

ABSCHLUSSBERICHT

Bestimmung von PM10 und Levoglucosan, Galactosan und Mannosan in
PM10 zur Beurteilung von Immissionen durch Kaminöfen

ANECO Dokumenten-Nr. / Datum:	66010-025 B01 vom 22.06.2022
Auftraggeberin:	Freie Hansestadt Bremen Ansgaritorstraße 2 28195 Bremen
Ansprechpartner:	Frau Andrea Schemmel
Auftragsnummer:	600-2-07-03-1/2020
Auftragsdatum:	02.11.2020
Art der Messung:	Untersuchung von Filterproben aus Immissionsmessungen
Messaufgabe:	Die Messungen sollen Informationen über die Immissions-situation in einem Stadtgebiet mit potentiell hoher Kamin-ofendichte bezüglich der Konzentration von Schwebstaub PM10 liefern. Dabei soll über die Bestimmung von Anhyd-rozuckern in PM10 der Einfluss der Holzfeuerung an der PM10 Belastung abgeschätzt werden.
Messkomponenten:	<ul style="list-style-type: none">- Schwebstaub PM10- Inhaltsstoffe in PM10: Levoglucosan, Mannosan, Ga-lactosan
Messort / Messgebiet:	Stadtteil Findorff, Bremen
Messzeitraum:	Januar 2021 bis Dezember 2021
Berichterstellung durch:	Dr. Annekatriin Dreyer
Berichtsumfang:	75 Seiten Bericht inkl. Anhang

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Zusammenfassung	3
1 Beschreibung der Messaufgabe	5
1.1 Anlass der Messungen	5
1.2 Administrative Anforderungen und Bewertungsmaßstäbe	5
1.3 Messkomponenten	6
1.4 Anforderungen an die Messtechnik	6
1.5 Organisatorische Anforderungen	7
1.6 Beteiligung weiterer Institute	7
2 Vorwissen	7
3 Ortsbeschreibung	7
4 Messstrategie	8
4.1 Messgebiet	8
4.2 Messorte	8
4.3 Messzeitraum	10
4.4 Messzeiten	11
4.5 Datenverfügbarkeit	11
4.6 Messtechnik	11
5 Auswertung	12
5.1 Messwertverarbeitung	12
5.2 Messergebnisse	14
5.3 Ermittlung der Messunsicherheit	15
6 Beurteilung der Luftqualität und Diskussion	15
6.1 Meteorologie im Messzeitraum	15
6.2 Stoffe und Stoffgruppen	19
6.3 Plausibilitätsprüfung	33
7 Literaturverzeichnis	34
Anhang 36	
A1 Fotodokumentation	36
A2 Darstellung aller Messergebnisse	38
A3 Regressions- und Korrelationsanalysen	69
A4 Darstellung der monatlichen Windverhältnisse	73

Zusammenfassung

Die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. wurde von der Freien Hansestadt Bremen mit der Untersuchung von Filterproben auf Schwebstaub PM10 sowie den Anhydrozuckern Levoglucosan, Mannosan und Galactosan in PM10 als Tracer für Holzverbrennung zur Gewinnung von Informationen über die Immissionen von Kaminöfen in dem Bremer Stadtteil Findorff beauftragt.

Die Immissionsmessungen wurden im Jahr 2021 durchgeführt. An einem von der Auftraggeberin festgelegten Messpunkt wurden durch die Auftraggeberin täglich Schwebstaub PM10 unter Verwendung von Kleinfiltergeräten beprobt. Auf den Filtern wurde gravimetrisch der Schwebstaub PM10 bestimmt. Aus Poolproben bestehend aus zwei Tagen wurden durch nachfolgende Analytik die Anhydrozucker Levoglucosan, Mannosan und Galactosan in PM10 bestimmt. Der Messpunkt lag in der Worpsweder Straße im Bremer Stadtteil Findorff. Für diesen Stadtteil wird der Betrieb einer hohen Anzahl von mit Holz betriebenen Kleinfeuerungsanlagen vermutet.

Der hier vorliegende Bericht betrachtet die Untersuchungsergebnisse im zwölfmonatigen Zeitraum von Januar bis Dezember 2021.

Für den Parameter Schwebstaub PM10 sind in der 39. BImSchV sowie TA Luft Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt. Demnach darf die Gesamtbelastung für Schwebstaub PM10, gemittelt über 1 Jahr, an keinem Beurteilungspunkt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten. Zusätzlich dürfen maximal 35 Tageswerte innerhalb eines Jahres einen Wert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten. Der Jahresmittelwert von Schwebstaub PM10 unterschreitet im betrachteten Untersuchungszeitraum den Immissionswert mit 36 % des Immissionswertes. Die Anzahl der Überschreitungstage liegt mit 1 Tag im Beurteilungszeitraum unterhalb der zulässigen 35 Überschreitungen im Jahr.

Die mittleren, minimalen und maximalen Konzentrationen der Anhydrozucker Levoglucosan, Mannosan und Galactosan in PM10 im Bremer Stadtteil Findorff sind in nachfolgender Übersicht tabellarisch aufgeführt. Der Maximalwert für Levoglucosan wurde an den Weihnachtsfeiertagen 2021 erreicht. Die hier ermittelten Konzentrationen von Levoglucosan, Mannosan und Galactosan liegen im Bereich von städtischen Gebieten bzw. Gebieten mit erhöhter Dichte von Holzfeuerungsanlagen. Die in Bremen Findorff ermittelten Konzentrationen für Levoglucosan in PM10 sind höher als vom Umweltbundesamt für den deutschen Hintergrund bestimmte Werte. Für Mannosan und Galactosan wurden keine Werte vom Umweltbundesamt bestimmt.

Aus der Konzentration von Levoglucosan lässt sich die aus der Holzfeuerung stammende Konzentration von PM10 (PM Holz) abschätzen, welche in der Übersicht ebenfalls enthalten ist und im erwarteten Bereich liegt. Die zu Monatswerten aggregierten Daten sind in nachfolgender Abbildung Z1 zusammengefasst.

Tabelle Z1: Mittlere, minimale und maximale Konzentrationen der hier bestimmten Parameter am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff im Messzeitraum 01.01.2021 bis 31.12.2021

	Levoglucosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mannosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Galactosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM Holz ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM Holz (%)
Mittelwert	0,10	0,018	0,006	1,3	9,7
Minimum	0,006	< 0,005	< 0,006	0,1	0,4
Maximum	0,73	0,133	0,023	9,5	86

PM10 und PM10 aus der Holzverbrennung

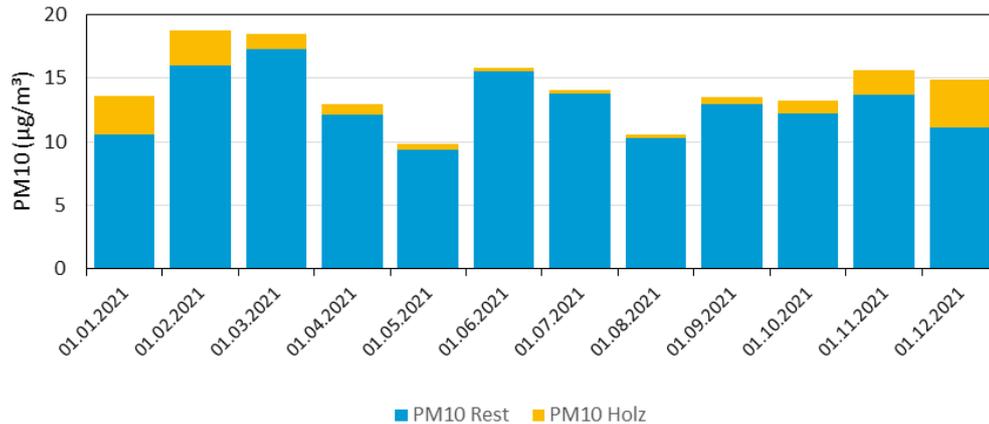


Abbildung Z1: Monatsmittelwerte der Konzentrationen von PM10 aus der Holzfeuerung (PM10 Holz) und verbleibendem PM10 (PM10 Rest) am Messpunkt Worpweder Straße, Bremen Findorff im Messzeitraum 01.01.2021 bis 31.12.2021

Die in diesem Vorhaben ermittelten Kenngrößen sind mit der Temperatur signifikant negativ korreliert. Dies betrifft sowohl die Einzelwerte als auch die zu Monatswerten aggregierten Daten. Der zur Temperatur antizyklische Verlauf der Monatswerte ist exemplarisch für den prozentualen Anteil von PM10 aus der Holzfeuerung nachfolgend dargestellt. Die deutlich höheren Werte in den Wintermonaten im Vergleich zu den Sommermonaten zeigen den Einfluss von Holzbrand in der kalten Jahreszeit.

PM10 aus der Holzverbrennung

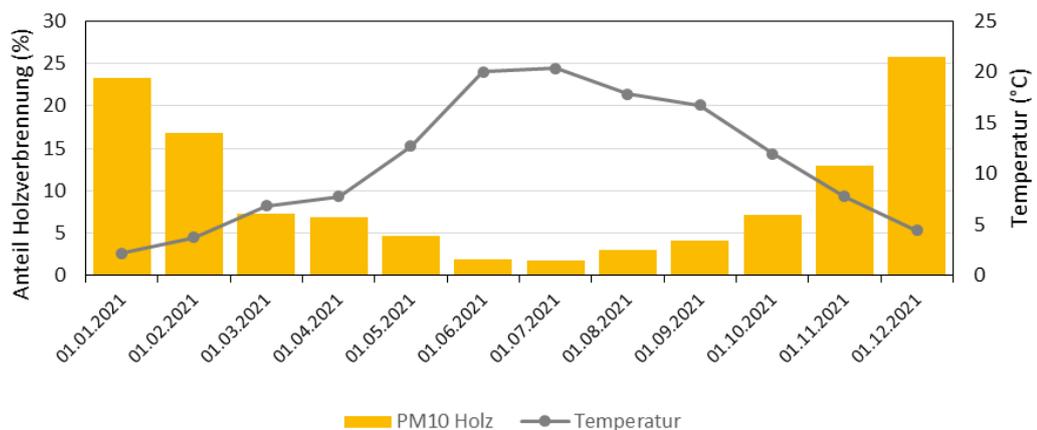


Abbildung Z2: Monatsmittelwerte der Temperatur und der prozentualen Anteile von PM10 aus der Holzfeuerung am Gesamt-PM10 am Messpunkt Worpweder Straße, Bremen Findorff im Messzeitraum 01.01.2021 bis 31.12.2021

Eine abschließende immissionsschutzrechtliche Bewertung bleibt der zuständigen Behörde vorbehalten.

1 Beschreibung der Messaufgabe

1.1 Anlass der Messungen

Die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. wurde von der Freien Hansestadt Bremen mit der Untersuchung von Filterproben zur Gewinnung von Informationen über die Immissionen von Kaminöfen in dem Bremer Stadtteil Findorff beauftragt.

Die Probenahme zur Bestimmung von PM10 wurde durch das Referat 22 - Immissionsschutz (Freie Hansestadt Bremen, Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau, Abt. 2 - Umweltwirtschaft, Klima- und Wohnungsbau), nachfolgend Auftraggeberin genannt, durchgeführt. Der Messpunkt in der Worpsweder Straße im Bremer Stadtteil Findorff wurde ebenfalls durch die Auftraggeberin festgelegt.

Auf den Filtern sollte gravimetrisch der Schwebstaub PM10 sowie durch nachfolgende Analytik die Anhydrozucker Levoglucosan, Mannosan und Galactosan in PM10 bestimmt werden.

1.2 Administrative Anforderungen und Bewertungsmaßstäbe

Administrative Anforderungen

Die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. ist ein u.a. für die Ermittlung der hier beschriebenen Immissionen gemäß §29b BImSchG [1] bekanntgegebenes Messinstitut mit langjähriger Erfahrung in der Durchführung von Immissionsuntersuchungen.

Das Berichtsformat entspricht den formalen Vorgaben der VDI-Richtlinie 4220 Blatt 2 [2].

Bewertungsmaßstäbe

Für den Parameter **Schwebstaub PM10** sind in der 39. BImSchV [3] sowie TA Luft [4] Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit angegeben. Demnach darf die Gesamtbelastung für Schwebstaub PM10, gemittelt über 1 Jahr, an keinem Beurteilungspunkt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten. Als weiteres Beurteilungskriterium nennt die 39. BImSchV [3] sowie die TA Luft [4] die Überschreitungshäufigkeit des Immissionswertes für die 24-stündige Immissionsbelastung von PM10. Es dürfen demnach maximal 35 Tageswerte innerhalb eines Jahres einen Wert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten.

Für die Anhydrozucker Levoglucosan, Mannosan und Galactosan sind weder in der 39. BImSchV [3] noch in der TA Luft [4] Immissionswerte angegeben. Ersatzweise werden hier Messergebnisse aus anderen Untersuchungsprogrammen vergleichend herangezogen.

Tabelle 1: Beurteilungsmaßstäbe für Schwebstaub PM10 und Inhaltsstoffe

Parameter	Beurteilungsmaßstab / ggf. Vergleichswerte	Quelle	Bemerkung*
PM10	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	39. BImSchV [3] TA Luft [4]	Immissionswert (JMW)
	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$		Immissionswert (TMW mit 35 erlaubten Überschreitungen/Jahr)

Anforderungen an die Datenqualität

Soweit für die zu untersuchenden Parameter gesetzlich festgelegt kommen die Anforderungen zur Datenqualität der 39. BImSchV [3] sowie der TA Luft [4] zur Anwendung. Letztere definiert im Wesentlichen Anforderungen zur Mindestdatenverfügbarkeit, während in Anhängen (Anlagen 1 und 17) zur 39. BImSchV [3] zusätzlich Messunsicherheiten als Qualitätsziele für die Luftbeurteilung definiert sind.

Nach TA Luft [4] Ziffer 4.6.2.8 „Messhäufigkeit“ ist bei kontinuierlicher Messung (z.B. bei Gasen mittels kontinuierlich messendem Analysator) bezogen auf Stundenmittelwerte eine Mindestverfügbarkeit von 75% zu gewährleisten. Sind weniger als 90% der Stundenmittelwerte verfügbar, ist die Zahl der Überschreitungen des Grenzwertes auf 100% hochzurechnen. Dieses gilt auch für Tagesmittelwerte der Schwebstaubbelastungsmessung.

In der 39. BImSchV [3] sind Anforderungen für die Mindestdatenerfassung für verschiedene Messkomponenten mit 90 % angegeben. Zur Beurteilung der Luftqualität werden darüber hinaus Anforderungen an Messunsicherheiten ausgewiesen. Diese werden bei ortsfesten Messungen für PM10 mit 25 % angegeben.

Mit der Auftraggeberin vereinbarte Anforderungen

Die Festlegung des Messpunktes sowie die tägliche Probenahme zur Bestimmung von PM10 erfolgten durch die Auftraggeberin. Die termingerechte Bereitstellung der Filter sowie die gravimetrische Bestimmung von PM10 und die Analyse der PM10-Inhaltsstoffe erfolgten durch den Auftragnehmer. Es wurde festgelegt, dass für die Bestimmung der Anhydrosucker in PM10 jeweils zwei Filter als Mischprobe analysiert werden.

1.3 Messkomponenten

Luftverunreinigungen

- Schwebstaub PM10 mittels gravimetrischen Standardmessverfahren
- Inhaltsstoffe des Schwebstaubes PM10: Levoglucosan (1,6-Anhydro- β -D-glucopyranose, LG), Mannosan (1,6-Anhydro- β -D-Mannopyranose) und Galactosan (1,6-Anhydro- β -D-Galactopyranose)

Art der Ermittlungen

Die untersuchten Parameter wurden entsprechend der in Abschnitt 1.4. „Anforderungen an die Messtechnik“ und 4.6 „Messtechnik“ definierten Messverfahren als

- Massenkonzentration bezogen auf Außenluftbedingungen (Schwebstaubmessungen sowie schwebstaubgebundene Parameter)

bestimmt.

Ergänzende Messungen

- Keine

1.4 Anforderungen an die Messtechnik

Die Anforderungen an die Mindestverfügbarkeit sind im Abschnitt 1.2 unter Datenqualität beschrieben.

Die Schwebstaub PM10 Messungen wurden durch die Auftraggeberin nach DIN EN 12341 [5] durchgeführt. Es wurden die nach der DIN-Norm gültigen Referenzmessgeräte genutzt und durch den Auftragnehmer Tageswerte ermittelt. Der Filterwechsel erfolgt automatisch nach 24h.

Die Anhydrosucker wurden in Mischproben bestehend aus 2 Filtern untersucht, um die Anzahl von Ergebnissen unterhalb der Bestimmungsgrenze zu reduzieren.

1.5 Organisatorische Anforderungen

Akkreditierung / QM-System

Die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. ist ein u.a. für die Ermittlung von Immissionen gemäß §29b BImSchG [1] bekanntgegebenes Messinstitut mit langjähriger Erfahrung in der Durchführung von Immissionsuntersuchungen und nach DIN EN ISO/IEC 17025 [6] akkreditiert.

Personal

Projektleitung / Stellv. Fachlich Verantwortliche:

Dr. Annetrin Dreyer Tel.-Nr.: 040 / 69 70 96 55 Email: Annetrin.Dreyer@aneco.de

Die Probenahme wurde durch fachkundiges Personal der Auftraggeberin durchgeführt. Die gravimetrische Bestimmung von PM10 erfolgte im Labor der ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. Die Anhydrozucker wurden am Institut für Energie- und Umwelttechnik, IUTA e.V. analysiert.

1.6 Beteiligung weiterer Institute

Die Probenahme wurde durch die Auftraggeberin durchgeführt.

Die Analyse der Anhydrozucker erfolgte am Institut für Energie- und Umwelttechnik, IUTA e.V.. Das IUTA ist formal für die Analytik der Anhydrozucker nicht akkreditiert, wendet für die Analytik jedoch alle auch im Rahmen der Akkreditierung erforderlichen qualitätssichernden Maßnahmen an.

2 Vorwissen

Seitens des Auftragnehmers lagen keine allgemeinen Kenntnisse über die Immissionssituation im Bremer Stadtteil Findorff in Bezug auf Levoglucosan, Mannosan und Galactosan vor. Findorff gilt als ein Stadtteil in Bremen mit potentiell hoher Dichte an Holzfeuerungsanlagen und dadurch erwartbar hoher Beeinflussung der Immissionssituation durch Kaminöfen.

Im Winterhalbjahr 2009/2010 wurde in Bremen Findorff an gleicher Stelle ein Messprogramm zur Bestimmung von PM10, ausgewählter Metalle in PM10 sowie einer Vielzahl an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen inkl. Reten als Indikator für die Nadelholzverbrennung durchgeführt [7]. Hierbei wurde festgestellt, dass die Konzentration des Holzbrandtracers Reten während eines Zeitraums mit kalten Lufttemperaturen um das Doppelte im Vergleich zu einem Zeitraum mit warmen Lufttemperaturen anstieg. Ein kausaler Zusammenhang der gestiegenen Immissionen von Reten als Folge eines potentiell verstärkten Betriebs von Kaminöfen während der kalten Witterung konnte jedoch nicht zweifelsfrei belegt werden.

3 Ortsbeschreibung

Der Stadtteil Bremen Findorff befindet sich nördlich des Bremer Stadtzentrums (Abbildung 1) und ist mit ca. 4,25 km² und ca. 26000 Einwohnern [8]) ein belebtes Wohngebiet. Bremen Findorff erstreckt sich maximal ca. 4 km in Nord-Süd-Richtung und maximal ca. 2 km in Ost-West-Richtung. Das Zentrum von Findorff ist überwiegend durch kleine mehrstöckige Reihenhäuser geprägt und zeichnet sich durch enge Straßen aus. Im nördlichen Teil von Findorff ist die Bebauung weniger dicht und besteht überwiegend aus freistehenden Einzelhäusern. Für Bremen Findorff wird eine hohe Dichte von privaten Holzfeuerungsanlagen angenommen. Eine Eisenbahntrasse verläuft in Ost-Westrichtung durch Findorff und trennt den nördlichen Teil vom dichter besiedelten Zentrum ab. Bremen Findorff ist über die Bundesstraße 6 an das (über)regionale Verkehrsnetz angeschlossen. Im Osten von Findorff befindet

sich mit dem Bürgerpark und dem Stadtwald direkt anschließend eine ausgedehnte Grünfläche. Im Süden befinden sich das Messegelände und der Bremer Hauptbahnhof. Westlich schließen weitere Wohngebiete an. Im Norden von Findorff liegen abgetrennt durch die Bundesautobahn 27 landwirtschaftlich genutzte Flächen.

In der Region Bremen ist das Klima gemäßigt warm. Im Mittel gibt es das ganze Jahr über deutliche Niederschläge mit einem Maximum im Sommer. Selbst der trockenste Monat weist noch hohe Niederschlagsmengen auf. Die Klassifikation des Klimas nach Köppen und Geiger ist Cfb [9]. Die Jahresdurchschnittstemperatur und der durchschnittliche summierte Jahresniederschlag werden im betrachteten zwölfmonatigen Untersuchungszeitraum mit 9,9°C und 612 mm angegeben [10]. Die vorherrschende Windrichtung ist Südwest mit einem sekundären Windmaximum aus Südost [11].

4 **Messstrategie**

Das Ziel der Untersuchungen war die Beurteilung der Immissionssituation in dem Bremer Stadtteil Findorff in Bezug auf den potentiellen Einfluss von (Holzbrand durch) Kaminöfen. Der durch die Auftraggeberin ausgewählte Messpunkt liegt auf dem Dach einer Trafostation in der Wopsweder Straße. An dem Messpunkt sollte täglich Schwebstaub PM10 bestimmt werden. Das Messkonzept sah vor, Mischproben bestehend aus je zwei Filtern von zwei aufeinanderfolgenden Tagen auf die Anhydrozucker Levoglucosan, Mannosan und Galactosan zu untersuchen, um Werte unterhalb der Bestimmungsgrenzen in den Sommermonaten möglichst zu vermeiden.

4.1 **Messgebiet**

Lage und Ausdehnung

Das betrachtete Messgebiet liegt nördlich des Bremer Stadtzentrums und umfasst den Stadtteil Bremen Findorff (Abbildung 1). Der Stadtteil Bremen-Findorff dehnt sich über ca. 4,25 km² aus [8].

4.2 **Messorte**

Festlegung der Messorte

Der Messort wurde von der Auftraggeberin festgelegt.

Anzahl und Lage

Der Messpunkt befand sich auf dem Dach einer Trafostation in der Wopsweder Straße. Der Grund für den erhöhten Messpunkt liegt in der Gewährleistung einer durch äußerliche Einflüsse (z.B. Vandalismus) geschützten Probenahme. In der nachfolgenden Tabelle 2 und in den Abbildungen 1 und 2 ist der Beurteilungspunkt zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 2 Messorte

Bezeichnung	Bezeichnung, Lage	Koordinaten (Grad Minuten)	Parameter
MP 1	Wopsweder Straße, Bremen Findorff	53.0926 °N, 8.8067 °E	PM10 Levoglucosan, Mannosan und Galactosan in PM10

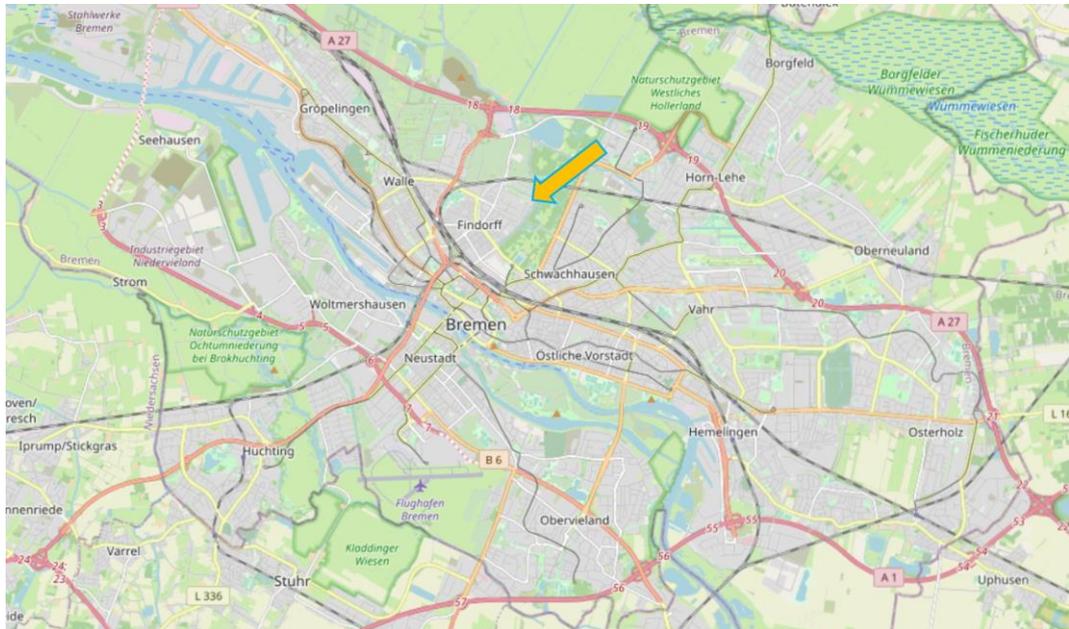


Abbildung 1 Lage des Beurteilungsgebiets (Bremen Findorff)

Quelle der Karte: OpenStreetMap [12]

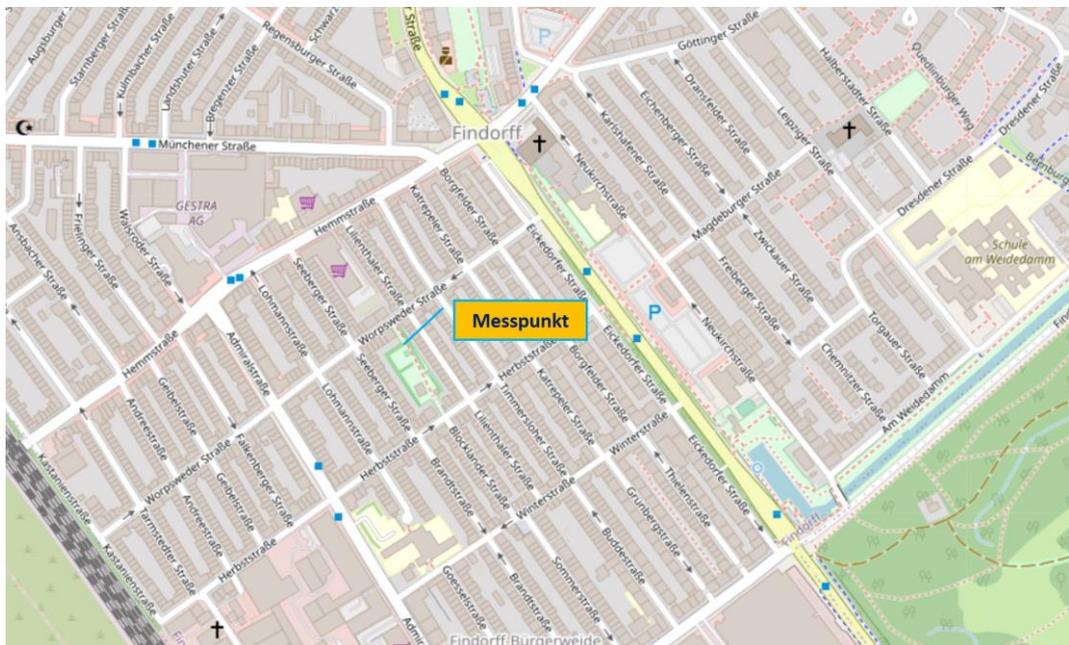


Abbildung 2 Nähere Umgebung des Messpunktes in der Worpweder Straße (Bremen Findorff)

Quelle der Karte: OpenStreetMap [12]

Standortbeschreibung

Der Stadtteil Bremen Findorff befindet sich nördlich des Bremer Stadtzentrums (Abbildung 1) und ist mit ca. 4,25 km² und ca. 26000 Einwohner [8]) ein belebtes Wohngebiet. Das Zentrum von Findorff ist überwiegend durch kleine mehrstöckige Reihenhäuser geprägt und zeichnet sich durch enge Straßen aus. In diesem Teil von Findorff befindet sich der Messpunkt in der Wopsweder Straße. Im nördlichen Teil von Findorff ist die Bebauung weniger dicht und besteht überwiegend aus freistehenden Einzelhäusern. Eine Eisenbahntrasse trennt den nördlichen Teil vom dichter besiedelten Zentrum. Bremen Findorff ist über die Bundesstraße 6 an das (über)regionale Verkehrsnetz angeschlossen. Im Osten von Findorff befindet sich mit dem Bürgerpark und dem Stadtwald direkt anschließend eine ausgedehnte Grünfläche. Im Süden befinden sich das Messegelände und der Bremer Hauptbahnhof. Westlich schließen weitere Wohngebiete an. Im Norden von Findorff liegen abgetrennt durch die Bundesautobahn 27 landwirtschaftlich genutzte Flächen.

Abstand zu relevanten Quellen

Emissionsquellen für Schwebstaub sind mit dem Straßen- und Bahnverkehr assoziiert sowie mit dem Betrieb von Kleinfeuerungsanlagen. Für Bremen Findorff wird eine hohe Dichte von privaten Holzfeuerungsanlagen angenommen, was zu einer deutlichen Emission von Schwebstaub führen kann. Des Weiteren sind die nördlich gelegenen landwirtschaftlich genutzten Flächen mit den typischen Emissionen insbesondere während der Erntezeit assoziiert.

Die Anhydrozucker im Feinstaub werden bei der unvollständigen Verbrennung von Zellulose und Hemizellulose gebildet. Biomasse-Verbrennung ist die einzige Quelle für Levoglucosan. Neben der Verbrennung von Holz in Kaminöfen kommen als Quellen für Levoglucosan auch die Verbrennung von Braunkohle in Kleinfeuerungsanlagen oder die Verbrennung von Gartenabfällen in Frage. Über die Verhältnisse von Mannosan und Galactosan zu Levoglucosan im Feinstaub sind verschiedene Quellen zum Teil differenzierbar.

