

Luftgütebericht 2023



Inhalt

Luftgüte	9
Emissionen im Flughafenumfeld.....	11
Überwachung von Immissionen in der Hauptstadtregion.....	12
Luftgüteüberwachung	15
Ergänzende Untersuchungen.....	20
Messreihen	23
Datenverfügbarkeit	23
Meteorologie	24
Stickoxide	26
Ozon	32
Kohlenmonoxid	34
Feinstaub PM ₁₀	36
Feinstaub PM _{2,5}	38
Benzol	40
Benz[a]pyren	42
Ruß	44
Zusammenfassung	47
Zusatzinformation	53
Ultrafeinstaub - Allgemeine Informationen	54
Ultrafeinstaub-Messungen der FBB.....	56
Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl 2023.....	62
Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl Jahresvergleich	64
Jahresmittelwerte weiterer VOC und PAK.....	66
Boxplot-Darstellung	67

Abbildungen

1	Verortung Luftgütemessstellen in und um Berlin	13
2	Verortung Luftgütemessstelle der FBB	17
3	Häufigkeitsverteilung von Windgeschwindigkeit und -richtung am Standort BER	17
4	Darstellung der meteorologischen Tagesmittel von Temperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Windrichtung	25
5	Messdaten Stickstoffdioxid (NO_2)	27
6	Messdaten Stickstoffmonoxid (NO)	29
7	Messdaten Stickoxide (NO_x)	30
8	Messdaten Ozon (O_3)	33
9	Messdaten Kohlenmonoxid (CO)	35
10	Messdaten Feinstaub PM_{10}	37
11	Messdaten Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$	39
12	Messdaten Benzol	41
13	Messdaten Benz[a]pyren	43
14	Messdaten Ruß (EC)	45
15	Normierte Luftschadstoff-Konzentrationsniveaus	49
16	Normierter Verlauf der Verkehrsentwicklung sowie Jahresmittel der Luftschadstoffe	51
17	Partikelgrößenabhängige Massen- und Anzahlkonzentration eines Aerosols	55
18	UFP-Messgerät im Betrieb	57
19	Teilnahme am TROPOS-Kalibrierworkshop	57
20	Messmodi des UFP-Messgeräts	58
21	Darstellung UFP-Zeitreihen	61
22	Windabhängige UFP-Anzahlkonzentration 2023	63
23	Windabhängige UFP-Anzahlkonzentration im Jahresvergleich, 2019-2023	65
24	Erläuterung zur Boxplot-Darstellung	68

Tabellen

1	Beurteilungswerte für Luftschadstoffe	10
2	Auswahl Luftgütemesstandorte für vergleichende Betrachtung	12
3	Gemessene Schadstoffkomponenten und jeweilige Messtechnik an den Standorten BER und BDF	19
4	Prozentuale Verfügbarkeit der Messdaten bzw. Anzahl der gültigen Tage.	23
5	Messdaten Stickoxide (NO ₂ , NO _x , NO)	26
6	Messdaten Ozon (O ₃)	32
7	Messdaten Kohlenmonoxid (CO)	34
8	Messdaten Feinstaub PM ₁₀	36
9	Messdaten Feinstaub PM _{2.5}	38
10	Messdaten Benzol	40
11	Messdaten Benz[a]pyren	42
12	Messdaten Ruß (EC)	44
13	UFP-Messwerte @BER, BDF und BFM	60
14	Messdaten volatile organische Kohlenwasserstoffe (VOC)	66
15	Messdaten polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	66

Abkürzungen

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



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 Ver-

meidung 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
Kohlenmonoxid (CO)			
Achtstundenwert	Grenzwert	10 mg/m ³	
Stickstoffdioxid (NO₂)			
Jahresmittel	Grenzwert	40 µg/m ³	
Stundenmittel	Grenzwert	200 µg/m ³	18 mal im Jahr
Stundenmittel (3h)	Alarmwert	400 µg/m ³	
Ozon (O₃)			
Achtstundenwert	Zielwert	120 µg/m ³	an 25 Tagen
Einstundenwert	Informationsschwelle	180 µg/m ³	
Einstundenwert	Alarmschwelle	240 µg/m ³	
Feinstaub (PM₁₀)			
Jahresmittel	Grenzwert	40 µg/m ³	
Tagesmittel	Grenzwert	50 µg/m ³	an 35 Tagen
Feinstaub (PM_{2.5})			
Jahresmittel	Grenzwert	25 µg/m ³	
Benzol			
Jahresmittel	Grenzwert	5 µg/m ³	
Benz[a]pyren			
Jahresmittel	Grenzwert	1 ng/m ³	

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 SO_x , CO_2 und N_2 . Weitere Nebenprodukte der Verbrennung sind NO_x , CO sowie 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). Auf-

grund 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 Enteisierung von den Bodenverkehrsdiensten eingesetzt. Ferner finden Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten von Luftfahrzeugen sowie Triebwerken auf dem Flughafengelände statt, die u. a. Triebwerksprobeläufe 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 Mess-

netzes, 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 BER 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 (temporär ersatzweise für PZS).

Die Vergleichsstandorte liegen in unterschiedlicher Entfernung zum Flughafen und repräsentieren verschiedene räumliche Belastungskategorien. Die **Tabelle 2** gibt einen Überblick über die betrachteten Messstandorte, deren Lage und Kategorie. Nachfolgend werden in Abbildungen und Text die abgekürzten Standortbezeichnungen verwendet.

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

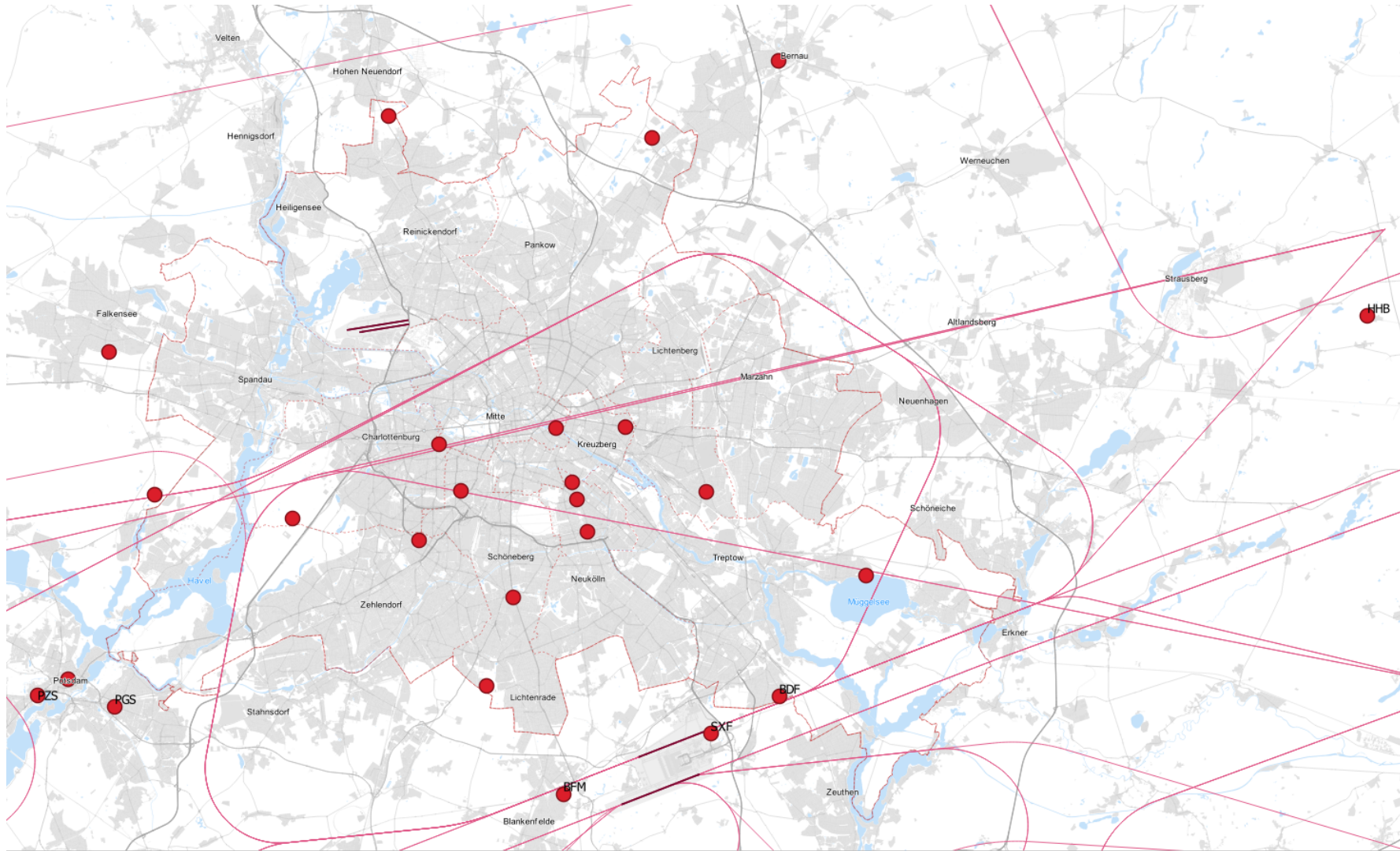


Abbildung 1: Standorte der Luftgütemessstellen der Landesmessnetze Berlin und Brandenburg (teilweise) sowie der Luftgütemessstellen der FBB (BER und BDF)

Air Quality Monitoring Luftgütemessstelle

BER BERLIN
BRANDENBURG
AIRPORT

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 Verkehrsflughafen Berlin-Brandenburg BER. Darin ist u. a. festgesetzt, dass spätestens mit Inbetriebnahme der neuen südlichen 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 vorge-

geben. Hierzu zählt eine kontinuierliche Überwachung von Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffdioxid (NO₂) sowie Stickstoffmonoxid (NO) zur Ermittlung der Stickoxide (NO_x) sowie eine diskontinuierliche Erfassung von Benzol als Leitkomponente der BTEX sowie Feinstaub PM₁₀, Benz[a]pyren als Leitsubstanz polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) als auch Ruß. Über diese Vorgaben hinaus werden zusätzlich die Parameter Feinstaub PM_{2,5} seit Messbeginn sowie Ozon (O₃) 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 ebenfalls 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 Um-

welt 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 BER (siehe **Abbildung 2**).

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

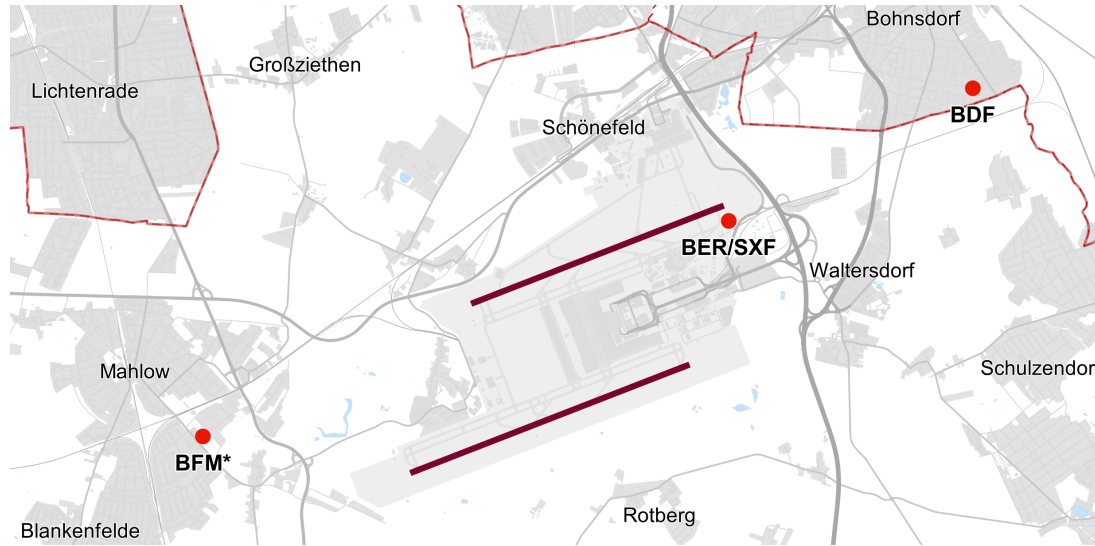


Abbildung 2: Lage der FBB-Luftgütemessstellen BER und BDF sowie BFM (*flughafennahe Luftgütemessstelle des LfU)

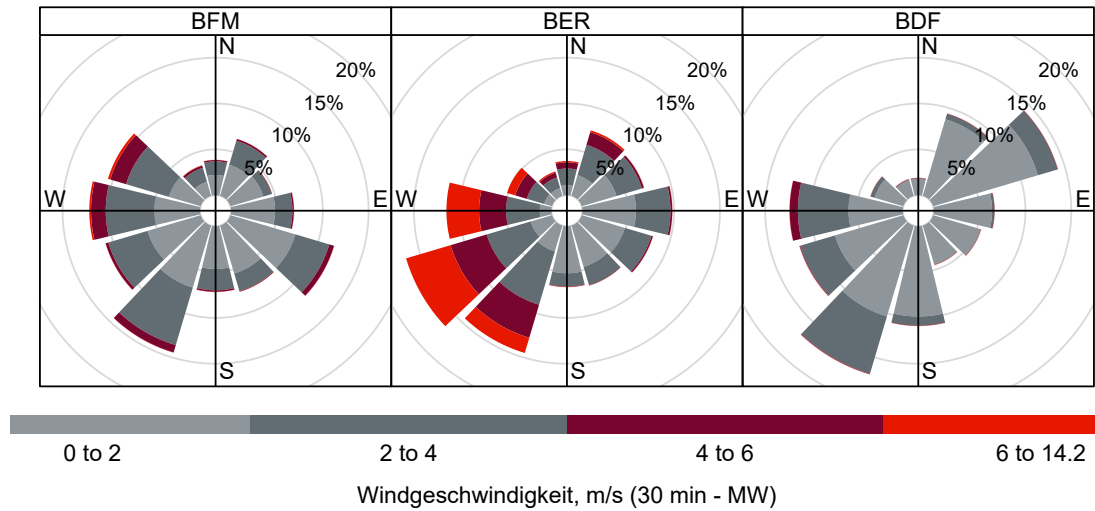


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung von Windgeschwindigkeit und -richtung an den FBB-Luftgütemessstellen BER und BDF sowie an der LfU-Luftgütemessstelle BFM, 2023

Messmethodik

Sämtliche eingesetzten Messgeräte entsprechen den technischen Anforderungen an die Immissionsüberwachung und weisen eine Eignungsprüfung vor. Die Messmethodik für gasförmige und partikuläre Inhaltstoffe 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_{10} und $PM_{2,5}$ 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 angelagerten 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.

Die **Tabelle 3** gibt einen Überblick über die verwendeten Messgeräte für die jeweiligen Schadstoffkomponenten.

