebenfalls die UFP-Anzahlkonzentration.

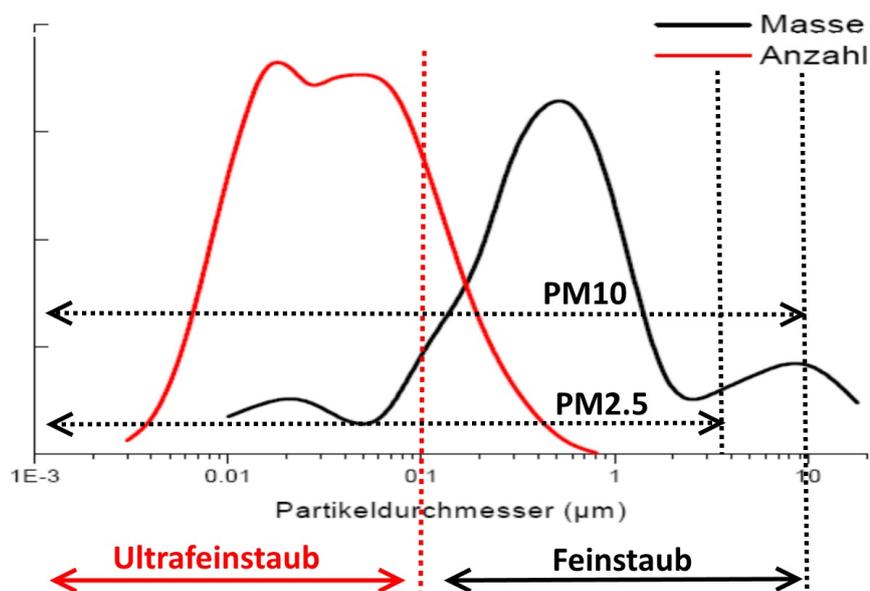


Abbildung 17: Partikelgrößenabhängige Massen- und Anzahlkonzentration eines typischen Aerosols

## Ultrafeinstaub - Messungen der FBB

### Messtechnik

Als UFP-Messgerät kommt das SMPS+C, Modell 5.420 der Firma GRIMM zum Einsatz. Die **Abbildung 18** zeigt das in der stationären Luftgütemessstation der FBB eingebaute UFP-Messgerät. Mit diesem Gerät sind 24/7 Echtzeit-Messungen mit hoher zeitlicher Auflösung möglich. Es lässt sich in drei verschiedenen Messmodi betreiben, die im Folgenden vorgestellt werden.

### Messmodi

Einerseits kann die Gesamtpartikelanzahl gemessen werden, wobei Partikel innerhalb eines Größenbereiches von 5 nm bis 1.000 nm erfasst werden (Messmethode a). Mit diesem Messmodus wurde die UFP-Messung von Oktober 2018 bis Dezember 2018 betrieben.

Des Weiteren gibt es die Möglichkeit, vor der Zählinheit einen Größenklassierer einzubauen. Dies ermöglicht eine Messung der größenabhängigen Partikelanzahl (Messmethode b). Es gibt zwei

verschiedene Größenklassierer: M-DMA und L-DMA. Mit dem M-DMA wird ein Größenspektrum von 5 nm bis 350 nm, mit dem L-DMA ein Größenspektrum von 10 nm bis 1.094 nm erfasst. Die größenklassierte Messung mit einem L-DMA wurde am Standort SXF von Januar bis Mai 2018 und am Standort BFM vom 15. März bis Dezember 2018 durchgeführt.

Die **Abbildung 20** zeigt die drei Messmodi und die Anwendung im Messprogramm der FBB als Übersicht.

### Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung der UFP-Messung zur Gewährleistung von Transparenz und Vergleichbarkeit mit anderen Messergebnissen nimmt einen großen Stellenwert ein. Als Partner für die Qualitätssicherung steht der FBB das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung zur Seite. Das TROPOS ist Mitglied des Welt-Kalibrierzentrums für Aerosolphysik (WCCAP: World Calibration Centre for Aerosol Physics) und ebenso

Teil der Europäischen Forschungsinfrastruktur für Untersuchungen von Aerosolen, Wolken und Spurengasen (ACTRIS: Research Infrastructure for the observation of Aerosol, Clouds and Trace gases). Innerhalb des ACTRIS wurden Standards für UFP-Messungen definiert. Gemäß diesen Standards sind die UFP-Messsysteme des TROPOS als Referenzmesssysteme anerkannt. Damit ist das TROPOS anerkannte Anlaufstelle zur Kalibrierung und Qualitätskontrolle von UFP-Messungen. Als solches fungierte es auch im Rahmen des GUAN.

Die Qualitätssicherung erfolgt ein- bis zweimal jährlich in Form eines Instrumentenabgleiches mit dem Referenzsystem des TROPOS. Hierzu findet jährlich ein einwöchiger Workshop in den Laboren des TROPOS statt. Zudem werden Vergleichsmessungen und Tests in den Messstationen der FBB durchgeführt. Darüber hinaus werden in kürzeren Abständen beide Geräte für ein bis zwei Tage parallel in einer der beiden FBB-Messstationen betrieben.