Angabe der Nutzungsstrukturen

Die Nutzungsstrukturen sind unter den Punkten Orts- bzw. Standortbeschreibung beschrieben.

4.3 Messzeitraum

Die Messungen sollten einen Zeitraum von 12 Monaten abdecken. Mit den Immissionsmessungen wurde am 01.01.2021 begonnen. Die Messungen wurden am 31.12.2021 beendet.

Der hier vorliegende Messbericht behandelt den vollständigen 12monatigen Messzeitraum. Die Messwerte sind im Anhang 1 aufgeführt.

Besondere Vorkommnisse

Schwebstaub PM10

- Der Filter vom 06.08.2021 war nach der Probenahme beschädigt und konnte gravimetrisch nicht ausgewertet werden.

Anhydrozucker in PM10

- Die Mischprobe zur Bestimmung der Anhydrozucker vom 05.08.2021 und 06.08.2021 enthielt aufgrund der Beschädigung des Filters vom 06.08.2021 nur den Filter vom 05.08.2021
- In 7 Zweitagesmischproben im Monat Januar konnte Galactosan aus laboranalytischen Gründen nicht ausgewertet werden

4.4 Messzeiten

Durch die Auftraggeberin wurde eine zeitlich fortlaufende Messung der Parameter für den oben beschriebenen Messzeitraum durchgeführt.

Zeitliche Auflösung der Messungen

Die Bestimmung des Schwebstaubes PM10 erfolgte für jeden Kalendertag.

Die Bestimmung der Anhydrozucker in PM10 erfolgte aus Mischproben von je zwei aufeinanderfolgenden Kalendertagen.

4.5 Datenverfügbarkeit

Es wurde eine quasikontinuierliche Messung von allen Parametern durchgehend über den betrachteten Messzeitraum durchgeführt. Die Datenverfügbarkeit 99,7%. Die Mindestdatenerfassung von 90% wird für alle Messpunkte im Untersuchungszeitraum sicher erreicht.

4.6 Messtechnik

Eine Übersicht über die zur Anwendung gekommenen Messverfahren und deren zugrundeliegenden Technischen Regeln gibt Tabelle 3.

Tabelle 3: Messtechnik

Messkomponente	Messverfahren	Technische Regel	Akkreditierung vorhanden
Schwebstaub PM10	Probenahme mittels Kleinfiltergerät durch die Auftraggeberin Gravimetrische Bestimmung der Staubmasse durch den Auftragnehmer	DIN EN 12341 (2014-08) [5]	Ja; DIN EN ISO/IEC 17025 [6]
Anhydrozucker in PM10	Ionenchromatographisch mit amperometrischer Detektion nach Elution der Filter	VDI 2444 (2020-03) [13]	nein

Messverfahren / Analyseverfahren

Die Probenahme zur Bestimmung von PM10 wurde durch die Auftraggeberin durchgeführt. Zur Probenahme zur Bestimmung von PM10 wurden Staubsammelgeräte der Firma Derenda eingesetzt, welche mit einem automatischen Filterwechselsystem ausgestattet sind. Die Probenahmen fanden täglich jeweils von 0:00 bis 24:00 Uhr bei einem Volumenstrom von 2,3 m³/h statt. Die Messgeräte wurden zweimal monatlich mit unbelegten Filtern neu bestückt, sowie die belegten Filter zum Labor transportiert.

Für die gravimetrischen Untersuchungen wurden Glasfaserfilter verwendet. Die Massenbestimmung (Gravimetrie) erfolgte durch den Auftragnehmer in einem klimatisierten Wägereum, der die Temperatur auf (20±1) °C, sowie die Luftfeuchte auf 45-50 % konstant hält. Für die gesamte Vorgehensweise wird die DIN EN 12341 [5] zu Grunde gelegt.

Tabelle 4: Typische Verfahrenskenndaten für die Bestimmung von Schwebstaub PM10

Parameter	Methode	Nachweisgrenze	Erweiterte Messunsicherheit
Schwebstaub PM10	Gravimetrie	ca. 2 mg/(m ² •d)	4 µg/m ³

* NWG basiert auf der Wägung von Referenzleerfiltern

** rel. erweiterte Messunsicherheit (95% Vertrauensintervall) aus dem Anwendungsbereich (nach EN ISO 20988 [14])

Die Bestimmung der Anhydrozucker erfolgte in Mischproben bestehend aus jeweils 2 Filtern (d.h. nach 2 x 24 stündiger Probenahme). Die Bestimmung der Anhydrozucker (Levoglucosan, Mannosan und Galactosan) erfolgt gemäß VDI 4222 [13] nach Elution der Filter mit demineralisiertem Wasser im Ultraschallbad ionenchromatographisch mit amperometrischer Detektion.

Tabelle 5: Typische Nachweisgrenzen und Messunsicherheiten der Inhaltsstoffbestimmung im Schwebstaub PM10

Element im Staubbiederschlag	Methode	Nachweisgrenze	Erweiterte Messunsicherheit
Levoglucosan	IC	0,001 µg/m ³	24 %
Mannosan	IC	0,001 µg/m ³	24 %
Galactosan	IC	0,002 µg/m ³	24 %

Rahmenbedingungen für den Einsatz der Messverfahren

Die Probenahme fand durch die Auftraggeberin statt, welcher durch den Auftragnehmer mit dem Filtermaterial ausgestattet wurde.

Infrastruktur

entfällt

Erfassung und Archivierung der Messdaten

Die Gerätedaten wurden von der Auftraggeberin an den Auftragnehmer übermittelt. Die Analysenergebnisse wurden von der ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. mit Hilfe von Protokollen gemäß den jeweiligen Standardarbeitsanweisungen erfasst. Sämtliche Ergebnisse wurden elektronisch gespeichert und werden für mindestens fünf Jahre aufbewahrt. Die auf Papier dokumentierten Probenahmedaten und die Projektunterlagen werden ebenfalls über einen Zeitraum von mindestens fünf Jahren archiviert.

Qualitätssichernde Maßnahmen

Siehe hierzu auch Punkt 1.2 „Administrative Anforderungen“ und Punkt 1.5 „Akkreditierung / QM-System“.

Die zum Einsatz gebrachten Verfahren sind, sofern nicht anders angegeben, Bestandteil der DIN EN ISO/IEC 17025 [6] Akkreditierung und unterliegen damit einer laufenden Qualitätssicherung. Für die Analytik der Anhydrozucker wurden alle qualitätssichernden Maßnahmen berücksichtigt, die auch für eine Akkreditierung notwendig sind.

Auffällige Analysenergebnisse wurden stets doppelt geprüft und wenn nötig durch Nachmessung bestätigt.

5 Auswertung

5.1 Messwertverarbeitung

Behandlung von Messausfällen

Sofern Messausfälle festgestellt wurden, wurden diese kenntlich gemacht und beschrieben, ob und wie diese in die Kenngrößenbildung Eingang finden. Die Messausfälle wurden als Datenlücken gewertet. Sie wurden nicht mit Schätzwerten ersetzt.

Siehe hierzu Punkt 4.3 „Besondere Vorkommnisse“.

Behandlung von Ausreißern

Sofern Ausreißer festgestellt werden, werden diese kenntlich gemacht und beschrieben, ob und wie diese in die Kenngrößenbildung Eingang finden. Im Regelfall werden Ausreißer nicht in die Kenngrößenbildung einbezogen.

Im Messzeitraum wurden keine Ausreißer beobachtet, die nicht erklärbar sind (z.B. durch Feuerwerk an Silvester/ Neujahr). Alle validen Daten wurden in die Kenngrößenermittlung mit einbezogen.

Behandlung von Messwerten unterhalb der Nachweisgrenze

Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) wurden mit dem halben Betrag der Nachweisgrenze in die Kenngrößenberechnung mit einbezogen.

Behandlung von Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze

Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) wurden mit dem halben Betrag der Bestimmungsgrenze in die Kenngrößenberechnung mit einbezogen.

Bildung der Kenngrößen

Allgemein

Die Bildung der Kenngrößen zur Immissionsbelastung erfolgte unter Berücksichtigung der Vorgaben der TA Luft [4] sowie der 39. BImSchV [3] und basiert auf den Rechenvorschriften der VDI 4280 Blatt 1 Anhang D [15].

Im Rahmen der Aufgabenstellung wird für diesen Bericht zur Kenngrößenbildung die Rechenvorschrift für den arithmetischen Mittelwert benötigt (Formel D2 der VDI 4280 Blatt 1 [15]):

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C(i)$$

Legende: \bar{A} = arithmetischer Mittelwert

n = Anzahl der Werte

C (i) = Messwerte, alle Messwerte weisen eine gemeinsame Integrationszeit auf

Abschätzung der von Holzverbrennung verursachten PM10-Konzentration in der Außenluft

Die Abschätzung des Anteils von PM10, der aus der Verbrennung von Holz resultiert, kann über die Konzentration von Levoglucosan abgeschätzt werden. Dabei wird die Konzentration von Levoglucosan mit einem sogenannten Konversionsfaktor (F_{LG}) multipliziert. Dieser wurde in mehreren Studien für Regionen in Deutschland abgeleitet und kann sowohl zeitlich als auch regional unterschiedlich ausfallen [16]. Im aktuellen Vorhaben wird der von Pfeffer et al. [16] für Nordrhein-Westfalen publizierte Konversionsfaktor von 13 für die Abschätzung des Anteils der Holzverbrennung an PM10 verwendet.

$$PM10_{Holz}(LG) = C_{LG} \cdot F_{LG}$$

Legende: $PM10_{Holz}(LG)$ = PM10-Konzentration aus der Holzfeuerung aus der Abschätzung über Levoglucosan (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

C_{LG} Konzentration von Levoglucosan (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

F_{LG} Konversionsfaktor; hier 13 (Pfeffer et al. 2013 [16])

5.2 Messergebnisse

Eine vollständige Darstellung aller Messwtergebnisse ist im Anhang A2 des Messberichtes zu finden. Im Folgenden sind die Messergebnisse je Stoff bzw. Stoffgruppe in Form von Kenngrößen für den Untersuchungszeitraum Januar 2021 bis Dezember 2021 und jeden Messpunkt dargestellt.

Messergebnisse Schwebstaub PM10

Tabelle 6: Jahresmittelwerte der PM10 Messungen am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

Schwebstaub PM10	Messpunkt Worpsweder Str.
Jahresmittelwert ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14,2
Höchster 24h-Mittelwert ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	57,6
Anzahl der 24h-Mittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1
Anzahl Tage im Messzeitraum	365
Anzahl gültiger Messwerte	364
Datenverfügbarkeit (%)	99,7

PM10 Konzentrationen im Messzeitraum

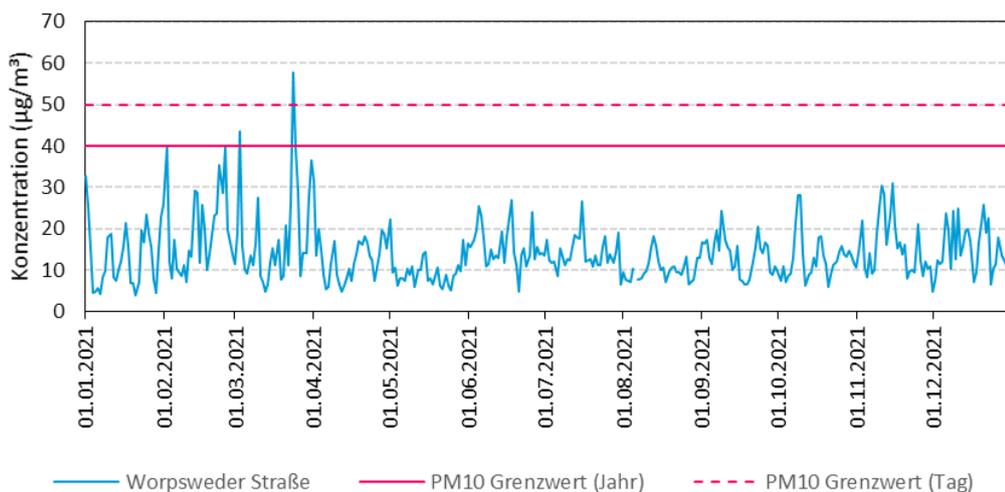


Abbildung 3 PM10-Konzentrationsverlauf am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

Inhaltsstoffe im Schwebstaub PM10

Tabelle 7: Jahresmittelwerte der Inhaltsstoffe im PM10 am Messpunkt Worpweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

Schwebstaub PM10	Messpunkt Worpweder Str.
Levoglucosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,103
Mannosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,018
Galactosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,006
Abgeleiteter Anteil PM10 aus der Holzverbrennung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,3
Abgeleiteter Anteil PM10 aus der Holzverbrennung (%)	9,7

5.3 Ermittlung der Messunsicherheit

Neben dem ermittelten Wert der Messgröße ist es erforderlich eine Aussage über die Qualität des Ergebnisses zu machen. Hier gilt es zu beachten, dass der Wert der betrachteten Messgröße grundsätzlich nicht genau bestimmt werden kann. Das Ergebnis der Messung ist stets eine Schätzung für den wahren Wert, welcher grundsätzlich unbestimmbar bleibt. Aus diesem Grund ist eine Aussage über die Messunsicherheit zu machen, d.h. eine Angabe über die Wahrscheinlichkeit, dass das Ergebnis der Messung mit dem "wahren" Wert übereinstimmt.

Die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co hat für die zur Verwendung gekommenen Messverfahren entsprechende Messunsicherheitsbeiträge ermittelt. Diese wurden auf der Basis der DIN EN ISO 20988 [14] "Luftbeschaffenheit – Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit" und den dort aufgeführten normativen Verweisungen bestimmt, sofern nicht anders angegeben.

Konkrete Angaben zu den Messunsicherheiten der hier angewendeten Messverfahren finden sich im Abschnitt 4.6 dieses Berichtes.

6 Beurteilung der Luftqualität und Diskussion

Nachfolgend erfolgt eine Diskussion und Bewertung der ermittelten Daten. Die Auswertungen wurden nach den Kriterien der 39. BImSchV [3] und der TA Luft [4] durchgeführt. Bei der Beurteilung ist zu berücksichtigen, dass die Bewertungsmaßstäbe sich – sofern nicht anders angegeben - auf einen Jahreszeitraum beziehen.

Die Auswahl der Bewertungsmaßstäbe ist im Kapitel 1.2 dargestellt, hier werden diese der Übersichtlichkeit halber im Rahmen der Beurteilung nochmal kurz angeben.

6.1 Meteorologie im Messzeitraum

Die Stadt Bremen liegt in der norddeutschen Tiefebene im Einflussbereich der Nordsee und befindet sich in der gemäßigten Klimazone Mitteleuropas. Im Folgenden werden ausgewählte meteorologische Parameter mit der Referenzperiode 1981-2010 verglichen. Die meteorologischen Vergleichsdaten wurden dem Deutschen Wetterdienst [10] entnommen:

Station *Bremen* (DWD Code 691): in Bremen gelegene meteorologische Messstation des Deutschen Wetterdienstes für die Klimadaten.

Die Temperatur im betrachteten Messzeitraum Januar 2021 bis Dezember 2021 lag mit durchschnittlich 9,9 °C nahe dem Wert von 9,4 °C, der aus der 30jährigen Referenzperiode (1981-2010) ermittelt wurde. Die Niederschlagsmenge [10] ist im Messzeitraum ca. 12 % geringer ausgefallen als der Mittelwert der 30jährigen Referenzperiode. Besonders die Monate September und November 2021 weisen deutliche Niederschlagsdefizite auf.

Der klimatische Jahresverlauf im Messzeitraum und gemittelt über eine Vergleichsperiode von 30 Jahren, ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.

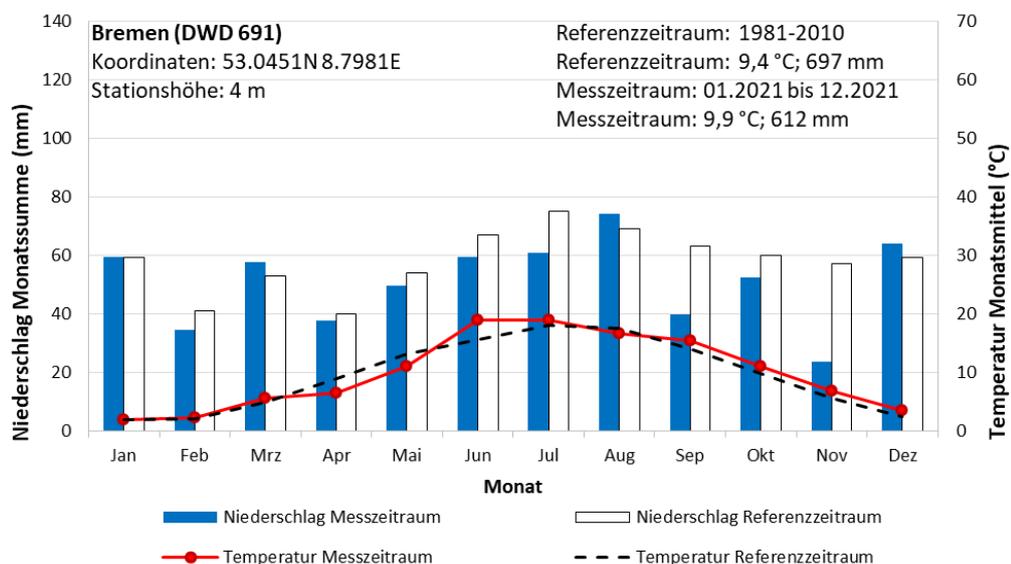


Abbildung 4: Niederschlagssumme (mm) und Temperatur (°C) während des betrachteten Messzeitraumes an der Station Bremen (DWD Code 691) im Vergleich zum langjährigen Mittel

Schwarze Linie: Temperatur im Referenzzeitraum, ungefärbte Balkendarstellung: Niederschlag im Referenzzeitraum, rote Linie: Temperatur im betrachteten Messzeitraum, blaue Balkendarstellung: Niederschlag im betrachteten Messzeitraum, eigene Grafik, Quelle der Daten: DWD [10]

Die Windverhältnisse im betrachteten Messzeitraum Januar 2021 bis Dezember 2021 sind in der folgenden Abbildung 5 wiedergegeben. Die Windverhältnisse in den einzelnen Monaten des Messzeitraumes sind im Anhang A4 aufgeführt. Überwiegend wurden Winde aus den westlichen Richtungen registriert. Die Windverhältnisse im Untersuchungszeitraum unterscheiden sich nur unwesentlich von einer an derselben Messstation ermittelten 5-jährigen (2016 bis 2020) Vergleichsperiode (Abbildung 6).

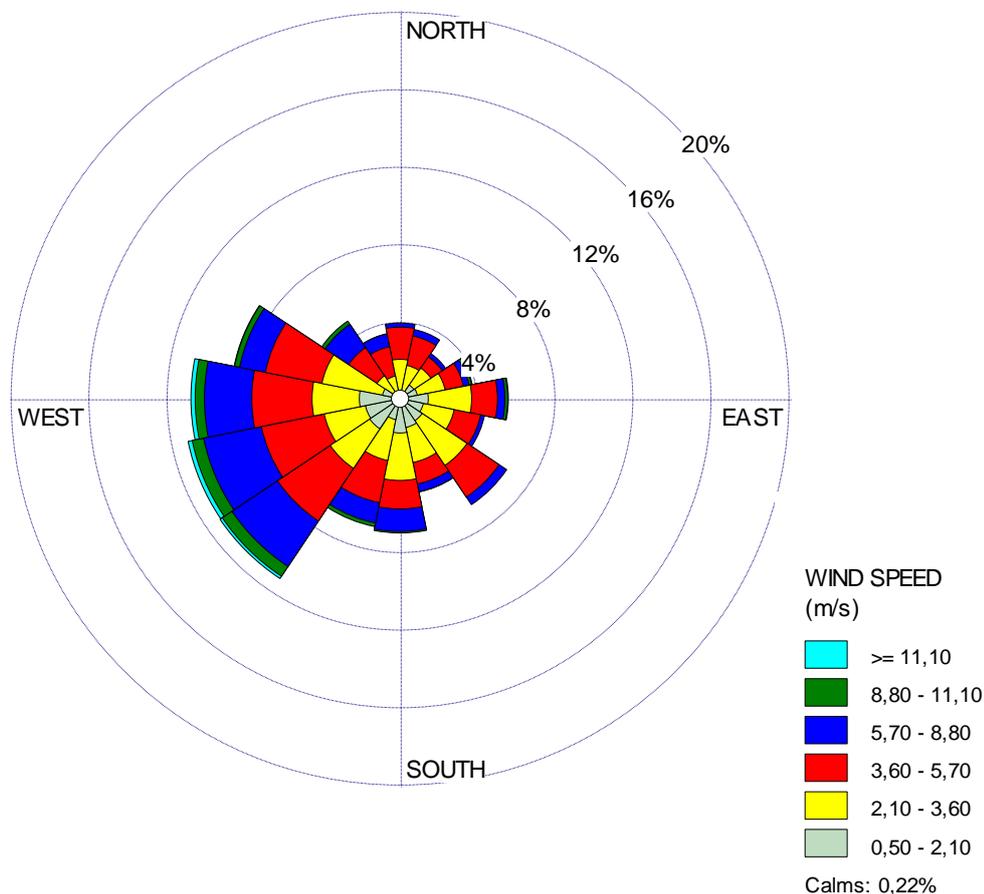


Abbildung 5: Windgeschwindigkeit und Windrichtung im Messzeitraum Januar 2021 bis Dezember 2021

Quelle der Daten: DWD-Messstation Bremen (Code: 691). Die vektorielle Windstatistik wurde berechnet und visualisiert mit WRPLOT View (Version 8.0.2, Lakes Environmental Software, Waterloo, CAN)

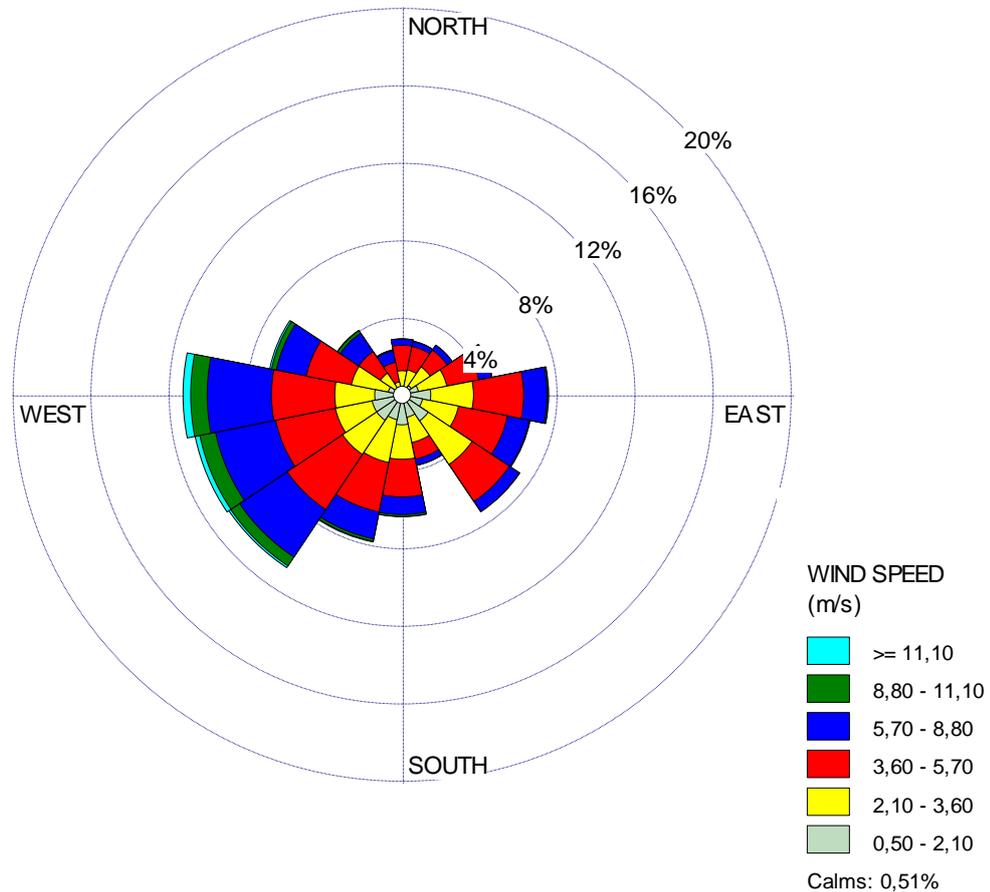


Abbildung 6: Windgeschwindigkeit und Windrichtung im Referenzzeitraum 1981 bis 2010
Quelle der Daten: DWD-Messstation Bremen (Code: 691). Die vektorielle Windstatistik wurde berechnet und visualisiert mit WRPLOT View (Version 8.0.2, Lakes Environmental Software, Waterloo, CAN)

6.2 Stoffe und Stoffgruppen

6.2.1 Ergebnisse Schwebstaub PM10

Für den Parameter Schwebstaub PM10 sind in der 39. BImSchV [3] sowie TA Luft [4] Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit angegeben. Demnach darf die Gesamtbelastung für Schwebstaub PM10, gemittelt über 1 Jahr, an keinem Beurteilungspunkt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten. Als weiteres Beurteilungskriterium nennt sowohl die 39. BImSchV [3] als auch die TA Luft [4] die Überschreitungshäufigkeit des Immissionswertes für die 24-stündige Immissionsbelastung von PM10. Es dürfen demnach maximal 35 Tageswerte innerhalb eines Jahres einen Wert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten.

In der folgenden Tabelle sind die nach TA Luft [4] Nr. 4.6.3 ermittelten Immissions-Kenngrößen für den Parameter Schwebstaub PM10 an dem Beurteilungspunkt dargestellt. Es zeigt sich, dass der Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der 39. BImSchV [3] sowie der TA Luft [4] bezüglich Schwebstaub PM10 im betrachteten Untersuchungszeitraum mit 36 % des Immissionswertes unterschritten wird.

Die Anzahl der Überschreitungstage liegt mit 1 Tag (24.03.2021) im Beurteilungszeitraum unterhalb der nach 39. BImSchV [3] TA Luft [4] zulässigen 35 Überschreitungen im Jahr. Dieser Anstieg der Schwebstaubkonzentrationen ist in der Regel großflächig zu beobachten und wurde auch an anderen Landesmessstationen gemessen (Abbildung 8).

Der zeitliche Verlauf der Einzelwerte (Abbildungen 3 und 8, Anhang A2) zeigt einen überwiegend gleichförmigen Verlauf im mit PM10-Konzentrationen, die meist unterhalb von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen mit etwas größeren Schwankungen im Frühjahr 2021. In dieser Zeit liegt auch der einzige Wert, der den Tagesimmissionswert überschreitet.

Die Bundesländer Bremen (10 Stationen) [17] und Niedersachsen (29 Stationen) [18] geben für Ihre Messstationen im Jahr 2021 mittlere PM10-Konzentrationen von 8 bis $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an. Die Stationen liegen dabei sowohl im ländlichen und städtischen Hintergrund als auch an industriellen oder verkehrsbezogenen Orten. Beispielhaft ist der zeitliche Verlauf der PM10-Konzentrationen in der Worsweder Straße Werten ausgewählter Messstationen in Bremen bzw. Bremerhaven in Abbildung 8 gegenübergestellt.

Von Oktober 2009 bis März 2010 wurde am gleichen Messpunkt eine mittlere PM10 Konzentration von $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei einem maximalen Wert von $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und 14 Tagen mit Überschreitungen des 24h-Mittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt [7].

Tabelle 8: Schwebstaubkonzentration PM10 am Messpunkt Worsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen bzw. Anzahl Überschreitungen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
TA Luft 4.2.1 [4]	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Jahresmittelwert	MP 1	$14,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	36%	Das Beurteilungskriterium wird für den Beurteilungszeitraum unterschritten .
	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 24h-Mittelwert (max. 35 Überschreitungen / Jahr)	MP 1	1		Die zulässigen 35 Überschreitungen im Jahr werden im Beurteilungszeitraum unterschritten .

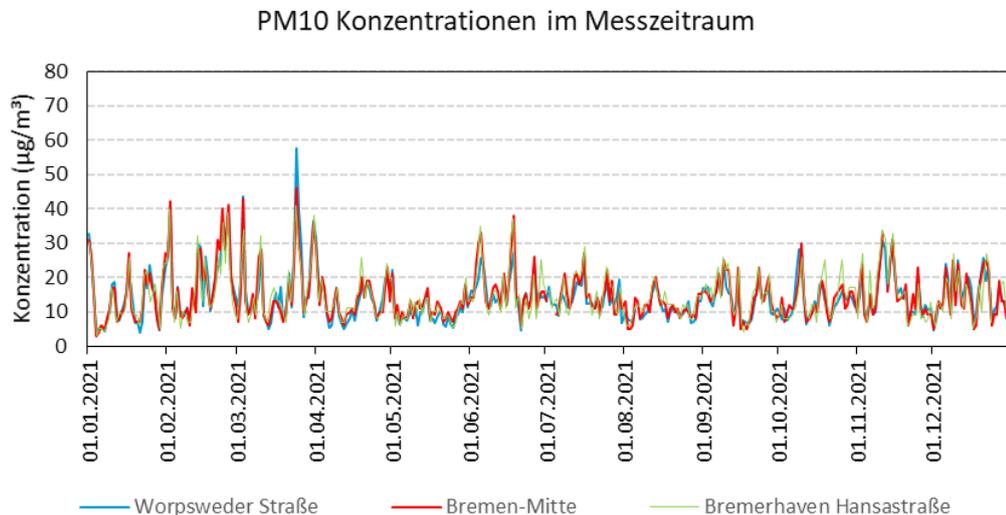


Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf der PM10-Konzentrationen am Messpunkt Worsweder Straße, Bremen Findorff im Vergleich zu Messwerten der Messstationen Bremen-Mitte und Bremerhaven Hansastraße des Luftmessnetzes Bremen Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

6.2.2 Ergebnisse Anhydrozucker im Schwebstaub PM10

Für Anhydrozucker sind weder in der 39. BImSchV [3] noch TA Luft [4] Beurteilungskriterien aufgeführt. Daher werden hier Vergleichswerte zur Einschätzung der Belastung verwendet. Aus den Messwerten wird wie in Abschnitt 5.1 beschrieben der Anteil von PM10, der aus der Verbrennung von Holz resultiert, abgeschätzt. Dies wird im Anschluss an die Einzeldarstellungen der Anhydrozucker diskutiert.

