

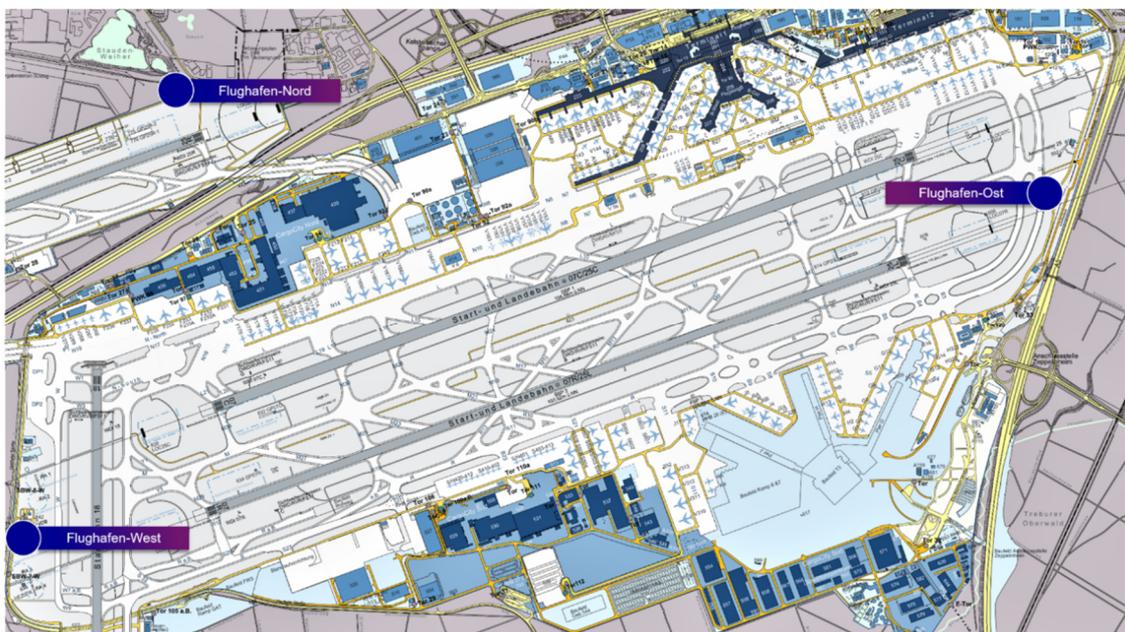
Lufthygienischer Jahresbericht 2021

Bericht über die Ergebnisse der Luftqualitätsmessungen am Flughafen Frankfurt

Im Jahr 2021 konnten wir auf fast 20 Jahre Luftschadstoffmessungen am Flughafen Frankfurt zurückblicken. Die Luftqualität auf dem Flughafen und in seiner Umgebung war seinerzeit durch die Planungen zum kapazitiven Ausbau des Flughafens in den Blickpunkt geraten. Gegenstand der Ausbauplanung war im Wesentlichen der Bau der Landebahn Nordwest sowie ein neues Terminal im Süden des Flughafengeländes. In diesem Zusammenhang dienten die Luftqualitätsmessungen vor Ort auch zur Überprüfung der eingesetzten Simulationsmodelle und zur Überwachung baubedingter Staubbelastungen. Diese Aufgaben, von denen lediglich die Überwachung der Bauimmissionen im Bereich der Landebahn Nordwest einer behördlichen Auflage entsprach, konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Dennoch erschien eine Fortsetzung der Messreihe aus fachlicher Sicht wünschenswert. Der Standort Flughafen ergänzt das behördliche Messnetz und ermöglicht die Beobachtung der zukünftigen Entwicklung, auch hinsichtlich einer weiteren Zunahme des Luftverkehrs. Daher wurde vereinbart, dass die Messeinrichtungen ab September 2017 in das Eigentum des UNH übergehen und durch das HLNUG weiter betrieben werden. Die Ergebnisse stehen Fraport zur Verfügung, so dass wir sie weiterhin in unserem Lufthygienischen Jahresbericht darstellen können. Die aktuellen Messwerte der Flughafen-Stationen sind seit Dezember 2019 auf der Internetseite des HLNUG unter „Messprogramm Flughafen Frankfurt“ für die Öffentlichkeit online abrufbar.

In diesem Lufthygienischen Jahresbericht sind die Jahreskenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe wie gewohnt zusammengestellt. Daneben enthält die Ausgabe eine Analyse des Saharastaubevents, das Ende Februar 2021 auftrat und zu den höchsten Feinstaubkonzentrationen der letzten 20 Jahre in Hessen führte. Wie auch im Vorjahr war der Flughafen Frankfurt 2021 von den Auswirkungen der Covid-19-Pandemie massiv betroffen. Durch gelockerte Reiserestriktionen erholte sich der Flugverkehr zwar seit Jahresmitte deutlich, dennoch lagen die Flugbewegungs- und Passagierzahlen weit unter dem Vorkrisenniveau. Obwohl der Flugverkehr gegenüber 2020 wieder zugenommen hatte, lagen die gemessenen PM₁₀ und NO₂-Jahresmittelwerte auf vergleichbarem Niveau der Vorjahreswerte. Zusammenfassend sind die Jahreskennwerte am Flughafen auch 2021 weiterhin unauffällig. Die Messwerte liegen wie in den Vorjahren auf einem Konzentrationsniveau, das zwischen dem städtischen Hintergrund und verkehrsexponierten Standorten des behördlichen Messnetzes einzuordnen ist.

