

Feinstaubbelastung Neujahr 2020 und 2021: Vergleich der Auswertungen zweier Pollenfallen in Berlin

Particulate matter Pollution at New Year 2020 and 2021: Comparing two pollen traps in Berlin

ZUSAMMENFASSUNG

Silvesterfeuerwerk führt oft zu einer vorübergehend messbaren Luftbelastung insbesondere mit Feinstaub: Partikel kleiner $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) und kleiner $2,5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$). Aufgrund der strengen Einschränkungen des öffentlichen Lebens und des weitgehenden Ausfalls des Feuerwerks war dies zum Jahreswechsel 2020/21 wesentlich weniger ausgeprägt. Wir stellen hier die Auswertungen zweier konventioneller Pollenfallen (Burkhard-Fallen) im zeitlichen Verlauf des Jahreswechsels 2019/20 und 2020/21 vor. Diese optische Partikelanalysemethode ist zwar nicht für Feinstaubmessungen validiert, kann diese aber dennoch anschaulich und zeitbezogen illustrieren. Die Ergebnisse werden den offiziell berichteten PM_{10} -Messwerten von Berliner Luftgütemessstationen an den betreffenden Neujahrstagen gegenübergestellt. Die Visualisierung von Fein- und Grobstaubbelastungen (bis $80\ \mu\text{m}$ Durchmesser) kann die Kommunikation über gesundheitlich relevante Expositionen durch Luftverunreinigungen unterstützen.

CAROLA EMANUEL,
KATRIN SÜRING,
WOLFGANG STRAFF

ABSTRACT

New Year's Eve fireworks usually lead to significant air pollution with particulate matter. Compared to the previous year, the turn of the year 2020/21 led to considerably lower air pollution with fine dust due to the strict restrictions on public life and the extensive limitations of the fireworks. We present the temporal progressions of two devices intended and used for the collection of pollen. The optical particle analysis is typically not validated for particle measurements, nevertheless fine and coarse dust (up to $80\ \mu\text{m}$ diameter) particles can be illustrated with reference to the time of exposure. These results are compared with the officially reported results for particulate matter (PM_{10}) of Berlin air quality stations on the relevant New Year's Days. The visual documentation of fine and coarse dust pollution can support communication about health-relevant exposures to air pollution.

HINTERGRUND

Am ersten Tag des neuen Jahres ist die Luftbelastung mit gesundheitsgefährdendem Feinstaub an vielen Orten höher als an allen anderen Tagen im Jahr. Dies zeigen Auswertungen der Daten aus den Messnetzen der Länder und des Umweltbundesamtes (UBA). In der ersten Stunde des neuen Jahres sind PM_{10} -Stundenmittelwerte um 1.000

Mikrogramm Feinstaub pro Kubikmeter Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in den Großstädten keine Seltenheit (Dauert et al. 2020). Bei Feinstaub handelt es sich um ein komplexes Gemisch fester und flüssiger Partikel. Es wird in seiner Zusammensetzung zu Silvester deutlich von den Abbrennprodukten der Feuerwerkskörper bestimmt, deren Einfluss auf die Gesundheit nicht unbedenklich ist (Hickey et al. 2020).



Quelle: [cosmicphotos/pixabay.com](https://www.pixabay.com/).

Anders als in den Vorjahren ergab sich Ende 2020 zum Jahreswechsel die ungewöhnliche Situation, dass aufgrund der Corona-Pandemie in Deutschland der Verkauf von Feuerwerk verboten war. Zudem war, mit je nach Bundesland spezifischen Unterschieden, auch das Abbrennen von Feuerwerk, welches vielleicht noch aus Vorjahresbeständen vorhanden war, untersagt. So gab es in Berlin allein 56 ausgewiesene Verbotszonen, darunter auch die sehr beliebten Partybereiche vor dem Brandenburger Tor und viele andere öffentliche Parks und Plätze (Tageschau 2020). Auch das traditionelle Höhenfeuerwerk, welches normalerweise bundesweit übertragen wird, konnte 2020/21 nicht stattfinden (Hauptstadtportal 2020).