Die wichtigsten Biopolymere in Holz sind Zellulose (40-50 %) und Hemizellulose (25-35 %) [19]. Die Anhydrozucker im Feinstaub werden bei der unvollständigen Verbrennung von Zellulose und Hemizellulose bei Temperaturen über 300 °C gebildet. Dazu gehören Levoglucosan (1,6-Anhydro-β-D-glucopyranose, LG), Mannosan (1,6-Anhydro-β-D-Mannopyranose) und Galactosan (1,6-Anhydro-β-D-Galactopyranose), die zur Quellenidentifizierung genutzt werden können. Biomasseverbrennung gilt als die einzige Quelle für Levoglucosan. Neben der Verbrennung von Holz in Kaminöfen kommen als Quellen für Levoglucosan auch die Verbrennung von Braunkohle in Kleinf Feuerungsanlagen oder die Verbrennung von Gartenabfällen in Frage. Über die Verhältnisse von Mannosan und Galactosan zu Levoglucosan im Feinstaub sind verschiedene Quellen zum Teil differenzierbar, worauf im Folgenden ggf. eingegangen wird.

Levoglucosan

Abbildung 9 zeigt die Konzentrationen von Levoglucosan in Zweitagesmischproben im Untersuchungszeitraum im Vergleich zu PM10. Im Jahresmittel liegt die Konzentration von Levoglucosan bei 0,10 µg/m³. Minimal lagen die Levoglucosan-Konzentrationen bei gerundet 0,01 µg/m³, maximal bei 0,73 µg/m³. Im Jahresverlauf sind deutlich höhere Werte im Winter als im Sommer zu beobachten. Höchste Werte werden über die Weihnachtsfeiertage 2021 (0,73 µg/m³) sowie an Neujahr 2021 (0,47 µg/m³) erreicht. Ein Zusammenhang zu den PM10-Konzentrationen ist nicht offensichtlich. In den Mischproben, die die Tage des Wochenendes enthalten (Freitag + Samstag, Samstag + Sonntag, Sonntag + Montag) sind die

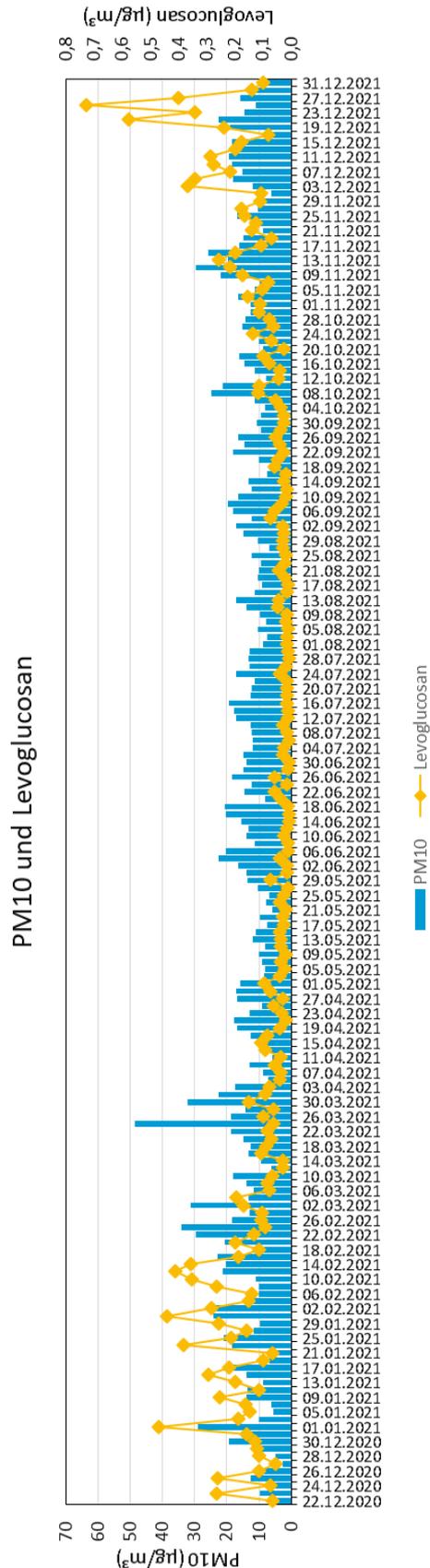


Abbildung 9:
Zeitlicher Verlauf der der Konzentrationen von Levoglucosan in Zweitagesmischproben am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen im Vergleich zu mittleren Zweitages-PM10-Konzentrationen
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

mittleren Konzentrationen von Levoglucosan höher als in den Proben, die keine Wochenendtage (Montag + Dienstag, Dienstag + Mittwoch, Mittwoch + Donnerstag, Donnerstag + Freitag) enthalten ($0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs. $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$), wobei der Unterschied statistisch nicht signifikant ist. Werden die Konzentrationen der Zweitagesmischproben zu Monatsmittelwerten aggregiert, zeigt sich ein saisonaler Verlauf mit höheren Werten im Winter als im Sommer (Abbildung 10).

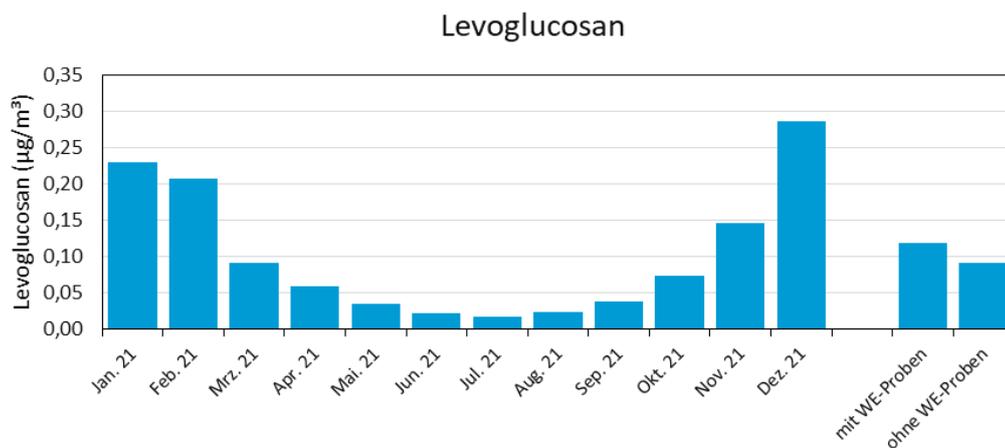


Abbildung 10: Monatsmittelwerte der Konzentrationen von Levoglucosan sowie Mittelwerte der Proben mit und ohne Probenahmen an Wochenenden am Messpunkt Wopsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

Die Konzentrationen von Levoglucosan werden nicht nur durch die Intensität der Heizaktivität, erkennbar an der Saisonalität des Konzentrationsverlaufs, beeinflusst, sondern auch durch meteorologische Bedingungen während der Messungen oder topographische Bedingungen des Messgebietes. Dies muss beim Vergleich der Werte (Tabelle 9) berücksichtigt werden. Das Jahresmittel der in Bremen Findorff ermittelten Levoglucosan-Konzentrationen ist geringer als der Mittelwert der Levoglucosan-Konzentrationen aus Thalheim/Erzgeb. (Mittelwert $0,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $0,04$ bis $0,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Zeitraum Oktober 2018 bis April 2019 [20]), einer durch eine hohe Dichte von Holzfeuerungsanlagen gekennzeichnete Gemeinde in Sachsen. In Thalheim/Erzgeb. wurden nur Wochenendtage in der kalten Jahreszeit beprobt, d.h. der Untersuchungszeitraum umfasste eher Perioden mit hohen Konzentrationen während geringe Werte in der Sommerzeit nicht im Mittelwert abgebildet sind. Die Maximalkonzentrationen von Levoglucosan in Bremen Findorff und Thalheim/Erzgeb. sind ähnlich hoch. Ein in Thalheim/Erzgeb. festgestellter, durch ein im Rahmen von Brauchtum durchgeführtes öffentliches Feuerereignis („Hexenfeuer“) verursachter Extremwert ($6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde in Bremen Findorff nicht beobachtet. Messwerte im Hintergrund von Deutschland fallen geringer aus und liegen im Bereich von $0,001$ bis $0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit einem Mittelwert von $0,05$ (Waldhof, Zeitraum Juli 2018 bis Juli 2019) [21]. Im ländlichen Raum in Sachsen wurden bis $1,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit einem Jahresmittelwert von $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Messstation Melpitz, Zeitraum November 2018 bis Oktober 2019) bestimmt [22]. Das Land Nordrhein-Westfalen gibt für den städtischen Hintergrund in Bielefeld im Mittel für das Jahr 2021 $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,01$ bis $1,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und für den ländlichen stadtnahen Hintergrund in Soest im Jahresmittel $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,001$ bis $0,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$) an [23].

Tabelle 9: Konzentration von Levoglucosan am Messpunkt Worsweder Straße, Bremen Findorff im Vergleich zu ausgewählten Standorten

Levo-glucosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Worsweder Str., Bremen (städtisch*) 01/21-12/21	Thalheim, Sachsen [20] (ländlich*) 10/18-04/19	Melpitz, Sachsen [22] (ländlich) 11/18-10/19	Bielefeld, NRW [23] (städtisch) 01/21-12/21	UBA Station Waldhof [21] (Hintergrund) 07/18-07/19
Mittelwert	0,10	0,24	0,09	0,17	0,05
Minimum	0,01	0,04	0	0,01	0,001
Maximum	0,73	0,84	1,04	1,15	0,41

* (Vermutlich) viel Holzfeuerung im Messgebiet

Mannosan

Abbildung 11 zeigt die Konzentrationen von Mannosan in Zweitagesmischproben im Untersuchungszeitraum im Vergleich zu PM10. Im Jahresmittel liegt die Konzentration von Mannosan bei $0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Minimal lagen die Mannosan-Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze von $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maximal bei $0,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Jahresverlauf sind deutlich höhere Werte im Winter als im Sommer zu beobachten. Der höchste Wert (s.o.) wird in der Mischprobe 31.01.2021+01.02.2021 erreicht, findet sich in gleicher Auffälligkeit jedoch nicht in den Levoglucosan-Konzentrationen. Hohe Werte werden weiterhin Mitte Februar 2021 ($0,08$ und $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$), über die Weihnachtstage 2021 ($0,07$ bis $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sowie an Neujahr 2021 ($0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) erreicht. Ein Zusammenhang zu den PM10-Konzentrationen ist nicht offensichtlich. In den Mischproben, die die Tage des Wochenendes enthalten (Freitag + Samstag, Samstag + Sonntag, Sonntag + Montag) sind die mittleren Konzentrationen von Mannosan höher als in den Proben, die keine Wochenendtage (Montag + Dienstag, Dienstag + Mittwoch, Mittwoch + Donnerstag, Donnerstag + Freitag) enthalten ($0,020 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs. $0,016 \mu\text{g}/\text{m}^3$), wobei der Unterschied statistisch nicht signifikant ist. Werden die Konzentrationen der Zweitagesmischproben zu Monatsmittelwerten aggregiert, zeigt sich ein saisonaler Verlauf mit höheren Werten im Winter als im Sommer, der dem Verlauf der Monatswerte von Levoglucosan sehr ähnlich ist (Abbildung 12).

Die Konzentrationen von Mannosan werden nicht nur durch die Intensität der Heizaktivität, erkennbar an der Saisonalität des Konzentrationsverlaufs, beeinflusst, sondern auch durch meteorologische Bedingungen während der Messungen oder topographische Bedingungen des Messgebietes. Dies muss beim Vergleich der Werte (Tabelle 10) berücksichtigt werden. Im Gegensatz zu Levoglucosan werden Mannosan-Konzentrationen seltener veröffentlicht. Das Jahresmittel der in Bremen Findorff ermittelten Mannosan-Konzentrationen ist geringer als der Mittelwert der Mannosan-Konzentrationen aus Thalheim/Erzgeb. (Mittelwert $0,047 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $0,006$ bis $0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Zeitraum Oktober 2018 bis April 2019 [20]), einer durch eine hohe Dichte von Holzfeuerungsanlagen gekennzeichnete Gemeinde in Sachsen. In Thalheim/Erzgeb. wurden nur Wochenendtage in der kalten Jahreszeit beprobt, d.h. der Untersuchungszeitraum umfasste eher Perioden mit hohen Konzentrationen während geringe Werte in der Sommerzeit nicht im Mittelwert abgebildet sind. Die Maximalkonzentrationen von Mannosan in Bremen Findorff und Thalheim/Erzgeb. sind in der gleichen Größenordnung. Ein in Thalheim/Erzgeb. festgestelltes, durch ein im Rahmen von Brauchtum durchgeführtes öffentliches Feuerereignis („Hexenfeuer“) verursachter Extremwert ($1,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde in Bremen Findorff nicht beobachtet. Im ländlichen Raum in Sachsen wurde Mannosan in Konzentrationen bis $0,233 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit einem Jahresmittelwert von $0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Messstation Melpitz, Zeitraum November 2018 bis Oktober 2019) bestimmt [22]. Das Umweltbundesamt berichtet keine Messwerte für Mannosan für den Hintergrund von Deutschland [21]. Nordrhein-Westfalen veröffentlicht ebenfalls keine Werte für Mannosan [23].

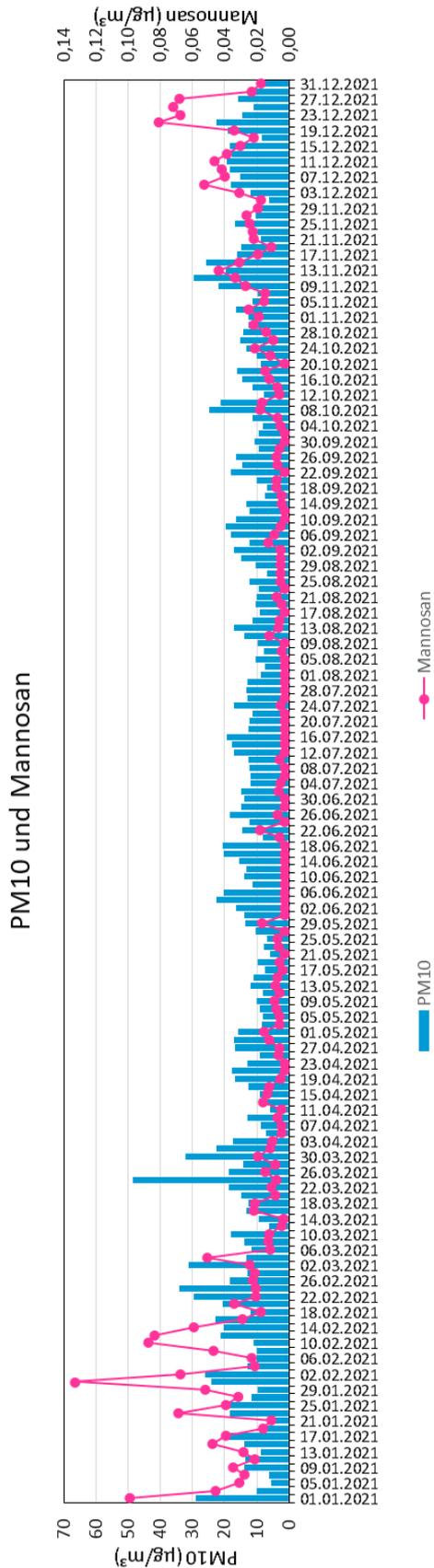


Abbildung 11:
Zeitlicher Verlauf der der Konzentrationen von Mannosan in Zweitagesmischproben am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen im Vergleich zu mittleren Zweitages-PM10-Konzentrationen
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

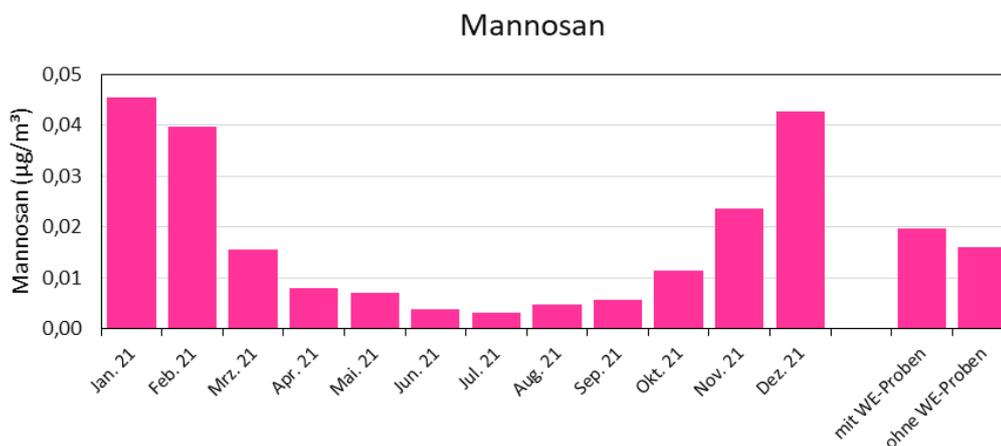


Abbildung 12: Monatsmittelwerte der Konzentrationen von Mannosan sowie Mittelwerte der Proben mit und ohne Probenahmen an Wochenenden am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

Tabelle 10: Konzentration von Mannosan am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff im Vergleich zu ausgewählten Standorten

Mannosan (µg/m³)	Worpsweder Str., Bremen (städtisch*) 01/21-12/21	Thalheim, Sachsen [20] (ländlich*) 10/18-04/19	Melpitz, Sachsen [22] (ländlich) 11/18-10/19	Bielefeld, NRW [23] (städtisch) 01/21-12/21	UBA Station Waldhof [21] (Hintergrund) 07/18-07/19
Mittelwert	0,018	0,047	0,018	-	-
Minimum	< 0,005	0,006	0	-	-
Maximum	0,133	0,190	0,233	-	-

* (Vermutlich) viel Holzfeuerung im Messgebiet

Galactosan

Abbildung 13 zeigt die Konzentrationen von Galactosan in Zweitagesmischproben im Untersuchungszeitraum im Vergleich zu PM10. Galactosan konnte nur im Winter oberhalb von der Bestimmungsgrenze von ca. 0,007 µg/m³ bestimmt werden. Im Jahresmittel liegt die Konzentration von Mannosan bei 0,018 µg/m³. Maximal liegen die Konzentrationen von Galactosan bei 0,023 µg/m³ in der Mischprobe 12.02.2021+13.02.2021. Erhöhte Werte werden weiterhin Ende Januar 2021 und über die Weihnachtstage 2021 erreicht. Ein Zusammenhang zu den PM10-Konzentrationen ist nicht offensichtlich. Die Auswertung mit Bezug zum Wochenendeinfluss ist aufgrund der geringen Quantifizierungshäufigkeit nicht sinnvoll. Werden die Konzentrationen der Zweitagesmischproben zu Monatsmittelwerten aggregiert, zeigt sich ein saisonaler Verlauf mit höheren Werten im Winter als im Sommer, der dem Verlauf der Monatswerte von Levoglucosan und Mannosan prinzipiell ähnelt (Abbildung 14).

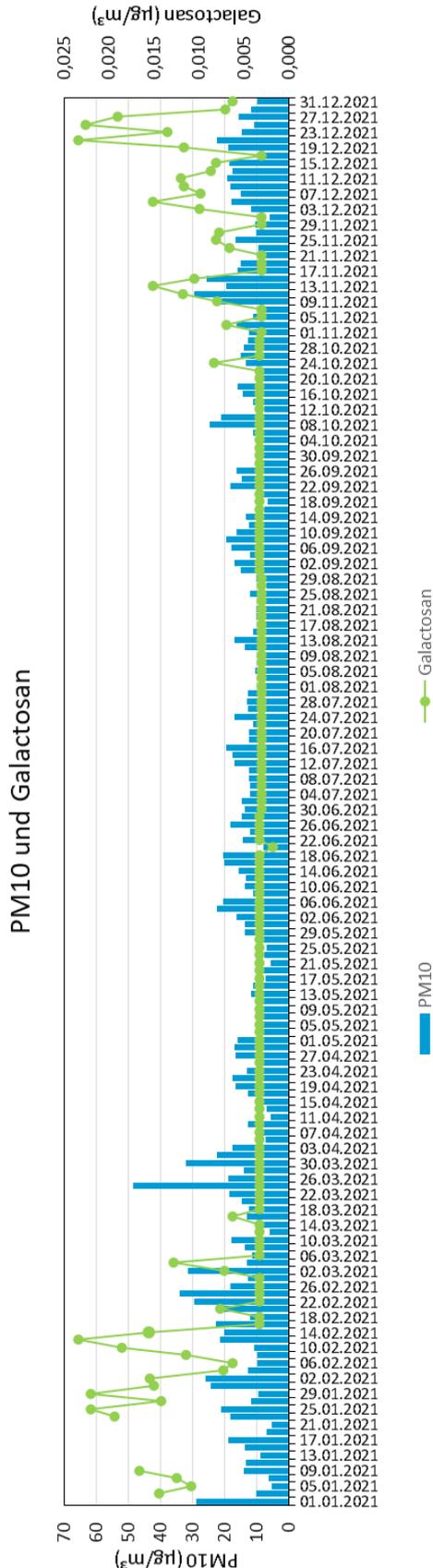


Abbildung 13:
Zeitlicher Verlauf der der Konzentrationen von Galactosan in Zweitagesmischproben am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen im Vergleich zu mittleren Zweitages-PM10-Konzentrationen
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

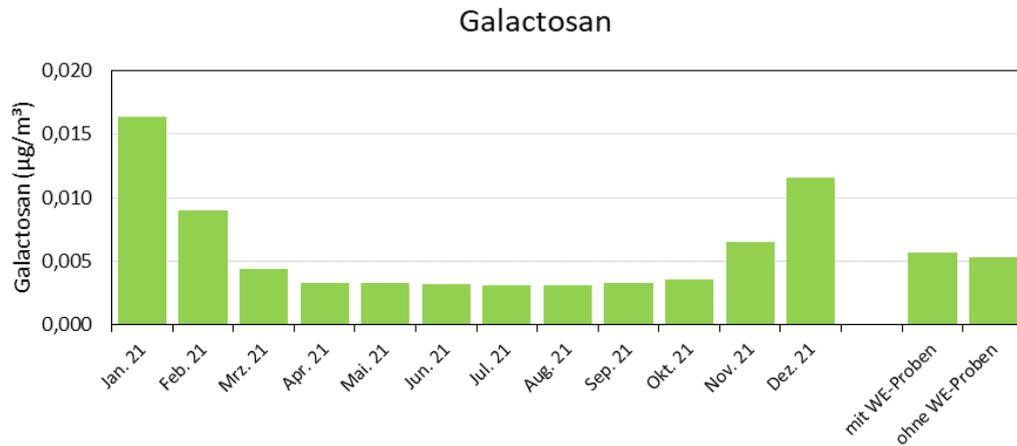


Abbildung 14: Monatsmittelwerte der Konzentrationen von Galactosan sowie Mittelwerte der Proben mit und ohne Probenahmen an Wochenenden am Messpunkt Wopsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

Die Konzentrationen von Galactosan werden nicht nur durch die Intensität der Heizaktivität, erkennbar an der Saisonalität des Konzentrationsverlaufs, beeinflusst, sondern auch durch meteorologische Bedingungen während der Messungen oder topographische Bedingungen des Messgebietes. Dies muss beim Vergleich der Werte (Tabelle 11) berücksichtigt werden. Im Gegensatz zu Levoglucosan werden Galactosan-Konzentrationen seltener veröffentlicht. Das Jahresmittel der in Bremen Findorff ermittelten Galactosan-Konzentrationen ist geringer als der Mittelwert der Galactosan-Konzentrationen aus Thalheim/Erzgeb. (Mittelwert 0,006 µg/m³; < 0,006 bis 0,023 µg/m³, Zeitraum Oktober 2018 bis April 2019 [20]), einer durch eine hohe Dichte von Holzfeuerungsanlagen gekennzeichnete Gemeinde in Sachsen. In Thalheim/Erzgeb. wurden nur Wochenendtage in der kalten Jahreszeit beprobt, d.h. der Untersuchungszeitraum umfasste eher Perioden mit hohen Konzentrationen während geringe Werte in der Sommerzeit nicht im Mittelwert abgebildet sind. Ein in Thalheim/Erzgeb. festgestellter, durch ein im Rahmen von Brauchtum durchgeführtes öffentliches Feuerereignis („Hexenfeuer“) verursachter Extremwert (0,54 µg/m³) wurde in Bremen Findorff nicht beobachtet. Im ländlichen Raum in Sachsen wurde Galactosan in Konzentrationen bis 0,044 µg/m³ mit einem Jahresmittelwert von 0,003 µg/m³ (Messstation Melpitz, Zeitraum November 2018 bis Oktober 2019) bestimmt [22]. Das Umweltbundesamt berichtet keine Messwerte für Galactosan für den Hintergrund von Deutschland [21]. Nordrhein-Westfalen veröffentlicht ebenfalls keine Werte für Mannosan [23].

Tabelle 11: Konzentration von Galactosan am Messpunkt Worsweder Straße, Bremen Findorff im Vergleich zu ausgewählten Standorten

Galactosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Worsweder Str., Bremen (städtisch*) 01/21-12/21	Thalheim, Sachsen [20] (ländlich*) 10/18-04/19	Melpitz, Sachsen [22] (ländlich) 11/18-10/19	Bielefeld, NRW [23] (städtisch) 01/21-12/21	UBA Station Waldhof [21] (Hintergrund) 07/18-07/19
Mittelwert	0,006	0,017	0,003	-	-
Minimum	<0,006	0,002	0	-	-
Maximum	0,023	0,055	0,044	-	-

* (Vermutlich) viel Holzfeuerung im Messgebiet

Anteil der Holzverbrennung an PM10

Über die Konzentration von Levoglucosan lässt sich der Anteil von PM10 abschätzen, der aus der Holzverbrennung stammt (Abschnitt 5.1). In Abbildung 15 sind die Konzentrationen von PM10 aus der Holzfeuerung (PM10 Holz) und dem verbleibenden PM10 (PM10 Rest) über den Messzeitraum graphisch dargestellt. Abbildung 16 zeigt entsprechend die zu Monatsmittelwerten aggregierten Konzentrationen der Zweitagesmischproben. Abbildung 17 bildet den prozentualen Anteil von PM10 aus der Holzfeuerung in Bezug auf das gesamte PM10 in aggregierter Form ab.

Abgeschätzt sind in den Zweitagesmischproben zwischen $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Sommer und $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Probe 25.12.2021+26.12.2021 des PM10 auf Holzfeuerung zurückzuführen. Dies entspricht einem Anteil an der Gesamt-PM10-Konzentration von 0,5 % bis 86 %. Hierbei ist anzumerken, dass der prozentuale aus der Holzfeuerung stammende PM10-Anteil immer abhängig von der PM10-Gesamtkonzentration ist. Bei gleichbleibender absoluter PM10-Konzentration aus der Holzfeuerung führt eine geringe PM10-Gesamtkonzentration somit zu einem höheren prozentualen aus der Holzfeuerung stammenden PM10-Anteil als eine hohe PM10-Gesamtkonzentration. In den Mischproben, welche die Tage des Wochenendes enthalten (Freitag + Samstag, Samstag + Sonntag, Sonntag + Montag), sind die mittleren Anteile von PM10 aus der Holzverbrennung höher als in den Proben, die keine Wochenendtage (Montag + Dienstag, Dienstag + Mittwoch, Mittwoch + Donnerstag, Donnerstag + Freitag) enthalten (10,5 % vs. 8,8 %), wobei der Unterschied statistisch nicht signifikant ist. Über den gesamten Untersuchungszeitraum gemittelt liegt die Konzentration von PM10 aus der Holzfeuerung in Bremen Findorff bei $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der mittlere Anteil des PM10 aus der Holzverbrennung am Gesamt-PM10 liegt bei 9,7 %. In den aggregierten Monatsproben zeigt sich ein saisonaler Verlauf der prozentualen Anteile des PM10 aus der Holzverbrennung mit höheren Werten im Winter (bis 25,8 %) als im Sommer (1,7 %; Abbildung 17). Dabei verhält sich der prozentuale Anteil von PM10 aus der Holzverbrennung antizyklisch zur Temperatur (signifikante negative Korrelation; $R=-0,74$, $p<0,001$ für Zweitagesmischproben; $R=-0,85$, $p<0,001$ für Monatsproben). Dies trifft in ähnlicher Weise auch auf die Konzentrationen von Levoglucosan, Mannosan und Galactosan zu (Anhänge A2, A3).

Im Vergleich (Tabelle 12) zu anderen Messstationen liegen die abgeschätzten absoluten Konzentrationen von PM10 aus der Holzfeuerung in einem ähnlichen Bereich wie abgeschätzte Werte für Thalheim/Erzgeb. Bielefeld oder Melpitz [20, 22, 23]. Werte aus dem deutschen Hintergrund fallen etwas geringer aus [21].