Standorte der Luftmessstationen im Jahr 2021



Jahresmittelwerte im Vergleich mit Luftqualitätswerten

		Messwert	Luftqualitätswert*
NO	Flughafen-Ost	16	200 ¹
	Flughafen-West	10	
	Flughafen-Nord	7,4	
NO ₂	Flughafen-Ost	30	40 ²
	Flughafen-West	22	
	Flughafen-Nord	21	
SO ₂	Flughafen-Ost	1,2	50 ³
	Flughafen-West	1,0	
CO	Flughafen-Ost	0,1	- ⁴
	Flughafen-West	0,2	
O ₃	Flughafen-Ost	37	- ⁴
	Flughafen-West	36	
PM10	Flughafen-Ost	14	40 ²
	Flughafen-West	15	
	Flughafen-Nord	13	
PM2,5	Flughafen-Ost	9,2	25 ²
	Flughafen-West	10	
	Flughafen-Nord	8,7	
Benzol	Flughafen-Ost	0,7	5 ²
Toluol	Flughafen-Ost	1,7	30 ⁵
m/p-Xylol	Flughafen-Ost	0,7	30 ⁵
Ethylbenzol	Flughafen-Ost	0,2	20 ¹

Messeinheit: µg/m³, für CO: mg/m³

PM10 = Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist, Definition für PM2,5 analog dazu

*Als Vergleichswerte wurden herangezogen:

¹ Immissionsvergleichswert des HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie)

² Grenzwert der 39. BImSchV

³ Grenzwert der TA Luft 2002

⁴ Kein als Jahresmittel definierter Beurteilungswert in den einschlägigen Regelungen

⁵ Vorschlag des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI)

Das Format der tabellarischen und grafischen Darstellungen der Vorjahre wurde in diesem Bericht beibehalten. Für dieses Berichtsjahr liegen nun auch von der im April 2020 in Betrieb genommene Station Flughafen-West Ergebnisse vor.

Die kontinuierlichen Messungen waren im Jahr 2021 an allen drei Luftmessstationen zu mindestens 99 % verfügbar. Bei der Passivsammlung der Kohlenwasserstoffe gab es keine Ausfälle, sodass der Belegungsgrad 100 % beträgt.

Überschreitungshäufigkeit von Kurzzeit-Luftqualitätswerten

		Kurzzeit- Luftqualitätswert	Bezugs- intervall	Anzahl gemessener Überschreitungen pro Jahr	Anzahl zulässiger* Überschreitungen pro Jahr
NO ₂	Flughafen Ost	200	1 Stunde	0	18
	Flughafen West			0	
	Flughafen Nord			0	
SO ₂	Flughafen Ost	350	1 Stunde	0	24
	Flughafen West			0	
CO	Flughafen Ost	10 ¹	8 Stunden	0	0
	Flughafen West			0	
O ₃	Flughafen Ost	180 ²	1 Stunde	0	0
	Flughafen West			0	
	Flughafen Ost	240 ³	1 Stunde	0	0
	Flughafen West			0	
	Flughafen Ost	120 ¹	8 Stunden	15 ⁴	25 ⁴
	Flughafen West			6 ⁵	
PM10	Flughafen Ost	50	24 Stunden	1	35
	Flughafen West			2	
	Flughafen Nord			2	

Messeinheit: µg/m³, für CO: mg/m³

* Als Vergleichswerte wurden die Kurzzeit-Luftqualitätswerte gemäß 39. BImSchV herangezogen (zum Begriff „zulässig“ siehe die Erläuterungen im Lufthygienischen Jahresbericht 2004 bzgl. der Exposition, die zur Anwendung von Grenzwerten vorauszusetzen ist):

¹ Höchstzulässiger Acht-Stunden-Mittelwert eines Tages aus stündlich gleitenden Acht-Stunden-Mittelwerten (bei Ozon: Zielwert)

² Schwelle für die Unterrichtung der Öffentlichkeit durch die zuständige Behörde bei Überschreitung in deren Messnetz

³ Schwelle für die Auslösung des Alarmsystems durch die zuständige Behörde bei Überschreitung in deren Messnetz

⁴ als Mittel über drei Jahre (2019, 2020, 2021)

⁵ Angabe nur auf 2021 bezogen, da für 2019 und 2020 noch keine Daten der Station Flughafen West vorliegen

Zur Beurteilung des Kurzzeitwertes für PM_{2,5} liegt keine entsprechender Luftqualitätswert vor.

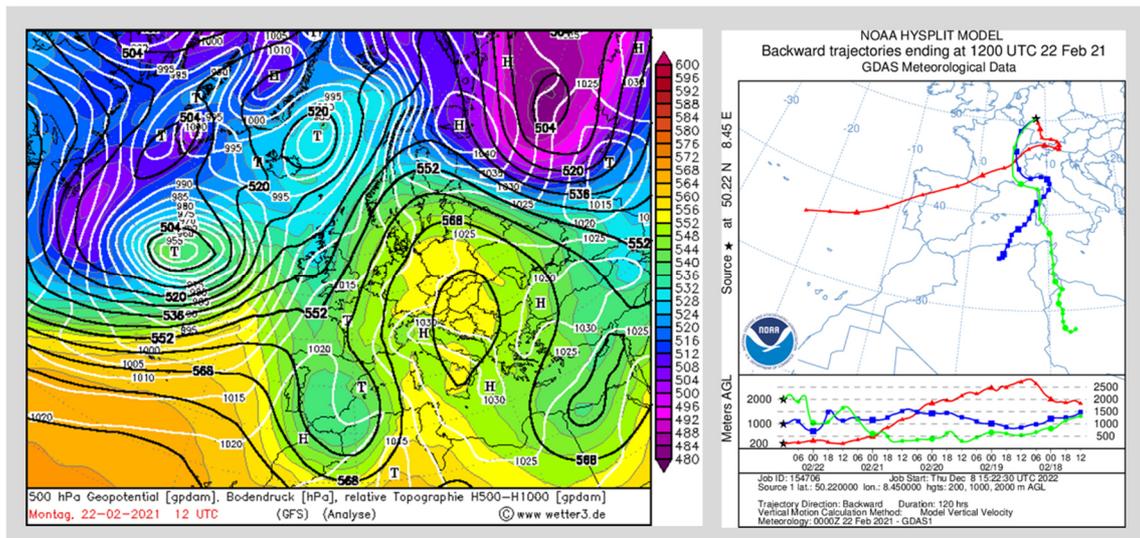
Zur Einordnung und Bewertung der aktuellen Klimadaten werden Klimareferenzperioden verwendet, die einen Zeitraum von 30 Jahren umfassen. Für die letzten Jahre wurde für den Lufthygienischen Jahresbericht die Referenzperiode 1981-2010 verwendet. Um Einordnungen und Vergleiche zum aktuellen Witterungszustand in einer Region zu erlauben, werden gemäß den Empfehlungen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) zukünftig alle zehn Jahre die Klimanormalperioden aktualisiert. Ab dem Berichtsjahr 2021 wird nun zum Vergleich die Klimanormalperiode 1991-2020 genutzt. Für die Beobachtung von langfristiger Klimaentwicklung und unter Berücksichtigung der Klimawandeleffekte empfiehlt die WMO weiterhin die international gültige Klimareferenzperiode für den Zeitraum 1961-1990 beizubehalten (DWD (2022), Kaspar et al. (2021)).