Mit dieser Auswertung möchten wir zeigen, welche Auswirkungen der weitgehende Ausfall des Silvesterfeuerwerks zum Jahreswechsel 2020/21 im Vergleich zum Vorjahr hatte. Wir illustrieren die Feinstaubbelastung mit einer Darstellung einer optischen Partikelanalysemethode nach der sogenannten Hirst-Methode an einem Standort in Berlin-Mitte (Charité, Campus Mitte) sowie an einem Standort in Berlin-Dahlem (Thielallee, Nähe UBA, Standort Berlin Corrensplatz). Diese Analysen stellen wir den Messergebnissen von Berliner Luftgütemessstationen an den betreffenden Silvesternächten und Neujahrstagen gegenüber.

EINGESETZTE TECHNIK

Am Standort Berlin-Dahlem wird die Belastung der Luft mit Pollen und anderen Schwebstoffpartikeln für wissenschaftliche Fragestellungen ganzjährig untersucht. Die Analyse mittels der Hirst-Methode wird normalerweise dazu verwendet, Pollen von allergenen Pflanzen zu identifizieren. Hierfür wird eine Burkard-Pollenfalle eingesetzt, die Schwebstoffpartikel, welche die Größe von PM_{10} auch übersteigen können, auf einer rotierenden Membran bindet. Verschiedenste Schwebstoffpartikel können so auf einer adhäsiven Matrix fixiert und nach einer entsprechenden Weiterverarbeitung mikroskopisch analysiert werden. Diese visuelle Analyse der Membranstreifen ist methodisch ausführlich in der VDI-Richtlinie 4252 beschrieben (VDI 2019). Die gleiche Methode wird für die Pollenanalysen der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID) an vielen verschiedenen Standorten in Deutschland verwendet. In Berlin befindet sich eine solche Pollenfalle auf dem Campus der Charité in Berlin-Mitte. Anders als in Berlin-Dahlem, wo sich diese Pollenfalle in etwa in 1,5 Metern Höhe befindet, ist diese im Dachbereich eines Klinikgebäudes installiert.

Kontinuierliche Feinstaubbelastungen sind Gegenstand der Luftqualitätsüberwachung der Bundesländer. In Berlin werden im Rahmen des Berliner Luftgüte-Messnetzes (BLUME) kontinuierlich automatische PM_{10} -Messungen durchgeführt, sodass stündliche Feinstaub-Messwerte (PM_{10}) auf der Internetseite *Luftdaten Berlin* zur Verfügung stehen (Hauptstadtportal 2021). Diese Konzentrationen werden für die Luftqualitätsberichterstattung des Landes Berlin ganzjährig erhoben.