Tabelle 3: Gemessene Schadstoffkomponenten und jeweilige Messtechnik an den Standorten BER und BDF

Komponente	Zustand	Messgerät	Messprinzip	Zeitliche Auflösung
CO	gasförmig	Horiba APMA-370, TELEDYNE T300	NDIR	3-sekündlich
NO, NO ₂ , NO _x	gasförmig	Horiba APNA-370, TELEDYNE T200	Chemielunineszenz	3-sekündlich
O ₃	gasförmig	Horiba APOA-370, TELEDYNE T400	UV-Absorption	3-sekündlich
Feinstaub (PM _{2,5})	partikulär	Horiba APDA-371 Palas Fidas 200E	β -Absorbtion optische Absorption	stündlich 1-sekündlich
Feinstaub (PM ₁₀)	partikulär	Horiba APDA-371 Palas Fidas 200E Derenda LVS16, MCZ MicroPNS	β -Absorption optische Absorption Filtergravimetrie	stündlich 1-sekündlich täglich
Benzol, weitere VOC	gasförmig	Horiba GPS5-8D Synspec GC-955 601	Anreicherung an Adsorbens mit anschließender Gaschromatographie im Labor Aufkonzentraion mittels Anreicherungsmodul und anschließende Gaschromatographie	Wochenprobe 15-minütlich
Ruß (EC)	partikulär	Derenda LVS16, MCZ MicroPNS (Massenanteil des PM ₁₀)	Thermogravimetrie	Wochen(misch)probe
Ruß (BC)	partikulär	Aethalometer AE33	optische Absorption	1-sekündlich
Benz[a]pyren, weitere PAK	partikulär	Derenda LVS16, MCZ MicroPNS (Massenanteil des PM ₁₀)	HPLC	Wochen(misch)probe

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 sind.

Hierzu werden Bienenvölker an drei Standorten¹ untersucht. Zwei Standorte befinden sich in unmittelbarer Nähe des Flughafens BER und ein Referenzstandort, fernab von Flug- und Straßenverkehr, in der Schorfheide. Es werden Pollen, Wachs und Honig auf Rückstände von Schadstoffen analysiert, die über die Luft und die Umwelt in die Nahrung gelangen können.

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 unter bienen.berlin-airport.de.

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 aus-

reichendem 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.

Methodik und Umfang der Untersuchungen sowie die Ergebnisse können im aktuellen Biomonitoringbericht unter luft/airport-berlin.de nachgelesen werden.

¹2017 bis 2022: vierter Standort am Flughafen Tegel






Umweltmessungen
Bitte Abstand Halten

Umw
Monitoring

Angeschlossen an:
UMW Umweltmonitoring
Dr. M. Wöhrle
Helmholtzstraße 18
82034 Taufkirchen
Telefon: 089 24 24 94 0
mailto:info@umweltmonitoring.com
www.umweltmonitoring.com



Messreihen 2023

Datenverfügbarkeit

Die Parameter NO₂, NO, NO_x, CO, O₃, PM₁₀ und PM_{2,5} 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

Validierung 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 ₂ , NO _x	98,1	100	97,5	97,0	100
NO	98,1	100	97,5	97,0	100
CO	98,6	95,9	95,9	98,4	-
O ₃	95,3	100	98,1	-	100
PM ₁₀	93,7*	97,8*	98,1*	99,7*	98,6
PM _{2,5}	90,4	93,7	98,1	98,4	100

*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 (NO_2) in Gegenwart von Sonnenstrahlung zu Ozon reagieren. Gleichzeitig stellt der Primärschadstoff Stickstoffmonoxid (NO) eine Senke für Ozon (O_3) dar, da NO durch O_3 zu 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 ge-

ringen 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.

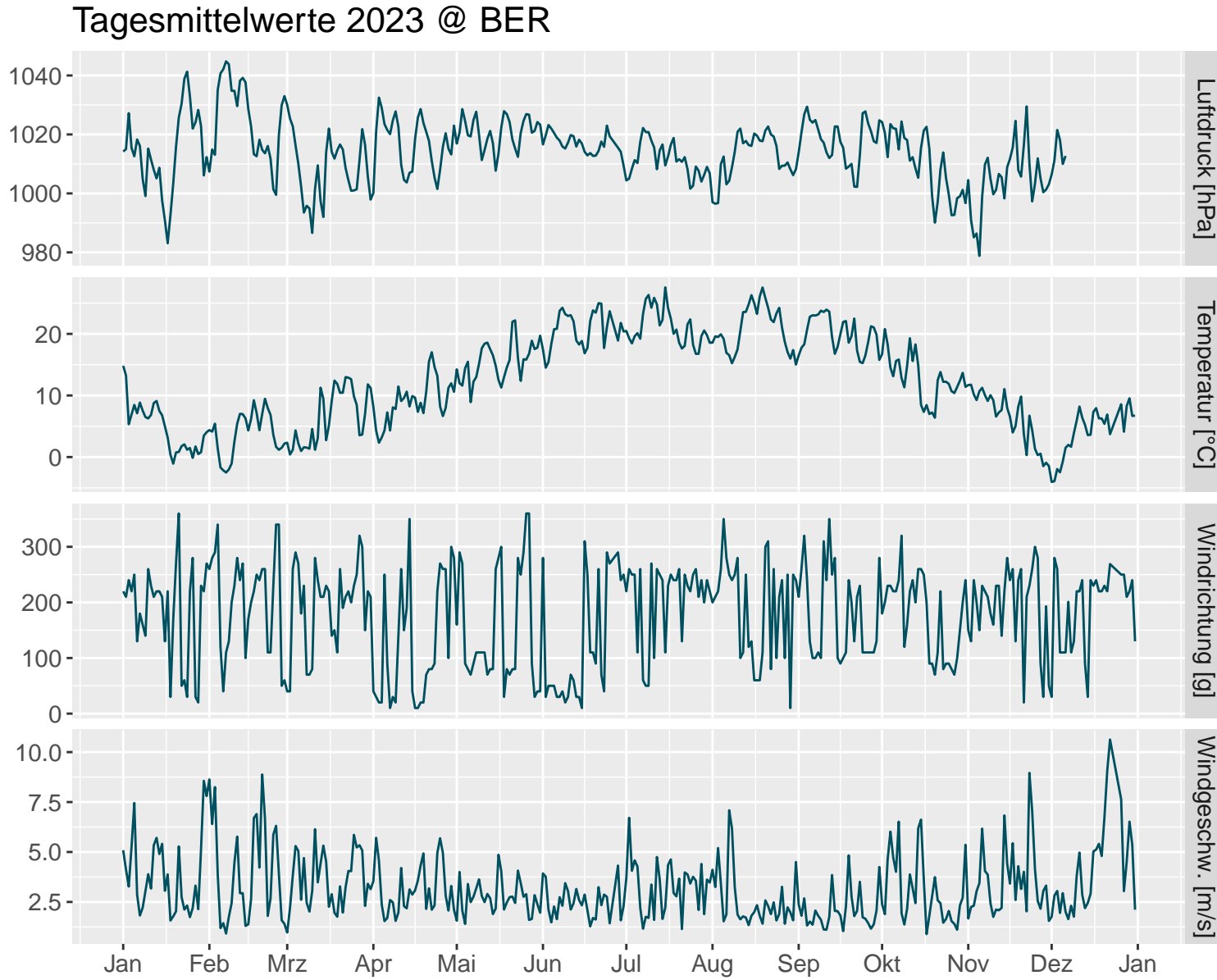


Abbildung 4: Darstellung der meteorologischen Tagesmittel von Temperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Windrichtung für das Jahr 2023 am Standort BER.

Stickoxide

Stickstoffdioxid (NO₂)

Der Jahresgrenzwert für Stickstoffdioxid in Höhe von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde an der Luftgütemessstelle BER mit $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auch im Jahr 2023 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 NO₂-Tagesmittelwerte an den FBB-Luftgütemessstationen BER und BDF sowie vergleichend die NO₂-Tagesmittelwerte an den Luftgütemessstationen BFM, PZS und HHB des LfU. Die NO₂-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 NO₂-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 Boxplots² in **Abbildung 5 B** bietet die Möglichkeit des vereinfachten Vergleiches der Belastung an NO₂ 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 NO₂, 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 2019. Am Standort PZS wurden jedes Jahr die höchsten Werte und am Standort HHB die niedrigsten Werte gemessen. An den Standorten PZS und HHB zeigt sich ein anhaltender rückläufiger Trend. Für den Standort BER ist kein Trend erkennbar, wobei der Jahresmittelwert des aktuellen Messjahres 2023 der niedrigste Wert des Fünf-Jahres-Vergleichszeitraumes ist. Am Standort BDF steigen die Messwerte von 2019 bis 2021 an und liegen in 2023 wieder auf dem Niveau von 2019. Am Standort BFM ist seit 2021 ein schwach rückläufiger Trend zu beobachten.

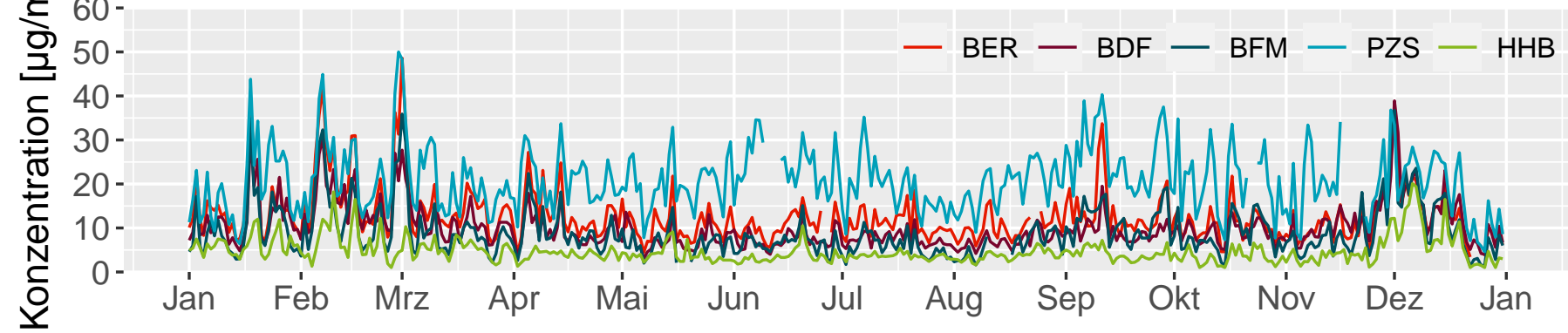
Tabelle 5: Statistische Kenngrößen für Stickstoffdioxid (NO₂), Stickoxide (NO_x) und Stickstoffmonoxid (NO) an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS	HHB
Mittelwert, NO ₂	13	10	9	21	5
Max. SMW	93	57	57	103	37
Max. TMW	49	39	37	50	20
Stunden > 200	0	0	0	0	0
Stunden > 400	0	0	0	0	0
Mittelwert, NO _x	16	12	13	36	6
Mittelwert, NO	2	2	2	10	1

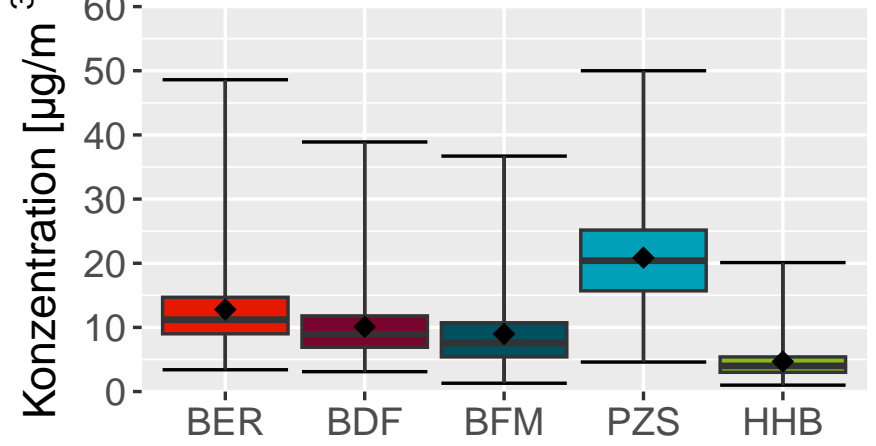
²Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 24**, Seite 68

Stickstoffdioxid (NO₂) @ BER, BDF, BFM, PZS, HHB

A Tagesmittelwerte 2023



B Boxplot 2023



C Jahresmittelwerte 2019 – 2023

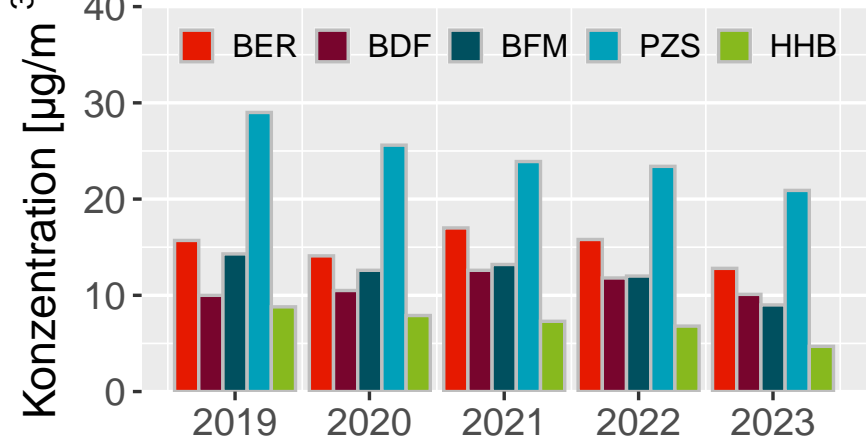


Abbildung 5: Darstellung der NO₂-Tagesmittelwerte 2023 für die Standorte BER, BDF, BFM, PZS und HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich).

Stickstoffmonoxid (NO)

Für NO sieht der Gesetzgeber keine Grenzwerte vor. Dennoch werden hier die Jahresmittelwerte von 2023 in **Tabelle 5** sowie die zeitlichen Verläufe, Boxplots und Entwicklung der Jahresmittelwerte seit 2019 in den **Abbildungen 6 A-C** dargestellt.

Der Jahresmittelwert an der Verkehrsstation PZS ist deutlich höher als an den Standorten BER, BDF 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 Statio-

nen. 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.