Am Flughafen Frankfurt lag die Durchschnittstemperatur im Jahr 2021 mit 10,6 °C im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 um 0,8 °C höher. Der aktuellen und wärmeren Normalperiode 1991-2020 gegenübergestellt war das Jahr 2021 um 0,5 °C kühler. Mit 1838 Stunden übertraf die Sonnenscheindauer ihr Jahresoll von 1714 Stunden um 7 %. Nach den drei trockenen Vorjahren fielen 2021 insgesamt rund 641 mm Niederschlag, was um 7 % über dem langfristigen Klimamittel^a liegt. Das Frühjahr fiel deutlich zu kühl aus. Bemerkenswert war der Monat Juni aus klimatologischer Sicht: mit 272 Sonnenstunden war er zugleich der sonnenscheinreichste Monat sowie auch der wärmste und niederschlagsreichste Monat des gesamten Jahres. Aufgrund von zahlreichen Gewittern mit kräftigen Starkregenfällen betrug die Niederschlagsmenge im Juni 121 mm und damit mehr als doppelt so viel wie im langjährigen Monatsmittel. Die übrigen Sommermonate Juli und August waren immer wieder von Tiefdruckgebieten geprägt und insgesamt kühler und sonnenscheinärmer als die vieljährigen Monatsmittel 1991-2020. Das Jahresende verlief hingegen ausgesprochen mild.

^a 1991-2020 an der vom Deutschen Wetterdienst betriebenen Flugwetterwarte auf dem Flughafengelände

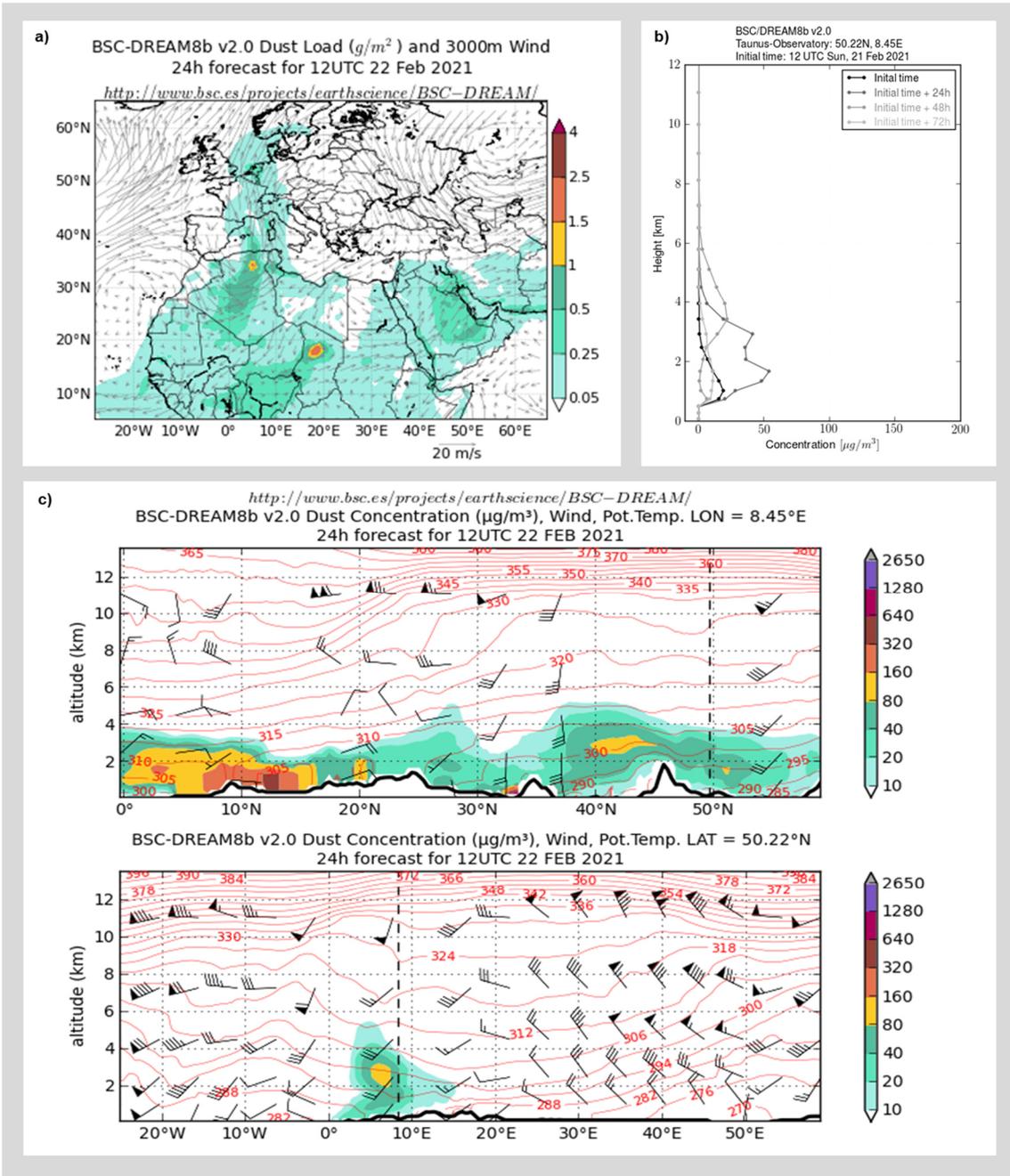
Aufgrund der kühlen und sonnenscheinarmen Sommermonate Juli und August wurden beim bodennahen Ozon weder der Informationsschwellenwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Ozon als Stundenmittel noch der Alarmschwellenwert von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten. Im Jahr 2021 überschritt an nur sieben Tagen (Station Flughafen-Ost) und an sechs Tagen (Station Flughafen-West) der höchste Achtstundenmittelwert eines Tages den Wert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Unterschied zu den letzten Vorjahren trug das Berichtsjahr 2021 diesmal zu einer Absenkung der Kennzahl für den Langzeitzielwert bei (s. auch Seite 3 Fußnote 4 zur Tabelle).