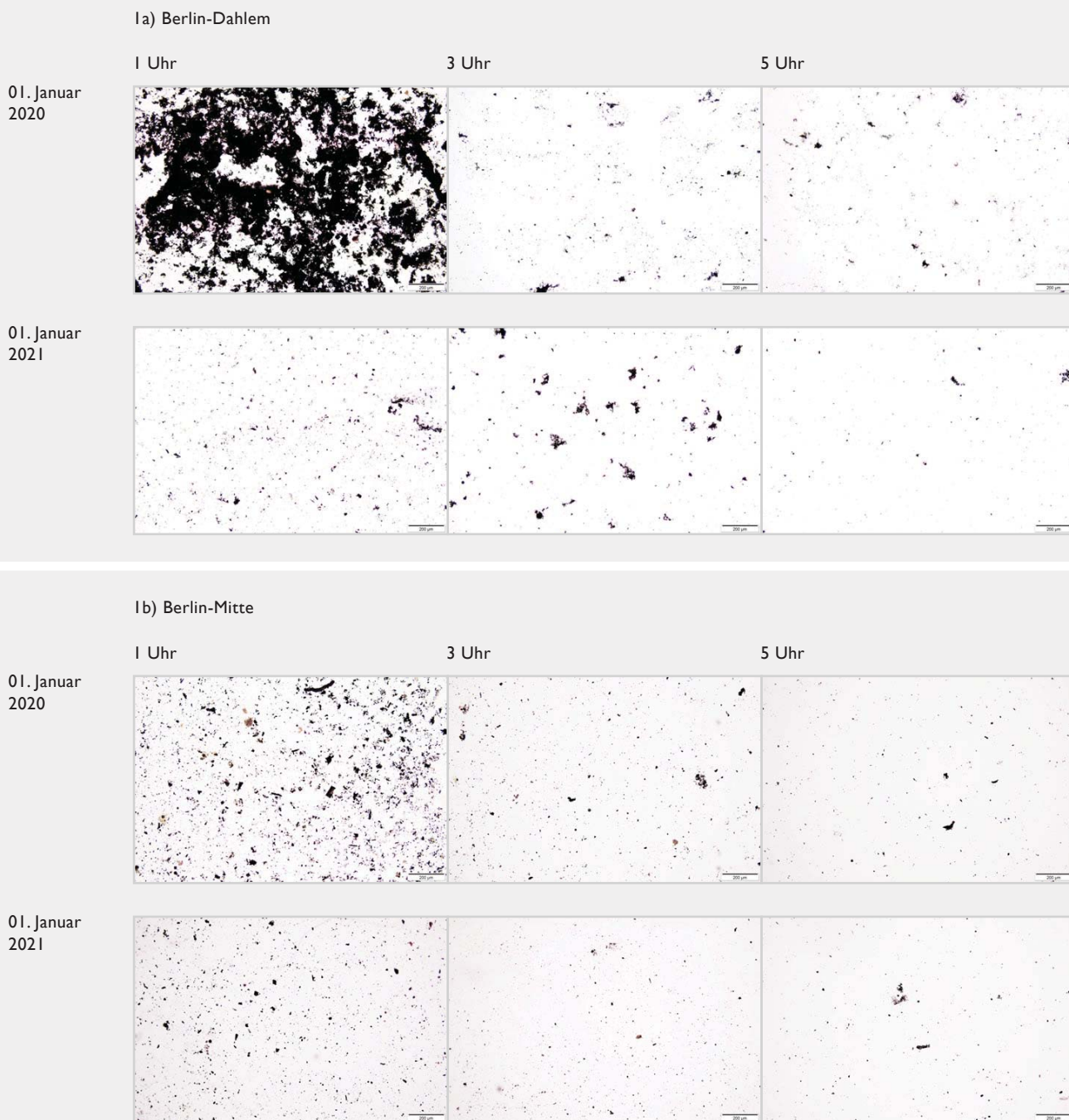
ERGEBNISSE

Es wurden die Pollenpräparate des Jahreswechsels 2019/20 sowie 2020/21 von zwei Berliner Standorten, an denen Burkard-Fallen installiert sind, ausgewertet: Die

mikroskopischen Aufnahmen der Präparate sind in 100-facher Vergrößerung dargestellt und zeigen exemplarisch in Zwei-Stundenintervallen den Verlauf der Neujahrstage 2020 und 2021. **ABBILDUNG 1A** zeigt für den Standort Berlin-Dahlem einen Vergleich der mikroskopischen Befunde um ein, drei und fünf Uhr morgens beider Neujahrstage. Unmittelbar nach dem Jahreswechsel am Neujahrstag 2020 zeigt sich eine beträchtliche Belegung der Fangmembran mit Staubpartikeln. Sie ist so stark, dass einzelne Partikel kaum mehr voneinander unterschieden werden können. Es hat eine Agglomeration von Partikeln auf der Fangmembran stattgefunden. Um drei Uhr morgens ist bereits eine deutlich geringere Belegung der Fangmembran erkennbar und eine weitere Reduzierung der darauf abgelagerten Partikel um fünf Uhr morgens. Demgegenüber zeigt die mikroskopische Auswertung der Burkard-Falle am Neujahrsmorgen 2021 nur eine gering erhöhte Belastung der Luft. Die pandemiebedingten Einschränkungen des Silvesterfeuerwerks beim Jahreswechsel 2020/21 fallen deutlich ins Auge (**ABBILDUNG 1A**).

Am Standort Berlin-Mitte zeigt sich ein anderes Bild hinsichtlich der Belegung der Fangmembranen mit Staub aus der Umgebungsluft. Es ist zwar am Neujahrsmorgen 2021 eine im Vergleich zum Vorjahr deutliche Reduzierung der Belastung erkennbar (**ABBILDUNG 1B**), dennoch wirkt das Bild in beiden Jahren eher so, als sei die Umgebungsluft weniger staubbelastet als am Standort Berlin-Dahlem zu Neujahr 2020. Aufgrund der verminderten Agglomerationseffekte am Standort Berlin-Mitte ist allerdings insbesondere bei stärkerer Vergrößerung erkennbar, dass es sich um einen großen Anteil von Feinstaubpartikeln $< 10 \mu m$ (PM_{10}) handelt (hier nicht gezeigt). Aus **ABBILDUNG 2** geht hervor, dass die Agglomerationen 2020 am Standort Berlin-Dahlem auch tatsächlich aus Feinstaubpartikeln zusammengesetzt sind, welche die Größe von PM_{10} deutlich unterschreiten.