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte von NO seit 2019 wird in der **Abbildung 6 C** dargestellt. Am Standort PZS ist seit 2019 ein kontinuierlicher Rückgang des Jahresmittelwertes von NO zu beobachten. Im Jahr 2023

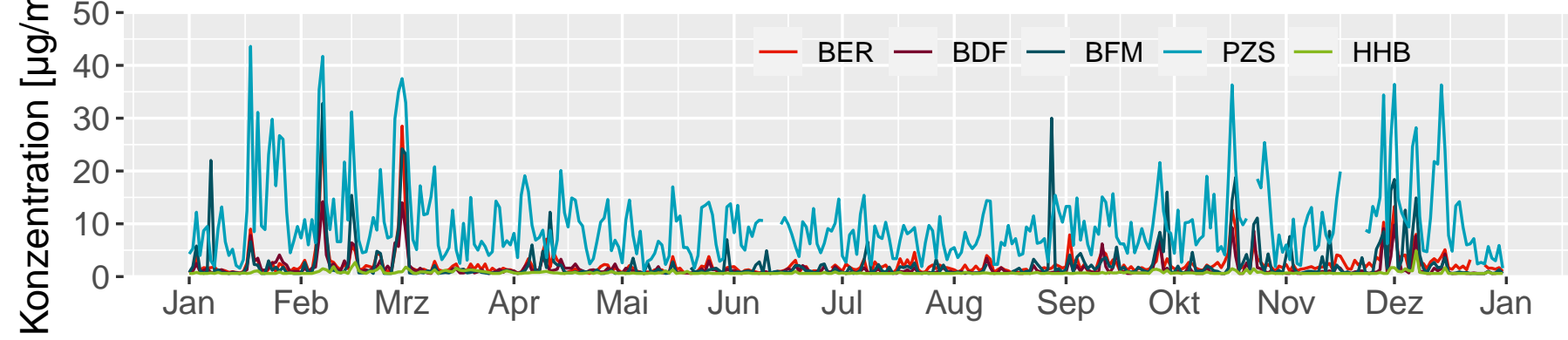
liegen die Jahresmittelwerte aller Standorte unter denen der Vorjahre im Vergleichszeitraum mit Ausnahme des Standortes BER, hier ist der Jahresmittelwert 2021 am niedrigsten.

Stickstoffmonoxid (NO_x)

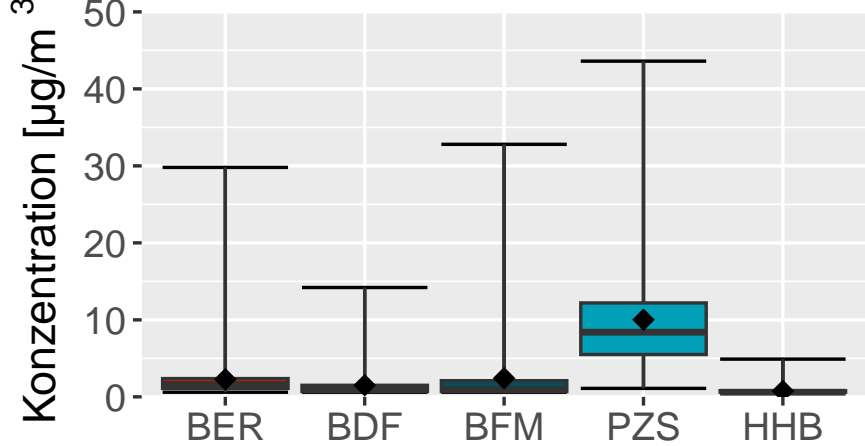
Für NO_x sind ebenfalls die zeitlichen Verläufe, Boxplots und Entwicklungen der Jahresmittelwerte seit 2019 (siehe **Abbildungen 7 A-C**) dargestellt. Die zeitlichen Verläufe und räumlichen Unterschiede verhalten sich ähnlich wie bei NO, allerdings sind die räumlichen Unterschiede der Konzentrationen für NO_x nicht so stark ausgeprägt wie für NO.

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

A Tagesmittelwerte 2023



B Boxplot 2023



C Jahresmittelwerte 2019 – 2023

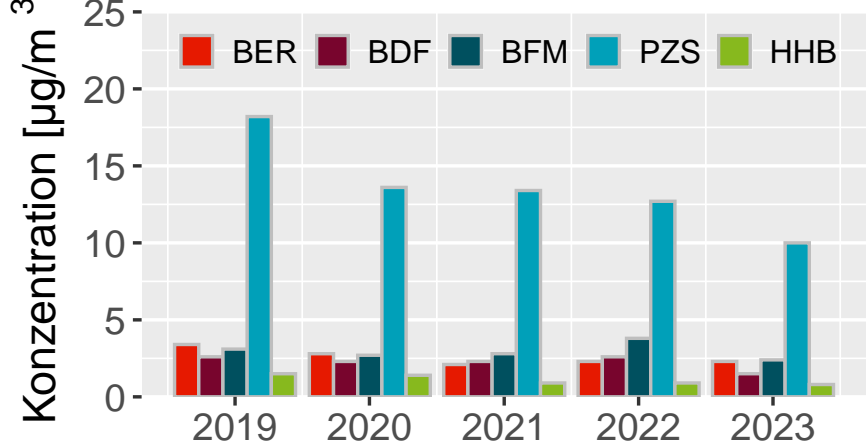
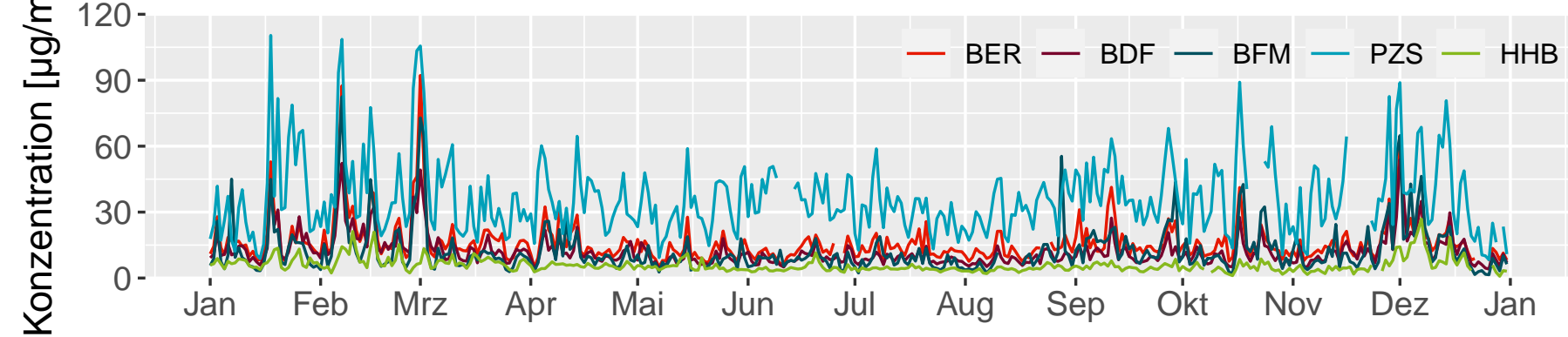


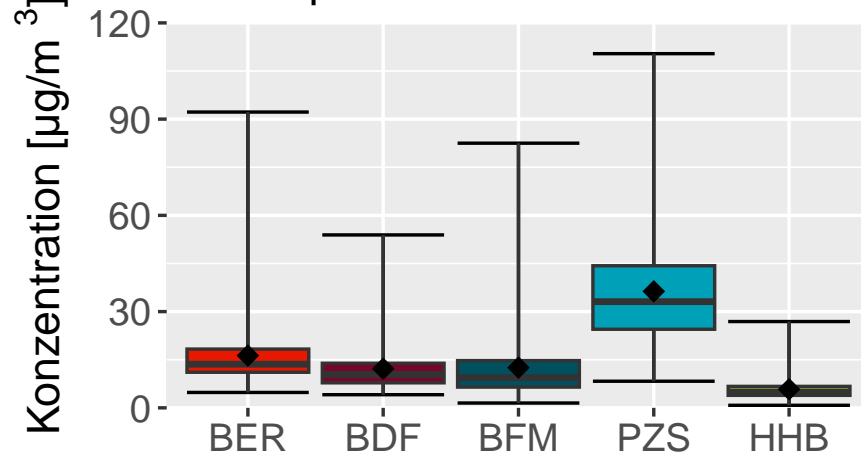
Abbildung 6: Darstellung der NO-Tagesmittelwerte 2023 für die Standorte BER, BFM, PZS und HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte

Stickoxide (NO_x) @ BER, BDF, BFM, PZS, HHB

A Tagesmittelwerte 2023



B Boxplot 2023



C Jahresmittelwerte 2019 – 2023

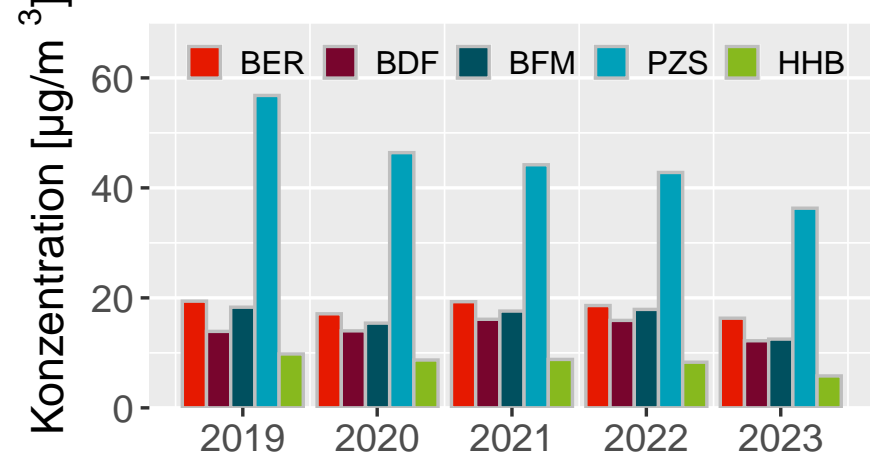


Abbildung 7: Darstellung der NO_x-Tagesmittelwerte 2023 für die Standorte BER, BDF, BFM, PZS und HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)



Ozon

Die Jahresmittelwerte 2023 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 Messtationen BFM und HHB des LfU dargestellt.

Der Informationsschwellenwert in Höhe von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde im Jahr 2023 an keinem der Standorte 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 16mal, 13mal, 14mal und 11mal überschritten. Als Zielwert definiert sind maximal 25 Überschreitungen pro Jahr, gemittelt über drei Jahre (§ 9 (1), 39. BImSchV). Dieser Zielwert wurde sicher unterschritten.

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**³ 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 Messwer-

te der Standorte nah beieinander liegen, der Standort HHB jedoch tendenziell höhere Werte aufweist. 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 2019 ist in **Abbildung 8 C** dargestellt. Die Jahresmittelwerte unterliegen zwischen den Jahren leichten Schwankungen. Ein Trend ist nicht erkennbar. Die Ozonwerte am ländlich gelegenen Standort HHB liegen jedes Jahr am höchsten.

Tabelle 6: Statistische Kenngrößen für Ozon (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, O_3	53	52	53	57
Max. SMW	158	166	151	156
Max. 8-h-Wert	140	139	140	141
8-h-MW > 120	12	9	10	11
8-h-MW > 120, gemittelt über drei Jahre	16	13	14	11
SMW > 180	0	0	0	0
SMW > 240	0	0	0	0

³Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 24**, Seite 68

Ozon (O₃) @ BER, BDF, BFM, HHB

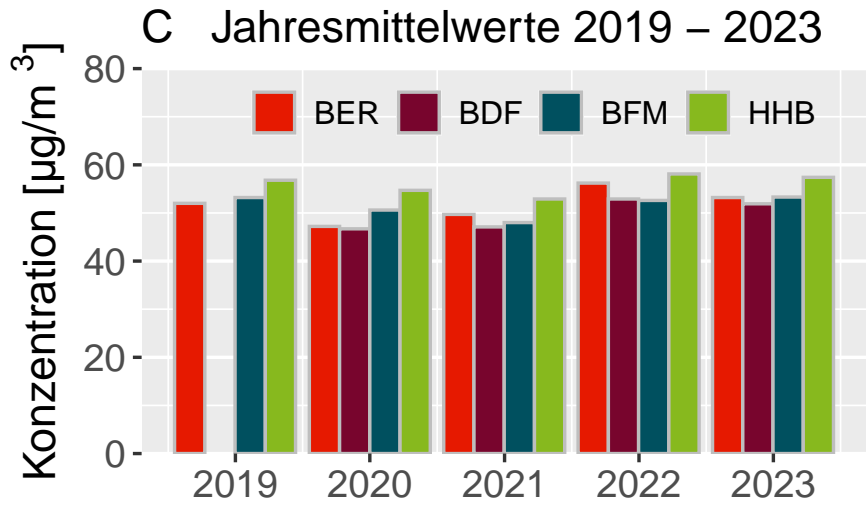
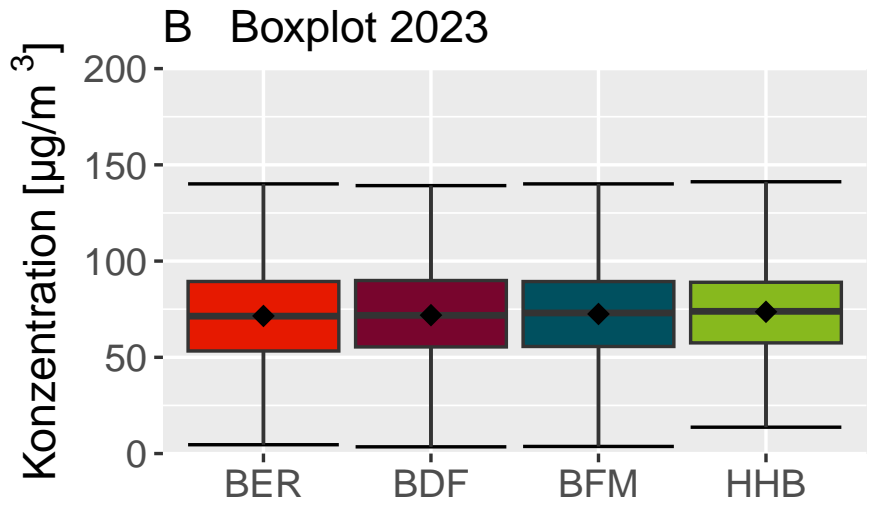
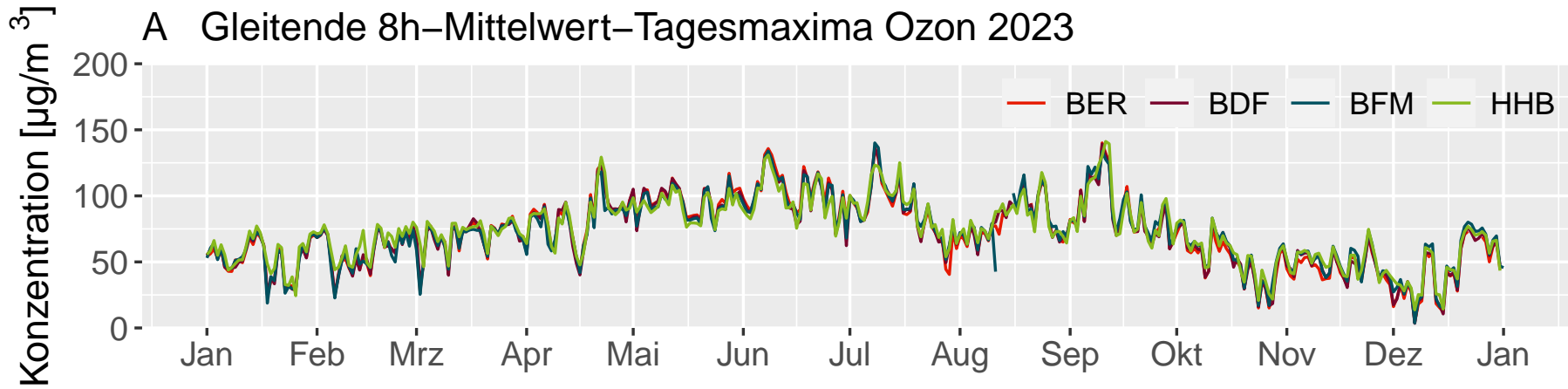


Abbildung 8: Darstellung der gleitenden 8h-Mittelwert-Tagesmaxima von O₃ in 2023 für die Standorte BER, BDF, BFM und HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)

Kohlenmonoxid

Der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert in Höhe von 10 mg/m^3 im Jahresmittel wurde auch im Jahr 2023 an den Standorten BER und BDF sowie an den Vergleichsstandorten sicher eingehalten.