Bei Feinstaub war wie auch in den Vorjahren keine Überschreitung zu beobachten, die Konzentration vom PM10 und PM2,5 lag unter dem Beurteilungswert für das Jahresmittel. Die Schwelle für das PM10-Tagesmittel von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde im Berichtsjahr an einem Tag (Station Flughafen-Ost) bzw. an zwei Tagen (Station Flughafen-West und Station Flughafen-Nord) überschritten. Bis zu 35 Tage im Jahr wären selbst im bewohnten Umfeld zulässig gewesen. Die Überschreitungen an den Flughafenstationen wurden im Zeitraum vom 24. Februar bis zum 26. Februar 2021 gemessen. Die hohen Feinstaubwerte resultierten aus dem Eintrag einer natürlichen Quelle: ferntransportiertem Saharastaub. In der nachfolgenden linken Abbildung ist die Wetterlage vom 22. Februar 2021 um 12 Uhr UTC dargestellt. Es befand sich ein Tiefdruckgebiet über West- und Südwesteuropa, das sich bis nach Nordafrika erstreckte. Dieses Tiefdruckgebiet verursachte eine südliche Höhenströmung von Nordafrika über Südfrankreich, wodurch Saharastaub bis in unsere Breiten gelangen konnte. Mit dem HYSPLIT-Trajektorienmodell (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) der nationalen Ozean- und Atmosphärenbehörde NOAA der Vereinigten Staaten wurden für den Standort Taunus-Observatorium 240-stündige Rückwärtstrajektorien zur Luftmassenherkunftsanalyse für den 22. Februar 12 Uhr UTC ermittelt, die in der nachfolgenden rechten Abbildung dargestellt sind. Das Taunus-Observatorium befindet sich auf dem Kleinen Feldberg im Taunus (825 m ü NN) und ist eine Einrichtung der Goethe-Universität Frankfurt am Main. Ebenso sind auf dem Kleinen Feldberg eine Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes und eine Luftmessstation des HLNUG, die aktuelle Wetter- und Luftschadstoffdaten liefern. Die berechneten Trajektorien, die oberhalb von 1000 m zum Taunus Observatorium gelangen, transportieren von Saharastaub beeinflusste Luftmassen.



Links: Wetterlage am 22.02.2021 um 12 UTC (wetter3,2022); rechts: 240-stündige Rückwärtstrajektorien vom 22.02.2021 um 12 UTC in 200 m (rot), 1000 m (blau) und 2000 m (grün) über dem Boden für den Standort Taunus Observatorium (Modelldaten: HYSPLIT, Stein et al. (2015), Rolph et al. (2017)).

Auch das BSC-DREAM8b-Modell (Dust Regional Atmospheric Model), das zur Vorhersage der Staubbelaugung über Europa dient, macht ebenfalls den Einfluss der erwähnten Tiefdruckzone sichtbar (siehe nachfolgende Abbildung a)). Von Süden ziehen staubbeladene Luftmassen über Frankreich und reichen über Süd- und Mitteldeutschland bis nach Skandinavien. Das Vertikalprofil daneben in Abbildung b), das die Staubbelaugung am Taunus Observatorium vom 21.02.2021 bis zum 24.02.2021 in 24-Stunden Schritten zeigt, verdeutlicht den Staubverlauf in Abhängigkeit von der Höhe. Am 22.02.2021 12 UTC reicht die Staubschicht von wenigen 100 m bis etwa 4 km Höhe. Die Maxima der Staubschicht liegen hier bei 1,5 km Höhe mit $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie 3 km mit $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Am 23.02.2021 verringert sich die Staubbelaugung deutlich ab 3,5 km abwärts und 24 Stunden später ist nur noch ein sehr geringe Staubbelaugung in den bodennahen Schichten zu erkennen. In der folgenden Abbildung c) sind zwei Vertikalschnitte der Staubkonzentration des BSC-DREAM8b-Modells von Süd nach Nord sowie von West nach Ost dargestellt. Die vertikal gestrichelte Linie markiert jeweils die Lage des Taunus Observatoriums. Insgesamt ist eine Staubschicht von wenigen 100 m bis zu einer Höhe von 4 km mit maximal 40 bis $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Staub für den 22. Februar zu erkennen und, somit ist mit einem starken Einfluss von Saharastaub am Taunus Observatorium zu rechnen.