ABBILDUNG I
Partikelanalyse nach der
Hirst-Methode.



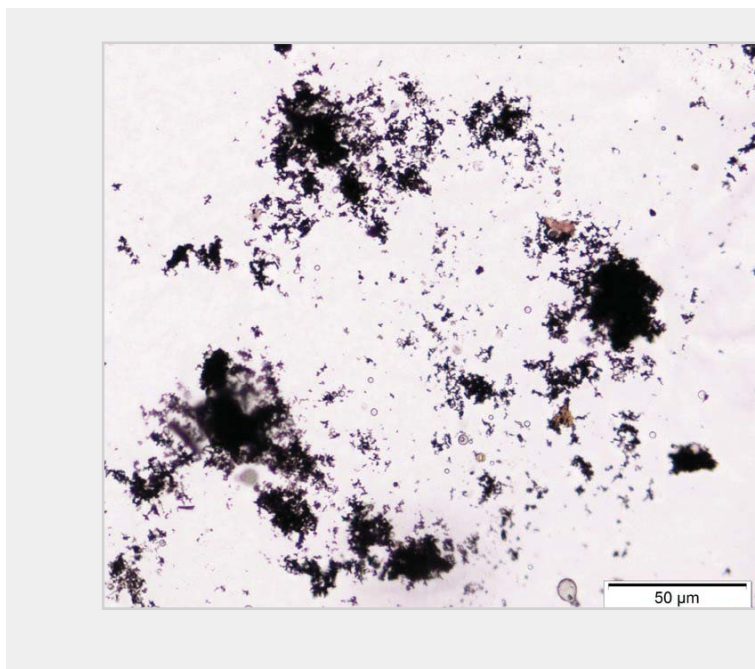
Die mikroskopischen Aufnahmen vermitteln ein Bild der Luftbelastung in den morgendlichen Stunden des Neujahrstages 2020 und 2021 von zwei Berliner Standorten: Ia): Berlin-Dahlem, Nähe Thielallee, Ib): Berlin-Mitte, Charité-Gelände. Die mittels der Burkard-Falle fixierten Luftpartikel sind in 100-facher Vergrößerung dargestellt. Der rechts unten eingefügte Balken entspricht einer Länge vom 200 µm.

MESSERGEBNISSE DES BERLINER LUFTGÜTEMESSNETZES ZUM VERGLEICH

TABELLE 1 zeigt eine Gegenüberstellung der stündlichen Messergebnisse für ein, drei und fünf Uhr morgens sowie der über 24 Stunden gemittelten Messwerte von zehn Berliner Messstationen des Luftgüte-Messnetzes BLUME für PM_{10} . Die Verteilung der Messstationen innerhalb Berlins bezieht Standorte an großen Verkehrsstraßen, im städtischen Hintergrund und auch ländliche stadtnahe Gebiete (Stadttrand) mit ein. Dadurch soll ein möglichst breiter Überblick über die Luftbelastung in Berlin gewährleistet werden.

Es zeigt sich, dass 2020 die Tagesmittelwerte für PM_{10} von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (dem EU-Grenzwert für das Tagesmittel) an vier von zehn Messstationen überschritten wurden. Am 01.01.2021 wurden diese jedoch an keiner Messstation überschritten. In der Gegenüberstellung der Stundenwerte der automatischen Messungen um ein Uhr früh am Neujahrstag ist vor allem 2020 und etwas weniger ausgeprägt auch 2021 der Einfluss des Berliner Feuerwerks ersichtlich: Als Folge des Silvesterfeuerwerks ist eine deutliche Erhöhung der PM_{10} -Konzentration in der Stunde nach Mitternacht erkennbar (**TABELLE 1**).

Auffällig sind insbesondere die sehr hohen PM_{10} -Konzentrationen, welche am Neujahrsmorgen 2020 um ein Uhr gemessen wurden. Insbesondere an Standorten im Innenstadtbereich, wo üblicherweise auch vermehrt Feuerwerkskörper gezündet werden, konnten zum Teil über $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} gemessen werden. Gerade in diesen Gebieten zeigt sich, dass die Reduzierung des Silvesterfeuerwerks bei dem Jahreswechsel 2020/21 zu geringeren Feinstaubkonzentrationen führte. Neujahr 2021 zur selben Zeit waren die gemessenen Feinstaubkonzentrationen an diesen Orten deutlich niedriger. So wurde zum Beispiel in Berlin-Mitte, einem Ort, wo üblicherweise auch touristisch vielfältige Silvesterfeierlichkeiten stattfinden, nur ein Sechstel der Feinstaubbelastung des Vorjahres zu diesem Zeitpunkt nachgewiesen.