Abbildung 18: UFP-Messgerät in der stationären Luftgütemessstation der FBB

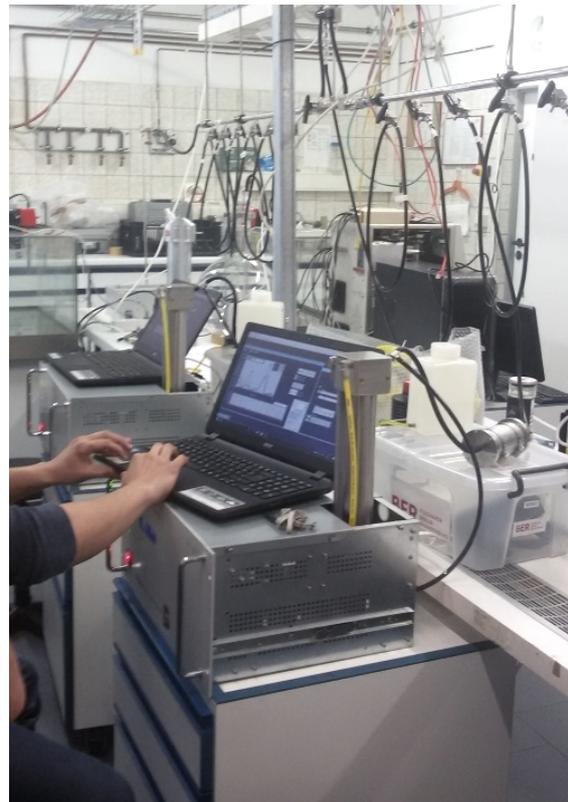


Abbildung 19: Kalibrierworkshop im Labor des Leibniz-Institutes für Troposphärenforschung

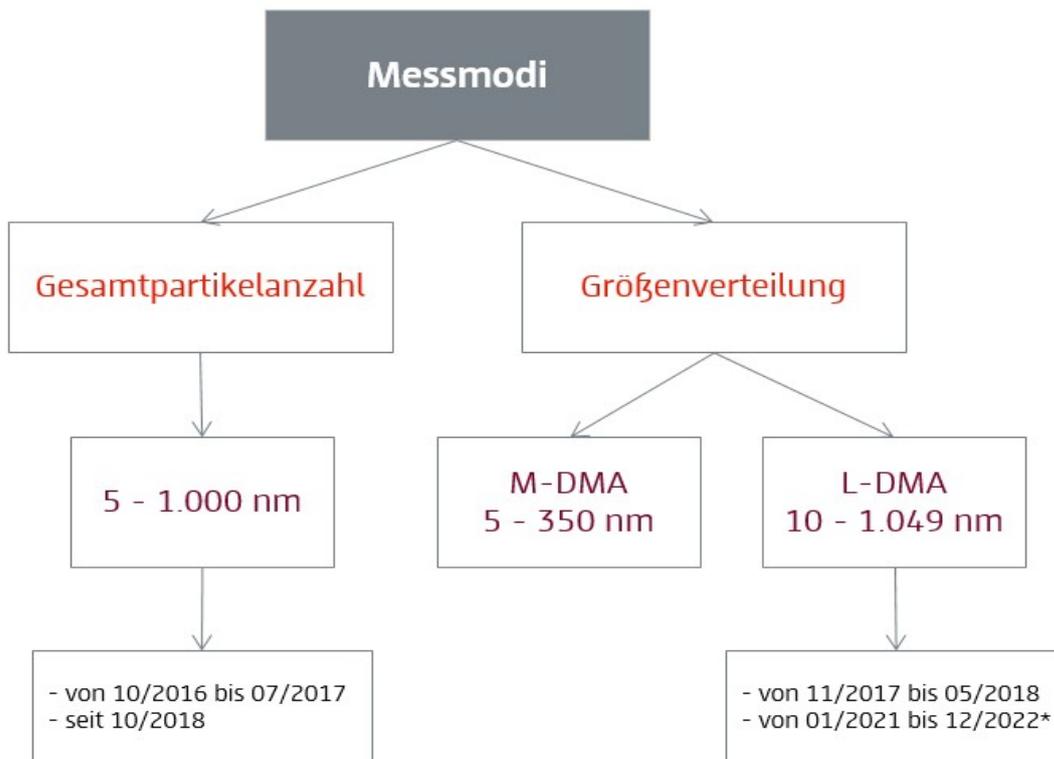


Abbildung 20: Übersicht der Messmodi des UFP-Messgeräts und deren Anwendung für die Messungen der FBB.

\*Messung der Größenverteilung am Standort BDF erfolgte im Rahmen des Forschungsprojektes ULTRAFLEB, für mehr Informationen siehe <https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/ultrafleb>

## Messwerte 2022

Die **Abbildung 21 A** zeigt den zeitlichen Verlauf der 30-min-Mittelwerte der Gesamtpartikelanzahl an den Standorten BER, BDF und BFM (Luftgütemessnetz Brandenburg) für den Zeitraum Januar bis Dezember 2022. Bei den Messwerten handelt es sich um die Gesamtpartikelanzahl ohne vorgeschalteten Größenklassierer (DMA) gemessen (Messmethode a). Die gemessenen Werte liegen am Standort BER höher als an den Standorten BDF und BFM, die in etwa auf gleichem Niveau liegen.