Die Jahresmittelwerte 2023 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 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.

Die Darstellung der Boxplots⁴ in **Abbildung 9 B** erleichtert den Vergleich der statistischen Kenngrößen bzw. der Streuung/Verteilung der Messwerte zwischen den Standorten.

Der Standort BFM weist den höchsten Tagesmittel-Maximal-Wert auf. Median und Mittelwert sowie die 50 % der Messwerte zwischen dem 25-Perzentil und 75-Perzentil liegen aber unterhalb der Standorte PZS

und BDF. Am Standort BER wurden die niedrigsten Werte gemessen.

In **Abbildung 9 C** ist die Entwicklung der Jahresmittelwerte der CO-Konzentration der Standorte BER und BDF sowie der Vergleichsstandorte BFM und PZS seit 2019 dargestellt. Der Standort BER weist im Jahr 2019 die höchsten und im Jahr 2023 die niedrigsten Messwerte auf. Auch am Standort PZS liegen die Messwerte in den Jahren 2022 und 2023 niedriger als in den Vorjahren. Am Standort BDF verhält es sich umgekehrt. Die Jahresmittelwerte am Standort BFM steigen von 2019 bis 2021 leicht an und sinken in den Folgejahren wieder. Der Jahresmittelwert 2023 ist der niedrigste im Vergleichszeitraum.

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

stat. Kenngröße, mg/m^3	BER	BDF	BFM	PZS
Mittelwert, CO	0,18	0,24	0,20	0,27
Max. SMW	0,85	2,42	1,12	1,35
Max. 8-h-GMWert	0,62	0,86	0,82	0,86
Max TMW	0,45	0,54	0,62	0,54

⁴Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 24**, Seite 68

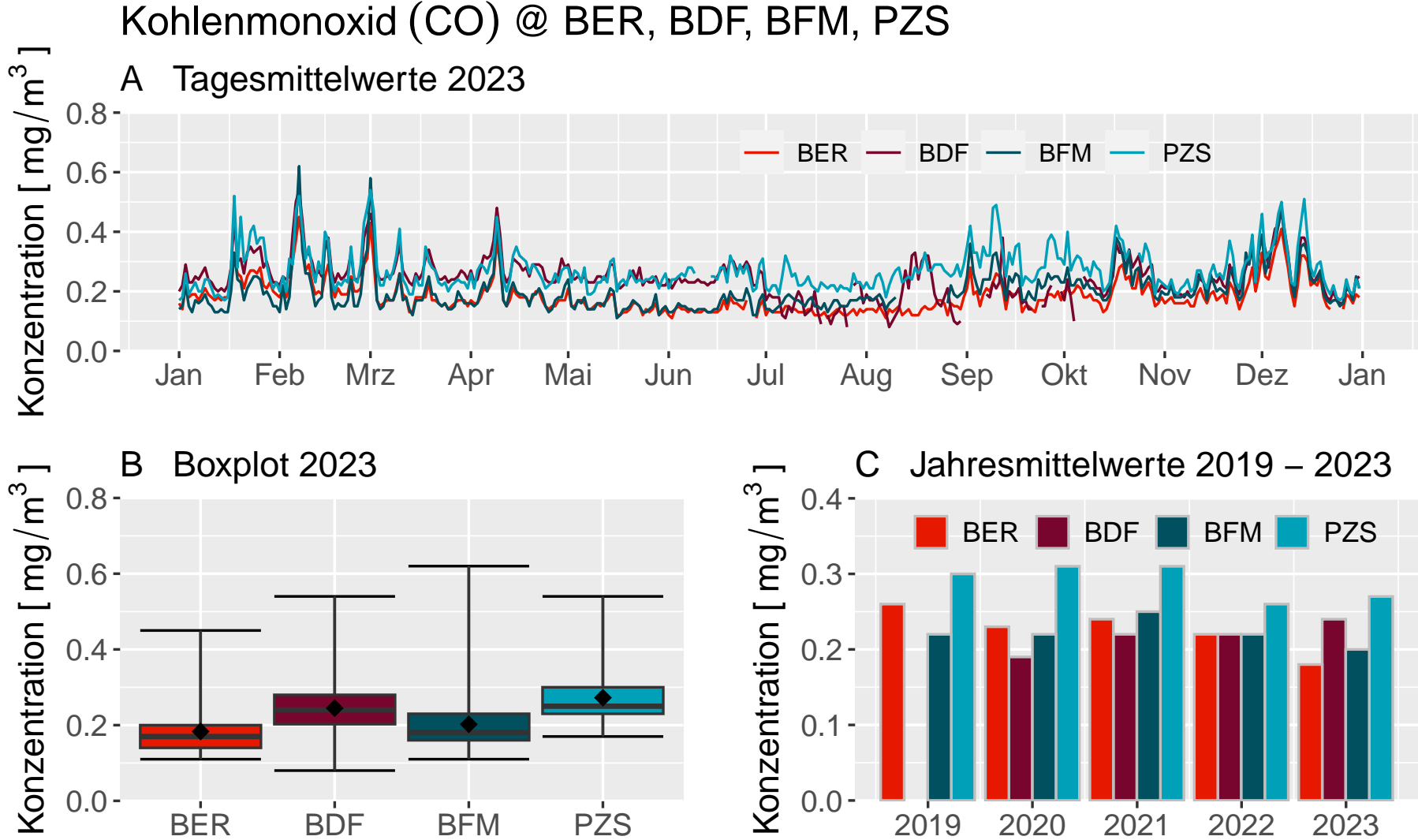


Abbildung 9: Darstellung der CO-Tagesmittelwerte 2023 für die Standorte BER, BFM, PZS als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)

Feinstaub PM₁₀

Die Jahresmittelwerte 2023 sowie weitere statistische Kenngrößen von Feinstaub (PM₁₀), 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. Es gab in diesem Messjahr keine Überschreitung des Tagesmaximum in Höhe von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (zulässige Anzahl von Überschreitungen: 35)

Die zeitlichen Verläufe der PM₁₀-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 PM₁₀-Konzentration als räumliche. Saisonale Unterschiede sind nicht erkennbar.

Die Darstellung der Boxplots⁵ in **Abbildung 10 B** erleichtert den Vergleich der statistischen Kenngrößen bzw. der Verteilung der Messwerte zwischen den Stand-

orten. 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 PM₁₀-Belastung seit 2019 am Standort BER sowie der Vergleichsmessstationen ist in **Abbildung 10 C** dargestellt⁶. Für den Standort BER zeigt sich ein Abwärtstrend, ebenso für den Standort PZS ab 2020. Für die anderen Standorte ist kein Trend erkennbar.

Tabelle 8: Statistische Kenngrößen für Schwebstaub (PM₁₀) an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg (Messungen mit Referenzverfahren)

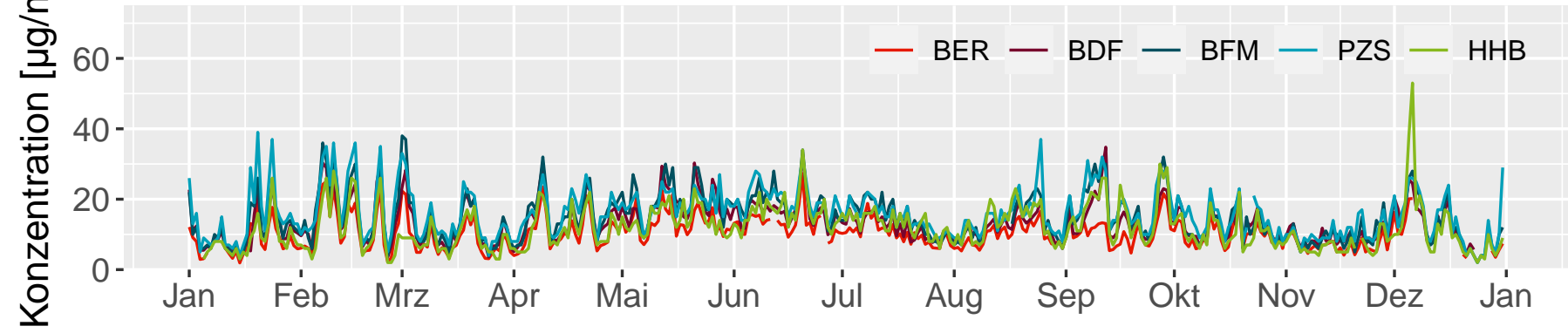
stat. Kenngröße, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS	HHB
Mittelwert, PM ₁₀	13	9	13	14	12
Max. TMW	38	31	37	49	49
50-Perzentil	10	12	14	15	11
98-Perzentil	22	29	32	33	26
Tage > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0

⁵Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 24**, Seite 68

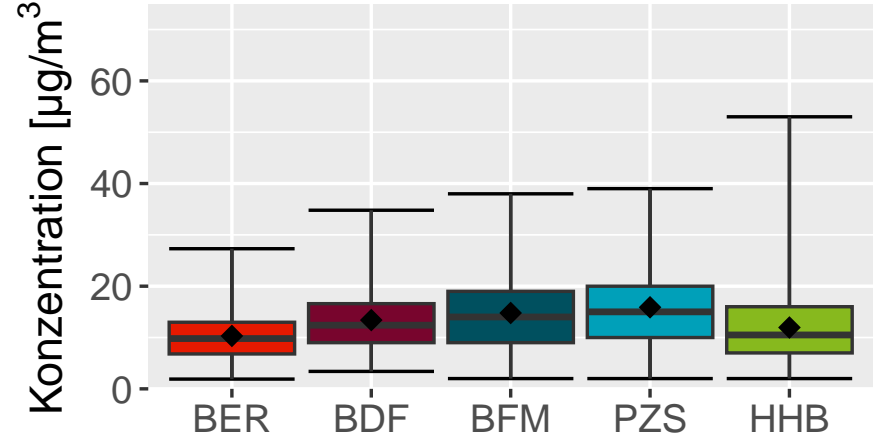
⁶Referenzverfahren mit Ausnahme von: PZS (2019 und 2022, BFM (2019), HHB (2019, 2021, 2022).

Feinstaub (PM₁₀) @ BER, BDF, BFM, PZS, HHB

A Tagesmittelwerte 2023



B Boxplot 2023



C Jahresmittelwerte 2019 – 2023

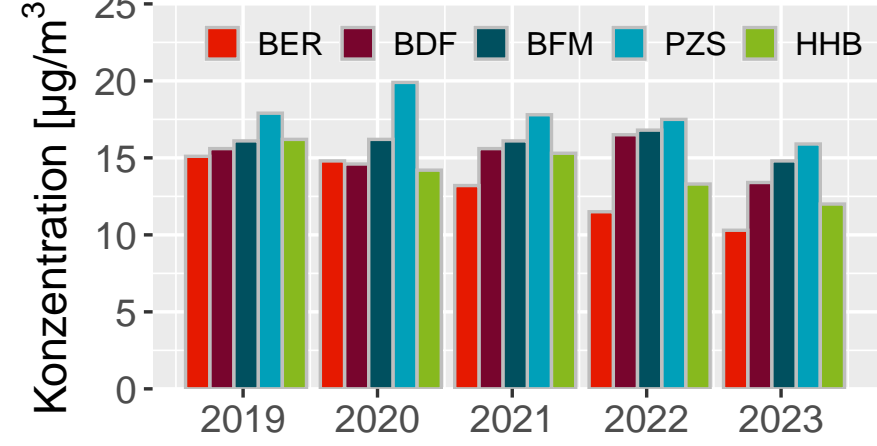


Abbildung 10: Darstellung der PM₁₀-Tagesmittelwerte 2023 für die Standorte BER, BFM, PZS, HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)

Feinstaub PM_{2.5}

Die Jahresmittelwerte 2023 sowie weitere statistische Kenngrößen von Feinstaub (PM_{2.5}), ermittelt aus den kontinuierlichen Messdaten der FBB-Luftgütemessstationen BER 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_{2.5} 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_{2.5}-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_{2.5} stärker als lokale Quellen.

Die Darstellung der Boxplots⁷ in **Abbildung 11 B** erleichtert den Vergleich der statistischen Kenngrößen und der Verteilung der Messwerte zwischen den Standorten. Die höchsten Maxima weist der Standort HHB auf (siehe auch **Abbildung 11 A** im Dezember), die niedrigsten die Standorte BDF und PZS. Der Median liegt am Standort BDF am niedrigsten und am Standort

BER am höchsten. Ebenso verhält es sich mit den Jahresmittelwerten, wobei die Unterschiede zwischen den Standorten insgesamt gering sind.

Die Entwicklung der PM_{2.5}-Belastung seit 2019 am Standort BER sowie der Vergleichsstandorte ist in **Abbildung 11 C** dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Jahren sind relativ gering ausgeprägt. Das Jahr 2023 weist geringere PM_{2.5}-Konzentrationen auf als die Vorjahre (Ausnahme: am Standort BER liegen im Jahr 2020 Jahresmittelwerte am niedrigsten im Vergleichszeitraum).