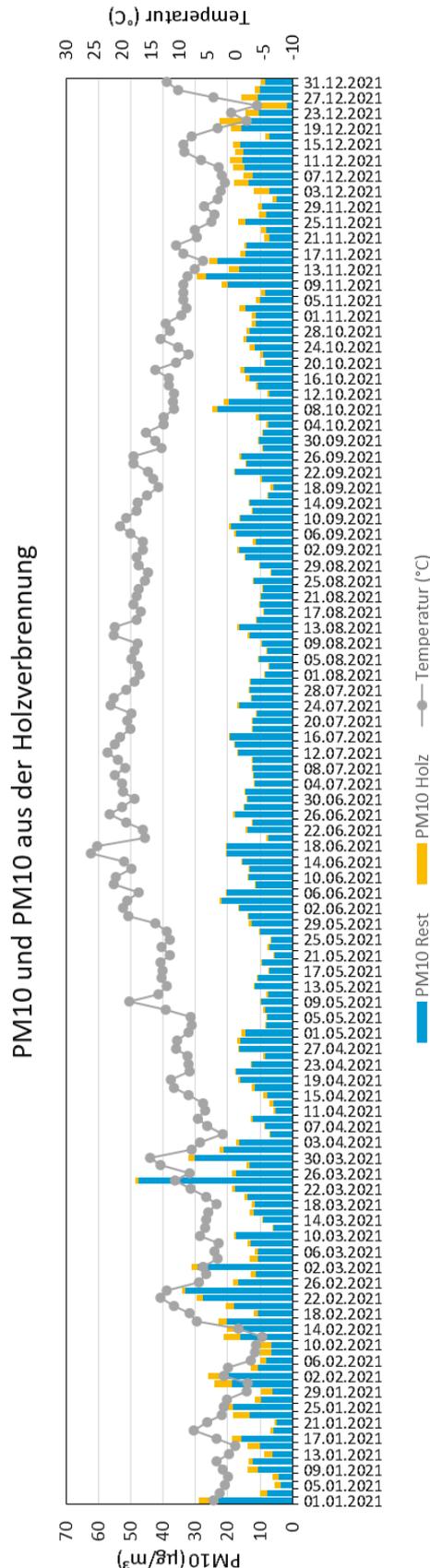


Abbildung 15:
Zeitlicher Verlauf der Temperatur sowie der Konzentrationen von PM10 aus der Holzfeuerung (PM10 Holz) und dem restlichen PM10 (PM10 Rest) in Zweitagesmischproben am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen im Vergleich zu mittleren Zweitages-PM10-Konzentrationen
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

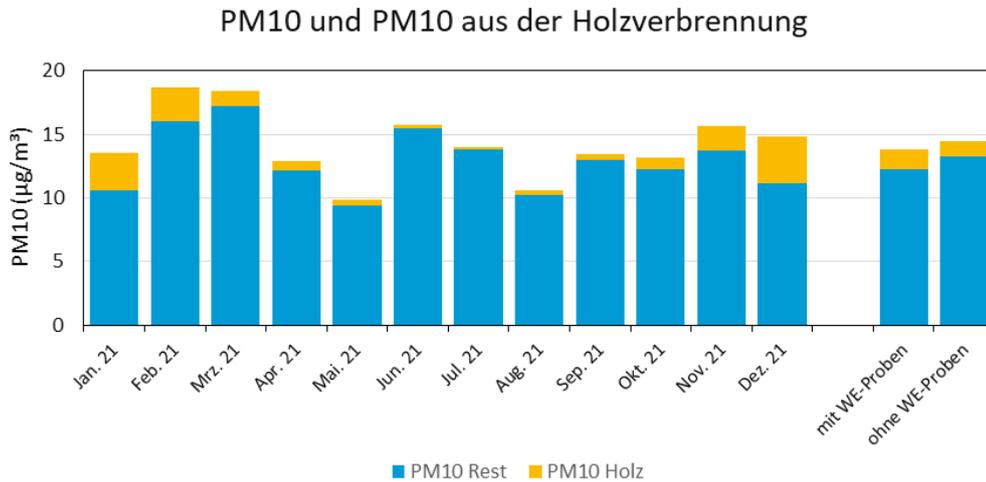


Abbildung 16: Monatsmittelwerte der Konzentrationen von PM10 aus der Holzfeuerung (PM10 Holz) und verbleibendem PM10 (PM10 Rest) sowie Mittelwerte der Proben mit und ohne Probenahmen an Wochenenden am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

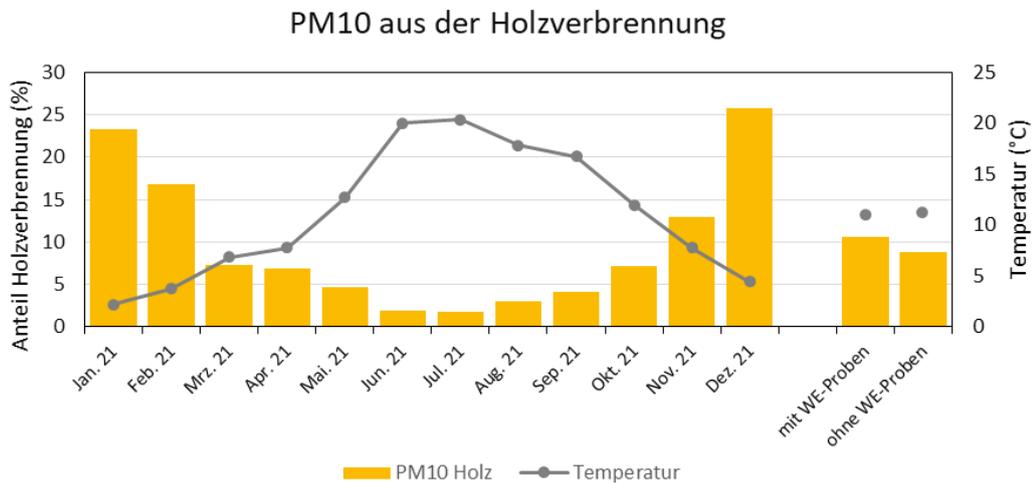


Abbildung 17: Monatsmittelwerte der Temperatur und der prozentualen Anteile von PM10 aus der Holzfeuerung am Gesamt-PM10 sowie Mittelwerte der Proben mit und ohne Probenahmen an Wochenenden am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

Tabelle 12: Abgeschätzte Konzentration von PM10 aus der Holzfeuerung am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff im Vergleich zu ausgewählten Standorten

PM Holz ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Worpsweder Str., Bremen (städtisch*) 01/21-12/21	Thalheim, Sachsen [20] (ländlich*) 10/18-04/19	Melpitz, Sachsen [22] (ländlich) 11/18-10/19	Bielefeld, NRW [23] (städtisch) 01/21-12/21	UBA Station Waldhof [21] (Hintergrund) 07/18-07/19
Mittelwert	1,3	3,2	1,2	2,2	0,62
Minimum	0,1	0,6	0	0,1	0,01
Maximum	9,5	10,9	13,5	15,0	5,30

* (Vermutlich) viel Holzfeuerung im Messgebiet

Die Konzentrationen des aus der Holzfeuerung stammenden PM10 wurden aus den Originaldaten der jeweiligen Quelle unter Verwendung der Methode in Abschnitt 5.1 abgeschätzt.

Die Konzentrationen von Levoglucosan und Mannosan korrelieren signifikant ($p < 0,001$) mit einem R von 0,92 und die Konzentrationen von Levoglucosan zu Galactosan mit einem R von 0,84 (Abbildung 18, Anhang A3). Diese hohen Korrelationen sind gemäß Yan et al. [24] typisch für Biomasseverbrennungen, was darauf hindeutet, dass die Proben nicht stark durch Kohleverbrennung beeinflusst und somit wahrscheinlich holzfeuerungsdominiert sind.

Die Konzentrationsverhältnisse von Levoglucosan zu Mannosan (Anhang A2) liegen im Jahresmittel (6,3) sowie mit Ausnahme von neun Einzelproben unter dem Wert 10, was auf die Verbrennung von vornehmlich Holz hinweist [25]. Maximal beträgt dieses Konzentrationsverhältnis 17, was wie bei den meisten anderen Proben mit erhöhten Konzentrationsverhältnissen, auf geringe Konzentrationen von Levoglucosan und Mannosan nahe oder unterhalb der Bestimmungsgrenzen und damit auf messtechnische und kalkulatorische Unsicherheiten, zurückzuführen ist.

Andere Autoren differenzieren die Konzentrationsverhältnisse in Bezug auf den Typ des verbrannten Holzes. Caseiro et al. [26] geben für die Verbrennung von Weichholz Levoglucosan/Mannosan-Verhältnisse von 4,1 bis 6,4 an. Bhattarai et al. [27] weisen für die Weichholzverbrennung Levoglucosan/Mannosan-Verhältnisse von 2,5 bis 3,5 und für die Hartholzverbrennung von 14 bis 17 aus. 58 % der untersuchten Zweitagesmischproben zeigen ein für die Weichholzverbrennung als typisch beschriebenes Konzentrationsverhältnis von weniger als 6,4 [26], nur 3 % eines von weniger als 3,5 [27]. Konzentrationsverhältnisse, die typisch für die Verbrennung von ausschließlich Hartholz wären, wurden in Bremen Findorff nicht plausibel gefunden (s.o.). Das in der Immission nachgewiesene Muster weist demnach auf keinen einheitlichen verfeuerten Holztyp, was erwartbar und plausibel erscheint.

Nach Bhattarai [27] deutet ein Verhältnis von Mannosan zu Galactosan von 3,9 auf Weichholzverbrennung hin. Die Konzentrationsverhältnisse von Mannosan zu Galactosan in Bremen Findorff liegen im Mittel bei 2,8, sind aber überwiegend durch Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze beeinflusst und daher wenig belastbar.

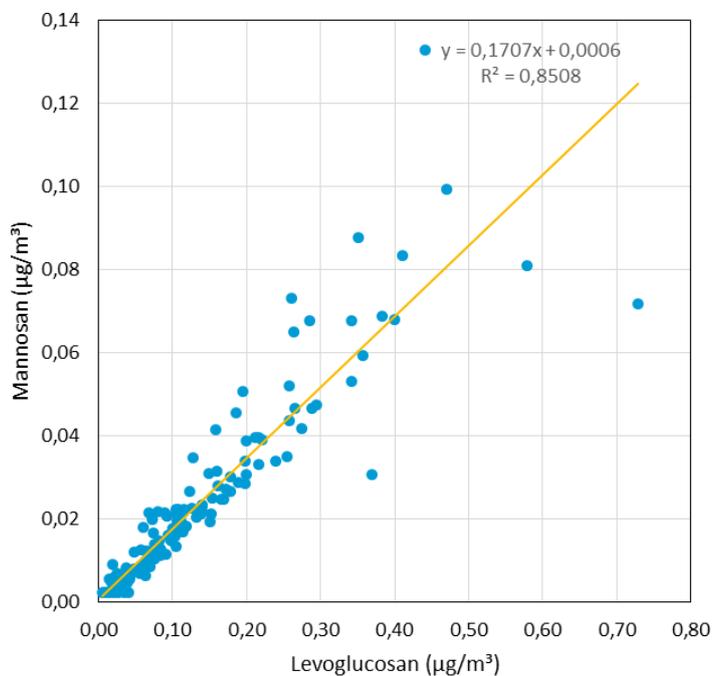


Abbildung 18: Regressionsanalyse der Konzentrationen von Levoglucosan und Mannosan am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

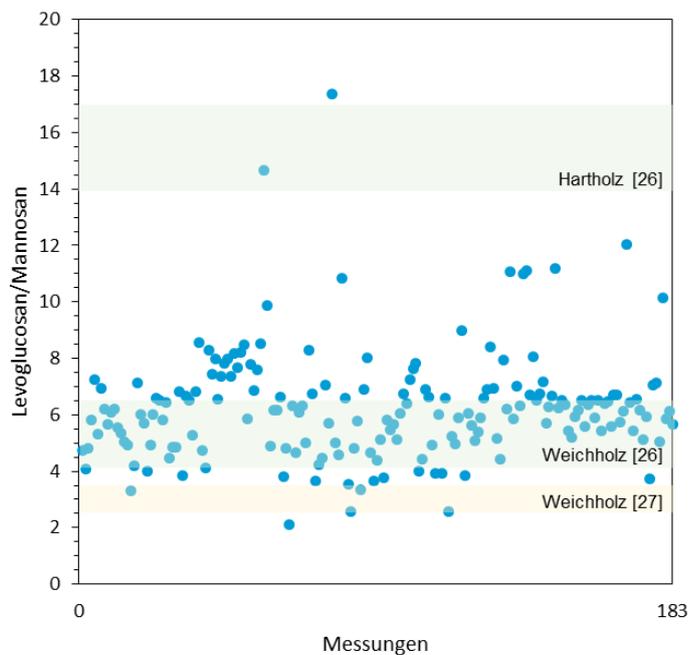


Abbildung 19: Quellencharakterisierung anhand der Konzentrationsverhältnisse von Levoglucosan zu Mannosan nach [26, 27] am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff
Messzeitraum: 01.01.2021 bis 31.12.2021

6.3 Plausibilitätsprüfung

Die Messergebnisse entsprechen überwiegend in ihrer Höhe und dem zeitlichen Verlauf dem erwarteten Bild für ein Messgebiet dieser Prägung. Die Gegenüberstellung der ermittelten Messwerte im Vergleich zu publizierten Messwerten sowie weitere statistische Auswertungen bestätigen diese Einschätzung.

Hamburg, den 22.06. 2022

Dr. Annekatriin Dreyer
(Projektleiterin / Stellv. Fachlich Verantwortliche)

Dr. Jan Thiäner
(Stellv. Projektleiter)

7 Literaturverzeichnis

- [1] *BImSchG*, "Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. September 2021 (BGBl. I S. 4458) geändert worden ist.
- [2] *VDI 4220 Blatt 2 (2018-11)*, Anforderungen an Stellen für die Ermittlung luftverunreinigender Stoffe an stationären Quellen und in der Außenluft; Anforderungen an Messberichte.
- [3] *39. BImSchV*, Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes; Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (2010-08) Stand 19.6.2020.
- [4] *TA Luft (2021)*, Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021.
- [5] *DIN EN 12341 (2014-08)*, Außenluft - Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM10 oder PM2,5 Massenkonzentration des Schwebstaubes.
- [6] *DIN EN ISO/IEC 17025:2018*, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.
- [7] *Eurofins GfA GmbH*, 66010-011 - Bericht zur Durchführung von Immissionsmessungen zur Ermittlung von Schwebstaub und dessen Inhaltsstoffen im Einflussbereich von privaten Holzfeuerungsanlagen, 2010.
- [8] <https://www.bremen.de/leben-in-bremen/wohnen/stadtteile/findorff>, letzter Aufruf 08.04.2022, Findorff. , 2022.
- [9] M. Kottek, J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf und F. Rubel, „World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated.“ *Meteorol. Z.*, pp. 259-263, 2006.
- [10] *Deutscher Wetter Dienst*, Internetlink: www.dwd.de, letzter Abruf 08.04.2022.
- [11] *Bürger, Monika*, Bodennahe Windverhältnisse und windrelevante Reliefstrukturen, 2003.
- [12] *Open Street Map*, <https://www.openstreetmap.org/#map=15/53.0942/8.8029>, 2022.
- [13] *VDI 2444*, VDI 2444 (2020-03) - Außenluft - Messen von Levoglucosan - Chromatografisches Verfahren. Verein Deutscher Ingenieure: 1-32, 2020.
- [14] *DIN EN ISO 20988:2007-09*, Luftbeschaffenheit - Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit.
- [15] *VDI 4280 Blatt 1 (2014-10)*, Planung von Immissionsmessungen - Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit.
- [16] *Pfeffer, U., et al.*, Contribution of wood burning to the exceedance of PM10 limit values in North Rhine-Westphalia. *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, 73, 239-245, 2013.
- [17] *Luftüberwachungssystem Bremen – Datendownload PM10 im Jahr 2021*, Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau; <https://luftmessnetz.bremen.de/pollution/PM10>; letzter Zugriff 20.04.2022.
- [18] *Luftqualitätsüberwachung Niedersachsen – PM10 im Jahr 2021*, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim - Zentrale Unterstützungsstelle Lufteinhaltung, Lärm, Gefahrstoffe und Störfallvorsorge; elektronische Datenübermittlung vom 11.04.2022 .
- [19] *Birmili et al.*, Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Einfluss kleiner Holzfeuerungen auf die Immissionssituation - Teil Immissionsmessung. <https://www.luft.sachsen.de/download/luft/Holzfeuerung.pdf>, 2008.
- [20] *Dreyer et al.*, Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) in der Außenluft und Deposition in einer von holzbetriebenen Heizungen stark belasteten Region von Deutschland, Umweltbundsamt Texte 123/2021, 2021.

-
- [21] *Umweltbundesamt*, Messwerte Levoglucosan; elektronische Datenübermittlung Umweltbundesamt vom 25.04.2022., 2022.
- [22] *van Pinxteren, D.*, Konzentrationen diverser Parameter zur Indikation der Luftqualität. elektronische Datenübermittlung vom 29.04.2020, 2020.
- [23] *Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen LANUV*, Diskontinuierliche Immissionsmessungen 2021, letzte Änderung 06.04.2022, Datendownload, <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/immissionen/berichte-und-trends/einzelwerte-diskontinuierlicher-messungen>, 2022.
- [24] *Yan, C., et al.*, Residential Coal Combustion as a Source of Levoglucosan in China. *Environmental Science & Technology*, 52, 1665-1674, 2018.
- [25] *van Pinxteren, et al.*, Aerosole zur Indikation der Luftqualität im Raum Leipzig. Schriftenreihe, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen., 2016.
- [26] *Caseiro, A., et al.*, Wood burning impact on PM10 in three Austrian regions. *Environment*, 43, 2186-2195, 2009.
- [27] *Bhattacharaj, H., et al.*, Levoglucosan as a tracer of biomass burning: Recent progress and perspectives. *Atmospheric Research*, 220, 20-33, 2019.

Anhang

A1 Fotodokumentation

Messpunkt 1 Worpsweder Straße, Bremen Findorff



Abbildung A1: PM10-Messungen am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff
(Installation auf einem Trafo-Häuschen)

Quelle Foto: Auftraggeberin



Abbildung A2: PM10-Messungen am Messpunkt Worpweder Straße, Bremen Findorf
(Installation auf einem Trafo-Häuschen)
Quelle Foto: Auftraggeberin

A2 Darstellung aller Messergebnisse

Hinweise zur Darstellung:

- Das Zeichen „<“ in den folgenden Tabellen kennzeichnet Messwerte die unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) bzw. Nachweisgrenze (NWG) liegen.

A2.1 PM10 in 24-Stunden-Proben

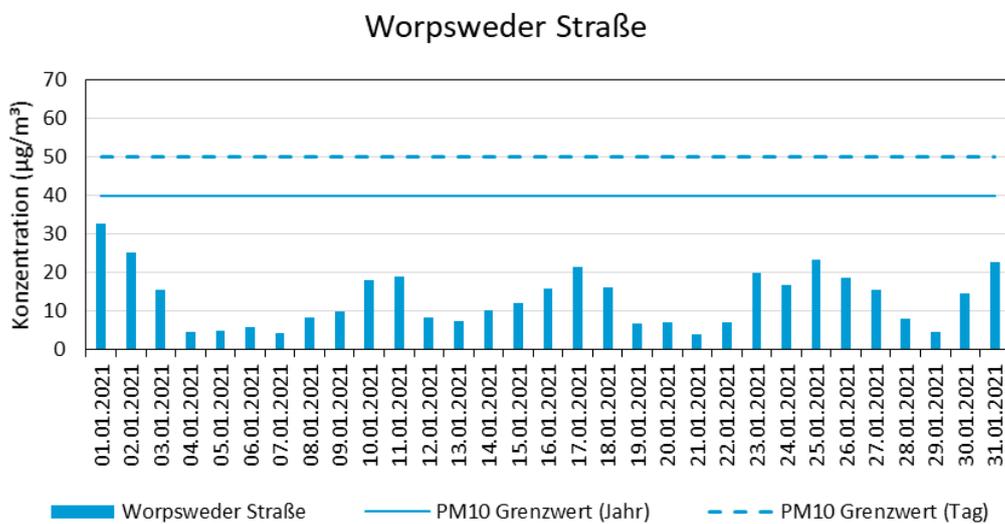


Abbildung A3: PM10-Konzentrationen im Januar 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

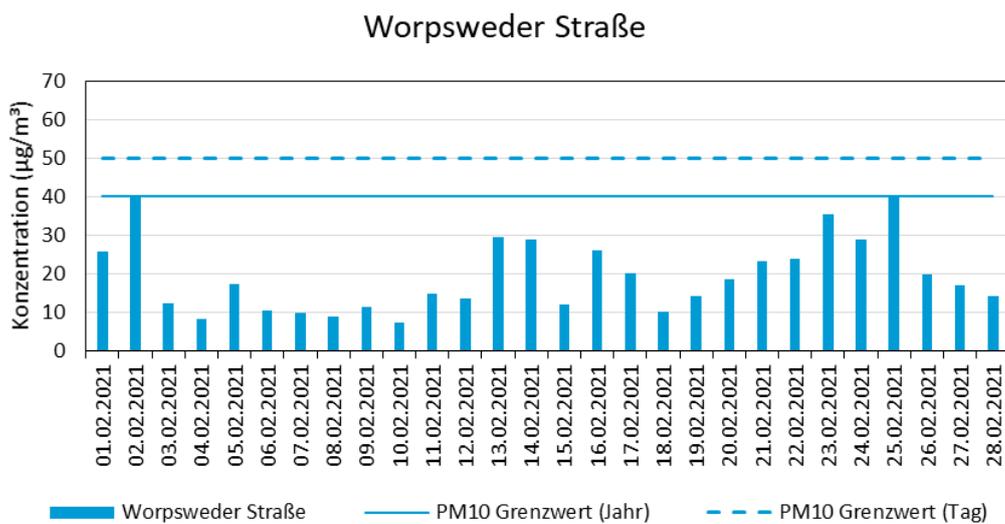


Abbildung A4: PM10-Konzentrationen im Februar 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

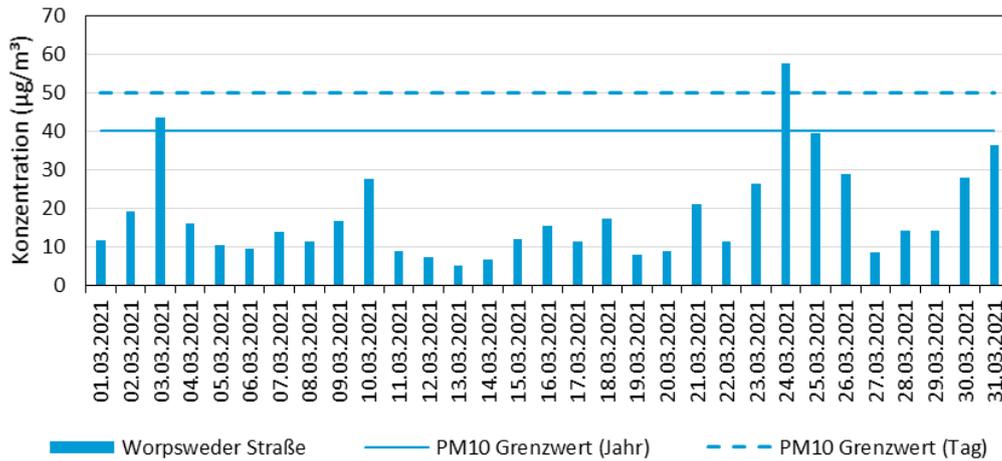


Abbildung A5: PM10-Konzentrationen im März 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

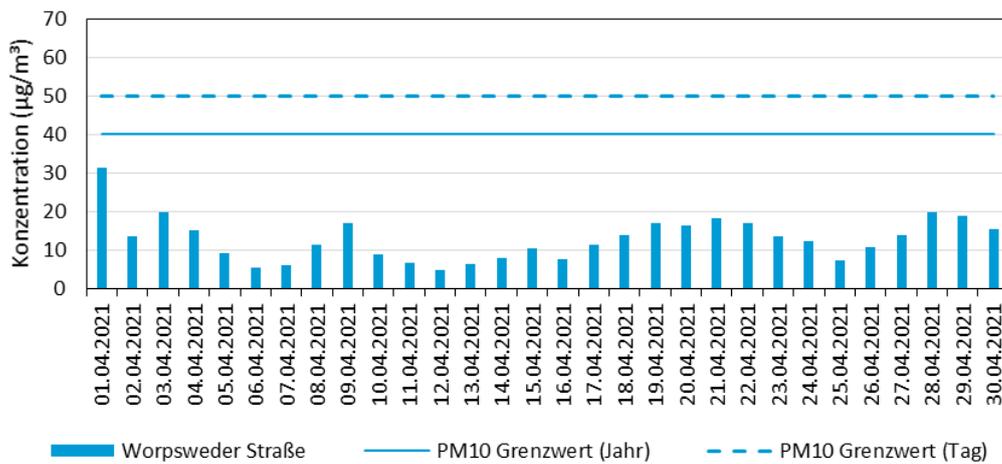


Abbildung A6: PM10-Konzentrationen im April 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

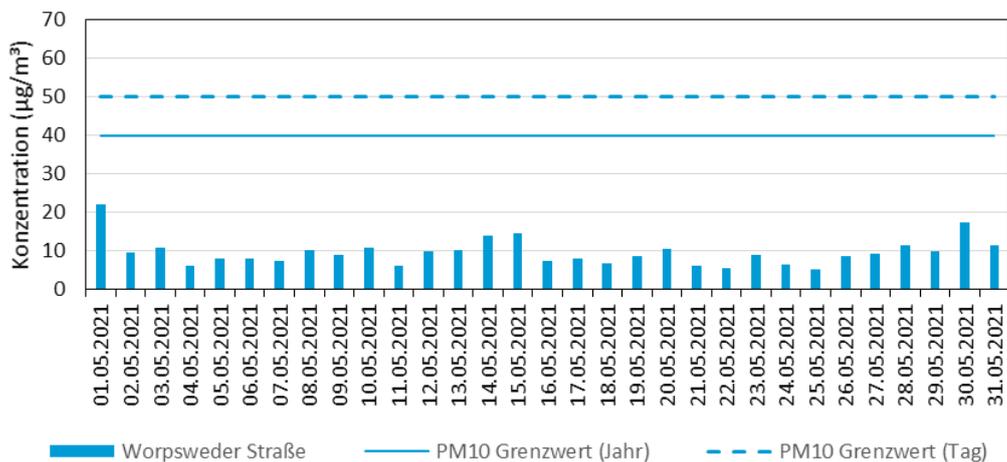


Abbildung A7: PM10-Konzentrationen im Mai 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

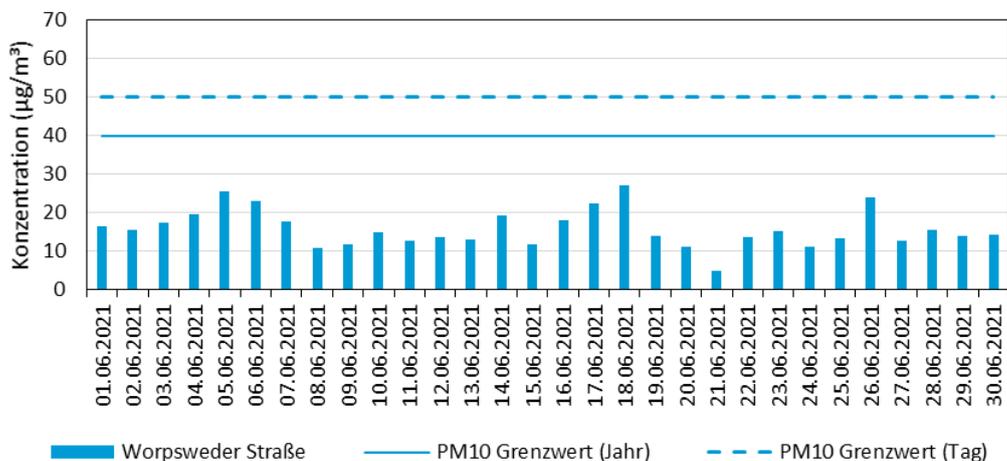


Abbildung A8: PM10-Konzentrationen im Juni 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

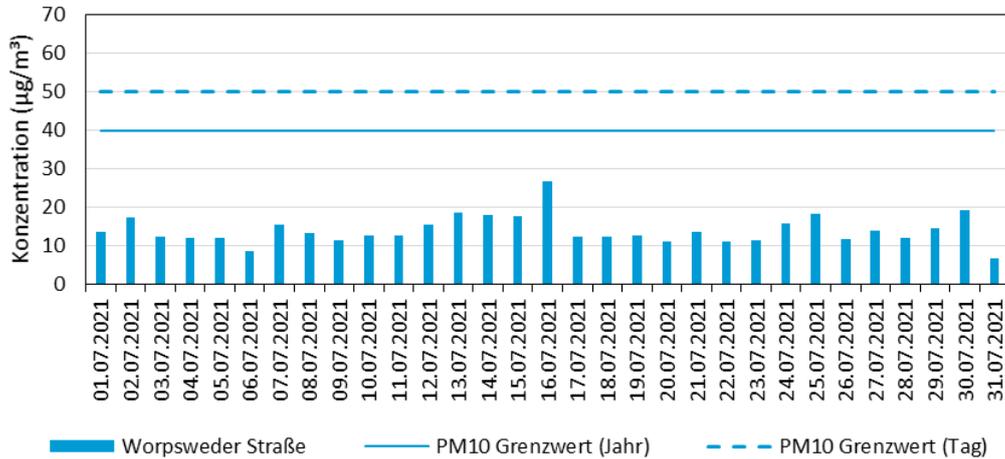


Abbildung A9: PM10-Konzentrationen im Juli 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

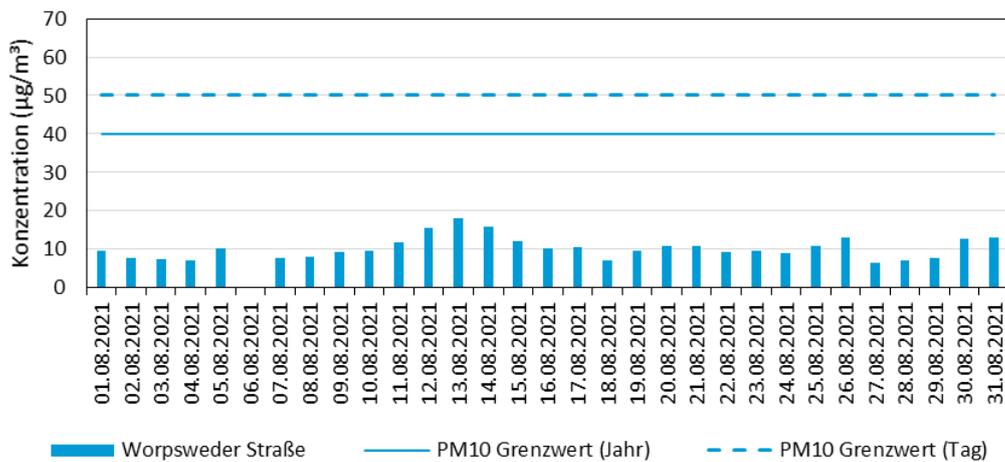


Abbildung A10: PM10-Konzentrationen im August 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