Die Darstellung der Boxplots in **Abbildung 21 B** ermöglicht einen Vergleich der statistischen Kenngrößen zwischen den Standorten und verdeutlicht die Unterschiede der UFP-Belastung zwischen den Standorten BER, BDF und BFM. Die

statistische Streuung der Messwerte am Standort BER ist ausgesprochen hoch. Der Median<sup>9</sup> liegt mit 8.771 #/ccm nicht viel höher als der Median der beiden Messstellen BDF und BFM. Der Mittelwert hingegen ist fast doppelt so hoch als an den Standorten BDF und BFM.

Diese breite Streuung erklärt sich durch die vereinzelt extrem hohen Werte in der zweiten Jahreshälfte (siehe **Abbildung 21 A**). Eine entscheidende Rolle spielt hier aber auch die unmittelbare Nähe zur Quelle, insbesondere der direkt an der Messstelle vorbeiführenden Betriebsstraße. Vorbeifahrende Fahrzeuge erzeugen kurzzeitig (wenige Sekunden) einen enormen Anstieg der Partikelanzahl. Startende und landende Flugzeuge hingegen bewirken einen wesentlich geringeren Anstieg der

Partikelanzahl, der sich allerdings über einige Minuten erstreckt.

An den Standorten BDF und BFM ist die Variabilität der Messwerte geringer als am Standort BER. Mittelwert und Median liegen nahe beieinander (siehe **Tabelle 13**).

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte<sup>10</sup> seit 2018 wird in **Abbildung 21 C** dargestellt. Das Jahr 2020 stellt für den Standort BER das Jahr mit der geringsten UFP-Belastung dar, während an den Standorten BDF und BFM in 2020 die Werte etwas höher lagen als im Jahr 2021. Im Jahr 2022 ist der Jahresmittelwert am Standort BER niedriger als in den Jahren 2019 und 2021. Die Standorte BDF und BFM hingegen weisen im Jahr 2022 die höchsten Werte im Fünf-Jahres-Vergleich auf.

<sup>9</sup> Median bedeutet, 50 % aller Messwerte liegen unterhalb dieses Wertes (siehe hierzu auch **Abbildung 25**).

<sup>10</sup> Für die Bildung der Jahresmittelwerte wurde nur die gemessene Gesamtpartikelanzahl einbezogen. Der Zeitraum, in dem die Größenverteilung gemessen wurde, fließt nicht in die Jahresmittelbildung ein. Der Grund dafür ist die Unterschätzung der Gesamtpartikelanzahl bei der Messung der Größenverteilung (siehe LG-Bericht 2018).