Tabelle 9: Statistische Kenngrößen für Feinstaub (PM_{2.5}) 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 _{2.5}	9	7	8	8	8
Max. TMW	36	30	34	30	42
50-Perzentil	8	6	7	7	7
98-Perzentil	20	23	24	23	20

⁷Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 24**, Seite 68

Feinstaub (PM_{2.5}) @ BER, BDF, BFM, PZS, HHB

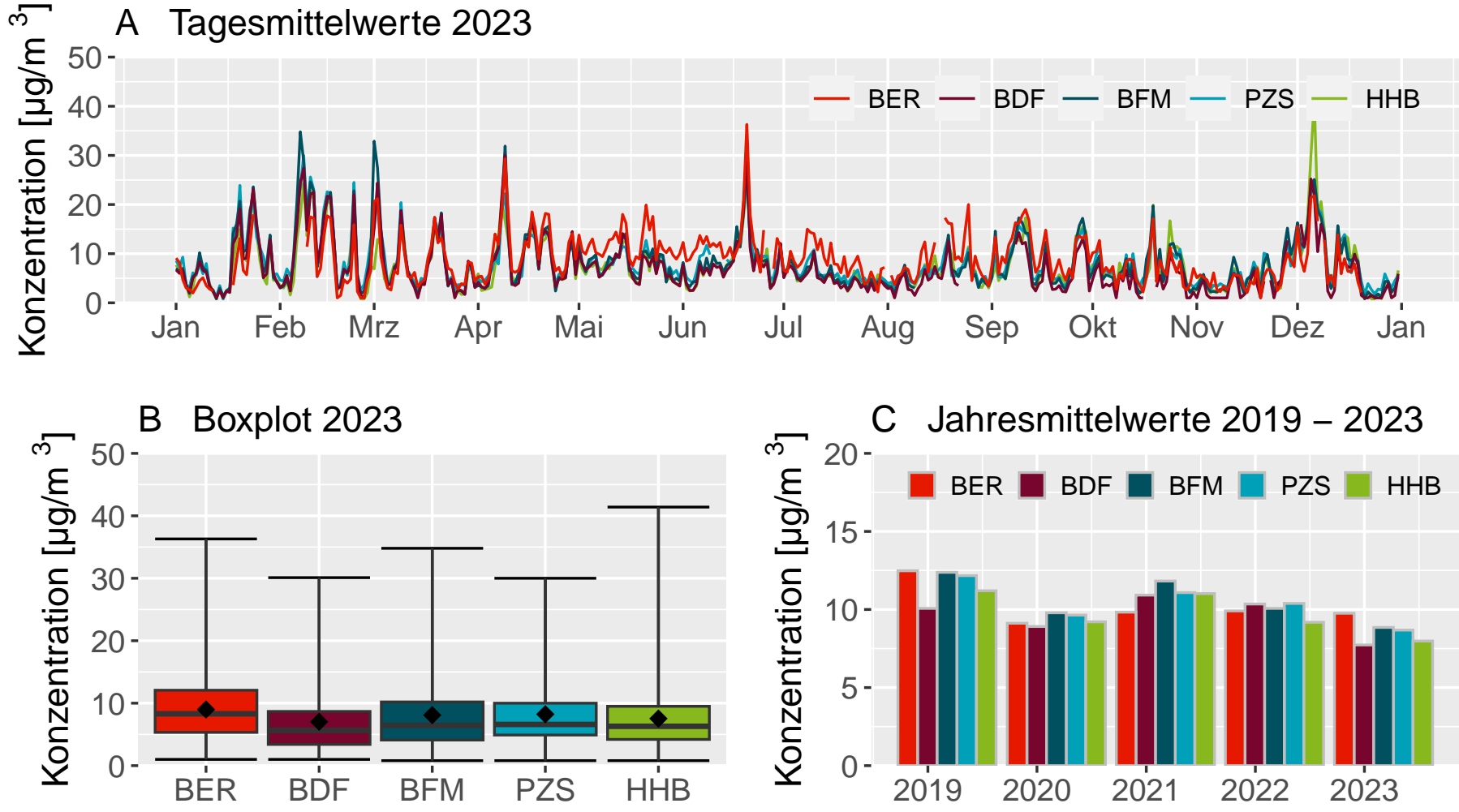


Abbildung 11: Darstellung der PM_{2.5}-Tagesmittelwerte 2023 für die Standorte BER, BFM, PZS, HHB als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung des aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte (5-Jahres-Vergleich)

Benzol

Die Jahresmittelwerte 2023 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 nied-

rigeren Werten im Sommer und höheren Werten im Winter. Hausbrand 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 März bis Mai an der Messstation BDF. Eine mögliche Erklärung dafür ist eine Baustelle, die sich während dieses Zeitraumes in unmittelbarer Nähe der Messstation befand.

Die Darstellung der Boxplots⁸ in **Abbildung 12 B** ermöglicht einen Vergleich der statistischen Kenngrößen

und Verteilung der Messwerte. Der Standort BDF ragt hier deutlich heraus aufgrund der erhöhten Wochenmittelwerte von März bis Mai. 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 jahreszeitenunabhängige Quelle eine entscheidende Rolle.

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte von Benzol seit 2019 an den Standorten BER, BFM und PZS (mit Ausnahme von 2019 und 2020) ist in **Abbildung 12 C** dargestellt. Ein Trend ist nicht erkennbar.

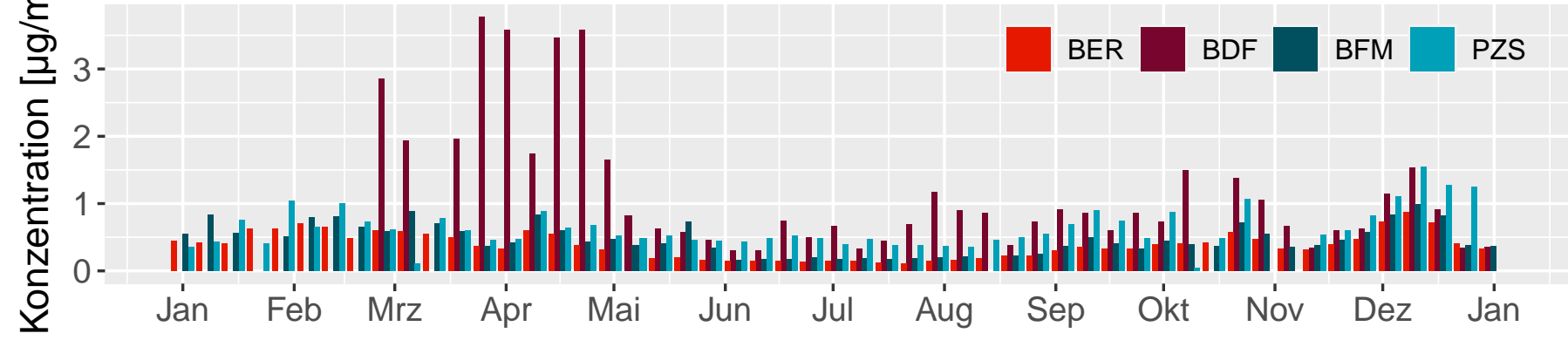
Tabelle 10: Statistische Kenngrößen für Benzol an der Luftgütemessstellen BER und BDF sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BER	BDF	BFM	PZS
Mittelwert, Benzol	0,38	1,15	0,47	0,63
Max. WMW	0,87	3,77	0,99	1,55
50-Perzentil	0,36	0,83	0,42	0,53
98-Perzentil	0,73	3,61	0,88	1,28

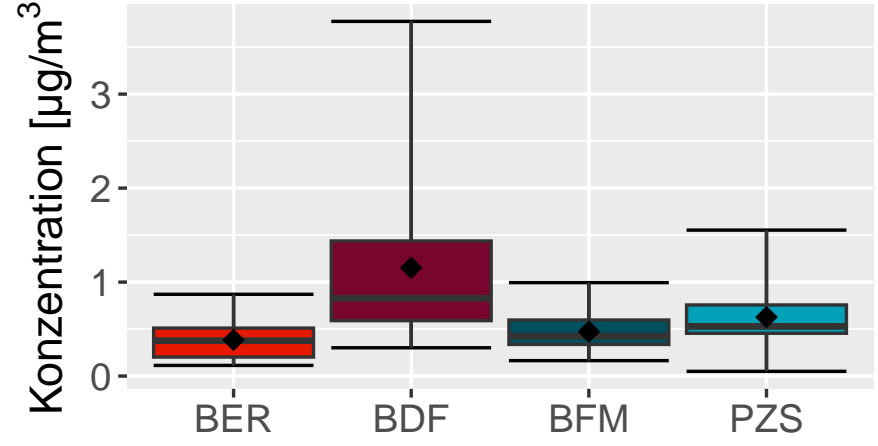
⁸Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 24**, Seite 68

Benzol @ BER, BDF, BFM, PZS

A Wochenmittelwerte 2023



B Boxplot 2023



C Jahresmittelwerte 2018 – 2022

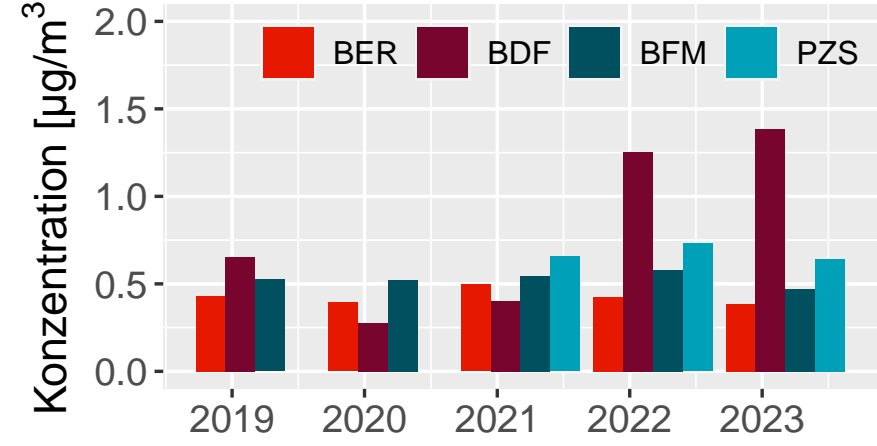


Abbildung 12: Darstellung der Benzol-Wochenmittelwerte 2023 für die Standorte BER, BFM, PZS als (A) Zeitreihe, (B) als Boxplot sowie (C) Darstellung der aktuellen und zurückliegender Jahresmittelwerte

Benz[a]pyren

Die Jahresmittelwerte 2023 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 ng/m^3 im Jahresmittel wurde am Standort BER sowie an allen 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 (Heizperiode) werden die höchsten Wochenmittelwerte gemessen.

Die Boxplot-Darstellung⁹ 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. Etwa ein Viertel 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 2019 an den Standorten BER, BFM und PZS (mit Ausnahme von 2020) ist in **Abbildung 13 C** dargestellt. Es ist kein Trend erkennbar.

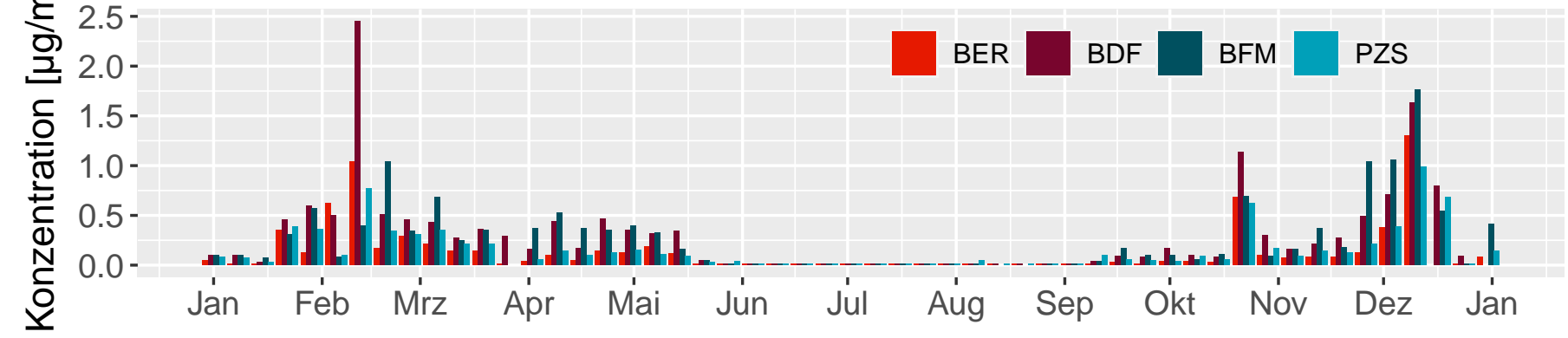
Tabelle 11: Statistische Kenngrößen für Benz[a]pyren an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

stat. Kenngröße, ng/m^3	BER	BDF	BFM	PZS
Mittelwert, BaP	0,14	0,30	0,28	0,16
Max. WMW	1,30	2,45	1,76	0,99
50-Perzentil	0,04	0,16	0,14	0,09
98-Perzentil	1,03	1,62	1,07	0,77

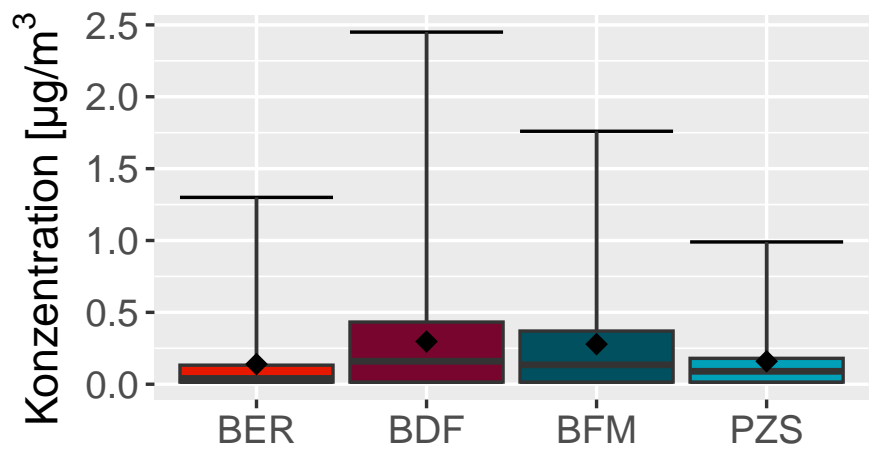
⁹Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 24**, Seite 68

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

A Wochenmittelwerte 2023



B Boxplot 2023



C Jahresmittelwerte 2019 – 2023

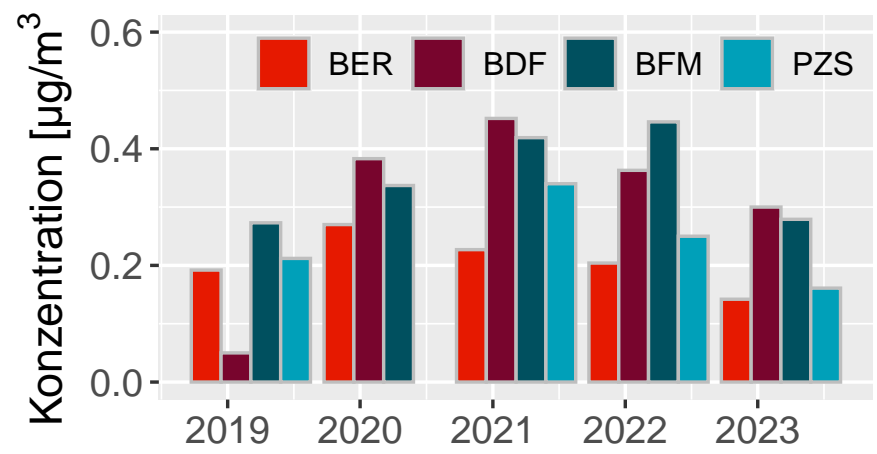


Abbildung 13: Darstellung der (A) Wochenmittelwerte 2023 der Benz[a]pyren-Konzentration sowie (B) der Messwertverteilung für die Standorte BER, BFM und PZS; (C) Darstellung der Jahresmittelwerte der letzten fünf Jahre

Ruß

Die Jahresmittelwerte 2023 sowie statistische Kennzahlen der gemessenen Ruß-Konzentrationen 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 Wochenmittelwerte der Ruß-Konzentration für das Jahr 2023 der Standorte BER, BDF, BFM und PZS. Es ist kein saisonaler Verlauf erkennbar.