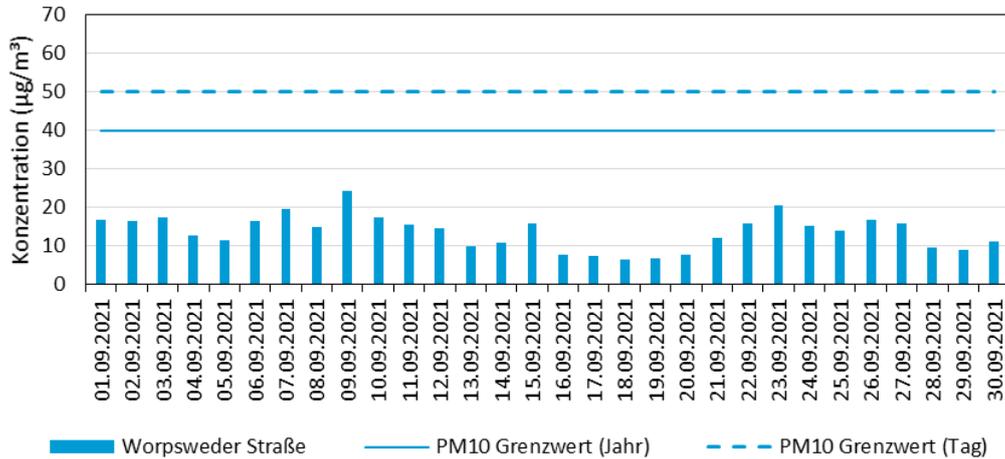


Abbildung A11: PM10-Konzentrationen im September 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

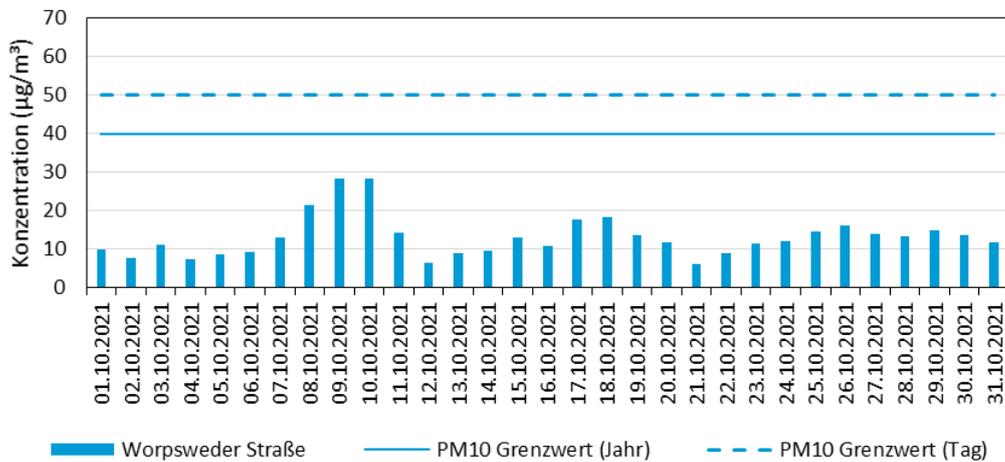


Abbildung A12: PM10-Konzentrationen im Oktober 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

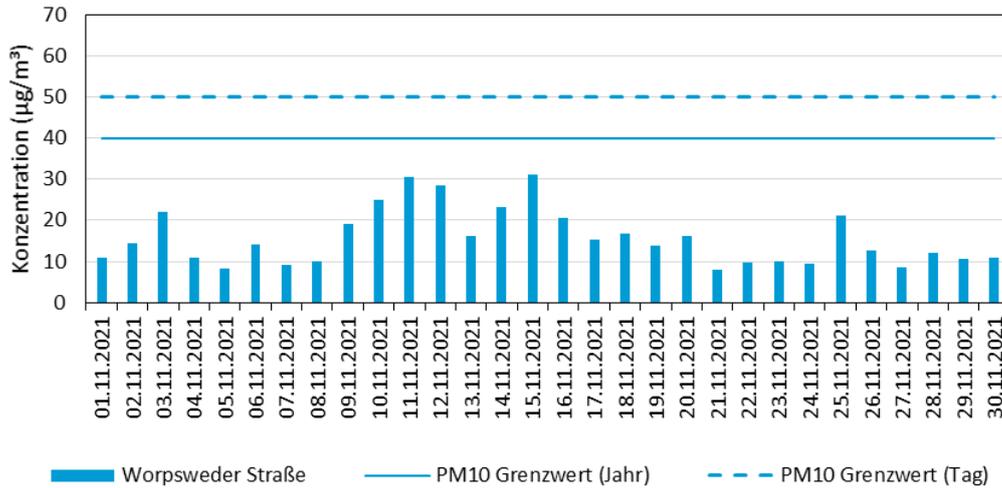


Abbildung A13: PM10-Konzentrationen im November 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

Worpsweder Straße

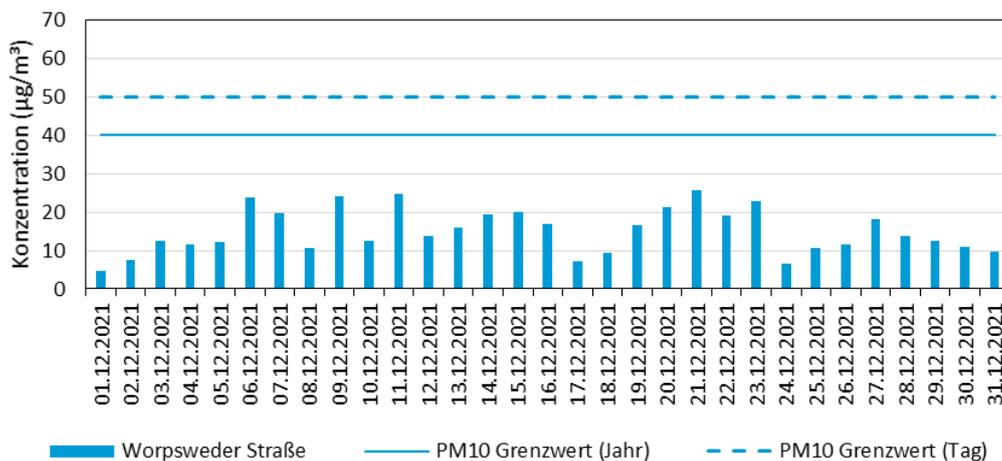


Abbildung A14: PM10-Konzentrationen im Dezember 2022 am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen Findorff

A2.2 Ergebnisse in den Zweitagesmischproben

Für den Bezug der Analysenergebnisse der Zweitagesmischproben auf PM10 wurden die PM10-Konzentrationen der jeweiligen Tage gemittelt.

Tabelle A1: Temperatur und Konzentrationen von PM10 (Mittelwert), Levoglucosan, Mannosan und Galactosan in den Zweitagesmischproben am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	Levoglucosan (µg/m³)	Mannosan (µg/m³)	Galactosan (µg/m³)
Fr, 01.01.2021	Sa, 02.01.2021	HBR 349 02 20 + HBR 350 02 20	4,0	29,0	0,47	0,099	na
So, 03.01.2021	Mo, 04.01.2021	HBR 001 02 21 + HBR 002 02 21	2,8	10,1	0,19	0,046	0,014
Di, 05.01.2021	Mi, 06.01.2021	HBR 003 02 21 + HBR 004 02 21	1,9	5,4	0,15	0,031	0,011
Do, 07.01.2021	Fr, 08.01.2021	HBR 005 02 21 + HBR 006 02 21	1,4	6,2	0,16	0,028	0,013
Sa, 09.01.2021	So, 10.01.2021	HBR 007 02 21 + HBR 008 02 21	2,3	14,0	0,25	0,035	0,017
Mo, 11.01.2021	Di, 12.01.2021	HBR 009 02 21 + HBR 010 02 21	3,5	13,6	0,11	0,022	na
Mi, 13.01.2021	Do, 14.01.2021	HBR 011 02 21 + HBR 012 02 21	1,3	8,8	0,20	0,029	na
Fr, 15.01.2021	Sa, 16.01.2021	HBR 013 02 21 + HBR 014 02 21	0,1	13,9	0,29	0,048	na
So, 17.01.2021	Mo, 18.01.2021	HBR 015 02 21 + HBR 016 02 21	3,4	18,8	0,22	0,039	na
Di, 19.01.2021	Mi, 20.01.2021	HBR 017 02 21 + HBR 018 02 21	7,4	6,9	0,10	0,016	na
Do, 21.01.2021	Fr, 22.01.2021	HBR 019 02 21 + HBR 020 02 21	5,1	5,6	0,07	0,011	na
Sa, 23.01.2021	So, 24.01.2021	HBR 021 02 21 + HBR 022 02 21	2,5	18,3	0,38	0,069	0,019
Mo, 25.01.2021	Di, 26.01.2021	HBR 023 02 21 + HBR 024 02 21	2,2	21,0	0,21	0,040	0,022
Mi, 27.01.2021	Do, 28.01.2021	HBR 025 02 21 + HBR 026 02 21	1,6	11,7	0,16	0,032	0,014
Fr, 29.01.2021	Sa, 30.01.2021	HBR 027 02 21 + HBR 028 02 21	-1,9	9,5	0,26	0,052	0,022
So, 31.01.2021	Mo, 01.02.2021	HBR 029 02 21 + HBR 030 02 21	-2,1	24,3	0,44	0,133	0,015
Di, 02.02.2021	Mi, 03.02.2021	HBR 031 02 21 + HBR 032 02 21	2,2	26,0	0,29	0,068	0,016
Do, 04.02.2021	Fr, 05.02.2021	HBR 033 02 21 + HBR 034 02 21	1,5	12,7	0,15	0,021	0,007
Sa, 06.02.2021	So, 07.02.2021	HBR 035 02 21 + HBR 036 02 21	-2,7	10,0	0,14	0,023	0,006
Mo, 08.02.2021	Di, 09.02.2021	HBR 037 02 21 + HBR 038 02 21	-3,4	10,0	0,27	0,047	0,011
Mi, 10.02.2021	Do, 11.02.2021	HBR 039 02 21 + HBR 040 02 21	-3,6	10,9	0,35	0,088	0,019
Fr, 12.02.2021	Sa, 13.02.2021	HBR 041 02 21 + HBR 042 02 21	-4,7	21,4	0,41	0,083	0,023
So, 14.02.2021	Mo, 15.02.2021	HBR 043 02 21 + HBR 044 02 21	-0,5	20,3	0,36	0,059	0,016

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	Levoglucosan (µg/m³)	Mannosan (µg/m³)	Galactosan (µg/m³)
Di, 16.02.2021	Mi, 17.02.2021	HBR 045 02 21 + HBR 046 02 21	6,9	22,9	0,19	0,029	< 0,007
Do, 18.02.2021	Fr, 19.02.2021	HBR 047 02 21 + HBR 048 02 21	8,2	12,1	0,11	0,017	< 0,007
Sa, 20.02.2021	So, 21.02.2021	HBR 049 02 21 + HBR 050 02 21	11,0	20,8	0,20	0,034	0,008
Mo, 22.02.2021	Di, 23.02.2021	HBR 051 02 21 + HBR 052 02 21	13,4	29,5	0,13	0,020	< 0,007
Mi, 24.02.2021	Do, 25.02.2021	HBR 053 02 21 + HBR 054 02 21	12,2	34,2	0,09	0,021	< 0,007
Fr, 26.02.2021	Sa, 27.02.2021	HBR 055 02 21 + HBR 056 02 21	6,6	18,3	0,11	0,022	< 0,007
So, 28.02.2021	Mo, 01.03.2021	HBR 057 02 21 + HBR 058 02 21	5,2	12,8	0,10	0,022	< 0,007
Di, 02.03.2021	Mi, 03.03.2021	HBR 059 02 21 + HBR 060 02 21	5,9	31,4	0,17	0,025	0,007
Do, 04.03.2021	Fr, 05.03.2021	HBR 061 02 21 + HBR 062 02 21	3,3	13,2	0,20	0,051	0,013
Sa, 06.03.2021	So, 07.03.2021	HBR 063 02 21 + HBR 064 02 21	3,9	11,5	0,08	0,012	< 0,007
Mo, 08.03.2021	Di, 09.03.2021	HBR 065 02 21 + HBR 066 02 21	3,1	13,9	0,08	0,013	< 0,007
Mi, 10.03.2021	Do, 11.03.2021	HBR 067 02 21 + HBR 068 02 21	6,5	18,1	0,06	0,012	< 0,007
Fr, 12.03.2021	Sa, 13.03.2021	HBR 069 02 21 + HBR 070 02 21	5,5	6,1	0,03	0,004	< 0,007
So, 14.03.2021	Mo, 15.03.2021	HBR 071 02 21 + HBR 072 02 21	5,3	9,4	0,03	0,003	< 0,007
Di, 16.03.2021	Mi, 17.03.2021	HBR 073 02 21 + HBR 074 02 21	4,9	13,3	0,11	0,022	0,006
Do, 18.03.2021	Fr, 19.03.2021	HBR 075 02 21 + HBR 076 02 21	3,4	12,6	0,09	0,022	< 0,007
Sa, 20.03.2021	So, 21.03.2021	HBR 077 02 21 + HBR 078 02 21	5,3	14,8	0,07	0,008	< 0,007
Mo, 22.03.2021	Di, 23.03.2021	HBR 079 02 21 + HBR 080 02 21	8,1	18,8	0,08	0,011	< 0,007
Mi, 24.03.2021	Do, 25.03.2021	HBR 081 02 21 + HBR 082 02 21	10,8	48,5	0,06	0,008	< 0,007
Fr, 26.03.2021	Sa, 27.03.2021	HBR 083 02 21 + HBR 084 02 21	8,3	18,8	0,10	0,015	< 0,007
So, 28.03.2021	Mo, 29.03.2021	HBR 085 02 21 + HBR 086 02 21	13,4	14,2	0,06	0,009	< 0,007
Di, 30.03.2021	Mi, 31.03.2021	HBR 087 02 21 + HBR 088 02 21	15,1	32,2	0,15	0,019	< 0,007
Do, 01.04.2021	Fr, 02.04.2021	HBR 089 02 21 + HBR 090 02 21	7,8	22,5	0,09	0,011	< 0,007
Sa, 03.04.2021	So, 04.04.2021	HBR 091 02 21 + HBR 092 02 21	6,3	17,5	0,08	0,010	< 0,007
Mo, 05.04.2021	Di, 06.04.2021	HBR 093 02 21 + HBR 094 02 21	2,4	7,2	0,04	0,005	< 0,007
Mi, 07.04.2021	Do, 08.04.2021	HBR 095 02 21 + HBR 096 02 21	5,0	8,8	0,04	0,005	< 0,007
Fr, 09.04.2021	Sa, 10.04.2021	HBR 097 02 21 + HBR 098 02 21	6,8	12,9	0,06	0,007	< 0,007
So, 11.04.2021	Mo, 12.04.2021	HBR 099 02 21 + HBR 100 02 21	5,5	5,7	0,04	0,004	< 0,007

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	Levoglucosan (µg/m³)	Mannosan (µg/m³)	Galactosan (µg/m³)
Di, 13.04.2021	Mi, 14.04.2021	HBR 101 02 21 + HBR 102 02 21	5,8	7,1	0,09	0,016	< 0,007
Do, 15.04.2021	Fr, 16.04.2021	HBR 103 02 21 + HBR 104 02 21	8,4	9,0	0,11	0,013	< 0,007
Sa, 17.04.2021	So, 18.04.2021	HBR 105 02 21 + HBR 106 02 21	11,1	12,7	0,09	0,012	< 0,007
Mo, 19.04.2021	Di, 20.04.2021	HBR 107 02 21 + HBR 108 02 21	11,5	16,6	0,04	0,005	< 0,007
Mi, 21.04.2021	Do, 22.04.2021	HBR 109 02 21 + HBR 110 02 21	8,2	17,6	0,02	< 0,005	< 0,007
Fr, 23.04.2021	Sa, 24.04.2021	HBR 111 02 21 + HBR 112 02 21	8,4	13,0	0,03	< 0,005	< 0,007
So, 25.04.2021	Mo, 26.04.2021	HBR 113 02 21 + HBR 114 02 21	8,6	9,1	0,06	0,006	< 0,007
Di, 27.04.2021	Mi, 28.04.2021	HBR 115 02 21 + HBR 116 02 22	10,7	16,8	0,03	0,006	< 0,007
Do, 29.04.2021	Fr, 30.04.2021	HBR 117 02 21 + HBR 118 02 21	10,5	17,1	0,07	0,012	< 0,007
Sa, 01.05.2021	So, 02.05.2021	HBR 119 02 21 + HBR 120 02 21	8,5	15,9	0,10	0,016	< 0,007
Mo, 03.05.2021	Di, 04.05.2021	HBR 121 02 21 + HBR 122 02 21	7,8	8,5	0,04	0,006	< 0,007
Mi, 05.05.2021	Do, 06.05.2021	HBR 123 02 21 + HBR 124 02 21	8,0	8,0	0,02	0,006	< 0,007
Fr, 07.05.2021	Sa, 08.05.2021	HBR 125 02 21 + HBR 126 02 21	12,4	8,9	0,04	0,008	< 0,007
So, 09.05.2021	Mo, 10.05.2021	HBR 127 02 21 + HBR 128 02 21	19,0	9,9	0,02	0,009	< 0,007
Di, 11.05.2021	Mi, 12.05.2021	HBR 129 02 21 + HBR 130 02 21	13,8	8,0	0,04	0,006	< 0,007
Do, 13.05.2021	Fr, 14.05.2021	HBR 131 02 21 + HBR 132 02 21	12,2	12,0	0,04	0,008	< 0,007
Sa, 15.05.2021	So, 16.05.2021	HBR 133 02 21 + HBR 134 02 21	13,1	11,0	0,04	0,007	< 0,007
Mo, 17.05.2021	Di, 18.05.2021	HBR 135 02 21 + HBR 136 02 21	13,1	7,3	0,03	0,004	< 0,007
Mi, 19.05.2021	Do, 20.05.2021	HBR 137 02 21 + HBR 138 02 21	13,4	9,6	0,03	0,006	< 0,007
Fr, 21.05.2021	Sa, 22.05.2021	HBR 139 02 21 + HBR 140 02 21	11,8	5,9	0,02	0,002	< 0,007
So, 23.05.2021	Mo, 24.05.2021	HBR 141 02 21 + HBR 142 02 21	13,2	7,7	0,04	0,006	< 0,007
Di, 25.05.2021	Mi, 26.05.2021	HBR 143 02 21 + HBR 144 02 21	11,6	6,9	0,02	0,007	< 0,007
Do, 27.05.2021	Fr, 28.05.2021	HBR 145 02 21 + HBR 146 02 21	12,3	10,3	0,01	0,002	< 0,007
Sa, 29.05.2021	So, 30.05.2021	HBR 147 02 21 + HBR 148 02 21	14,4	13,6	0,07	0,017	< 0,007
Mo, 31.05.2021	Di, 01.06.2021	HBR 149 02 21 + HBR 150 02 21	19,0	13,8	0,02	< 0,005	< 0,007
Mi, 02.06.2021	Do, 03.06.2021	HBR 151 02 21 + HBR 152 02 21	20,0	16,5	0,01	< 0,005	< 0,007
Fr, 04.06.2021	Sa, 05.06.2021	HBR 153 02 21 + HBR 154 02 21	19,2	22,6	0,04	< 0,005	< 0,007
So, 06.06.2021	Mo, 07.06.2021	HBR 155 02 21 + HBR 156 02 21	17,3	20,4	0,01	< 0,005	< 0,007

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	Levogluco-san (µg/m³)	Manno-san (µg/m³)	Galacto-san (µg/m³)
Di, 08.06.2021	Mi, 09.06.2021	HBR 157 02 21 + HBR 158 02 21	21,6	11,3	0,01	< 0,005	< 0,007
Do, 10.06.2021	Fr, 11.06.2021	HBR 159 02 21 + HBR 160 02 21	21,2	13,9	0,03	< 0,005	< 0,007
Sa, 12.06.2021	So, 13.06.2021	HBR 161 02 21 + HBR 162 02 21	18,6	13,4	0,02	< 0,005	< 0,007
Mo, 14.06.2021	Di, 15.06.2021	HBR 163 02 21 + HBR 164 02 21	19,8	15,6	0,01	< 0,005	< 0,007
Mi, 16.06.2021	Do, 17.06.2021	HBR 165 02 21 + HBR 166 02 21	25,8	20,3	0,01	< 0,005	< 0,007
Fr, 18.06.2021	Sa, 19.06.2021	HBR 167 02 21 + HBR 168 02 21	24,5	20,6	0,01	< 0,005	< 0,007
So, 20.06.2021	Mo, 21.06.2021	HBR 169 02 21 + HBR 170 02 21	16,1	8,0	0,04	0,006	0,002
Di, 22.06.2021	Mi, 23.06.2021	HBR 171 02 21 + HBR 172 02 21	16,4	14,5	0,06	0,018	< 0,007
Do, 24.06.2021	Fr, 25.06.2021	HBR 173 02 21 + HBR 174 02 21	19,5	12,3	0,02	< 0,005	< 0,007
Sa, 26.06.2021	So, 27.06.2021	HBR 175 02 21 + HBR 176 02 21	22,4	18,4	0,06	0,007	< 0,007
Mo, 28.06.2021	Di, 29.06.2021	HBR 177 02 21 + HBR 178 02 21	20,2	14,8	0,01	< 0,005	< 0,007
Mi, 30.06.2021	Do, 01.07.2021	HBR 179 02 21 + HBR 180 02 21	18,1	13,9	0,01	< 0,005	< 0,006
Fr, 02.07.2021	Sa, 03.07.2021	HBR 181 02 21 + HBR 182 02 21	20,1	14,8	0,03	0,006	< 0,006
So, 04.07.2021	Mo, 05.07.2021	HBR 183 02 21 + HBR 184 02 21	20,1	12,0	0,03	0,005	< 0,006
Di, 06.07.2021	Mi, 07.07.2021	HBR 185 02 21 + HBR 186 02 21	21,5	12,0	0,01	< 0,005	< 0,006
Do, 08.07.2021	Fr, 09.07.2021	HBR 187 02 21 + HBR 188 02 21	19,7	12,4	0,01	< 0,005	< 0,006
Sa, 10.07.2021	So, 11.07.2021	HBR 189 02 21 + HBR 190 02 21	21,0	12,6	0,03	0,006	< 0,006
Mo, 12.07.2021	Di, 13.07.2021	HBR 191 02 21 + HBR 192 02 21	22,8	17,1	0,01	< 0,005	< 0,006
Mi, 14.07.2021	Do, 15.07.2021	HBR 193 02 21 + HBR 194 02 21	21,5	17,8	0,01	< 0,005	< 0,006
Fr, 16.07.2021	Sa, 17.07.2021	HBR 195 02 21 + HBR 196 02 21	20,6	19,5	0,01	< 0,005	< 0,006
So, 18.07.2021	Mo, 19.07.2021	HBR 197 02 21 + HBR 198 02 21	18,7	12,5	0,02	< 0,005	< 0,006
Di, 20.07.2021	Mi, 21.07.2021	HBR 199 02 21 + HBR 200 02 21	19,3	12,3	0,01	< 0,005	< 0,006
Do, 22.07.2021	Fr, 23.07.2021	HBR 201 02 21 + HBR 202 02 21	18,6	11,2	0,02	< 0,005	< 0,006
Sa, 24.07.2021	So, 25.07.2021	HBR 203 02 21 + HBR 204 02 21	22,2	17,0	0,04	0,005	< 0,006
Mo, 26.07.2021	Di, 27.07.2021	HBR 205 02 21 + HBR 206 02 21	21,7	12,9	0,02	< 0,005	< 0,006
Mi, 28.07.2021	Do, 29.07.2021	HBR 207 02 21 + HBR 208 02 21	19,4	13,3	0,01	< 0,005	< 0,006
Fr, 30.07.2021	Sa, 31.07.2021	HBR 209 02 21 + HBR 210 02 21	18,0	12,9	0,01	< 0,005	< 0,006
So, 01.08.2021	Mo, 02.08.2021	HBR 211 02 21 + HBR 212 02 21	17,1	8,7	0,02	< 0,005	< 0,006

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	Levoglucosan (µg/m³)	Mannosan (µg/m³)	Galactosan (µg/m³)
Di, 03.08.2021	Mi, 04.08.2021	HBR 213 02 21 + HBR 214 02 21	17,5	7,3	0,02	< 0,005	< 0,006
Do, 05.08.2021	Fr, 06.08.2021	HBR 215 02 21	18,5	10,4	0,01	< 0,005	< 0,006
Sa, 07.08.2021	So, 08.08.2021	HBR 217 02 21 + HBR 218 02 21	18,0	7,9	0,02	0,005	< 0,006
Mo, 09.08.2021	Di, 10.08.2021	HBR 219 02 21 + HBR 220 02 21	17,4	9,5	0,01	< 0,005	< 0,006
Mi, 11.08.2021	Do, 12.08.2021	HBR 221 02 21 + HBR 222 02 21	21,6	13,7	0,05	0,012	< 0,006
Fr, 13.08.2021	Sa, 14.08.2021	HBR 223 02 21 + HBR 224 02 21	21,4	17,0	0,04	0,007	< 0,006
So, 15.08.2021	Mo, 16.08.2021	HBR 225 02 21 + HBR 226 02 21	17,6	11,2	0,01	0,006	< 0,006
Di, 17.08.2021	Mi, 18.08.2021	HBR 227 02 21 + HBR 228 02 21	16,9	9,0	0,01	< 0,005	< 0,006
Do, 19.08.2021	Fr, 20.08.2021	HBR 229 02 21 + HBR 230 02 21	18,2	10,3	0,02	0,005	< 0,006
Sa, 21.08.2021	So, 22.08.2021	HBR 231 02 21 + HBR 232 02 21	17,6	10,2	0,04	0,008	< 0,006
Mo, 23.08.2021	Di, 24.08.2021	HBR 233 02 21 + HBR 234 02 21	17,3	9,3	0,02	< 0,005	< 0,006
Mi, 25.08.2021	Do, 26.08.2021	HBR 235 02 21 + HBR 236 02 21	16,1	12,1	0,02	0,005	< 0,006
Fr, 27.08.2021	Sa, 28.08.2021	HBR 237 02 21 + HBR 238 02 21	15,5	6,9	0,03	0,005	< 0,006
So, 29.08.2021	Mo, 30.08.2021	HBR 239 02 21 + HBR 240 02 21	17,2	10,4	0,03	0,005	< 0,006
Di, 31.08.2021	Mi, 01.09.2021	HBR 241 02 21 + HBR 242 02 21	17,6	14,9	0,03	0,005	< 0,007
Do, 02.09.2021	Fr, 03.09.2021	HBR 243 02 21 + HBR 244 02 21	16,6	16,9	0,03	0,005	< 0,007
Sa, 04.09.2021	So, 05.09.2021	HBR 245 02 21 + HBR 246 02 21	16,5	12,2	0,08	0,013	< 0,007
Mo, 06.09.2021	Di, 07.09.2021	HBR 247 02 21 + HBR 248 02 21	18,7	18,1	0,06	0,009	< 0,007
Mi, 08.09.2021	Do, 09.09.2021	HBR 249 02 21 + HBR 250 02 21	20,6	19,6	0,03	0,005	< 0,007
Fr, 10.09.2021	Sa, 11.09.2021	HBR 251 02 21 + HBR 252 02 21	19,5	16,5	0,02	< 0,005	< 0,007
So, 12.09.2021	Mo, 13.09.2021	HBR 253 02 21 + HBR 254 02 21	17,7	12,4	0,02	< 0,005	< 0,007
Di, 14.09.2021	Mi, 15.09.2021	HBR 255 02 21 + HBR 256 02 21	17,5	13,4	0,02	0,005	< 0,007
Do, 16.09.2021	Fr, 17.09.2021	HBR 257 02 21 + HBR 258 02 21	15,8	7,6	0,02	0,005	< 0,007
Sa, 18.09.2021	So, 19.09.2021	HBR 259 02 21 + HBR 260 02 21	13,7	6,7	0,06	0,007	< 0,007
Mo, 20.09.2021	Di, 21.09.2021	HBR 261 02 21 + HBR 262 02 21	14,7	9,8	0,05	0,008	< 0,007
Mi, 22.09.2021	Do, 23.09.2021	HBR 263 02 21 + HBR 264 02 21	15,6	18,1	0,03	< 0,005	< 0,007
Fr, 24.09.2021	Sa, 25.09.2021	HBR 265 02 21 + HBR 266 02 21	18,2	14,7	0,04	0,007	< 0,007
So, 26.09.2021	Mo, 27.09.2021	HBR 267 02 21 + HBR 268 02 21	18,2	16,3	0,05	0,008	< 0,007