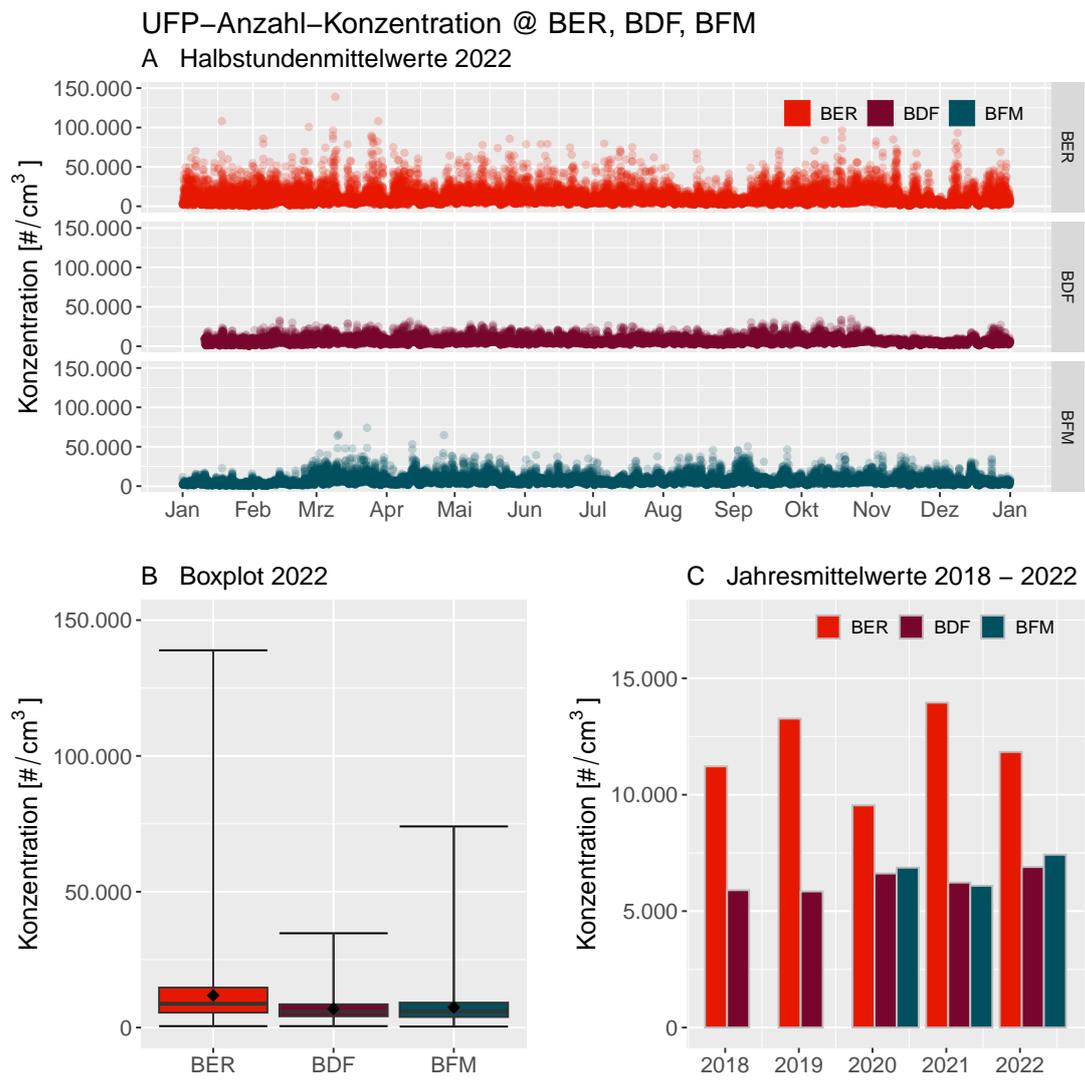


Abbildung 21: Gesamtpartikelanzahl UFP (Halbstundenmittelwerte) an den Standorten BER, BDF und BFM im Jahr 2022

Tabelle 13: UFP-Gesamtpartikelanzahl an den Standorten BER, BDF und BFM im Jahr 2022

Ort	Mittel	Median	Maximum
BER	1.838	8.771	138.888
BDF	6.897	5.900	34.716
BFM	7.425	6.010	74.048

## Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl 2022

Die **Abbildung 22** zeigt den Einfluss der Windrichtung auf die Gesamtpartikelanzahl an den Standorten BER, BDF und BFM unterschieden zwischen Tag und Nacht für den Messzeitraum 2021. Als Nacht wurde der Zeitraum von 0 bis 6 Uhr definiert, in dem kein bzw. stark reduzierter Flugverkehr stattfindet.

Um anhand der Windrichtung mögliche Quellen besser erkennen zu können, wurden die Abbildungen auf einer Karte an dem jeweiligen

Standort platziert.

Am Standort BER zeigen sich deutlich erhöhte Messwerte bei Windrichtungen aus Richtung Südwest. Seit 2021 (siehe **Abbildung 23**) hat sich die Ausprägung der Percentilrose in südliche Richtung verschoben, was den Einfluss der Südbahn seit der Inbetriebnahme verdeutlicht. Am Standort BDF zeigen sich höhere Messwerte sowohl bei Wind aus Richtung des Flughafens (SW), als

auch bei Windrichtungen aus Nordost (NO). Am Standort BFM sind höhere Messwerte aus Richtung Flughafen (O) zu erkennen.

Während der Nachtstunden ohne Flugverkehr sind an den Standorten BDF und BFM keine erhöhten Werte aus Flughafenrichtung zu beobachten.

Am Standort BER sind die Konzentrationsunterschiede zwischen Tag und Nacht stärker ausgeprägt als an den Standorten BDF und BFM.