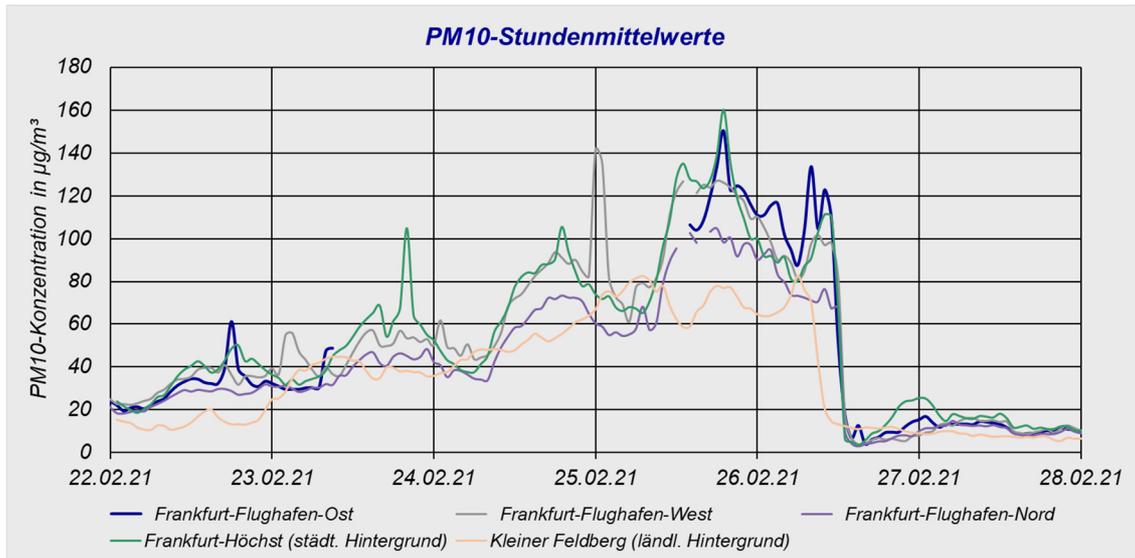


a) 24h-Vorhersage des BSC-DREAM8b v2.0-Modells vom 21.02.2021 zur Staubbeladung in g/m^2 am 22.02.2021 12 UTC; b) Vertikalprofil der Staubkonzentration in $\mu g/m^3$ am Taurus Observatorium vom 21.02.2021 bis zum 24.02.2021; c) 24h-Vorhersage des BSC-DREAM8b v2.0-Modells vom 21.02.2021 der Vertikalschnitte der Staubkonzentration in $\mu g/m^3$ am 22.02.2021 12 UTC, Oben: von Süd nach Nord; unten: Von West nach Ost; gestrichelte Linie: Lage des Taurus Observatorium (Modelldaten: BSC-DREAM8b, Pérez et al. (2006a), Pérez et al. (2006b), Basart et al. (2012)).

Die Ceilometer^b-Messungen des Deutschen Wetterdienstes sowie Satellitenaufnahmen bestätigten diese Modellvorhersagen und zeigten, dass die Saharastaubwolke am 22. Februar 2021 in einer Höhe von etwa 2 km ankam und sich in einer Höhe von etwa 2 bis 4 km ausbreitete (DWD, 2021a, 2021b). Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der PM10-Konzentration als Stundenmittelwerte vom 22. Februar bis zum 28. Februar 2021 für die drei Luftmessstationen auf dem Flughafengelände sowie für die Stationen Frankfurt-Höchst und Kleiner Feldberg. Der Saharastaub breitete sich bis in die unteren Luftschichten aus, so dass die PM10-Messwerte von Tag zu Tag stetig anstiegen. Der Höhepunkt der Feinstaubepisode wurde am 25. Februar erreicht. Laut HLNUG wurden die höchsten Feinstaubwerte seit den letzten 20 Jahren in Hessen registriert. An der städtischen Messstation Frankfurt-Höchst sowie an der Luftmessstation Frankfurt-Flughafen-West

^b Ein Ceilometer ist ein Lidarmesssystem, das zur automatischen Erfassung der Wolkenhöhe bzw. der Wolkenuntergrenze sowie zur Bestimmung von Aerosoleigenschaften dient.

wurden PM10-Tagesmittelwerte über 100 µg/m³ gemessen. Sogar an der Station mit ländlichem Hintergrund am Kleinen Feldberg in Taunus traten Tagesmittelwerte von 70 µg/m³ auf. Im Laufe des 26. Februars führte das Erreichen einer Kaltfront in kurzer Zeit an den Messstationen zu einem massiven Rückgang der Feinstaubkonzentration (HLNUG, 2021a, 2021b).