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	Levoglucosan (µg/m³)	Mannosan (µg/m³)	Galactosan (µg/m³)
Di, 28.09.2021	Mi, 29.09.2021	HBR 269 02 21 + HBR 270 02 21	13,1	9,4	0,04	0,006	< 0,007
Do, 30.09.2021	Fr, 01.10.2021	HBR 271 02 21 + HBR 272 02 21	14,3	10,5	0,03	< 0,005	< 0,007
Sa, 02.10.2021	So, 03.10.2021	HBR 273 02 21 + HBR 274 02 21	15,9	9,3	0,03	< 0,005	< 0,007
Mo, 04.10.2021	Di, 05.10.2021	HBR 275 02 21 + HBR 276 02 21	12,8	7,9	0,04	0,005	< 0,007
Mi, 06.10.2021	Do, 07.10.2021	HBR 277 02 21 + HBR 278 02 21	12,8	11,1	0,06	0,007	< 0,007
Fr, 08.10.2021	Sa, 09.10.2021	HBR 279 02 21 + HBR 280 02 21	11,0	24,8	0,12	0,018	< 0,007
So, 10.10.2021	Mo, 11.10.2021	HBR 281 02 21 + HBR 282 02 21	11,2	21,3	0,11	0,017	< 0,007
Di, 12.10.2021	Mi, 13.10.2021	HBR 283 02 21 + HBR 284 02 21	11,1	7,7	0,04	0,006	< 0,007
Do, 14.10.2021	Fr, 15.10.2021	HBR 285 02 21 + HBR 286 02 21	11,9	11,2	0,04	0,007	< 0,007
Sa, 16.10.2021	So, 17.10.2021	HBR 287 02 21 + HBR 288 02 21	11,8	14,4	0,08	0,012	< 0,007
Mo, 18.10.2021	Di, 19.10.2021	HBR 289 02 21 + HBR 290 02 21	14,3	16,0	0,10	0,015	< 0,007
Mi, 20.10.2021	Do, 21.10.2021	HBR 291 02 21 + HBR 292 02 21	10,6	8,8	0,03	< 0,005	< 0,007
Fr, 22.10.2021	Sa, 23.10.2021	HBR 293 02 21 + HBR 294 02 21	8,4	10,1	0,07	0,011	< 0,007
So, 24.10.2021	Mo, 25.10.2021	HBR 295 02 21 + HBR 296 02 21	10,3	13,3	0,14	0,021	0,008
Di, 26.10.2021	Mi, 27.10.2021	HBR 297 02 21 + HBR 298 02 21	13,4	15,0	0,06	0,010	< 0,007
Do, 28.10.2021	Fr, 29.10.2021	HBR 299 02 21 + HBR 300 02 21	11,7	14,1	0,08	0,014	< 0,007
Sa, 30.10.2021	So, 31.10.2021	HBR 301 02 21 + HBR 302 02 21	12,4	12,7	0,12	0,022	< 0,007
Mo, 01.11.2021	Di, 02.11.2021	HBR 303 02 21 + HBR 304 02 21	9,8	12,6	0,11	0,018	< 0,006
Mi, 03.11.2021	Do, 04.11.2021	HBR 305 02 21 + HBR 306 02 21	8,8	16,4	0,15	0,025	0,007
Fr, 05.11.2021	Sa, 06.11.2021	HBR 307 02 21 + HBR 308 02 21	9,3	11,2	0,10	0,016	< 0,006
So, 07.11.2021	Mo, 08.11.2021	HBR 309 02 21 + HBR 310 02 21	9,3	9,6	0,08	0,015	< 0,006
Di, 09.11.2021	Mi, 10.11.2021	HBR 311 02 21 + HBR 312 02 21	9,4	22,1	0,17	0,027	0,008
Do, 11.11.2021	Fr, 12.11.2021	HBR 313 02 21 + HBR 314 02 21	8,7	29,5	0,22	0,033	0,012
Sa, 13.11.2021	So, 14.11.2021	HBR 315 02 21 + HBR 316 02 21	7,4	19,7	0,26	0,044	0,015
Mo, 15.11.2021	Di, 16.11.2021	HBR 317 02 21 + HBR 318 02 21	5,8	25,7	0,20	0,031	0,010
Mi, 17.11.2021	Do, 18.11.2021	HBR 319 02 21 + HBR 320 02 21	9,4	16,0	0,11	0,020	< 0,006
Fr, 19.11.2021	Sa, 20.11.2021	HBR 321 02 21 + HBR 322 02 21	10,7	15,0	0,07	0,011	< 0,006
So, 21.11.2021	Mo, 22.11.2021	HBR 323 02 21 + HBR 324 02 21	6,9	8,9	0,14	0,022	< 0,006

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	Levogluco-san (µg/m³)	Manno-san (µg/m³)	Galacto-san (µg/m³)
Di, 23.11.2021	Mi, 24.11.2021	HBR 325 02 21 + HBR 326 02 21	7,3	9,7	0,13	0,023	0,007
Do, 25.11.2021	Fr, 26.11.2021	HBR 327 02 21 + HBR 328 02 21	4,4	16,8	0,17	0,025	0,008
Sa, 27.11.2021	So, 28.11.2021	HBR 329 02 21 + HBR 330 02 21	3,8	10,3	0,18	0,027	0,008
Mo, 29.11.2021	Di, 30.11.2021	HBR 331 02 21 + HBR 332 02 21	5,7	10,7	0,11	0,019	< 0,006
Mi, 01.12.2021	Do, 02.12.2021	HBR 333 02 21 + HBR 334 02 21	3,2	6,1	0,11	0,017	< 0,006
Fr, 03.12.2021	Sa, 04.12.2021	HBR 335 02 21 + HBR 336 02 21	2,7	11,9	0,37	0,031	0,010
So, 05.12.2021	Mo, 06.12.2021	HBR 337 02 21 + HBR 338 02 21	1,9	18,0	0,34	0,053	0,015
Di, 07.12.2021	Mi, 08.12.2021	HBR 339 02 21 + HBR 340 02 21	2,6	15,2	0,22	0,040	0,010
Do, 09.12.2021	Fr, 10.12.2021	HBR 341 02 21 + HBR 342 02 21	3,2	18,4	0,27	0,042	0,012
Sa, 11.12.2021	So, 12.12.2021	HBR 343 02 21 + HBR 344 02 21	6,3	19,3	0,29	0,047	0,012
Mo, 13.12.2021	Di, 14.12.2021	HBR 345 02 21 + HBR 346 02 21	9,2	17,6	0,20	0,039	0,009
Mi, 15.12.2021	Do, 16.12.2021	HBR 347 02 21 + HBR 348 02 21	9,3	18,5	0,18	0,030	0,008
Fr, 17.12.2021	Sa, 18.12.2021	HBR 349 02 21 + HBR 350 02 21	7,9	8,3	0,08	0,022	< 0,006
So, 19.12.2021	Mo, 20.12.2021	HBR 351 02 21 + HBR 352 02 21	3,3	19,0	0,24	0,034	0,012
Di, 21.12.2021	Mi, 22.12.2021	HBR 353 02 21 + HBR 354 02 21	-1,8	22,4	0,58	0,081	0,023
Do, 23.12.2021	Fr, 24.12.2021	HBR 355 02 21 + HBR 356 02 21	0,8	14,7	0,34	0,068	0,013
Sa, 25.12.2021	So, 26.12.2021	HBR 357 02 21 + HBR 358 02 21	-3,7	11,0	0,73	0,072	0,023
Mo, 27.12.2021	Di, 28.12.2021	HBR 359 02 21 + HBR 360 02 21	3,9	15,9	0,40	0,068	0,019
Mi, 29.12.2021	Do, 30.12.2021	HBR 361 02 21 + HBR 362 02 21	10,3	11,7	0,14	0,023	0,007
Fr, 31.12.2021	Sa, 00.01.1900	HBR 363 02 21	12,2	9,8	0,10	0,018	< 0,013

n.a.: aus messtechnischen Gründen nicht analysierbar

Messwerte für Mannosan und Galactosan sind aufgrund von messtechnischen Störungen im Januar und Februar 2021 mit erhöhten Messunsicherheiten versehen.

Ostern: 04./05.04.2021, Himmelfahrt: 13.05.2021, Pfingsten: 23./24.05.2021

Tabelle A2: Temperatur und Konzentrationen von PM10 (Mittelwert), PM10 aus der Holzverbrennung (PM10 Holz), dem prozentualen Anteil von PM10 aus der Holzverbrennung sowie dem verbleibendem PM10 (PM10 Rest) in den Zweitagesmischproben am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	PM10 Rest (µg/m³)	PM10 Holz (µg/m³)	PM10 Holz (%)
Fr, 01.01.2021	Sa, 02.01.2021	HBR 349 02 20 + HBR 350 02 20	4,0	29,0	22,9	6,1	21
So, 03.01.2021	Mo, 04.01.2021	HBR 001 02 21 + HBR 002 02 21	2,8	10,1	7,7	2,4	24
Di, 05.01.2021	Mi, 06.01.2021	HBR 003 02 21 + HBR 004 02 21	1,9	5,4	3,4	1,9	36
Do, 07.01.2021	Fr, 08.01.2021	HBR 005 02 21 + HBR 006 02 21	1,4	6,2	4,1	2,1	34
Sa, 09.01.2021	So, 10.01.2021	HBR 007 02 21 + HBR 008 02 21	2,3	14,0	10,7	3,3	24
Mo, 11.01.2021	Di, 12.01.2021	HBR 009 02 21 + HBR 010 02 21	3,5	13,6	12,1	1,5	11
Mi, 13.01.2021	Do, 14.01.2021	HBR 011 02 21 + HBR 012 02 21	1,3	8,8	6,2	2,6	29
Fr, 15.01.2021	Sa, 16.01.2021	HBR 013 02 21 + HBR 014 02 21	0,1	13,9	10,1	3,8	27
So, 17.01.2021	Mo, 18.01.2021	HBR 015 02 21 + HBR 016 02 21	3,4	18,8	15,9	2,9	15
Di, 19.01.2021	Mi, 20.01.2021	HBR 017 02 21 + HBR 018 02 21	7,4	6,9	5,7	1,3	18
Do, 21.01.2021	Fr, 22.01.2021	HBR 019 02 21 + HBR 020 02 21	5,1	5,6	4,7	0,9	16
Sa, 23.01.2021	So, 24.01.2021	HBR 021 02 21 + HBR 022 02 21	2,5	18,3	13,3	5,0	27
Mo, 25.01.2021	Di, 26.01.2021	HBR 023 02 21 + HBR 024 02 21	2,2	21,0	18,3	2,8	13
Mi, 27.01.2021	Do, 28.01.2021	HBR 025 02 21 + HBR 026 02 21	1,6	11,7	9,7	2,1	18
Fr, 29.01.2021	Sa, 30.01.2021	HBR 027 02 21 + HBR 028 02 21	-1,9	9,5	6,2	3,3	35
So, 31.01.2021	Mo, 01.02.2021	HBR 029 02 21 + HBR 030 02 21	-2,1	24,3	18,6	5,7	24
Di, 02.02.2021	Mi, 03.02.2021	HBR 031 02 21 + HBR 032 02 21	2,2	26,0	22,3	3,7	14
Do, 04.02.2021	Fr, 05.02.2021	HBR 033 02 21 + HBR 034 02 21	1,5	12,7	10,8	2,0	15
Sa, 06.02.2021	So, 07.02.2021	HBR 035 02 21 + HBR 036 02 21	-2,7	10,0	8,2	1,8	18
Mo, 08.02.2021	Di, 09.02.2021	HBR 037 02 21 + HBR 038 02 21	-3,4	10,0	6,6	3,5	35
Mi, 10.02.2021	Do, 11.02.2021	HBR 039 02 21 + HBR 040 02 21	-3,6	10,9	6,3	4,6	42
Fr, 12.02.2021	Sa, 13.02.2021	HBR 041 02 21 + HBR 042 02 21	-4,7	21,4	16,1	5,3	25
So, 14.02.2021	Mo, 15.02.2021	HBR 043 02 21 + HBR 044 02 21	-0,5	20,3	15,6	4,6	23
Di, 16.02.2021	Mi, 17.02.2021	HBR 045 02 21 + HBR 046 02 21	6,9	22,9	20,4	2,5	11
Do, 18.02.2021	Fr, 19.02.2021	HBR 047 02 21 + HBR 048 02 21	8,2	12,1	10,6	1,5	12

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	PM10 Rest (µg/m³)	PM10 Holz (µg/m³)	PM10 Holz (%)
Sa, 20.02.2021	So, 21.02.2021	HBR 049 02 21 + HBR 050 02 21	11,0	20,8	18,2	2,6	12
Mo, 22.02.2021	Di, 23.02.2021	HBR 051 02 21 + HBR 052 02 21	13,4	29,5	27,8	1,7	6
Mi, 24.02.2021	Do, 25.02.2021	HBR 053 02 21 + HBR 054 02 21	12,2	34,2	33,0	1,2	4
Fr, 26.02.2021	Sa, 27.02.2021	HBR 055 02 21 + HBR 056 02 21	6,6	18,3	16,9	1,4	8
So, 28.02.2021	Mo, 01.03.2021	HBR 057 02 21 + HBR 058 02 21	5,2	12,8	11,4	1,4	11
Di, 02.03.2021	Mi, 03.03.2021	HBR 059 02 21 + HBR 060 02 21	5,9	31,4	29,2	2,2	7
Do, 04.03.2021	Fr, 05.03.2021	HBR 061 02 21 + HBR 062 02 21	3,3	13,2	10,7	2,5	19
Sa, 06.03.2021	So, 07.03.2021	HBR 063 02 21 + HBR 064 02 21	3,9	11,5	10,5	1,0	9
Mo, 08.03.2021	Di, 09.03.2021	HBR 065 02 21 + HBR 066 02 21	3,1	13,9	12,8	1,1	8
Mi, 10.03.2021	Do, 11.03.2021	HBR 067 02 21 + HBR 068 02 21	6,5	18,1	17,3	0,8	5
Fr, 12.03.2021	Sa, 13.03.2021	HBR 069 02 21 + HBR 070 02 21	5,5	6,1	5,7	0,4	6
So, 14.03.2021	Mo, 15.03.2021	HBR 071 02 21 + HBR 072 02 21	5,3	9,4	9,0	0,4	4
Di, 16.03.2021	Mi, 17.03.2021	HBR 073 02 21 + HBR 074 02 21	4,9	13,3	11,9	1,4	10
Do, 18.03.2021	Fr, 19.03.2021	HBR 075 02 21 + HBR 076 02 21	3,4	12,6	11,5	1,2	9
Sa, 20.03.2021	So, 21.03.2021	HBR 077 02 21 + HBR 078 02 21	5,3	14,8	13,9	0,9	6
Mo, 22.03.2021	Di, 23.03.2021	HBR 079 02 21 + HBR 080 02 21	8,1	18,8	17,7	1,1	6
Mi, 24.03.2021	Do, 25.03.2021	HBR 081 02 21 + HBR 082 02 21	10,8	48,5	47,7	0,8	2
Fr, 26.03.2021	Sa, 27.03.2021	HBR 083 02 21 + HBR 084 02 21	8,3	18,8	17,5	1,3	7
So, 28.03.2021	Mo, 29.03.2021	HBR 085 02 21 + HBR 086 02 21	13,4	14,2	13,4	0,8	6
Di, 30.03.2021	Mi, 31.03.2021	HBR 087 02 21 + HBR 088 02 21	15,1	32,2	30,2	2,0	6
Do, 01.04.2021	Fr, 02.04.2021	HBR 089 02 21 + HBR 090 02 21	7,8	22,5	21,3	1,2	5
Sa, 03.04.2021	So, 04.04.2021	HBR 091 02 21 + HBR 092 02 21	6,3	17,5	16,5	1,0	6
Mo, 05.04.2021	Di, 06.04.2021	HBR 093 02 21 + HBR 094 02 21	2,4	7,2	6,7	0,5	7
Mi, 07.04.2021	Do, 08.04.2021	HBR 095 02 21 + HBR 096 02 21	5,0	8,8	8,3	0,5	5
Fr, 09.04.2021	Sa, 10.04.2021	HBR 097 02 21 + HBR 098 02 21	6,8	12,9	12,2	0,8	6
So, 11.04.2021	Mo, 12.04.2021	HBR 099 02 21 + HBR 100 02 21	5,5	5,7	5,3	0,5	8
Di, 13.04.2021	Mi, 14.04.2021	HBR 101 02 21 + HBR 102 02 21	5,8	7,1	5,9	1,2	17
Do, 15.04.2021	Fr, 16.04.2021	HBR 103 02 21 + HBR 104 02 21	8,4	9,0	7,6	1,4	15

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	PM10 Rest (µg/m³)	PM10 Holz (µg/m³)	PM10 Holz (%)
Sa, 17.04.2021	So, 18.04.2021	HBR 105 02 21 + HBR 106 02 21	11,1	12,7	11,6	1,1	9
Mo, 19.04.2021	Di, 20.04.2021	HBR 107 02 21 + HBR 108 02 21	11,5	16,6	16,1	0,5	3
Mi, 21.04.2021	Do, 22.04.2021	HBR 109 02 21 + HBR 110 02 21	8,2	17,6	17,3	0,3	1
Fr, 23.04.2021	Sa, 24.04.2021	HBR 111 02 21 + HBR 112 02 21	8,4	13,0	12,6	0,4	3
So, 25.04.2021	Mo, 26.04.2021	HBR 113 02 21 + HBR 114 02 21	8,6	9,1	8,2	0,8	9
Di, 27.04.2021	Mi, 28.04.2021	HBR 115 02 21 + HBR 116 02 22	10,7	16,8	16,4	0,4	2
Do, 29.04.2021	Fr, 30.04.2021	HBR 117 02 21 + HBR 118 02 21	10,5	17,1	16,2	1,0	6
Sa, 01.05.2021	So, 02.05.2021	HBR 119 02 21 + HBR 120 02 21	8,5	15,9	14,6	1,3	8
Mo, 03.05.2021	Di, 04.05.2021	HBR 121 02 21 + HBR 122 02 21	7,8	8,5	8,0	0,5	6
Mi, 05.05.2021	Do, 06.05.2021	HBR 123 02 21 + HBR 124 02 21	8,0	8,0	7,7	0,3	4
Fr, 07.05.2021	Sa, 08.05.2021	HBR 125 02 21 + HBR 126 02 21	12,4	8,9	8,4	0,5	5
So, 09.05.2021	Mo, 10.05.2021	HBR 127 02 21 + HBR 128 02 21	19,0	9,9	9,7	0,2	2
Di, 11.05.2021	Mi, 12.05.2021	HBR 129 02 21 + HBR 130 02 21	13,8	8,0	7,6	0,5	6
Do, 13.05.2021	Fr, 14.05.2021	HBR 131 02 21 + HBR 132 02 21	12,2	12,0	11,5	0,5	4
Sa, 15.05.2021	So, 16.05.2021	HBR 133 02 21 + HBR 134 02 21	13,1	11,0	10,5	0,6	5
Mo, 17.05.2021	Di, 18.05.2021	HBR 135 02 21 + HBR 136 02 21	13,1	7,3	7,0	0,3	5
Mi, 19.05.2021	Do, 20.05.2021	HBR 137 02 21 + HBR 138 02 21	13,4	9,6	9,2	0,4	4
Fr, 21.05.2021	Sa, 22.05.2021	HBR 139 02 21 + HBR 140 02 21	11,8	5,9	5,6	0,2	4
So, 23.05.2021	Mo, 24.05.2021	HBR 141 02 21 + HBR 142 02 21	13,2	7,7	7,1	0,6	7
Di, 25.05.2021	Mi, 26.05.2021	HBR 143 02 21 + HBR 144 02 21	11,6	6,9	6,6	0,3	5
Do, 27.05.2021	Fr, 28.05.2021	HBR 145 02 21 + HBR 146 02 21	12,3	10,3	10,2	0,1	1
Sa, 29.05.2021	So, 30.05.2021	HBR 147 02 21 + HBR 148 02 21	14,4	13,6	12,7	1,0	7
Mo, 31.05.2021	Di, 01.06.2021	HBR 149 02 21 + HBR 150 02 21	19,0	13,8	13,6	0,2	2
Mi, 02.06.2021	Do, 03.06.2021	HBR 151 02 21 + HBR 152 02 21	20,0	16,5	16,3	0,2	1
Fr, 04.06.2021	Sa, 05.06.2021	HBR 153 02 21 + HBR 154 02 21	19,2	22,6	22,0	0,5	2
So, 06.06.2021	Mo, 07.06.2021	HBR 155 02 21 + HBR 156 02 21	17,3	20,4	20,3	0,2	1
Di, 08.06.2021	Mi, 09.06.2021	HBR 157 02 21 + HBR 158 02 21	21,6	11,3	11,2	0,1	1
Do, 10.06.2021	Fr, 11.06.2021	HBR 159 02 21 + HBR 160 02 21	21,2	13,9	13,6	0,3	2

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	PM10 Rest (µg/m³)	PM10 Holz (µg/m³)	PM10 Holz (%)
Sa, 12.06.2021	So, 13.06.2021	HBR 161 02 21 + HBR 162 02 21	18,6	13,4	13,2	0,2	1
Mo, 14.06.2021	Di, 15.06.2021	HBR 163 02 21 + HBR 164 02 21	19,8	15,6	15,5	0,1	1
Mi, 16.06.2021	Do, 17.06.2021	HBR 165 02 21 + HBR 166 02 21	25,8	20,3	20,3	0,1	0
Fr, 18.06.2021	Sa, 19.06.2021	HBR 167 02 21 + HBR 168 02 21	24,5	20,6	20,4	0,1	1
So, 20.06.2021	Mo, 21.06.2021	HBR 169 02 21 + HBR 170 02 21	16,1	8,0	7,5	0,5	6
Di, 22.06.2021	Mi, 23.06.2021	HBR 171 02 21 + HBR 172 02 21	16,4	14,5	13,7	0,8	5
Do, 24.06.2021	Fr, 25.06.2021	HBR 173 02 21 + HBR 174 02 21	19,5	12,3	12,1	0,2	2
Sa, 26.06.2021	So, 27.06.2021	HBR 175 02 21 + HBR 176 02 21	22,4	18,4	17,7	0,8	4
Mo, 28.06.2021	Di, 29.06.2021	HBR 177 02 21 + HBR 178 02 21	20,2	14,8	14,7	0,1	1
Mi, 30.06.2021	Do, 01.07.2021	HBR 179 02 21 + HBR 180 02 21	18,1	13,9	13,8	0,1	1
Fr, 02.07.2021	Sa, 03.07.2021	HBR 181 02 21 + HBR 182 02 21	20,1	14,8	14,4	0,4	2
So, 04.07.2021	Mo, 05.07.2021	HBR 183 02 21 + HBR 184 02 21	20,1	12,0	11,7	0,3	3
Di, 06.07.2021	Mi, 07.07.2021	HBR 185 02 21 + HBR 186 02 21	21,5	12,0	11,9	0,1	1
Do, 08.07.2021	Fr, 09.07.2021	HBR 187 02 21 + HBR 188 02 21	19,7	12,4	12,2	0,2	1
Sa, 10.07.2021	So, 11.07.2021	HBR 189 02 21 + HBR 190 02 21	21,0	12,6	12,2	0,4	3
Mo, 12.07.2021	Di, 13.07.2021	HBR 191 02 21 + HBR 192 02 21	22,8	17,1	16,9	0,2	1
Mi, 14.07.2021	Do, 15.07.2021	HBR 193 02 21 + HBR 194 02 21	21,5	17,8	17,6	0,2	1
Fr, 16.07.2021	Sa, 17.07.2021	HBR 195 02 21 + HBR 196 02 21	20,6	19,5	19,3	0,2	1
So, 18.07.2021	Mo, 19.07.2021	HBR 197 02 21 + HBR 198 02 21	18,7	12,5	12,3	0,2	2
Di, 20.07.2021	Mi, 21.07.2021	HBR 199 02 21 + HBR 200 02 21	19,3	12,3	12,1	0,2	2
Do, 22.07.2021	Fr, 23.07.2021	HBR 201 02 21 + HBR 202 02 21	18,6	11,2	11,0	0,2	2
Sa, 24.07.2021	So, 25.07.2021	HBR 203 02 21 + HBR 204 02 21	22,2	17,0	16,4	0,5	3
Mo, 26.07.2021	Di, 27.07.2021	HBR 205 02 21 + HBR 206 02 21	21,7	12,9	12,7	0,2	2
Mi, 28.07.2021	Do, 29.07.2021	HBR 207 02 21 + HBR 208 02 21	19,4	13,3	13,1	0,1	1
Fr, 30.07.2021	Sa, 31.07.2021	HBR 209 02 21 + HBR 210 02 21	18,0	12,9	12,8	0,1	1
So, 01.08.2021	Mo, 02.08.2021	HBR 211 02 21 + HBR 212 02 21	17,1	8,7	8,5	0,2	2
Di, 03.08.2021	Mi, 04.08.2021	HBR 213 02 21 + HBR 214 02 21	17,5	7,3	7,1	0,2	3
Do, 05.08.2021	Fr, 06.08.2021	HBR 215 02 21	18,5	10,4	10,3	0,1	1

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	PM10 Rest (µg/m³)	PM10 Holz (µg/m³)	PM10 Holz (%)
Sa, 07.08.2021	So, 08.08.2021	HBR 217 02 21 + HBR 218 02 21	18,0	7,9	7,7	0,2	3
Mo, 09.08.2021	Di, 10.08.2021	HBR 219 02 21 + HBR 220 02 21	17,4	9,5	9,3	0,2	2
Mi, 11.08.2021	Do, 12.08.2021	HBR 221 02 21 + HBR 222 02 21	21,6	13,7	13,1	0,6	5
Fr, 13.08.2021	Sa, 14.08.2021	HBR 223 02 21 + HBR 224 02 21	21,4	17,0	16,5	0,6	3
So, 15.08.2021	Mo, 16.08.2021	HBR 225 02 21 + HBR 226 02 21	17,6	11,2	11,1	0,2	2
Di, 17.08.2021	Mi, 18.08.2021	HBR 227 02 21 + HBR 228 02 21	16,9	9,0	8,8	0,2	2
Do, 19.08.2021	Fr, 20.08.2021	HBR 229 02 21 + HBR 230 02 21	18,2	10,3	10,0	0,3	3
Sa, 21.08.2021	So, 22.08.2021	HBR 231 02 21 + HBR 232 02 21	17,6	10,2	9,6	0,6	6
Mo, 23.08.2021	Di, 24.08.2021	HBR 233 02 21 + HBR 234 02 21	17,3	9,3	9,1	0,3	3
Mi, 25.08.2021	Do, 26.08.2021	HBR 235 02 21 + HBR 236 02 21	16,1	12,1	11,9	0,3	2
Fr, 27.08.2021	Sa, 28.08.2021	HBR 237 02 21 + HBR 238 02 21	15,5	6,9	6,5	0,4	6
So, 29.08.2021	Mo, 30.08.2021	HBR 239 02 21 + HBR 240 02 21	17,2	10,4	10,0	0,4	4
Di, 31.08.2021	Mi, 01.09.2021	HBR 241 02 21 + HBR 242 02 21	17,6	14,9	14,6	0,3	2
Do, 02.09.2021	Fr, 03.09.2021	HBR 243 02 21 + HBR 244 02 21	16,6	16,9	16,6	0,4	2
Sa, 04.09.2021	So, 05.09.2021	HBR 245 02 21 + HBR 246 02 21	16,5	12,2	11,2	1,0	8
Mo, 06.09.2021	Di, 07.09.2021	HBR 247 02 21 + HBR 248 02 21	18,7	18,1	17,3	0,8	4
Mi, 08.09.2021	Do, 09.09.2021	HBR 249 02 21 + HBR 250 02 21	20,6	19,6	19,2	0,5	2
Fr, 10.09.2021	Sa, 11.09.2021	HBR 251 02 21 + HBR 252 02 21	19,5	16,5	16,2	0,3	2
So, 12.09.2021	Mo, 13.09.2021	HBR 253 02 21 + HBR 254 02 21	17,7	12,4	12,2	0,2	2
Di, 14.09.2021	Mi, 15.09.2021	HBR 255 02 21 + HBR 256 02 21	17,5	13,4	13,1	0,3	2
Do, 16.09.2021	Fr, 17.09.2021	HBR 257 02 21 + HBR 258 02 21	15,8	7,6	7,3	0,3	4
Sa, 18.09.2021	So, 19.09.2021	HBR 259 02 21 + HBR 260 02 21	13,7	6,7	5,9	0,8	12
Mo, 20.09.2021	Di, 21.09.2021	HBR 261 02 21 + HBR 262 02 21	14,7	9,8	9,2	0,6	6
Mi, 22.09.2021	Do, 23.09.2021	HBR 263 02 21 + HBR 264 02 21	15,6	18,1	17,8	0,3	2
Fr, 24.09.2021	Sa, 25.09.2021	HBR 265 02 21 + HBR 266 02 21	18,2	14,7	14,1	0,5	4
So, 26.09.2021	Mo, 27.09.2021	HBR 267 02 21 + HBR 268 02 21	18,2	16,3	15,6	0,7	4
Di, 28.09.2021	Mi, 29.09.2021	HBR 269 02 21 + HBR 270 02 21	13,1	9,4	8,9	0,5	5
Do, 30.09.2021	Fr, 01.10.2021	HBR 271 02 21 + HBR 272 02 21	14,3	10,5	10,2	0,3	3

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	PM10 Rest (µg/m³)	PM10 Holz (µg/m³)	PM10 Holz (%)
Sa, 02.10.2021	So, 03.10.2021	HBR 273 02 21 + HBR 274 02 21	15,9	9,3	9,0	0,3	4
Mo, 04.10.2021	Di, 05.10.2021	HBR 275 02 21 + HBR 276 02 21	12,8	7,9	7,5	0,5	6
Mi, 06.10.2021	Do, 07.10.2021	HBR 277 02 21 + HBR 278 02 21	12,8	11,1	10,4	0,7	7
Fr, 08.10.2021	Sa, 09.10.2021	HBR 279 02 21 + HBR 280 02 21	11,0	24,8	23,2	1,6	6
So, 10.10.2021	Mo, 11.10.2021	HBR 281 02 21 + HBR 282 02 21	11,2	21,3	19,8	1,5	7
Di, 12.10.2021	Mi, 13.10.2021	HBR 283 02 21 + HBR 284 02 21	11,1	7,7	7,1	0,6	7
Do, 14.10.2021	Fr, 15.10.2021	HBR 285 02 21 + HBR 286 02 21	11,9	11,2	10,7	0,5	5
Sa, 16.10.2021	So, 17.10.2021	HBR 287 02 21 + HBR 288 02 21	11,8	14,4	13,4	1,0	7
Mo, 18.10.2021	Di, 19.10.2021	HBR 289 02 21 + HBR 290 02 21	14,3	16,0	14,7	1,3	8
Mi, 20.10.2021	Do, 21.10.2021	HBR 291 02 21 + HBR 292 02 21	10,6	8,8	8,5	0,3	4
Fr, 22.10.2021	Sa, 23.10.2021	HBR 293 02 21 + HBR 294 02 21	8,4	10,1	9,2	0,9	9
So, 24.10.2021	Mo, 25.10.2021	HBR 295 02 21 + HBR 296 02 21	10,3	13,3	11,6	1,8	13
Di, 26.10.2021	Mi, 27.10.2021	HBR 297 02 21 + HBR 298 02 21	13,4	15,0	14,2	0,8	5
Do, 28.10.2021	Fr, 29.10.2021	HBR 299 02 21 + HBR 300 02 21	11,7	14,1	13,1	1,0	7
Sa, 30.10.2021	So, 31.10.2021	HBR 301 02 21 + HBR 302 02 21	12,4	12,7	11,2	1,5	12
Mo, 01.11.2021	Di, 02.11.2021	HBR 303 02 21 + HBR 304 02 21	9,8	12,6	11,2	1,4	11
Mi, 03.11.2021	Do, 04.11.2021	HBR 305 02 21 + HBR 306 02 21	8,8	16,4	14,4	2,0	12
Fr, 05.11.2021	Sa, 06.11.2021	HBR 307 02 21 + HBR 308 02 21	9,3	11,2	9,9	1,3	12
So, 07.11.2021	Mo, 08.11.2021	HBR 309 02 21 + HBR 310 02 21	9,3	9,6	8,5	1,1	11
Di, 09.11.2021	Mi, 10.11.2021	HBR 311 02 21 + HBR 312 02 21	9,4	22,1	19,8	2,2	10
Do, 11.11.2021	Fr, 12.11.2021	HBR 313 02 21 + HBR 314 02 21	8,7	29,5	26,7	2,8	10
Sa, 13.11.2021	So, 14.11.2021	HBR 315 02 21 + HBR 316 02 21	7,4	19,7	16,4	3,4	17
Mo, 15.11.2021	Di, 16.11.2021	HBR 317 02 21 + HBR 318 02 21	5,8	25,7	23,1	2,6	10
Mi, 17.11.2021	Do, 18.11.2021	HBR 319 02 21 + HBR 320 02 21	9,4	16,0	14,7	1,4	9
Fr, 19.11.2021	Sa, 20.11.2021	HBR 321 02 21 + HBR 322 02 21	10,7	15,0	14,1	0,9	6
So, 21.11.2021	Mo, 22.11.2021	HBR 323 02 21 + HBR 324 02 21	6,9	8,9	7,0	1,8	21
Di, 23.11.2021	Mi, 24.11.2021	HBR 325 02 21 + HBR 326 02 21	7,3	9,7	8,1	1,6	17
Do, 25.11.2021	Fr, 26.11.2021	HBR 327 02 21 + HBR 328 02 21	4,4	16,8	14,6	2,2	13