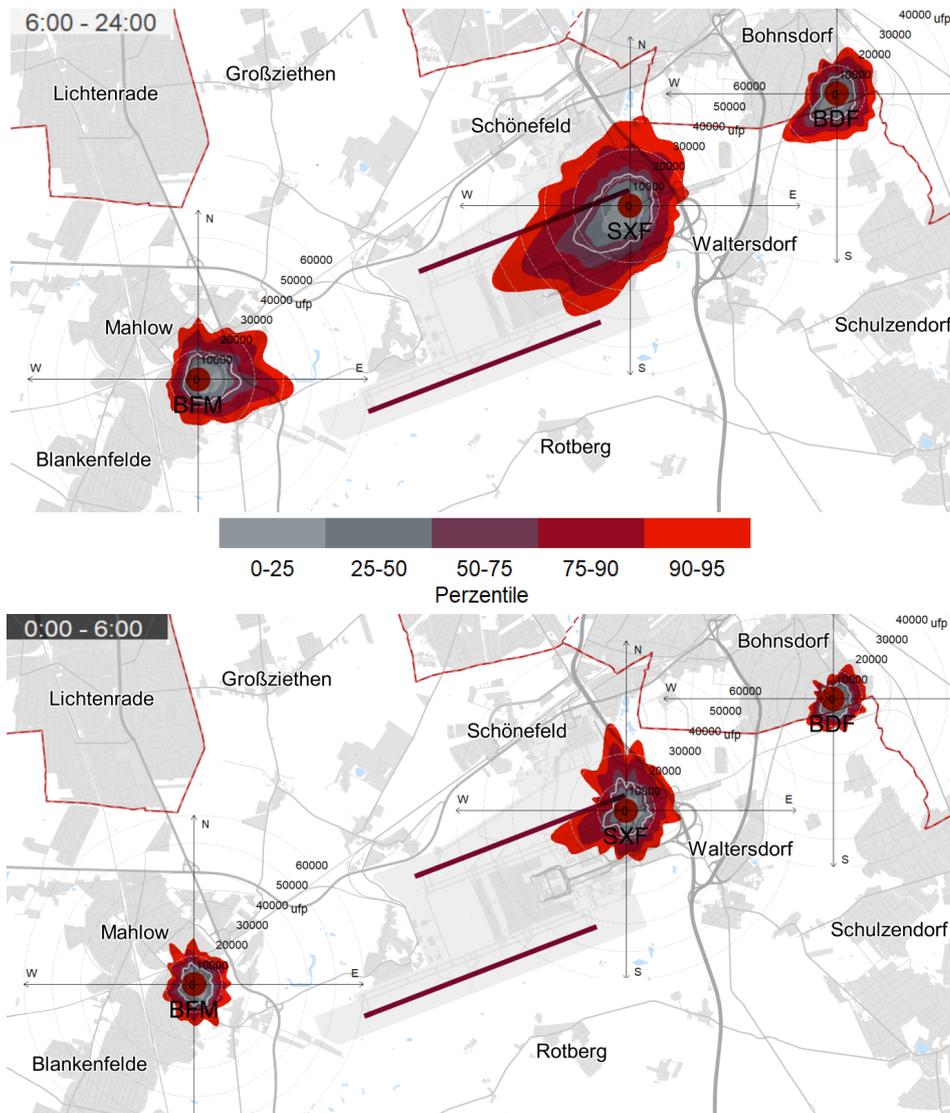


Abbildung 22: Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl an den Standorten BER, BDF und BFM, unterschieden zwischen Tag und Nacht, 2022

## Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl im Jahresvergleich von 2019 bis 2022

Die **Abbildung 23** zeigt die UFP-Belastung in Abhängigkeit von der Windrichtung an den Standorten BER, BDF und BFM verglichen zwischen den Jahren 2019, 2020<sup>11</sup>, 2021 und 2022.

Wie auch schon in **Abbildung 21 C** zu erkennen ist, zeigt sich ein deutlicher Rückgang der UFP-Belastung am Standort BER im Jahr 2020 und eine deutliche Zunahme in den Jahren 2021 und 2022. Hier ist der Einfluss des Flugverkehrsaufkommens deutlich erkennbar. An den Standorten BDF und BFM sind die Unterschiede zwischen den Jahren deutlich geringer. Allerdings nimmt am Standort BFM die Ausprägung der Perzenzilrose in Flughafenrichtung

zu, besonders deutlich in Richtung der beiden Start- und Landebahnen. Es fehlt der Vergleich zum Jahr 2019, da die Messungen erst im Mai 2020 begonnen haben.

Am Standort BDF sind kaum Unterschiede zwischen den Jahren zu erkennen. Zudem sind selbst im Jahr 2020, in dem kaum Flugverkehr stattfand, erhöhte Werte bei Wind aus Flughafenrichtung zu beobachten. Hier stellt sich die Frage nach dem Einfluss zusätzlicher Quellen zwischen Flughafen und der Messstelle in Bohnsdorf (z.B. Autobahn). Die windrichtungsabhängige Darstellung lässt einen Einfluss des Flughafens auf die UFP-Belastung auch an den Standorten BDF und BFM

erkennen. Der Jahresvergleich verdeutlicht aber auch, dass andere Einflüsse, wie z.B. die Meteorologie und andere umliegende Quellen ebenfalls einen Einfluss auf die UFP-Belastung ausüben. Diese Einflüsse sind so groß, dass der drastische Rückgang des Flugverkehrs im Jahr 2020 nicht zu einer Reduzierung der UFP-Belastung am Standort BDF führte und umgekehrt der Anstieg des Flugaufkommens in 2021 nicht mit einem Anstieg der UFP-Konzentration im Jahresmittel am Standort BDF einherging (trotz des erkennbaren Einflusses des Flughafens bei windabhängiger Betrachtung). Im Jahr 2022 allerdings liegen die Werte höher als in den Vorjahren.

<sup>11</sup>Messzeitraum Standort BFM im Jahr 2020: vom 31.05. bis 31.12.