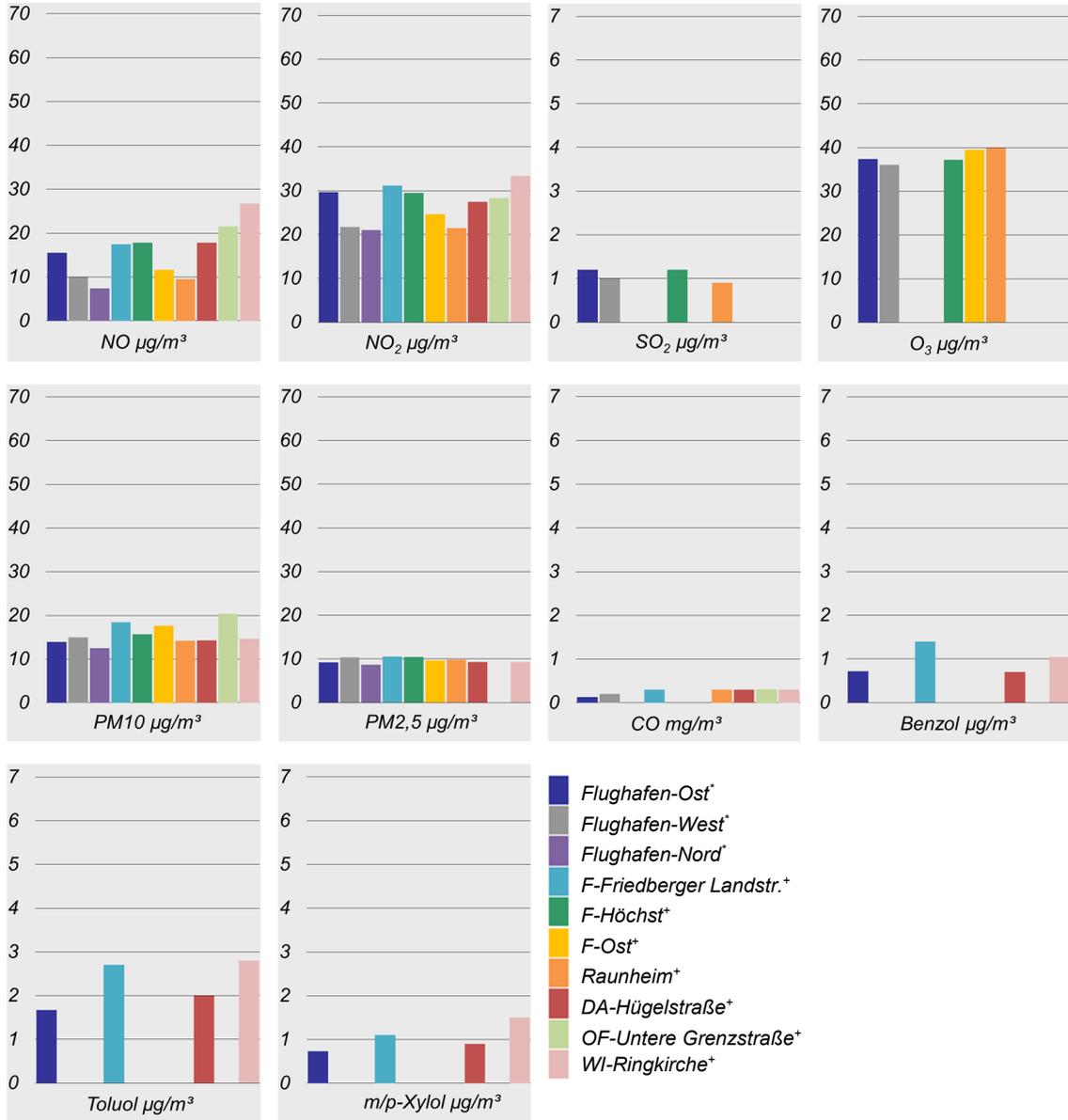


Zeitlicher Verlauf der PM10-Konzentration als Stundenmittelwerte an den Flughafen-Stationen aus dem Flughafen-Messprogramm und an den Messstationen „Frankfurt-Höchst“ und „Kleiner Feldberg“ aus dem Luftmessnetz des HLNUG (Messdaten: HLNUG, 2022).

Der Jahresimmissionswert von 40 µg/m³ für NO₂ wird weit eingehalten. Die gemessenen Jahresmittelwerte liegen zwischen 21 µg/m³ (Frankfurt-Flughafen-Nord) und 30 µg/m³ (Frankfurt-Flughafen-Ost) auf einem den Vorjahreswerten ähnlichen Niveau. Für alle ermittelten Kenngrößen würden die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit in diesem Jahr eingehalten, wenn sie auf Flughäfen anwendbar wären (s. Anmerkung* unter der Tabelle auf Seite 3).^c

^c Zur Information: Im September 2021 veröffentlichte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) eine Novellierung ihrer globalen Luftqualitätsleitlinien und senkte darin ihre Empfehlungen für die Belastungen mit Feinstaub und Stickstoffdioxid drastisch herab (WHO, 2021). Die Empfehlungen für die Luftqualitätswerte dienen zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung und basieren auf einer systematischen Bestandsaufnahme der vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse aus umweltepidemiologischen Studien und Metaanalysen. Diese Vorsorgewerte sind nicht rechtsverbindlich und werden in diesem Bericht nicht zur Beurteilung herangezogen. Die neuen Leitlinien empfehlen eine mittlere jährliche NO₂-Konzentration von nur noch 10 µg/m³, nicht mehr wie bisher bei 40 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft. Die WHO-Empfehlung für die Langzeitbelastung mit Feinstaub PM_{2,5} liegt nun bei 5 statt bisher 10 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft (EU-Grenzwert: 25 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft), für Feinstaub PM₁₀ bei 15 statt bisher 20 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft (EU-Grenzwert: 40 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft).

Jahresmittelwerte der Flughafenstationen und Vergleichswerte benachbarter Messstationen des HLNUG*



Keine Säule = Komponente nicht im Messprogramm der jeweiligen Station enthalten, DA = Darmstadt, F = Frankfurt am Main, OF = Offenbach am Main, WI = Wiesbaden

Quellen: *Daten der Luftmessstationen auf dem Flughafengelände wurden vom HLNUG an Fraport übergeben.
 *Lufthygienischer Monatsbericht Dezember 2021 (gleitende Jahresmittel), HLNUG.

Vergleich der Flughafenstationen mit benachbarten HLNUG-Stationen

Für den Vergleich der Flughafenstationen mit den benachbarten Messstationen des behördlichen Luftmessnetzes wurden bisher die Messstationen F-Höhenstraße und F-Palmengarten herangezogen. Beide Stationen enthalten nur Staubinhaltsstoffkomponenten in ihrem jeweiligen Messprogramm. Wie bereits im Vorjahresbericht bekannt gegeben wurde die Untersuchung der Staubinhaltsstoffe Benzo(a)pyren, Arsen, Blei, Cadmium und Nickel für das Flughafen-Messprogramm eingestellt, da die niedrigen Konzentrationswerte der Staubinhaltsstoffe aus den Vorjahren weit unter den Beurteilungswerten lagen. Ab diesem Berichtsjahr wurden dafür die verkehrsbezogenen Messstationen DA-Hügelstraße und OF-Untere Grenzstraße für den Vergleich aufgenommen. An beiden HLNUG-Luftmessstationen erfolgen kontinuierliche Messungen von Stickoxiden, Feinstaub und Kohlenmonoxid. Darüber hinaus werden an der Station DA-Hügelstraße auch BTEX-Aromaten gemessen.