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	PM10 Rest (µg/m³)	PM10 Holz (µg/m³)	PM10 Holz (%)
Sa, 27.11.2021	So, 28.11.2021	HBR 329 02 21 + HBR 330 02 21	3,8	10,3	8,0	2,3	22
Mo, 29.11.2021	Di, 30.11.2021	HBR 331 02 21 + HBR 332 02 21	5,7	10,7	9,2	1,5	14
Mi, 01.12.2021	Do, 02.12.2021	HBR 333 02 21 + HBR 334 02 21	3,2	6,1	4,7	1,4	23
Fr, 03.12.2021	Sa, 04.12.2021	HBR 335 02 21 + HBR 336 02 21	2,7	11,9	7,1	4,8	40
So, 05.12.2021	Mo, 06.12.2021	HBR 337 02 21 + HBR 338 02 21	1,9	18,0	13,6	4,4	25
Di, 07.12.2021	Mi, 08.12.2021	HBR 339 02 21 + HBR 340 02 21	2,6	15,2	12,4	2,8	19
Do, 09.12.2021	Fr, 10.12.2021	HBR 341 02 21 + HBR 342 02 21	3,2	18,4	14,9	3,6	19
Sa, 11.12.2021	So, 12.12.2021	HBR 343 02 21 + HBR 344 02 21	6,3	19,3	15,5	3,7	19
Mo, 13.12.2021	Di, 14.12.2021	HBR 345 02 21 + HBR 346 02 21	9,2	17,6	15,0	2,6	15
Mi, 15.12.2021	Do, 16.12.2021	HBR 347 02 21 + HBR 348 02 21	9,3	18,5	16,2	2,3	13
Fr, 17.12.2021	Sa, 18.12.2021	HBR 349 02 21 + HBR 350 02 21	7,9	8,3	7,2	1,1	13
So, 19.12.2021	Mo, 20.12.2021	HBR 351 02 21 + HBR 352 02 21	3,3	19,0	15,9	3,1	16
Di, 21.12.2021	Mi, 22.12.2021	HBR 353 02 21 + HBR 354 02 21	-1,8	22,4	14,9	7,5	34
Do, 23.12.2021	Fr, 24.12.2021	HBR 355 02 21 + HBR 356 02 21	0,8	14,7	10,2	4,4	30
Sa, 25.12.2021	So, 26.12.2021	HBR 357 02 21 + HBR 358 02 21	-3,7	11,0	1,5	9,5	86
Mo, 27.12.2021	Di, 28.12.2021	HBR 359 02 21 + HBR 360 02 21	3,9	15,9	10,7	5,2	33
Mi, 29.12.2021	Do, 30.12.2021	HBR 361 02 21 + HBR 362 02 21	10,3	11,7	9,9	1,8	16
Fr, 31.12.2021	Sa, 00.01.1900	HBR 363 02 21	12,2	9,8	8,5	1,3	13

Ostern. 04./05.04.2021, Himmelfahrt: 13.05.2021, Pfingsten: 23./24.05.2021

Tabelle A3: Verhältnisse von Levoglucosan zu Mannosan und von Mannosan zu Galactosan in den Zweitagesmischproben am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Levoglucosan/Mannosan	Mannosan/Galactosan
Fr, 01.01.2021	Sa, 02.01.2021	HBR 349 02 20 + HBR 350 02 20	4,7	-
So, 03.01.2021	Mo, 04.01.2021	HBR 001 02 21 + HBR 002 02 21	4,1	3,2
Di, 05.01.2021	Mi, 06.01.2021	HBR 003 02 21 + HBR 004 02 21	4,8	2,8
Do, 07.01.2021	Fr, 08.01.2021	HBR 005 02 21 + HBR 006 02 21	5,8	2,2
Sa, 09.01.2021	So, 10.01.2021	HBR 007 02 21 + HBR 008 02 21	7,2	2,1
Mo, 11.01.2021	Di, 12.01.2021	HBR 009 02 21 + HBR 010 02 21	5,3	-
Mi, 13.01.2021	Do, 14.01.2021	HBR 011 02 21 + HBR 012 02 21	6,9	-
Fr, 15.01.2021	Sa, 16.01.2021	HBR 013 02 21 + HBR 014 02 21	6,2	-
So, 17.01.2021	Mo, 18.01.2021	HBR 015 02 21 + HBR 016 02 21	5,7	-
Di, 19.01.2021	Mi, 20.01.2021	HBR 017 02 21 + HBR 018 02 21	6,1	-
Do, 21.01.2021	Fr, 22.01.2021	HBR 019 02 21 + HBR 020 02 21	6,2	-
Sa, 23.01.2021	So, 24.01.2021	HBR 021 02 21 + HBR 022 02 21	5,6	3,6
Mo, 25.01.2021	Di, 26.01.2021	HBR 023 02 21 + HBR 024 02 21	5,4	1,8
Mi, 27.01.2021	Do, 28.01.2021	HBR 025 02 21 + HBR 026 02 21	5,1	2,2
Fr, 29.01.2021	Sa, 30.01.2021	HBR 027 02 21 + HBR 028 02 21	4,9	2,4
So, 31.01.2021	Mo, 01.02.2021	HBR 029 02 21 + HBR 030 02 21	3,3	8,9
Di, 02.02.2021	Mi, 03.02.2021	HBR 031 02 21 + HBR 032 02 21	4,2	4,4
Do, 04.02.2021	Fr, 05.02.2021	HBR 033 02 21 + HBR 034 02 21	7,1	2,9
Sa, 06.02.2021	So, 07.02.2021	HBR 035 02 21 + HBR 036 02 21	6,0	3,7
Mo, 08.02.2021	Di, 09.02.2021	HBR 037 02 21 + HBR 038 02 21	5,7	4,1
Mi, 10.02.2021	Do, 11.02.2021	HBR 039 02 21 + HBR 040 02 21	4,0	4,7
Fr, 12.02.2021	Sa, 13.02.2021	HBR 041 02 21 + HBR 042 02 21	4,9	3,6
So, 14.02.2021	Mo, 15.02.2021	HBR 043 02 21 + HBR 044 02 21	6,0	3,8
Di, 16.02.2021	Mi, 17.02.2021	HBR 045 02 21 + HBR 046 02 21	6,6	8,8
Do, 18.02.2021	Fr, 19.02.2021	HBR 047 02 21 + HBR 048 02 21	6,5	5,3
Sa, 20.02.2021	So, 21.02.2021	HBR 049 02 21 + HBR 050 02 21	5,8	4,4
Mo, 22.02.2021	Di, 23.02.2021	HBR 051 02 21 + HBR 052 02 21	6,4	6,3

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Levoglucosan/Mannosan	Mannosan/Galactosan
Mi, 24.02.2021	Do, 25.02.2021	HBR 053 02 21 + HBR 054 02 21	4,5	6,3
Fr, 26.02.2021	Sa, 27.02.2021	HBR 055 02 21 + HBR 056 02 21	4,8	6,8
So, 28.02.2021	Mo, 01.03.2021	HBR 057 02 21 + HBR 058 02 21	4,9	6,6
Di, 02.03.2021	Mi, 03.03.2021	HBR 059 02 21 + HBR 060 02 21	6,8	3,4
Do, 04.03.2021	Fr, 05.03.2021	HBR 061 02 21 + HBR 062 02 21	3,8	4,0
Sa, 06.03.2021	So, 07.03.2021	HBR 063 02 21 + HBR 064 02 21	6,7	3,5
Mo, 08.03.2021	Di, 09.03.2021	HBR 065 02 21 + HBR 066 02 21	6,5	3,9
Mi, 10.03.2021	Do, 11.03.2021	HBR 067 02 21 + HBR 068 02 21	5,3	3,8
Fr, 12.03.2021	Sa, 13.03.2021	HBR 069 02 21 + HBR 070 02 21	6,8	1,3
So, 14.03.2021	Mo, 15.03.2021	HBR 071 02 21 + HBR 072 02 21	8,6	1,0
Di, 16.03.2021	Mi, 17.03.2021	HBR 073 02 21 + HBR 074 02 21	4,7	3,5
Do, 18.03.2021	Fr, 19.03.2021	HBR 075 02 21 + HBR 076 02 21	4,1	6,6
Sa, 20.03.2021	So, 21.03.2021	HBR 077 02 21 + HBR 078 02 21	8,3	2,6
Mo, 22.03.2021	Di, 23.03.2021	HBR 079 02 21 + HBR 080 02 21	7,4	3,5
Mi, 24.03.2021	Do, 25.03.2021	HBR 081 02 21 + HBR 082 02 21	8,0	2,5
Fr, 26.03.2021	Sa, 27.03.2021	HBR 083 02 21 + HBR 084 02 21	6,5	4,6
So, 28.03.2021	Mo, 29.03.2021	HBR 085 02 21 + HBR 086 02 21	7,3	2,6
Di, 30.03.2021	Mi, 31.03.2021	HBR 087 02 21 + HBR 088 02 21	7,8	5,9
Do, 01.04.2021	Fr, 02.04.2021	HBR 089 02 21 + HBR 090 02 21	8,0	3,5
Sa, 03.04.2021	So, 04.04.2021	HBR 091 02 21 + HBR 092 02 21	7,4	3,2
Mo, 05.04.2021	Di, 06.04.2021	HBR 093 02 21 + HBR 094 02 21	8,2	1,5
Mi, 07.04.2021	Do, 08.04.2021	HBR 095 02 21 + HBR 096 02 21	7,7	1,4
Fr, 09.04.2021	Sa, 10.04.2021	HBR 097 02 21 + HBR 098 02 21	8,2	2,2
So, 11.04.2021	Mo, 12.04.2021	HBR 099 02 21 + HBR 100 02 21	8,5	1,3
Di, 13.04.2021	Mi, 14.04.2021	HBR 101 02 21 + HBR 102 02 21	5,8	4,9
Do, 15.04.2021	Fr, 16.04.2021	HBR 103 02 21 + HBR 104 02 21	7,8	4,1
Sa, 17.04.2021	So, 18.04.2021	HBR 105 02 21 + HBR 106 02 21	6,9	3,8
Mo, 19.04.2021	Di, 20.04.2021	HBR 107 02 21 + HBR 108 02 21	7,6	1,6

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Levoglucosan/Mannosan	Mannosan/Galactosan
Mi, 21.04.2021	Do, 22.04.2021	HBR 109 02 21 + HBR 110 02 21	8,5	0,7
Fr, 23.04.2021	Sa, 24.04.2021	HBR 111 02 21 + HBR 112 02 21	14,6	0,7
So, 25.04.2021	Mo, 26.04.2021	HBR 113 02 21 + HBR 114 02 21	9,9	2,0
Di, 27.04.2021	Mi, 28.04.2021	HBR 115 02 21 + HBR 116 02 22	4,9	1,9
Do, 29.04.2021	Fr, 30.04.2021	HBR 117 02 21 + HBR 118 02 21	6,1	3,7
Sa, 01.05.2021	So, 02.05.2021	HBR 119 02 21 + HBR 120 02 21	6,2	4,8
Mo, 03.05.2021	Di, 04.05.2021	HBR 121 02 21 + HBR 122 02 21	6,6	1,8
Mi, 05.05.2021	Do, 06.05.2021	HBR 123 02 21 + HBR 124 02 21	3,8	1,8
Fr, 07.05.2021	Sa, 08.05.2021	HBR 125 02 21 + HBR 126 02 21	4,8	2,4
So, 09.05.2021	Mo, 10.05.2021	HBR 127 02 21 + HBR 128 02 21	2,1	2,8
Di, 11.05.2021	Mi, 12.05.2021	HBR 129 02 21 + HBR 130 02 21	6,3	1,7
Do, 13.05.2021	Fr, 14.05.2021	HBR 131 02 21 + HBR 132 02 21	4,7	2,5
Sa, 15.05.2021	So, 16.05.2021	HBR 133 02 21 + HBR 134 02 21	6,1	2,1
Mo, 17.05.2021	Di, 18.05.2021	HBR 135 02 21 + HBR 136 02 21	6,3	1,3
Mi, 19.05.2021	Do, 20.05.2021	HBR 137 02 21 + HBR 138 02 21	5,0	1,7
Fr, 21.05.2021	Sa, 22.05.2021	HBR 139 02 21 + HBR 140 02 21	8,3	0,7
So, 23.05.2021	Mo, 24.05.2021	HBR 141 02 21 + HBR 142 02 21	6,8	1,9
Di, 25.05.2021	Mi, 26.05.2021	HBR 143 02 21 + HBR 144 02 21	3,6	2,1
Do, 27.05.2021	Fr, 28.05.2021	HBR 145 02 21 + HBR 146 02 21	4,2	0,7
Sa, 29.05.2021	So, 30.05.2021	HBR 147 02 21 + HBR 148 02 21	4,5	5,1
Mo, 31.05.2021	Di, 01.06.2021	HBR 149 02 21 + HBR 150 02 21	7,1	0,7
Mi, 02.06.2021	Do, 03.06.2021	HBR 151 02 21 + HBR 152 02 21	5,7	0,7
Fr, 04.06.2021	Sa, 05.06.2021	HBR 153 02 21 + HBR 154 02 21	17,4	0,7
So, 06.06.2021	Mo, 07.06.2021	HBR 155 02 21 + HBR 156 02 21	5,0	0,7
Di, 08.06.2021	Mi, 09.06.2021	HBR 157 02 21 + HBR 158 02 21	4,6	0,7
Do, 10.06.2021	Fr, 11.06.2021	HBR 159 02 21 + HBR 160 02 21	10,8	0,7
Sa, 12.06.2021	So, 13.06.2021	HBR 161 02 21 + HBR 162 02 21	6,6	0,7
Mo, 14.06.2021	Di, 15.06.2021	HBR 163 02 21 + HBR 164 02 21	3,5	0,7

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Levoglucosan/Mannosan	Mannosan/Galactosan
Mi, 16.06.2021	Do, 17.06.2021	HBR 165 02 21 + HBR 166 02 21	2,6	0,7
Fr, 18.06.2021	Sa, 19.06.2021	HBR 167 02 21 + HBR 168 02 21	4,8	0,7
So, 20.06.2021	Mo, 21.06.2021	HBR 169 02 21 + HBR 170 02 21	5,8	3,5
Di, 22.06.2021	Mi, 23.06.2021	HBR 171 02 21 + HBR 172 02 21	3,4	5,5
Do, 24.06.2021	Fr, 25.06.2021	HBR 173 02 21 + HBR 174 02 21	6,9	0,7
Sa, 26.06.2021	So, 27.06.2021	HBR 175 02 21 + HBR 176 02 21	8,0	2,2
Mo, 28.06.2021	Di, 29.06.2021	HBR 177 02 21 + HBR 178 02 21	4,6	0,7
Mi, 30.06.2021	Do, 01.07.2021	HBR 179 02 21 + HBR 180 02 21	3,6	0,7
Fr, 02.07.2021	Sa, 03.07.2021	HBR 181 02 21 + HBR 182 02 21	4,4	2,0
So, 04.07.2021	Mo, 05.07.2021	HBR 183 02 21 + HBR 184 02 21	5,1	1,6
Di, 06.07.2021	Mi, 07.07.2021	HBR 185 02 21 + HBR 186 02 21	3,8	0,7
Do, 08.07.2021	Fr, 09.07.2021	HBR 187 02 21 + HBR 188 02 21	5,8	0,7
Sa, 10.07.2021	So, 11.07.2021	HBR 189 02 21 + HBR 190 02 21	5,5	1,8
Mo, 12.07.2021	Di, 13.07.2021	HBR 191 02 21 + HBR 192 02 21	5,6	0,7
Mi, 14.07.2021	Do, 15.07.2021	HBR 193 02 21 + HBR 194 02 21	5,1	0,7
Fr, 16.07.2021	Sa, 17.07.2021	HBR 195 02 21 + HBR 196 02 21	6,1	0,7
So, 18.07.2021	Mo, 19.07.2021	HBR 197 02 21 + HBR 198 02 21	6,8	0,7
Di, 20.07.2021	Mi, 21.07.2021	HBR 199 02 21 + HBR 200 02 21	6,4	0,7
Do, 22.07.2021	Fr, 23.07.2021	HBR 201 02 21 + HBR 202 02 21	7,2	0,7
Sa, 24.07.2021	So, 25.07.2021	HBR 203 02 21 + HBR 204 02 21	7,6	1,7
Mo, 26.07.2021	Di, 27.07.2021	HBR 205 02 21 + HBR 206 02 21	7,8	0,7
Mi, 28.07.2021	Do, 29.07.2021	HBR 207 02 21 + HBR 208 02 21	4,0	0,7
Fr, 30.07.2021	Sa, 31.07.2021	HBR 209 02 21 + HBR 210 02 21	4,4	0,7
So, 01.08.2021	Mo, 02.08.2021	HBR 211 02 21 + HBR 212 02 21	6,9	0,7
Di, 03.08.2021	Mi, 04.08.2021	HBR 213 02 21 + HBR 214 02 21	6,6	0,7
Do, 05.08.2021	Fr, 06.08.2021	HBR 215 02 21	4,9	0,7
Sa, 07.08.2021	So, 08.08.2021	HBR 217 02 21 + HBR 218 02 21	3,9	1,5
Mo, 09.08.2021	Di, 10.08.2021	HBR 219 02 21 + HBR 220 02 21	6,0	0,7

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Levoglucosan/Mannosan	Mannosan/Galactosan
Mi, 11.08.2021	Do, 12.08.2021	HBR 221 02 21 + HBR 222 02 21	3,9	3,9
Fr, 13.08.2021	Sa, 14.08.2021	HBR 223 02 21 + HBR 224 02 21	6,6	2,1
So, 15.08.2021	Mo, 16.08.2021	HBR 225 02 21 + HBR 226 02 21	2,6	1,8
Di, 17.08.2021	Mi, 18.08.2021	HBR 227 02 21 + HBR 228 02 21	5,2	0,7
Do, 19.08.2021	Fr, 20.08.2021	HBR 229 02 21 + HBR 230 02 21	5,0	1,5
Sa, 21.08.2021	So, 22.08.2021	HBR 231 02 21 + HBR 232 02 21	5,9	2,4
Mo, 23.08.2021	Di, 24.08.2021	HBR 233 02 21 + HBR 234 02 21	9,0	0,7
Mi, 25.08.2021	Do, 26.08.2021	HBR 235 02 21 + HBR 236 02 21	3,8	1,6
Fr, 27.08.2021	Sa, 28.08.2021	HBR 237 02 21 + HBR 238 02 21	6,1	1,6
So, 29.08.2021	Mo, 30.08.2021	HBR 239 02 21 + HBR 240 02 21	5,6	1,7
Di, 31.08.2021	Mi, 01.09.2021	HBR 241 02 21 + HBR 242 02 21	5,1	1,5
Do, 02.09.2021	Fr, 03.09.2021	HBR 243 02 21 + HBR 244 02 21	5,4	1,7
Sa, 04.09.2021	So, 05.09.2021	HBR 245 02 21 + HBR 246 02 21	5,9	3,9
Mo, 06.09.2021	Di, 07.09.2021	HBR 247 02 21 + HBR 248 02 21	6,6	2,7
Mi, 08.09.2021	Do, 09.09.2021	HBR 249 02 21 + HBR 250 02 21	6,9	1,5
Fr, 10.09.2021	Sa, 11.09.2021	HBR 251 02 21 + HBR 252 02 21	8,4	0,7
So, 12.09.2021	Mo, 13.09.2021	HBR 253 02 21 + HBR 254 02 21	6,9	0,7
Di, 14.09.2021	Mi, 15.09.2021	HBR 255 02 21 + HBR 256 02 21	5,1	1,5
Do, 16.09.2021	Fr, 17.09.2021	HBR 257 02 21 + HBR 258 02 21	4,4	1,4
Sa, 18.09.2021	So, 19.09.2021	HBR 259 02 21 + HBR 260 02 21	7,9	2,3
Mo, 20.09.2021	Di, 21.09.2021	HBR 261 02 21 + HBR 262 02 21	6,2	2,4
Mi, 22.09.2021	Do, 23.09.2021	HBR 263 02 21 + HBR 264 02 21	11,1	0,7
Fr, 24.09.2021	Sa, 25.09.2021	HBR 265 02 21 + HBR 266 02 21	5,8	2,2
So, 26.09.2021	Mo, 27.09.2021	HBR 267 02 21 + HBR 268 02 21	7,0	2,4
Di, 28.09.2021	Mi, 29.09.2021	HBR 269 02 21 + HBR 270 02 21	6,3	1,8
Do, 30.09.2021	Fr, 01.10.2021	HBR 271 02 21 + HBR 272 02 21	11,0	0,7
Sa, 02.10.2021	So, 03.10.2021	HBR 273 02 21 + HBR 274 02 21	11,1	0,7
Mo, 04.10.2021	Di, 05.10.2021	HBR 275 02 21 + HBR 276 02 21	6,7	1,7

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Levoglucosan/Mannosan	Mannosan/Galactosan
Mi, 06.10.2021	Do, 07.10.2021	HBR 277 02 21 + HBR 278 02 21	8,1	2,1
Fr, 08.10.2021	Sa, 09.10.2021	HBR 279 02 21 + HBR 280 02 21	6,5	5,6
So, 10.10.2021	Mo, 11.10.2021	HBR 281 02 21 + HBR 282 02 21	6,7	5,2
Di, 12.10.2021	Mi, 13.10.2021	HBR 283 02 21 + HBR 284 02 21	7,2	1,8
Do, 14.10.2021	Fr, 15.10.2021	HBR 285 02 21 + HBR 286 02 21	5,7	2,2
Sa, 16.10.2021	So, 17.10.2021	HBR 287 02 21 + HBR 288 02 21	6,3	3,8
Mo, 18.10.2021	Di, 19.10.2021	HBR 289 02 21 + HBR 290 02 21	6,7	4,5
Mi, 20.10.2021	Do, 21.10.2021	HBR 291 02 21 + HBR 292 02 21	11,2	0,7
Fr, 22.10.2021	Sa, 23.10.2021	HBR 293 02 21 + HBR 294 02 21	6,2	3,5
So, 24.10.2021	Mo, 25.10.2021	HBR 295 02 21 + HBR 296 02 21	6,5	2,5
Di, 26.10.2021	Mi, 27.10.2021	HBR 297 02 21 + HBR 298 02 21	6,4	3,0
Do, 28.10.2021	Fr, 29.10.2021	HBR 299 02 21 + HBR 300 02 21	5,4	4,3
Sa, 30.10.2021	So, 31.10.2021	HBR 301 02 21 + HBR 302 02 21	5,2	6,8
Mo, 01.11.2021	Di, 02.11.2021	HBR 303 02 21 + HBR 304 02 21	5,9	5,9
Mi, 03.11.2021	Do, 04.11.2021	HBR 305 02 21 + HBR 306 02 21	6,2	3,6
Fr, 05.11.2021	Sa, 06.11.2021	HBR 307 02 21 + HBR 308 02 21	6,5	5,0
So, 07.11.2021	Mo, 08.11.2021	HBR 309 02 21 + HBR 310 02 21	5,6	4,7
Di, 09.11.2021	Mi, 10.11.2021	HBR 311 02 21 + HBR 312 02 21	6,4	3,4
Do, 11.11.2021	Fr, 12.11.2021	HBR 313 02 21 + HBR 314 02 21	6,5	2,8
Sa, 13.11.2021	So, 14.11.2021	HBR 315 02 21 + HBR 316 02 21	5,9	2,9
Mo, 15.11.2021	Di, 16.11.2021	HBR 317 02 21 + HBR 318 02 21	6,5	2,9
Mi, 17.11.2021	Do, 18.11.2021	HBR 319 02 21 + HBR 320 02 21	5,4	6,3
Fr, 19.11.2021	Sa, 20.11.2021	HBR 321 02 21 + HBR 322 02 21	6,4	3,5
So, 21.11.2021	Mo, 22.11.2021	HBR 323 02 21 + HBR 324 02 21	6,5	6,9
Di, 23.11.2021	Mi, 24.11.2021	HBR 325 02 21 + HBR 326 02 21	5,6	3,4
Do, 25.11.2021	Fr, 26.11.2021	HBR 327 02 21 + HBR 328 02 21	6,7	3,0
Sa, 27.11.2021	So, 28.11.2021	HBR 329 02 21 + HBR 330 02 21	6,7	3,4
Mo, 29.11.2021	Di, 30.11.2021	HBR 331 02 21 + HBR 332 02 21	5,7	6,2

Probenahme von	bis	Filter-nummern	Levoglucosan/Mannosan	Mannosan/Galactosan
Mi, 01.12.2021	Do, 02.12.2021	HBR 333 02 21 + HBR 334 02 21	6,1	5,6
Fr, 03.12.2021	Sa, 04.12.2021	HBR 335 02 21 + HBR 336 02 21	12,0	3,1
So, 05.12.2021	Mo, 06.12.2021	HBR 337 02 21 + HBR 338 02 21	6,4	3,5
Di, 07.12.2021	Mi, 08.12.2021	HBR 339 02 21 + HBR 340 02 21	5,5	4,0
Do, 09.12.2021	Fr, 10.12.2021	HBR 341 02 21 + HBR 342 02 21	6,6	3,6
Sa, 11.12.2021	So, 12.12.2021	HBR 343 02 21 + HBR 344 02 21	6,2	3,9
Mo, 13.12.2021	Di, 14.12.2021	HBR 345 02 21 + HBR 346 02 21	5,1	4,5
Mi, 15.12.2021	Do, 16.12.2021	HBR 347 02 21 + HBR 348 02 21	5,9	3,7
Fr, 17.12.2021	Sa, 18.12.2021	HBR 349 02 21 + HBR 350 02 21	3,7	6,9
So, 19.12.2021	Mo, 20.12.2021	HBR 351 02 21 + HBR 352 02 21	7,0	2,9
Di, 21.12.2021	Mi, 22.12.2021	HBR 353 02 21 + HBR 354 02 21	7,1	3,5
Do, 23.12.2021	Fr, 24.12.2021	HBR 355 02 21 + HBR 356 02 21	5,0	5,0
Sa, 25.12.2021	So, 26.12.2021	HBR 357 02 21 + HBR 358 02 21	10,1	3,2
Mo, 27.12.2021	Di, 28.12.2021	HBR 359 02 21 + HBR 360 02 21	5,9	3,6
Mi, 29.12.2021	Do, 30.12.2021	HBR 361 02 21 + HBR 362 02 21	6,1	3,3
Fr, 31.12.2021	Sa, 00.01.1900	HBR 363 02 21	5,6	2,8

Messwerte für Mannosan und Galactosan sind aufgrund von messtechnischen Störungen im Januar und Februar 2021 mit erhöhten Messunsicherheiten versehen.

Ostern. 04./05.04.2021, Himmelfahrt: 13.05.2021, Pfingsten: 23./24.05.2021

A2.3 Ergebnisse Monatsmittelwerte sowie Mittelwerte mit/ohne Wochenende

Tabelle A4: Monatsmittelwerte sowie Mittelwerte mit/ohne Wochenende von Temperatur und Konzentrationen von PM10, Levoglucosan, Mannosan und Galactosan am Messpunkt Worpseweder Straße, Bremen

Zeitraum	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m ³)	Levoglucosan (µg/m ³)	Mannosan (µg/m ³)	Galactosan (µg/m ³)
Januar 2021	2,2	13,6	0,23	0,045	0,016
Februar 2021	3,7	18,7	0,21	0,040	0,009
März 2021	6,8	18,5	0,09	0,016	0,004
April 2021	7,8	12,9	0,06	0,008	0,003
Mai 2021	12,7	9,8	0,04	0,007	0,003
Juni 2021	20,0	15,8	0,02	0,004	0,003
Juli 2021	20,3	14,0	0,02	0,003	0,003
August 2021	17,8	10,6	0,02	0,005	0,003
September 2021	16,7	13,5	0,04	0,006	0,003
Oktober 2021	12,0	13,2	0,07	0,011	0,004
November 2021	7,8	15,6	0,15	0,024	0,006
Dezember 2021	4,4	14,9	0,30	0,043	0,012
Proben mit Wochenende	11,0	13,8	0,12	0,020	0,006
Proben ohne Wochenende	11,2	14,4	0,09	0,016	0,005

Messwerte für Mannosan und Galactosan sind aufgrund von messtechnischen Störungen im Januar und Februar 2021 mit erhöhten Messunsicherheiten versehen.