## Partikel-Anzahl-Konzentration #/ccm, @BFM & @BER & @BDF 2019-2022

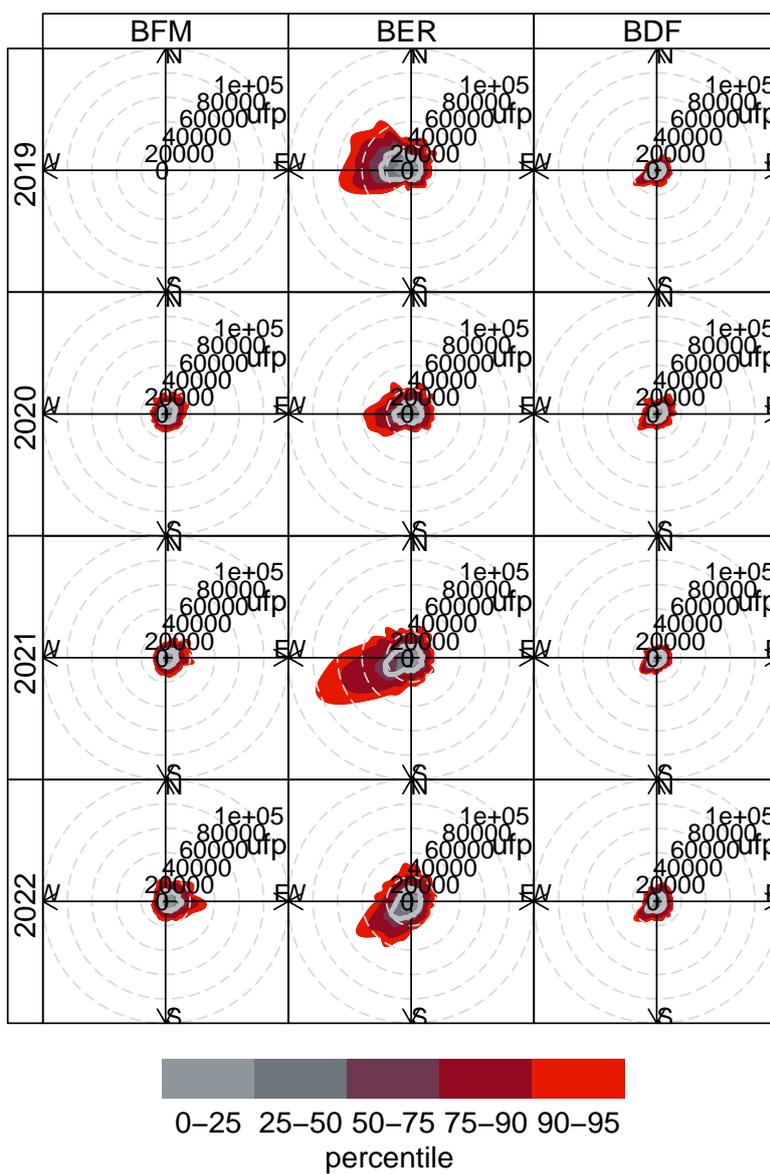


Abbildung 23: Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl an den Standorten BFM, BER und BDF, 2019-2022

## UFP-Größenverteilung am Standort BDF (Bohnsdorf)

In den Jahren 2021 und 2022 wurde am Standort BDF die Größenverteilung und die Gesamtpartikelanzahl parallel gemessen. Diese Parallelmessung erfolgte im Rahmen des Forschungsprojektes ULTRAFLEB.

Hierzu hat die FBB ein Messgerät zur Erfassung der Gesamtpartikelanzahl der UFP (Typ TSI3010) leihweise von dem Leibnitzinstitut für Troposphärenforschung erhalten und betrieben. Zeitgleich wurde das FBB-eigene Messgerät durch den Größenklassierer (DMA) erweitert

und somit das Größenspektrum der UFP gemessen.

Das Größenspektrum der gezählten Partikel erstreckt sich von 10 nm bis 1000 nm.

Die **Abbildung 24** zeigt die Größenverteilung jeweils für 2021 und 2022, unterschieden zwischen Tag und Nacht und unterschieden zwischen dem Windsektor aus Richtung Flughafen (230-260 Grad) und den sonstigen Windrichtungen.

Der Unterschied zwischen Tag und Nacht zeigt sich deutlich in einer Verschiebung des Maximums der

Partikelanzahl in Richtung kleinerer Partikel während des Tages und in Richtung größere Partikel während der Nacht. Diese Beobachtung trifft für beide Windrichtungsektoren zu.

Allerdings liegt das Maximum, während der Wind aus Richtung Flughafen kommt, tagsüber zwischen 10 und 20 nm, während der Nacht bei ca. 25 nm. Weht der Wind aus anderen Richtungen (Sekotor: Sonstige WR), liegt das Maximum tagsüber zwischen 20 und 25 nm und nachts bei ca. 60 nm. Zwischen den beiden Jahren sind keine signifikanten Unterschiede zu beobachten.