Die Unterschiede zwischen den Standorten sind relativ gering, wobei die Standorte BDF, BFM die höchsten Maximalwerte aufweisen, der Standort BER hingegen die niedrigsten (siehe auch **Abbildung 14 B**). Mittelwert

und Median liegen bei allen Standorten nah beieinander aufgrund der geringen Streuung der Messwerte.¹⁰

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte der Ruß-Konzentration 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 2019 ein Abwärtstrend. An den übrigen Standorten ist kein Trend erkennbar.

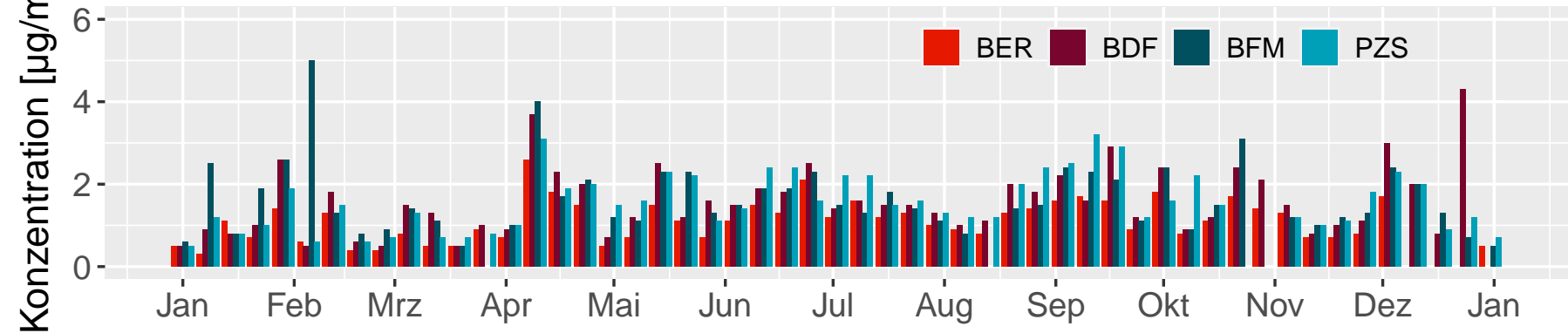
Tabelle 12: Statistische Kenngrößen für Ruß an der Luftgütemessstelle BER sowie weiterer Standorte des Luftgütemessnetzes Brandenburg

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

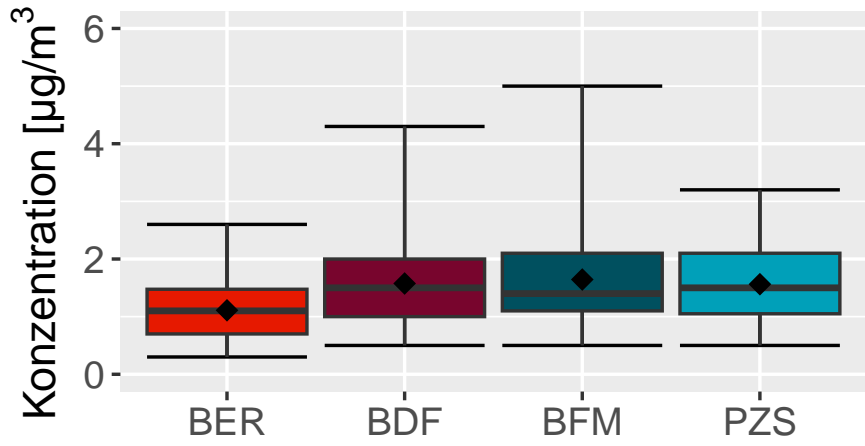
¹⁰Hinweise zum Lesen von Boxplots siehe **Abbildung 24**, Seite 68

Ruß @ BER, BDF, BFM, PZS

A Wochenmittelwerte 2023



B Boxplot 2023



C Jahresmittelwerte 2019 – 2023

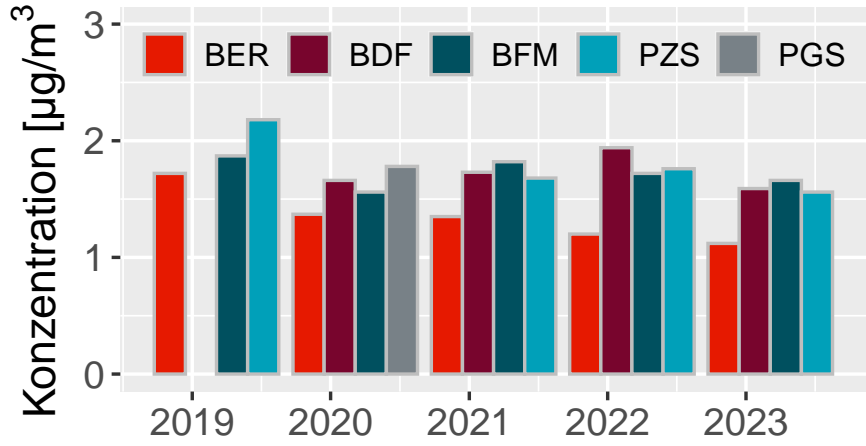


Abbildung 14: Darstellung der (A) Wochenmittelwerte der Ruß-Konzentration sowie (B) der Messwertverteilung für die Standorte BER, BDF, BFM und PZS; (C) Darstellung der Jahresmittelwerte der letzten fünf Jahre



Zusammenfassung



Die gesetzlichen Grenz- und Zielwerte wurden im Jahr 2023 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_{10} (keine Überschreitung im Jahr 2023) dargestellt. Bei Ozon handelt es sich um einen Zielwert, wobei die Anzahl der Tage mit Überschreitungen pro Kalen-

derjahr, gemittelt über drei Jahre, maßgeblich ist. In beiden Abbildungen werden die FBB-Luftgütestandorte BER und BDF sowie die Vergleichsstandorte des Luftgütemessnetzes des Landesamtes für Umwelt (LfU) dargestellt.

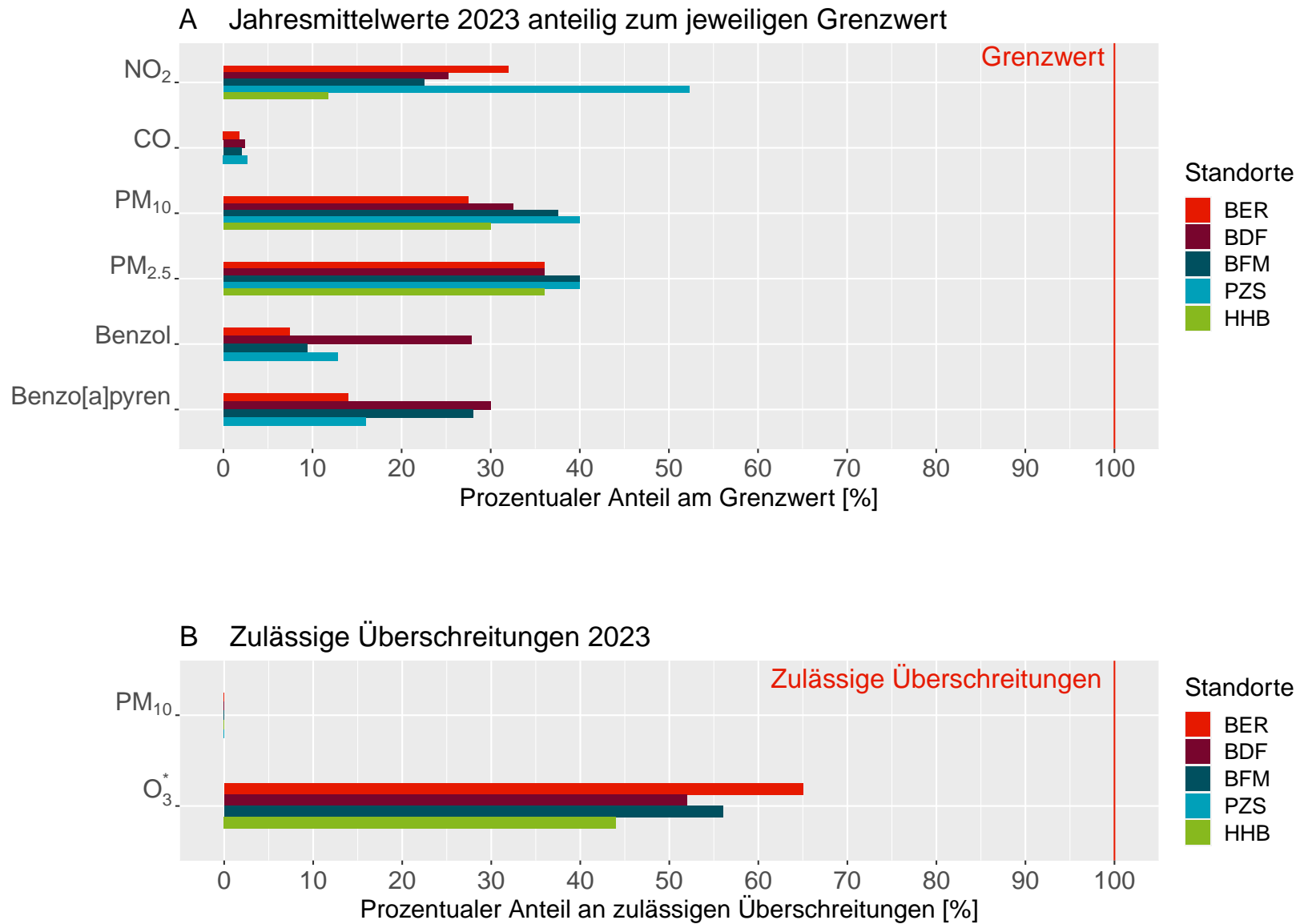


Abbildung 15: Relation der an den Standorten BER, BDF, BFM, PZS, PGS und HHB ermittelten Jahresmittelwerten in 2023 zum jeweiligen Grenzwert bzw. *Zielwert (Ozon, Dreijahresmittel)

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 war seit 2017 ein leichter Rückgang zu verzeichnen, die Flugbewegungen waren 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. Im Jahr 2023 erreichte die Anzahl der Flugbewegungen und Passagiere den bisher höchsten Stand.

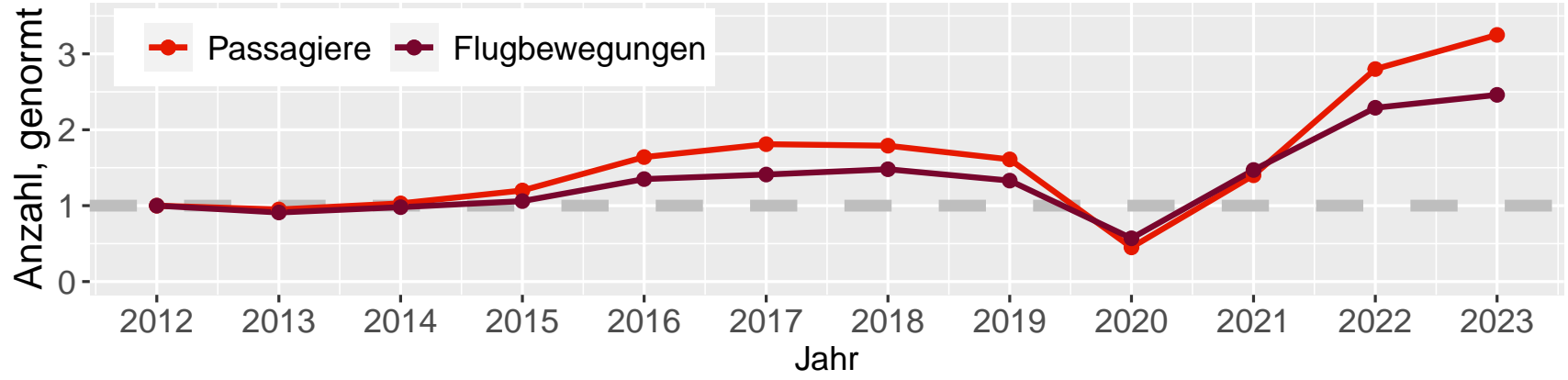
Die Entwicklung der Flugbewegungen ist nicht im zeitlichen Verlauf der Luftschadstoff-Konzentrationen erkennbar. Mit Ausnahme von NO_2 und Benzol weisen die Schadstoffe ein Maximum im Jahr 2014 auf. Im Jahr 2017 lagen die Jahresmittelwerte von Ruß und $\text{PM}_{2,5}$ leicht über denen von 2012. NO_2 und 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 PM_{10} höher als in den letzten drei Jahren. 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 2023 liegen sämtliche Luftschadstoffe unterhalb des Niveaus von 2012 während die Anzahl an Flugbewegungen auf das 2,5fache und die Anzahl der Passagieren auf mehr als das 3fache im Vergleich zu 2012 angestiegen sind.**

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.

A Verkehrsentwicklung @ SXF/BER seit 2012



B Luftschadstoff-Konzentration @ SXF/BER seit 2012

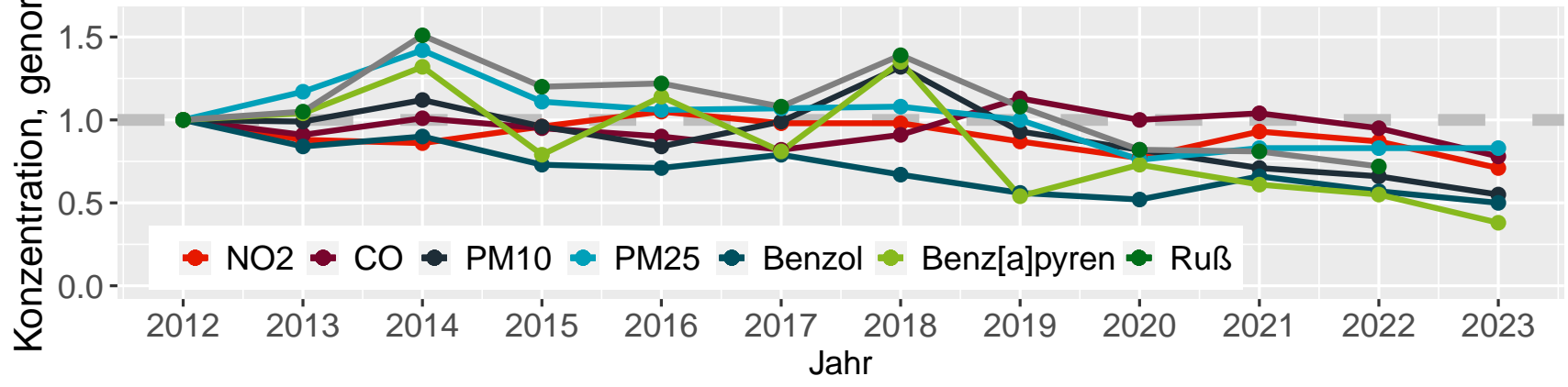


Abbildung 16: Normierte Darstellung der (A) Verkehrsentwicklung sowie der (B) Jahresmittelwerte am Standort BER seit 2012



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 Immissi-

onsüberwachung. 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 stationären Luftgütemessstation am Standort BER. Die

Messungen erfolgen weitestgehend kontinuierlich, wobei es Unterbrechungen für Qualitätskontrollen (siehe Qualitätssicherung, S. 56) 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.