Bei einer höheren Auflösung der mikroskopischen Aufnahme (400-fache Vergrößerung) ist erkennbar, dass sich die anhaftenden Schwebepartikelaggregate der Luft vornehmlich aus Feinstaubpartikeln mit einer Größe unter $10 \mu\text{m}$ zusammensetzen. Der rechts lokalisierte Balken entspricht einer Länge von $50 \mu\text{m}$.

Ein direkter Vergleich der Luftbelastung im Verlauf der beiden Neujahrsmorgen 2020 und 2021 ist für die Zeitpunkte ein, drei und fünf Uhr in **ABBILDUNG 3** dargestellt.

ABBILDUNG 2
Partikelanalyse nach der Hirst-Methode – Agglomerations-effekte.

DISKUSSION

Feinstaub ist ein guter Indikator für Luftverschmutzungen. Weltweit beeinträchtigt er die Gesundheit von mehr Menschen als andere Luftschadstoffe. Es bestehen deutliche Zusammenhänge zwischen einer hohen Konzentration von Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$) und einer erhöhten Sterblichkeit und auch dem Auftreten verschiedener Erkrankungen sowohl bei täglicher als auch bei chronischer Belastung (WHO 2018).

Die Europäische Union (EU) führte mit der Richtlinie 1999/30/EG verpflichtende Grenzwerte der PM_{10} -Belastung der Luft innerhalb der EU ein. Der seit dem 1. Januar 2005 einzuhaltende Tagesmittelwert für PM_{10} beträgt

MESS-STATION	BEZIRK	TYP	PM ₁₀ -KONZENTRATION in µg/m ³							
			01.01.2020				01.01.2021			
			1 Uhr	3 Uhr	5 Uhr	Tages-mittelwert	1 Uhr	3 Uhr	5 Uhr	Tages-mittelwert
010	Wedding	H	57	70	27	30	52	69	41	29
032	Charlottenburg-Wilmersdorf	S	32	39	28	24	20	49	41	25
042	Neukölln	H	208	96	35	46	74	82	38	37
077	Pankow	S	39	56	30	30	50	65	44	33
085	Treptow-Köpenick	S	112	116	46	39	45	35	32	28
117	Steglitz-Zehlendorf	V	451	66	35	58	157	75	38	39
124	Tempelhof-Schöneberg	V	751	113	43	75	217	53	40	41
143	Neukölln	V	547	74	45	64	95	86	39	39
171	Mitte	H	373	93	29	48	58	75	41	32
174	Friedrichshain-Kreuzberg	V	757	115	45	83	254	67	49	47

Dargestellt sind grau hinterlegt die Tagesmittelwerte der PM₁₀-Belastung der Berliner Messstationen. Im Vergleich dazu zeigen die stündlich gemittelten Feinstaubbelastungen um 1 Uhr, um 3 Uhr und um 5 Uhr die hohen Schwankungen der Feinstaubemission nach dem Silvesterfeuerwerk (Hauptstadtportal 2021).

Typ: V = Verkehr, H = Hintergrund, S = Stadtrand

TABELLE I
 PM₁₀-Konzentrationen
 an Berliner Mess-
 stationen vom 01. Januar
 der Jahre 2020 und
 2021.

50 µg/m³ bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr. Der Jahresmittelwert für PM₁₀ beläuft sich auf 40 µg/m³. Am Neujahrsmorgen 2021 wurde im Gegensatz zu 2020 der Grenzwert des Tagesmittelwerts für PM₁₀ von 50 µg/m³ an keiner Berliner Messstation überschritten.