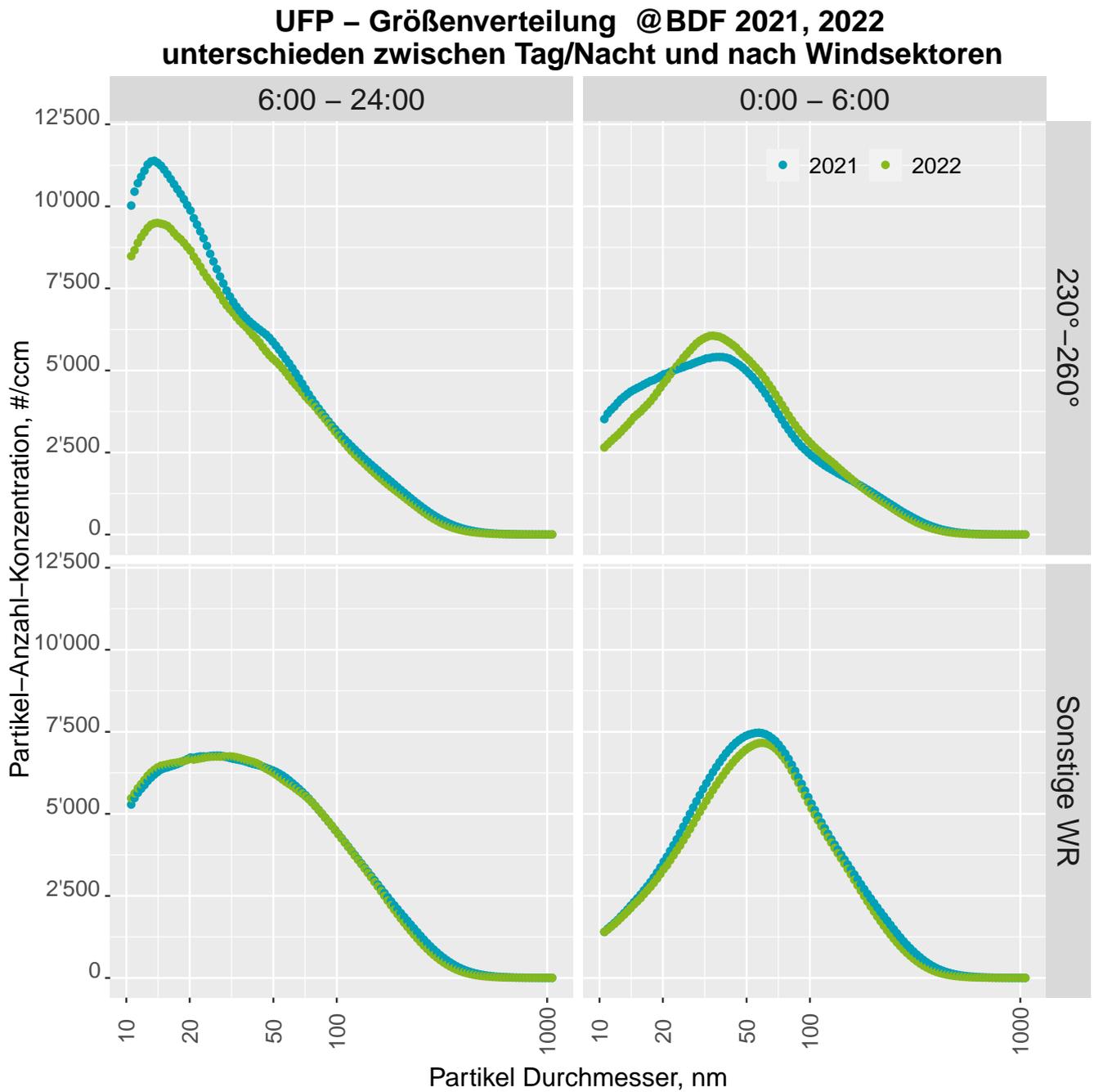


Abbildung 24: UFP-Größenverteilung am Standort BDF, 2021 und 2022, unterschieden zwischen Tag und Nacht sowie nach Wind aus Richtung Flughafen und sonstigen Windrichtungen

## Jahresmittelwerte weiterer VOC und PAK

Im Rahmen der Immissionsüberwachung von Benzol respektive Benz[a]pyren werden weitere ringförmige sowie aliphatische volatile organische Kohlenwasserstoffe als auch weitere polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe analysiert, die keiner Grenzwertregelung unterliegen. Diese sind der Vollständigkeit halber in den **Tabellen 14 und 15** aufgeführt.

Tabelle 14: Jahresmittelwerte volatiler organischer Kohlenwasserstoffe (VOC) an den Standorten BER, BDF, BFM und PZS

VOC, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS
Benzol	0,43	1,14	0,58	0,73
Ethylbenzol	0,10	0,13	0,15	0,68
Toluol	0,44	0,72	0,74	1,54
m/p-Xylol	0,26	0,46	0,36	1,91
o-Xylol	0,09	0,13	0,12	0,48

Tabelle 15: Jahresmittelwerte polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) an den Standorten BER, BDF, BFM und PZS

PAK, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS
Benz(a)anthracen	0,13	0,21	0,26	0,14
Benzo(a)pyren	0,20	0,36	0,45	0,25
Benzo-(b)-fluoranthen	0,29	0,47	0,58	0,35
Benzo-(j)-fluoranthen	0,46	0,76	0,94	0,55
Benzo-(k)-fluoranthen	0,11	0,18	0,23	0,13
Dibenz(a,h)anthracen	0,02	0,03	0,03	0,02
Indeno(1.2.3-cd)pyren	0,20	0,34	0,41	0,24

## Boxplot-Darstellung

Boxplot-Darstellungen sind eine gängige Methode, um die Verteilung oder auch Lage eines Datensatzes zu visualisieren. Hierfür wird die Fünf-Punkte-Zusammenfassung des Datensatzes, bestehend aus Minimum (Min), 25-Perzentil-Wert (P25), Median, 75-Perzentil-Wert (P75) und Maximum (Max) herangezogen.

**Abbildung 25 A** zeigt beispielhaft die Tagesmittelwerte der 2016er NO<sub>2</sub>-Messreihe für den Messstandort BER im Jahresverlauf. **Abbildung 25 B** zeigt den gleichen Datensatz, wie **Abbildung 25 A**, wobei die Messwerte nun der Größe nach angeordnet sind. Minimum, 25-Perzentil-Wert

(P25), Median, 75-Perzentil-Wert (P75) und Maximum teilen den gesamten, der Größe nach geordneten Datensatz auf der x-Achse in vier gleich große Teilmengen (Quartile). Auf der y-Achse kann der jeweils zugehörige Messwert abgelesen werden. **Abbildung 25 C** zeigt die eigentliche Boxplot-Darstellung. Dabei repräsentiert die farbige Box die mittleren 50 Prozent der Daten – also das zweite und dritte Quartil, die durch den Median voneinander abgegrenzt werden. Der untere Whisker (vertikale Linie) zeigt das erste Quartil (Minimum bis P25), der obere das vierte Quartil (P75 bis Maximum).