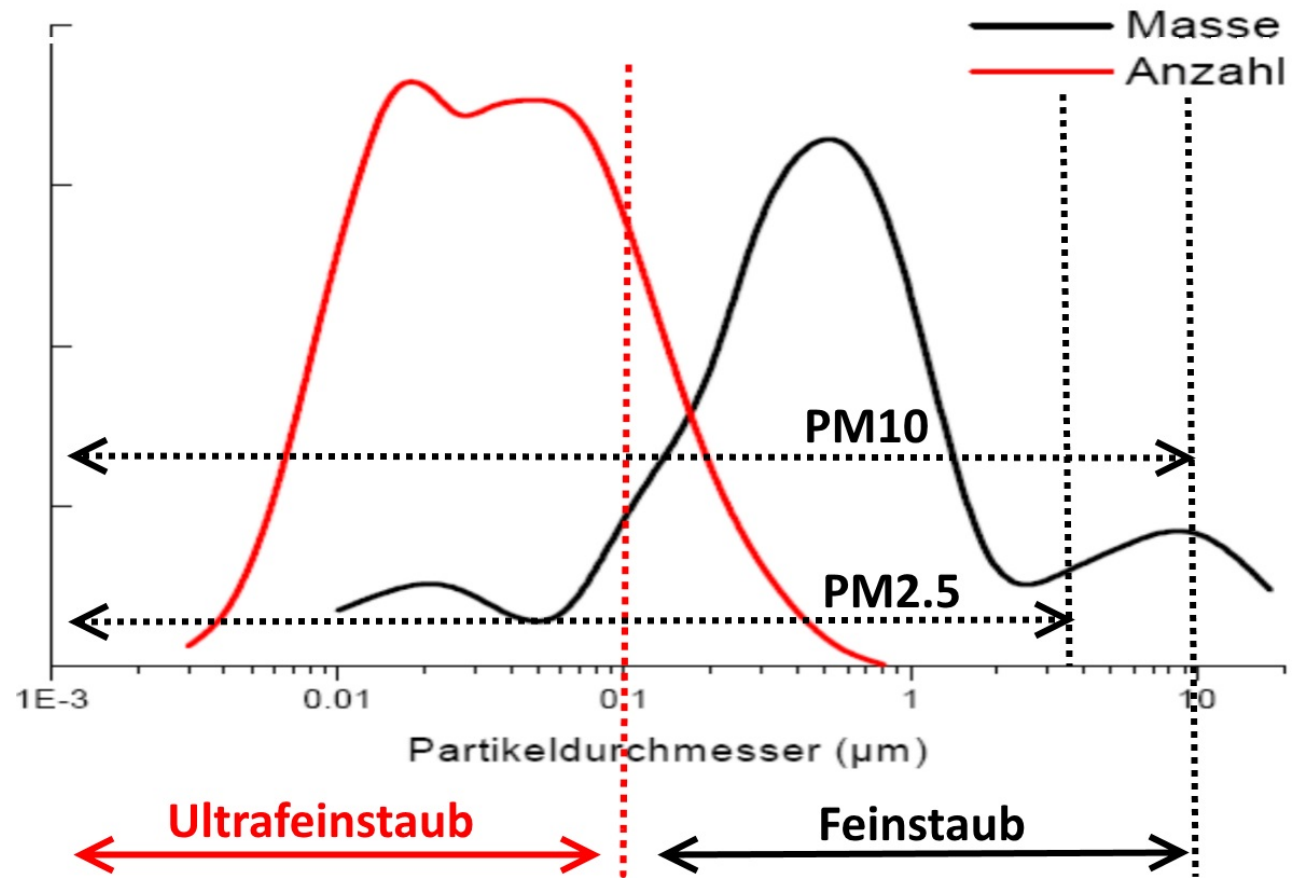


Abbildung 17: Partikelgrößenabhängige Massen- und Anzahlkonzentration eines typischen Aerosols

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 Leibnitz-Institut für Troposphärenforschung zur Seite. Das TROPOS ist Mitglied des Welt-Kalibrierzentrums für Aerosolphysik (WCCAP: World Calibration Centre for Aerosol Phy-

sics) 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 jedes Jahr 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 Luftgütemesstation der FBB

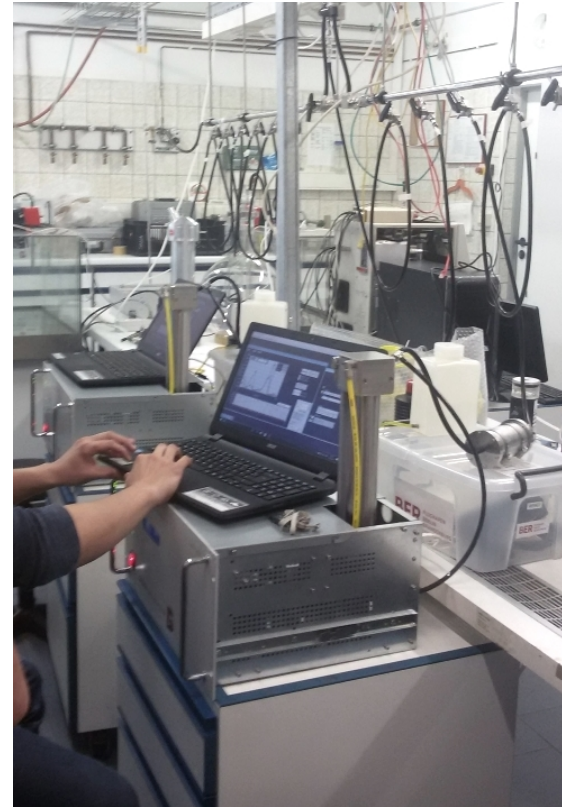


Abbildung 19: Kalibrierworkshop im Labor des Leibnitz-Institutes für Troposphärenforschung

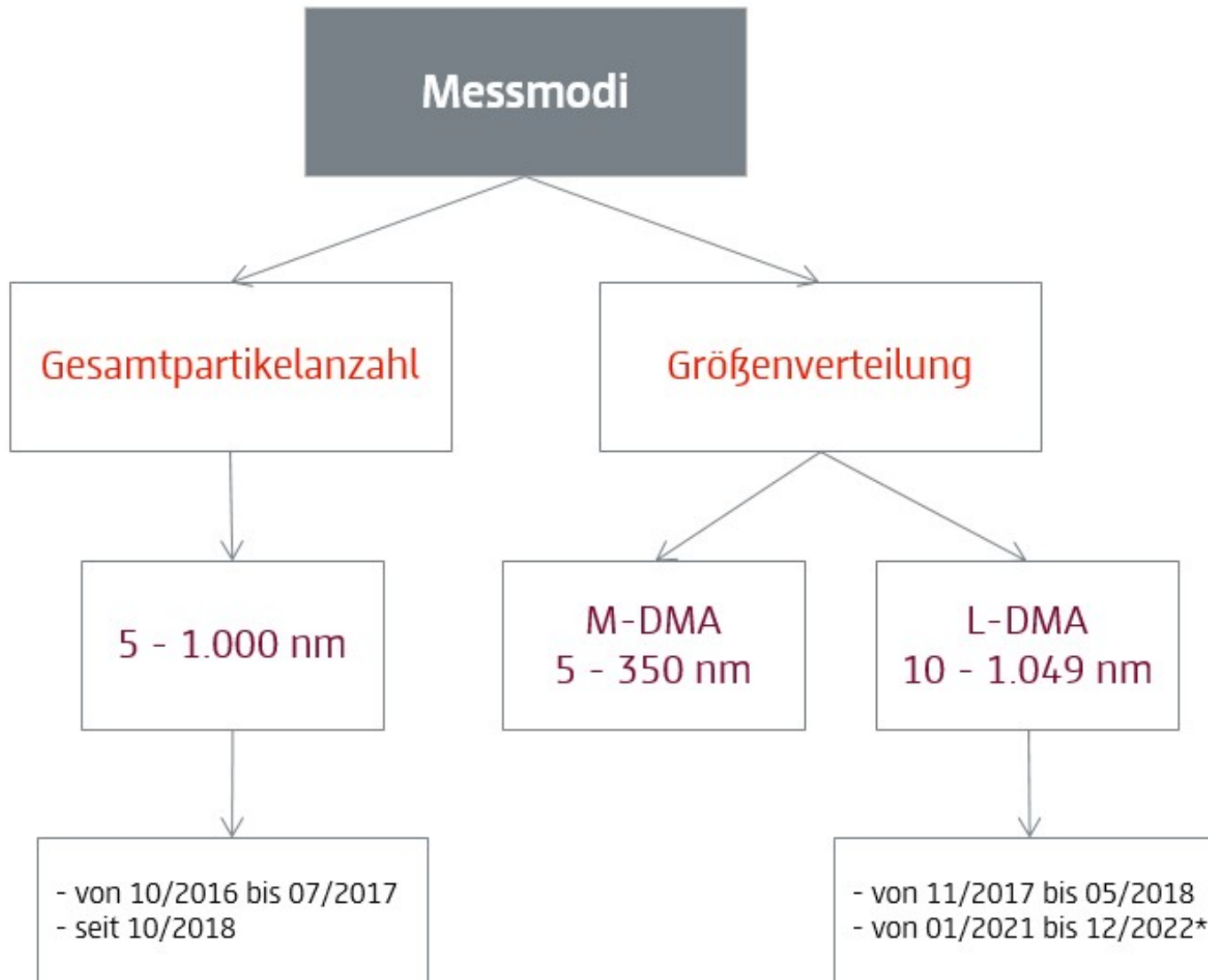


Abbildung 20: Übersicht der Messmodi des UFP-Messgeräts und deren Anwendung für die Messungen der FBB.

*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 2023

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 2023. 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, wo sie 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 Median¹¹ 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.

Eine entscheidende Rolle für die hohe Streuung der Messwerte am BER spielt die unmittelbare Nähe zur Quelle, insbesondere die direkt an der Messstelle vorbeifahrenden Betriebsstraße. Vorbeifahrende Fahrzeuge erzeugen kurzzeitig (wenige Sekunden) einen enormen Anstieg der Partikelanzahl. Startende und landende Flugzeuge hingegen bewirken einen wesentlich geringeren Anstieg der gemessenen Partikelanzahl, der sich allerdings über mehrere 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 Jahresmittelwerte¹² seit 2019 wird in **Abbildung 21 C** dargestellt. Das Jahr 2020 stellt für den Standort BER das Jahr mit der geringsten UFP-Belastung dar mit großem Unterschied zu den anderen Jahren im Vergleichszeitraum. An den Standorten BDF und BFM hingegen lagen die Messwerte in 2020 etwas höher als im Jahr 2021 und geringfügig niedriger als in den Jahren 2022 und 2023. Im Jahr 2021 weist der Jahresmittelwert am BER den Höchstwert im Vergleichszeitraum auf. In den Jahren 2022 und 2023 liegt er vom Niveau her zwischen den Jahren 2019 und 2020.

Ein Einfluss des Flugverkehrsaufkommens auf die Jahresmittelwerte am BER ist deutlich erkennbar, nicht aber auf die Jahresmittelwerte an den Standorten BDF und BFM. Wenngleich man bei Betrachtung der windrichtungsabhängigen Konzentration durchaus einen Einfluss des Flughafens erkennen kann (siehe nachfolgende Kapitel).

Tabelle 13: UFP-Gesamtpartikelanzahl an den Standorten BER, BDF und BFM im Jahr 2023

Ort	Mittel	Median	Maximum
	[#/ccm]		
BER	11.902	8.593	103.670
BDF	6.550	5.320	129.743
BFM	7.074	5.517	67.121

¹¹ Median bedeutet, 50 % aller Messwerte liegen unterhalb dieses Wertes (siehe hierzu auch **Abbildung 24**).

¹² 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).

UFP-Anzahlkonzentration @ BER, BDF, BFM

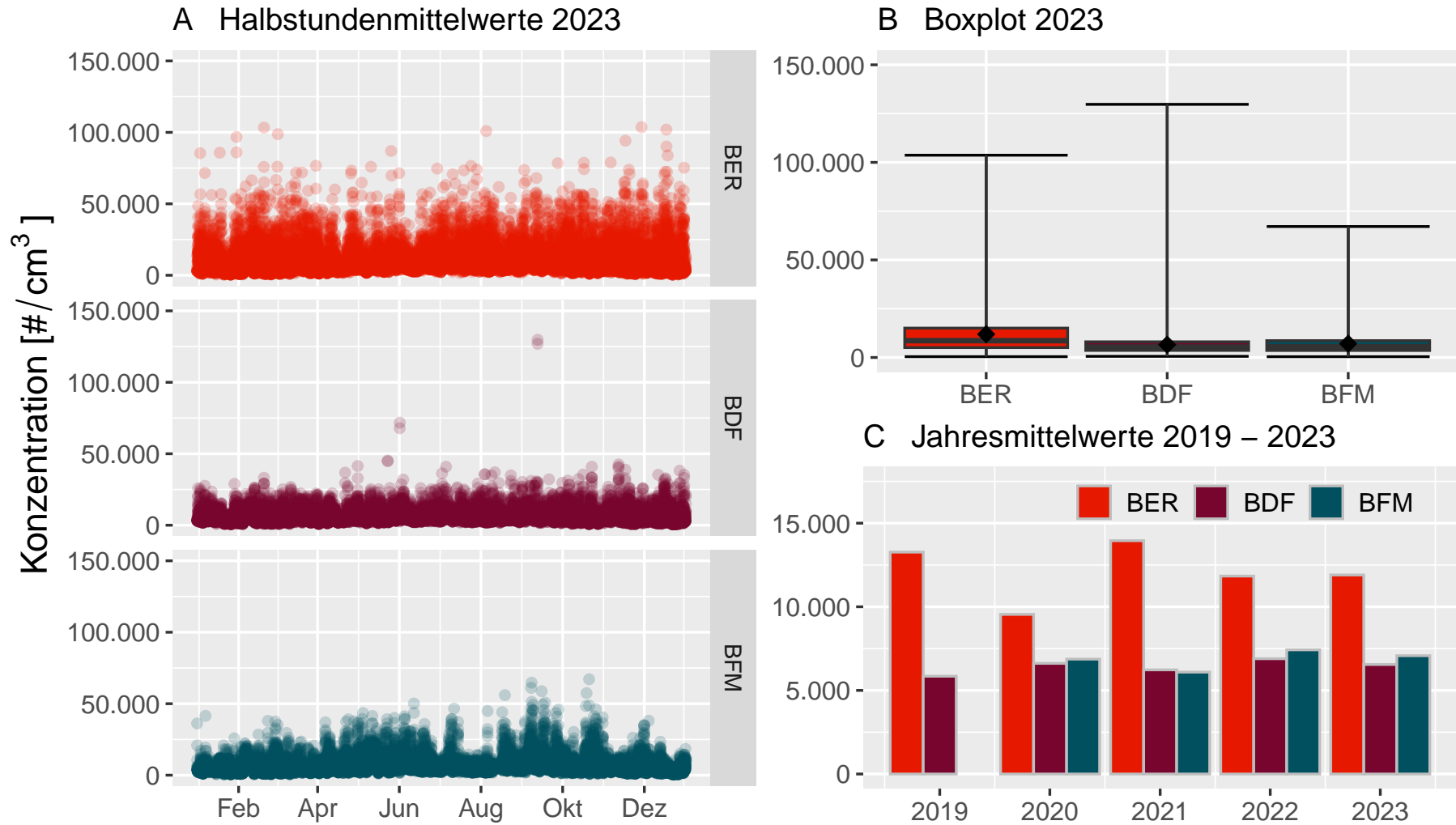


Abbildung 21: Gesamtpartikelanzahl UFP (Halbstundenmittelwerte) an den Standorten BER, BDF und BFM im Jahr 2023

Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl 2023

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 2023. Als Nacht wurde der Zeitraum von 0 bis 6 Uhr definiert, in dem kein bzw. stark reduzierter Flugverkehr stattfindet. Der Zeitraum Tag erstreckt sich von 6 bis 24 Uhr.