Die Auswertungen der Pollenfallen in den beiden Zeiträumen der ersten Neujahrsstunden der Jahre 2020 und 2021 tragen nicht zu einer offiziellen Berichterstattung über die Situation der Luftqualität bei. Die Methode eignet sich nur bedingt, um Aussagen über die Konzentration von Feinstaub oder die Anzahl von Partikeln in der Umgebungsluft zu treffen. Es ist auch wichtig zu erwähnen, dass aufgrund der Art und Weise der Sammelmethode bei Pollensammelgeräten nicht nur Feinstaub auf der Membran abgelagert wird. Dennoch kann bei einer stärkeren Vergrößerung der mikroskopischen Präparate der Fangfolien die deutliche Beladung mit Feinstaub nachgewiesen werden. Ohne dass eine Quantifizierung vorgenommen

wurde, kann aus dem mikroskopischen Bild abgeschätzt werden, dass sich überwiegend Feinstaubpartikel der Kategorien PM₁₀ und auch PM_{2,5} abgelagert haben und auch, dass die Agglomerate auf der Folie der Pollenfalle in Berlin-Dahlem aus einzelnen mehrheitlich sehr kleinen Partikeln (PM_{2,5}) bestehen (ABBILDUNG 2). Eine genauere Analyse dieser Partikelgrößenverteilung könnte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Bake konnte allerdings schon 2001 am gleichen Standort nachweisen, dass die Konzentration von PM_{2,5} durch das Silvesterfeuerwerk in der Neujahrsnacht in Innenräumen bei geschlossenen Fenstern (Doppelkastenfenster, Altbau) um den Faktor 10 ansteigt (Bake 2002). Warum es am Standort Berlin-Dahlem und nicht am Standort Berlin-Mitte zu den starken Agglomerationseffekten kommt, kann unterschiedliche Gründe haben: Zum einen ist die Pollenfalle hier deutlich niedriger (in Kopfhöhe) installiert als in Berlin-Mitte (Dachbereich eines Klinikgebäudes), sodass es aufgrund des Standortes

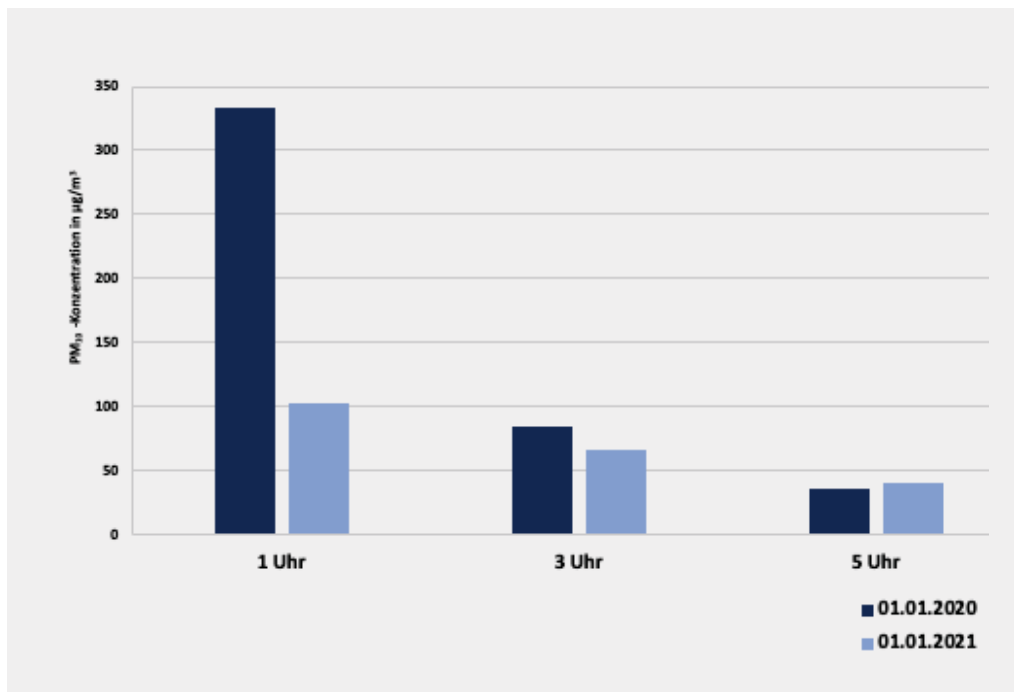


ABBILDUNG 3
PM₁₀-Belastung des
Neujahrstages im Ver-
gleich der Jahre 2020
und 2021.

Die PM₁₀-Belastung wurde aus den entsprechenden Werten von zehn Berliner Messstationen am Neujahrstag stündlich gemittelt und im Vergleich der Jahre 2020 und 2021 dargestellt.

zu unterschiedlich hohen Partikelanzahlen und -konzentrationen kommen kann. Zum anderen können auch innerstädtische kleinräumige Witterungsunterschiede von Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Wind zu Veränderungen des Sammelbildes beitragen.