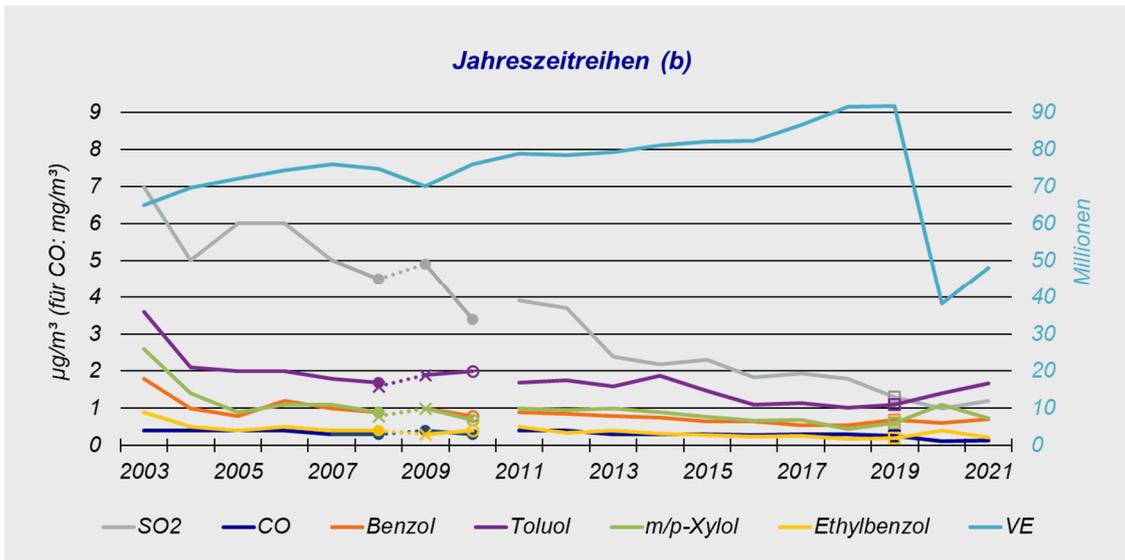
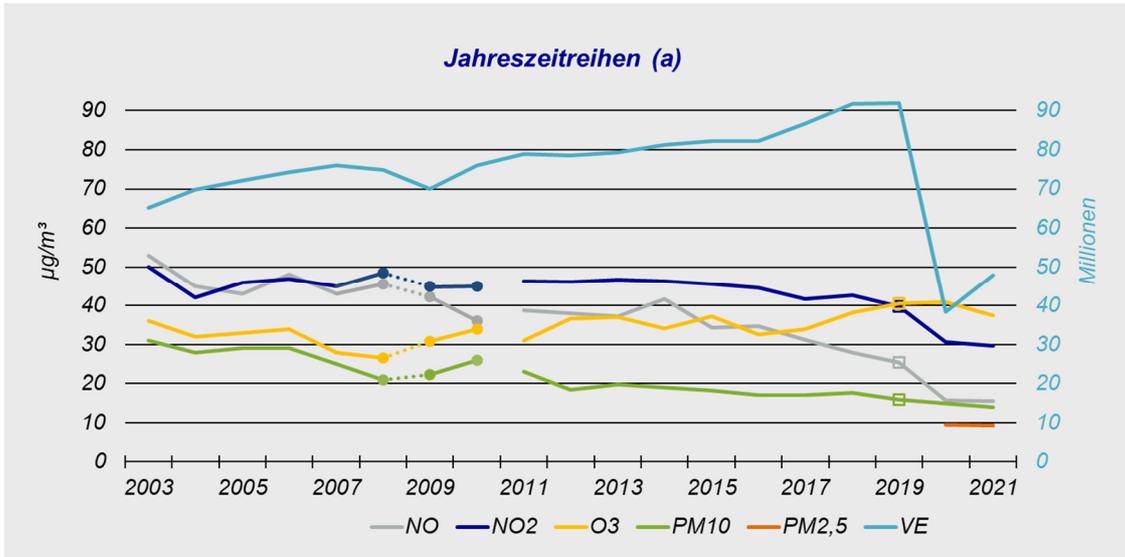
In den letzten Jahren zeigte sich an den Flughafenstationen sowie an den HLNUG-Stationen ein Rückgang der NO₂-Belastung. Insbesondere von 2019 auf 2020 kam es aufgrund der Covid-19-Pandemie und den damit verbundenen Maßnahmen zu einer starken NO₂-Reduktion. Dieser Trend setzte sich im Jahr 2021 so nicht fort. Die Werte an Standorten mit städtischem Hintergrund bleiben auf einem vergleichbaren Niveau wie im Vorjahr. An den verkehrsexponierten HLNUG-Vergleichsstationen haben die Stickoxide teilweise noch etwas abgenommen. Die gemessenen NO₂-Jahresmittelwerte liegen dort zwischen 27,5 µg/m³ (DA-Hügelstraße) und 33,4 µg/m³ (WI-Ringkirche). Die Unterschiede im Konzentrationsniveau zwischen den Stationstypen haben sich damit verringert. Durch den Einfluss der nahegelegenen BAB 5 liegen die Werte an der Station Flughafen-Ost auf ähnlichem Konzentrationsniveau von verkehrsexponierten, städtischen Standorten Verkehrsschwerpunkten. Die NO₂-Jahresmittelwerte der Stationen Flughafen-Nord und Flughafen-West liegen dagegen auf städtischen Hintergrundniveau. Im Jahr 2021 wurde erstmals im behördlichen Messnetz an allen Messstationen der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert für Stickstoffdioxid eingehalten. Die Einhaltung zeigt, dass die Maßnahmen im Rahmen der Luftreinhalteplanung sowie eine fortschreitende Erneuerung der Fahrzeugflotte ihre Wirksamkeit zeigen (HLNUG, 2022). Des Weiteren war, ähnlich wie im Jahr 2020, bedingt durch die Covid-19-Pandemie die Fahrleistung deutlich verringert (ADAC, 2022). Im Vergleich zum Jahr 2019 zeigten automatische Straßenverkehrszählstellen um den Flughafen Frankfurt herum eine mittlere Reduktion der Verkehrszahlen von etwa - 17 % (BASt, 2022). Ebenso gab es auch keine Überschreitung der Feinstaubgrenzwerte in Hessen (HLNUG, 2022).