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 Perzentilrose in südliche Richtung verschoben, was den Einfluss der Südbahn seit der Inbetriebnahme verdeutlicht. Am Standort BDF zeigen sich tagsüber 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.

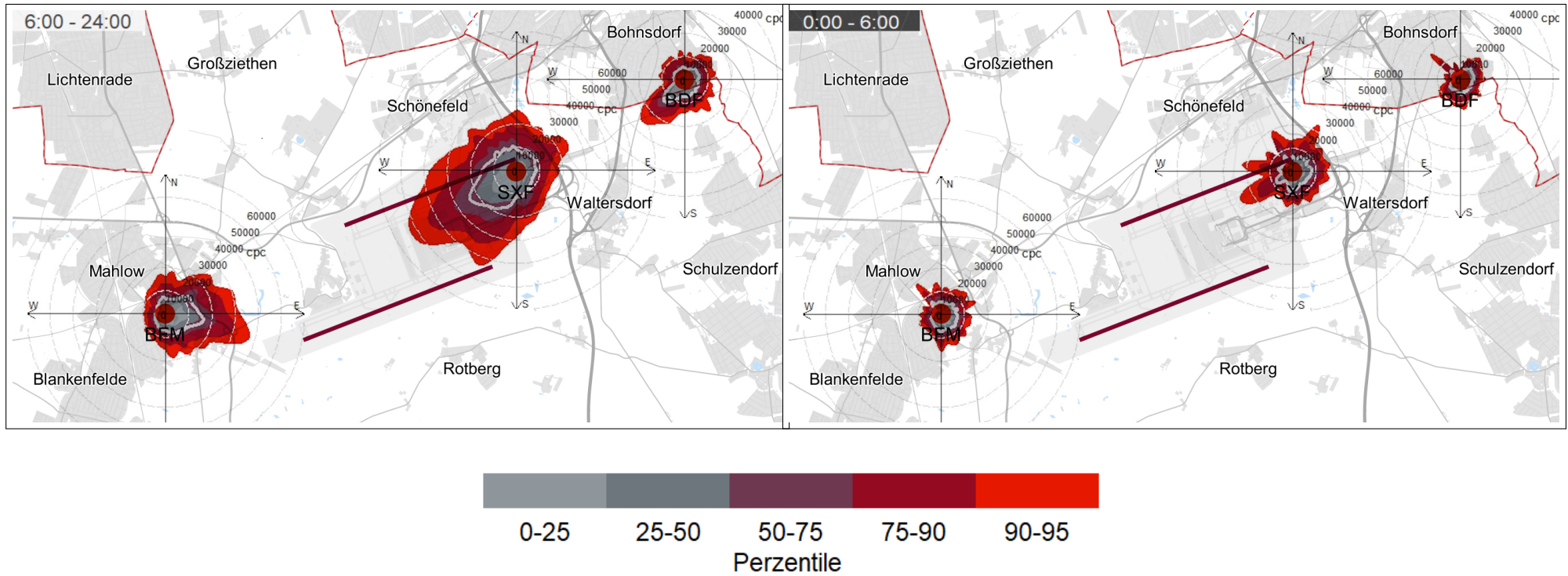


Abbildung 22: Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl an den Standorten BER, BDF und BFM, unterschieden zwischen Tag und Nacht, 2023

Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl im Jahresvergleich von 2019 bis 2023

Die **Abbildung 23** zeigt die UFP-Belastung in Abhängigkeit von der Windrichtung an den Standorten BER, BDF und BFM verglichen zwischen den Jahren 2019, 2020¹³ und dem Messzeitraum 2021 bis 2023.

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 bis 2023. 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 Perzentilrose 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 dem Flughafen und der Messstelle in Bohnsdorf (z.B. Autobahn)

Die windrichtungsabhängige Darstellung lässt einen Ein-

fluss 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 Flugverkehrsaufkommens seit 2021 nicht mit einem Anstieg der UFP-Konzentration im Jahresmittel am Standort BDF einherging (trotz des erkennbaren Einflusses des Flughafens bei windabhängiger Betrachtung).

¹³Messzeitraum Standort BFM im Jahr 2020: vom 31.05. bis 31.12.

Partikel-Anzahl-Konzentration #/ccm, @BFM & @BER & @BDF 2019-2023

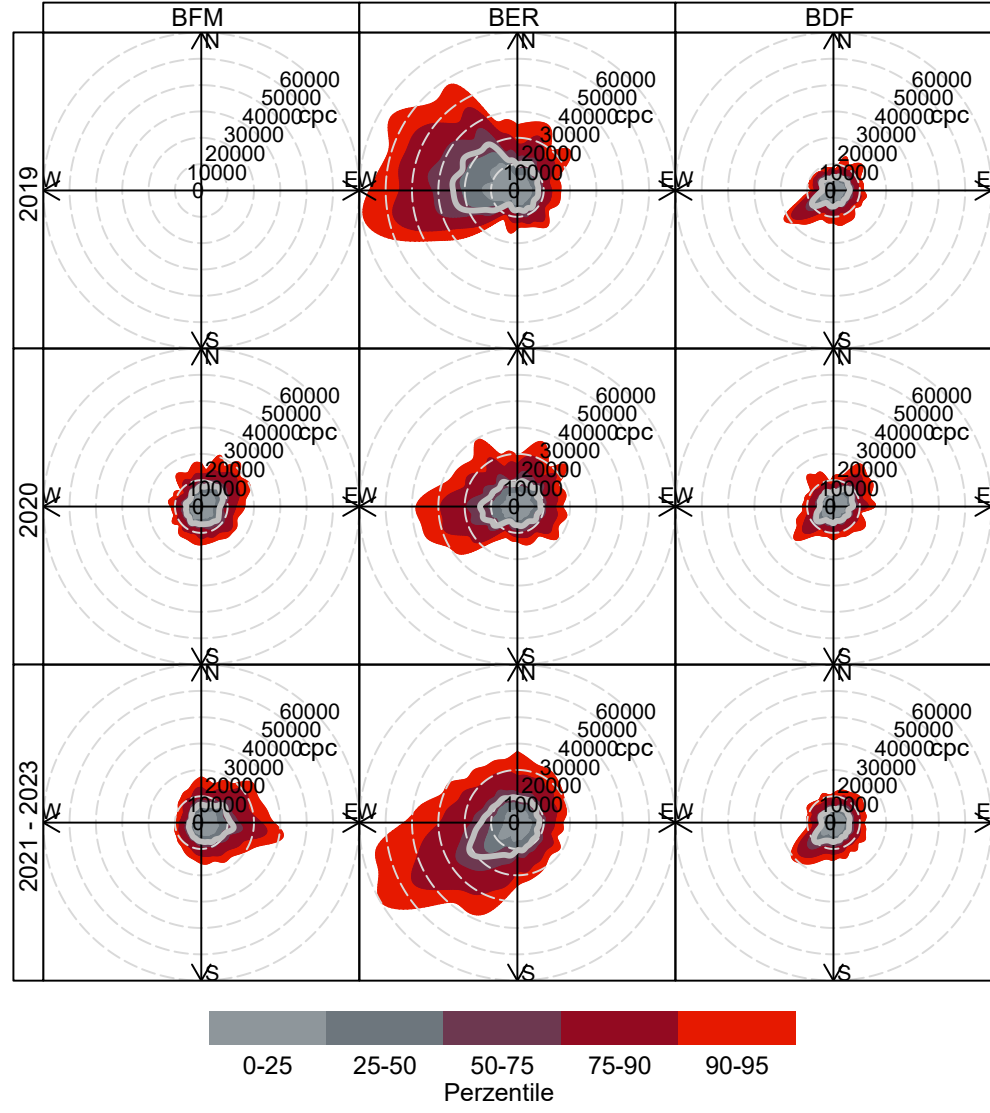


Abbildung 23: Windabhängige Betrachtung der Gesamtpartikelanzahl an den Standorten BFM, BER und BDF, 2019-2023

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 **Tabelle 14 und 15** als Jahresmittelwerte 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	0,38	1,39	0,47	0,64
Ethybenzol	0,09	0,20	0,70	0,48
Toluol	0,40	1,26	0,66	1,43
m/p-Xylen	0,28	0,60	3,04	1,56
o-Xylen	0,08	0,18	0,73	0,55

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	0,09	0,15	0,15	0,09
Benzo(a)pyren	0,14	0,30	0,28	0,16
Benzo-(b)-fluoranthen	0,20	0,38	0,34	0,24
Benzo-(j)-fluoranthen	0,30	0,64	0,61	0,39
Benzo-(k)-fluoranthen	0,07	0,14	0,13	0,09
Dibenz(a,h)anthracen	0,02	0,03	0,03	0,02
Indeno(1.2.3-cd)pyren	0,13	0,27	0,25	0,17

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 24 A zeigt beispielhaft die Tagesmittelwerte der 2016er NO₂-Messreihe für den Messstandort BER im Jahresverlauf. **Abbildung 24 B** zeigt den gleichen Datensatz, wie **Abbildung 24 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 24 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 24 C** der Mittelwert des gesamten Datensatzes als gefüllte Raute dargestellt.

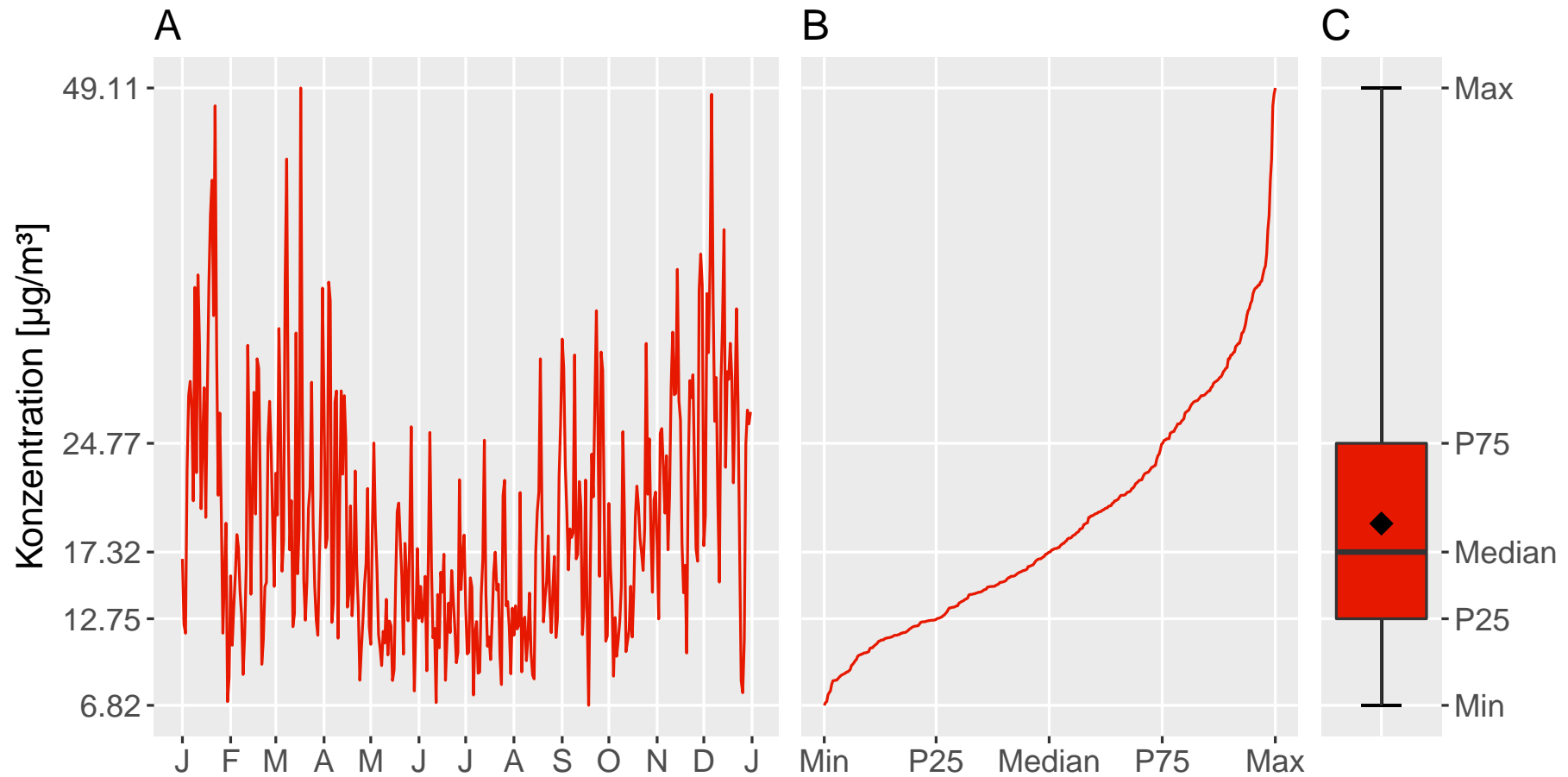


Abbildung 24: Erläuterung zum Boxplot (NO_2 -Messreihe 2018 für den Standort BER als (A) Zeitreihe, (B) der Größe nach geordnet und (C) als Boxplot-Darstellung)

Bereich Schallschutz und Umwelt
Team Immissionsschutz
Dr. Uta Wolf-Benning & Sebastian Aust
Flughafen Berlin Brandenburg GmbH
12521 Berlin
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. 46, 52: Uta Wolf-Benning
Fotos S. 7, 47: Sebastian Aust
Foto S 14: Anikka Bauer
Foto S. 22, 31, 59: Robert Preußner
Foto S. 21: Oliver Lang, LIGATUR Werbung Berlin GbR

Stand: Juni 2024