Bezüglich der Wirkungen von Staubbelastungen gelten Feinstäube (PM_{2,5} aber auch PM₁₀) als besonders relevant für die gesundheitliche Wirkung. Dennoch muss erwähnt werden, dass auch gröbere Stäube (z. B. Schwebstaub, Total Suspended Particles, TSP) zu Irritationen und Entzündungen der oberen Atemwege führen können.

Hinsichtlich der Darstellung des mikroskopischen Bildes einer Staubbelastung ist jedoch insbesondere von Bedeutung, dass dieser visuelle Eindruck eine Erweiterung der Wahrnehmung einer Belastung ermöglicht. Zu der Berichterstattung über die Belastung der Umgebungsluft in der physikalisch messbaren Einheit µg/m³ kommt hier ein mikroskopisches Bild hinzu. Durch das Zusammenspiel dieser beiden Informationen kann es

gelingen, die Bedeutung der Luftbelastung zu unterstreichen, und im Sinne eines erweiterten Kommunikationskonzeptes auszubauen. Auch für Laien kann somit leichter ersichtlich werden, wie stark die (vermeidbare) Luftbelastung durch menschliches Handeln zu Silvester ist.

FAZIT

Bei der Aufklärung über umweltbedingte Risiken für die Gesundheit ist es oftmals schwierig, allgemein verständliche Formen der Kommunikation zu finden. Durch die ganzjährige Pollensammlung an zwei Standorten in Berlin liegen Bilder mikroskopischer Präparate vor, welche die Fein- und Grobstaubbelastung konkret visuell zeigen und im zeitlichen Verlauf darstellen. Dieses mikroskopische Verfahren wird grundsätzlich zwar nicht zur Feinstaubmessung verwendet, es kann allerdings zur Aufklärung über Feinstaubbelastungen zu Silvester

oder in anderen Situationen beitragen. So kann es einen Beitrag leisten, wenn neben Konzentrationsdaten und Datenvisualisierungen (Diagramme, Tabellen etc.) für die Kommunikation konkrete Bilder einer Expositionssituation gewünscht werden.

DANKSAGUNG

Die Autorinnen und der Autor danken den Mitarbeitenden der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID) für die freundliche Kooperation am Standort Berlin-Dahlem und die Bereitstellung der Pollenpräparate der Messtation in Berlin-Mitte/Charité sowie Sabine Bach für die medizinisch-technische Betreuung.

LITERATUR

Bake D (2002): Schwebstaub in der Innenraumluft im Verhältnis zur Außenluft. UMID 03: 16–18.

Dauert U, Straff W, Gerwig H et al. (2020): Zum Jahreswechsel: Wenn die Luft „zum Schneiden“ ist. Hintergrundpapiere 16. Dessau-Roßlau. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/jahreswechsel-wenn-die-luft-schneiden-ist> (Zugriff am: 13.09.2021).

Hauptstadtportal berlin.de (2021): Berliner Luftgütemessnetz – Überblick aktiver Messtationen. <https://luftdaten.berlin.de/station/overview/active> (Zugriff am: 03.09.2021).

Hauptstadtportal berlin.de (2020): Kein Silvester-Feuerwerk am Brandenburger Tor. BerlinOnline Stadtportal GmbH & Co. KG. <https://www.berlin.de/kultur-und-tickets/nachrichten/6398851-2154924-kein-silvesterfeuerwerk-am-brandenburger.html> (Zugriff am: 03.09.2021).

Hickey C, Gordon C, Galdanes K et al. (2020): Toxicity of particles emitted by fireworks. Part Fibre Toxicol 17: 28.

Tagesschau (2020): FAQ Corona-Regeln. Was ist zu Silvester erlaubt und was nicht? <https://www.tagesschau.de/inland/faq-silvester-101.html> (Zugriff am: 03.09.2021).

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2019): Richtlinie VDI 4252 Blatt 4. Bioaerosole und biologische Agenzien – Ermittlung von Pollen und Sporen in der Außenluft unter Verwendung einer volumetrischen Methode für ein Messnetz zu allergologischen Zwecken.

WHO – Weltgesundheitsorganisation (2018): Ambient (outdoor) air pollution. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (Zugriff am: 03.09.2021).

KONTAKT

Dr. Carola Emanuel
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.5 „Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: carola.emmanuel[at]uba.de

[UBA]