An allen Standorten waren die Konzentrationen der Schadstoffe Benzol, Toluol und m/p-Xylol wie bisher sehr gering im Verhältnis zu den jeweiligen Beurteilungswerten. Wie am Flughafen waren auch an den Vergleichsstationen die Ozonwerte geringer als im Vorjahr.

Entwicklung der Jahresmittel (Station Flughafen-Ost) und Verkehrseinheiten (VE)

Auch im Jahr 2021 war der Flughafen Frankfurt von den Auswirkungen der Covid-19-Pandemie massiv betroffen. Zwar stiegen die Verkehrseinheiten gegenüber dem Vorjahr um + 25 % an, doch verglichen mit dem Vorkrisenniveau von 2019 waren sie um etwa - 48 % geringer. Trotz der positiven Entwicklung des Flugverkehrs zum Vorjahr bestätigte sich der Trend im Konzentrationsverlauf als konstant bis leicht abnehmend für Stickoxide und PM₁₀. Ende 2019 wurde das Flughafen-Messprogramm bzw. die Station Flughafen-Ost um die Luftschadstoffkomponente PM_{2,5} erweitert. Die PM_{2,5}-Jahresmittelwerte für 2020 und 2021 sind in der diesjährigen Zeitreihengrafik mit aufgenommen worden (siehe nachfolgende Abbildung). Aufgrund des kurzen Messzeitraumes können noch keine Jahrestrendaussagen getroffen werden. Die gemessene PM_{2,5}-Konzentration liegt mit 9,2 µg/m³ für 2021 auf dem Niveau des Vorjahreswertes.

Die Konzentrationswerte von Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid verlaufen wie in den vergangenen Jahren auf einem niedrigen Niveau und lagen auch für das Jahr 2021 weit unterhalb der Referenzwerte. Ähnlich verhält es sich mit den Kohlenwasserstoffen. Witterungsbedingt hat der Jahresmittelwert für Ozon zum Vorjahr abgenommen und die Fortschreibung der Zeitreihe zeigt diesmal kein gegenläufiges Verhalten von NO und Ozon.



1 VE = 1 Passagier mit Gepäck oder 100 kg Luftfracht bzw. Luftpost

Durchgezogene Linien: Messwerte eines Standorts, gepunktete Linien: kleinräumiger Standortwechsel 2008 / 2009 nach Südwesten, 2010 Verlegung um ca. 1000 m in nord-nordöstliche Richtung

Dicke Punkte: Korrektur bei Datenlücken am Standort, Kreuze: geringer Datenumfang am Standort ohne Korrektur, Kreise: Daten von zwei Standorten ohne Korrekturmöglichkeit, Quadrate: Daten von zwei Standorten ohne Korrektur aufgrund eines kleinräumigen Standortwechsels < 250 m im Oktober/November 2019 in südwestliche Richtung

Weitere Informationen:

ADAC (2022) - ADAC Staubilanz: Hessen 2021

<https://presse.adac.de/regionalclubs/hessen-thueringen/staubilanz-hessen-2021.html>

Basart, S., Pérez, C., Nickovic, S., Cuevas, E. & Baldasano, J.M. Development and evaluation of the BSC-DREAM8b dust regional model over Northern Africa, the Mediterranean and the Middle East. *Tellus B*, 64, 1-23 (2012).

BAST (2022) - Bundesanstalt für Straßenwesen: Automatische Dauerzählstellen auf Autobahnen und Bundesstraßen

https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/zaehl_node.html

DWD-Daten CDC

<https://cdc.dwd.de/portal/>

DWD (2022) – Wetter- und Klimalexikon

<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101334&lv3=101456>

DWD (2021a) – Grüße aus der Sahara

https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2021/2/23.html

DWD (2021b) – Saharastaub-Erkennung mittels Ceilometer

https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2021/2/24.html

Fraport AG

<https://www.fraport.com/de/umwelt/luftqualitaet.html>

HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie)

www.hlnug.de

HLNUG (2021a) – Im Blickpunkt: Saharastaub im Februar

<https://www.hlnug.de/news/im-blickpunkt-saharastaub-im-februar>

HLNUG (2021b) – Saharastaub – höchste Feinstaubkonzentration in Hessen seit langem

HLNUG (2022) – Sauberere Luft – erstmals alle Grenzwerte eingehalten

<https://www.hlnug.de/presse/pressemitteilung/sauberere-luft-erstmals-alle-grenzwerte-eingehalten>

Kaspar et al. (2021) - Nutzung klimatologischer Referenzperioden ab 2021

https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/verschiedenes/20210119_neue_referenzperiode.html

Pérez, C., Nickovic, S., Baldasano, J. M., Sicard, M., Rocadenbosch, F. & Cachorro, V. E. A long Saharan dust event over the western Mediterranean: Lidar, Sun photometer observations, and regional dust modeling. *J. Geophys. Res.*, 111, D15214, doi:10.1029/2005JD006579 (2006a).

Pérez, C., Nickovic, S., Pejanovic, G., Baldasano, J. M. & Özsoy, E. Interactive dust-radiation modeling: A step to improve weather forecasts. *J. Geophys. Res.*, 111, D16206, doi:10.1029/2005JD006717 (2006b).

Rolph, G., Stein, A., Stunder, B.: Real-time Environmental Applications and Display sYstem: READY. *Environmental Modelling & Software* 95, 210–228, doi:10.1016/j.envsoft.2017.06.025 (2017).

Stein, A.F., Draxler, R.R., Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., Ngan, F.: NOAA's HYSPLIT Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 96 (12), 2059–2077, doi:10.1175/BAMS-D-14-00110.1 (2015).

wetter3 (2022) – Wetterkarten

<https://www.wetter3.de/>

WHO (2021) - WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. Lizenz: CC BY-NC-SA 3.0 IGO