Boxplot-Darstellungen bieten sich an, um verschiedene Datensätze miteinander zu vergleichen. Durch die Ausdehnung bzw. Stauchung der Quartile kann abgeschätzt werden, ob die Quartils-Datenmenge eng beieinander liegt oder gestreut ist. Eine weite Streuung kann allerdings auch durch nur einen einzigen Wert innerhalb des Quartils verursacht sein. Zusätzlich zur Darstellung der Fünf-Punkte-Zusammenfassung als Boxplot, wird in **Abbildung 25 C** der Mittelwert des gesamten Datensatzes als gefüllte Raute dargestellt.

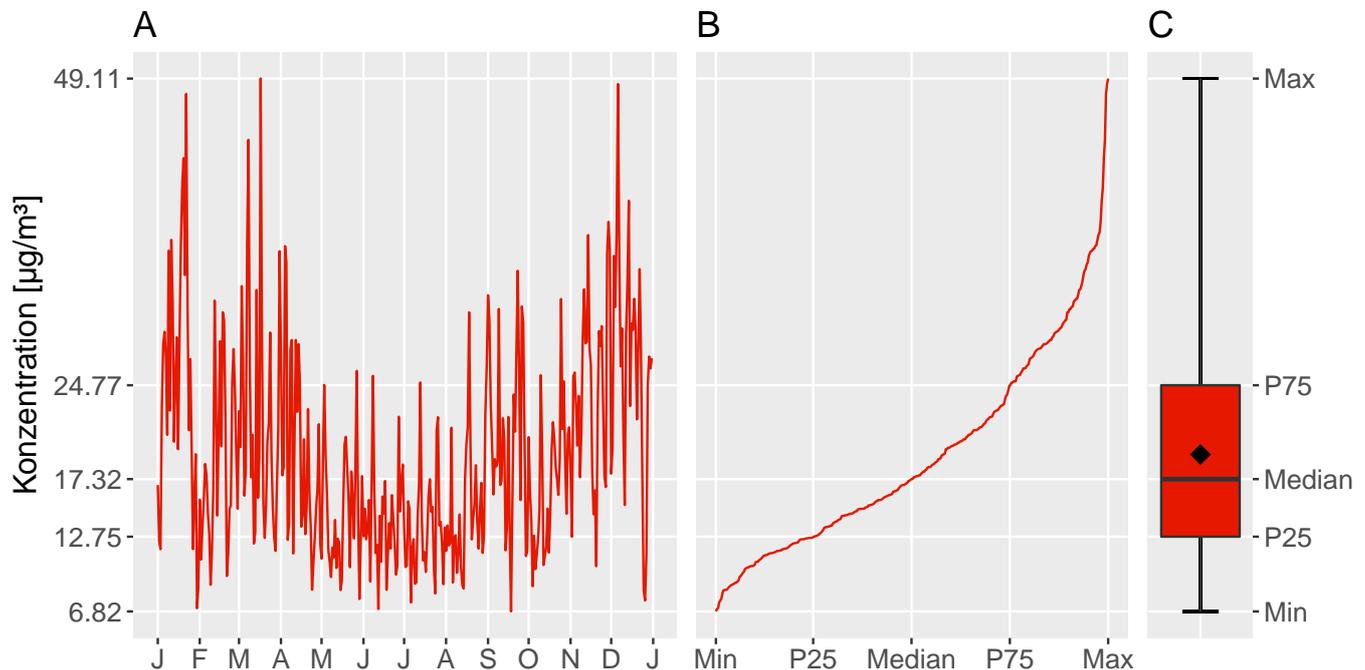


Abbildung 25: Erläuterung zum Boxplot (NO<sub>2</sub>-Messreihe 2018 für den Standort BER als (A) Zeitreihe, (B) der Größe nach geordnet und (C) als Boxplot-Darstellung)

Umweltabteilung  
Team Immissionsschutz  
Dr. Uta Wolf-Benning & Sebastian Aust  
Flughafen Berlin Brandenburg GmbH  
12521 Berlin  
[www.berlin-airport.de](http://www.berlin-airport.de)

Vorsitz des Aufsichtsrates: Jörg Simon  
Vorsitz der Geschäftsführung: Aletta von Massenbach  
Geschäftsführer Personal: Michael Halberstadt  
Geschäftsführer Operations: Thomas Hoff Andersson

Sitz der Gesellschaft: Schönefeld Registergericht: Amtsgericht Cottbus HRB 9380 CB

Titelbild, Fotos S. 18, 46: Uta Wolf-Benning  
Foto S. 7, 47: Stephanie Brandt  
Fotos S. 12, 27, 42: Sebastian Aust  
Foto S. 17: Robert Preußner

Stand: Juni 2023