Tabelle A5: Monatsmittelwerte sowie Mittelwerte mit/ohne Wochenende von Temperatur und PM10 aus der Holzverbrennung (PM10 Holz), dem prozentualen Anteil von PM10 aus der Holzverbrennung sowie dem verbleibendem PM10 (PM10 Rest) am Messpunkt Worpsweder Straße, Bremen

Zeitraum	Temperatur (°C)	PM10 (µg/m³)	PM10 Rest (µg/m³)	PM10 Holz (µg/m³)	PM10 Holz (%)
Januar 2021	2,2	13,6	10,6	3,0	23,3
Februar 2021	3,7	18,7	16,0	2,7	16,8
März 2021	6,8	18,5	17,3	1,2	7,3
April 2021	7,8	12,9	12,2	0,8	6,9
Mai 2021	12,7	9,8	9,4	0,5	4,7
Juni 2021	20,0	15,8	15,5	0,3	2,0
Juli 2021	20,3	14,0	13,8	0,2	1,7
August 2021	17,8	10,6	10,2	0,3	3,0
September 2021	16,7	13,5	13,0	0,5	4,1
Oktober 2021	12,0	13,2	12,2	1,0	7,1
November 2021	7,8	15,6	13,7	1,9	13,0
Dezember 2021	4,4	14,9	11,1	3,7	25,8
Proben mit Wochenende	11,0	13,8	12,3	1,5	10,6
Proben ohne Wochenende	11,2	14,4	13,2	1,2	8,8

Messwerte für Mannosan und Galactosan sind aufgrund von messtechnischen Störungen im Januar und Februar 2021 mit erhöhten Messunsicherheiten versehen.

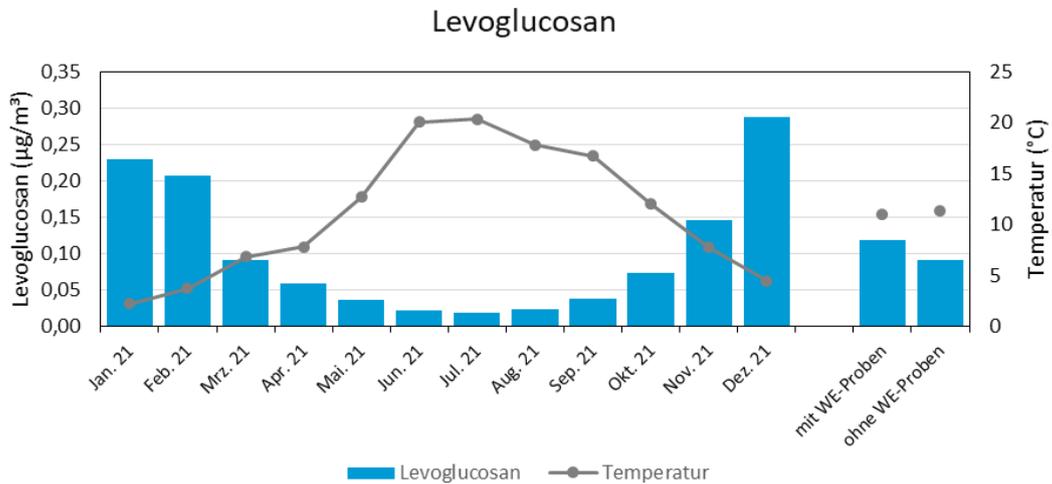


Abbildung A15: Monatsmittelwerte der Temperatur und der Konzentrationen von Levoglucosan

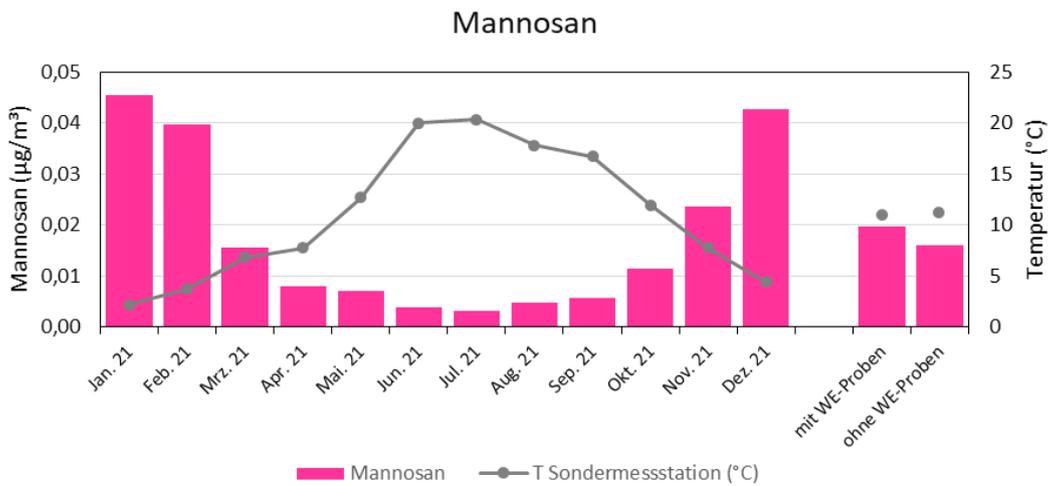


Abbildung A16: Monatsmittelwerte der Temperatur und der Konzentrationen von Mannosan

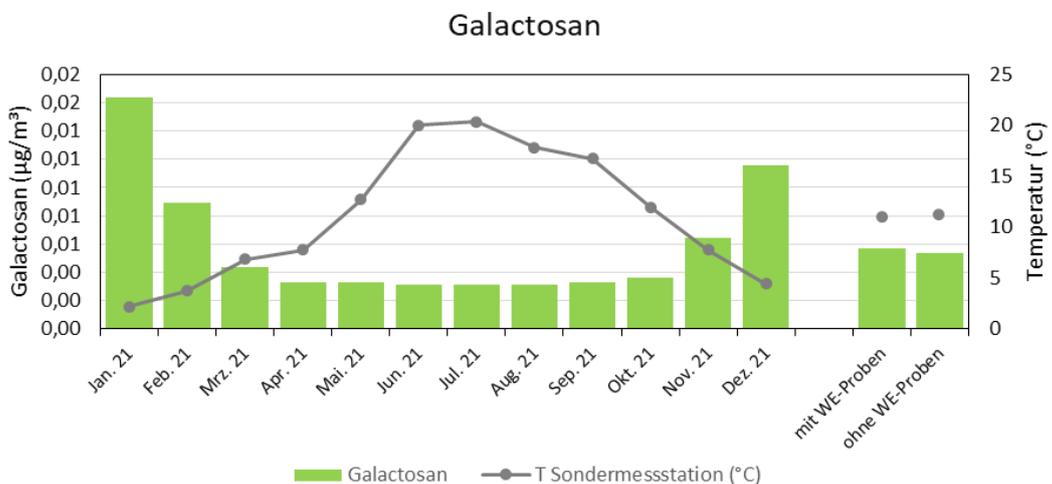


Abbildung A17: Monatsmittelwerte der Temperatur und der Konzentrationen von Galactosan

A2.4 Feldblindwerte

Tabelle A6: Messdaten der im Messprogramm erhobenen Feldblindwerte

Filternummern	Levoglucosan (ng/Probe)	Mannosan (ng/Probe)	Galactosan (ng/Probe)
HBR 526 02 20 + HBR 501 02 21	< 450	< 510	< 720
HBR 502 02 21 + HBR 503 02 21	< 450	< 510	< 720
HBR 504 02 21 + HBR 505 02 21	< 450	< 510	< 720
HBR 506 02 21 + HBR 507 02 21	< 450	< 510	< 720
HBR 508 02 21 + HBR 509 02 21	< 450	< 510	< 720
HBR 512 02 21 + HBR 513 02 21	< 480	< 510	< 690
HBR 514 02 21 + HBR 515 02 21	< 480	< 510	< 690
HBR 516 02 21 + HBR 517 02 21	< 480	< 510	< 690
HBR 601 02 21 + HBR 602 02 21	< 480	< 510	< 690
HBR 520 02 21 + HBR 521 02 21	< 450	< 510	< 720
HBR 522 02 21 + HBR 304 02 21	< 480	< 510	< 690
HBR 524 02 21 + HBR 304 02 21	< 480	< 510	< 690
HBR 526 02 21	< 480	< 510	< 690

A3 Regressions- und Korrelationsanalysen

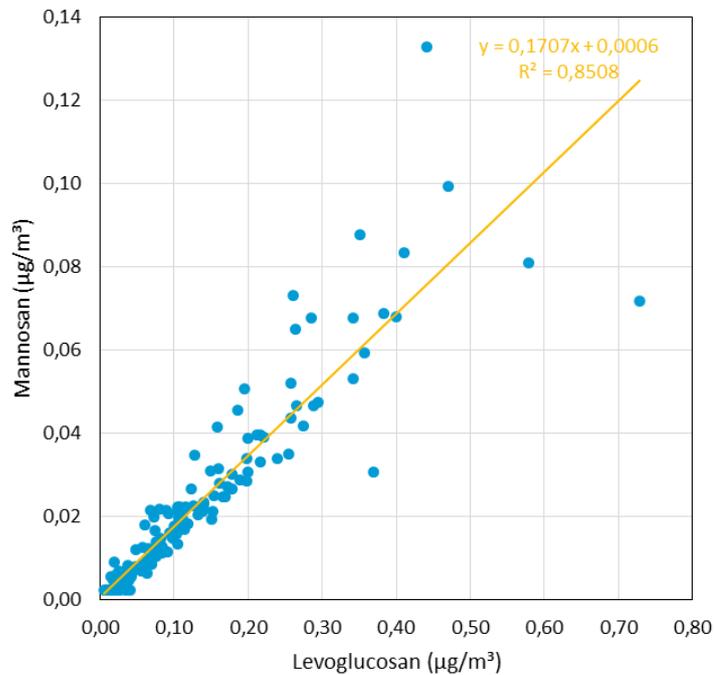


Abbildung A18: Regressionsanalyse Levoglucosan und Mannosan

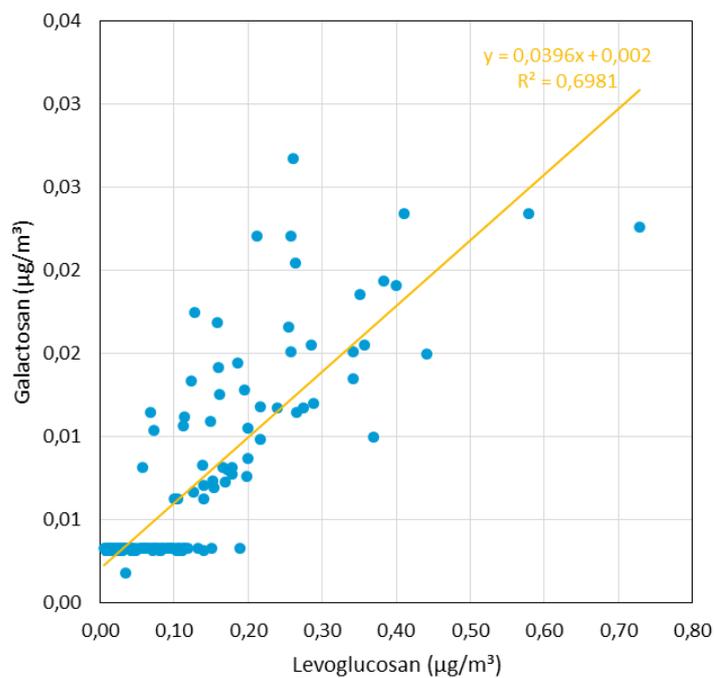


Abbildung A19: Regressionsanalyse Levoglucosan und Galactosan

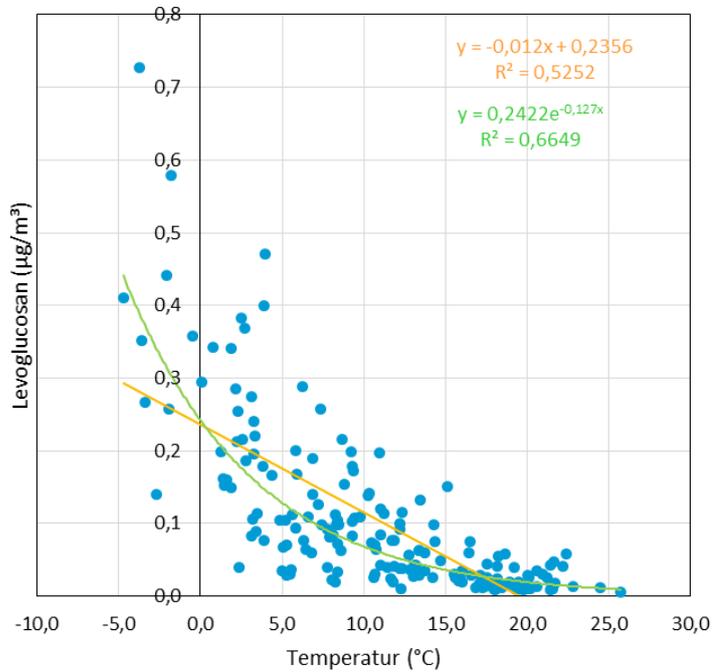


Abbildung A20: Regressionsanalyse Levoglucosan und Temperatur

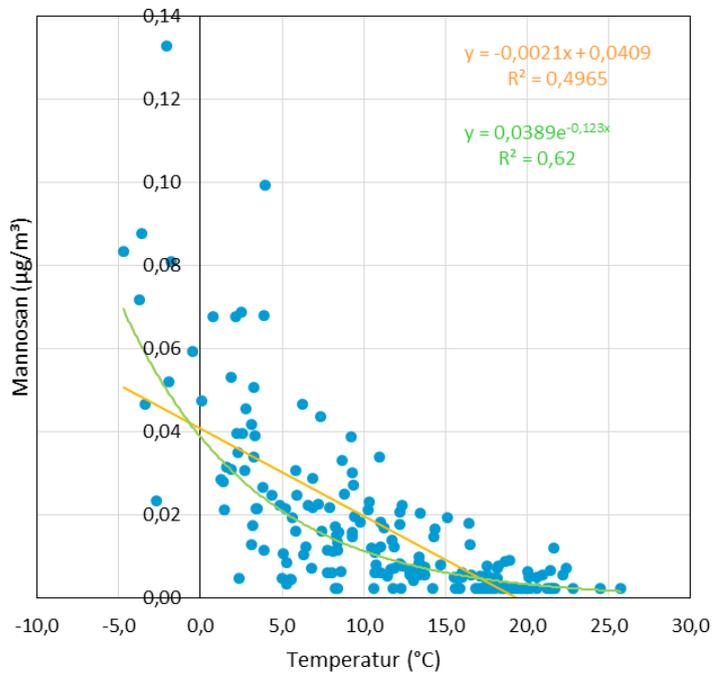


Abbildung A21: Regressionsanalyse Mannosan und Temperatur

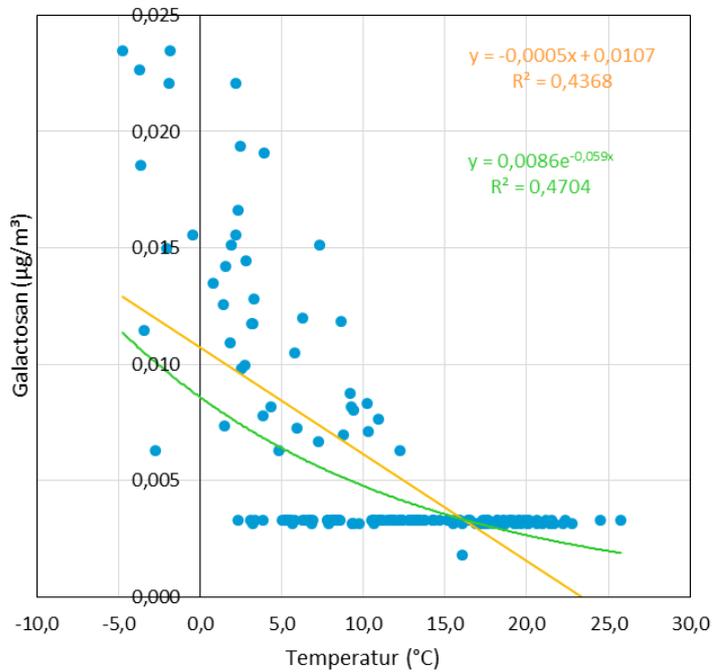


Abbildung A22: Regressionsanalyse Mannosan und Temperatur

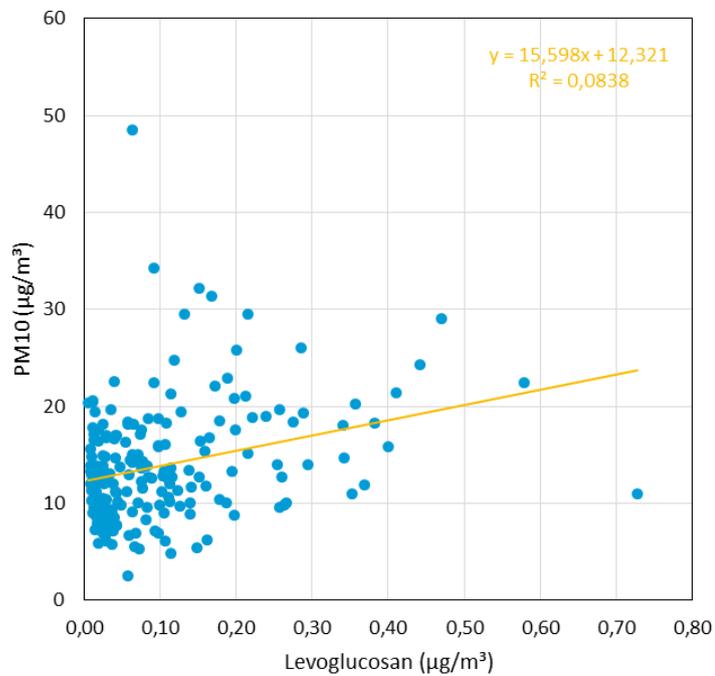


Abbildung A23: Regressionsanalyse Levoglucosan und PM10

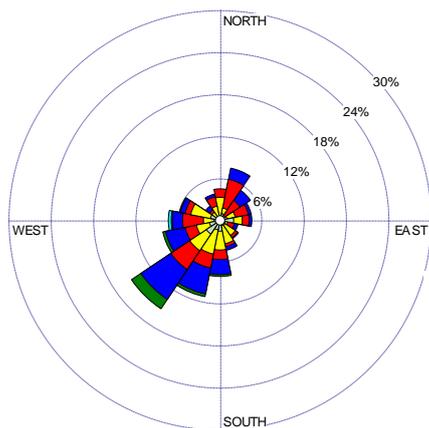
		Temperatur			
PM10		Korrelationskoeffizient	-0,02		
		gültige Fälle	183		
		einseitige Signifikanz	0,39		
Levoglucosan		Korrelationskoeffizient	-0,72		
		gültige Fälle	183		
		einseitige Signifikanz	2,1E-31		
Mannosan		Korrelationskoeffizient	-0,70		
		gültige Fälle	183		
		einseitige Signifikanz	4,5E-29		
Galactosan		Korrelationskoeffizient	-0,66		
		gültige Fälle	176		
		einseitige Signifikanz	9,2E-24		
PM10 Holz (abs.)		Korrelationskoeffizient	-0,72	Levoglucosan	Mannosan
		gültige Fälle	183	Korrelationskoeffizient	0,92
		einseitige Signifikanz	2,1E-31	gültige Fälle	193
				einseitige Signifikanz	4,0E-81
PM10 Holz (rel.)		Korrelationskoeffizient	-0,74	Galactosan	
		gültige Fälle	183	Korrelationskoeffizient	0,84
		einseitige Signifikanz	1,2E-33	gültige Fälle	186
				einseitige Signifikanz	4,9E-50
					0,86
					186
					4,8E-57

Abbildung A20: Pearson-Korrelationen der Zweitagesmischproben

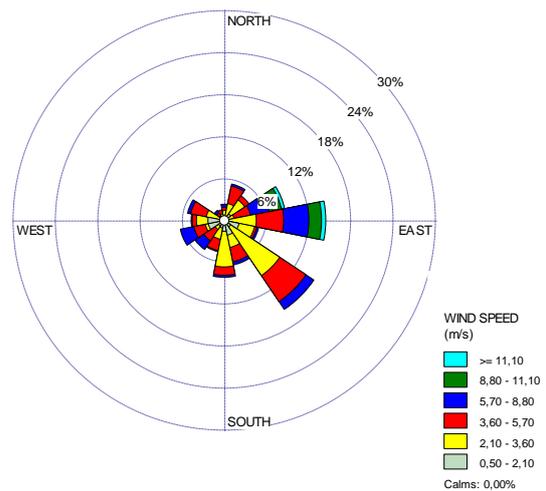
		Temperatur			
PM10		Korrelationskoeffizient	-0,39		
		gültige Fälle	12		
		einseitige Signifikanz	0,10		
Levoglucosan		Korrelationskoeffizient	-0,85		
		gültige Fälle	12		
		einseitige Signifikanz	2,43E-04		
Mannosan		Korrelationskoeffizient	-0,86		
		gültige Fälle	12		
		einseitige Signifikanz	1,93E-04		
Galactosan		Korrelationskoeffizient	-0,75		
		gültige Fälle	12		
		einseitige Signifikanz	2,48E-03	Levoglucosan	Mannosan
PM10 Holz (abs.)		Korrelationskoeffizient	-0,85	Mannosan	
		gültige Fälle	12	Korrelationskoeffizient	0,98
		einseitige Signifikanz	2,43E-04	gültige Fälle	12
				einseitige Signifikanz	8,27E-09
PM10 Holz (rel.)		Korrelationskoeffizient	-0,85	Galactosan	
		gültige Fälle	12	Korrelationskoeffizient	0,90
		einseitige Signifikanz	2,27E-04	gültige Fälle	12
				einseitige Signifikanz	3,17E-05
					0,94
					12
					2,19E-06

Abbildung A24: Pearson-Korrelationen der Monatsmittelwerte

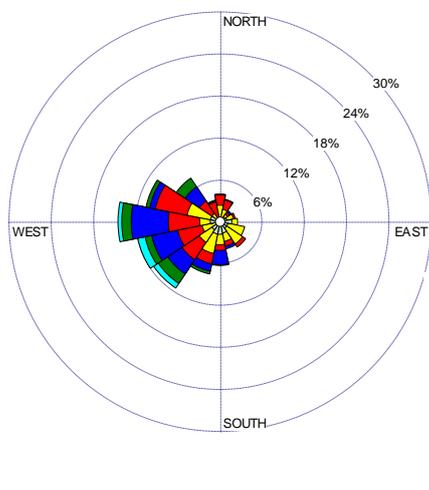
A4 Darstellung der monatlichen Windverhältnisse



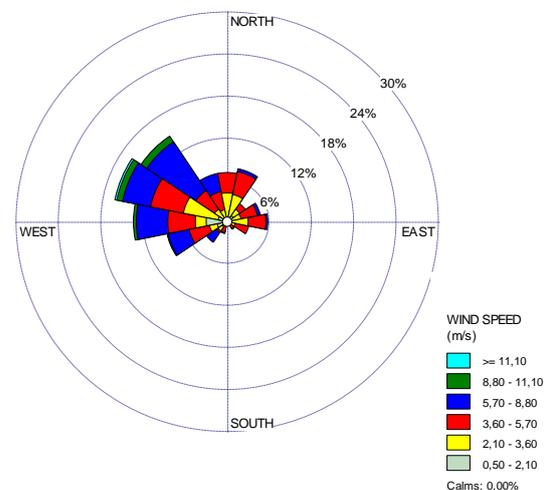
Januar 2021



Februar 2021

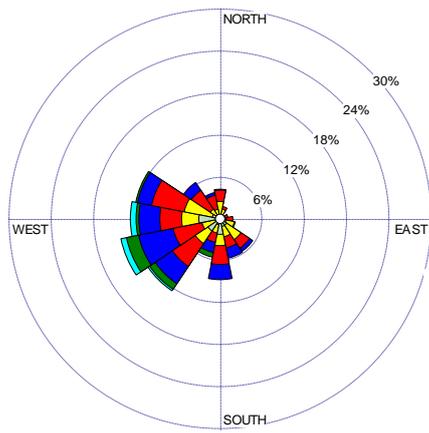


März 2021

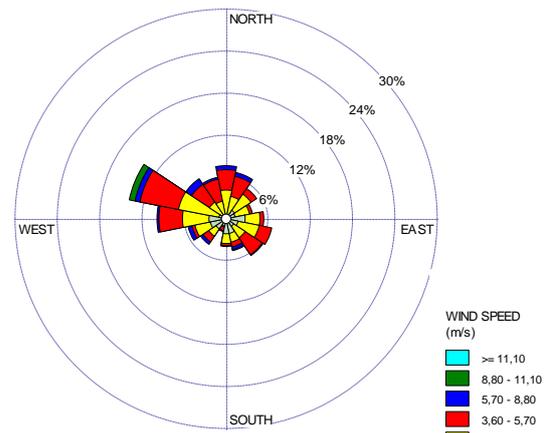


April 2021

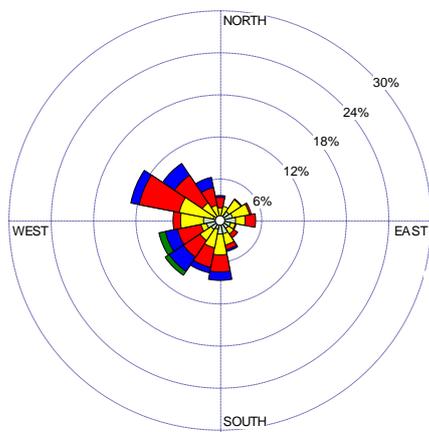
Abbildung A25: Darstellung der monatlichen Windverhältnisse
Quelle der Daten: DWD-Messstation Bremen (Code: 691). Die vektorielle Windstatistik wurde berechnet und visualisiert mit WRPLOT View (Version 8.0.2, Lakes Environmental Software, Waterloo, CAN)



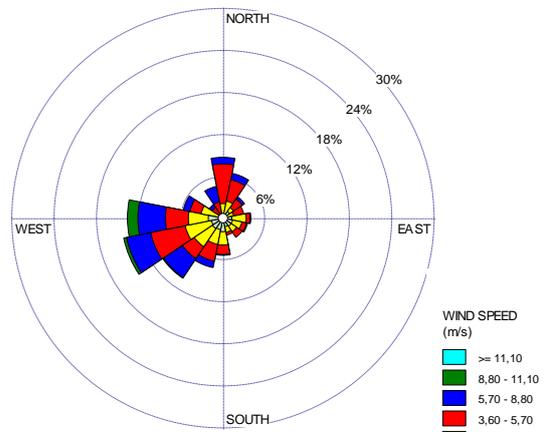
Mai 2021



Juni 2021

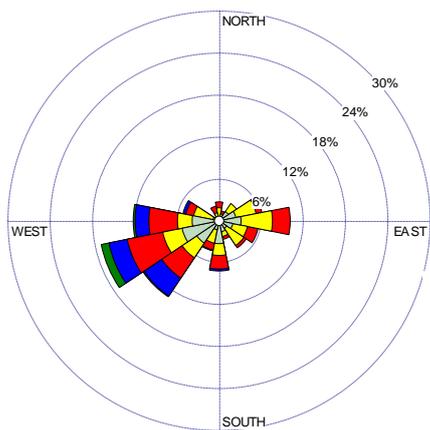


Juli 2021

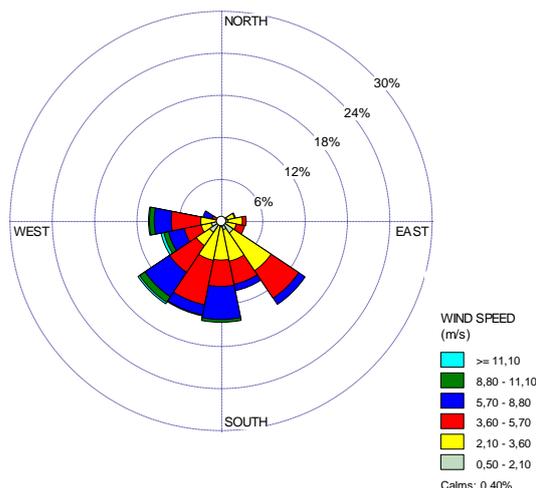


August 2021

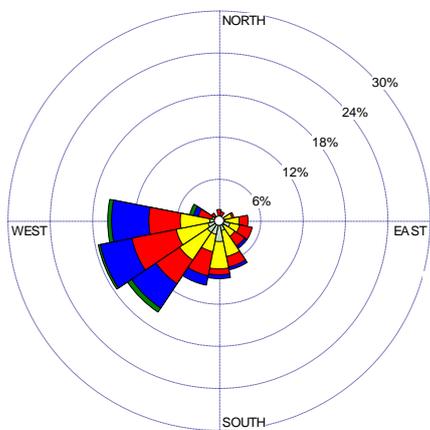
Abbildung A25: Fortführung



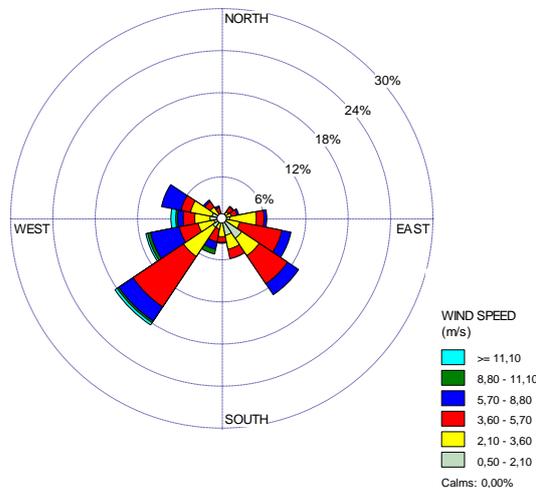
September 2021



Oktober 2021



November 2021



Dezember 2021

Abbildung A25: Fortführung